

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-125071

(P2011-125071A)

(43) 公開日 平成23年6月23日(2011.6.23)

(51) Int.Cl.  
H02N 2/00 (2006.01)

F I  
H02N 2/00 A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2009-278181 (P2009-278181)  
(22) 出願日 平成21年12月8日 (2009.12.8)

(71) 出願人 000005832  
パナソニック電工株式会社  
大阪府門真市大字門真1048番地  
(72) 発明者 吉田 和司  
大阪府門真市大字門真1048番地パナソニック電工株式会社内

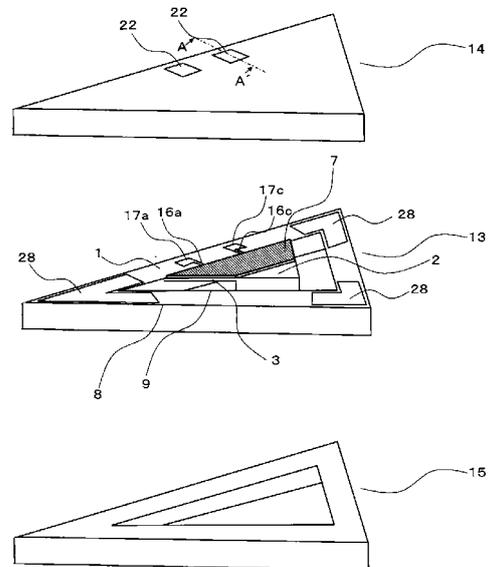
(54) 【発明の名称】 発電デバイス

(57) 【要約】

【課題】 発電部にかかる応力集中を緩和し、発電効率の向上を図りつつより小型の発電デバイスを提供することである。

【解決手段】 マイクロマシニング技術を用いて形成され、フレーム部1と、フレーム部1の内側に設けられた振動子2と、フレーム部1と振動子2の間をつなぎ振動子2が変位することで撓む撓み部3と、撓み部3の上から下層から下部電極4と圧電層5と上部電極6とが順に積層され振動子2の揺動に応じて交流電圧を発生する発電部7と、を備えた発電デバイスであって、撓み部3の平面視における外形形状はフレーム部1側が幅広となる略台形であり、フレーム部1は外周縁8および内周縁9が撓み部3の外形に沿って略三角形であるものとした。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

マイクロマシニング技術を用いて形成され、フレーム部と、前記フレーム部の内側に設けられた振動子と、前記フレーム部と前記振動子との間をつなぎ前記振動子の変位することで撓む撓み部と、前記撓み部の上に下層から下部電極と圧電層と上部電極とが順に積層され前記振動子の揺動に応じて交流電圧を発生する発電部と、を備えた発電デバイスであって、

前記撓み部の平面視における外形形状は前記フレーム部側が幅広となる略台形であり、前記フレーム部は外周縁および内周縁が前記撓み部の外形に沿って略三角形であることを特徴とする発電デバイス。

10

## 【請求項 2】

前記外周縁および前記内周縁の幅は略均一であることを特徴とする請求項 1 に記載の発電デバイス。

## 【請求項 3】

前記撓み部の斜辺と前記撓み部の斜辺に対向する前記フレーム部の内周縁とが平行になっていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の発電デバイス。

## 【請求項 4】

前記発電部の平面視における外形形状は、前記撓み部の外形と略合致する略台形であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 に記載の発電デバイス。

## 【請求項 5】

前記撓み部は厚みが一定であることを特徴とした請求項 1 乃至 4 に記載の発電デバイス。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本願発明は、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発電デバイス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 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 (非特許文献 1 参照)。

30

## 【0003】

ここにおいて、上記非特許文献 1 に示された発電デバイスは、図 4 に示すように、素子形成用基板を用いて形成されてフレーム部 31 およびフレーム部 31 の内側に配置され可撓性の撓み部 32 を介して揺動自在に支持された振動子 33 を有する主体基板 34 と、第一のカバー形成用基板を用いて形成され主体基板 34 の一表面側においてフレーム部 31 が固着された第一のカバー基板 35 と、第二のカバー形成用基板を用いて形成され主体基板 34 の他表面側においてフレーム部 31 が固着された第二のカバー基板 36 と、を備えている。また、主体基板 34 の撓み部 32 に、振動子 33 の振動に応じて交流電圧を発生する発電部 37 が形成されている。なお、発電部 37 は、下部電極 38、圧電層 39、上部電極 40 の積層構造を有している。

40

## 【先行技術文献】

## 【非特許文献】

## 【0004】

【非特許文献 1】R. van Schaijk, et al, 「Piezoelectric ALN energy harvesters for wireless autonomous transducer solution」, IEEE SENSORS 2008 Conference, 2008, p. 45-48

## 【発明の概要】

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

上記の発電デバイスの概略平面図は図5になる。この発電デバイスにおける撓み部32の平面視における外形形状が長方形で作られているので、応力が撓み部32のフレーム部31側端部に集中する。そのため、低い振動加速度でデバイスを破壊してしまうという課題が生じる。また、発電部37にかかる応力が不均一になると、発電部37面内での発電電圧分布が生じ、平均電圧としての出力が低くなる。これより、発電部37にかかる応力を有効に活用できないという課題、すなわち、発電部37面内で発電に寄与しない部分があるという課題が生じる。

**【0006】**

本願発明は、上記背景技術に鑑みて発明されたもので、その課題は、発電効率の向上を図りつつ発電部にかかる応力集中を緩和できる発電デバイスを提供することである。

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

上記課題を解決するために、本願請求項1記載の発明では、マイクロマシニング技術を用いて形成され、フレーム部と、前記フレーム部の内側に設けられた振動子と、前記フレーム部と前記振動子との間をつなぎ前記振動子の変位することで撓む撓み部と、前記撓み部の上に下層から下部電極と圧電層と上部電極とが順に積層され前記振動子の揺動に応じて交流電圧を発生する発電部と、を備えた発電デバイスであって、前記撓み部の平面視における外形形状は前記フレーム部側が幅広となる略台形であり、前記フレーム部は外周縁および内周縁が前記撓み部の外形に沿って略三角形であることを特徴としている。

**【0008】**

また、本願請求項2記載の発明では、前記外周縁および前記内周縁の幅は略均一であることを特徴としている。

**【0009】**

また、本願請求項3記載の発明では前記撓み部の斜辺と前記撓み部の斜辺に対向する前記フレーム部の内周縁とが平行になっていることを特徴としている。

**【0010】**

また、本願請求項4記載の発明では、前記発電部の平面視における外形形状は、前記撓み部の外形と略合致する略台形であることを特徴としている。

**【0011】**

また、本願請求項5記載の発明では前記撓み部の厚みが一定であることを特徴としている。

**【発明の効果】****【0012】**

本願請求項1記載の発明の発電デバイスにおいては、前記撓み部の平面視における外形形状は前記フレーム部側が幅広となる略台形である。これより、前記撓み部にかかる応力集中が減少し、低加速度でのデバイスの破壊を防止できる。また、前記発電部面内での発電電圧分布が均一化することで、前記発電部に印加された応力を有効に出力電圧に活用できる。さらに、前記フレーム部は外周縁および内周縁が前記撓み部の外形に沿って略三角形である。これより、前記撓み部にあわせてフレーム部を作るので、発電デバイス全体を小型化することができる。

**【0013】**

また、本願請求項2記載の発明の発電デバイスにおいては、前記外周縁および前記内周縁の幅は略均一である。これより、前記フレーム部は前記フレーム部自身の無駄な面積を減らし、発電デバイス全体を小型化することができる。

**【0014】**

また、本願請求項3記載の発明では前記撓み部の斜辺と前記撓み部の斜辺に対向する前記フレーム部の内周縁とが平行になっている。これより、前記フレーム部の斜辺および前記撓み部の斜辺の間の隙間を小さくすることができるので、発電デバイス全体をさらに小

10

20

30

40

50

型化することができる。

【 0 0 1 5 】

また、本願請求項 4 記載の発明では、前記発電部の平面視における外形形状は、前記撓み部の外形と略合致する略台形である。これより、前記発電部をより大きくすることができるので、振動エネルギーをより大きな電気エネルギーに変換することができる。

【 0 0 1 6 】

また、本願請求項 5 記載の発明では前記撓み部の厚みが一定である。これより、前記撓み部にかかる応力をより均一にすることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 本願発明の一実施形態を示す発電デバイスの概略分解斜視図

【 図 2 】 同上の発電デバイスの概略断面図

【 図 3 】 同上の発電デバイスの製造方法を説明するための主要工程断面図

【 図 4 】 従来例を示す発電デバイスの概略断面図

【 図 5 】 従来例を示す発電デバイスの概略平面図

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 8 】

図 1 乃至 3 は、本実施形態である発電デバイスを示している。この発電デバイスは、マイクロマシニング技術を用いて形成されていて、フレーム部 1 と、フレーム部 1 の内側に設けられた振動子 2 と、フレーム部 1 と振動子 2 との間をつなぎ振動子 2 が変位することで撓む撓み部 3 と、撓み部 3 の上に下層から下部電極 4 と圧電層 5 と上部電極 6 とが順に積層され振動子 2 の揺動に応じて交流電圧を発生する発電部 7 と、を備えている。そして、撓み部 3 の平面視における外形形状はフレーム部 1 側が幅広となる略台形である。フレーム部 1 は外周縁 8 および内周縁 9 が撓み部 3 の外形に沿って略三角形であり、外周縁 8 および内周縁 9 の幅は略均一である。また、撓み部 3 の斜辺と撓み部 3 の斜辺に対向するフレーム部 1 の内周縁 9 とが平行になっている。さらに、発電部 7 の平面視における外形形状は、撓み部 3 の外形と略合致する略台形であり、撓み部 3 は厚みが一定である。また、この発電デバイスは S O I 基板を用いて形成されていて、S O I 基板は支持層 1 0 と絶縁層 1 1 と活性層 1 2 とを用いて形成されている。フレーム部 1 および振動子 2 は、支持層 1 0 と絶縁層 1 1 と活性層 1 2 とを備え、撓み部 3 は、絶縁層 1 1 および活性層 1 2 を備えている。発電部 7 は撓み部 3 の活性層 1 2 側上に備えている。また、発電デバイスは、フレーム部 1 と振動子 2 と撓み部 3 とを備える主体基板 1 3 と、主体基板 1 3 の一表面側に備えた発電部 7 と、第一のカバー形成用基板を用いて形成され主体基板 1 3 の上記一表面側においてフレーム部 1 が固着された第一のカバー基板 1 4 と、第二のカバー形成用基板を用いて形成され主体基板 1 3 の他表面側においてフレーム部 1 が固着された第二のカバー基板 1 5 と、を用いて構成されている。

【 0 0 1 9 】

以下、この実施形態の発電デバイスを具体的詳細に説明する。フレーム部 1 の内側に有する撓み部 3 の平面視における外形形状は、フレーム部 1 側が幅広となる略台形である。また、フレーム部 1 の外周縁 8 および内周縁 9 の平面視における外形形状は、撓み部 3 の外形に沿って略三角形である。また、撓み部 3 の一表面上に形成された発電部 7 の平面視における外形形状は、フレーム部 1 側が幅広となる略台形である。振動子 2 の平面視における外形形状は、フレーム部 1 の内周縁 9 に沿った略三角形である。

【 0 0 2 0 】

撓み部 3 の上記一表面側に形成された発電部 7 は、撓み部 3 の上記一表面側から順に下部電極 4、圧電層 5、上部電極 6 が積層されている。発電部 7 においては、下部電極 4 の平面サイズが最も大きく、二番目に圧電層 5 の平面サイズが大きく、上部電極 6 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 4 の外周線の内側に圧電層 5 が位置し、圧電層 5 の外周線の内側に上部電極 6 が位置している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 1 】

撓み部 3 の上記一表面側には、下部電極 4 および上部電極 6 それぞれに金属配線からなる接続配線 1 6 a、1 6 c が形成されている。また、撓み部 3 の上記一表面側には、接続配線 1 6 a、1 6 c を介して電氣的に接続された下部電極用パッド 1 7 a と上部電極用パッド 1 7 c が形成されている。

## 【 0 0 2 2 】

本実施形態では、主体基板 1 3 は S O I 基板を用いて形成されており、下から支持層 1 0 と絶縁層 1 1 と活性層 1 2 となっている。なお、S O I 基板は表面に酸化膜を加工してもよい。そして、フレーム部 1 と振動子 2 とは、支持層 1 0 と絶縁層 1 1 と活性層 1 2 とを備えている。撓み部 3 は、絶縁層 1 1 と活性層 1 2 とを備えている。

10

## 【 0 0 2 3 】

また、この発電デバイスは、撓み部 3 の上記一表面に発電部 7 を備えている。発電部 7 は撓み部 3 の上記一表面側に形成された下部電極 4 と、下部電極 4 における撓み部 3 側とは反対に形成された圧電層 5 と、圧電層 5 における下部電極 4 側とは反対に形成された上部電極 6 とを有する。さらに、圧電層 5 と下部電極 4 および上部電極 6 それぞれとが接する領域のうちフレーム部 1 側は、フレーム部 1 および撓み部 3 の境界に全てが重なっている状態となっている。また、前記領域の振動子 2 側は、振動子 2 および撓み部 3 の境界に全てが重なっている状態となっている。なお、発電部 7 がフレーム部 1 および撓み部 3 の境界に揃っているほうが、発電部 7 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。主体基板 1 3 の上記一表面側には、上部電極 6 に電氣的に接続される接続配線 1 6 c と下部電極 4 との短絡防止用の絶縁部 1 8 が、下部電極 4 および圧電層 5 それぞれにおけるフレーム部 1 側の端部を覆う形で形成されている。

20

## 【 0 0 2 4 】

なお、絶縁部 1 8 はシリコン酸化膜により構成してあるが、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。また主体基板 1 3 と下部電極 4 との間に M g O 層からなるシード層 1 9 が形成されている。また、主体基板 1 3 の他表面側にはシリコン酸化膜 2 0 が形成されている。

## 【 0 0 2 5 】

また、第一のカバー基板 1 4 は第一のシリコン基板を用いて形成している。第一のカバー基板 1 4 における主体基板 1 3 側の一表面に、振動子 2 および撓み部 3 からなる可動部の変位空間を主体基板 1 3 との間に形成するための第 1 凹所 2 1 が形成されている。

30

## 【 0 0 2 6 】

第一のカバー基板 1 4 は、第一のカバー基板 1 4 の他表面側に、発電部 7 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 2 2、2 2 を形成している。各出力用電極 2 2、2 2 は、第一のカバー基板 1 4 の一表面側に形成された連絡用電極 2 3、2 3 と、第一のカバー基板 1 4 の厚み方向に貫設された貫通孔配線 2 4、2 4 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 1 4 は、各連絡用電極 2 3、2 3 が主体基板 1 3 の下部電極用パッド 1 7 a、上部電極用パッド 1 7 c と接合されて電氣的に接続されている。なお、各出力用電極 2 2、2 2 および各連絡用電極 2 3、2 3 を T i 膜と A u 膜との積層膜により構成してあるが、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 2 4、2 4 の材料としては C u を採用しているが、これに限らず、例えば N i、A l などを採用してもよい。

40

## 【 0 0 2 7 】

本実施形態では、第一のカバー基板 1 4 として第一のシリコン基板を用いているので、第一のカバー基板 1 4 は、二つの出力用電極 2 2、2 2 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 2 5 が、第一のカバー基板の上記一表面側および上記他表面側と貫通孔配線 2 4、2 4 が内側に形成された貫通孔 2 6 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 1 4 としてガラス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 2 5 は設ける必要はない。

## 【 0 0 2 8 】

50

また、第二のカバー基板 15 は第二のシリコン基板を用いて形成されており、第二のカバー基板 15 における主体基板 13 側の一表面に、振動子 2 および撓み部 3 からなる可動部の変位空間を主体基板 13 との間に形成するために第 2 凹所 27 が形成されている。なお、第二のカバー基板 15 は、ガラス基板のような絶縁性基板を用いてもよい。

【0029】

また、上述の主体基板 13 の上記一表面側には、第一のカバー基板 14 と接合するための第一の接合用金属層 28 が形成されており、第一のカバー基板 14 には、第一の接合用金属層 28 に接合される第二の接合用金属層（図示せず）が形成されている。ここで、第一の接合用金属層 28 の材料としては、下部電極用パッド 17a、上部電極用パッド 17c と同じ材料を採用しており、第一の接合用金属層 28 は、主体基板 13 の一表面上で下部電極用パッド 17a、上部電極用パッド 17c と同じ厚さに形成されている。

10

【0030】

主体基板 13 と第一のカバー基板 14 と第二のカバー基板 15 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。

【0031】

以上説明した本実施形態の発電デバイスでは、発電部 7 が下部電極 4 と圧電層 5 と上部電極 6 とで構成されているから、撓み部 3 の振動によって圧電層 5 が応力を受け、下部電極 4 と上部電極 6 とに電荷の偏りが発生し、発電部 7 において交流電圧が発生する。

20

【0032】

本実施形態における発電デバイスは、圧電層 5 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、主体基板 13 として、SOI 基板を用いているが、鉛系圧電材料は、PZT に限らず、例えば PZT - PMN ( : Pb ( Mn , Nb ) O<sub>3</sub> ) やその他の不純物を添加した PZT を採用してもよい。ここで、本実施形態の発電デバイスでは、圧電層 5 の比誘電率を  $\epsilon$ 、発電指数を P とすると、 $P \propto \epsilon^{3/2} / e_{31}^2$  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。ここで、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  $e_{31}$ 、比誘電率  $\epsilon$  の一般的な値からみて、発電指数 P に二乗で比例する圧電定数  $e_{31}$  が大きい PZT を採用した方が発電指数 P を大きくできる。ただし、圧電層 5 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。なお、主体基板 13 として用いる SOI 基板は、上記一表面（活性層 10 の表面）が (100) 面のものを用いる。

30

【0033】

以下、本実施形態の発電デバイスの製造方法について図 3 を参照しながら説明するが、同図 (a) ~ (g) は、図 1 の A - A' 断面に対応する部位を示している。

【0034】

まず、上述 SOI 基板を用いて形成される主体基板 11 の上記一表面に MgO 層からなるシード層 19 と上記他表面側にシリコン酸化膜 20 とを熱酸化法などによって形成する絶縁膜形成工程を行うことによって図 3 (a) に示す構造を得る。

【0035】

その後、主体基板 13 の上記一表面の全面に下部電極 4、接続配線 16a 及び下部電極用パッド 17a の基礎となる Au 層からなる金属層 29 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、主体基板 13 の上記一表面側の全面に圧電材料（例えば、PZT など）からなる圧電層 5 の基礎となる圧電膜 30（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 3 (b) に示す構造を得る。なお、金属層 29 は、Au 層に限らず、例えば Al 層や Al - Si 層でもよいし、Au 層と当該 Au 層とシード層 19 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。

40

【0036】

50

上述の圧電膜形成工程の後、圧電膜 30 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ンングし、圧電膜 30 の一部からなる圧電層 5 を形成する圧電膜パターンング工程を行うことによって、図 3 ( c ) に示す構造を得る。その後、上述の金属層 29 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ンングし、それぞれ金属層 29 の一部からなる下部電極 4、接続配線 16 a、下部電極用パッド 17 a を形成する金属層パターンング工程を行うことによって、図 3 ( d ) に示す構造を得る。なお、本実施形態の金属層パターンング工程では金属層 29 をパターンングすることによって、下部電極 4 と併せて接続配線 16 a および下部電極用パッド 17 a を形成しているが、これに限らず、金属層パターンング工程で金属層 29 をパターンングすることで下部電極 4 のみを形成するようにし、その後、接続配線 16 a および下部電極用パッド 17 a 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 16 a を形成する接続配線形成工程と下部電極用パッド 17 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 29 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。

10

20

30

40

50

#### 【 0 0 3 7 】

上述の金属層パターンング工程により下部電極 4、接続配線 16 a、および下部電極用パッド 17 a を形成した後、主体基板 13 の上記一表面側に絶縁部 18 を形成する絶縁部形成工程を行うことによって、図 3 ( e ) に示す構造を得る。絶縁部形成工程では、主体基板 13 の上記一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ンングしているが、リフトオフ法を利用して絶縁部 18 を形成するようにしてもよい。

#### 【 0 0 3 8 】

上述の絶縁部形成工程の後、上部電極 6 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 16 c および上部電極用パッド 17 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 3 ( 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 6 と併せて接続配線 16 c および上部電極用パッド 17 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 16 c を形成する接続配線形成工程と上部電極用パッド 17 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 6 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。

#### 【 0 0 3 9 】

上述のようにして上部電極 6、接続配線 16 c、上部電極用パッド 17 c を形成した後、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 1 および振動子 2 および撓み部 3 を形成する基板加工工程を行うことで撓み部 3 を形成し、図 3 ( g ) 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主体基板 13 の上記一表面側から絶縁層 11 に達するまで、主体基板 13 のうちフレーム部 1 および振動子 2 および撓み部 3 以外の部位をエッチングすることで表面溝を形成する表面溝形成工程を行う。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主体基板 13 を上記他表面側から絶縁層 11 に達するまで、フレーム部 1 および振動子 2 以外の部位をエッチングすることで、裏面溝を形成する裏面溝形成工程を行う。続いて、絶縁層 11 の不要部分をエッチング除去し、表面溝と裏面溝とを連通させ、フレーム部 1 および振動子 2 と併せて撓み部 3 を形成するエッチング工程とを行うことによって、図 3 ( g ) に示す構造の発電デバイスを得る。ところで、本実施形態では、基板加工工程の表面溝形成工程および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 ( I C P ) 型のエッチング装置を用いて主体基板 13 をエッチングしているので、撓み部 3 の裏面と三角形棒状のフレーム部 1 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、基板加工工程の表面溝形成工程および裏面溝形成工程は、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、主体基板13の上記一表面が(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。

【0040】

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。

【0041】

本実施形態では、第一のカバー基板14と第二のカバー基板15とを備えているので、上述の撓み部3を形成するエッチング工程の後、各カバー基板14、15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14、15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。

10

【0042】

ところで、発電部7では、下部電極4上に圧電層5を形成しているが、下部電極4と圧電層5との間に、圧電層5の成膜時の下地となるバッファ層を介在させることで、圧電層6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 $SrRuO_3$ 、 $(Pb, Ra)TiO_3$ 、 $PbTiO_3$ などを採用すればよい。

20

【0043】

したがって、本実施形態の発電デバイスにおいては、撓み部3の平面視における外形形状はフレーム部1側が幅広となる略台形であるので、撓み部3にかかる応力集中が減少し、低加速度でのデバイスの破壊を防止できる。また、発電部7面内での発電電圧分布が均一化することで、発電部7に印加された応力を有効に出力電圧に活用できる。さらに、フレーム部1は外周縁8および内周縁9が撓み部3の外形に沿って略三角形である。これは、撓み部3にあわせてフレーム部を作るので、発電デバイス全体を小型化することができる。

【0044】

また、この実施形態の発電デバイスにおいては、外周縁8および内周縁9の幅は略均一である。これより、フレーム部1はフレーム部自身の無駄な面積を減らし、発電デバイス全体を小型化することができる。

30

【0045】

また、この実施形態の発電デバイスにおいては、撓み部3の斜辺と撓み部3の斜辺に対向するフレーム部1の内周縁9とが平行になっている。これより、フレーム部1の斜辺および撓み部3の斜辺の間の隙間を小さくすることができるので、発電デバイス全体をさらに小型化することができる。

【0046】

また、この実施形態の発電デバイスにおいては、発電部7の平面視における外形形状は、撓み部3の外形と略合致する略台形である。これより、発電部7をより大きくすることができるので、振動エネルギーをより大きな電気エネルギーに変換することができる。

40

【0047】

また、この実施形態の発電デバイスにおいては、撓み部3の厚みが一定である。これより、撓み部3にかかる応力をより均一にすることができる。

【0048】

なお、フレーム部の外周縁8および内周縁9は頂点が丸くなった三角形等も略三角形とする。

【0049】

また、本実施形態では外周縁8および内周縁9の幅は均一であるが、不均一な幅であってもよい。

50

## 【 0 0 5 0 】

また、振動子 2 の平面視における外形形状は、三角形に限られず、安定して揺動自在であれば、四角形等他の形状であってもよい。

## 【 0 0 5 1 】

また、発電部 7 の外形形状は台形形状に限られず、撓み部 3 面内に収まれば、どのような外形形状であってもよい。

## 【 0 0 5 2 】

また、主体基板 1 3 は本実施形態では S O I 基板を用いているが、S O I 基板に限らず、例えばシリコン基板を用いてもよい。

## 【 符号の説明 】

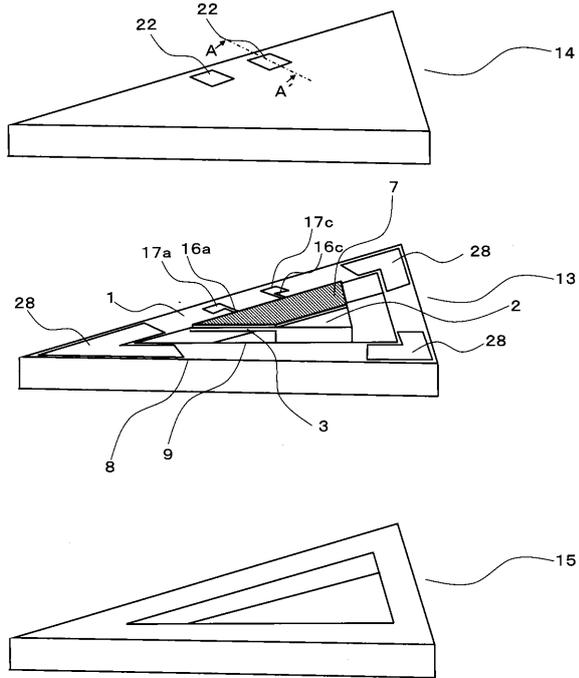
10

## 【 0 0 5 3 】

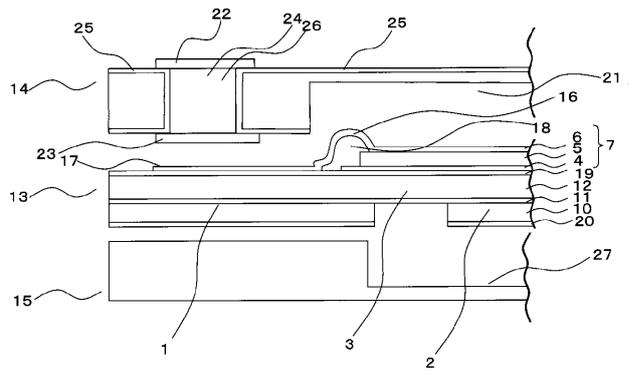
- 1 フレーム部
- 2 振動子
- 3 撓み部
- 4 下部電極
- 5 圧電層
- 6 上部電極
- 7 発電部
- 8 外周縁
- 9 内周縁
- 1 0 支持層
- 1 1 絶縁層
- 1 2 活性層
- 1 3 主体基板
- 1 4 第一のカバー基板
- 1 5 第二のカバー基板

20

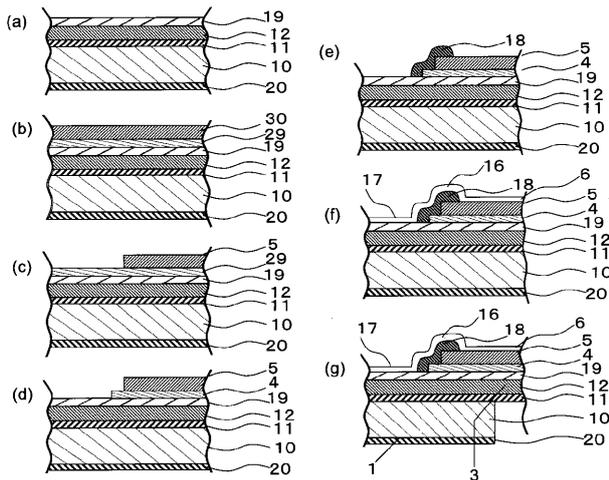
【図1】



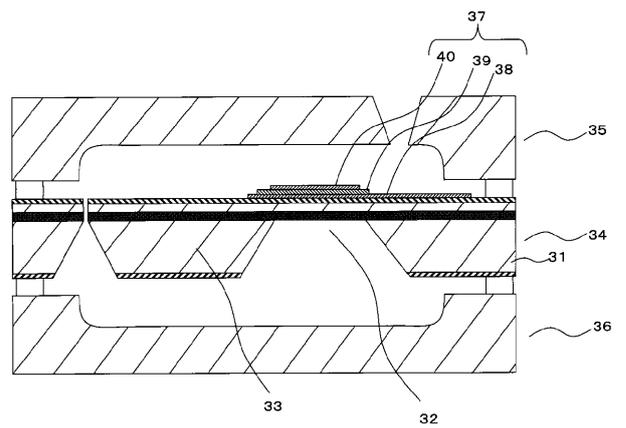
【図2】



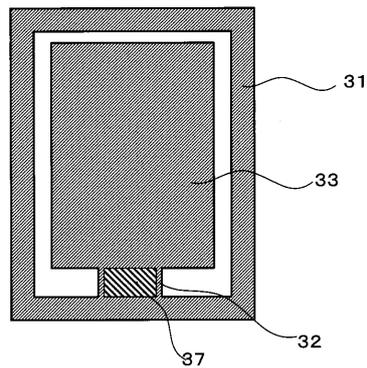
【図3】



【図4】



【図5】



## 【手続補正書】

【提出日】平成21年12月22日(2009.12.22)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

マイクロマシニング技術を用いて形成され、フレーム部と、前記フレーム部の内側に設けられた振動子と、前記フレーム部と前記振動子との間をつなぎ前記振動子の変位することで撓む撓み部と、前記撓み部の上に下層から下部電極と圧電層と上部電極とが順に積層され前記振動子の揺動に応じて交流電圧を発生する発電部と、を備えた発電デバイスであって、

前記撓み部の平面視における外形形状は、前記フレーム部側が幅広となる略台形であり、

前記フレーム部は、外周縁および内周縁が前記撓み部の外形に沿って略三角形であることを特徴とする発電デバイス。

【請求項2】

前記外周縁および前記内周縁の幅は、略均一であることを特徴とする請求項1に記載の発電デバイス。

【請求項3】

前記撓み部の斜辺と前記撓み部の斜辺に対向する前記フレーム部の内周縁とが平行になっていることを特徴とする請求項1又は2に記載の発電デバイス。

【請求項4】

前記発電部の平面視における外形形状は、前記撓み部の外形と略合致する略台形であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の発電デバイス。

【請求項5】

前記撓み部は、厚みが一定であることを特徴とした請求項1乃至4のいずれかに記載の発電デバイス。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

上記課題を解決するために、本願請求項1記載の発明では、マイクロマシニング技術を用いて形成され、フレーム部と、前記フレーム部の内側に設けられた振動子と、前記フレーム部と前記振動子との間をつなぎ前記振動子の変位することで撓む撓み部と、前記撓み部の上に下層から下部電極と圧電層と上部電極とが順に積層され前記振動子の揺動に応じて交流電圧を発生する発電部と、を備えた発電デバイスであって、前記撓み部の平面視における外形形状は、前記フレーム部側が幅広となる略台形であり、前記フレーム部は、外周縁および内周縁が前記撓み部の外形に沿って略三角形であることを特徴としている。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

また、本願請求項2記載の発明では、前記外周縁および前記内周縁の幅は、略均一であ

ることを特徴としている。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

また、本願請求項 3 記載の発明では、前記撓み部の斜辺と前記撓み部の斜辺に対向する前記フレーム部の内周縁とが平行になっていることを特徴としている。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

また、本願請求項 5 記載の発明では、前記撓み部は、厚みが一定であることを特徴としている。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

また、本願請求項 3 記載の発明のデバイスにおいては、前記撓み部の斜辺と前記撓み部の斜辺に対向する前記フレーム部の内周縁とが平行になっている。これより、前記フレーム部の斜辺および前記撓み部の斜辺の間の隙間を小さくすることができるので、発電デバイス全体をさらに小型化することができる。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

また、本願請求項 4 記載の発明のデバイスにおいては、前記発電部の平面視における外形形状は、前記撓み部の外形と略合致する略台形である。これより、前記発電部をより大きくすることができるので、振動エネルギーをより大きな電気エネルギーに変換することができる。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

また、本願請求項 5 記載の発明のデバイスにおいては、前記撓み部の厚みが一定である。これより、前記撓み部にかかる応力をより均一にすることができる。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 2 3 】

また、この発電デバイスは、撓み部 3 の上記一表面に発電部 7 を備えている。発電部 7 は撓み部 3 の上記一表面側に形成された下部電極 4 と、下部電極 4 における撓み部 3 側とは反対に形成された圧電層 5 と、圧電層 5 における下部電極 4 側とは反対に形成された上部電極 6 とを有する。さらに、圧電層 5 と下部電極 4 および上部電極 6 それぞれとが接する領域のうちフレーム部 1 側は、フレーム部 1 と撓み部 3 との境界に全てが重なっている状態となっている。また、前記領域の振動子 2 側は、振動子 2 と撓み部 3 との境界に全てが重なっている状態となっている。なお、発電部 7 がフレーム部 1 と撓み部 3 との境界に揃っているほうが、発電部 7 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。主体基板 1 3 の上記一表面側には、上部電極 6 に電氣的に接続される接続配線 1 6 c と下部電極 4 との短絡防止用の絶縁部 1 8 が、下部電極 4 および圧電層 5 それぞれにおけるフレーム部 1 側の端部を覆う形で形成されている。

## 【 手 続 補 正 1 0 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 図 面

【 補 正 対 象 項 目 名 】 図 1

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【図1】

