

(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2017-520219

(P2017-520219A)

(43) 公表日 平成29年7月20日(2017.7.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2N 2/04 (2006.01)	HO2N 2/04	5H681
HO1L 41/113 (2006.01)	HO1L 41/113	
HO1L 41/187 (2006.01)	HO1L 41/187	
HO1L 41/193 (2006.01)	HO1L 41/193	
HO1L 41/047 (2006.01)	HO1L 41/047	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-564010 (P2016-564010)
 (86) (22) 出願日 平成26年4月24日 (2014.4.24)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年11月30日 (2016.11.30)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/035296
 (87) 国際公開番号 W02015/163885
 (87) 国際公開日 平成27年10月29日 (2015.10.29)

(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 ウェス
 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
 (74) 代理人 100102118
 弁理士 春名 雅夫
 (74) 代理人 100160923
 弁理士 山口 裕孝
 (74) 代理人 100119507
 弁理士 刑部 俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 周波数オフセット式振動ハーベスタを有する圧電エネルギーハーベスタデバイス

(57) 【要約】

本発明は、複数の細長い共振器梁を備えるエネルギーハーベスタデバイスに関する。共振器梁は、第1の端と第2の端との間に延在する圧電材料を含む。1つまたは複数のベースは、共振器梁のそれぞれの第1の端に接続され、共振器梁の第2の端は、片持ち梁として1つまたは複数のベースから自由に延在する。おもりが、共振器梁の第2の端に取付けられる。共振器梁のそれぞれは、他の共振器梁のそれぞれに対して $0.1/W \sim 0.9/W$ だけオフセットした共振周波数に同調され、ここでWは、共振器梁の運動を励起する第1のインパルスと第2のインパルスとの間の時間幅である。同様に、装置及びエネルギーハーベスタデバイスを備えるシステム並びに前記システムを使用するおよび設計する方法が開示される。

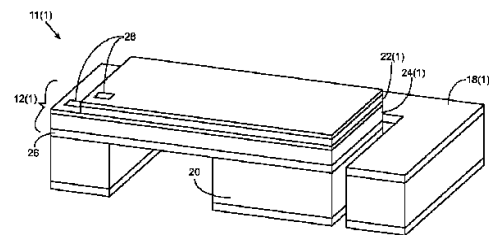


FIG. 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の細長い共振器梁であって、前記複数の共振器梁のそれぞれは、第 1 の端と第 2 の端との間に延在する圧電材料を含む、複数の細長い共振器梁と、

前記複数の共振器梁のそれぞれの前記第 1 の端に接続されている 1 つまたは複数のベースであって、前記複数の共振器梁の前記第 2 の端のそれぞれは、片持ち梁として前記 1 つまたは複数のベースから自由に延在する、1 つまたは複数のベースと、

前記第 2 の端のそれぞれに取付けられたおもり (mass) とを備え、

前記複数の共振器梁のそれぞれは、前記複数の共振器梁内の他の共振器梁のそれぞれに対して $0.1/W \sim 0.9/W$ オフセットした共振周波数に同調され、 W は、前記複数の共振器梁の運動を励起する第 1 のインパルスと第 2 のインパルスとの間の時間幅である、エネルギーハーベスタデバイス。 10

【請求項 2】

前記オフセットは $0.2/W \sim 0.8/W$ である、請求項 1 に記載のエネルギーハーベスタデバイス。

【請求項 3】

前記オフセットは $0.3/W \sim 0.7/W$ である、請求項 1 に記載のエネルギーハーベスタデバイス。

【請求項 4】

前記オフセットは $0.4/W \sim 0.6/W$ である、請求項 1 に記載のエネルギーハーベスタデバイス。 20

【請求項 5】

前記オフセットは $0.45/W \sim 0.55/W$ である、請求項 1 に記載のエネルギーハーベスタデバイス。

【請求項 6】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、異なる層で形成されたラミネートを含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のエネルギーハーベスタデバイス。

【請求項 7】

前記異なる層は異なる材料を含む、請求項 6 に記載のエネルギーハーベスタデバイス。 30

【請求項 8】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、

前記圧電材料と電気接触状態にある 1 つまたは複数の電極を更に備える、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のエネルギーハーベスタデバイス。

【請求項 9】

前記 1 つまたは複数の電極は、モリブデン及びプラチナからなる群から選択される材料を含む、請求項 8 に記載のエネルギーハーベスタデバイス。

【請求項 10】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、

前記圧電材料から電気エネルギーをハーベストするための、前記 1 つまたは複数の電極と電気連通状態にある電気ハーベスト回路を更に備える、請求項 8 または請求項 9 に記載のエネルギーハーベスタデバイス。 40

【請求項 11】

前記圧電材料は、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、フッ化ポリビニリデン、及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 ~ 10 のいずれか 1 項に記載のエネルギーハーベスタデバイス。

【請求項 12】

電動装置と、

前記装置に電氣的に結合された、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載のエネルギーハーベスタデバイス 50

とを備える、システム。

【請求項 13】

前記電動装置は、タイヤ圧モニタリングシステムまたはタイヤ圧モニタリングシステムのコンポーネントである、請求項 12 に記載のシステム。

【請求項 14】

請求項 13 に記載のシステムを備えるタイヤ。

【請求項 15】

前記オフセットは $0.2/W \sim 0.8/W$ である、請求項 12 または請求項 13 に記載のシステム。

【請求項 16】

前記オフセットは $0.3/W \sim 0.7/W$ である、請求項 12 または請求項 13 に記載のシステム。

【請求項 17】

前記オフセットは $0.4/W \sim 0.6/W$ である、請求項 12 または請求項 13 に記載のシステム。

【請求項 18】

前記オフセットは $0.45/W \sim 0.55/W$ である、請求項 12 または請求項 13 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、異なる層で形成されたラミネートを含む、請求項 12、13、または 15 ~ 18 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 20】

前記異なる層は異なる材料を含む、請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 21】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、
前記圧電材料と電気接触状態にある 1 つまたは複数の電極を更に備える、請求項 12、13、または 15 ~ 20 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 22】

前記 1 つまたは複数の電極は、モリブデン及びプラチナからなる群から選択される材料を含む、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、
前記圧電材料から電気エネルギーをハーベストするための、前記 1 つまたは複数の電極と電気連通状態にある電気ハーベスト回路を更に備える、請求項 21 または請求項 22 に記載のシステム。

【請求項 24】

前記圧電材料は、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、フッ化ポリビニリデン、及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 12、13、または 15 ~ 23 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 25】

電動装置に電力供給する方法であって、
請求項 12、13、または 15 ~ 23 のいずれか 1 項に記載のシステムを設けること、
前記システムを複数のインパルスにさらすことであって、それにより前記エネルギーハーベスタデバイスは電気エネルギーを発生する、こと、
前記エネルギーハーベスタデバイスによって生成された前記電気エネルギーを前記装置に伝達して、前記装置に電力を提供する、こと
を含む、方法。

【請求項 26】

使用中の車両タイヤと関連して実施され、かつ前記装置は、タイヤ圧モニタリングシステムまたはタイヤ圧モニタリングシステムのコンポーネントである、請求項 25 に記載の

10

20

30

40

50

方法。

【請求項 27】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、前記圧電材料と電気接触状態にある 1 つまたは複数の電極を更に備える、請求項 25 または請求項 26 に記載の方法。

【請求項 28】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、前記圧電材料から電気エネルギーをハーベストするための、前記 1 つまたは複数の電極と電気連通状態にある電気ハーベスト回路を更に備える、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 29】

タイヤが遭遇するインパルスに同調されたエネルギーハーベストデバイスを設計する方法であって、

所与の速度における前記タイヤの回転周期 P を決定すること、
前記タイヤの外周上のポイントが路面に接触するときに生成される第 1 のインパルスと、前記タイヤの前記外周上の前記ポイントが、前記決定された回転周期 P で前記路面との接触から引離されるときに生成される第 2 のインパルスとの間の時間幅 W を決定すること、

請求項 13、または 15 ~ 24 のいずれか 1 項に記載のシステムを設けること、
前記複数の共振器梁の第 1 の共振器梁を、前記時間幅 W の逆数の整数倍 M である第 1 の共振周波数に同調させることであって、 M は 3 以上である、こと、

前記複数の共振器梁の第 2 の共振器梁を、前記第 1 の共振器梁の前記第 1 の共振周波数に対して $0.1/W \sim 0.9/W$ オフセットした第 2 の共振周波数に同調させること、及び

前記システムを前記タイヤに接続することを含む、方法。

【請求項 30】

前記複数の共振器梁の第 3 の共振器梁を、他の共振器梁から $0.1/W \sim 0.9/W$ の周波数間隔オフセットされる第 3 の共振周波数に同調させることを更に含む、請求項 29 に記載の方法。

【請求項 31】

異なる共振器梁の間の共振周波数におけるオフセットは $0.2/W \sim 0.8/W$ である、請求項 29 または請求項 30 に記載の方法。

【請求項 32】

異なる共振器梁の間の共振周波数におけるオフセットは $0.3/W \sim 0.7/W$ である、請求項 29 または請求項 30 に記載の方法。

【請求項 33】

異なる共振器梁の間の共振周波数におけるオフセットは $0.4/W \sim 0.6/W$ である、請求項 29 または請求項 30 に記載の方法。

【請求項 34】

異なる共振器梁の間の共振周波数におけるオフセットは $0.45/W \sim 0.55/W$ である、請求項 29 または請求項 30 に記載の方法。

【請求項 35】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、前記圧電材料と電気連通状態にある 1 つまたは複数の電極を更に備える、請求項 29 ~ 34 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 36】

前記複数の共振器梁のそれぞれは、前記圧電材料から電気エネルギーをハーベストするための、前記 1 つまたは複数の電極と電気連通状態にある電気ハーベスト回路を更に備える、請求項 35 に記載の方法。

【請求項 37】

第 3 の共振器梁を第 3 の共振周波数に同調させることを更に含み、前記第 1 の共振周波数と前記第 3 の共振周波数との間の周波数間隔は、 $0.25/W \sim 0.75/W$ である方

10

20

30

40

50

法であって、

前記システムは、3つの共振器梁を備える、請求項29～36のいずれか1項に記載の方法。

【請求項38】

第4の共振器梁を第4の共振周波数に同調させることを更に含み、前記第2の共振周波数と前記第4の共振周波数との間の周波数間隔は、 $0.25/W \sim 0.75/W$ である方法であって、

前記システムは、4つの共振器梁を備える、請求項37に記載の方法。

【請求項39】

別の所与の速度における前記タイヤの前記回転周期を決定すること、

2つ以上の共振器梁の共振周波数を、前記別の所与の速度における前記タイヤの前記回転周期に基づく周波数間隔を用いて同調させること

を更に含む、請求項29～38のいずれか1項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、周波数オフセット式振動ハーベスタを有する圧電エネルギーハーベスタデバイス、そのデバイスを備えるシステム、及びそのシステムを使用するおよび設計する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

振動エネルギーハーベスタデバイスは、光、温度差、及び/または圧力差に欠ける環境において発電を提供する。代わりに、例えば、一定周波数の振動または多数の周波数を含むインパルス振動のいずれかの形態である可能性がある構造支持体から出る振動及び/または運動は、運動（例えば、振動エネルギー）を電気エネルギーに変換するためにスカベンジ（またはハーベスト）される可能性がある。1つの特定の型の振動エネルギーハーベスタは、Vaeth等に対する米国特許出願第14/173,131号（特許文献1）に記載される共振器梁等の、周囲振動（駆動力）によって引き起こされる梁の共振中に歪まされると電荷を生成する圧電材料を組込む片持ち梁としてベースから自由に延在する共振器梁を利用する。

【0003】

複数のインパルスを受信するシステム内のこうしたデバイスのエネルギーハーベスト能力における改善が必要とされる。特に、片持ち梁ベースの圧電振動エネルギーハーベスタは、固有共振周波数を有する共振器梁を含む。共振器梁は、励起されて、短い加速インパルスによって固有共振周波数で振動する場合がある。振動エネルギーハーベスタに印加される更なるインパルスは、共振周波数に対する後続のインパルスのタイミングに応じて、共振器梁の運動を増大または抑制する場合がある。更なるインパルスが共振器梁運動と同位相で印加される場合、運動の振幅は増加する。しかし、更なるインパルスが共振器梁運動と位相がずれて印加される場合、運動の振幅は減少することになる。そのため、ハーベスタの性能は、システムに印加されるインパルス間のタイミングに依存する。

【0004】

例として、インパルス間のタイミングは、タイヤが、路上でのタイヤの転動運動中に撓むときにハーベスタがインパルスを受ける、タイヤ圧モニタリングシステム（TPMS）等のシステムにおいて利用される振動エネルギーハーベスタにとって特に重要である。ハーベスタが位置付けられるタイヤの接地面の部分が路面に接触すると、タイヤのその部分は、強制的に短い平坦形状にされ、それが、次に、タイヤの周縁に取付けられるハーベスタについての加速プロファイルの変化をもたらす。タイヤの半径方向加速度のこの変化は、参照によりその全体が組込まれる、K. B. Singh等, "Piezoelectric Vibration Energy Harvesting System With An Adaptive Frequency Tuning Mechanism

10

20

30

40

50

For Intelligent Tires, "Mechantronics 22 : 970 - 88 (2012) (非特許文献1)において説明される。

【0005】

タイヤの回転周期の大多数について、タイヤの周縁に位置付けられるタイヤの部分について比較的一定の求心加速度が存在する。タイヤのその部分が路面に最初に接触すると、半径方向加速度の初期増加が存在する。加速度の初期増加は、その後、ゼロへの半径方向加速度の急激な降下を伴う。ゼロへの急激な降下は、振動エネルギーハーベスタに第1のインパルスを提供し、共振器梁の運動を励起する。半径方向加速度は、その後、タイヤの部分が、路面との接触を通して回転するのにかかる時間の間、ゼロのままである。タイヤの部分が路面との接触を通して回転すると、半径方向加速度の急激な正の増大が存在し、それに続いて、平衡半径方向加速度に戻るセトリングが存在する。平衡に戻るまたは平衡の近くに戻る半径方向加速度の急激な上昇は、振動エネルギーハーベスタシステムに第2のインパルスを提供する。第2のインパルスは、第1のインパルスと第2のインパルスとの間の時間幅に応じて、第1のインパルスによって励起された共振器梁の振動を増大または抑制することになる。タイヤの回転速度及びタイヤの円周（または直径）は時間幅を決定する。共振器梁の振動、したがって、ハーベストされるエネルギーの量は、車両の速度に応じて大幅に変動する可能性がある。したがって、TPMS等において、複数のインパルスを受け取るシステムにおいてより一貫性のある電気エネルギー源を提供する圧電エネルギーハーベスタを開発することが望ましいことになる。

10

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願第14/173,131号

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】K. B. Singh等, "Piezoelectric Vibration Energy Harvesting System With An Adaptive Frequency Tuning Mechanism For Intelligent Tires, "Mechantronics 22 : 970 - 88 (2012)

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、当技術分野におけるこれらのまた他の欠点を克服することを対象とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様は、複数の細長い共振器梁を備えるデバイスに関する。共振器梁のそれぞれは、第1の端と第2の端との間に延在する圧電材料を含む。1つまたは複数のベースは、共振器梁のそれぞれの第1の端に接続され、共振器梁の第2の端は、片持ち梁として1つまたは複数のベースから自由に延在する。おもり(mass)は、共振器梁の第2の端のそれぞれに取付けられる。共振器梁のそれぞれは、他の共振器梁のそれぞれに対して $0.1/W \sim 0.9/W$ だけオフセットした共振周波数に同調され、Wは、共振器梁の運動を励起する第1のインパルスと第2のインパルスとの間の時間幅である。

40

【0010】

本発明の別の態様は、電動装置と、装置に結合された本発明のデバイスとを備えるシステムに関する。

【0011】

本発明の更に別の態様は、本発明のシステムを備えるタイヤに関する。

【0012】

本発明の更なる態様は、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

50

よるシステムを設けること、及び、エネルギーハーベスタデバイスに電気エネルギーを発生させる複数のインパルスにシステムをさらすことを含む。電気エネルギーは、エネルギーハーベスタデバイスから装置に伝達されて、装置に電力を提供する。

【0013】

本発明の別の態様は、タイヤが遭遇するインパルスに同調されたエネルギーハーベスタデバイスを設計する方法に関する。方法は、所与の速度におけるタイヤの回転周期 P を決定することを含む。タイヤの外周上のポイントが路面に接触するときに生成される第1のインパルスと、タイヤの外周上のポイントが、決定された回転周期 P で路面との接触から引離されるときに生成される第2のインパルスとの間の時間幅が決定される。本発明のシステムは、時間幅 W の逆数の整数倍 M である第1の共振周波数に同調された複数の共振器梁の第1の共振器梁であって、 M は3以上である、第1の共振器梁を備える。また、本発明のシステムは、第1の共振器梁の第1の共振周波数に対して $0.1/W \sim 0.9/W$ だけオフセットした第2の共振周波数に同調された複数の共振器梁の第2の共振器梁を備える。システムはタイヤに接続される。

10

【0014】

本発明のエネルギーハーベスタデバイスは、わずかにオフセットした共振周波数を有する片持ち梁として働く共振器梁を提供する。共振周波数のオフセットは、ハーベスタからの総合平均エネルギー出力に対する後続のインパルスの影響を制限することによって、システムが複数のインパルスを受けるときに、より一貫性のあるエネルギー源をもたらすエネルギーハーベスタを提供する。特に、共振周波数は、1つの共振器梁が、受信したインパルスに対する不適切な位相合せによって運動の減少を受けるときに、別の共振器梁が、受信したインパルスの好ましい位相合せによって増加した運動を受けるとして選択される。更なる共振器梁は、異なるインパルスレートで生成されるエネルギー量における更なる一貫性を提供するために適用されてもよい。このデバイスは、変動するレートで複数のインパルスを受信し、デバイスパフォーマンスをより良くするシステムについて、より予測可能でかつ均一性のあるエネルギー源を提供する。

20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】複数のエネルギーハーベスタを有する本発明のエネルギーハーベスタデバイスの一実施形態の上面図である。複数のエネルギーハーベスタのそれぞれは、第1の端と第2の端との間に延在する圧電材料を含む細長い共振器梁と、第1の端で共振器梁に接続されているベースであって、第2の端は、片持ち梁としてベースから自由に延在する、ベースと、共振器梁の第2の端に取付けられたおもりとを含む。

30

【図2】圧電材料を含む2つの細長い共振器梁を備えるエネルギーハーベスタを有する本発明のエネルギーハーベスタデバイスの別の実施形態の上面図である。共振器梁は、共通ベースから片持ち梁として自由に延在し、別個のおもりが、両方の共振器梁の、自由に延在する端に取付けられる。

【図3】図1に示す本発明の例示的な単一エネルギーハーベスタの斜視図である。

【図4】図4A~4Cは、タイヤ圧モニタリングシステムが本発明のエネルギーハーベスタデバイスに電氣的に結合されて、タイヤ圧モニタリングシステムに電力供給する、本発明のシステムの一実施形態を示す図である。図4A及び4Bは、タイヤに対するシステムの（例えば、タイヤの接地面の下での）直接的取付けを示す。図4Cは、図4A及び4Bのタイヤに取付けられて示されるシステムの部分側面図でかつ部分ブロック図である。

40

【図5】図5Aは、タイヤの回転中の図4A~4Cに示すシステムの位置を示す図である。図5Bは、図5Aに示す種々の位置におけるシステムについての半径方向加速度プロファイルを示す図である。

【図6】 W がほぼ 8.45 ms に等しい、 $0.635/W$ の共振周波数オフセットを有する2つのエネルギーハーベスタデバイスの電力出力を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

50

本発明は、周波数オフセット振動ハーベスタを有する圧電エネルギーハーベスタデバイス、そのデバイスを備えるシステム、並びにそのシステムを使用及び設計する方法に関する。本発明のエネルギーハーベスタデバイスは、複数のインパルスを受けるシステムにおいて改善されたエネルギーハーベスタの均一性を有する。

【0017】

本発明の一態様は、複数の細長い共振器梁を備えるデバイスに関する。共振器梁のそれぞれは、共振器梁の第1の端と第2の端との間に延在する圧電材料を含む。1つまたは複数のベースは、共振器梁のそれぞれの第1の端に接続され、共振器梁の第2の端は、片持ち梁として1つまたは複数のベースから自由に延在する。おもりが、共振器梁の第2の端のそれぞれに取付けられる。共振器梁のそれぞれは、他の共振器梁のそれぞれに対して0.1/W ~ 0.9/Wだけオフセットした共振周波数に同調され、Wは、共振器梁の運動を励起する第1のインパルスと第2のインパルスとの間の時間幅である。

10

【0018】

図1は、複数のエネルギーハーベスタ11(1) ~ 11(n)を含む本発明のエネルギーハーベスタ10デバイスの一実施形態の上面図である。エネルギーハーベスタ11(1) ~ 11(n)はそれぞれ、別個の個々のダイ上に位置付けられて示されるが、エネルギーハーベスタ11(1) ~ 11(n)の2つ以上が単一ダイ上に共に位置付けられる(c o - l o c a t e)可能性があることが理解される。エネルギーハーベスタ11(1) ~ 11(n)の要素は、エネルギーハーベスタ11(1) ~ 11(n)が異なる共振周波数 $f_1 \sim f_n$ で動作するように同調されることを除いて、エネルギーハーベスタ11(1) ~ 11(n)のそれぞれが、エネルギーハーベスタ11(1)に関して述べることになるものと同じ要素を含むため、例示的なエネルギーハーベスタ11(1)に関して述べられる。エネルギーハーベスタ11(1) ~ 11(n)の共振周波数 $f_1 \sim f_n$ は、以下で更に述べるように互いにオフセットされる。

20

【0019】

エネルギーハーベスタ11(1)は細長い共振器梁12(1)を含む。共振器梁は、第1の端14(1)と第2の端16(1)との間に延在する。第1の端14(1)はベース18(1)に接続され、一方、第2の端16(1)は、片持ち梁としてベース18(1)から自由に延在する。おもり20(1)は、共振器梁12(1)の第2の端16(1)に取付けられる。

30

【0020】

エネルギーハーベスタ11(1)は、一体化式で自己パッケージ化式のユニットで形成されてもよい。特に、図1に示すように、共振器梁12(1)の第1の端16(1)が取付けられるベースを同様に形成するパッケージ18(1)は、片持ち梁構造を(少なくとも部分的に)閉囲するように片持ち梁構造(すなわち、共振器梁12(1)及びおもり20(1))を囲んで示される。本発明において、パッケージは、エネルギーハーベスタデバイスを完全に閉囲する可能性がある、または、エネルギーハーベスタデバイスを大気と通気させるように形成される可能性がある。パッケージがエネルギーハーベスタデバイスを完全に閉囲するとき、閉囲済みパッケージ内の圧力は、大気圧より高いか、大気圧に等しいか、または大気圧より低い場合がある。一実施形態において、閉囲済みパッケージ内の雰囲気圧は、大気圧未満、例えば、1トル未満である。

40

【0021】

一実施形態において、図2に示すように、エネルギーハーベスタ110は、パッケージ118を含み、パッケージ118は、パッケージ118から反対方向に自由に延在する2つの別個の片持ち梁構造を含んでもよい。片持ち梁構造の共振器梁112(1)及び112(2)は、以下で更に述べるように互いからわずかにオフセットする共振周波数に同調されてもよい。図1に示すエネルギーハーベスタ11(1) ~ 11(n)の1つまたは複数は、図2に示すエネルギーハーベスタ110によって置換されてもよい。

【0022】

再び図1を参照すると、一実施形態において、パッケージ18(1)は、パッケージに

50

(例えば、パッケージの内部壁上に)接続された対応 (compliant) ストッパを更に備えてもよく、ストッパは、破損を防止するため、片持ち梁の運動を安定化させるように構成される。エネルギーハーベスタデバイスのこの実施形態による適した対応ストッパは、参照によりその全体が組込まれる、Vaeth等に対する米国特許出願第14/173,131号に示され、記載される。エネルギーハーベスタデバイスの対応ストッパは、種々の材料で構成されてもよい。ストッパは、材料選択、設計、または材料選択と設計の両方を通して対応されてもよい。一実施形態によれば、ストッパは、パッケージと一体の材料から作られる。この実施形態による適した材料は、限定することなく、プラズマ強化化学蒸着 (PECVD) からの、ガラス、金属、シリコン、酸化物、または窒化物、或はその組合せを含んでもよい。別の実施形態によれば、ストッパは、パッケージと一体でない。この実施形態によるストッパ用の適した材料は、限定することなく、ガラス、金属、ゴム、及び他のポリマー、セラミック、フォーム、並びにその組合せを含んでもよい。対応ストッパ用の他の適した材料は、限定はしないが、シクロオレフィンポリマー及び液晶ポリマー等の水浸透性の低いポリマーを含む。液晶ポリマーは、射出成形される可能性がある。

10

20

30

40

50

【0023】

代替の実施形態において、共振器梁12(1)は、片持ち梁の運動を安定化するように構成されるストッパフィーチャを有するように構成されてもよい。この実施形態による適したストッパフィーチャは、参照によりその全体が組込まれる、Andosca等に対する米国特許出願第14/145,560号に示される。この実施形態によれば、ストッパは、おもり及び/または共振器梁の第2の端上に形成され、共振器梁の第2の端とパッケージとの接触を防止するように構成される。

【0024】

図3は、図1に示すエネルギーハーベスタ11(1)~11(n)を示す例示的なエネルギーハーベスタ11(1)の側断面図である。一実施形態によれば、共振器梁12(1)は、複数の層で形成されたラミネートを備える。共振器梁12(1)は、酸化物層26(1)上の片持ち梁層24(1)を覆う少なくとも圧電スタック層22(1)を含むが、共振器梁12(1)は、他の構成において、他の層を含んでもよい。他の層の非制限的な例は、参照によりその全体が組込まれる、Vaeth等に対する米国特許出願第14/173,131号に記載される層を含む。1つの特定の実施形態において、複数の層は、少なくとも2つの異なる材料を含む。

【0025】

片持ち梁層24(1)は、シリコン、ポリSi、金属(例えば、CuまたはNi)、または他の金属酸化物半導体(CMOS)適合材料、或はポリイミド等の高温ポリマー等の任意の適した材料であってよい。一実施形態において、片持ち梁層24(1)は、約10 μ m~約200 μ m、約10 μ m~約75 μ m、または約10 μ m~約50 μ mの厚さ範囲を有する。一実施形態において、片持ち梁層24(1)は、固有共振周波数を有する高Q共振器である。酸化物層26(1)は、一実施形態によれば、約1 μ mの厚さを有するシリコン層である。

【0026】

共振器梁12(1)の圧電スタック層22(1)は圧電材料を含む。適した圧電材料は、限定することなく、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)、及びジルコン酸チタン酸鉛ベース化合物を含む。圧電材料は、機械的歪を受けると、電氣的に分極する材料である。分極の程度は、加えられる歪に比例する。圧電材料は、広く知られており、多くの形態で入手可能である。多くの形態は、単結晶(例えば、石英)、圧電セラミック(例えば、ジルコン酸チタン酸鉛またはPZT)、薄膜(例えば、スパッタリング済み酸化亜鉛)、圧電セラミック粉末に基づくスクリーン印刷可能圧膜(例えば、参照によりその全体が組込まれる、Baudry, "Screen-printing Piezoelectric Devices," Proc. 6th European Microelectronics Conference (London,

UK) pp. 456 - 63 (1987)、及び、White & Turner, "Thick-film Sensors: Past, Present and Future, "Meas. Sci. Technol. 8: 1 - 20 (1997) 参照)、及びポリフッ化ビニリデン(「PVDF」)等のポリマー材料(例えば、参照によりその全体が組込まれる、Lovinger, "Ferroelectric Polymers, "Science 220: 1115 - 21 (1983) 参照)を含む。

【0027】

ポリマー材料は、通常、異方性特徴を示す。そのため、材料の特性は、力の方向及び分極の配向及び電極に応じて異なる。材料の圧電活性のレベルは、軸の表記と共に使用される一連の定数によって規定される。圧電歪定数 d は、

$$d = \frac{\text{生成された歪}}{\text{印加された場}} \text{ m/V}$$

として規定できる。

(参照によりその全体が組込まれる、Beeby 等, "Energy Harvesting Vibration Sources for Microsystems Applications, "Meas. Sci. Technol. 17: R175 - R195 (2006))

【0028】

共振器梁 12 (1) の圧電スタック層 22 (1) は、同様に、圧電スタック層 22 (1) と電気接触状態にある 1 つまたは複数の電極 28 (1) を含む。一実施形態によれば、電極 28 (1) は、モリブデン及びプラチナ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適した他の材料が同様に使用されてもよい。更に、エネルギーハーベスタ 11 (1) は、1 つまたは複数の電極 28 (1) と電気接続状態にある電気ハーベスト回路を更に含んで、共振器梁 12 (1) の圧電材料からの電気エネルギーをハーベストしてもよい。以下で更に詳細に述べるように、エネルギーハーベスタ回路は、電動装置に電氣的に結合されて、圧電材料から生成され、装置に供給される電力を提供する可能性がある。

【0029】

エネルギーハーベスタ 11 (1) において、共振器梁 12 (1) は、片持ち梁としてベース 18 (1) から自由に延在する第 2 の端 16 (1) を有する。圧電材料を含む片持ち梁構造は、屈曲モードで動作するように設計され、それにより、圧電材料を歪ませ、 d 効果からの電荷を生成する(参照によりその全体が組込まれる、Beeby 等, "Energy Harvesting Vibration Sources for Microsystems Applications, "Meas. Sci. Technol. 17: R175 - R195 (2006))。片持ち梁は、共振器梁 12 (1) の第 2 の端 16 (1) に取付けられたおもり 20 (1) の存在によって更に減少された低共振周波数を提供する。

【0030】

共振器梁 12 (1) は、共振器梁 12 (1) を同調させるのに役立つ、構造的な支持を提供するため種々の形状及び構成をとる側壁を有してもよい。一実施形態によれば、共振器梁 12 (1) は、参照によりその全体が組込まれる、Vaeth 等に対する米国特許出願第 14 / 145, 534 号に記載されるように、共振器梁 12 (1) の平面内で連続的に湾曲する側壁を有する。

【0031】

エネルギーハーベスタ 11 (1) は、共振器梁 12 (1) の第 2 の端 16 (1) におもり 20 (1) を含む。おもり 20 (1) は、共振器梁 12 (1) の周波数を下げ、また同様に、共振器梁 12 (1) の(例えば、圧電材料によって生成される)電力出力を増加させるために設けられる。おもり 20 (1) は、単一材料または複数材料(例えば、複数材料の複数層)で構成されてもよい。一実施形態によれば、おもり 20 (1) は、シリコン

10

20

30

40

50

ウェハ材料で形成される。他の適した材料は、限定することなく、電気めっきまたは熱蒸着によって堆積される銅、金、及びニッケルを含む。

【0032】

一実施形態において、単一おもり20(1)が、1つの共振器梁12(1)について設けられる。しかし、2つ以上のおもりが、同様に、共振器梁12(1)に取付けられてもよい。他の実施形態において、おもり20(1)は、例えば、共振器梁12に沿う異なる場所に設けられる。

【0033】

エネルギーハーベスタデバイス10(1)に加えられるインパルス運動等の運動を共振器梁12(1)が受けるときに、1つまたは複数の電極28(1)は、共振器梁12(1)の圧電材料から電気信号を出力する。したがって、電極28(1)は、共振器梁12(1)の圧電材料と電気連通状態にある。共振器梁12(1)の圧電材料から収集される電気エネルギーは、その後、更なる回路に伝達される。一実施形態において、更なる回路は、デバイス10上で電極28(1)にまたは電極28(1)の近くに形成される。別の実施形態において、回路は、別個のチップまたはボードであってよく、あるいは、別個のチップまたはボード上に存在する。

【0034】

再び図1を参照すると、本発明のエネルギーハーベスタデバイスにおいて、エネルギーハーベスタデバイス10内のエネルギーハーベスタ11(1)~11(n)のそれぞれは、それぞれの共振周波数 $f_1 \sim f_n$ に同調される共振器梁12(1)~12(n)を含む。当業者が容易に認識するように、共振器梁12(1)~12(n)は、共振器梁12(1)~12(n)の断面形状、共振器梁12(1)~12(n)の断面寸法、共振器梁12(1)~12(n)の長さ、おもり20(1)~20(n)のおもり、共振器梁12(1)~12(n)上のおもり20(1)~20(n)の場所、及び、共振器梁12(1)~12(n)を作るために使用される材料等の幾つかのパラメータの任意の1つまたは複数を変動させることによって同調される可能性がある。

【0035】

本発明のエネルギーハーベスタ11(1)~11(n)の共振周波数は、約50Hz~約4,000Hz、約100Hz~約3,000Hz、約100Hz~約2,000Hz、または約100Hz~約1,000Hzの周波数を含んでもよい。エネルギーハーベスタ11(1)~11(n)の共振周波数 $f_1 \sim f_n$ は、他のエネルギーハーベスタ共振周波数に対して $0.1/W \sim 0.9/W$ だけオフセットし、ここで、Wは、共振器梁12(1)~12(n)の運動を励起する第1のインパルスと第2のインパルスとの間の時間幅であるが、オフセットは、 $0.2/W \sim 0.8/W$ 、 $0.3/W \sim 0.7/W$ 、 $0.4/W \sim 0.6/W$ 、または $0.45/W \sim 0.55/W$ であってよい。共振器梁12(1)~12(n)は、共振周波数のオフセットに同調され、それにより、エネルギーハーベスタ11(1)~11(n)の1つまたは複数は、以下で更に述べるように、受信インパルスのタイミングに関して適切な位相合せを受けることになる。共振周波数 $f_1 \sim f_n$ のオフセットは、エネルギーハーベスタデバイス10の共振器梁12(1)~12(n)の運動を励起するインパルス間の種々の異なる時間幅Wで受信されるインパルスについて1つまたは複数の電極28(1)から一貫性のある電気信号出力源を提供する。

【0036】

本発明のエネルギーハーベスタデバイスのエネルギーハーベスタ11(1)~11(n)は、例えば、参照によりその全体が組込まれる、Andosca & Vaethに対する米国特許出願第14/145,534号、Vaeth等に対する米国特許出願第14/173,131号、及びAndosca等に対する米国特許出願第14/201,293号に記載される方法に従って作られてもよい。例えば、一実施形態によれば、エネルギーハーベスタデバイスを生産する方法は、第1及び第2の表面を有するシリコンウェハを設けることを含む。第1の二酸化シリコン(SiO_2)層は、シリコンウェハの第1の表面上に堆積される。片持ち梁材料は、第1の二酸化シリコン層上に堆積される。第2の二酸化

10

20

30

40

50

シリコン層は、片持ち梁材料上に堆積される。圧電スタック層は、第2の二酸化シリコン層上に堆積される。圧電スタック層、第2の二酸化シリコン層、片持ち梁材料、及び第1の二酸化シリコン層はパターンを形成される。シリコンウェハの第2の表面は、エネルギーハーベスタデバイスを生産するためにエッチングされる。

【0037】

本発明の別の態様は、本発明の装置及びデバイスを備えるシステムに関する。一実施形態において、デバイスは、装置に電氣的に結合される。本発明の更に別の態様は、本発明のシステムを備えるタイヤに関する。

【0038】

例えば、一実施形態によれば、本発明のシステムは、タイヤ内の圧力をモニターするセンサを含む無線センサデバイスであるが、本発明のシステムは、例えば、任意の1つまたは複数の種々の環境特性（温度、湿度、光、音、振動、風、運動、圧力等）をモニターする無線センサに適用されてもよい。本発明のエネルギーハーベスタシステムは、センサに結合されて、センサに電力を提供する。

【0039】

ここで図4A～4Cを参照すると、一実施形態によれば、本発明のシステムは、ハウジング32を含むタイヤ圧モニタリングシステム（「TPMS」）30であるが、本発明のシステムは、インパルス運動によって励起される他のシステムに適用される可能性がある。TPMS30は、タイヤ36の下側で（すなわち、タイヤ接地面38の下、及び、接地面38とホイールリム40との間で）タイヤ36に結合される。この実施形態において、TPMS30は、タイヤ圧をモニターするセンサコンポーネント42、エネルギーストレージ44、及びエネルギーハーベスタデバイス10を含み、それら全ては、電気連通状態にあり、また、ハウジング32内に位置付けられる。この実施形態によれば、エネルギーハーベスタデバイス10は、別の独立型エネルギー源の代わりにまたはそれと共に使用される、TPMS30のセンサ42に電力供給する独立型エネルギー源を提供する。本発明のエネルギーハーベスタデバイスは、同様に、電動装置に連結されるエネルギーストレージ44を充電することによって電動装置に電力供給してもよい。エネルギーストレージ44は、キャパシタバンクまたはスーパーキャパシタであってよいが、他の用途において、エネルギーストレージ44は、充電式電池であってよい。例えば、エネルギーハーベスタデバイスは、電動装置に電力供給するエネルギーストレージ44にトリクル充電を提供してもよい。

【0040】

TPMS30は、タイヤ36に直接搭載され、それにより、エネルギーハーベスタデバイス10の共振器梁12(1)～12(n)の運動は、タイヤ36が回転のフットプリント領域に入るときに（すなわち、TPMS30がタイヤ36に取付けられるポイントでタイヤ36が道路に接するとき）生成されるインパルスの結果として励起される。図5Aは、フットプリント領域46を含む、タイヤ36の360°全回転を通したタイヤ36の回転中のTPMS30の種々の位置(1～6)を示す。図5Bは、位置1～6における半径方向加速度を含む、タイヤ36の回転全体を通してタイヤ36に取付けられるときのTPMS30についての関連する半径方向加速度プロファイルを示す。

【0041】

TPMS30は、フットプリント領域46の外側で、すなわち、位置1、2、及び6において平衡半径方向加速度で走行する。位置3において、TPMS30は、フットプリント領域46に入り、半径方向加速度の突然の増加を受け、それに続いて、ゼロへの半径方向加速度の突然の減少を受ける。突然の減少は、第1のインパルスを提供して、エネルギーハーベスタデバイス10の共振器梁12(1)～12(n)の運動を励起する。TPMS30は、位置4を含むフットプリント領域46全体を通してゼロ半径方向加速度のままである。位置5において、TPMS30は、フットプリント領域46を出て、平衡半径方向加速度に戻るセトリングの前に半径方向加速度の突然の増加を受ける。位置5における突然の増加は、第2のインパルスを提供して、エネルギーハーベスタデバイスの共振器梁

12(1) ~ 12(n)の運動を励起する。第1のインパルスと第2のインパルスとの間の時間幅または継続時間(W)は、タイヤ36の回転周期(P)によって決定され、回転周期(P)は、タイヤ36が位置する車両の速度によって決定される。

【0042】

一例において、TPMS30のエネルギーハーベスタデバイス10は、対応する共振周波数 f_1 及び f_2 を有する2つのエネルギーハーベスタ11(1)及び11(2)を含んでもよい。この例において、エネルギーハーベスタ11(1)の共振周波数 f_1 は、所与の速度における時間幅Wに基づいて同調され、それにより、共振周波数 f_1 は式 $f_1 = n / W$ によって規定され、ここで、nは正整数である。一例において、 $n > 4$ であるが、nのより大きな値が利用されて、例として、サイズ等のエネルギーハーベスタ11(1)の特徴に基づいて最適発電を提供してもよい。エネルギーハーベスタ11(1)は、当技術分野で知られている方法を使用して共振周波数 f_1 に同調されてもよい。例として、共振器梁12(1)は、共振器梁12(1)の断面形状、共振器梁12(1)の断面寸法、共振器梁12(1)の長さ、おもり20(1)のおもり、共振器梁12(1)上のおもり20(1)の場所、及び、共振器梁12(1)を作るために使用される材料等の幾つかのパラメータの任意の1つまたは複数を変動させることによって同調される可能性がある。

10

【0043】

この例において、エネルギーハーベスタ11(2)は、共振周波数 f_1 からわずかにオフセットする共振周波数 f_2 に同調されてもよい。この例において、 f_1 と f_2 との間のオフセットは、 $0.1 / W \sim 0.9 / W$ である、すなわち、 $f_1 - f_2$ の絶対値は $0.1 / W \sim 0.9 / W$ に等しいが、オフセットは、 $0.2 / W \sim 0.8 / W$ 、 $0.3 / W \sim 0.7 / W$ 、 $0.4 / W \sim 0.6 / W$ 、または $0.45 / W \sim 0.55 / W$ であってよい。エネルギーハーベスタ11(2)は、当技術分野で知られている方法を使用して共振周波数 f_2 に同調されてもよい。例として、共振器梁12(2)は、共振器梁12(2)の断面形状、共振器梁12(2)の断面寸法、共振器梁12(2)の長さ、おもり20(2)のおもり、共振器梁12(2)上のおもり20(2)の場所、及び、共振器梁12(2)を作るために使用される材料等の幾つかのパラメータの任意の1つまたは複数を変動させることによって同調される可能性がある。

20

【0044】

動作時、エネルギーハーベスタ11(1)及び11(2)の共振器梁12(1)及び12(2)は、図5Aに示すように、TPMS30が位置3においてフットプリント領域46に入るときに受信される第1のインパルスによって励起される。第2のインパルスは、TPMS30が位置5においてフットプリント領域46に出るときに受信される。第1のインパルス及び第2のインパルスは、時間幅Wによって分離される。共振器梁12(1)は $T_1 = 1 / f_1$ の周期で振動し、一方、共振器梁12(2)は $T_2 = 1 / f_2$ の周期で振動する。時間幅Wが T_1 または T_2 のほぼ整数倍である場合、関連するエネルギーハーベスタの運動は、第2のインパルスについて位相がずれることになる。これは、第2のインパルスが加速度の急峻な増加であり、一方、第1のインパルスが加速度の急峻な減少であるからである。したがって、このハーベスタは機能低下することになる。しかし、時間幅Wが T_1 または T_2 の周期の整数 $n + / - 1 / 2$ 倍である場合、関連するエネルギーハーベスタの運動は増大されることになる。 f_1 と f_2 との間のオフセットは、一方のエネルギーハーベスタが時間幅Wによってわずかに位相がずれているとき、他のエネルギーハーベスタが同相になって、エネルギーハーベスタデバイス10からの電力出力を、時間幅Wについての種々の値においてより均等にする可能性がある。この例は2つのエネルギーハーベスタを利用するが、オフセットした共振周波数を有する更なるエネルギーハーベスタが利用されて、種々の速度でより均一な電力源を提供してもよいことが理解される。一例において、更なるエネルギーハーベスタは、複数の共振器梁内の他の共振器梁のそれぞれに対して $0.1 / W \sim 0.9 / W$ だけオフセットする共振周波数を有する共振器梁を含むが、オフセットは、 $0.2 / W \sim 0.8 / W$ 、 $0.3 / W \sim 0.7 / W$ 、 $0.4 / W \sim 0.6 / W$ 、または $0.45 / W \sim 0.55 / W$ であってよい。

30

40

50

【0045】

本発明の更なる態様は、電動装置に電力供給する方法に関する。この方法は、本発明のエネルギーハーベスタシステムを設けることを含む。エネルギーハーベスタは、複数のインパルスを受けて、圧電材料から電気エネルギーを発生する。電気エネルギーは、圧電材料から電動装置に伝達されて、装置に電力を提供する。一例において、方法は、使用中の車両タイヤと関連して実施され、前記装置は、上述した、タイヤ圧モニタリングシステムまたはタイヤ圧モニタリングシステムのコンポーネントである。

【0046】

本発明の別の態様は、タイヤが遭遇するインパルスに同調されたエネルギーハーベストデバイスを設計するための方法に関する。方法は、所与の速度における回転周期 P を決定することを含む。タイヤの外周上のポイントが路面に接触するときに生成される第1のインパルスと、タイヤの外周上のポイントが、決定された回転周期 P で路面との接触から引離されるときに生成される第2のインパルスとの間の時間幅が決定される。本発明のシステムは、時間幅 W の逆数の整数倍 M である第1の共振周波数に同調された複数の共振器梁の第1の共振器梁であって、 M は3以上である、第1の共振器梁を備える。また、本発明のシステムは、第1の共振器梁の第1の共振周波数に対して $0.1/W \sim 0.9/W$ だけオフセットした第2の共振周波数に同調された複数の共振器梁の第2の共振器梁を備える。システムはタイヤに接続される。

【0047】

図1～5Bを参照すると、タイヤ36が遭遇するインパルスに同調されるエネルギーハーベストデバイス10を設計するための方法が述べられる。所与の速度におけるタイヤ36の回転周期 P が決定される。回転速度及びタイヤ直径（または円周）が、その後、利用されて、図5Aの位置3に示すように、タイヤ36の外周上のポイントが路面に接触するときに生成される第1のインパルスと、図5Aの位置5に示すように、タイヤ36の外周上のポイントが、路面との接触から引離されるときに生成される第2のインパルスとの間の時間幅 W が決定されてもよい。時間幅 W は、回転周期 P に依存し、それにより、 P/W の値は、種々の車両速度においてかなり一定のままである。

【0048】

次に、本発明のTPMS30は、圧電材料を含む共振器梁12(1)～12(n)を備える。共振器梁12(1)～12(n)は、片持ち梁としてベース18(1)～18(n)から自由に延在する。例示的な共振器梁12(1)は図3に示される。共振器梁12(1)～12(n)は、図2において、例としてだけ、示す同じダイ上に位置付けられてもよい、または、図1に示すように、個々のハーベスタ11(1)～11(n)としてエネルギーハーベストデバイス10内に別々に位置付けられてもよい。

【0049】

第1の共振器梁12(1)は、所与の速度においてタイヤ36の時間幅 W の逆数の整数倍 M である第1の共振周波数 f_1 に同調される。一例において、 M は3以上であるが、 M の異なる値が、TPMS30の所望の性能特徴に応じて利用されてもよい。第1の共振器梁12(1)は、当技術分野で知られている方法を使用して共振周波数 $f_1 = M/W$ に同調されてもよい。例として、第1の共振器梁12(1)は、第1の共振器梁12(1)の断面形状、第1の共振器梁12(1)の断面寸法、第1の共振器梁12(1)の長さ、第1の共振器梁12(1)の端に取付けられたおもり20(1)のおもり、第1の共振器梁12(1)上のおもり20(1)の場所、及び、第1の共振器梁12(1)を作るために使用される材料等の幾つかのパラメータの任意の1つまたは複数を変動させることによって同調される可能性がある。

【0050】

第2の共振器梁12(2)は、その後、第1の共振器梁12(1)の第1の共振周波数 f_1 に対して $0.1/W \sim 0.9/W$ だけオフセットされる第2の共振周波数 f_2 に同調されるが、オフセットは、 $0.2/W \sim 0.8/W$ 、 $0.3/W \sim 0.7/W$ 、 $0.4/W \sim 0.6/W$ 、または $0.45/W \sim 0.55/W$ であってよい。第2の共振器梁12

10

20

30

40

50

(2)は、当技術分野で知られている方法を使用して共振周波数 f_2 に同調されてもよい。例として、第2の共振器梁12(2)は、第2の共振器梁12(2)の断面形状、第2の共振器梁12(2)の断面寸法、第2の共振器梁12(2)の長さ、第2の共振器梁12(2)の端に取付けられたおもり20(2)のおもり、第2の共振器梁12(2)上のおもり20(2)の場所、及び、第2の共振器梁12(2)を作るために使用される材料等の幾つかのパラメータの任意の1つまたは複数を変動させることによって同調される可能性がある。

【0051】

TPMS30は、共振器梁12(1)~12(n)に対する $0.1/W \sim 0.9/W$ のオフセットで他の共振器梁からのオフセットに対して同調された共振器梁を有する更なるハーベスタを含んでもよい。一例において、第3の共振器梁12(3)は、第1の共振器梁12(1)の共振周波数 f_1 から $0.25/W \sim 0.75/W$ だけオフセットした共振周波数 f_3 を有してもよい、一方、第4の共振器梁12(4)は、第2の共振器梁12(2)の共振周波数 f_2 から $0.25/W \sim 0.75/W$ だけオフセットした共振周波数 f_4 を有してもよい。しかし、他のオフセットを有する更なる数の共振器梁が利用されてもよい。更に、方法は、別の所与の速度においてタイヤ36の回転周期を決定すること、及び、別の所与の速度におけるタイヤ36の回転周期Pに基づく周波数間隔によって2つ以上の共振器梁の共振周波数を同調させることを含んでもよい。更なる共振器梁は、種々の異なる速度のインパルス運動を受けると、システムに、より均一性のある電力源を提供することになる。

10

20

【実施例】

【0052】

以下の実施例は、本発明の実施形態を示すために提供されるが、その範囲を制限することを決して意図されない。

【0053】

実施例1- $0.635/W$ ($W = 8.45 \text{ m/s}$)の共振周波数オフセットを有する2つのエネルギーハーベスタを有するデバイスの電力出力

システムは、転動タイヤが受けるものと同様の、第1のインパルスと第2のインパルスとの間またはインパルス対の間の遅延間隔で1つまたは複数のハーベスタにインパルスを提供するように構築された。このシステムは、これらのインパルス対の種々の繰返しレートで動作し、ハーベスタの出力電力はモニターされた。基準点として 8.45 m/s の時間幅 W を使用して、システムは、 581 Hz の共振周波数を有する振動エネルギーハーベスタを装填された。 $7 \sim 10 \text{ Hz}$ の動作周波数($143 \text{ m/s} \sim 100 \text{ m/s}$ の回転周期と同等)にわたって、生成される平均電力は $4.3 \mu\text{W}$ であり、 7 Hz 及び 8.5 Hz 回転周波数において平均電力はほとんど全く生成されない。

30

【0054】

システムは、その後、ハーベスタ共振周波数の 75 Hz の差、(または、基準点として $W = 8.45 \text{ m/s}$ である $0.635/W$)2つの周波数間のオフセットを示す、 581 Hz の共振周波数を有する振動エネルギーハーベスタ及び 506 Hz の共振周波数を有する第2の振動エネルギーハーベスタに適合された。図6を参照すると、破線は 581 Hz の共振周波数を有するエネルギーハーベスタについての電力出力を示し、一方、実線は 506 Hz の共振周波数を有するエネルギーハーベスタについての電力出力を示す。システムにおける $0.635/W$ の周波数オフセットを有する2つのエネルギーハーベスタの使用は、システムからのより均等な電力出力を提供する。動作周波数 $7 \text{ Hz} \sim 10 \text{ Hz}$ ($143 \text{ m/s} \sim 100 \text{ m/s}$ の回転周期と同等)にわたってこのシステムから生成される平均電力は $9.9 \mu\text{W}$ であり、ゼロ平均電力生成の帯域を持たない。

40

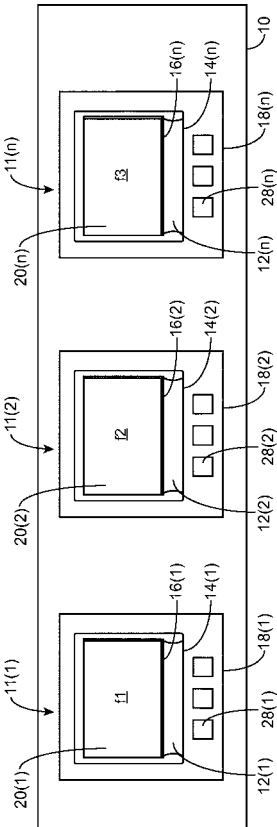
【0055】

好ましい実施形態が、本明細書で詳細に示し述べられたが、種々の修正、追加、置換等が本発明の精神から逸脱することなく行われる可能性があり、したがって、これらが、添付特許請求の範囲内に規定される本発明の範囲内にあると考えられることが当業者に明ら

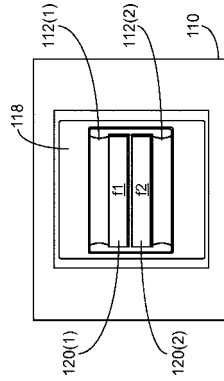
50

かになる。

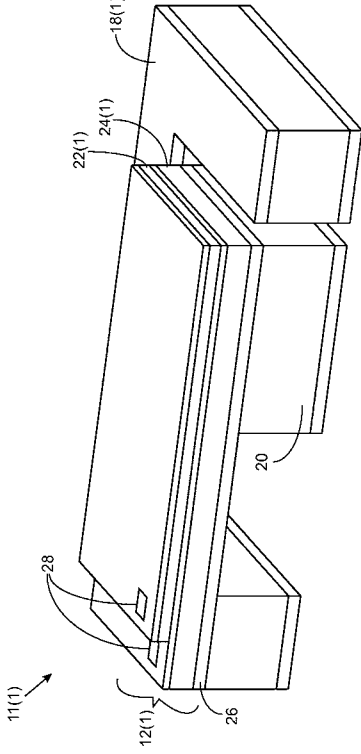
【図 1】



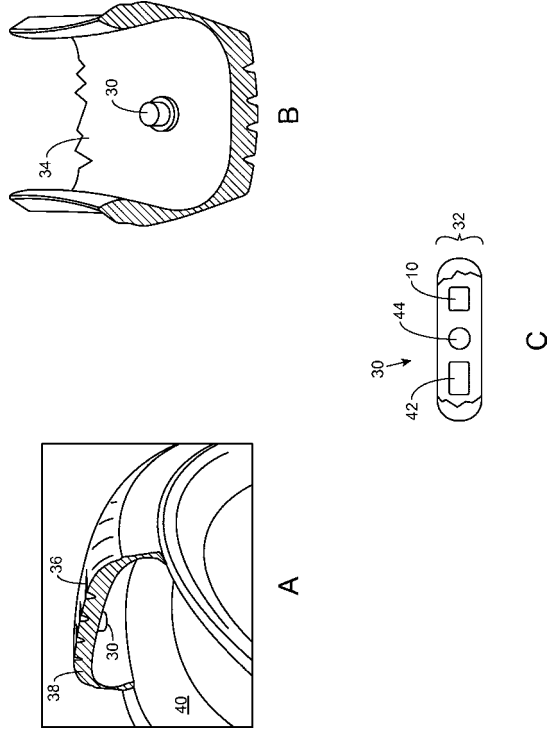
【図 2】



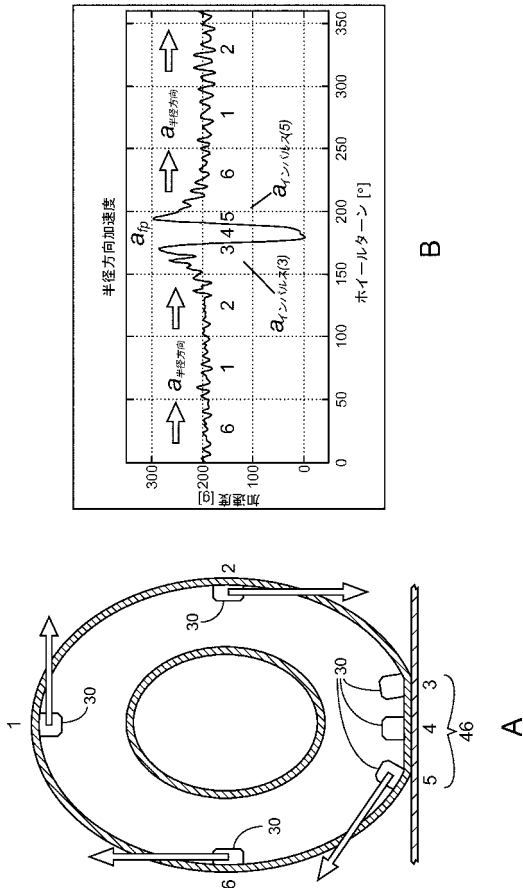
【図3】



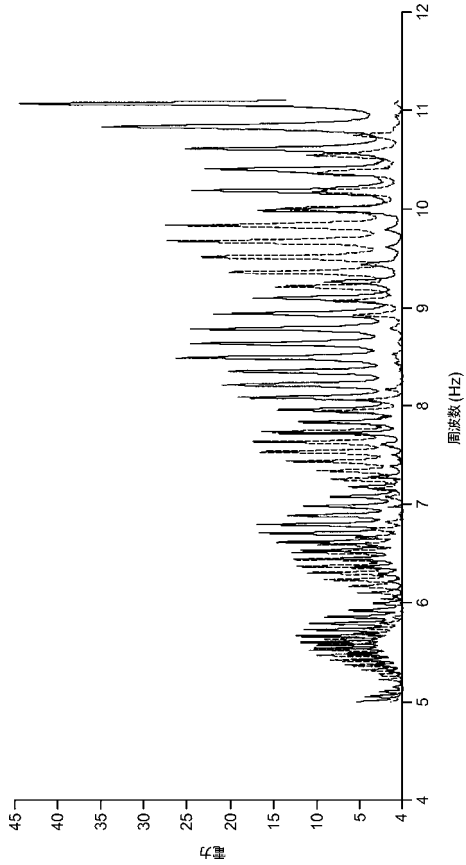
【図4】



【図5】



【図6】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2014/035296

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - F03G 7/08 (2014.01) USPC - 310/322 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) - F03G 7/00, 08; H01L 41/08; H02N 2/18 (2014.01) USPC - 310/321, 322, 339, 366, 367		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched CPC - F03G 7/00, 08; H01L 41/08; H02N 2/18 (2014.02)		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBase, Google Patents, Google		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6,858,970 B2 (MALKIN et al.) 22 February 2005 (22.02.2005) entire document	1-7
Y	US 2010/0072759 A1 (ANDOSCA et al.) 25 March 2010 (25.03.2010) entire document	1-7
A	US 2012/0049694 A1 (VAN SCHAIJK et al.) 01 March 2012 (01.03.2012) entire document	1-7
A	US 2005/0134149 A1 (DENG et al.) 23 June 2005 (23.06.2005) entire document	1-7
<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 "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 07 August 2014		Date of mailing of the international search report 22 AUG 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: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4900 PCT OSP: 571-272-7774

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2014/035296

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.: 8-39 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"/> The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee. <input type="checkbox"/> 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. <input type="checkbox"/> 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)
H 0 2 N	2/06	(2006.01)	H 0 2 N	2/06
B 6 0 C	23/02	(2006.01)	B 6 0 C	23/02
				J

(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, T M), 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, RU, 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 100205707
 弁理士 小寺 秀紀

(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 トラオアーニヒト デービッド
 アメリカ合衆国 1 4 6 1 6 ニューヨーク州 ロチェスター エルムウッド ドライブ 2 8 1
 Fターム(参考) 5H681 AA06 BB14 DD12 DD23 DD44 DD45 DD46 DD82 FF26

