(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5406029号
(P5406029)
(45)発行日　平成26年2月5日(2014.2.5)　(24)登録日　平成25年11月8日(2013.11.8)

(51)Int.Cl.　F I
H02N 2/00 (2006.01)　H02N 2/00 B

請求項の数 19　(全 16 頁)

(21)出願番号	特願2009-531517 (P2009-531517)
(86)(22)出願日	平成19年9月19日 (2007.9.19)
(65)公表番号	特表2010-506553 (P2010-506553A)
(43)公表日	平成22年2月25日 (2010.2.25)
(86)国際出願番号	PCT/US2007/078907
(87)国際公開番号	WO2008/042603
(87)国際公開日	平成20年4月10日 (2008.4.10)
審査請求日	平成21年4月20日 (2009.4.20)
(31)優先権主張番号	11/541,966
(32)優先日	平成18年10月2日 (2006.10.2)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　591245473
ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミト・ベシュレンクテル・ハフツング
ＲＯＢＥＲＴ　ＢＯＳＣＨ　ＧＭＢＨ
ドイツ連邦共和国デー－７０４４２　シュトゥットガルト，ヴェルナー・シュトラーセ　１
(74)代理人　100140109
弁理士　小野　新次郎
(74)代理人　100089705
弁理士　社本　一夫
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰
(74)代理人　100080137
弁理士　千葉　昭男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】印刷形成法により製造したエネルギハーベスティング装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
装置において、
カンチレバー梁の一部分を形成する被着体ストリップと、
圧電バイモルフカンチレバー梁を形成し得るよう前記被着体ストリップ上に敷設された圧電材料と、
前記圧電バイモルフ梁に装着された実効質量と、
前記圧電バイモルフに一体的に装着されたケースであって、中性インクを堆積させ、前記ケースのキャビティを画成する堆積工程、及び前記ケースを形成した後に前記中性インクを除去する加熱工程を通じて、該ケース及び前記被着体ストリップの相応する層を形成する印刷形成法により形成された前記ケースとを備える、装置。
【請求項２】
請求項１に記載の装置において、前記圧電カンチレバー梁を前記ケースの中空部分内にて密封し得るよう前記ケースの頂部に配置された蓋を更に備える、装置。
【請求項３】
請求項１に記載の装置において、前記圧電材料は、チタン酸ジルコニア酸鉛（ＰＺＴ）であり、前記ケースは、セラミック材料から成る、装置。
【請求項４】
請求項３に記載の装置において、前記ケースと一体化され且つ印刷形成法により前記ケース上に堆積させた１つ以上のパッシィブ型電子構成要素を更に備える、装置。

【請求項５】
請求項１に記載の装置において、前記ケースの外面上に形成された複数の表面取り付けタブを更に備え、該表面取り付けタブの各々は、前記装置内にて相応するビアと接続され、前記ビアの各々は、前記圧電バイモルフの電極層と接続され、前記ビア電極層の各々は、前記印刷形成法を行なう間、金属層を堆積させることにより形成される、装置。
【請求項６】
請求項１に記載の装置において、前記圧電バイモルフは、前記実効質量に誘発された振動力に相応する一方向へ撓み且つ、前記振動力に応答して電流を発生させる形態とされる、装置。
【請求項７】
請求項６に記載の装置において、前記電流は、センサ装置を保持するシステム内にて取り付けられた前記センサ装置に提供されて、該センサ装置に対し作動電力を提供する、装置。
【請求項８】
エネルギハーベスティング装置において、
硬化したセラミック材料にて出来たケースであって、キャビティを取り囲む壁構造体を備え、前記キャビティは、中性インクを堆積させ、前記キャビティを画成する堆積工程、及び前記中性インクを除去し且つ、前記セラミック材料を硬化させる加熱工程により形成された、前記ケースと、
前記キャビティ内に配設され且つ、前記壁構造体の一部分として一体的に形成された圧電カンチレバー梁とを備え、
前記ケース及び圧電カンチレバー梁は、連続的なセラミック材料層及び金属材料層を被着体上に印刷する工程から成る印刷形成法により形成される、エネルギハーベスティング装置。
【請求項９】
請求項８に記載の装置において、前記カンチレバー梁は、２つのセラミック層の間にて配設された金属層から成る圧電バイモルフカンチレバー梁である、装置。
【請求項１０】
請求項９に記載の装置において、前記カンチレバー梁の一体的部分を形成するように印刷形成法を通じて実効質量を形成する工程を更に備える、装置。
【請求項１１】
請求項９に記載の装置において、圧電バイモルフストリップは、前記実効質量に誘発された振動力に相応する一方向に向けて前記キャビティ内にて撓み且つ、前記振動力に応答して電流を発生させて前記装置と連結させた回路に作動電力を提供する形態とされた、装置。
【請求項１２】
請求項１１に記載の装置において、圧電材料は、チタン酸ジルコニア酸鉛（ＰＺＴ）であり、前記実効質量はＰＺＴ又は銀／パラジウム合金の１つである、装置。
【請求項１３】
請求項９に記載の装置において、前記ケースと一体化され且つ、印刷形成法により前記ケース上に堆積させた１つ以上のパッシィブ型電子構成要素を更に備える、装置。
【請求項１４】
請求項８に記載の装置において、マイクロシステムのセンサは、空気圧センサである、装置。
【請求項１５】
請求項１４に記載の装置において、前記空気圧センサ及び電力回路は、車両のタイヤ内に取り付けられる、装置。
【請求項１６】
エネルギハーベスティング装置の製造方法において、
セラミック材料層をスクリーン印刷法を通じて被着体上に堆積させ底部板を形成する工

程と、
中性インクを前記底部板の一部分上に堆積させ、キャビティを画成する工程と、
連続的なセラミック材料層を前記底部板の頂部に堆積させ、キャビティを画成する底部板の部分の回りに壁構造体を画成する工程と、
金属層が介在するセラミック材料層をキャビティを画成する前記部分内にて堆積させ、前記キャビティ内にてカンチレバー梁を形成する工程と、
頂部層を前記壁構造体の上面に堆積させ、キャビティを密封する蓋を形成する工程と、
装置を加熱して前記中性インクを除去し且つ、前記セラミック材料層及び金属層を硬化させる工程とを備える、エネルギハーベスティング装置の製造方法。
【請求項１７】
請求項１６に記載の方法において、１つ以上の排気穴を前記底部板に形成し、前記加熱工程中、前記中性インクの除去を容易にする工程を更に備える、方法。
【請求項１８】
請求項１６に記載の方法において、介在する中性のセラミック層及び金属層中の連続層の１つ以上を印刷し、前記装置の頂部層に１つ以上のパッシィブ型電気構成要素を画成する工程を更に備える、方法。
【請求項１９】
請求項１８に記載の方法において、前記装置をプラスチックハウジング内に収納する工程を更に備える、方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明の実施の形態は、全体として、小型化した電気システム、より詳細には、エネルギを収穫する装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
分散検知能力のため、１ｃｍ^{2}程度の小型化した電気システム（マイクロシステム）を使用することが提案されている。マイクロシステムセンサは、色々な環境上及び作動上の状態を監視し且つ、信号を工業的監視、セキュリティの用途、気象予報等のような多くの異なる用途のためホスト受信機に送信して戻すべく使用することができる。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００３】
かかる装置及びシステムの設計及び具体化は、小型で且つ堅固な包装体を設計し且つ、十分な送信機電力を提供するといったような、幾つかの努力を要する課題を解決することを必要とする。かかるシステムを設計する際の主たる考慮事項は、依然として、十分な電力を提供することであり、このことは、多くのマイクロシステムの重大な障害となっている。一般に、現在の小型のバッテリ技術は、数ヶ月程度のような、長期間、これらのシステムを作動させるのに十分なエネルギを貯蔵することはできない。バッテリの使用に伴うもう１つの不利益な点は、多くのセンサの用途は、バッテリの性能を制限し又は不能にし且つ（又は）バッテリのメンテナンスを実際上、不可能にする苛酷な環境又はアクセスが制限された環境を伴うことである。
【課題を解決するための手段】
【０００４】
マイクロシステムに対し十分なバッテリ電力を提供するという課題を解決する１つの方策は、周囲環境からエネルギを取り出すことである。エネルギハーベスティング（ｅｎｅｒｇｙ　ｈａｒｖｅｓｔｉｎｇ）（又はスカベンジング）と呼ばれる、この方策は、外部の又は貯蔵した電力源を不要にし、このため、全自動、即ち、外部の電力接続又はメンテナンスを必要としないシステムとすることを許容する。環境エネルギ源が利用可能である限り、エネルギハーベスティングマイクロシステムは、ユーザに情報を提供しつつ、完全

に作動し、実質的に無停止にすることができる。

【０００５】

環境からエネルギを取り出すため幾つかの技術が提案され且つ開発されている。最も一般的な利用可能なエネルギ源は、振動、温度及び応力（圧力）である。多くの環境上の用途において、振動エネルギは、最も容易に利用可能で且つ電気への変換が最も容易であろう。一般に、振動エネルギは、静電荷、磁界及び圧電性材料という３つの技術の１つを使用して電気エネルギに変換することができる。静電気及び磁気技術は、通常、特定の用途に適応するためより広範囲な設計、包装体及び一体化作業を必要とするから、振動エネルギから電気を圧電的に発生させることは典型的に最も経済的な方策である。

【０００６】

小型の圧電エネルギハーベスティング装置を製造する現在の方法は、典型的に、従来のＰＣ（プリント回路）板技術を含み、この場合、構成要素は、ＰＣに取り付けられ次に、別個のハウジング又はその他の構造体に一体化することができる。かかる方法は、典型的に、小型の装置を製造するとき、コスト高であり且つ非効率的である。更に、振動エネルギが電気エネルギに変換される用途に対し、エネルギの発生を最大にするため、圧電要素の剛性なプラットフォームを提供しなければならない。現在の圧電装置を製造する方法は、典型的に、圧電梁を別個のケースに取り付け又は装着する工程を含む。ケースと梁との間の結合が強い場合でも、インターフェース領域内の振動の伝達及び（又は）損失のため、装着箇所はエネルギの損失源となることが多い。

【図面の簡単な説明】

【０００７】

本発明の実施の形態は、同様の参照番号は同様の要素を示す添付図面にて単に一例として、また、非限定的に示されている。

【図１】図１は、１つの実施の形態に従ったエネルギハーベスティング装置内にて使用することのできる回転するタイヤにおけるような、振動エネルギを示す。

【図２Ａ】図２Ａは、１つの実施の形態に従ったエネルギハーベスティング装置内にて使用される圧電バイモルフを示す。

【図２Ｂ】図２Ｂは、横荷重を受ける間、図２Ａの圧電バイモルフを示す。

【図３】図３は、本発明の１つの実施の形態に従って、印刷形成法より製造したエネルギハーベスティング装置の切欠き図である。

【図４】図４は、１つの実施の形態に従って、印刷形成法により形成したエネルギハーベスティング装置を製造する方法を示す流れ図である。

【図５】図５は、１つの実施の形態下にて、セラミック被着体及び表面取り付けパッドが印刷されたキャリア又は被着体を示す。

【図６】図６は、図５の被着体の上に壁を形成する状態を示す。

【図７】図７は、図６の圧電カンチレバーのセラミック層の堆積状態を示す。

【図８】図８は、図７のカンチレバー上に第二の電極を形成する状態を示す。

【図９】図９は、図８のカンチレバー上に第三の電極を形成する状態を示す。

【図１０】図１０は、図９のカンチレバー上に縁部層及び犠牲インク材料を堆積する状態を示す。

【図１１】図１１は、図１０の縁部構造体上に蓋を形成する状態を示す。

【図１２Ａ】図１２Ａは、パッシィブ型電子構成要素と一体化するためケース内に形成された実効質量を有するエネルギハーベスティング装置を示す。

【図１２Ｂ】図１２Ｂは、１つの実施の形態下にて、印刷形成法を通して実効質量を堆積する状態を示す。

【図１２Ｃ】図１２Ｃは、図１２Ｂに示したように、形成された実効質量を有するカンチレバーの電極層を形成する状態を示す。

【図１２Ｄ】図１２Ｄは、図１２Ｂに示したように、形成された実効質量を有するカンチレバーのＰＺＴ層を形成する状態を示す。

【図１３】図１３は、パッシィブ型構成要素の第一の層を有する図１２Ａのエネルギハー

ベスティング装置を示す。
【図１４】図１４は、パッシィブ型構成要素の第二の層を有する図１３のエネルギハーベスティング装置を示す。
【図１５】図１５は、電気構成要素の頂部層を有する図１４のエネルギハーベスティング装置を示す。
【図１６】図１６は、１つの実施の形態の下にて、電力ハーベスティング装置及びインテリジェントタイヤシステムのセンサ／トランスミッタ回路を示す。
【発明を実施するための形態】
【０００８】
印刷形成法を通じて製造したエネルギハーベスティング装置の実施の形態について説明する。１つの実施の形態において、タイヤの圧力監視システム又は同様のシステムのような、小型のセンサ回路を作動させるべく使用することのできるエネルギハーベスティング装置を製造するためスクリーン印刷法、又は同様の印刷形成技術が使用される。印刷形成法は、スクリーン印刷した異なる材料の連続層を被着体に追加して装置を作製する工程を含む。装置が印刷法により形成された後、装置を加熱し又は硬化させて完成製品を形成する。１つの実施の形態において、圧電性カンチレバーがスクリーン印刷した構造体内に組み込まれて、装置のエネルギハーベスティングセグメントを形成する。圧電性カンチレバーは、外部から加えた荷重の下振動するバイモルフ又はマルチバイモルフカンチレバー梁（又はその他の同様の構造体）とすることができる。このカンチレバーは、電気的相互接続、環境からの遮蔽、及び行き過ぎ防止という多数の役目を提供するセラミックのような材料から成る外部シェル（包装体）により取り囲まれている。かかる装置は、タイヤの圧力監視システム、地震システム及び同様のもののような、色々な振動が生ずる環境内に配備されるセンサシステムに対し電力を提供すべく使用することができる。
【０００９】
以下の説明には、印刷形成法にて製造したエネルギハーベスティング装置の実施の形態を完全に理解し且つその説明を可能にするため、多数の特定の詳細が記載されている。しかし、当該技術の当業者は、これらの実施の形態は、１つ以上の特定の詳細無しにて又はその他の構成要素、システム等と共に実施することが可能であることが理解されよう。その他の場合、開示した実施の形態の形態を不明確にするのを避けるため、周知の構造体又は工程は、図示せず又は詳細には説明しない。
【００１０】
マイクロシステムセンサは、検知される環境の１つ以上の特徴又はパラメータを表す信号を提供するため多岐にわたる異なる環境内にて使用することができる。マイクロシステムを設置するときの１つの重要な条件はセンサへの電力の提供である。マイクロシステムセンサが配備される多くの環境は、振動を発生させるか又は振動に曝される。１つの実施の形態において、エネルギハーベスティング装置は、検知される環境内に存在する振動エネルギを使用してセンサを作動させる電気を発生させる。
【００１１】
自動車の用途は、使用中、車両の動きによる振動エネルギが容易に存在し、また、車内のセンサネットワークに電力を提供するため使用することができる１つの分野である。１つの実施の形態において、エネルギハーベスティング装置は、自動車、トラック又はその他の車両又は機械のタイヤ内に配備されるタイヤ圧力の検知モジュール内にて使用され、タイヤ内の空気圧力を検知し且つ、タイヤの圧力が低いか又は異常かを報告することのできる制御又はプロセッサモジュールに空気圧力の情報を伝達する。タイヤのゴムカーカスは、表面に沿って転がるとき、振動を発生させ、この振動を電気エネルギに変換することができる。図１は、タイヤが３０ｋｍ／時のような特定の速度にて転がるとき、タイヤのゴム内の加速度を示すグラフ１００である。軸線１０２に沿った加速力（ｇにて）は、時間（秒）に対しプロットしてある（１０４）。タイヤ内の圧力を監視するため、車輪又はタイヤカーカス内に埋め込まれ又は連結されたもののような、タイヤ内に取り付けた圧力センサを使用することができる。バッテリの寸法及び重量は、タイヤのバランスに顕著に

影響し、タイヤ内の過度に低く又は高い温度はバッテリの性能に著しく影響を与え、また、バッテリを交換し又は処分することは実際的でなく又はコスト高であるから、この用途のためにバッテリを使用することは実際的ではない。１つの実施の形態において、圧電性カンチレバー又はベンダー構造体を使用してタイヤの圧力センサに対し必須のエネルギを提供する。圧電性ベンダーは、転がるときのタイヤの加速力（図１に示したもののような）を圧力センサを作動させる電気に変換する。

【００１２】

１つの実施の形態において、タイヤの圧力センサと共に使用されるエネルギハーベスティング装置は、圧電バイモルフ又はマルチモルフ構造体を含む圧電性ベンダーを備えている。圧電性材料は、振動エネルギを電気エネルギに変換する材料である。単一の圧電性材料片は、それ自体、全体として、横方向荷重の下、同一方向及び反対方向への応力を示すユニモルフ構造体である。その結果、出力電圧は、正弦波形の振動入力の場合、零となるであろう。バイモルフ構造体は、横方向荷重の下、一方向に応力を有し、このため、正弦波状振動を加えたとき、非零の電圧を出力する。広範囲の多岐にわたる異なる振動環境内にて十分な電力出力を提供するため、バイモルフ構造体が一般に好まれる。

【００１３】

図２Ａには、エネルギハーベスティング装置内にて使用され、また、圧電バイモルフ構造体を利用する、１つの実施の形態に従った圧電性ベンダーが示されている。圧電性ベンダー２００は、基部又はハウジング２０２と、プラスチック補強部２０４に取り付けた圧電性要素２０６と、圧電性要素２０６に取り付けた実効質量２０８とから成っている。実効質量は、これと代替的に、プラスチック補強部２０４に装着してもよい。圧電性要素２０６及びプラスチック補強片２０４は、共に、ベンダー２００の圧電バイモルフ構造体を形成する。１つの代替的な実施の形態において、バイモルフストリップは、圧電／金属又は圧電／圧電要素として、又はサンドイッチアレー内に３つ以上の要素を含む圧電スタックとして具体化することができる。かかるアレーは、「マルチモルフ」構造体と称される。

【００１４】

１つの実施の形態において、プラスチック補強片２０４及び圧電性要素２０６から成るバイモルフ梁は、基部２０２の一部として一体的に形成される。このことは、梁及び基部の構造体の最大の剛性を提供する。振動力がベンダー構造体２００に導入されたとき、補強部２０４及び圧電性材料２０６から成るバイモルフ梁は、振動力に比例する動きを伴なって撓む。この撓みは、電力に変換され、増幅され、次に、構造体２００に連結されたセンサにおけるようなその他の回路に伝送される。

【００１５】

１つの実施の形態において、圧電性材料は、ＰＺＴ－５Ａ型セラミックのような、チタン酸ジルコニア酸鉛（ＰＺＴ）であり、また、実効質量はタングステンである。本体２０２及び補強材料２０４は、セラミックにて、又はプラスチック、ナイロン等のような任意の同様の不活性材料にて形成することができる。図２Ａの構造体の１つ以上は、材料がスクリーン印刷法又は同様の方法により一連の積層工程にて１つの表面上に堆積される印刷形成法により形成される。一般に、材料は、液体又は半液体の形態にて堆積され且つ、最終構造体を形成するよう硬化させる。

【００１６】

図２Ｂには、図１に示した振動のような横方向荷重入力の下、図２Ａの圧電バイモルフが示されている。図２Ｂに示したように、圧電性ベンダー２００は、第一の位置x_1から第二の位置x_2まで曲がり、発生される応力量σは、第一の位置から第二の位置への実効質量の変位に依存する。振動のような発振性の横方向入力の場合、圧電／プラスチックバイモルフ２１０は、振動位相に相応する方向に向けて曲がり、これにより横方向荷重に起因する変位量に依存する正の応力値を生じさせる。バイモルフのＰＺＴ材料は、応力を一体化して電力出力を発生させる。力はバイモルフストリップの質量及び誘発された加速度に比例するから、実効質量は、この応力を増加させる作用を果たす。

【００１７】
１つの実施の形態において、エネルギハーベスティング装置は、多くの異なる用途にて配備することのできる小型の一体化した包装体内にバイモルフ又はマルチバイモルフ圧電性ストリップを封入するスクリーン印刷法により形成される。図３には、１つの実施の形態に従って、スクリーン印刷法により製造したエネルギハーベスティング装置の切欠き図が示されている。図３に示したように、エネルギハーベスティング装置３００は、装置の本体と一体的に接続された圧電バイモルフ又はマルチバイモルフベンダー３０２（「カンチレバー梁」とも称される）から成っている。縁部構造体３０８は、包装体の底部３０６と一体的に接続され、この包装体底部３０６は、装置の底部を形成し、また、圧電性ベンダー３０２を取り囲んで側部構造体を提供し且つ、装置の本体を画成する。縁部３０８の頂部に配置した蓋３１０は、圧電性ベンダー３０２を覆い且つ、装置３００を密封する。１つ以上のビア３１２が圧電性ベンダー３０２の層と接続され、装置３００と連結した電気回路に対する伝導性接続部を提供する。装置３００のエネルギハーベスティングセグメントは、外部から加えられた荷重の下、振動する圧電バイモルフカンチレバー梁３０２により形成される。カンチレバーは、包装体底部３０６、縁部３０８及び蓋３１０から成る外部シェル（包装体）により取り囲まれている。カンチレバー３０２を取り囲む包装体は、電気的相互接続、環境からの遮蔽、及び行き過ぎ防止の機能を提供する。外部包装体は、セラミック又は高密度複合材又は同様の材料のような、カンチレバー梁を密閉密封することのできる電気的に不活性な材料にて形成することができる。

【００１８】
カンチレバー梁３０２と、該梁を封入する外部包装体とを含むエネルギハーベスティング装置３００は、幾つかの材料の連続層を敷設する工程を含むスクリーン印刷（印刷形成）法により形成される。１つの実施の形態において、説明した印刷形成法は、エオプレックステクノロジーズインク（ＥｏＰｌｅｘ　Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｉｅｓ，Ｉｎｃ）により開発された大量印刷形成法（ＨＶＰＦ（登録商標名））を利用する。これは、セラミック及び（又は）金属粉体から成る無機質インクを使用して層状化したフォーマットにて三次元的な中実又は中空の構造体を形成することを許容する印刷形成法である。加熱過程の間、これらの粉体は、その印刷した形状を保持するが、高密度となるように焼結する。「負」のインク又は犠牲材料が使用されて正のインクが存在しない領域を充填して次の層に対する平坦面を提供する。犠牲インクは、加熱する間、焼け又は溶解して構造体内に所望のキャビティ又は通路を形成する。材料が基部に蓄積する、スクリーン印刷のその他の同様の方法を使用することもできる。

【００１９】
底部３０６、縁部３０８及び蓋３１０の少なくとも１つから成る外部包装体は、カンチレバー梁３０２を形成するものと同一のスクリーン印刷法にて形成することができ、又は、２つ以上の異なるスクリーン印刷法を使用してこれらの異なる要素を形成することができる。

【００２０】
図４は、１つの実施の形態に従って封入式エネルギハーベスティング装置を製造する方法を示す流れ図である。工程４０２において、キャリア被着体が提供される。これは、セラミック被着体又は同様の材料とすることができる。キャリア被着体には、包装体の底部及び表面取り付けパッドが形成される（４０４）。包装体の底部を形成する層に穴が形成され又は穿孔されてその後に犠牲材料を除去することを許容する（４０６）。工程４０８にて、縁部の第一の部分は装置の回りにて印刷される。カンチレバー梁を底部板から十分に分離させる構造体を提供するのに十分な材料を堆積させる必要がある。ビアが追加されて表面取り付けパッドをカンチレバー梁と接続する（工程４１０）。次に、底部電極を印刷し且つビアの１つと接続する（４１２）。一般に、電極は、圧電バイモルフの金属層部分を備えている。工程４１４において、カンチレバーバイモルフの底部層が印刷される。これは、ハウジングのセラミック材料を堆積させることにより形成された電気的に不活性（絶縁性）層である。次に、圧電バイモルフの中間電極を印刷し且つ、ビアと接続する（

工程４１６）。圧電バイモルフの頂部分を工程４１８にて印刷する。カンチレバー梁がマルチモルフ構造体である場合、多数の圧電材料及び絶縁材料の層を敷設することができる。実効質量がカンチレバー梁と共に使用される場合、この実効質量は、同一のスクリーン印刷法により形成された梁構造体とすることもできる。工程４２０において、上側電極は印刷され且つ、相応するビアと接続される。次に、縁部の上側部分を蓋と同様に印刷する（工程４２２）。層の全てが印刷された場合、装置を加熱して犠牲材料（典型的に、インク）を焼いて除き、セラミック層及び金属層を硬化させる。犠牲材料は、溶解し且つ工程４０６にて形成された穴を通って流れる。使用した材料の型式に依存して、加熱過程は、硬化過程として又はスクリーン印刷工程により堆積させた材料を硬化させる任意の適正な方法としてもよい。加熱又は硬化後、必要であれば、バイモルフ又はマルチバイモルフを分極化しバイモルフを圧電性にする。次に、装置を、電力を提供すべき電気回路と接続し又は集積化することができる。

【００２１】

１つの実施の形態において、包装体及び圧電バイモルフを形成するスクリーン印刷法は、インク又はインク様物質内に埋め込んだ異なる材料の連続層を付設する工程を含む。インク層の幾つかは、ケース用のセラミック又は同様の材料から成り、また、その他は、カンチレバー及びビアに対する金属層から成る一方、更に他のものは、装置の中空領域を形成する犠牲インクである。層の全てが積み重ねられ且つ形成された場合、ケースと、カンチレバー梁と、ビアと、実効質量とから成る装置を全て１つの単一体として形成する。この構造体は、同時に加熱して犠牲材料を除去し且つ、セラミック及び金属材料を硬化させる。このことは、カンチレバーの回りにキャビティを形成し且つカンチレバーが振動するとき、隙間を提供する。

【００２２】

図５から図１１には、図４の流れ図に記載した方法に従って図３に示したような、エネルギハーベスティング装置を製造する製造工程の進行状態が示されている。図５には、セラミック被着体５０４及び表面取り付けパッド５０６が印刷されたキャリア又は被着体５０２が示されている。被着体５０２は、装置を形成するため使用されるスクリーン印刷法に対する十分な補強部及び支持体を提供するセラミック又は同様の不活性な材料とすることができる。底部板５０４は、スクリーン印刷法を通じて被着体に堆積させるべく液体又は半液体の形態にて提供されるセラミック材料又はその他の材料とすることができる。材料は、乾燥したとき、ビア５０６、圧電カンチレバー、及びその上に形成されるであろう壁に対する強固な構造体を提供するよう十分に硬く且つ剛性である。装置は、カンチレバーが形成される中空のキャビティを取り囲む構造体であるため、スクリーン印刷法の間、セラミック及び金属インクをマスキングするため幾つかの犠牲層が使用される。マスキングされた領域は、全体として、装置内にて中空又は空隙領域を画成する。１つの実施の形態において、犠牲層に対するインクが装置を加熱したとき、逃げるのを許容すべく流れ穴５０８が底部板に形成される。

【００２３】

装置の側部を形成する壁は、セラミック（又は同様の材料）縁部を底部板に印刷することにより形成される。図６には、図５の被着体上に壁６０２を形成する状態が示されている。犠牲インク層６０１は、底部板に堆積されてカンチレバー梁が形成されるキャビティを画成し、また、セラミック層は、このキャビティの回りに造られて装置の側壁を画成する。これと同時に、２つ以上のカンチレバー梁の層及びビアが形成される。１つの実施の形態において、カンチレバー梁は、不活性なセラミック層により分離された２つ以上の電極層から成るサンドイッチ構造体である。電極層の各々は、相応するビアと直接接続されるか又は、ビアと同一の層の一部分として形成された金属層であり、ビアの各々は、相応する表面取り付けパッドと直接接続される。図６に示したように、カンチレバー梁に対する第一の電極層６０４は、金属層を装置のキャビティを形成する犠牲インク６０１に堆積させることにより形成される。梁を垂直に動かすのを許容するため、カンチレバー梁の第一の層と、底部板の頂面との間に十分な空隙を提供する必要がある。カンチレバー６０４

の第一の電極層は、伝導路６０８を通じてビア６０６と直接接続される。電極６０４、ビア６０６及び伝導路６０８は、全て金属層を適正なパターンにて堆積させることにより同一のスクリーン印刷法により形成することができる。この同一の工程において、残りのビア６１０、６１２を形成することができる。

【００２４】

第一の金属電極層を堆積させた後、第二のセラミック層を堆積させる。これは、図６のカンチレバー梁のセラミック層の堆積状態を示す図７に示されている。このセラミック層は、カンチレバー梁７０２に対し不活性層を追加し、壁７０４を更に作製する。この層は、また、第一のビア６０６及びトレース６０８も覆う。金属層が堆積されて残りのビア７０６、７０８を作製する。図８には、図７のカンチレバー梁上に第二の電極を形成する状態が示されている。図８に示したように、金属層をカンチレバー梁上に堆積させ且つ、相応するビア８０６にトレース８０４を提供することにより、第二の又は中間の電極８０２が形成される。この金属層は、また、残りのビア８０８も作製する。第二の電極層が印刷された後、追加のセラミック層が印刷されて壁を作製し且つカンチレバー梁に対する次のセラミック層を提供する。次に、別の金属層を堆積させることにより第三の又は上側電極が形成される。

【００２５】

図９には、図８のカンチレバー梁上に第三の電極を形成する状態が示されている。図９に示したように、カンチレバー梁上に金属層を堆積させ且つ、相応するビア９０６に対するトレース９０４を提供することにより、第三の又は上側電極９０２が形成される。カンチレバー梁の最後の電極層が印刷された後、壁を更に造って梁が垂直に動き（揺動し）、また、任意の実効質量を装着するための十分な頂部隙間を提供する。図１０には、縁部層１００４及び犠牲インク材料１００２を図９のカンチレバー梁上に堆積させる状態が示されている。犠牲インクは、梁構造体を覆い、また、縁部壁１００４を更に作製するよう印刷されたセラミック層をマスキングする。

【００２６】

十分縁部の高さに達した後、カンチレバー梁を取り囲むキャビティを覆う蓋を形成することにより装置を取り囲む。図１１には、図１０の縁部構造体上に蓋を形成する状態が示されている。１つの実施の形態において、壁を形成するため使用したのと同一のスクリーン印刷法によりその前に形成した縁部の壁上に１つ以上のセラミック層を堆積させることにより蓋１００２が形成される。このように、図１１に示したように、蓋１００２は、壁１００４上に位置し、また、底部板１００６と共に、装置内に形成されたカンチレバー梁を完全に取り囲む。これと代替的に、装置を覆う蓋１００２は、別個の要素として形成されるものとしてもよく、この別個の要素は、縁部の壁１００４の頂面に接着されるすなわち別言すれば接合される。底部板は、表面取り付けパッドが装着され又はその内部に形成され、これらの表面取り付けパッドは、カンチレバー梁の相応する電極に対するそれぞれのビアと直接接続される。

【００２７】

１つの実施の形態において、カンチレバー梁の電極を形成するため使用される圧電材料は、ＰＴＺ－５型のセラミックのようなチタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）である。任意の同様の材料を使用することができ、かかる材料は、上述した印刷形成法により層状に形成される。材料は、スクリーン印刷法により処理することのできるペースト（例えば、粉体プラスバインダ）又は液体あるいは半液体の形態にて提供することができる。エネルギハーベスティング装置の用途及び必要とされる電力出力に依存して、実効物質をカンチレバー梁に装着し、入力の力に基づいて出力エネルギを増幅することができる。１つの実施の形態において、実行質量は、ＰＺＴと同時に加熱される材料にて出来たものとし、また、カンチレバー梁及び装置の壁を形成するため使用したのと同一の印刷形成法により層にて形成される。

【００２８】

装置が図１１に示したように、蓋と底部板との間にて取り囲まれたとき、装置は、加熱

過程にて加熱炉又は同様の加熱装置内にて加熱する。この過程は、底部板に形成された穴を通って出る犠牲インクを溶解させ且つ、カンチレバー梁の回りに開放したキャビティを残す。この加熱工程は、また、金属及びセラミック層を硬化させ、このため、冷却したとき、剛性な組立体が形成されるようにする。装置を完全に密封することが要求される場合、底部板の排気穴は充填し又は蓋をすることができる。装置の材料及び物理的性質に依存して１つ以上の加熱工程を使用することができる。一回の加熱工程が採用される場合、金属の、及び電極と壁とから成るセラミック層の選択した材料は、それぞれ適合し、ほぼ同一の温度にて硬化するようにする。例えば、電極は、銀パラジウムを使用して形成することができる一方、ケースは、Al_2O_3を使用して形成することができる。これと代替的に、電極及びケースの双方に対し白金のような材料を使用してもよい。

【００２９】

実施の形態は、スクリーン印刷（印刷形成）法を使用してエネルギハーベスティング装置を製造することに関するが、インク又は材料を連続的に層状にする方法を使用して装置を形成する同様の方法を使用することができ、これは、例えば、テープ巻き又は同様の過程であることを理解すべきである。

【００３０】

図３に示したように、形成される電力ハーベスティング装置は、装置の本体と直接、一体化されるカンチレバーの形態の圧電バイモルフを有する。電極層をサンドイッチ状にすべく装置の壁及びバイモルフの不活性層の双方を形成する連続的な層状化過程を通じて、梁は本体自体の伸長体である。従って、装置は、極めて高剛性の単一物梁及びケースを備えている。

【００３１】

図３から図１１の実施の形態に関して説明し且つ図示したエネルギハーベスティング装置は、独立的な電源装置を備えており、該電源装置は１つ以上の外部回路と連結し、これらの回路に対し電力を提供することができる。１つの代替的な実施の形態において、パッシィブ型の電子構成要素を同一の印刷形成製造法にて形成することにより、これらの構成要素を電力ハーベスティング装置と一体化することができる。かかる一体化した装置は、自己密閉型センサ又は同様のＭＥＭＳ装置として作用することができる。１つの実施の形態において、一体化したエネルギハーベスティング装置及びセンサ回路は、タイヤ又は車輪に埋め込んだタイヤの圧力監視システム（ＴＰＭＳ）を備えているが、振動エネルギ源が利用可能であるその他の同様のセンサの用途とすることも可能である。

【００３２】

１つの実施の形態において、エオプレックス（ＥｏＰｌｅｘ）法（又は同様の方法）のような、印刷形成法により形成された電力ハーベスティング装置は、回路被着体の一部を形成するケース内にて形成される。図１２Ａには、パッシィブ型電子構成要素と一体化し得るようケース内にて形成された実効質量を有するエネルギハーベスティング装置が示されている。カンチレバー梁を形成する圧電バイモルフ１２０４は、セラミックケース１２０２から形成される。１つ以上のビア１２０８は、装置内に含まれるであろう電気的構成要素の接続部を提供する。

【００３３】

図１２Ａに示したように、実効質量１２０６（例えば、セラミック及び（又は）金属とすることができる）は、バイモルフカンチレバー１２０４の一部として装着され又は形成される。上述したように、実効質量は、カンチレバー梁及び装置の壁（縁部構造体）を形成するため使用したのと同一の印刷形成法により層にて形成することができる。図１２Ｂから図１２Ｄには、１つの実施の形態の下での実効質量の形成及びそのカンチレバー梁との一体化が示されている。図１２Ｂに示したように、実効質量１２２０は、印刷形成法を介して材料の層を堆積させることにより縁部構造体１２２２内に形成される。堆積工程の間、圧電梁の電極要素１２２４に相応する交番的な層が図１２Ｃに示すように堆積される。また、図１２Ｄに示したように、圧電梁のＰＺＴ要素１２２６に相応する交番層が電極層の間にて堆積される。このようにして、実効質量は、圧電梁の一体的な部分として形成

される。エネルギハーベスティング装置が加熱過程により製造される１つの実施の形態に対し、実効質量は、ＰＺＴ材料と同時に加熱される材料にて出来ている。この実施の形態の場合、実効質量自体は、ＰＺＴ、又は銀／パラジウム（Ａｇ／Ｐｄ）合金又は同様の材料にて出来ている。装置が加熱過程により形成されない実施の形態の場合、タングステンのような材料を使用することができる。

【００３４】

一般に、図１２Ａに示したエネルギハーベスティング装置は、上述した印刷形成法により形成される。この過程を通じて、図１１に関して説明したように、キャップ層もまた装置の上方に形成される。１つの実施の形態において、エネルギハーベスティング装置のキャップ層は、追加の電気回路を形成するための被着体を提供する。図１３には、パッシィブ型構成要素の第一の層を有する図１２Ａのエネルギハーベスティング装置が示されている。キャップ層１３０８はケース１３１０上に形成される。この層の上には、キャパシタ板１３０４、ビア１３０６及びスパイラルインダクタ（アンテナ）１３０２のような、追加的な構成要素が形成される。この層は、インダクタ、キャパシタ又は相互接続構造体の任意の組み合わせを保持することができる。次に、第一の構成要素の層の上方に層間セラミック層を印刷する。この層は、高誘電定数、透磁性等のような、パッシィブ型要素の性能を向上させる設計とした性質を有する必要がある。次に、パッシィブ型構成要素の第二の層を印刷する。図１４には、パッシィブ型構成要素の第一の層を有する図１３のエネルギハーベスティング装置が示されている。層１４０２上には、スパイラルインダクタ（アンテナ）１４０４及びビア１４０８と共に、第二のキャパシタ板１４０６が形成される。この構成要素の層の頂部には、別のセラミック中間層が印刷され、次に、このセラミック中間層の上に頂部層構造体が印刷される。頂部層構造体は、接合パッドと、追加的なパッシィブ型要素とを保持することができる。図１５には、表面取り付け電気構成要素１５０２を有する図１４のエネルギハーベスティング装置が示されている。次に、完成した構造体を加熱し、圧電材料を分極化する。

【００３５】

回路及び電力ハーベスティング回路の用途に依存して、集積回路要素（ＭＥＭＳ及びＡＳＩＣＳ）のような追加的な構成要素は、フリップチップ法又は同様の方法を介して被着体にはんだ接合することができる。次に、システムは、プラスチックハウジング内に配置し、タイヤ内に又は回路を配備すべき任意の環境内に埋め込むことができる。図１６には、１つの実施の形態に基づくインテリジェントタイヤシステムの電力ハーベスティング装置及びセンサ／トランスミッタ回路が示されている。一体化した電力ハースティング／構成要素の回路１６０２は、プラスチックハウジング１６０４内に収容する。タイヤ圧力の検知システムの用途に対し、回路によって圧力を測定することを可能にするため通路１６０６が提供される。

【００３６】

図１２から図１６に示した装置の中間層領域内にて形成されたパッシィブ型電気的構成要素は、装置のエネルギハーベスティング部分を製造するため使用した方法と同様の又は同一の印刷形成法により形成される。頂部層構造体上に配置された構成要素は、頂部層にはんだ付けされるアクティブ型の半導体装置とすることができ、又は、これらは、頂部層にはんだ付けされ又は追加的な印刷形成工程により形成される追加的なパッシィブ型構成要素としてもよい。図１６の装置１６０２のような、一体化した装置は、エネルギハーベスティング装置１２０２と組み合わせてプリント回路板利用の回路を使用することを不要にする。

【００３７】

タイヤの圧力センサシステムに関する実施の形態を説明したが、これらの又は同様の構成要素は比較的低電力でよく且つその低電力にて作動することのできるセンサ又は装置を含む多岐にわたるその他のマイクロシステムに対して利用することができることを理解すべきである。これらは、動作センサ、赤外線センサ、漏洩検出器、潤滑剤モニター装置、及び測定可能であり且つ振動環境を特徴とする特性を有するその他の適用例を含む。例え

ば、電力のため圧電ベンダーを使用するセンサは、車両の燃料タンク内に取り付けて燃料の量又は質を監視し又はエンジンのクランクケース内に取り付けて、オイルの量及び質を監視することができる。エネルギハーベスティング装置の実施の形態は、特に、自動車又は航空宇宙の適用例、工業用機械、地震の適用例、海洋学的適用例のような多くの異なる工業用途に適用できることができる。

【００３８】

エネルギハーベスティング装置と組み合わせて使用されるセンサは、無線周波数、マイクロ波、又は同様の無線通信手段のような任意の適宜な検知及び通信回路を具備することができる。これと代替的に、幾つかの適用例は、有線センサ通信に適するであろう。

【００３９】

文脈上別段の要求がされない限り、本明細書及び特許請求の範囲の全体にわたって、「備える」、「備えている」のような語及び同様の語は、排他的又は排除的な意味ではなく、包含的な意味にて、すなわち「含むが、それらにのみ限定されない」という意味にて解釈されるべきである。単数又は複数を使用する語は、また、それぞれ複数又は単数も含む。更に、「本明細書にて」、「本明細書に基づき」、「上記」及び「以下」という語及び同様の意味の語は、本出願に対して、本出願の全体を意味し、本出願の任意の適当な部分を意味するものではない。「又は」という語が２つ以上の物品のリストに関して使用されるとき、その語は、その語の以下の解釈、すなわち、リスト中の任意の物品、リスト中の全ての物品、及びリスト中の物品の任意の組み合わせを包合するものである。

【００４０】

マイクロシステムセンサと共に使用されるエネルギハーベスティング装置の図示した実施の形態の上記の説明は、排他的に又は、実施の形態を開示した正確な形態又は教示に限定することを意図するものではない。エネルギハーベスティング装置の特定の実施の形態及びその例は、説明の目的のために本明細書にて説明したものであり、当該技術の当業者が理解し得るように、説明した実施の形態の範囲内にて色々な等価的な改変例が可能である。

【００４１】

上述した実施の形態の要素及び行為は、更なる実施の形態を提供するよう組み合わせることができる。上記の詳細な説明に鑑みて、エネルギハーベスティング装置に対し上記及びその他の変更を為すことができる。

【００４２】

一般に、以下の特許請求の範囲において、使用した語は、説明したシステムは本明細書及び特許請求の範囲に開示された特定の実施の形態にのみ限定されるものと解釈されるべきではなく、特許請求の範囲の下、作用する全ての工程又は過程を含むものと解釈されるべきである。従って、説明したシステムは、本明細書によって限定されるものではなく、記述した方法の範囲は、全て特許請求の範囲によって判断されるべきである。

【００４３】

エネルギハーベスティング装置の特定の形態を特定の特許請求の範囲の形態にて以下に記載したが、本発明者は、任意の数の請求項の形態による方法の色々な形態とすることを考える。従って、本発明者は、説明したシステムのその他の形態に対してかかる追加的な特許請求の範囲の形態を求めるため、本出願の後、追加の特許請求の範囲を加える権利を留保するものである。

【図１】

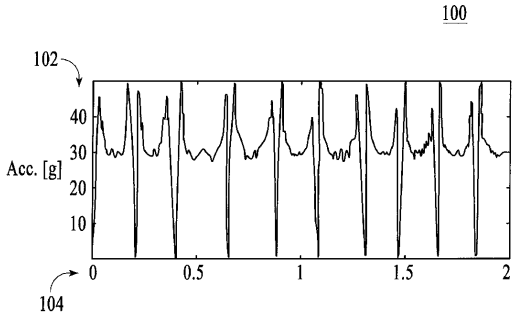


FIG.1

【図２Ａ】

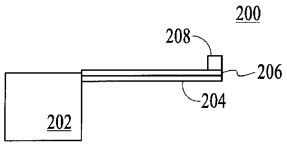


FIG.2A

【図２Ｂ】

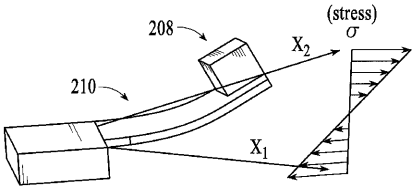


FIG.2B

【図３】

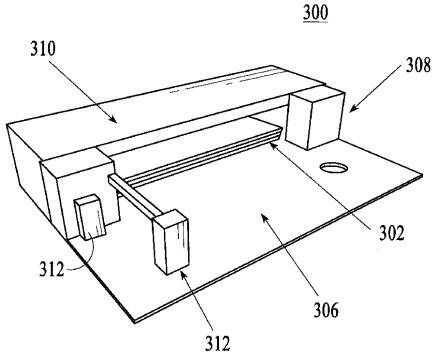
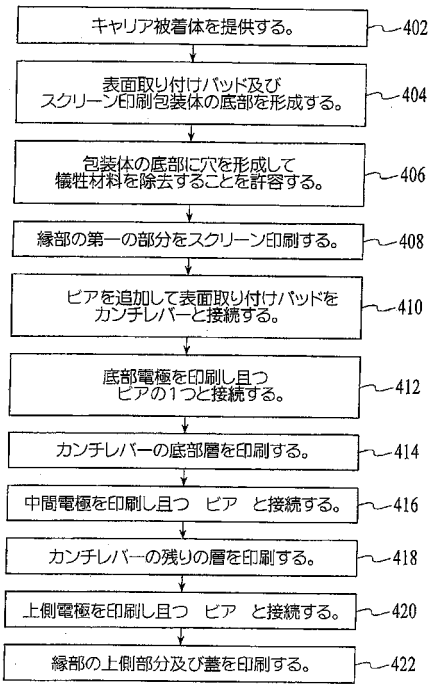


FIG.3

【図４】



【図５】

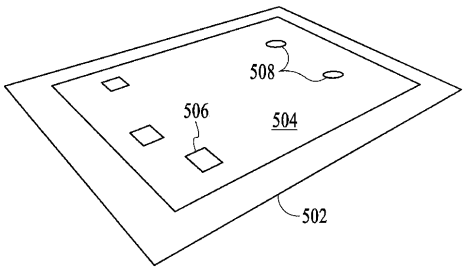


FIG.5

【図６】

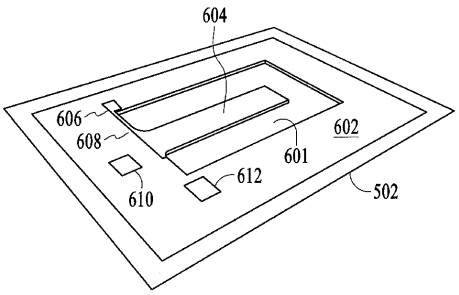


FIG.6

【図７】

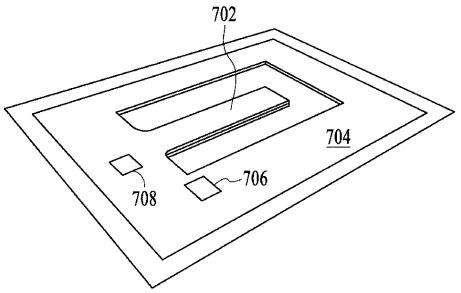


FIG.7

【図８】

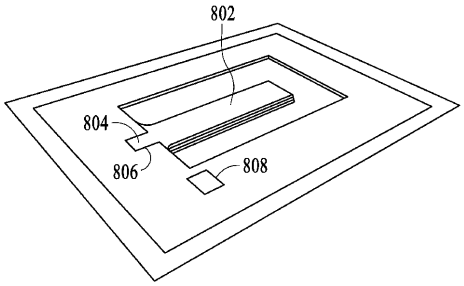


FIG.8

【図９】

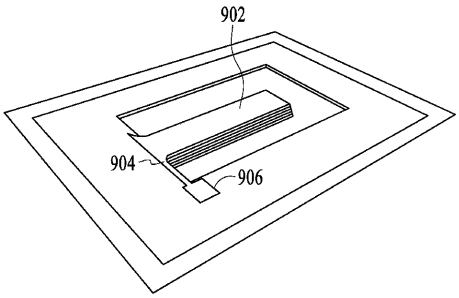


FIG.9

【図１０】

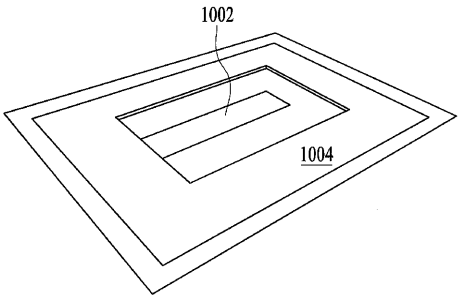


FIG.10

【図１１】

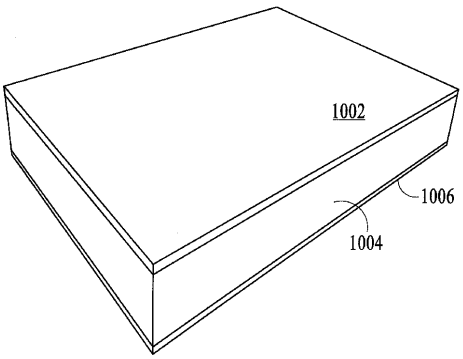


FIG.11

【図１２Ａ】

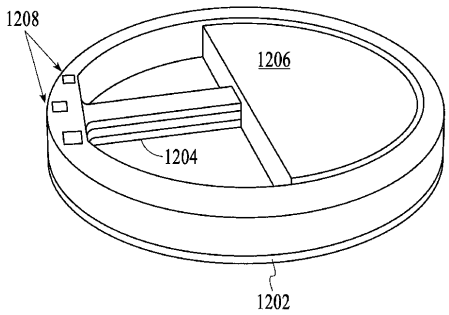


FIG.12A

【図１２Ｂ】

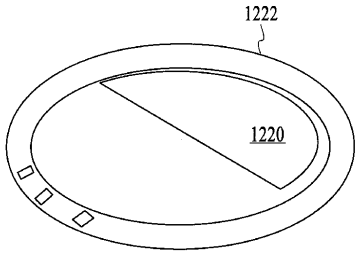


FIG.12B

【図１２Ｃ】

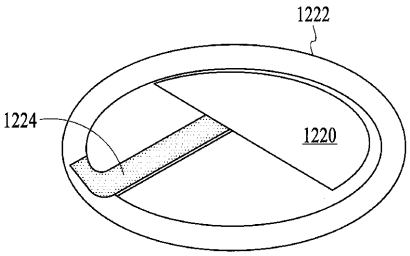


FIG.12C

【図１２Ｄ】

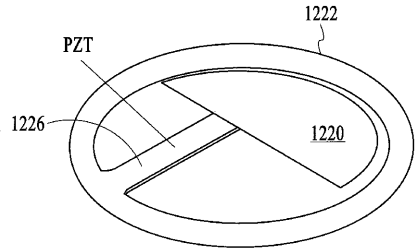


FIG.12D

【図１３】

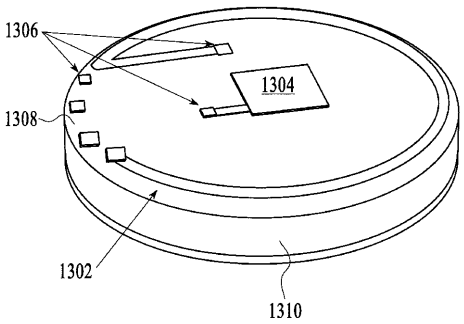


FIG.13

【図１４】

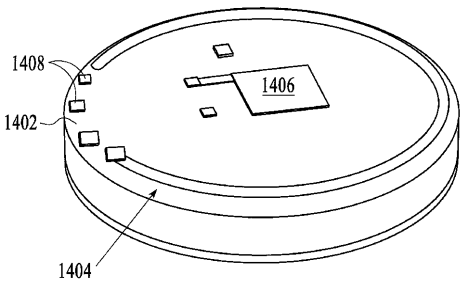


FIG.14

【図１５】

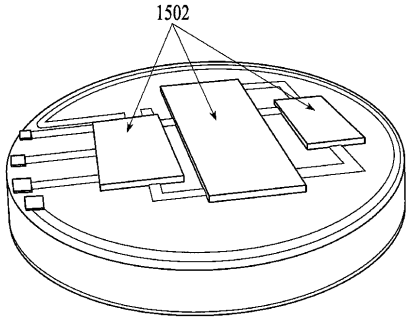


FIG.15

【図１６】

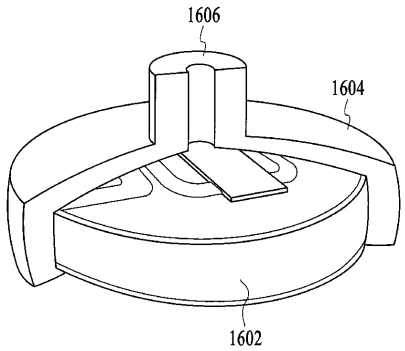


FIG.16

フロントページの続き

(74)代理人 100096013
弁理士 富田 博行
(74)代理人 100106644
弁理士 戸塚 清貴
(72)発明者 ウルム，マルクス
アメリカ合衆国カリフォルニア州９４３０４，パロ・アルト，ミランダ・アベニュー ４００９
(72)発明者 スターク，ブライアン
アメリカ合衆国カリフォルニア州９４３０４，パロ・アルト，ミランダ・アベニュー ４００９
(72)発明者 メッツ，マティアス
アメリカ合衆国カリフォルニア州９４３０４，パロ・アルト，ミランダ・アベニュー ４００９

審査官 服部 俊樹

(56)参考文献 米国特許第０６２４４１１０（ＵＳ，Ｂ１）
特表２００７－５２７６８１（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２７７６２４（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－００９５５２（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－０１９９７１（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１５９２７５（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２１０５４７（ＪＰ，Ａ）
特表２００６－５２１９４４（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０６２４４５（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００５／０６７０７３（WO，Ａ１）
特表２００２－３２８３１９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｎ ２／００