



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

振動発電デバイスは、フレーム部と、前記フレーム部の内側に設けられた錘部と、前記フレーム部と前記錘部との間をつなぎ前記錘部が変位することで撓む撓み部と、少なくとも前記撓み部に配置され前記錘部の振動に応じて交流電圧を発生するように構成される発電部と、を含む。前記フレーム部および前記錘部は、シリコン基板を用いて形成される。前記発電部の表面には、樹脂材料で形成された弾性膜を備える。前記撓み部は、前記フレーム部かつ前記錘部を構成するシリコンよりもヤング率が小さな前記樹脂材料を用いて形成した前記弾性膜である。

明 細 書

発明の名称： 振動発電デバイスおよびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、MEMS（micro electro mechanical systems、微小電子機器）技術を用い、振動エネルギーを電気エネルギーに変換するように構成される振動発電デバイスおよびその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、車や人の動きなど任意の振動に起因した振動エネルギーを電気エネルギーに変換するためのMEMSデバイスの一種である発電デバイスがある。このような発電デバイスに関しては種々の研究がなされている（例えば、R. van Schaijk, et al, 「Piezoelectric ALN energy harvesters for wireless autonomous transducer solution」, IEEE SENSORS 2008 Conference, 2008, p. 45 - 48（以下「文献1」という））。

[0003] ここにおいて、上記文献1に示された発電デバイスは、図6に示すように、主体基板4、第一のカバー基板5および第二のカバー基板6を含む。主体基板4は、フレーム部1およびフレーム部1の内側に配置され可撓性の撓み部2を介して揺動自在に支持された錘部3を有し、素子形成用基板を用いて形成される。第一のカバー基板5は、第一のカバー形成用基板を用いて形成され、主体基板4の一表面側においてフレーム部1が固着される。第二のカバー基板6は、第二のカバー形成用基板を用いて形成され、主体基板4の他表面側においてフレーム部1が固着される。また、主体基板4の撓み部2に、錘部3の振動に応じて交流電圧を発生する発電部7が形成されている。なお、発電部7は、下部電極8、圧電層9、上部電極10の積層構造を有している。

[0004] しかしながら、上述のようなモノリシックな発電デバイスでは、錘部3となるシリコンの密度が金属材料より比較的小さく、撓み部2となるシリコンが金属材料よりもヤング率が大きいため、外部振動に対して錘部3が十分に

振動せず、出力が小さくなるという課題があった。

発明の概要

- [0005] 本発明は、上記背景技術に鑑みて発明されたもので、その課題は、外部振動を効率良く錘部に伝える振動発電デバイスおよびその製造方法を提供することである。
- [0006] 上記課題を解決するために、本発明の振動発電デバイスは、フレーム部と、前記フレーム部の内側に設けられた錘部と、前記フレーム部と前記錘部との間をつなぎ前記錘部が変位することで撓む撓み部と、少なくとも前記撓み部に配置され前記錘部の振動に応じて交流電圧を発生するように構成される発電部とを備える。前記フレーム部および前記錘部は、シリコン基板を用いて形成される。前記発電部の表面には、樹脂材料で形成された弾性膜を備える。前記撓み部は、前記フレーム部かつ前記錘部を構成するシリコンよりもヤング率が小さな前記樹脂材料を用いて形成した前記弾性膜でなる。望ましくは、前記撓み部は、前記弾性膜、および前記シリコン基板に対するエッチングストップ層のうち、少なくとも前記弾性膜のみからなり、前記発電部が具備される。
- [0007] また、この振動発電デバイスにおいて、前記弾性膜は、前記錘部にまで延長されて形成されていることが好ましい。
- [0008] 振動発電デバイスの製造方法において、前記フレーム部および前記錘部は、エッチングストップ層を形成したシリコン基板を用いて形成し、前記撓み部は、前記エッチングストップ層に達するまで前記シリコン基板をエッチングして形成することが好ましい。
- [0009] 本発明の振動発電デバイスにおいて、前記撓み部は、前記フレーム部かつ前記錘部を構成するシリコンよりもヤング率が小さな前記樹脂材料を用いて形成した前記弾性膜でなる。これより、比較的低加速度の外部振動に対しても前記発電部は大きな出力を得ることを可能にし、また、前記弾性膜を備えることで、前記錘部の振動による前記発電部の破損を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0010] 本発明の好ましい実施形態をさらに詳細に記述する。本発明の他の特徴および利点は、以下の詳細な記述および添付図面に関連して一層良く理解されるものである。

[図1]本発明の一実施形態を示す振動発電デバイスの概略分解斜視図である。

[図2]本発明の一実施形態を示す振動発電デバイスにおけるシリコン基板部位の概略平面図である。

[図3]図3Aは、本発明の一実施形態を示す振動発電デバイスにおける弾性膜部位の概略平面図とシリコン基板部位の図2のA-A'断面における概略断面図であり、図3Bは、本発明の一実施形態を示す振動発電デバイスにおける弾性膜部位の変形例の概略平面図とシリコン基板部位の変形例の図2のA-A'断面における概略断面図である。

[図4]本発明の一実施形態を示す振動発電デバイスの概略分解断面図である。

[図5]本発明の一実施形態を示す振動発電デバイスにおけるシリコン基板部位の製造方法を説明するための図2のA-A'断面における主要工程断面図である。

[図6]従来例を示す振動発電デバイスの概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 図1ないし4は、本発明の一実施形態である振動発電デバイスを示す。この振動発電デバイスは、少なくとも、フレーム部11と、錘部12と、撓み部13と、発電部18とを含む。錘部12は、フレーム部11の内側に設けられている。撓み部13は、フレーム部11と錘部12との間をつなぎ、錘部12が変位することで撓むように形成される。発電部18は、少なくとも撓み部13に配置され、錘部12の振動に応じて交流電圧を発生するように構成される。フレーム部11および錘部12は、シリコン基板25を用いて形成される。発電部18の表面には、樹脂材料で形成された弾性膜20が形成される。撓み部13は、フレーム部11かつ錘部12を構成するシリコンよりもヤング率が小さな樹脂材料を用いて形成した弾性膜20でなる。また、弾性膜20は、錘部12にまで延長されて形成されている。

[0012] また、図 5 に示すように、この振動発電デバイスの製造方法において、フレーム部 11 および錘部 12 は、エッチングストップ層（後述のシリコン酸化膜 36）を形成したシリコン基板 25 を用いて形成し、撓み部 13 は、エッチングストップ層に達するまでシリコン基板 25 をエッチングして形成している。

[0013] このシリコン基板 25 は、第 1 及び第 2 表面を持ち、発電部 18 は、第 1 表面の側に形成される。シリコン基板 25 は、その第 1 表面側から、シリコン酸化膜 36 と、発電部 18 と、シリコンよりヤング率の低い樹脂材料を用いて形成する弾性膜 20 と、を有している。ここで、フレーム部 11 および錘部 12 は、シリコン基板 25 とシリコン酸化膜 36 と弾性膜 20 とを主体とし、撓み部 13 は、弾性膜 20 を主体として構成している。望ましくは、図 3 A 及び 3 B に示される撓み部 13 の各シリコン酸化膜 36 は除去される。要するに、本発明の撓み部（13）は、弾性膜（20）、およびシリコン基板（25）に対するエッチングストップ層のうち、少なくとも弾性膜（20）のみからなり、発電部（18）が具備される。したがって、本発明の撓み部は、エッチングストップ層を含んでもよい。

[0014] 図 1 に示すように、この振動発電デバイスは、シリコン基板 25 の第 1 表面にフレーム部 11 と固着した第一のカバー基板 29 を有する。また、振動発電デバイスは、シリコン基板 25 の第 1 表面と反対側の第 2 表面にフレーム部 11 と固着した第二のカバー基板 30 を有する。これら第一のカバー基板 29 および第二のカバー基板 30 は、シリコンやガラス等を用いて形成している。このように、図 1 の例では、振動発電デバイスは、シリコン基板 25 と、第一のカバー基板 29 と、第二のカバー基板 30 と、を用いて構成されている。

[0015] 以下、本実施形態における振動発電デバイスおよびその製造方法について具体的詳細に説明する。

[0016] 図 2 に示すように、フレーム部 11 の平面視における外形形状は、矩形形状である。また、フレーム部 11 の内側に形成された錘部 12 および撓み部

１３の平面視における外形形状も、フレーム部１１の外形形状と同様に矩形形状である。また、撓み部１３に配置された発電部１８の平面視における外形形状は、撓み部１３の外形形状に沿って、矩形形状である。換言すると、錘部１２は、第１および第２端を含み、自由端および被支持端をそれぞれ第１および第２端に有する。被支持端は、撓み部１３を介して、支持部としての、フレーム部１１の一部に支持される。図３の例では、フレーム部１１は、矩形孔を有する矩形枠であり、錘部１２は、そのフレーム部１１内に配置される矩形板状であり、上記第１および第２端は、錘部１２の長手方向の両端に対応する。また、弾性膜２０は、少なくとも、錘部１２の被支持端の縁部とフレーム部１１の支持部の縁部との間に形成されている。

[0017] そして、この振動発電デバイスは、発電部１８を備え、これは、シリコン基板２５の第１表面側に形成されたシリコン酸化膜３６の表面に形成されている。即ち、シリコン酸化膜３６の表面側から順に下部電極１５、圧電層１６、上部電極１７が積層され、これらが発電部１８を構成している。また、シリコン酸化膜３６の上記表面側には、下部電極１５および上部電極１７それぞれに金属配線からなる接続配線３１ａ、３１ｃが形成されている。また、シリコン酸化膜３６の上記表面側には、接続配線３１ａ、３１ｃを介して電氣的に接続された下部電極用パッド３２ａと、上部電極用パッド３２ｃと、が形成されている。

[0018] 発電部１８においては、下部電極１５の平面サイズが最も大きく、二番目に圧電層１６の平面サイズが大きく、上部電極１７の平面サイズが最も小さくなるように設計してある。本実施形態では、平面視において、下部電極１５の外周線の内側に圧電層１６が位置し、圧電層１６の外周線の内側に上部電極１７が位置している。

[0019] また、図３Ａに示すように、シリコン基板２５の第１表面側全体を覆うように樹脂材料で弾性膜２０を形成してもよい。このような場合、弾性膜２０は、下部電極用パッド３２ａおよび上部電極用パッド３２ｃから交流電圧を取り出すために、それらに対応する位置に貫通孔２３を設けていて、この貫

通孔 23 に金属膜を成膜している。また、この樹脂材料は、PMMA（ポリメタクリル酸メチル樹脂）やポリイミド等を用いている。また、図 3 B に示すように、弾性膜 20 は、少なくとも発電部 18 を覆っていればよい。このような場合、下部電極用パッド 32 a、上部電極用パッド 32 c が表面に露出していれば、貫通孔 23 を設ける必要はない。また、この貫通孔 23 の平面視における形状は、略四角形、略円形等、配線を設置することができれば、これに限定されない。

[0020] また、図 4 に示すように、発電部 18 は、シリコン酸化膜 36 の上記表面側から下部電極 15 と、圧電層 16 と、上部電極 17 とを順に積層することにより形成されている。さらに、少なくともフレーム部 11 と撓み部 13 との境界から錘部 12 と撓み部 13 との境界にまで、発電部 18 は形成されている。なお、発電部 18 がフレーム部 11 と撓み部 13 との境界に揃っているほうが、発電部 18 に振動しても発電に寄与しない部分が存在せず、発電量の向上を図れるため好ましい。

[0021] シリコン基板 25 の第 1 表面側には、上部電極 17 に電氣的に接続される接続配線 31 c と下部電極 15 との短絡防止用の絶縁部 35 が、下部電極 15 および圧電層 16 それぞれにおけるフレーム部 11 側の端部を覆う形で形成されている。また、絶縁部 35 を設けるときの、絶縁部 35 は、シリコン酸化膜により構成しているが、シリコン酸化膜に限らず、シリコン窒化膜により構成してもよい。また、シリコン基板 25 と下部電極 15 との間に MgO 層からなるシード層（図示せず）が形成されている。また、シリコン基板 25 の第 1 表面側および第 2 表面側には、それぞれ、シリコン酸化膜 36 および 37 が形成されている。なお、本実施形態では、シリコン基板 25 を構成する基板材料がシリコンであるので、そのシリコン基板の第 1 表面のシリコン酸化膜 36 は、エッチングストップ層となる。撓み部 13 を形成する際は、撓み部 13 に対応するシリコン基板の部分を全てエッチングにより除去する。なお、これらの配線パターンや発電部 18 は、シリコン基板 25 上に形成されているが、弾性膜 20 によって覆われるため、平面視において目視さ

れない。なお、弾性膜 20 は、下部電極用パッド 32a および上部電極用パッド 32c から交流電圧を取り出すために、それらに対応する位置に貫通孔 23 を設けている。

[0022] また、第一のカバー基板 29 は、第 1 及び第 2 表面を持ち、第一のカバー基板 29 の第 2 表面が、シリコン基板 25 の第 1 表面側に接合される。シリコン基板 25 側の第 2 表面側の一部に、錘部 12 および撓み部 13 からなる可動部の変位空間を形成し、その変位空間を第一凹所 38 としている。

[0023] 第一のカバー基板 29 の第 1 表面側に、発電部 18 で発生した交流電圧を外部へ供給するための出力用電極 40、40 を形成している。出力用電極 40、40 は、それぞれ、第一のカバー基板 29 の第 2 表面側に形成された連絡用電極 41、41 と、第一のカバー基板 29 の厚み方向に貫設された貫通孔配線 42、42 を介して電氣的に接続されている。ここで、第一のカバー基板 29 の連絡用電極 41 および 41 が、それぞれ、シリコン基板 25 の下部電極用パッド 32a および上部電極用パッド 32c と接合され、電氣的に接続されている。なお、各出力用電極 40、40 および各連絡用電極 41、41 を Ti 膜と Au 膜との積層膜により構成しているが、これらの材料や層構造は特に限定するものではない。また、各貫通孔配線 42、42 の材料としては Cu を採用しているが、これに限らず、例えば Ni、Al などを採用してもよい。

[0024] 本実施形態では、第一のカバー基板 29 としてシリコンを用いた基板を使用する場合、第一のカバー基板 29 は、二つの出力用電極 40、40 同士の短絡を防止するためのシリコン酸化膜からなる絶縁膜 43 が、第一のカバー基板 29 の第 1 表面側および第 2 表面側と貫通孔配線 42、42 が内側に形成された貫通孔 44、44 の内周面とに跨って形成されている。なお、第一のカバー基板 29 としてガラスを用いた基板のような絶縁性基板を用いる場合は、このような絶縁膜 43 は設ける必要はない。

[0025] また、第二のカバー基板 30 は、第 1 及び第 2 表面を持ち、第二のカバー基板 30 の第 1 表面が、シリコン基板 25 の第 2 表面側に接合される。第二

のカバー基板 30 の第 1 表面側に、錘部 12 および撓み部 13 からなる可動部の変位空間を形成し、その変位空間を第二凹所 39 としている。なお、第二のカバー基板 30 は、ガラス基板のような絶縁性基板を用いてもよい。

[0026] また、弾性膜 20 を備えたシリコン基板 25 と第一のカバー基板 29 とは、接着剤等で接合されている。そして、シリコン基板 25 と第二のカバー基板 30 とは、常温接合法により接合してあるが、常温接合法に限らず、例えば、陽極接合法や、エポキシ樹脂などを用いた樹脂接合法などにより接合してもよい。なお、本実施形態の振動発電デバイスは、MEMS デバイスの製造技術などを利用して形成されている。

[0027] 以上、説明した本実施形態の振動発電デバイスでは、発電部 18 が下部電極 15 と、圧電層 16 と、上部電極 17 と、で構成されているから、撓み部 13 の振動によって圧電層 16 が応力を受け、下部電極 15 と上部電極 17 とに電荷の偏りが発生し、発電部 18 において交流電圧が発生する。

[0028] ここで、振動発電デバイスの圧電層 16 に用いられる圧電材料の比誘電率を ε 、圧電定数を e 、発電指数を P とすると、 $P \propto e^2 / \varepsilon$ の関係が成り立ち、発電指数 P が大きいほど発電効率が大きくなる。振動発電デバイスに用いられる代表的な圧電材料である PZT および AlN それぞれの圧電定数 e 、比誘電率 ε の一般的な値からみて、発電指数 P に二乗できく圧電定数 e が大きい PZT を採用した方が発電指数 P を大きくできる。本実施形態における振動発電デバイスは、圧電層 16 の圧電材料として、鉛系圧電材料の一種である PZT を採用しているが、鉛系圧電材料は、PZT に限らず、例えば PZT-PMN (: Pb (Mn, Nb) O₃) やその他の不純物を添加した PZT を採用してもよい。ただし、圧電層 16 の圧電材料は、鉛系圧電材料に限らず、他の圧電材料を採用してもよい。

[0029] 以下、本実施形態の振動発電デバイスの製造方法について、図 5 を参照しながら説明するが、図 5 A ないし H は、図 2 の A-A' 断面に対応する部位を示している。

[0030] まず、シリコンを用いて形成されるシリコン基板 25 の第 1 表面側と第 2

表面側にそれぞれシリコン酸化膜 36、37 を熱酸化法などにより形成する絶縁膜形成工程を行うことによって図 5A に示す構造を得る。詳しくは、（第 1）シリコン酸化膜 36 は、シリコン基板 25 の第 1 表面全面に形成される一方、（第 2）シリコン酸化膜 37 は、撓み部 13 の形成領域を除くシリコン基板 25 の第 2 表面に形成される。

[0031] その後、シリコン基板 25 の第 1 表面の全面に下部電極 15、接続配線 31a 及び下部電極用パッド 32a の基礎となる Pt 層からなる金属層 50 をスパッタ法や CVD 法などにより形成する金属層形成工程を行う。続いて、金属層 50 の全面に圧電材料（例えば、PZT など）からなる圧電層 16 の基礎となる圧電膜 51（例えば、PZT 膜など）をスパッタ法や CVD 法やゾルゲル法などにより形成する圧電膜形成工程を行うことによって図 5B に示す構造を得る。なお、金属層 50 は、Pt 層に限らず、例えば Al 層や Al-Si 層でもよいし、Pt 層とその Pt 層とシード層との間に介在する密着性改善用の Ti 層とで構成してもよい。ここで密着層の材料は Ti に限らず、Cr、Nb、Zr、TiN、TaN などでもよい。

[0032] 上述の圧電膜形成工程の後、圧電膜 51 をフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を利用してパターニングし、圧電膜 51 の一部からなる圧電層 16 を形成する圧電膜パターニング工程を行うことによって、図 5C に示す構造を得る。

[0033] その後、上述の金属層 50 をフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を利用してパターニングし、それぞれ金属層 50 の一部からなる下部電極 15、接続配線 31a、下部電極用パッド 32a を形成する金属層パターニング工程を行うことによって、図 5D に示す構造を得る。なお、本実施形態の金属層パターニング工程では金属層 50 をパターニングすることによって、下部電極 15 と併せて接続配線 31a および下部電極用パッド 32a を形成しているが、これに限らず、金属層パターニング工程で金属層 50 をパターニングすることで下部電極 15 のみを形成するようにし、その後、接続配線 31a および下部電極用パッド 32a を形成する配線形成工程を別途に設

けてもよい。また、接続配線 3 1 a を形成する接続配線形成工程と下部電極用パッド 3 2 a を形成する下部電極用パッド形成工程とを別々に設けてもよい。また、金属層 5 0 のエッチングにあたっては、例えば、R I E 法やイオンミリング法などを採用すればよい。

[0034] 上述の金属層パターニング工程により下部電極 1 5、接続配線 3 1 a、および下部電極用パッド 3 2 a を形成した後、基板 2 5 の第 1 表面側に絶縁部 3 5 を形成する絶縁部形成工程を行うことによって、図 5 E に示す構造を得る。絶縁部形成工程では、基板 2 5 の第 1 表面側の全面に絶縁層を C V D 法などにより成膜してから、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を利用してパターニングしているが、リフトオフ法を利用して絶縁部 3 5 を形成するようにしてもよい。

[0035] 上述の絶縁部形成工程の後、上部電極 1 7 を例えば E B 蒸着法やスパッタ法や C V D 法などの薄膜形成技術、フォトリソグラフィ技術、エッチング技術を利用して形成する上部電極形成工程と同時に、接続配線 3 1 c および上部電極用パッド 3 2 c を E B 蒸着法やスパッタ法や C V D 法などの薄膜形成技術、フォトリソグラフィ技術、エッチング技術を利用して形成する配線形成工程を行うことによって、図 5 F に示す構造を得る。言い換えれば、本実施形態では、上部電極形成工程において、上部電極 1 7 と併せて接続配線 3 1 c および上部電極用パッド 3 2 c を形成しているが、これに限らず、上部電極形成工程と配線形成工程とを別々に行うようにしてもよい。また、配線形成工程についても、接続配線 3 1 c を形成する接続配線形成工程と上部電極用パッド 3 2 c を形成する上部電極用パッド形成工程とを別々に設けてもよい。なお、上部電極 1 7 のエッチングは、R I E 法などのドライエッチングが好ましいが、ウェットエッチングでもよく、例えば、A u 膜をヨウ化カリウム水溶液、T i 膜を過酸化水素水によりウェットエッチングすればよい。なお、上部電極 1 7 は、P t や A l や A l - S i 等を用いて構成されている。

[0036] 上述のようにして上部電極 1 7、接続配線 3 1 c、上部電極用パッド 3 2

cを形成した後、シリコン基板25の第1表面側の全面に樹脂材料を用いた弾性膜20をスピコート法およびフォトリソグラフィ技術により成膜することで、図5Gに示す構造を得る。

[0037] 弾性膜形成工程に続いて、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術などを利用してフレーム部11と、錘部12と、撓み部13と、を形成する基板加工工程を行うことで、図5Hに示す構造を得る。ここにおいて、基板加工工程では、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術などを利用してシリコン基板25を第2表面側からシリコン酸化膜36に達するまで、フレーム部11および錘部12以外の部位をエッチングにより除去することで、裏面溝を形成する裏面溝形成工程を行う。続いて、シリコン酸化膜36をエッチングすることで、連通させ、フレーム部11と、錘部12と、撓み部13と、を形成する。このとき、シリコン酸化膜37もまた、エッチングにより除去される。このエッチング工程を行うことによって、図5Hに示す構造の発電デバイスを得る。

[0038] ところで、本実施形態では、基板加工工程の裏面溝形成工程において、垂直深堀が可能な誘導結合プラズマ（ICP）型のエッチング装置を用いてシリコン基板25をエッチングしているので、シリコン酸化膜36の裏面とフレーム部11の内側面とのなす角度を略90度とすることができる。なお、基板加工工程の裏面溝形成工程は、ICP型のドライエッチング装置を用いたドライエッチングに限らず、異方性の高いエッチングが可能であればよく、他のドライエッチング装置を用いてもよい。また、シリコン基板25の第1表面が（110）面の場合には、TMAH水溶液やKOH水溶液などのアルカリ系溶液を用いたウェットエッチング（結晶異方性エッチング）でもよい。

[0039] なお、本実施形態の発電デバイスは、基板加工工程が終了するまでをウェハレベルで行ってから、ダイシング工程を行うことで個々の発電デバイスに分割するようにしている。

[0040] 本実施形態では、第一のカバー基板29と、第二のカバー基板30と、を

備えているので、上述の撓み部 13 を形成するエッチング工程の後、各カバー基板 29、30 を接合するカバー接合工程を行う。この場合、カバー接合工程が終了するまでウェハレベルで行ってから、ダイシング工程を行うことで個々の振動発電デバイスに分割すればよい。ここにおいて、各カバー基板 29、30 は、フォトリソグラフィ工程、エッチング工程、薄膜形成工程、めっき工程などの周知の工程を適宜適用して形成すればよい。

- [0041] ところで、発電部 18 では、下部電極 15 上に圧電層 16 を形成しているが、下部電極 15 と圧電層 16 との間に、圧電層 16 の成膜時の下地となるバッファ層（図示せず）を介在させることで、圧電層 16 の結晶性を更に向上させてもよい。バッファ層の材料としては、導電性酸化物材料の一種である SrRuO_3 、 $(\text{Pb}, \text{Ra})\text{TiO}_3$ 、 PbTiO_3 などを採用すればよい。
- [0042] また、この振動発電デバイスは、例えば、複数並べて、2次元アレイ状に配列されたアレイ化振動発電デバイスであってもよい。
- [0043] したがって、本実施形態の振動発電デバイスにおいては、フレーム部 11 および錘部 12 は、シリコン基板 25 を用いて形成される。発電部 18 の表面は、樹脂材料で形成された弾性膜 20 を備える。撓み部 13 は、フレーム部 11 かつ錘部 12 を構成するシリコンよりもヤング率が小さな樹脂材料を用いて形成した弾性膜 20 でなる。これより、比較的低加速度の外部振動に対しても前記発電部は大きな出力を得ることを可能にし、弾性膜 20 を備えることで、錘部 12 の振動による撓み部 13 の破損を抑制することができる。
- [0044] また、本実施形態の振動発電デバイスにおいて、弾性膜 20 は、錘部 12 にまで延長されて形成されている。これより、錘部 12 の振動による撓み部 13 の破損を抑制しながら、錘部 12 の質量を大きくすることで、より大きな出力を得ることができる。
- [0045] また、本実施形態の振動発電デバイスにおいて、この振動発電デバイスの製造方法において、フレーム部 11 および錘部 12 は、エッチングストップ

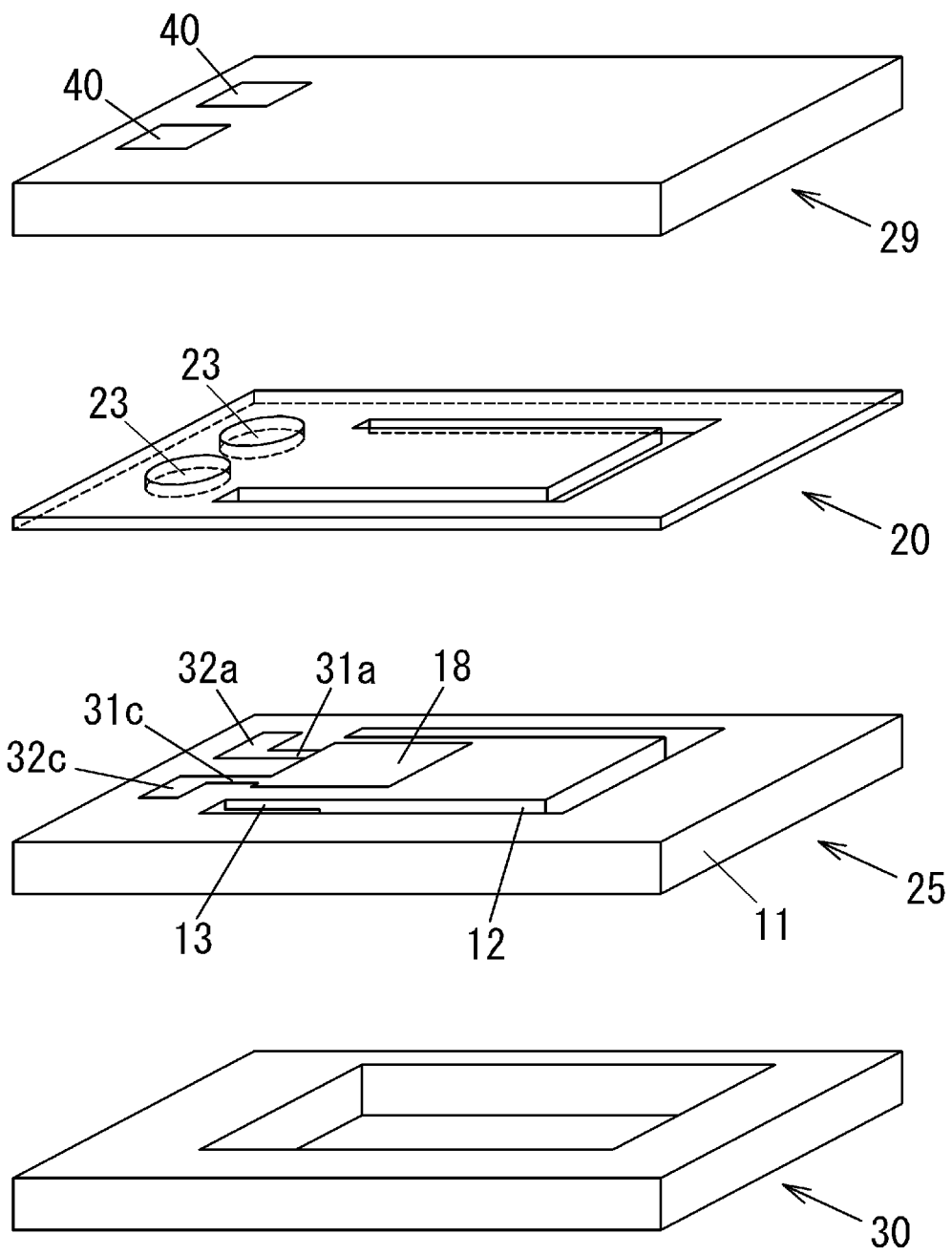
層を形成したシリコン基板を用いて形成し、撓み部 13 は、エッチングストップ層に達するまでシリコン基板 25 をエッチングして形成している。これより、比較的安価なシリコンを用いることができるので、複雑なプロセスを含まずに振動発電デバイスを作製することができる。

[0046] 本発明を幾つかの好ましい実施形態について記述したが、この発明の本来の精神および範囲、即ち請求の範囲を逸脱することなく、当業者によって様々な修正および変形が可能である。

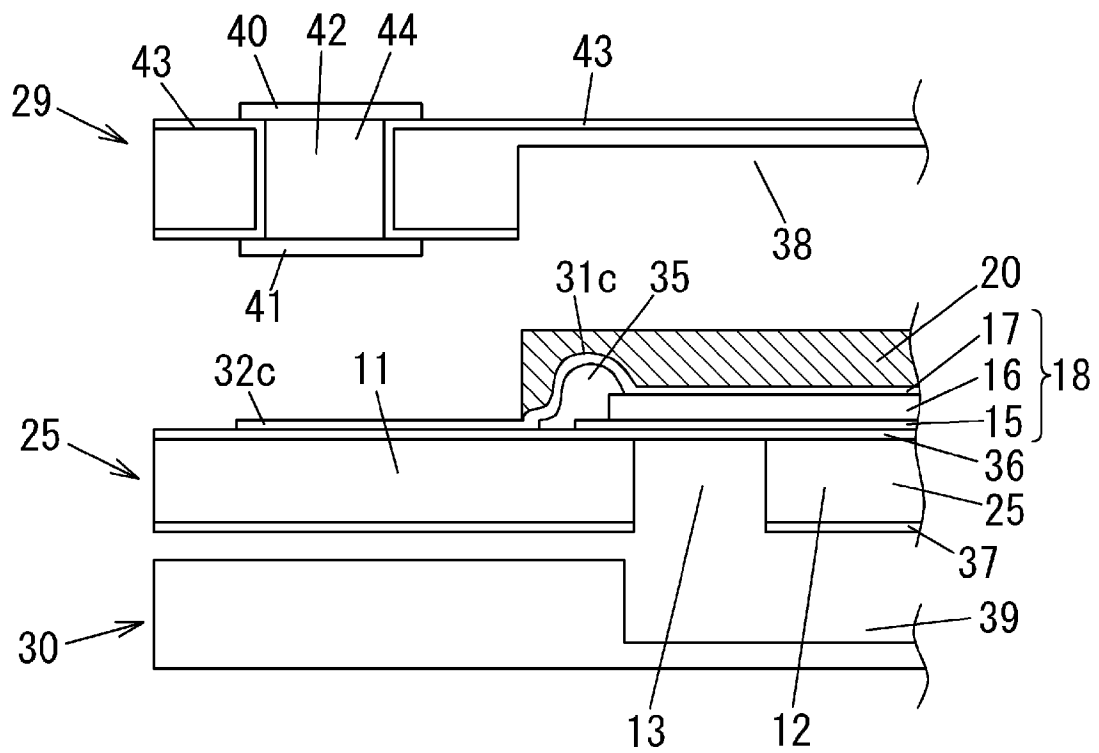
請求の範囲

- [請求項1] フレーム部と、前記フレーム部の内側に設けられた錘部と、前記フレーム部と前記錘部との間をつなぎ前記錘部が変位することで撓む撓み部と、少なくとも前記撓み部に配置され前記錘部の振動に応じて交流電圧を発生するように構成される発電部と、を備えた振動発電デバイスであって、
- 前記フレーム部および前記錘部は、シリコン基板を用いて形成され、
- 前記発電部の表面には、樹脂材料で形成された弾性膜を備え、
- 前記撓み部は、前記フレーム部かつ前記錘部を構成するシリコンよりもヤング率が小さな前記樹脂材料を用いて形成した前記弾性膜であることを特徴とする振動発電デバイス。
- [請求項2] 前記撓み部は、前記弾性膜、および前記シリコン基板に対するエッチングストップ層のうち、少なくとも前記弾性膜のみからなり、前記発電部が具備されることを特徴とする請求項1に記載の振動発電デバイス。
- [請求項3] 前記弾性膜は、前記錘部にまで延長されて形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の振動発電デバイス。
- [請求項4] 請求項1～3の何れか1項に記載の前記振動発電デバイスの製造方法であって、
- 前記フレーム部および前記錘部は、エッチングストップ層を形成したシリコン基板を用いて形成し、
- 前記撓み部は、前記エッチングストップ層に達するまで前記シリコン基板をエッチングして形成することを特徴とする振動発電デバイスの製造方法。

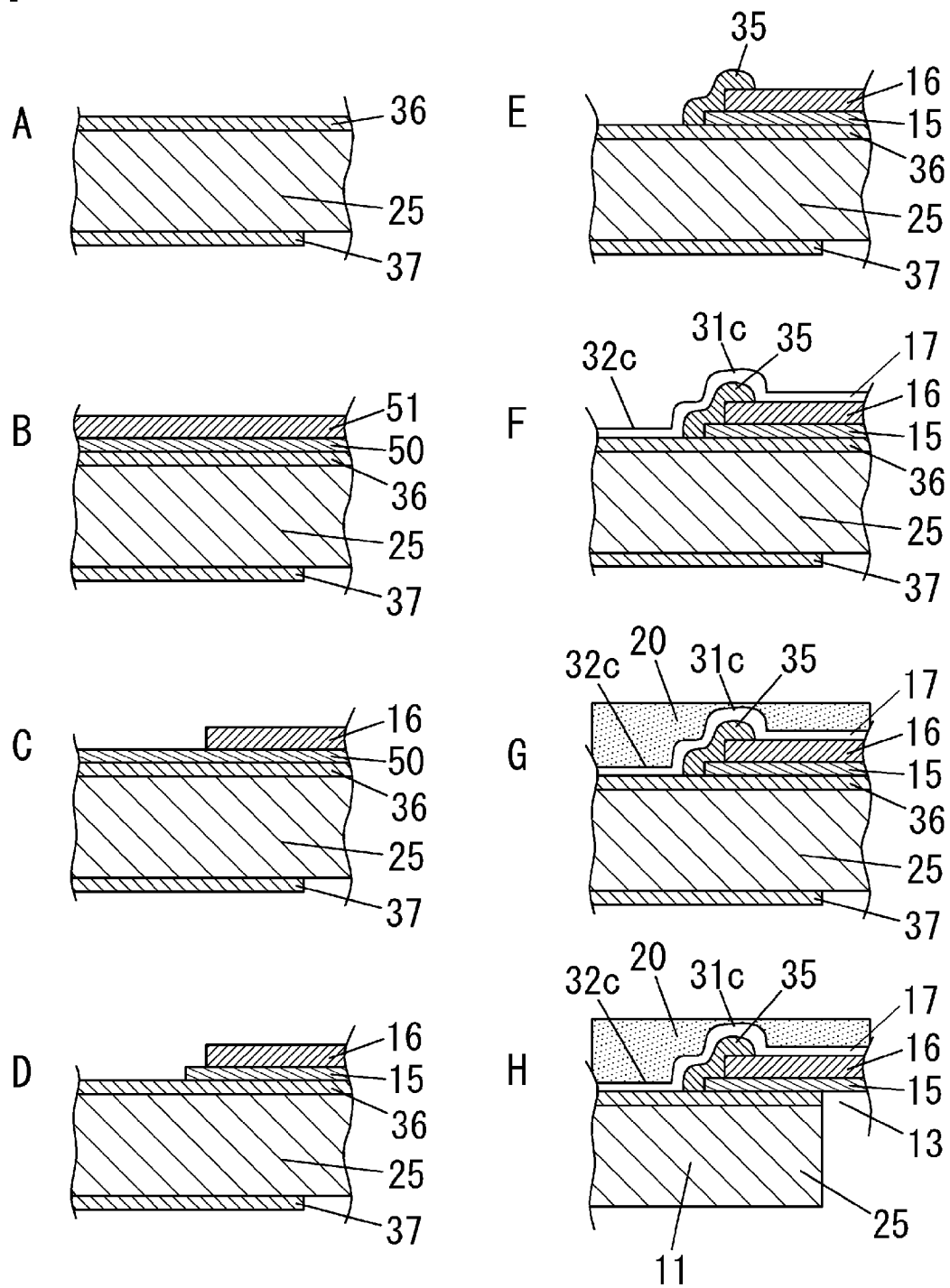
[図1]



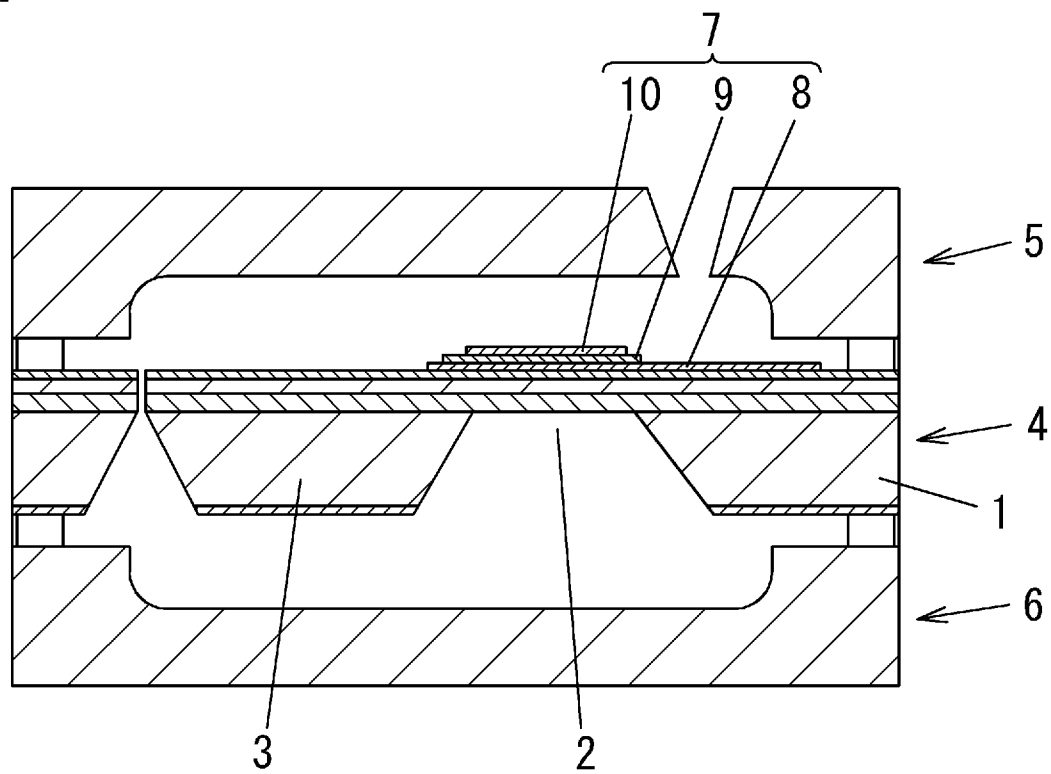
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/060346

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N2/00 (2006.01) i

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)

H02N2/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-107752 A (Mitsuteru KIMURA), 21 April 1995 (21.04.1995), paragraphs [0007] to [0010]; fig. 1 to 2 & US 5801475 A	1-4
Y	JP 2003-60254 A (Sony Corp.), 28 February 2003 (28.02.2003), paragraphs [0002] to [0014]; fig. 1, 20 to 24 (Family: none)	1-4
Y	JP 5-296713 A (Canon Inc.), 09 November 1993 (09.11.1993), paragraphs [0061] to [0063], [0217] to [0224]; fig. 8, 20 (Family: none)	1-4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* 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
25 July, 2011 (25.07.11)Date of mailing of the international search report
02 August, 2011 (02.08.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/060346

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-93107 A (Seiko Epson Corp.), 30 April 2009 (30.04.2009), paragraph [0052]; fig. 6 (Family: none)	4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H02N2/00(2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H02N2/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 7-107752 A (木村 光照) 1995.04.21, 段落【0007】—【0010】, 図1—2 & US 5801475 A	1-4
Y	JP 2003-60254 A (ソニー株式会社) 2003.02.28, 段落【0002】—【0014】, 図1, 20—24 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 5-296713 A (キヤノン株式会社) 1993.11.09, 段落【0061】—【0063】, 【0217】—【0224】, 図8, 20 (ファミリーなし)	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 7 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

安池 一貴

3 V

9 1 5 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-93107 A (セイコーエプソン株式会社) 2009. 04. 30, 段落【0052】, 図 6 (ファミリーなし)	4