(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2013-118766
(P2013-118766A)
(43)公開日　平成25年6月13日(2013.6.13)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H02N 2/00	(2006.01)	H02N 2/00	D	

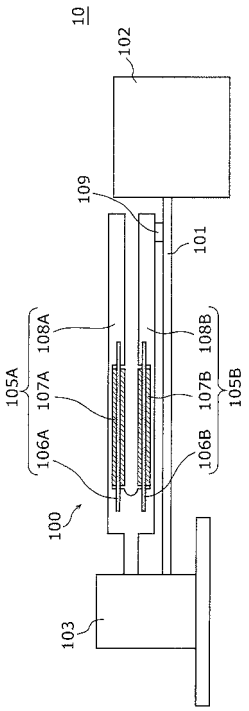
審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 43 頁）

(21)出願番号　特願2011-265034 (P2011-265034)
(22)出願日　平成23年12月2日 (2011.12.2)

(71)出願人　504160781
国立大学法人金沢大学
石川県金沢市角間町ヌ７番地
(74)代理人　100109210
弁理士　新居　広守
(72)発明者　上野　敏幸
石川県金沢市角間町ヌ７番地　国立大学法人金沢大学内

(54)【発明の名称】発電装置

(57)【要約】
【課題】発電を長時間行うことができ、かつ、効率よく発電量を増加することができる発電装置を提供する。
【解決手段】発電装置１０は、逆磁歪効果により発電する第１の発電素子１０５Ａと第２の発電素子１０５Ｂとを有する発電部１００と、加振部１０３と、振動板１０１と、錘１０２とを備え、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂは、それぞれ、少なくとも１本の磁歪棒１０６Ａ、１０６Ｂと、コイル１０７Ａ、１０７Ｂと、ヨーク１０８Ａ、１０８Ｂとを有し、磁歪棒１０６Ａと磁歪棒１０６Ｂとは平行に配置され、ヨーク１０８Ａの一端とヨーク１０８Ａの一端とは一体に形成され加振部１０３が設けられており、第１の発電素子１０５Ａと第２の発電素子１０５Ｂとは線対称に配置され、振動板１０１は磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂと平行に配置されている。
【選択図】図２Ａ



【特許請求の範囲】
【請求項１】
逆磁歪効果により発電する第１の発電素子と第２の発電素子とを有する発電部と、
前記発電部に振動を与える加振部と、
前記加振部に一端が配置され、前記発電部に前記加振部の振動と異なる振動を与える振動板と、
前記振動板の他端に配置され、慣性により前記加振部の振動と異なる振動が生じる錘とを備え、
前記第１の発電素子および前記第２の発電素子は、それぞれ、
磁歪材料で構成された少なくとも１本の磁歪棒と、
前記磁歪棒の周囲に巻き回され、前記磁歪棒の磁束の変化により電流を発生するコイルと、
磁性体で構成され前記磁歪棒の両端を支持するヨークと
を有し、
前記発電部において、
前記第１の発電素子の前記磁歪棒と前記第２の発電素子の前記磁歪棒とは平行に配置され、
前記第１の発電素子の前記ヨークの一端と前記第２の発電素子の前記ヨークの一端とは一体に形成され、一体に形成された前記第１の発電素子の前記ヨークの一端と前記第２の発電素子の前記ヨークの一端には前記加振部が設けられており、
前記第１の発電素子と前記第２の発電素子とは、線対称に配置され、
前記振動板は、
前記第１の発電素子の前記磁歪棒および前記第２の発電素子の前記磁歪棒と平行に配置されている
発電装置。
【請求項２】
前記発電部と、前記振動板と、前記錘とは、一体に形成されている
請求項１に記載の発電装置。
【請求項３】
前記振動板は、
前記第１の発電素子および前記第２の発電素子の間の前記第１の発電素子および前記第２の発電素子のそれぞれから等しい距離に配置され、かつ、一端が前記第１の発電素子の前記ヨークの一端および前記第２の発電素子の前記ヨークの一端と一体に形成されている
請求項１または２に記載の発電装置。
【請求項４】
前記振動板は、さらに、
磁力により前記第１の発電素子および前記第２の発電素子の少なくともいずれかの前記ヨークに吸着する永久磁石を備える
請求項１～３のいずれか１項に記載の発電装置。
【請求項５】
前記永久磁石は、
磁力により前記第１の発電素子の前記ヨークに吸着する第１の永久磁石と、
磁力により前記第２の発電素子の前記ヨークに吸着する第２の永久磁石とで構成されている
請求項４に記載の発電装置。
【請求項６】
請求項１～５のいずれか１項に記載の発電装置を複数備え、
前記複数の発電装置の錘は、一体に形成されている
発電装置。
【発明の詳細な説明】

【技術分野】
【０００１】
本発明は、振動を利用した発電装置に関し、特に、磁歪材料を使用した発電装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、身近な振動から発電を行うための技術の開発が盛んに行われており、その技術の１つとして圧電素子を用いた発電方法や永久磁石の磁束密度の変化を利用した発電方法が知られている。
【０００３】
圧電素子を利用した発電方法の多くは、圧電素子に何らかの方法で外部から力を加えることにより、圧電素子を変形させて発電するものである。圧電素子を変形させるには、例えば、圧電素子に振動を加えて変形させる方法、風圧や音圧などの圧力を間接的に与える方法、錘などの物体を圧電素子に衝突させる方法、変形する物体に圧電素子を取り付ける方法などがある（例えば、特許文献１参照）。特許文献１では、音による空気の圧力変動を利用して圧電素子により発電する音力発電装置、および、振動による圧力変動を利用して圧電素子により発電する振動力発電装置が記載されている。
【０００４】
また、永久磁石の磁束密度の変化を利用した発電方法は、永久磁石の振動に伴うコイルの鎖交磁束密度の時間的変化で発電を行う方法、つまり、電磁誘導を利用した発電方法である（例えば、非特許文献１、特許文献２参照）。
【０００５】
非特許文献１では、コイルの内部を磁化の方向と平行方向に振動する永久磁石により、コイル内部の磁束密度が変化して、コイルに電流が発生することにより発電が行われる発電素子が開示されている。
【０００６】
特許文献２では、２極に着磁されたバイアス磁石と、外部からの力を加えることで逆磁歪効果により透磁率が変化して磁束の流れが変化する磁歪材料と、磁歪材料を磁気的な異方性を有する方向に周期的に圧縮する圧縮手段と、この周期的に変化する磁束により電流を誘起するコイル手段とを備えた発電素子が開示されている。この発電素子は、上記した周期的に変化する磁束と、コイル芯に巻き廻されたコイルとが鎖交するように、磁歪材料と、コイルと、圧縮手段が配置されている。つまり、長手方向に磁気異方性を有する磁歪材料を、長手方向に周期的に圧縮し、このときコイルに発生する電流により発電を行う構成である。
【０００７】
特許文献１に記載された圧電材料は、圧電縦定数が大きく、圧電縦効果（力の方向と電圧を取り出す方向が同じ場合）の発電効率は高い。しかし、単板の圧電材料を曲げることによる曲げ変形を利用して発電する場合には、力の方向と直交する方向で電圧を取り出す（圧電横効果）ため、発電効率が低い。また、圧電材料は、脆性材料であり、曲げや衝撃に対して弱い材料である。そのため、過度な負荷を加えることができず、発電量を増加するために大きな曲げや衝撃を加えることが難しいという問題がある。また、圧電素子は、電気的に誘導性の負荷であるため、低周波数でインピーダンスが高く、圧電素子より低いインピーダンスを有する負荷を繋いだときに、負荷に発生する電圧が小さくなるため、発電により得られる電力が小さくなり、発電の効率が低いという欠点を有している。
【０００８】
また、非特許文献１に記載された永久磁石の振動に伴うコイルの鎖交磁束密度の変化を利用した発電方法では、発電量を増加するために、大振幅かつ高周波数で振動子を振動させる必要がある。そこで、振動子として使用される永久磁石の大きさを大きくすると、振動子の質量が増加し、振動子の共振周波数が低くなる。その結果、発電量は大きくならないという問題がある。

【０００９】
　また、特許文献２に記載された、磁歪材料を周期的に圧縮することによる発電方法では、磁歪材料を長手方向に圧縮するために大きな力が必要である。また、圧縮力は磁歪材料に不均一に加えられるため、発電効率が低くなるという欠点を有している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１０】
【特許文献１】特開２００６－１６６６９４号公報
【特許文献２】特開２００８－７２８６２号公報
【非特許文献】
【００１１】
【非特許文献１】保坂寛、“ウェアラブル情報機器のための振動発生技術”、電気学会誌、１２６巻４号、２００６
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１２】
　こうした課題を解決するため、磁歪材料を振動させることにより発電することが考えられる。具体的には、本発明の関連技術として、例えば、磁歪材料からなり平行に配置された２つの磁歪棒と、２つの磁歪棒のそれぞれに巻かれたコイルと、２つの磁歪棒のそれぞれの両端に、２つの磁歪棒を連結するように設けられた２つの連結ヨークとを備え、２つの磁歪棒の軸方向と垂直な方向の振動により、２つの磁歪棒の一方が伸張し、他方が収縮することにより発電することを特徴とする発電素子が考えられる。
【００１３】
　この構成によれば、磁歪材料からなる２つの磁歪棒の伸張および圧縮により、逆磁歪効果を利用して磁束密度の時間的変化から発電することができる。２つの磁歪棒を組み合わせて発電素子が構成されているので、発電素子に２つの磁歪棒の軸方向と垂直な方向の振動が与えられると、２つの磁歪棒の一方は伸張し、他方は圧縮する。これにより、小さな力で効率よく発電することができる。また、曲げや衝撃などの外力に強い磁歪材料を磁歪棒に使用するので、発電素子に大きな曲げや衝撃を加えることができ、発電量を多くすることができる。
【００１４】
　しかし、磁歪材料を使用する上記構成においては、発電素子の振動は、発電素子を取り付けた壁面や振動物などに吸収されるため振動が長時間持続せず、発電を長時間続けることが難しい。
【００１５】
　また、発電を効率よく行うためには、発電素子は高い周波数で振動することが望ましいが、発電素子を低い周波数で振動する振動物に取り付けた場合には発電素子を高い周波数で振動させることができず、発電量を増加することが難しいという課題がある。
【００１６】
　上記課題を鑑み、本発明は、発電を長時間行うことができ、かつ、発電量を増加することができる発電装置を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１７】
　上記の課題を達成するため、本発明の一形態に係る発電装置は、逆磁歪効果により発電する第１の発電素子と第２の発電素子とを有する発電部と、前記発電部に振動を与える加振部と、前記加振部に一端が配置され、前記発電部に前記加振部の振動と異なる振動を与える振動板と、前記振動板の他端に配置され、慣性により前記加振部の振動と異なる振動が生じる錘とを備え、前記第１の発電素子および前記第２の発電素子は、それぞれ、磁歪材料で構成された少なくとも１本の磁歪棒と、前記磁歪棒の周囲に巻き回され、前記磁歪棒の磁束の変化により電流を発生するコイルと、磁性体で構成され前記磁歪棒の両端を支

持するヨークとを有し、前記発電部において、前記第１の発電素子の前記磁歪棒と前記第２の発電素子の前記磁歪棒とは平行に配置され、前記第１の発電素子の前記ヨークの一端と前記第２の発電素子の前記ヨークの一端とは一体に形成され、一体に形成された前記第１の発電素子の前記ヨークの一端と前記第２の発電素子の前記ヨークの一端には前記加振部が設けられており、前記第１の発電素子と前記第２の発電素子とは、線対称に配置され、前記振動板は、前記第１の発電素子の前記磁歪棒および前記第２の発電素子の前記磁歪棒と平行に配置されている。

【００１８】

この構成によれば、発電部に配置された第１の発電素子および第２の発電素子は、磁歪材料からなる磁歪棒の伸張および圧縮により、逆磁歪効果を利用して磁束密度の時間的変化から発電することができる。ここで、発電部は、第１の発電素子の一端と第２の発電素子の一端とは一体に形成され、かつ、平行に配置されて線対称の形状をしているので、音叉振動を生じる。すなわち、第１の発電素子に振動が与えられると、第２の発電素子は第１の発電素子の振動と逆位相かつ同一周波数の振動を生じる。これにより、第１の発電素子の振動が第１の発電素子の根元部分、つまり、第１の発電素子のヨークの一端と第２の発電素子のヨークの一端とが一体に形成されている部分に及ぼす力と、第２の発電素子の振動が第２の発電素子の根元部分に及ぼす力の向きは逆方向となり相殺される。したがって、発電部の根元部分の耐性は強くなり、発電部は壊れにくくなる。よって、発電素子に大きな曲げや衝撃を加えることができるので、発電量を多くすることができる。

【００１９】

また、第１の発電素子の振動が第１の発電素子の根元部分に及ぼす力と第２の発電素子の振動が第２の発電素子の根元部分に及ぼす力の向きは逆方向となり相殺されるので、発電部の振動は根元部分に吸収されにくく、音叉振動が長時間持続する。したがって、発電量を多くすることができる。

【００２０】

また、振動板に配置された錘の慣性により、発電部は振動を与えられ音叉振動を生じる。発電部に生じる音叉振動は、加振部の振動よりも高周波となるため、低周波振動を高周波振動に変換することができる。これにより、効率よく発電することができる。

【００２１】

また、前記発電部と、前記振動板と、前記錘とは、一体に形成されていることが好ましい。

【００２２】

この構成によれば、発電装置を構成する各部の接続部分が少なくなるため、振動を減衰させる要因となる機械損失を減少させることができる。これにより、振動を長時間持続させることができる。また、部品数が少なくなることから発電装置の組み立てが容易になり、生産性を向上することができる。

【００２３】

また、前記振動板は、前記第１の発電素子および前記第２の発電素子の間の前記第１の発電素子および前記第２の発電素子のそれぞれから等しい距離に配置され、かつ、一端が前記第１の発電素子の前記ヨークの一端および前記第２の発電素子の前記ヨークの一端と一体に形成されていることが好ましい。

【００２４】

この構成によれば、振動板が第１の発電素子および第２の発電素子の間に、第１の発電素子および第２の発電素子と一体に形成されるので、振動板により第１の発電素子および第２の発電素子のいずれにも振動を与えることができる。また、振動板が第１の発電素子および第２の発電素子から等しい距離に配置されるので、振動板の振動により第１の発電素子および第２の発電素子の音叉振動が妨げられることがない。したがって、発電部は長時間音叉振動を持続することができ、発電効率を向上することができる。

【００２５】

また、前記振動板は、さらに、磁力により前記第１の発電素子および前記第２の発電素

子の少なくともいずれかの前記ヨークに吸着する永久磁石を備えることが好ましい。

【００２６】

この構成によれば、振動板が第１の発電素子および第２の発電素子のいずれかに吸着することができるので、発電部に振動を与えやすく、発電効率を向上することができる。

【００２７】

また、前記永久磁石は、磁力により前記第１の発電素子の前記ヨークに吸着する第１の永久磁石と、磁力により前記第２の発電素子の前記ヨークに吸着する第２の永久磁石とで構成されていることが好ましい。

【００２８】

この構成によれば、振動板は第１の発電素子および第２の発電素子のいずれにも吸着することができるので、発電部に振動を与え易く、発電効率をより向上することができる。

【００２９】

また、上記した特徴を有する発電装置を複数備え、前記複数の発電装置の錘は、一体に形成されていることが好ましい。

【００３０】

この構成によれば、発電装置を複数備えることにより、発電効率を向上することができる。

【発明の効果】

【００３１】

本発明によると、発電を長時間行うことができ、かつ、効率よく発電量を増加することができる発電装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００３２】

【図１】本発明の関連技術に係る発電素子の構成を示す概略図である。

【図２Ａ】実施の形態１に係る発電装置の構成を示す概略図である。

【図２Ｂ】図２Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【図２Ｃ】図２Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【図３Ａ】実施の形態１の変形例に係る発電装置の構成を示す概略図である。

【図３Ｂ】図３Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【図３Ｃ】図３Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【図３Ｄ】実施の形態１の変形例に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。

【図４Ａ】実施の形態２に係る発電装置の構成を示す概略図である。

【図４Ｂ】図４Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【図４Ｃ】図４Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【図５】実験に使用した発電装置の構成を示す写真である。

【図６】実験に使用した発電装置を配置した測定装置の写真である。

【図７Ａ】図５に示した発電装置の構成を示す概略図である。

【図７Ｂ】図７Ａに示した発電装置の動作を示す図である。

【図７Ｃ】図７Ａに示した発電装置の動作を示す図である。

【図８Ａ】第１の発電素子を励振した場合であって、発電部に音叉振動が生じている場合の第１の発電素子および第２の発電素子の発電電圧の時間応答を示す図である。

【図８Ｂ】図８Ａに示した発電電圧の時間応答の計測と同時に計測した第１の発電素子の振幅の時間応答を示す図である。

【図９Ａ】第１の発電素子を励振した場合であって、発電部に音叉振動が生じていない場合の第１の発電素子および第２の発電素子の発電電圧の時間応答を示す図である。

【図９Ｂ】図９Ａに示した発電電圧の時間応答の計測と同時に計測した第１の発電素子の振幅の時間応答を示す図である。

【図１０Ａ】図８Ａの一部を拡大した図である。

【図１０Ｂ】図８Ｂの一部を拡大した図である。

【図１１Ａ】図９Ａの一部を拡大した図である。

【図１１Ｂ】図９Ｂの一部を拡大した図である。
【図１２Ａ】第２の発電素子を励振した場合であって、発電部に音叉振動が生じている場合の第１の発電素子および第２の発電素子の発電電圧の時間応答を示す図である。
【図１２Ｂ】図１２Ａに示した発電電圧の時間応答の計測と同時に計測した第２の発電素子の振幅の時間応答を示す図である。
【図１３Ａ】第２の発電素子を励振した場合であって、発電部に音叉振動が生じていない場合の第１の発電素子および第２の発電素子の発電電圧の時間応答を示す図である。
【図１３Ｂ】図１３Ａに示した発電電圧の時間応答の計測と同時に計測した第２の発電素子の振幅の時間応答を示す図である。
【図１４Ａ】図１２Ａの一部を拡大した図である。
【図１４Ｂ】図１２Ｂの一部を拡大した図である。
【図１５Ａ】図１３Ａの一部を拡大した図である。
【図１５Ｂ】図１３Ｂの一部を拡大した図である。
【図１６Ａ】実施の形態２の変形例１に係る発電装置の構成を示す概略図である。
【図１６Ｂ】図１６Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。
【図１６Ｃ】図１６Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。
【図１６Ｄ】実施の形態２の変形例１に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。
【図１６Ｅ】実施の形態２の変形例１に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。
【図１７Ａ】実施の形態２の変形例２に係る発電装置の構成を示す概略図である。
【図１７Ｂ】実施の形態２の変形例２に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。
【図１７Ｃ】実施の形態２の変形例２に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。
【図１７Ｄ】実施の形態２の変形例２に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。
【図１８Ａ】実施の形態３に係る発電装置の構成を示す概略図である。
【図１８Ｂ】実施の形態３に係る発電装置の構成を示す概略図である。
【図１８Ｃ】図１８Ｂに示した発電装置の動作を説明するための図である。
【図１８Ｄ】実施の形態３に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。
【図１９】実施の形態３の変形例に係る発電装置の構成を示す概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００３３】
以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態などは一例である。したがって、これらの各形態により、本発明が限定されるものではない。本発明は、特許請求の範囲だけによって限定される。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、本発明の課題を達成するのに必ずしも必要ではないが、より好ましい形態を構成するものとして説明される。
【００３４】
（発電素子の構成）
まず、本発明の関連技術に係る発電素子について、図１を参照して説明する。
【００３５】
図１は、本発明の関連技術に係る発電素子９００Ｂの構成を示す概略図である。
【００３６】
図１に示すように、発電素子９００Ｂは、ヨーク９２０と、コイル９１６Ｃと、磁歪材料からなる磁歪棒９１８Ｃとを備える。なお、図１は発電素子９００Ｂを一方向から見た上面図であるが、発電素子９００Ｂの構成の理解を容易にするために、図１において、磁歪棒９１８Ｃと、コイル９１６Ｃとは、断面図で示している。
【００３７】
磁歪棒９１８Ｃは、例えば鉄ガリウム合金であるＧａｌｆｅｎｏｌからなり、延性を有し、それぞれ、１ｍｍ×０．５ｍｍ×１０ｍｍの直方体の棒状の形状をしている。また、

磁歪棒９１８Ｃの両端は、ヨーク９２０に機械的に連結されている。

【００３８】

磁歪棒９１８Ｃには、コイル９１６Ｃが巻かれている。コイル９１６Ｃは、例えば、銅線からなり巻数はそれぞれ２５０巻である。コイル９１６Ｃの巻数により、発電素子９００Ｂに発生する電圧の大きさを調整することが可能である。また、コイル９１６Ｃは、樹脂により巻き回された銅線の間が埋められ、一体となっている。

【００３９】

ここで、磁界中において、磁歪棒９１８Ｃが伸張または圧縮されるようにヨーク９２０を振動させることにより、磁歪棒９１８Ｃに逆磁歪効果が生じる。その結果、コイル９１６Ｃの周囲の磁束が変化する。したがって、コイル９１６Ｃに起電力が生じる。こうして、発電素子９００Ｂは振動により発電することができる。

【００４０】

また、発電素子９００Ｂには、バイアスの磁界を印加するためのＮｄ－Ｆｅ－Ｂ磁石（図示せず）が設けられている。また、発電素子９００Ｂの下面側には界磁用のバックヨーク（図示せず）が設けられている。バックヨークは、磁歪棒Ｃにバイアス磁化を印加し易くするための構成である。なお、なるべく減衰が少なくなるようバックヨークを用いない開磁路にしてもよい。

【００４１】

ここで、発電素子９００Ｂの発電量は、振動を長時間持続させることにより、増加することができる。

【００４２】

また、発電素子９００Ｂによる発生電圧は、いずれも以下の式（１）で求められる。

【００４３】

【数１】

$$V = N\frac{d\Phi}{dt} \qquad \text{式（１）}$$

【００４４】

ここで、Ｎはコイルの巻数であり、Φは磁束である。したがって、時間当たりの磁束の変化量を増やすことにより、発生電圧を大きくすることができる。時間当たりの磁束の変化量は、発電素子の共振周波数など、その機械的特性により決定される。発電素子の発電電圧を大きくするためには、発電素子の共振周波数を高くすることがより容易な方法である。

【００４５】

しかし、磁歪材料を使用する上記構成においては、発電素子の振動は、発電素子を取り付けた壁面や振動物などに吸収されるため長時間持続せず、発電を長時間続けることが難しい。

【００４６】

また、上記したように、発電を効率よく行うためには、発電素子は高い周波数で振動することが望ましいが、発電素子を低い周波数で振動する振動物に取り付けた場合には、発電素子を高い周波数で振動させることができず発電量を増加することが難しい。

【００４７】

本発明は、この課題を解決する。以下、本発明の実施の形態について説明する。

【００４８】

（実施の形態１）

図２Ａは、本発明の実施の形態１に係る発電装置の構成を示す概略図である。図２Ｂおよび図２Ｃは、図２Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【００４９】

図２Ａに示すように、発電装置１０は、第１の発電素子１０５Ａと第２の発電素子１０

５Ｂとで構成される発電部１００と、振動板１０１と、錘１０２と、加振部１０３とを備えている。

【００５０】

第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂの構成は、図１に示した発電素子９００Ｂと同様、１つの磁歪棒の変形により発電が行われる構成である。つまり、第１の発電素子１０５Ａは、磁歪棒１０６Ａと、コイル１０７Ａと、磁歪棒１０６Ａの両端を支持するヨーク１０８Ａとを備えている。同様に、第２の発電素子１０５Ｂは、磁歪棒１０６Ｂと、コイル１０７Ｂと、磁歪棒１０６Ｂの両端を支持するヨーク１０８Ｂとを備えている。なお、図２Ａから図２Ｃは、発電装置１０を一方向から見た上面図であるが、発電部１００の構成の理解を容易にするために、図２Ａから図２Ｃにおいて、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂと、コイル１０７Ａおよびコイル１０７Ｂは、断面図で示している。

【００５１】

発電部１００は、線対称の形状を有している。具体的には、いわゆる音叉形状をしている。すなわち、発電部１００において、第１の発電素子１０５Ａの磁歪棒１０６Ａと第２の発電素子１０５Ｂの磁歪棒１０６Ｂとは平行に配置され、第１の発電素子１０５Ａのヨーク１０８Ａの一端と第２の発電素子１０５Ｂのヨーク１０８Ｂの一端とが一体となるように形成されている。また、第１の発電素子１０５Ａのヨーク１０８Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂのヨーク１０８Ｂの他端側の長さは、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂの一端側の長さに比べると長くなっている。

【００５２】

振動板１０１は、例えば、バネ性を有する磁性ステンレスで構成された板状の形状を有している。振動板１０１は、発電部１００の第２の発電素子１０５Ｂと対向するように、第２の発電素子１０５Ｂと平行に配置されている。振動板１０１の他端には、慣性により加振部１０３の振動と異なる振動を生じる錘１０２が配置されている。

【００５３】

また、振動板１０１は、第２の発電素子１０５Ｂと対向する面に永久磁石１０９を備えている。永久磁石１０９は、磁性材料で構成されたヨーク１０８Ｂと磁力により吸着することができ、永久磁石１０９の吸脱着により第２の発電素子１０５Ｂに振動を与えることができる。なお、振動板１０１は、永久磁石１０９を備えない構成であってもよい。この場合、振動板１０１を第２の発電素子１０５Ｂに直接接触することにより振動を与えることができる。

【００５４】

加振部１０３は、発電部１００の根元部分、つまり、ヨーク１０８Ａの一端とヨーク１０８Ｂの一端とが一体に形成されている部分に配置されている。加振部１０３は、第１の発電素子１０５Ａの磁歪棒１０６Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂの磁歪棒１０６Ｂの軸方向と垂直な方向（図２Ａにおける上下方向）の振動を発電部１００に与える。なお、加振部１０３は、振動を発生する振動装置であってもよいし、例えば、自動車の車体、橋梁など振動するものであればどのようなものであってもよい。

【００５５】

発電部１００および振動板１０１は、以下のようにして形成される。

【００５６】

ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂは、例えば、バネ性を有する磁性ステンレスで構成され、ワイヤー放電加工により切り出される。また、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂは、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂの一部であって、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂが対向する面にそれぞれ凹状部分を有するように切り出される。その後、除錆と超音波洗浄を行い、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂに形成された凹状部分に、例えばＧａｌｆｅｎｏｌで構成された棒状の形状を有する磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂがそれぞれはめ込まれる。なお、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂは、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂの一部であって、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂが

対向する面と反対側の面にそれぞれ凹状部分を有するように切り出され、この凹状部分に磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂがそれぞれはめ込まれる構成であってもよい。

【００５７】

磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂは、発電用のコイル（例えば、１６３０巻き、９５Ω）１０７Ａおよびコイル１０７Ｂがそれぞれ巻き回されている。さらに、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂは、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂにそれぞれエポキシ系接着剤や溶接などで強固に接合される。

【００５８】

なお、バイアスの界磁を生じるために、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂは、バックヨークと、Ｎｄ－Ｆｅ－Ｂ磁石（例えば、２×３×２ｍｍ、残留磁束密度１．２Ｔ）とを備える（図示せず）。なるべく減衰が少なくなるようバックヨークを用いない開磁路にしてもよい。

【００５９】

また、振動板１０１は、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂと同様、バネ性を有する磁性ステンレスで構成され、ワイヤー放電加工により板状に切り出される。なお、振動板１０１は、板状でなくても棒状やその他の形状であってもよい。

【００６０】

このような構成により、発電装置１０は以下のような動作により発電をすることができる。以下、発電装置１０の動作について説明する。

【００６１】

図２Ａに示した発電装置１０は、加振部１０３が静止している状態である。このとき、振動板１０１に配置された永久磁石１０９は、第２の発電素子１０５Ｂのヨーク１０８Ｂに吸着している。この状態から、図２Ｂに示すように、加振部１０３が上方向に振動すると、発電部１００および振動板１０１は加振部１０３の振動に伴い上方向に移動する。一方、振動板１０１に取り付けられた錘１０２は慣性により静止を続けようとする。

【００６２】

第２の発電素子１０５Ｂのヨーク１０８Ｂと永久磁石１０９は吸着しているので、第２の発電素子１０５Ｂは下方向に湾曲する。この湾曲に伴う第２の発電素子１０５Ｂのたわみに比例した復元力が永久磁石１０９の吸着力以上になると、図２Ｃに示すように、永久磁石１０９の吸着が突発的に外れ、第２の発電素子１０５Ｂに振動が励振される。

【００６３】

また、発電部１００は、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂを有する音叉形状をしているので、振動を与えていない第１の発電素子１０５Ａには音叉振動、つまり、第２の発電素子１０５Ｂの振動と逆位相かつ同一周波数の振動が生じる。このときの振動の周波数は、一例として１００～１ｋＨｚである。

【００６４】

第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂのそれぞれは、上記振動により、曲げ力Ｐを受ける。このとき、曲げ力Ｐの方向は、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂの軸方向に対して垂直の方向である。ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂは、それぞれ曲げ振動する。これにより、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂは、それぞれ共振する。このときの共振周波数は、一例として１００～１ｋＨｚである。

【００６５】

また、上記振動によりヨーク１０８Ａまたはヨーク１０８Ｂに曲げ力Ｐが与えられると、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂは、曲げ変形される。具体的には、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂは伸張し、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂの磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂと対向する部分はそれぞれ収縮する。また、ヨーク１０８Ａまたはヨーク１０８Ｂが上記した向きの曲げ力Ｐと逆向きの曲げ力Ｐを受けると、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂはそれぞれ収縮し、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂの磁歪棒１０６Ａまたは磁歪棒１０６Ｂと対向する部分はそれぞれ伸張する。

【００６６】

このように、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂが伸縮することにより、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂの磁化は逆磁歪効果により増加または減少する。これにより、コイル１０７Ａおよびコイル１０７Ｂを貫く磁束密度が変化する。この磁束密度の時間的変化により、コイル１０７Ａおよびコイル１０７Ｂに誘導電圧（または誘導電流）が発生し発電することができる。発電素子１００の第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂは、振動が持続する期間、連続した発電を行うことができる。

【００６７】

ここで、第１の発電素子１０５Ａには、第２の発電素子１０５Ｂの振動と逆位相かつ同一周波数の振動が発生するので、第１の発電素子１０５Ａの振動が第１の発電素子１０５Ａの一端、つまり、音叉形状の発電部１００の根元部分に及ぼす力と、第２の発電素子１０５Ｂの振動が第２の発電素子１０５Ｂの一端、つまり、発電部１００の根元部分に及ぼす力の向きとは逆方向となり相殺される。これにより、発電部１００の根元部分に第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂの振動が吸収されにくくなり、音叉振動が長時間持続する。

【００６８】

また、発電部１００に生じる音叉振動は、加振部１０３が発電部１００に与える振動よりも高周波となる。したがって、加振部１０３で発生する低周波振動を、発電部１００において高周波振動に変換することができる。

【００６９】

以上、本実施の形態に係る発電装置１０によれば、第１の発電素子１０５Ａの振動が発電部１００の根元部分に及ぼす力と、第２の発電素子１０５Ｂの振動が発電部１００の根元部分に及ぼす力の向きとは逆方向となり相殺される。これにより、発電部１００の根元部分に第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂの振動が吸収されにくくなり、音叉振動が長時間持続する。したがって、発電量を増加することができる。

【００７０】

また、発電部１００の根元部分の耐性は強くなり、発電部１００は壊れにくくなるので、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂに大きな曲げや衝撃を加えることができる。これにより、発電量を多くすることができる。

【００７１】

また、発電部１００に生じる音叉振動は、加振部１０３が発電部１００に与える振動よりも高周波となるため、加振部１０３で発生する低周波振動を、発電部１００において高周波振動に変換することができる。これにより、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂでの単位時間当たりの振動回数が増加するため、効率よく発電することができる。

【００７２】

なお、上記した発電装置１０では、第２の発電素子１０５Ｂと対向するように振動板１０１を配置しているが、第１の発電素子１０５Ａと対向するように振動板１０１を配置してもよい。

【００７３】

また、上記した発電装置１０では、加振部１０３が静止した状態で磁石１０９がヨーク１０８Ｂに吸着しているが、加振部１０３が静止した状態で磁石１０９とヨーク１０８Ｂとの間に隙間が設けられている構成であってもよい。

【００７４】

また、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂを形成する磁歪材料は、Ｇａｌｆｅｎｏｌに限らずその他の材料であってもよい。Ｇａｌｆｅｎｏｌを用いた場合には、応力を加えることによるＧａｌｆｅｎｏｌの内部磁化の変化は、飽和磁束密度が１Ｔ程度まで変化するので、発電装置１０における発電量を上げることができる。

【００７５】

Ｇａｌｆｅｎｏｌ以外の磁歪材料としては、例えば、鉄コバルト合金であるパーメンジュールであってもよい。

【００７６】
また、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂに与えられる曲げ力Ｐの方向は、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂの軸方向に対して垂直の方向で、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂの一方が伸張し他方が収縮するのであれば、どのような向きに与えられてもよい。
【００７７】
また、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂの形状は、直方体の棒状の形状に限らず、例えば円柱状の棒状の形状や、その他の形状であってもよい。
【００７８】
（実施の形態１の変形例）
次に、実施の形態１の変形例について説明する。
【００７９】
図３Ａは、本変形例に係る発電装置の構成を示す概略図である。図３Ｂおよび図３Ｃは、図３Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。
【００８０】
本変形例に係る発電装置１１が実施の形態１に係る発電装置１０と異なる点は、発電装置１１が錘１０２を備える代わりに、錘としての機能とスイッチとしての機能を兼ね備えたスイッチ部１１０を備える点である。
【００８１】
図３Ａに示すように、発電装置１１は、第１の発電素子１０５Ａと第２の発電素子１０５Ｂとで構成される発電部１００と、振動板１０１と、スイッチ部１１０と、加振部１０３とを備えている。
【００８２】
第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂの構成は、図１に示した発電素子９００Ｂと同様、１つの磁歪棒の変形により発電が行われる構成である。つまり、第１の発電素子１０５Ａは、磁歪棒１０６Ａと、コイル１０７Ａと、磁歪棒１０６Ａの両端を支持するヨーク１０８Ａとを備えている。同様に、第２の発電素子１０５Ｂは、磁歪棒１０６Ｂと、コイル１０７Ｂと、磁歪棒１０６Ｂの両端を支持するヨーク１０８Ｂとを備えている。なお、図３Ａから図３Ｃは、発電装置１１を一方向から見た上面図であるが、発電部１００の構成の理解を容易にするために、図３Ａから図３Ｃにおいて、磁歪棒１０６Ａおよび磁歪棒１０６Ｂと、コイル１０７Ａおよびコイル１０７Ｂは、断面図で示している。
【００８３】
発電部１００は、線対称の形状を有している。具体的には、いわゆる音叉形状をしている。すなわち、発電部１００において、第１の発電素子１０５Ａの磁歪棒１０６Ａと第２の発電素子１０５Ｂの磁歪棒１０６Ｂとは平行に配置され、第１の発電素子１０５Ａのヨーク１０８Ａの一端と第２の発電素子１０５Ｂのヨーク１０８Ｂの一端とが一体となるように形成されている。また、第１の発電素子１０５Ａのヨーク１０８Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂのヨーク１０８Ｂの他端側の長さは、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂの一端側の長さに比べると長くなっている。
【００８４】
振動板１０１は、例えば、バネ性を有する磁性ステンレスで構成された板状の形状を有している。振動板１０１は、発電部１００の第２の発電素子１０５Ｂと対向するように、第２の発電素子１０５Ｂと平行に配置されている。振動板１０１の他端には、錘としての機能とスイッチとしての機能を兼ね備えたスイッチ部１１０が配置されている。
【００８５】
また、振動板１０１は、第２の発電素子１０５Ｂと対向する面に永久磁石１０９を備えている。永久磁石１０９は、磁性材料で構成されたヨーク１０８Ｂと磁力により吸着することができ、永久磁石１０９の吸脱着により第２の発電素子１０５Ｂに振動を与えることができる。なお、振動板１０１は、永久磁石１０９を備えない構成であってもよい。この

場合、振動板１０１を第２の発電素子１０５Ｂに直接接触することにより振動を与えることができる。

【００８６】

加振部１０３は、発電部１００の根元部分、つまり、ヨーク１０８Ａの一端とヨーク１０８Ｂの一端とが一体に形成されている部分に配置されている。加振部１０３は、第１の発電素子１０５Ａの磁歪棒１０６Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂの磁歪棒１０６Ｂの軸方向と垂直な方向（図３Ａにおける上下方向）の振動を発電部１００に与える。

【００８７】

発電部１００および振動板１０１の形成方法は、実施の形態１に示した発電部１００および振動板１０１と同様であるため、説明を省略する。

【００８８】

このような構成により、発電装置１１は以下のような動作により発電をすることができる。以下、発電装置１１の動作について説明する。

【００８９】

図３Ａに示した発電装置１１は、加振部１０３が静止している状態である。このとき、振動板１０１に配置された永久磁石１０９は、第２の発電素子１０５Ｂのヨーク１０８Ｂに吸着している。この状態から、図３Ｂに示すように、スイッチ部１１０に、例えば指１１１で下方向の力を加える。第２の発電素子１０５Ｂのヨーク１０８Ｂと永久磁石１０９は吸着しているので、第２の発電素子１０５Ｂは下方向に湾曲する。この湾曲に伴う第２の発電素子１０５Ｂのたわみに比例した復元力が永久磁石１０９の吸着力以上になると、図３Ｃに示すように、永久磁石１０９の吸着が突発的に外れ、第２の発電素子１０５Ｂに振動が励振される。

【００９０】

これにより、実施の形態１に示した発電装置１０と同様、発電装置１１においても、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂのそれぞれは、振動が持続する期間、逆磁歪効果により発電をすることができる。

【００９１】

また、図３Ｄは、本変形例に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。

【００９２】

図３Ｄに示すように、発電装置は、発電部１００と、振動板と錘の機能を兼ね備えた振動部１２０とを備え、発電部１００と振動部１２０とは一体に形成されている。つまり、発電部１００を構成するヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂと、振動板と、錘とが、レーザ加工、プレス、ワイヤーＥＤＭ等により、同一の材料から切り出されて一体に形成されている。振動部１２０は、発電部１００の周囲を囲むように配置されている。

【００９３】

発電部１００の根元部分は、加振部１０３に接続され、加振部１０３の振動によって振動部１２０が振動し発電部１００に直接接触する。これにより、振動部１２０は発電部１００に振動を与えることができる。なお、振動部１２０は、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂと対向する面の少なくともいずれかに永久磁石を備える構成であってもよい。

【００９４】

このような構成とすることにより、図３Ｄに示す発電装置においては、発電装置を構成する各部の接続部分が少なくなるため、振動を減衰させる要因となる機械損失を減少させることができる。これにより、振動を長時間持続させることができる。また、部品数が少なくなることから発電装置の組み立てが容易になり、生産性が向上するという利点がある。

【００９５】

また、図３Ｄに示すように、振動部１２０を発電部１００の周囲を取り囲む形状とすることにより、発電装置の小スペース化を図ることができる。

【００９６】

以上、本変形例に係る発電装置１１によれば、加振部１０３が静止している場合であっても、振動板１１０により第２の発電素子１０５Ｂ（または、第１の発電素子１０５Ａ）に振動を与えることにより音叉振動を励起して発電することができる。

【００９７】

また、本変形例に係る発電装置１１によれば、第１の発電素子１０５Ａの振動が発電部１００の根元部分に及ぼす力と、第２の発電素子１０５Ｂの振動が発電部１００の根元部分に及ぼす力の向きとは逆方向となり相殺される。これにより、発電部１００の根元部分に第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂの振動が吸収されにくくなり、音叉振動が長時間持続する。したがって、発電量を増加することができる。

【００９８】

また、発電部１００の根元部分の耐性は強くなり、発電部１００は壊れにくくなるので、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂに大きな曲げや衝撃を加えることができる。これにより、発電量を多くすることができる。

【００９９】

また、発電部１００に生じる音叉振動は、スイッチ部１１０を押すことにより振動板１０１が発電部１００に与える振動の周波数よりも高周波となるため、加振部１０３で発生する低周波振動を、発電部１００において高周波振動に変換することができる。これにより、第１の発電素子１０５Ａおよび第２の発電素子１０５Ｂでの単位時間当たりの振動回数が増加するため、効率よく発電することができる。

【０１００】

なお、上記した発電装置１１では、第２の発電素子１０５Ｂと対向するように振動板１０１を配置しているが、第１の発電素子１０５Ａと対向するように振動板１０１を配置してもよい。

【０１０１】

また、発電装置は、発電部１００と、振動板と錘の機能を兼ね備えた振動部１２０とを備え、発電部１００と振動部１２０を一体に形成することにより、機械損失を低減し振動を長時間持続させることができる。

【０１０２】

また、振動部１２０を発電部１００の周囲を取り囲む形状とすることにより、発電装置の小スペース化を図ることができる。

【０１０３】

（実施の形態２）

次に、本発明に係る実施の形態２について説明する。

【０１０４】

本実施の形態に係る発電装置が実施の形態１に示した発電装置と異なる点は、錘を有する振動板が、発電部の第１の発電素子および第２の発電素子の間の第１の発電素子および第２の発電素子から等しい距離に配置されている点である。また、本実施の形態に係る発電装置において、発電部と振動板は一体に形成されている。以下、詳細に説明する。

【０１０５】

図４Ａは、本実施の形態に係る発電装置の構成を示す概略図である。また、図４Ｂおよび図４Ｃは、図４Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【０１０６】

図４Ａに示すように、発電装置２０は、第１の発電素子２０５Ａと第２の発電素子２０５Ｂとで構成される発電部２００と、振動板２０１と、錘２０２と、加振部２０３とを備えている。

【０１０７】

第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの構成は、図１に示した発電素子９００Ｂと同様、１つの磁歪棒の変形により発電が行われる構成である。つまり、第１の発電素子２０５Ａは、磁歪棒２０６Ａと、コイル２０７Ａと、磁歪棒２０６Ａの両端を支持するヨーク２０８Ａとを備えている。同様に、第２の発電素子２０５Ｂは、磁歪棒２

０６Ｂと、コイル２０７Ｂと、磁歪棒２０６Ｂの両端を支持するヨーク２０８Ｂとを備えている。なお、図４Ａから図４Ｃは、発電装置２０を一方向から見た上面図であるが、発電部２００の構成の理解を容易にするために、図４Ａから図４Ｃにおいて、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂと、コイル２０７Ａおよびコイル２０７Ｂは、断面図で示している。

【０１０８】

発電部２００は、線対称の形状を有している。具体的には、いわゆる音叉形状をしている。すなわち、発電部２００において、第１の発電素子２０５Ａの磁歪棒２０６Ａと第２の発電素子２０５Ｂの磁歪棒２０６Ｂとは平行に配置され、第１の発電素子２０５Ａのヨーク２０８Ａの一端と第２の発電素子２０５Ｂのヨーク２０８Ｂの一端とが一体となるように形成されている。また、第１の発電素子２０５Ａのヨーク２０８Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂのヨーク２０８Ｂの他端側の長さは、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂの一端側の長さに比べると長くなっている。

【０１０９】

振動板２０１は、例えば、バネ性を有する磁性ステンレスで構成され、板状の形状を有している。振動板２０１は、発電部２００の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの間の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂから等しい距離に配置されている。振動板２０１の一端は、発電部２００の根元部分に配置されるように、発電部２００と一体に形成されている。つまり、第１の発電素子２０５Ａの一端と、第２の発電素子２０５Ｂの一端と、振動板２０１の一端とは、発電部２００の根元部分において一体に形成されている。振動板２０１の他端には、慣性により加振部２０３の振動と異なる振動を生じる錘２０２が配置されている。

【０１１０】

また、振動板２０１は、第１の発電素子２０５Ａと対向する面に永久磁石２０９Ａを備えている。永久磁石２０９Ａは、磁性材料で構成されたヨーク２０８Ａと磁力により吸着することができ、永久磁石２０９Ａの吸脱着により第１の発電素子２０５Ａに振動を与えることができる。

【０１１１】

また、振動板２０１は、第２の発電素子２０５Ｂと対向する面に永久磁石２０９Ｂを備えている。永久磁石２０９Ｂは、磁性材料で構成されたヨーク２０８Ｂと磁力により吸着することができ、永久磁石２０９Ｂの吸脱着により第２の発電素子２０５Ｂに振動を与えることができる。

【０１１２】

なお、振動板２０１は、永久磁石２０９Ａおよび永久磁石２０９Ｂの両方を備える構成であってもよいし、永久磁石２０９Ａおよび永久磁石２０９Ｂの少なくともいずれかを備える構成であってもよい。また、永久磁石２０９Ａおよび永久磁石２０９Ｂのいずれも備えない構成であってもよい。この場合、振動板２０１を第１の発電素子２０５Ａまたは第２の発電素子２０５Ｂに直接接触することにより振動を与えることができる。

【０１１３】

加振部２０３は、発電部２００の根元部分、つまり、ヨーク２０８Ａの一端とヨーク２０８Ｂの一端とが一体に形成されている部分に配置されている。加振部２０３は、第１の発電素子２０５Ａの磁歪棒２０６Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの磁歪棒２０６Ｂの軸方向と垂直な方向（図４Ａにおける上下方向）の振動を発電部２００に与える。

【０１１４】

発電部２００および振動板２０１は以下のようにして一体に形成される。

【０１１５】

ヨーク２０８Ａ、ヨーク２０８Ｂおよび振動板２０１は、例えば、バネ性を有する磁性ステンレスで構成され、ワイヤー放電加工により切り出される。振動板２０１は、２×０．５×２２ｍｍの板状の形状に切り出される。また、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂは、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂの一部であって、ヨーク１０８Ａおよびヨー

ク１０８Ｂが対向する面にそれぞれ凹状部分を有するように切り出される。その後、除錆と超音波洗浄を行い、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂに形成された凹状部分に、例えばＧａｌｆｅｎｏｌで構成された棒状の形状を有する磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂがそれぞれはめ込まれる。なお、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂは、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂの一部であって、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂが対向する面と反対側の面にそれぞれ凹状部分を有するように切り出され、この凹状部分に磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂがそれぞれはめ込まれる構成であってもよい。

【０１１６】

磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂは、発電用のコイル（例えば、１６３０巻き、９５Ω）２０７Ａおよびコイル２０７Ｂがそれぞれ巻き回されている。さらに、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂは、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂにそれぞれエポキシ系接着剤で強固に接合される。

【０１１７】

なお、バイアスの界磁を生じるために、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂは、バックヨークと、Ｎｄ－Ｆｅ－Ｂ磁石（例えば、２×３×２ｍｍ、残留磁束密度１．２Ｔ）とを備える（図示せず）。なるべく減衰が少なくなるようバックヨークを用いない開磁路にしてもよい。

【０１１８】

このような構成により、発電装置２０は以下のような動作により発電をすることができる。以下、発電装置２０の動作について説明する。

【０１１９】

図４Ａに示した発電装置２０は、加振部２０３が静止している状態である。このとき、振動板２０１に配置された永久磁石２０９Ｂは、第２の発電素子２０５Ｂのヨーク２０８Ｂに吸着していない。この状態から、図４Ｂに示すように、加振部２０３が上方向に振動すると、発電部２００および振動板２０１は加振部２０３の振動に伴い上方向に移動する。一方、振動板２０１に取り付けられた錘２０２は慣性により静止を続けようとする。したがって、振動板２０１に配置された永久磁石２０９Ｂは、第２の発電素子２０５Ｂのヨーク２０８Ｂに吸着する。

【０１２０】

次に、図４Ｃに示すように、加振部２０３が下方向に振動すると、発電部２００および振動板２０１は加振部２０３の振動に伴い下方向に移動する。一方、振動板２０１に取り付けられた錘２０２は慣性により静止を続けようとする。第２の発電素子２０５Ｂのヨーク２０８Ｂと永久磁石２０９Ｂは吸着しているので、第２の発電素子２０５Ｂは上方向に湾曲する。この湾曲に伴う第２の発電素子２０５Ｂのたわみに比例した復元力が永久磁石２０９Ｂの吸着力以上になると、図４Ｃに示すように、永久磁石２０９Ｂの吸着が突発的に外れ、第２の発電素子２０５Ｂに振動が励振される。

【０１２１】

また、発電部２００は、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂを有する音叉形状をしているので、振動を与えていない第１の発電素子２０５Ａには音叉振動、つまり、第２の発電素子２０５Ｂの振動と逆位相かつ同一周波数の振動が生じる。このときの振動の周波数は、一例として１００～１ｋＨｚである。

【０１２２】

第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂのそれぞれは、上記振動により、曲げ力Ｐを受ける。このとき、曲げ力Ｐの方向は、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂの軸方向に対して垂直の方向である。ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂは、それぞれ曲げ振動する。これにより、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂは、それぞれ共振する。このときの共振周波数は、一例として１００～１ｋＨｚである。

【０１２３】

また、上記振動によりヨーク２０８Ａまたはヨーク２０８Ｂに曲げ力Ｐが与えられると、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂは、曲げ変形される。具体的には、磁歪棒２０６

Ａおよび磁歪棒２０６Ｂは伸張し、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂの磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂと対向する部分はそれぞれ収縮する。また、ヨーク２０８Ａまたはヨーク２０８Ｂが上記した向きの曲げ力Ｐと逆向きの曲げ力Ｐを受けると、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂはそれぞれ収縮し、ヨーク１０８Ａおよびヨーク１０８Ｂの磁歪棒２０６Ａまたは磁歪棒２０６Ｂと対向する部分はそれぞれ伸張する。

【０１２４】

このように、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂが伸縮することにより、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂの磁化は逆磁歪効果により増加または減少する。これにより、コイル２０７Ａおよびコイル２０７Ｂを貫く磁束密度が変化する。この磁束密度の時間的変化により、コイル２０７Ａおよびコイル２０７Ｂに誘導電圧（または誘導電流）が発生し発電することができる。発電素子２００の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂは、振動が持続する期間、連続した発電を行うことができる。

【０１２５】

ここで、第１の発電素子２０５Ａには、第２の発電素子２０５Ｂの振動と逆位相かつ同一周波数の振動が発生するので、第１の発電素子２０５Ａの振動が第１の発電素子２０５Ａの一端、つまり、音叉形状の発電部２００の根元部分に及ぼす力と、第２の発電素子２０５Ｂの振動が第２の発電素子２０５Ｂの一端、つまり、発電部２００の根元部分に及ぼす力の向きとは逆方向となり相殺される。これにより、発電部２００の根元部分に第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの振動が吸収されにくくなり、音叉振動が長時間持続する。

【０１２６】

また、振動板２０１は、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂから等しい距離に配置されているので、振動板２０１の振動が第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの音叉振動に影響することはない。したがって、振動板２０１の振動の影響を与えることなく、振動板２０１により第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂに音叉振動を励振することができる。

【０１２７】

また、発電部２００に生じる音叉振動は、加振部２０３が発電部２００に与える振動よりも高周波となる。したがって、加振部２０３で発生する低周波振動を、発電部２００において高周波振動に変換することができる。

【０１２８】

なお、上記した発電装置２０では、加振部２０３の振動により永久磁石２０９Ｂとヨーク２０８Ｂとが吸脱着する場合について説明したが、加振部２０３の振動により、永久磁石Ａとヨーク２０８Ａとが吸脱着する場合も、上記した動作と同様の動作となり、同様の効果が得られる。

【０１２９】

次に、本実施の形態に係る発電装置の発電量について説明するために、音叉形状を有する発電装置の発電量の確認実験について説明する。

【０１３０】

図５は、本実験に使用した発電装置の構成を示す写真である。図６は、本実験に使用した発電素子を配置した測定装置の写真である。図７Ａは、図５に示した発電装置の構成を示す概略図である。図７Ｂおよび図７Ｃは、本実験における発電装置の動作を示す図である。

【０１３１】

図５および図７Ａに示す発電装置は、図４Ａに示した発電装置２０において錘２０２の配置を省略した構成である。つまり、発電部２００は、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂにより構成されている。また、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂは一体に形成され、音叉形状を有している。また、図７Ａから図７Ｃは、本実験に係る発電装置を一方向から見た上面図であるが、発電部２００の構成の理解を容易にするために、図７Ａから図７Ｃにおいて、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂと、コイル２０７

Ａおよびコイル２０７Ｂは、断面図で示している。

【０１３２】

実験装置は、図６に示すように、発電部２００を固定するジグと、レーザ変位計（Ｌａｓｅｒ ｄｉｓｐｌａｃｅｍｅｎｔ ｓｅｎｓｏｒ）２１０とを備えている。レーザ変位計２１０は、出力したレーザ光を第１の発電素子２０５Ａのヨーク２０８Ａまたは第２の発電素子２０５Ｂのヨーク２０８Ｂに照射し、その反射光から第１の発電素子２０５Ａまたは第２の発電素子２０５Ｂの変位を計測する。なお、図６において、Ｈａｒｖｅｓｔｅｒ１は第１の発電素子２０５Ａ、Ｈａｒｖｅｓｔｅｒ２は第２の発電素子２０５Ｂである。

【０１３３】

本実験では、発電部２００をジグ（加振部２０３）に固定し、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂのヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂの先端付近の変位をレーザ変位計２１０で計測し、コイル２０７Ａおよびコイル２０７Ｂに発生する電圧を電圧プローブ（入力インピーダンス：１ＭΩ）にて測定した。なお、本実験においては、加振部２０３は振動させず、振動板２０１に力を加えることにより、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂに振動を与え、発生する電圧を計測した。また、振動板２０１は第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの励振のために利用されるもので、第１の発電素子２０５Ａに対向する面および第２の発電素子２０５Ｂに対向する面の両側に永久磁石２０９Ａおよび永久磁石２０９Ｂが貼付けてある。

【０１３４】

例えば、図７Ｂに示すように、振動板２０１を上方向にたわませ、永久磁石２０９Ａが第１の発電素子２０５Ａのヨーク２０８Ａに吸着すると、第１の発電素子２０５Ａは下方向に湾曲する。第１の発電素子２０５Ａが吸着した振動板２０１に下方向の力を加え、第１の発電素子２０５Ａをさらに湾曲させ、これに伴う第１の発電素子２０５Ａのたわみに比例した復元力が永久磁石２０９Ａの吸着力以上になると、図７Ｃに示すように、永久磁石２０９Ａの吸着が突発的に外れ、第１の発電素子２０５Ａに振動が励振される。

【０１３５】

また、発電部２００は、音叉形状を有しているので、振動を与えていない第２の発電素子２０５Ｂには音叉振動、つまり、第１の発電素子２０５Ａの振動と逆位相かつ同一周波数の振動が生じる。この時の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの振幅と発生した電圧を同時に測定した。

【０１３６】

また、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの両方を固定せず自由にした場合は、発電部２００には音叉振動が励振されるが、振動板２０１により振動が励振されない第２の発電素子２０５Ｂを固定すると、第１の発電素子２０５Ａの振動は片持ちの振動になる。そこで、第２の発電素子２０５Ｂを自由にした場合と固定した場合の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの振幅および発生する電圧を比較することで、音叉振動の有無による発電効果を比較検証した。

【０１３７】

はじめに、振動板２０１により第１の発電素子２０５Ａに振動を与えた場合であって、発電部２００に音叉振動が生じている場合と生じていない場合について説明する。

【０１３８】

図８Ａは、振動板２０１により第１の発電素子２０５Ａに振動を与えた場合であって、発電部２００に音叉振動が生じている場合の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの発電電圧の時間応答を示す図である。同図中において実線で示すＨａｒｖｅｓｔｅｒ１のグラフは、第１の発電素子２０５Ａによる発電電圧を示している。また、同図中において波線で示すＨａｒｖｅｓｔｅｒ２のグラフは、第２の発電素子２０５Ｂによる発電電圧を示している。

【０１３９】

第１の発電素子２０５Ａに振動を与えた場合、第２の発電素子２０５Ｂは、音叉振動に

より振動する。図８Ａに示すように、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂには、振動に対応した電圧が発生している。このときの第１の発電素子２０５Ａの振動周波数は、一例として４５４Ｈｚである。また、第２の発電素子２０５Ｂの振動周波数は、一例として４３０Ｈｚである。うねりの周波数は６０Ｈｚ程度である。また、第１の発電素子２０５Ａの発電電圧は、時間の経過とともに小さくなっている。第１の発電素子２０５Ａの発電電圧は、０．２ｓ程度発生している。

【０１４０】

図８Ｂは、図８Ａに示した発電電圧の時間応答の計測と同時に計測した第１の発電素子２０５Ａの振幅の時間応答を示す図である。

【０１４１】

図８Ｂに示すように、第１の発電素子２０５Ａの振幅は、一例として初期変位が０．４１５ｍｍであり、時間の経過とともに減衰している。第１の発電素子２０５Ａの振動は、０．２ｓ程度持続している。

【０１４２】

図９Ａは、振動板２０１により第１の発電素子２０５Ａに振動を与えた場合であって、発電部２００に音叉振動が生じていない場合の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの発電電圧の時間応答を示す図である。同図中において実線で示すＨａｒｖｅｓｔｅｒ１のグラフは、第１の発電素子２０５Ａによる発電電圧を示している。また、同図中において波線で示すＨａｒｖｅｓｔｅｒ２のグラフは、第２の発電素子２０５Ｂによる発電電圧を示している。

【０１４３】

第１の発電素子２０５Ａを励振した場合、図９Ａに示すように、第１の発電素子２０５Ａには振動に対応した電圧が発生している。このときの第１の発電素子２０５Ａの振動周波数は、一例として４７０Ｈｚである。第２の発電素子２０５Ｂは固定しているので、発電電圧はほとんど発生していない。また、第１の発電素子２０５Ａの発電電圧は、時間の経過とともに小さくなっている。第１の発電素子２０５Ａの発電電圧は、０．０８ｓ程度発生している。

【０１４４】

図９Ｂは、図９Ａに示した発電電圧の時間応答の計測と同時に計測した第１の発電素子２０５Ａの振幅の時間応答を示す図である。

【０１４５】

第１の発電素子２０５Ａの振幅は、一例として初期変位が０．４２ｍｍであり、時間の経過とともに減衰している。第１の発電素子２０５Ａの振動は、０．０８ｓ程度持続している。

【０１４６】

図８Ａと図９Ａ、図８Ｂと図９Ｂをそれぞれ比較すると、図８Ａに示す音叉振動を発生させた場合のほうが図９Ａに示す音叉振動を発生させない場合よりも発生電圧が大きいことがわかる。また、音叉振動を発生させた第１の発電素子２０５Ａにおいて振動が持続することがわかる。具体的には、音叉振動を発生させない場合、第１の発電素子２０５Ａの振動は０．０８ｓ程度で終了するのに対し、音叉振動を発生させた場合、第１の発電素子２０５Ａの振動は音叉振動を発生させない場合の２倍以上の時間０．２ｓ程度も持続する。さらに、音叉振動を発生させた場合、第２の発電素子２０５Ｂも第１の発電素子２０５Ａと同程度の振幅で電圧が発生しており、同様に振動が持続する。

【０１４７】

図１０Ａおよび図１０Ｂは、それぞれ図８Ａおよび図８Ｂの一部を拡大した図である。図１１Ａおよび図１１Ｂは、それぞれ図９Ａおよび図９Ｂの一部を拡大した図である。

【０１４８】

図１０Ａと図１１Ａより、第２の発電素子２０５Ｂによる発電電圧は、第１の発電素子２０５Ａによる発電電圧とほぼ逆位相であり、ほぼ同一の周波数で発生している。したがって、第２の発電素子２０５Ｂは、第１の発電素子２０５Ａの振動による音叉振動を励振

し、第１の発電素子２０５Ａの振動と逆位相かつほぼ同一の周波数で振動が発生していることがわかる。

【０１４９】

また、図１０Ｂと図１１Ｂより、振動を与えた第１の発電素子２０５Ａの振幅は、音叉振動を発生している場合もしていない場合も、ほぼ同一であることがわかる。

【０１５０】

次に、振動板２０１により反対側の第２の発電素子２０５Ａに振動を与えた場合であって、発電部２００に音叉振動が生じている場合について説明する。

【０１５１】

図１２Ａは、振動板２０１により第２の発電素子２０５Ｂに振動を与えた場合であって、発電部２００に音叉振動が生じている場合の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの発電電圧の時間応答を示す図である。同図中において実線で示すＨａｒｖｅｓｔｅｒ１のグラフは、第１の発電素子２０５Ａによる発電電圧を示している。また、同図中において波線で示すＨａｒｖｅｓｔｅｒ２のグラフは、第２の発電素子２０５Ｂによる発電電圧を示している。

【０１５２】

第２の発電素子２０５Ｂに振動を与えた場合、第１の発電素子２０５Ａは、音叉振動により振動する。図１２Ａに示すように、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂには振動に対応した電圧が発生している。このときの第２の発電素子２０５Ｂの振動周波数は、一例として４５８Ｈｚである。また、第１の発電素子２０５Ａの振動周波数は、一例として４０３Ｈｚである。うねりの周波数は７８Ｈｚ程度である。また、第２の発電素子２０５Ｂの発電電圧は、時間の経過とともに小さくなっている。第１の発電素子２０５Ａの発電電圧は、０．２ｓ程度発生している。

【０１５３】

図１２Ｂは、図１２Ａに示した発電電圧の時間応答の計測と同時に計測した第２の発電素子２０５Ｂの振幅の時間応答を示す図である。

【０１５４】

図１２Ｂに示すように、第２の発電素子２０５Ｂの振幅は、一例として初期変位が０．５５ｍｍであり、時間の経過とともに減衰している。第１の発電素子２０５Ａの振動は、０．１７ｓ程度持続している。

【０１５５】

図１３Ａは、振動板２０１により第２の発電素子２０５Ｂに振動を与えた場合であって、発電部２００に音叉振動が生じていない場合の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの発電電圧の時間応答を示す図である。同図中において実線で示すＨａｒｖｅｓｔｅｒ１のグラフは、第１の発電素子２０５Ａによる発電電圧を示している。また、同図中において波線で示すＨａｒｖｅｓｔｅｒ２のグラフは、第２の発電素子２０５Ｂによる発電電圧を示している。

【０１５６】

第２の発電素子２０５Ｂに振動を与えた場合、図１３Ａに示すように、第２の発電素子２０５Ｂには振動に対応した電圧が発生している。このときの第２の発電素子２０５Ｂの振動周波数は、一例として４９０Ｈｚである。第１の発電素子２０５Ａは固定しているので、発電電圧はほとんど発生していない。また、第２の発電素子２０５Ｂの発電電圧は、時間の経過とともに小さくなっている。第２の発電素子２０５Ｂの発電電圧は、０．０７ｓ程度発生している。

【０１５７】

図１３Ｂは、図１３Ａに示した発電電圧の時間応答の計測と同時に計測した第２の発電素子２０５Ｂの振幅の時間応答を示す図である。

【０１５８】

第２の発電素子２０５Ｂの振幅は、一例として初期変位が０．５５ｍｍであり、時間の経過とともに減衰している。第２の発電素子２０５Ｂの振動は、０．０７ｓ程度持続して

いる。

【０１５９】

図１２Ａと図１３Ａ、図１２Ｂと図１３Ｂをそれぞれ比較すると、図１２Ａに示す音叉振動を発生させた場合のほうが図１３Ａに示す音叉振動を発生させない場合よりも発生電圧が大きいことがわかる。また、音叉振動を発生させた第２の発電素子２０５Ｂにおいて振動が持続することがわかる。また、音叉振動を発生させない場合、第２の発電素子２０５Ｂの振動は０．０７ｓ程度で終了するのに対し、音叉振動を発生させた場合、第２の発電素子２０５Ｂの振動は音叉振動を発生させない場合の２倍以上の時間０．１７ｓ程度も持続する。さらに、音叉振動を発生させた場合、第１の発電素子２０５Ａも第２の発電素子２０５Ｂと同程度の振幅で電圧が発生しており、同様に振動が持続する。

【０１６０】

図１４Ａおよび図１４Ｂは、それぞれ図１２Ａおよび図１２Ｂの一部を拡大した図である。図１５Ａおよび図１５Ｂは、それぞれ図１３Ａおよび図１３Ｂの一部を拡大した図である。

【０１６１】

図１４Ａと図１５Ａより、第１の発電素子２０５Ａによる発電電圧は、第２の発電素子２０５Ｂによる発電電圧とほぼ逆位相であり、ほぼ同一の周波数で発生している。したがって、第１の発電素子２０５Ａは、第２の発電素子２０５Ｂの振動による音叉振動を励振し、第１の発電素子２０５Ｂの振動と逆位相かつほぼ同一の周波数で振動が発生していることがわかる。

【０１６２】

また、図１４Ｂと図１５Ｂより、振動を与えた第１の発電素子２０５Ａの振幅は、音叉振動を発生している場合もしていない場合も、ほぼ同一であることがわかる。

【０１６３】

また、図１４Ａに示すように、音叉振動を発生させた場合には、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの発電電圧、第２の発電素子２０５Ｂの振幅にうねりが大きく見られた。また、図１４Ｂと図１５Ｂより、振動開始時においては、音叉振動を発生させない場合の単調な減衰よりも、音叉振動を発生させた場合のほうが振幅の減衰率が大きかった。なお、うねりは第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂそれぞれの曲げ一次共振周波数の差異で生じるものであると考えられ、音叉振動を有効に使って発電するためにはなるべくこの差異を小さくする必要があると思われる。

【０１６４】

以上の結果から、音叉形状を有する発電部２００の構成により固定端、つまり、発電部２００の根元部分において、振動の減衰を大幅に減少することができるので、振動が長く持続しかつ２個の発電部から同程度の電力が取り出せる。したがって、大幅な発電量および効率の向上ができることが実証された。今回の結果は小型の発電素子のものであり、大型の場合でも同様の原理が適用できる。

【０１６５】

以上、本実施の形態に係る発電装置２０によれば、第１の発電素子２０５Ａの振動が発電部２００の根元部分に及ぼす力と、第２の発電素子２０５Ｂの振動が発電部２００の根元部分に及ぼす力の向きとは逆方向となり相殺される。これにより、発電部２００の根元部分に第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの振動が吸収されにくくなり、音叉振動が長時間持続する。したがって、発電量を増加することができる。

【０１６６】

また、発電部２００の根元部分の耐性は強くなり、発電部２００は壊れにくくなるので、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂに大きな曲げや衝撃を加えることができる。これにより、発電量を多くすることができる。

【０１６７】

また、振動板２０１は、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂから等しい距離に配置されているので、振動板２０１の振動が第１の発電素子２０５Ａおよび第

２の発電素子２０５Ｂの音叉振動に影響することはない。したがって、振動板２０１の振動の影響を与えることなく、振動板２０１により第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂに音叉振動を励振することができる。

【０１６８】

また、発電部２００に生じる音叉振動は、加振部２０３が発電部２００に与える振動よりも高周波となるため、加振部２０３で発生する低周波振動を、発電部２００において高周波振動に変換することができる。これにより、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂでの単位時間当たりの振動回数が増加するため、効率よく発電することができる。

【０１６９】

なお、上記した発電装置２０では、加振部２０３の振動により永久磁石２０９Ｂとヨーク２０８Ｂとが吸脱着する場合について説明したが、加振部２０３の振動により、永久磁石Ａとヨーク２０８Ａとが吸脱着する場合も、上記した動作と同様の動作となり、同様の効果が得られる。

【０１７０】

また、振動板２０１は、永久磁石２０９Ａおよび永久磁石２０９Ｂの両方を備える構成であってもよいし、永久磁石２０９Ａおよび永久磁石２０９Ｂの少なくともいずれかを備える構成であってもよい。また、永久磁石２０９Ａおよび永久磁石２０９Ｂのいずれも備えない構成であってもよい。この場合、振動板２０１を第１の発電素子２０５Ａまたは第２の発電素子２０５Ｂに直接接触することにより振動を与えることができる。

【０１７１】

また、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂを形成する磁歪材料は、Ｇａｌｆｅｎｏｌに限らずその他の材料であってもよい。Ｇａｌｆｅｎｏｌを用いた場合には、応力を加えることによるＧａｌｆｅｎｏｌの内部磁化の変化は、飽和磁束密度が１Ｔ程度まで変化するので、発電装置１０における発電量を上げることができる。

【０１７２】

Ｇａｌｆｅｎｏｌ以外の磁歪材料としては、例えば、鉄コバルト合金であるパーメンジュールであってもよい。

【０１７３】

また、ヨーク２０８Ａおよび磁歪棒２０８Ｂに与えられる曲げ力Ｐの方向は、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂの軸方向に対して垂直の方向で、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂの一方が伸張し他方が収縮するのであれば、どのような向きに与えられてもよい。

【０１７４】

また、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂの形状は、直方体の棒状の形状に限らず、例えば円柱状の棒状の形状や、その他の形状であってもよい。

【０１７５】

（実施の形態２の変形例１）

次に、実施の形態２の変形例１について説明する。

【０１７６】

図１６Ａは、本変形例に係る発電装置の構成を示す概略図である。図１６Ｂおよび図１６Ｃは、図１６Ａに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【０１７７】

本変形例に係る発電装置２１が実施の形態２に係る発電装置２０と異なる点は、発電装置２１が錘２０２を備える代わりに、錘としての機能とスイッチとしての機能を兼ね備えたスイッチ部２１２を備える点である。

【０１７８】

図１６Ａに示すように、発電装置２１は、第１の発電素子２０５Ａと第２の発電素子２０５Ｂとで構成される発電部２００と、振動板２０１と、スイッチ部２１２と、加振部２０３とを備えている。

【０１７９】
第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの構成は、図１に示した発電素子９００Ｂと同様、１つの磁歪棒の変形により発電が行われる構成である。つまり、第１の発電素子２０５Ａは、磁歪棒２０６Ａと、コイル２０７Ａと、磁歪棒２０６Ａの両端を支持するヨーク２０８Ａとを備えている。同様に、第２の発電素子２０５Ｂは、磁歪棒２０６Ｂと、コイル２０７Ｂと、磁歪棒２０６Ｂの両端を支持するヨーク２０８Ｂとを備えている。なお、図１６Ａから図１６Ｃは、発電装置２１を一方向から見た上面図であるが、発電部２００の構成の理解を容易にするために、図１６Ａから図１６Ｃにおいて、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂと、コイル２０７Ａおよびコイル２０７Ｂは、断面図で示している。

【０１８０】
発電部２００は、線対称の形状を有している。具体的には、いわゆる音叉形状をしている。すなわち、発電部２００において、第１の発電素子２０５Ａの磁歪棒２０６Ａと第２の発電素子２０５Ｂの磁歪棒２０６Ｂとは平行に配置され、第１の発電素子２０５Ａのヨーク２０８Ａの一端と第２の発電素子２０５Ｂのヨーク２０８Ｂの一端とが一体となるように形成されている。また、第１の発電素子２０５Ａのヨーク２０８Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂのヨーク２０８Ｂの他端側の長さは、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂの一端側の長さに比べると長くなっている。

【０１８１】
振動板２０１は、例えば、バネ性を有する磁性ステンレスで構成された板状の形状を有している。振動板２０１は、発電部２００の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの間の第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂから等しい距離に配置されている。振動板２０１の一端は、発電部２００の根元部分に配置されるように、発電部２００と一体に形成されている。つまり、第１の発電素子２０５Ａの一端と、第２の発電素子２０５Ｂの一端と、振動板２０１の一端とは、発電部２００の根元部分において一体に形成されている。振動板２０１の他端には、錘としての機能とスイッチとしての機能を兼ね備えたスイッチ部２１２が配置されている。

【０１８２】
また、振動板２０１は、第１の発電素子２０５Ａと対向する面に永久磁石２１９を備えている。永久磁石２１９は、磁性材料で構成されたヨーク２０８Ａと磁力により吸着することができ、永久磁石２０９の吸脱着により第１の発電素子２０５Ａに振動を与えることができる。

【０１８３】
なお、振動板２０１は、第１の発電素子２０５Ａと対向する面に永久磁石２１９を備える構成であってもよいし、第１の発電素子２０５Ａと対向する面および第２の発電素子２０５Ｂと対向する面の両方に永久磁石２１９を備える構成であってもよい。また、永久磁石２０９Ａおよび永久磁石２０９Ｂのいずれも備えない構成であってもよい。この場合、振動板２０１を第１の発電素子２０５Ａまたは第２の発電素子２０５Ｂに直接接触することにより振動を与えることができる。

【０１８４】
加振部２０３は、発電部２００の根元部分、つまり、ヨーク２０８Ａの一端とヨーク２０８Ｂの一端とが一体に形成されている部分に配置されている。加振部２０３は、第１の発電素子２０５Ａの磁歪棒２０６Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの磁歪棒２０６Ｂの軸方向と垂直な方向（図１６Ａにおける上下方向）の振動を発電部２００に与える。

【０１８５】
発電部２００および振動板２０１の形成方法は、実施の形態２に示した発電部２００および振動板２０１と同様であるため、説明を省略する。

【０１８６】
このような構成により、発電装置２１は以下のような動作により発電をすることができる。以下、発電装置２１の動作について説明する。

【０１８７】
図１６Ａに示した発電装置２１は、加振部２０３が静止している状態である。このとき、振動板２０１に配置された永久磁石２１９は、第１の発電素子２０５Ａのヨーク２０８Ａに吸着している。この状態から、図１６Ｃに示すように、スイッチ部２１２に、例えば指２１３で下方向の力を加える。第１の発電素子２０５Ａのヨーク２０８Ａと永久磁石２１９は吸着しているので、第１の発電素子２０５Ａは下方向に湾曲する。この湾曲に伴う第１の発電素子２０５Ａのたわみに比例した復元力が永久磁石２１９の吸着力以上になると、図１６Ｃに示すように、永久磁石２１９の吸着が突発的に外れ、第１の発電素子２０５Ａに振動が励振される。

【０１８８】
また、発電部２００は、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂを有する音叉形状をしているので、振動を与えていない第２の発電素子２０５Ｂには音叉振動、つまり、第１の発電素子２０５Ａの振動と逆位相かつ同一周波数の振動が生じる。

【０１８９】
これにより、実施の形態２に示した発電装置２０と同様、発電装置２１においても、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂのそれぞれは、振動が持続する期間、逆磁歪効果により発電をすることができる。

【０１９０】
以上、本変形例に係る発電装置２１によれば、加振部２０３が静止している場合であっても、振動板２１２により第２の発電素子２０５Ｂ（または、第１の発電素子２０５Ａ）に振動を与えることにより音叉振動を励起して発電することができる。

【０１９１】
また、本変形例に係る発電装置２１によれば、第１の発電素子２０５Ａの振動が発電部２００の根元部分に及ぼす力と、第２の発電素子２０５Ｂの振動が発電部２００の根元部分に及ぼす力の向きとは逆方向となり相殺される。これにより、発電部２００の根元部分に第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの振動が吸収されにくくなり、音叉振動が長時間持続する。したがって、発電量を増加することができる。

【０１９２】
また、発電部２００の根元部分の耐性は強くなり、発電部２００は壊れにくくなるので、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂに大きな曲げや衝撃を加えることができる。これにより、発電量を多くすることができる。

【０１９３】
また、振動板２０１は、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂから等しい距離に配置されているので、振動板２０１の振動が第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂの音叉振動に影響することはない。したがって、振動板２０１の振動の影響を与えることなく、振動板２０１により第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂに音叉振動を励振することができる。

【０１９４】
また、発電部２００に生じる音叉振動は、加振部２０３が発電部２００に与える振動よりも高周波となるため、加振部２０３で発生する低周波振動を、発電部２００において高周波振動に変換することができる。これにより、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂでの単位時間当たりの振動回数が増加するため、効率よく発電することができる。

【０１９５】
なお、上記した発電装置２１では、振動板２０１は、第１の発電素子２０５Ａと対向する面に永久磁石２１９を備えているが、第２の発電素子２０５Ｂと対向する面に永久磁石２１９を備えてもよい。また、振動板２０１は、第１の発電素子２０５Ａと対向する面および第２の発電素子２０５Ｂと対向する面の両方に永久磁石２１９を備える構成であってもよい。

【０１９６】

また、振動板２０１は、永久磁石２１９を備えない構成であってもよい。この場合、振動板２０１を第１の発電素子２０５Ａまたは第２の発電素子２０５Ｂに直接接触することにより振動を与えることができる。

【０１９７】

また、図１６Ｄは、本変形例に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。

【０１９８】

図１６Ｄに示すように、発電装置は、発電部２００と、振動板と錘の機能を兼ね備えた振動部２２０とを備え、発電部２００と振動部２２０とは一体に形成されている。つまり、発電部２００を構成するヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂと、振動板と、錘とが、レーザ加工、プレス、ワイヤーＥＤＭ等により、同一の材料から切り出されて一体に形成されている。振動部２２０は、発電部２００の周囲を囲むように配置されている。

【０１９９】

発電部２００の根元部分は、加振部２０３に接続され、加振部２０３の振動によって振動部２２０が振動し発電部２００に直接接触する。これにより、振動部２２０は発電部２００に振動を与えることができる。なお、振動部２２０は、第１の発電素子２０５Ａおよび第２の発電素子２０５Ｂと対向する面の少なくともいずれかに永久磁石を備える構成であってもよい。

【０２００】

このような構成とすることにより、図１６Ｄに示す発電装置においては、発電装置を構成する各部の接続部分が少なくなるため、振動を減衰させる要因となる機械損失を減少させることができる。これにより、振動を長時間持続させることができる。また、部品数が少なくなることから発電装置の組み立てが容易になり、生産性が向上するという利点がある。

【０２０１】

また、図１６Ｄに示すように、振動部２２０を発電部２００の周囲を取り囲む形状とすることにより、発電装置の小スペース化を図ることができる。

【０２０２】

また、図１６Ｅは、本変形例に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。

【０２０３】

図１６Ｅに示すように、発電装置は、発電部２００と、振動板と錘の機能を兼ね備えた振動部２３１とを備えている。つまり、発電部２００を構成するヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂと、振動板と、錘とが、レーザ加工、プレス、ワイヤーＥＤＭ等により、同一の材料から切り出されて一体に形成されている。

【０２０４】

また、振動部２３１のヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂと対向する面には、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂと磁気により吸着する永久磁石２３２Ａおよび永久磁石２３２Ｂがそれぞれ設けられている。

【０２０５】

また、ヨーク２０８Ａおよびヨーク２０８Ｂの根元部分２３０と、振動部２３１は、それぞれ異なる振動物に接続される。

【０２０６】

このような構成とすることにより、図１６Ｅに示す発電装置においては、２つの振動物の上下の相対的な位置の変化により、ヨーク２０８Ａまたはヨーク２０８Ｂに振動部２３１の永久磁石２３２Ａまたは永久磁石２３２Ｂが吸脱着し、発電装置の振動を励振することができる。これにより、異なる２つの振動物間に発電装置を配置する場合に、効率よく発電することができる。

【０２０７】

（実施の形態２の変形例２）

次に、実施の形態２の変形例２について説明する。

【０２０８】

図１７Ａ～図１７Ｄは、本変形例に係る発電装置の構成を示す概略図である。

【０２０９】

本変形例に係る発電装置が実施の形態２に係る発電装置２０と異なる点は、発電装置が複数の発電部および振動板を備え、さらに、各振動板に共通する１つの錘を備える点である。以下詳細に説明する。なお、発電部２００の構成は上記した実施の形態２に係る発電部２００と同様である。また、図１７Ａから図１７Ｃは、それぞれ発電装置２２、２３、２４を一方向から見た上面図であるが、発電部２００の構成の理解を容易にするために、図１７Ａから図１７Ｃにおいて、磁歪棒２０６Ａおよび磁歪棒２０６Ｂと、コイル２０７Ａおよびコイル２０７Ｂは、断面図で示している。

【０２１０】

図１７Ａに示すように、本変形例に係る発電装置２２は、実施の形態２に示した発電装置２０を並列に２つ備えた構成をしている。すなわち、発電装置２２は、２つの発電部２００と、２つの振動板２０１を備えている。２つの振動板２０１は、２つの振動板２０１に共通する錘２２２を備えている。

【０２１１】

この構成によれば、発電装置の個数を増加しているため、１回の発電における発電量を増加することができる。したがって、効率よく発電量を増加することができる。

【０２１２】

また、図１７Ｂに示すように、本変形例に係る発電装置２３は、実施の形態２に示した発電装置２０を並列に４つ備えた構成をしている。すなわち、発電装置２３は、４つの発電部２００と、４つの振動板２０１を備えている。４つの振動板２０１は、４つの振動板２０１に共通する錘２３２を備えている。

【０２１３】

この構成によれば、発電装置の個数をより増加しているため、１回の発電における発電量をより増加することができる。したがって、より効率よく発電量を増加することができる。

【０２１４】

なお、図１７Ｃは、２つの発電部２００のヨークを連結することで、２つの発電部２００を直列に配置した発電装置２４の構成を示している。２つの発電部２００の根元部分は、固定されていてもよいし、振動物に取り付けられてもよい。

【０２１５】

このような構成であっても、発電部２００の一方の発電素子に振動を与えることにより、他方の発電素子に音叉振動を励振して、効率よく発電することができる。

【０２１６】

また、図１７Ｄは、発電部２００Ａに一端が接続された振動板２０１Ａの他端に発電部２００Ｂが連結され、発電部２００Ｂに一端が接続された振動板２０１Ｂの他端に発電部２００Ｃが連結された発電装置２５の構成を示している。発電部２００Ａの根元部分は固定されていてもよいし、振動物に取り付けられてもよい。また、振動板２０１Ｃの他端は、固定されていてもよいし、振動物に取り付けられてもよい。また、振動板２０１Ｃの他端には、錘が取り付けられてもよい。このような構成とすることにより、発電装置の個数を増加しつつ、振動板に連結された発電部を錘として使用することができる。これにより、発電装置２５全体の長さが長くなるので、発電装置２５全体を大きく湾曲することができ、効率よく発電することができる。また、発電装置２５が湾曲したときに、連結された複数の発電部２００Ａ、２００Ｂ、２００Ｃにより同時に発電することができるので、１回の発電における発電量をより増加することができる。

【０２１７】

（実施の形態３）

なお、本発明に係る発電装置は、上記した実施の形態に示した発電装置に限らず、例えば次のような構成であってもよい。

【０２１８】

以下に、本発明に係る実施の形態３について説明する。

【０２１９】

本実施の形態に係る発電装置が実施の形態１に示した発電装置と異なる点は、第１の発電素子および第２の発電素子のヨークがＬ字形状に屈曲した形状をしており、かつ、ヨークの先端に錘が配置されている点である。以下、詳細に説明する。

【０２２０】

図１８Ａおよび図１８Ｂは、本実施の形態に係る発電装置の構成を示す概略図である。また、図１８Ｃは、図１８Ｂに示した発電装置の動作を説明するための図である。

【０２２１】

図１８Ａおよび図１８Ｂに示すように、発電装置３０は、第１の発電素子３０５Ａと第２の発電素子３０５Ｂとで構成される発電部３００と、錘３０２Ａおよび錘３０２Ｂと、加振部３０３とを備えている。

【０２２２】

第１の発電素子３０５Ａおよび第２の発電素子３０５Ｂの構成は、図１に示した発電素子９００Ｂと同様、１つの磁歪棒の変形により発電が行われる構成である。つまり、第１の発電素子３０５Ａは、磁歪棒３０６Ａと、コイル３０７Ａと、磁歪棒３０６Ａの両端を支持するヨーク３０８Ａとを備えている。同様に、第２の発電素子３０５Ｂは、磁歪棒３０６Ｂと、コイル３０７Ｂと、磁歪棒３０６Ｂの両端を支持するヨーク３０８Ｂとを備えている。

【０２２３】

ここで、第１の発電素子３０５Ａが図１に示した発電素子９００Ｂと異なる点は、ヨーク３０８Ａが、磁歪棒３０６Ａの軸方向に対してほぼ垂直方向に屈曲されたＬ字形状を有する点である。同様に、第２の発電素子３０５Ｂが図１に示した発電素子９００Ｂと異なる点は、ヨーク３０８Ｂが、磁歪棒３０６Ｂの軸方向に対してほぼ垂直方向に屈曲されたＬ字形状を有する点である。また、第１の発電素子３０５Ａのヨーク３０８Ａと、第２の発電素子３０５Ｂのヨーク３０８Ｂとは、互いに反対方向に屈曲されている。

【０２２４】

なお、図１８Ａから図１８Ｃは、発電装置３０を一方向から見た上面図であるが、発電部３００の構成の理解を容易にするために、図１８Ａから図１８Ｃにおいて、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂと、コイル３０７Ａおよびコイル３０７Ｂは、断面図で示している。

【０２２５】

発電部３００は、線対称の形状を有している。すなわち、発電部３００において、第１の発電素子３０５Ａの磁歪棒３０６Ａと第２の発電素子３０５Ｂの磁歪棒３０６Ｂとは平行に配置され、第１の発電素子３０５Ａのヨーク３０８Ａの一端と第２の発電素子３０５Ｂのヨーク３０８Ｂの一端とが一体となるように形成されている。また、第１の発電素子３０５Ａのヨーク３０８Ａの他端と第２の発電素子３０５Ｂのヨーク３０８Ｂの他端は、上記したように互いに異なる方向に屈曲したＬ字形状を有している。

【０２２６】

また、第１の発電素子３０５Ａのヨーク３０８Ａの他端には、慣性により加振部３０３の振動と異なる振動を生じる錘３０２Ａが配置されている。同様に、第２の発電素子３０５Ｂのヨーク３０８Ｂの他端には、慣性により加振部３０３の振動と異なる振動を生じる錘３０２Ｂが配置されている。

【０２２７】

加振部３０３は、発電部３００の根元部分、つまり、ヨーク１０８Ａの一端とヨーク１０８Ｂの一端とが一体に形成されている部分に配置されている。加振部３０３は、第１の発電素子３０５Ａの磁歪棒３０６Ａおよび第２の発電素子３０５Ｂの磁歪棒３０６Ｂの軸方向と平行な方向（図１８Ａにおける上下方向）の振動を発電部３００に与える。そして、Ｌ字形状を有するヨーク３０８Ａおよびヨーク３０８Ｂにより、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂの軸方向と平行な方向（図１８Ａにおける上下方向）の振動は、磁歪棒３

０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂの軸方向と垂直な方向（図１８Ａにおける左右方向）の振動に変換され、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂに与えられる。

【０２２８】

次に、発電装置３０の動作について説明する。

【０２２９】

図１８Ｂに示した発電装置３０は、加振部３０３が静止している状態である。この状態から、図１８Ｃに示すように、加振部３０３が上方向に振動すると、発電部３００は加振部３０３の振動に伴い上方向に移動する。一方、ヨーク３０８Ａおよびヨーク３０８Ｂに取り付けられた錘３０２Ａおよび錘３０２Ｂは慣性により静止を続けようとする。これにより、ヨーク３０８Ａおよびヨーク３０８ＢのＬ字形状に屈曲された部分は、下方向に湾曲する。

【０２３０】

ヨーク３０８ＡのＬ字形状に屈曲された部分が下方向に湾曲することにより、磁歪棒３０６Ａは磁歪棒３０６Ｂに近づく方向に湾曲される。同様に、ヨーク３０８ＢのＬ字形状に屈曲された部分が下方向に湾曲することにより、磁歪棒３０６Ｂは磁歪棒３０６Ａに近づく方向に湾曲される。

【０２３１】

つまり、Ｌ字形状を有するヨーク３０８Ａおよびヨーク３０８Ｂにより、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂの軸方向と平行な方向（図１８Ａにおける上下方向）の加振部３０３の振動は、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂの軸方向と垂直な方向（図１８Ａにおける左右方向）の振動に変換され、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂに与えられる。

【０２３２】

同様に、加振部３０３が下方向に振動すると、発電部３００は加振部３０３の振動に伴い下方向に移動する。一方、ヨーク３０８Ａおよびヨーク３０８Ｂに取り付けられた錘３０２Ａおよび錘３０２Ｂは慣性により静止を続けようとする。これにより、ヨーク３０８Ａおよびヨーク３０８ＢのＬ字形状に屈曲された部分は、上方向に湾曲する。

【０２３３】

ヨーク３０８ＡのＬ字形状に屈曲された部分が上方向に湾曲することにより、磁歪棒３０６Ａは磁歪棒３０６Ｂから離れる方向に湾曲される。同様に、ヨーク３０８ＢのＬ字形状に屈曲された部分が上方向に湾曲することにより、磁歪棒３０６Ｂは磁歪棒３０６Ａから離れる方向に湾曲される。

【０２３４】

つまり、Ｌ字形状を有するヨーク３０８Ａおよびヨーク３０８Ｂにより、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂの軸方向と平行な方向（図１８Ａにおける上下方向）の振動は、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂの軸方向と垂直な方向（図１８Ａにおける左右方向）の振動に変換され、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂに与えられる。

【０２３５】

また、第１の発電素子３０５Ａおよび第２の発電素子３０５Ｂは音叉形状をしているので、振動が与えられた直後は第１の発電素子３０５Ａおよび第２の発電素子３０５Ｂの振動が異なっていても、時間の経過とともに、第１の発電素子３０５Ａおよび第２の発電素子３０５Ｂに音叉振動が励振される。

【０２３６】

これにより、実施の形態１に示した発電装置１０と同様、発電装置３０においても、第１の発電素子３０５Ａおよび第２の発電素子３０５Ｂのそれぞれは、振動が持続する期間、逆磁歪効果により発電をすることができる。

【０２３７】

以上、本実施の形態に係る発電装置３０によれば、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂの軸方向と平行な方向（図１８Ａにおける上下方向）の振動は、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂの軸方向と垂直な方向（図１８Ａにおける左右方向）の振動に変換され、

磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂに与えられる。これにより、加振部３０３の振動方向が、磁歪棒３０６Ａおよび磁歪棒３０６Ｂと平行な方向であっても、効率よく発電をすることができる。

【０２３８】

また、本実施の形態に係る発電装置３１によれば、第１の発電素子３０５Ａの振動が発電部３００の根元部分に及ぼす力と、第２の発電素子３０５Ｂの振動が発電部３００の根元部分に及ぼす力の向きとは逆方向となり相殺される。これにより、発電部３００の根元部分に第１の発電素子３０５Ａおよび第２の発電素子３０５Ｂの振動が吸収されにくくなり、音叉振動が長時間持続する。したがって、発電量を増加することができる。

【０２３９】

また、発電部３００の根元部分の耐性は強くなり、発電部３００は壊れにくくなるので、第１の発電素子３０５Ａおよび第２の発電素子３０５Ｂに大きな曲げや衝撃を加えることができる。これにより、発電量を多くすることができる。

【０２４０】

また、発電部３００に生じる音叉振動は、加振部３０３が発電部３００に与える振動よりも高周波となるため、加振部３０３で発生する低周波振動を、発電部３００において高周波振動に変換することができる。これにより、第１の発電素子３０５Ａおよび第２の発電素子３０５Ｂでの単位時間当たりの振動回数が増加するため、効率よく発電することができる。

【０２４１】

また、図１８Ｄは、本実施の形態に係る発電装置の他の構成を示す概略図である。

【０２４２】

図１８Ｄに示す発電装置は、バネ３１１Ａおよびバネ３１１Ｂと、錘３１２Ａおよび錘３１２Ｂと、永久磁石３１３Ａおよび永久磁石３１３Ｂとを備える。

【０２４３】

バネ３１１Ａおよびバネ３１１Ｂは、それぞれ発電部３００の根元部分において、発電部３００のヨークと対向する位置に配置されている。また、錘３１２Ａおよび錘３１２Ｂは、それぞれバネ３１１Ａおよびバネ３１１Ｂに連結されている。また、永久磁石３１３Ａおよび永久磁石３１３Ｂは、それぞれ錘３１２Ａおよび錘３１２Ｂにおいて、発電部３００のヨークと対向する面に配置されている。

【０２４４】

このような構成により、加振部３０３が振動したときに、永久磁石３１３Ａおよび永久磁石３１３Ｂは発電部３００のヨークに磁気により吸脱着する。これにより、発電部３００に錘３１２Ａおよび錘３１２Ｂが配置されていない構成であっても、発電部３００に振動を与えて発電することができる。

【０２４５】

なお、上記した実施の形態では、第１の発電素子および第２の発電素子は、ヨークがＬ字形状に屈曲した形状を有しているとしたが、Ｌ字形状に限らず、その他の角度に屈曲した形状であってもよい。

【０２４６】

（実施の形態３の変形例）

次に、実施の形態３の変形例について説明する。

【０２４７】

図１９は、本変形例に係る発電装置の構成を示す概略図である。

【０２４８】

本変形例に係る発電装置３１が実施の形態３に係る発電装置３０と異なる点は、第１の発電素子および第２の発電素子が、立体交差するように配置されている点である。

【０２４９】

図１９に示すように、発電装置３１は、第１の発電素子３１５Ａと第２の発電素子３１５Ｂとで構成される発電部３１０と、錘３１２Ａおよび錘３１２Ｂと、加振部３０３とを

備えている。

【０２５０】

第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂの構成は、図１に示した発電素子９００Ｂと同様、１つの磁歪棒の変形により発電が行われる構成である。つまり、第１の発電素子３１５Ａは、磁歪棒３１６Ａと、コイル３１７Ａと、磁歪棒３１６Ａの両端を支持するヨーク３１８Ａとを備えている。同様に、第２の発電素子３１５Ｂは、磁歪棒３１６Ｂと、コイル３１７Ｂと、磁歪棒３１６Ｂの両端を支持するヨーク３１８Ｂとを備えている。

【０２５１】

ここで、第１の発電素子３１５Ａが図１に示した発電素子９００Ｂと異なる点は、ヨーク３１８Ａが、磁歪棒３１６Ａの軸方向と異なる方向に屈曲された形状を有する点である。同様に、第２の発電素子３１５Ｂが図１に示した発電素子９００Ｂと異なる点は、ヨーク３１８Ｂが、磁歪棒３１６Ｂの軸方向と異なる方向に屈曲された形状を有する点である。また、第１の発電素子３１５Ａと、第２の発電素子３１５Ｂとは、立体交差するように配置されている。

【０２５２】

なお、図１９は、発電装置３１を一方向から見た上面図であるが、発電部３１０の構成の理解を容易にするために、図１９において、磁歪棒３１６Ａおよび磁歪棒３１６Ｂと、コイル３１７Ａおよびコイル３１７Ｂは、断面図で示している。

【０２５３】

発電部３１０は、線対称の形状を有している。すなわち、発電部３１０において、第１の発電素子３１５Ａの磁歪棒３１６Ａと第２の発電素子３１５Ｂの磁歪棒３１６Ｂとは、線対称に配置され、第１の発電素子３１５Ａのヨーク３１８Ａの一端と第２の発電素子３１５Ｂのヨーク３１８Ｂの一端とが一体となるように形成されている。また、第１の発電素子３１５Ａのヨーク３１８Ａの他端と第２の発電素子３１５Ｂのヨーク３１８Ｂの他端は、上記したように互いに異なる方向に屈曲した形状を有している。

【０２５４】

また、第１の発電素子３１５Ａのヨーク３１８Ａの他端には、慣性により加振部３０３の振動と異なる振動を生じる錘３１２Ａが配置されている。同様に、第２の発電素子３１５Ｂのヨーク３１８Ｂの他端には、慣性により加振部３０３の振動と異なる振動を生じる錘３１２Ｂが配置されている。第１の発電素子３１５Ａと第２の発電素子３１５Ｂとは、線対称となるように配置されている。

【０２５５】

加振部３０３は、発電部３１０の根元部分、つまり、ヨーク３１８Ａの一端とヨーク３１８Ｂの一端とが一体に形成されている部分に配置されている。加振部３０３は、第１の発電素子３１５Ａの磁歪棒３１６Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂの磁歪棒３１６Ｂの軸方向と異なる方向（図１９における上下方向）の振動を発電部３１０に与える。そして、ヨーク３１８Ａおよびヨーク３１８Ｂにより、磁歪棒３１６Ａおよび磁歪棒３１６Ｂの軸方向と異なる方向（図１９における上下方向）の振動のうち、磁歪棒３１６Ａおよび磁歪棒３１６Ｂの軸方向と垂直な方向の振動成分が、磁歪棒３１６Ａおよび磁歪棒３１６Ｂに与えられる。

【０２５６】

また、第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂは線対称に配置されているので、振動が与えられた直後は第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂの振動が異なっていても、時間の経過とともに、第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂに音叉振動が励振される。

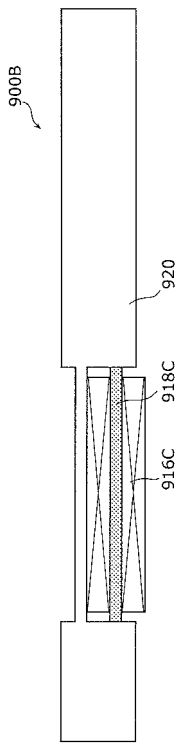
【０２５７】

これにより、実施の形態３に示した発電装置３０と同様、発電装置３１においても、第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂのそれぞれは、振動が持続する期間、逆磁歪効果により発電をすることができる。

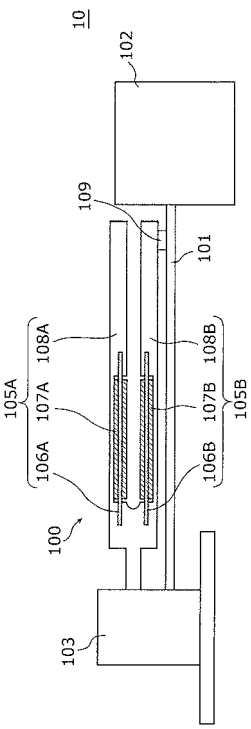
【０２５８】
また、発電装置の第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂが立体交差するように配置するので、立体交差しないように配置する場合に比べて、発電装置３１が配置されるスペースを小さくすることができる。
【０２５９】
以上、本変形例に係る発電装置３１によれば、磁歪棒３１６Ａおよび磁歪棒３１６Ｂの軸方向と異なる方向（図１９における上下方向）の振動は、磁歪棒３１６Ａおよび磁歪棒３１６Ｂの軸方向と垂直な方向の振動に変換され、磁歪棒３１６Ａおよび磁歪棒３１６Ｂに与えられる。これにより、加振部３０３の振動方向が、磁歪棒３１６Ａおよび磁歪棒３１６Ｂの軸方向垂直な方向と異なる方向であっても、効率よく発電をすることができる。
【０２６０】
また、本変形例に係る発電装置３１によれば、第１の発電素子３１５Ａの振動が発電部３１０の根元部分に及ぼす力と、第２の発電素子３１５Ｂの振動が発電部３１０の根元部分に及ぼす力の向きとは逆方向となり相殺される。これにより、発電部３１０の根元部分に第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂの振動が吸収されにくくなり、音叉振動が長時間持続する。したがって、発電量を増加することができる。
【０２６１】
また、発電部３１０の根元部分の耐性は強くなり、発電部３１０は壊れにくくなるので、第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂに大きな曲げや衝撃を加えることができる。これにより、発電量を多くすることができる。
【０２６２】
また、発電部３１０に生じる音叉振動は、加振部３０３が発電部３１０に与える振動よりも高周波となるため、加振部３０３で発生する低周波振動を、発電部３１０において高周波振動に変換することができる。これにより、第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂでの単位時間当たりの振動回数が増加するため、効率よく発電することができる。
【０２６３】
また、発電装置の第１の発電素子３１５Ａおよび第２の発電素子３１５Ｂが立体交差するように配置するので、立体交差しないように配置する場合に比べて、発電装置３１が配置されるスペースを小さくすることができる。
【０２６４】
なお、本発明は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変形を行ってもよい。
【０２６５】
例えば、上記した実施の形態では、線対称に配置された第１の発電素子と第２の発電素子とを備えた発電装置について説明したが、発電素子の数は２つに限らず、線対称の配置であれば、複数個（ただし、偶数個）備えていてもよい。このような構成とすることにより、発電装置は、さらに磁歪棒およびコイルを備えるので、発電量をより多くすることができる。
【０２６６】
また、上記した実施の形態では、第１の発電素子および第２の発電素子は、ヨークがＬ字形状に屈曲した形状を有しているとしたが、線対称の配置であれば、Ｌ字形状に限らず、その他の角度に屈曲した形状であってもよい。
【０２６７】
また、加振部は、振動を発生する振動装置であってもよいし、例えば、自動車の車体、橋梁など振動するものであればどのようなものであってもよい。
【０２６８】
また、上記した実施の形態では、磁歪棒を構成する磁歪材料の一例としてＧａｌｆｅｎｏｌについて説明したが、磁歪材料はＧａｌｆｅｎｏｌに限らずその他の材料であってもよい。例えば、鉄コバルト合金であるパーメンジュールであってもよい。

【０２６９】
　また、磁歪棒の形状は、上記した実施の形態では直方体の棒状の形状に限らず、例えば円柱状の棒状の形状であってもよいし、その他の形状であってもよい。また、磁歪棒の大きさは、上記した例に限らず変更してもよい。
【０２７０】
　また、上記した発電素子は、バックヨークを備えない構成の発電素子を例として説明したが、バックヨークを備える発電素子としてもよい。
【０２７１】
　また、本発明に係る発電装置には、上記実施の形態における任意の構成要素を組み合わせて実現される別の実施の形態や、実施の形態に対して本発明の主旨を逸脱しない範囲で当業者が思いつく各種変形を施して得られる変形例や、本発明に係る発電装置を備えた各種機器等、例えば、携帯電話機や音楽プレーヤーなどの携帯電子機器、体内センサ、超小型電力供給装置等も本発明に含まれる。
【産業上の利用可能性】
【０２７２】
　本発明は、振動が発生する機器等、特に、日常的に振動が発生する携帯電話機や音楽プレーヤー等の電子装置に搭載される発電装置として有用である。
【符号の説明】
【０２７３】
　１０、１１、２０、２１、２２、２３、２４、２５、３０、３１　発電装置
　１００、２００、２００Ａ、２００Ｂ、２００Ｃ、３００、３１０　発電部
　１０１、２０１、２０１Ａ、２０１Ｂ、２０１Ｃ　振動板
　１０３、２０３、３０３　加振部
　１０５Ａ、２０５Ａ、３０５Ａ、３１５Ａ　第１の発電素子
　１０５Ｂ、２０５Ｂ、３０５Ｂ、３１５Ｂ　第２の発電素子
　１０６Ａ、１０６Ｂ、２０６Ａ、２０６Ｂ、３０６Ａ、３０６Ｂ、３１６Ａ、３１６Ｂ　磁歪棒
　１０７Ａ、１０７Ｂ、２０７Ａ、２０７Ｂ、３０７Ａ、３０７Ｂ、３１７Ａ、３１７Ｂ　コイル
　１０８Ａ、１０８Ｂ、２０８Ａ、２０８Ｂ、３０８Ａ、３０８Ｂ、３１８Ａ、３１８Ｂ　ヨーク
　１０９、２０９Ａ、２０９Ｂ、２１９、２３２Ａ、２３２Ｂ、３１３Ａ、３１３Ｂ　永久磁石
　１０２、２０２、２２２、２３２、３０２Ａ、３０２Ｂ、３１２Ａ、３１２Ｂ　錘
　１１０、２１２　スイッチ部
　１２０、２２０、２３１　振動部
　２３０　根元部分
　９００Ｂ　発電素子
　９１６Ｃ　コイル
　９１８Ｃ　磁歪棒
　９２０　ヨーク

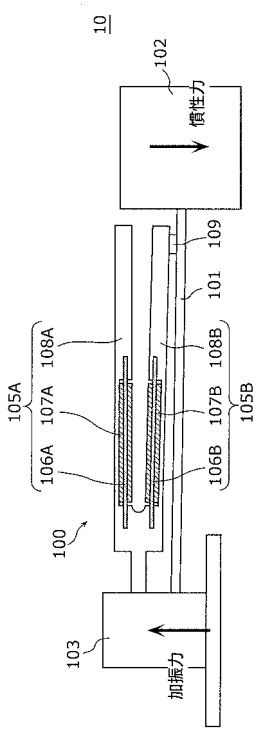
【図１】



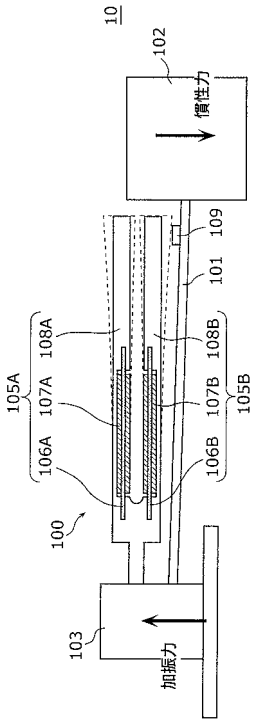
【図２Ａ】



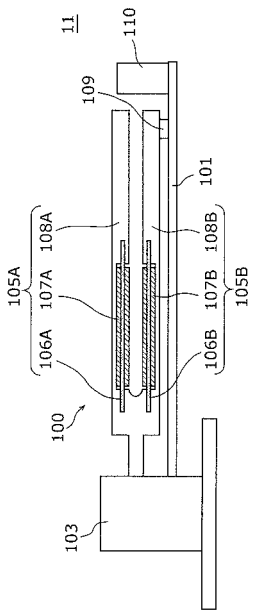
【図２Ｂ】



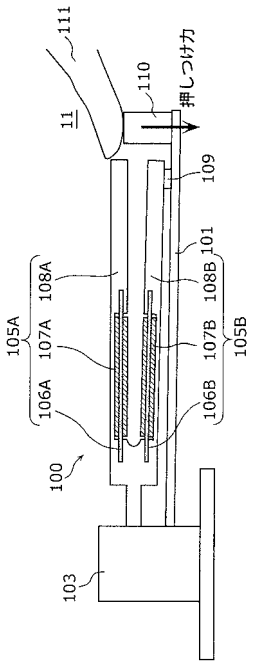
【図２Ｃ】



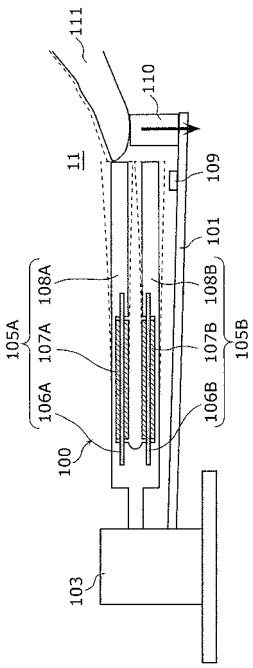
【図３Ａ】



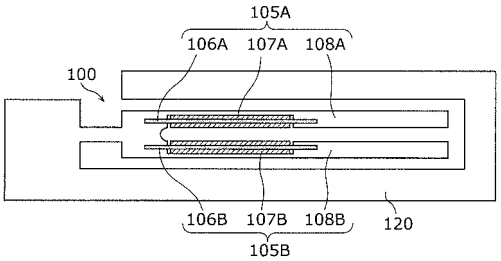
【図３Ｂ】



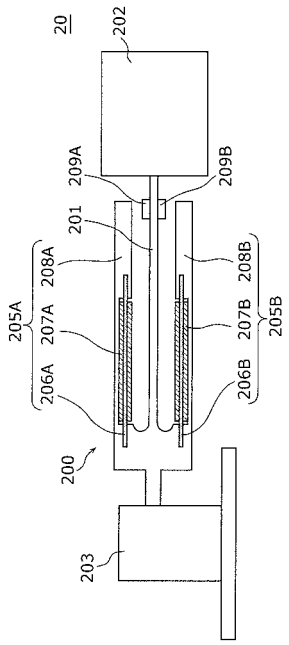
【図３Ｃ】



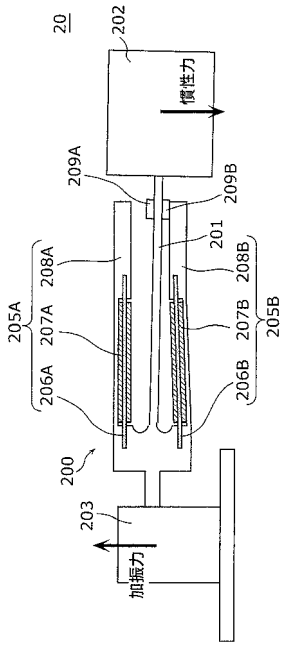
【図３Ｄ】



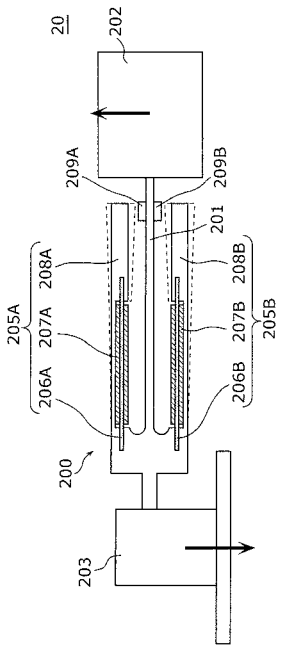
【図４Ａ】



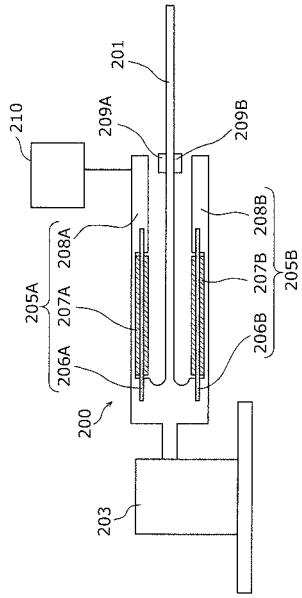
【図４Ｂ】



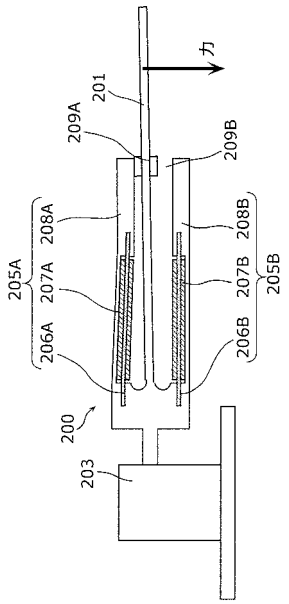
【図４Ｃ】



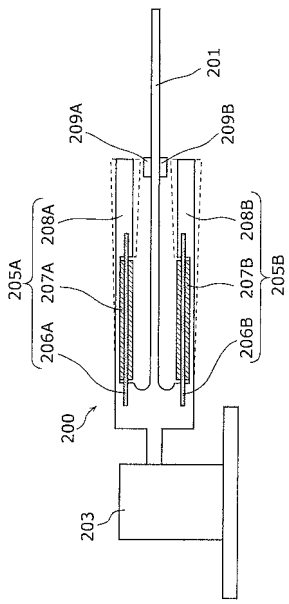
【図７Ａ】



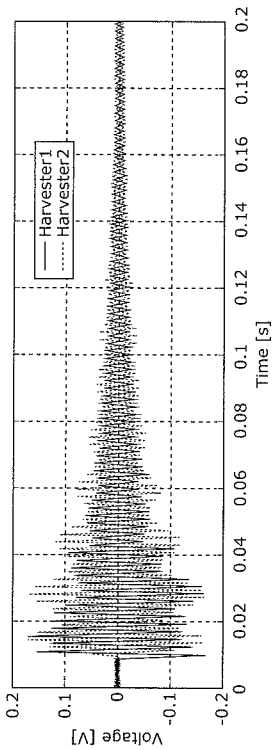
【図７Ｂ】



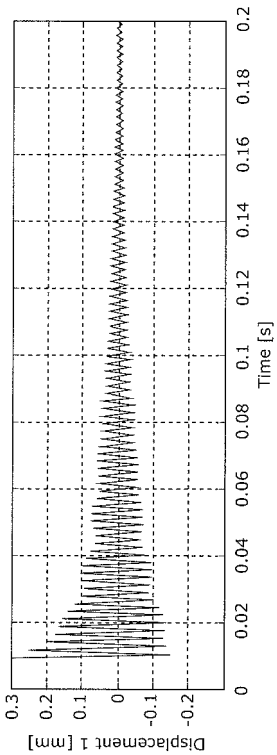
【図７Ｃ】



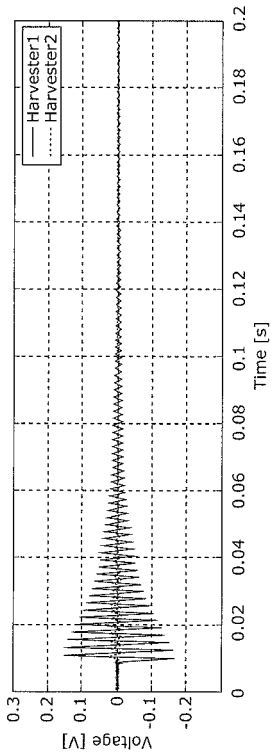
【図８Ａ】



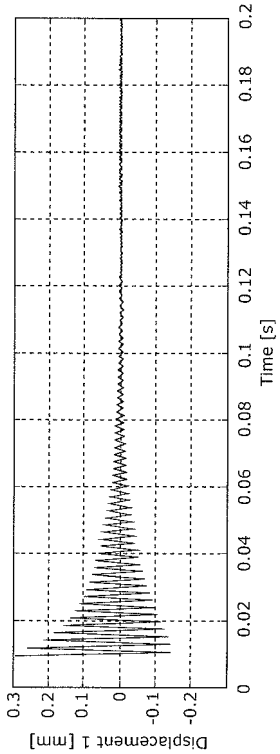
【図８Ｂ】



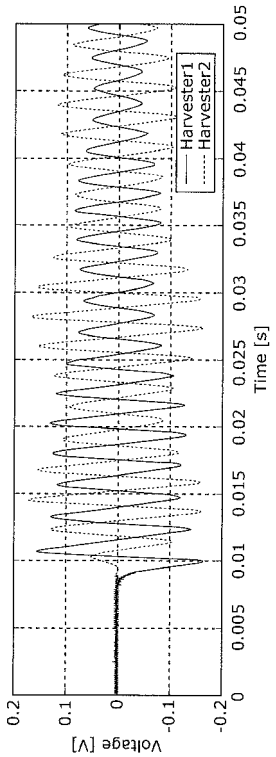
【図９Ａ】



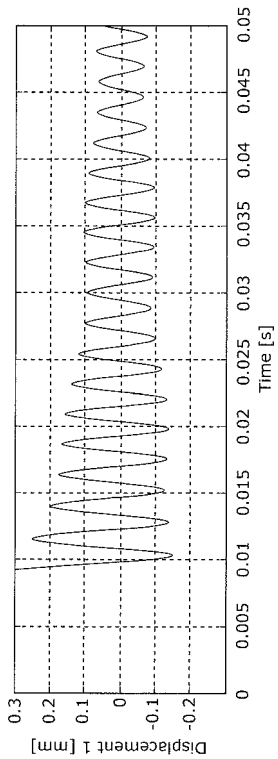
【図９Ｂ】



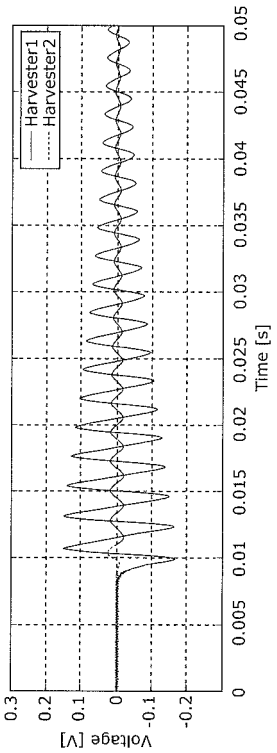
【図１０Ａ】



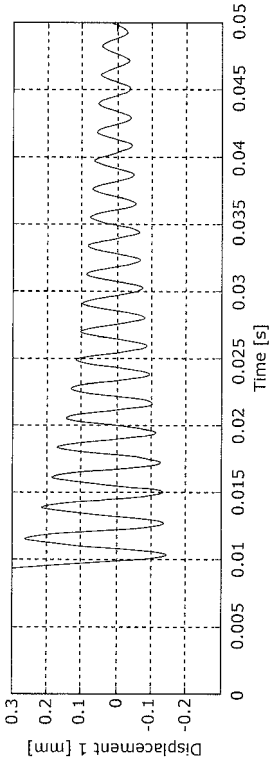
【図１０Ｂ】



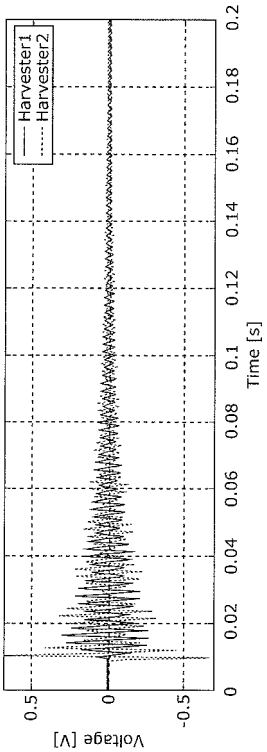
【図１１Ａ】



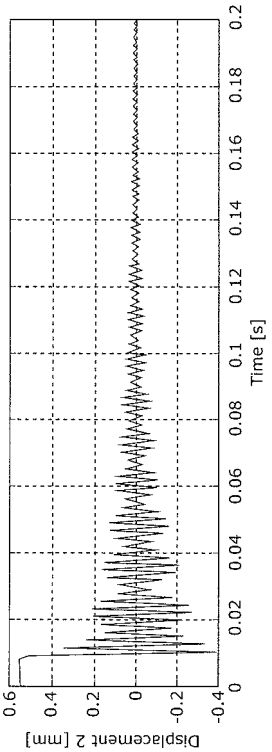
【図１１Ｂ】



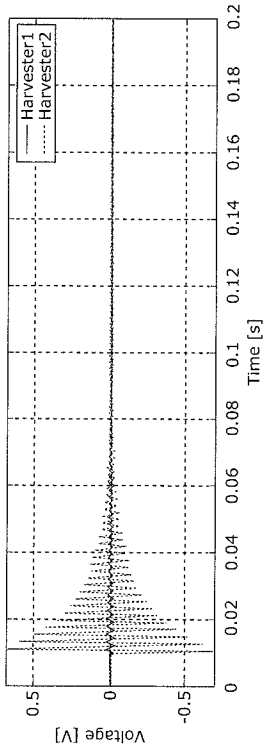
【図１２Ａ】



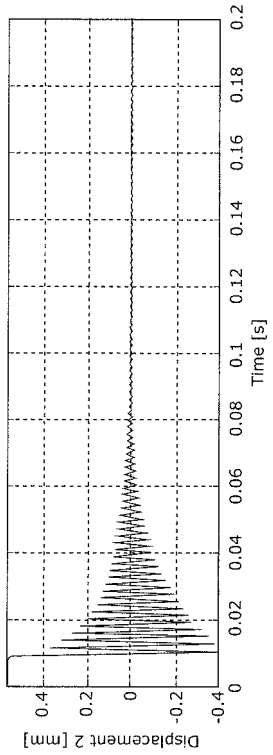
【図１２Ｂ】



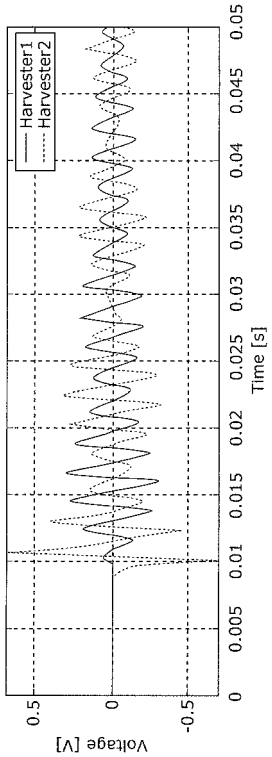
【図１３Ａ】



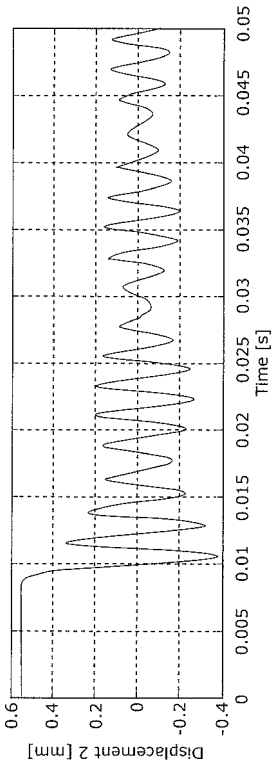
【図１３Ｂ】



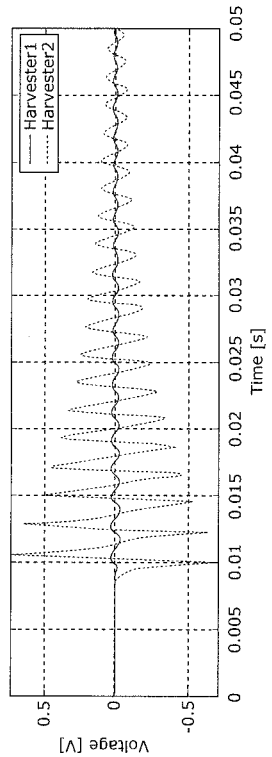
【図１４Ａ】



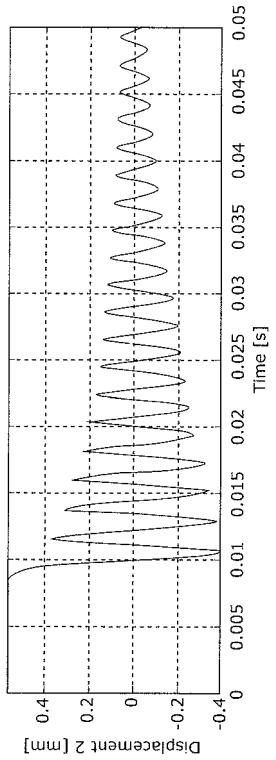
【図１４Ｂ】



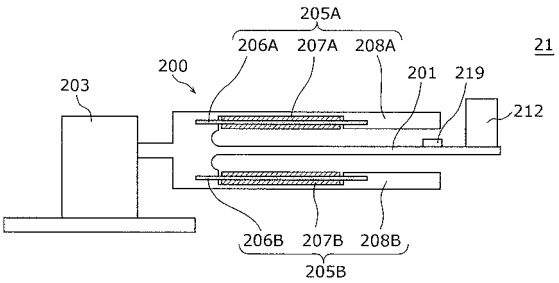
【図１５Ａ】



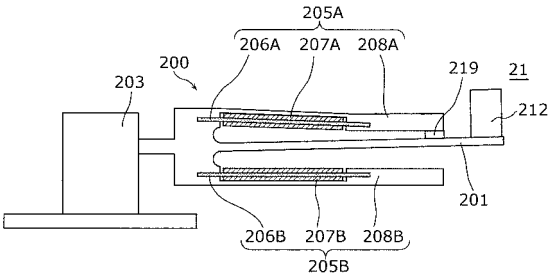
【図１５Ｂ】



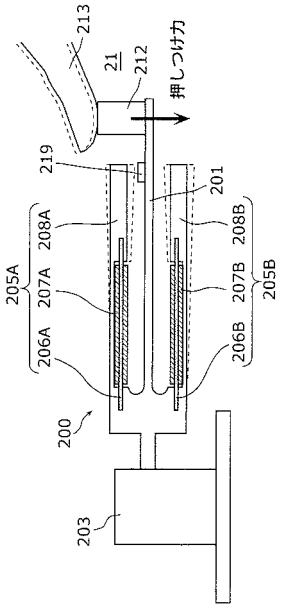
【図１６Ａ】



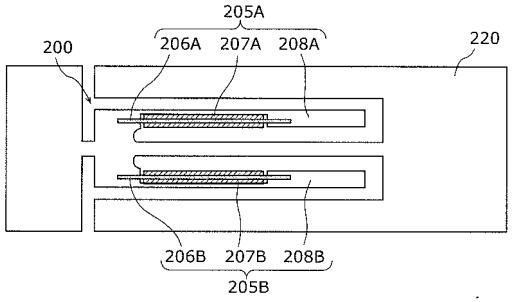
【図１６Ｂ】



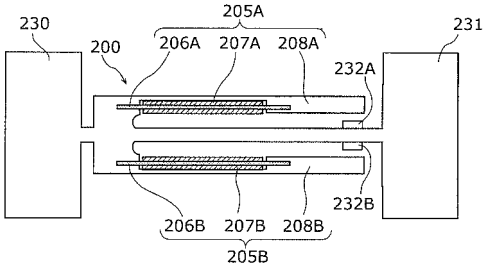
【図１６Ｃ】



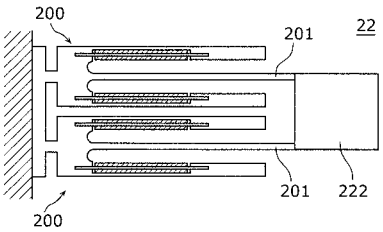
【図１６Ｄ】



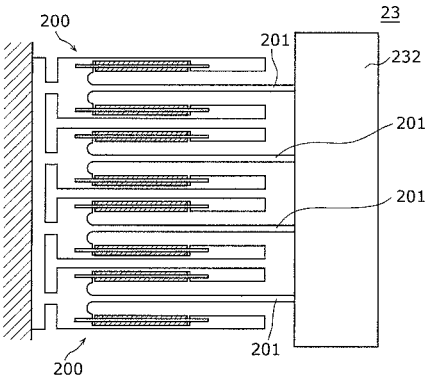
【図１６Ｅ】



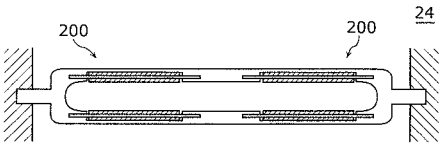
【図１７Ａ】



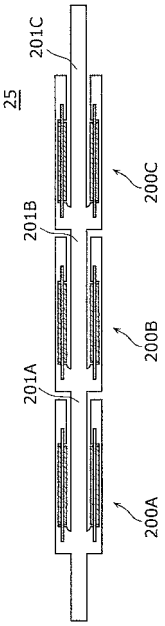
【図１７Ｂ】



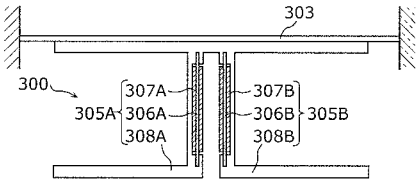
【図１７Ｃ】



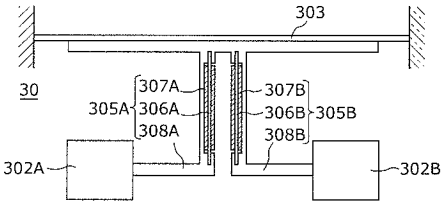
【図１７Ｄ】



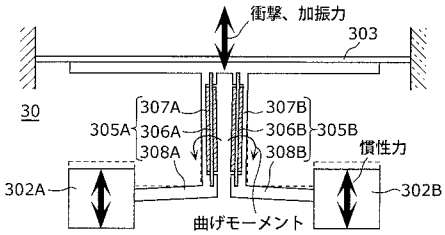
【図１８Ａ】



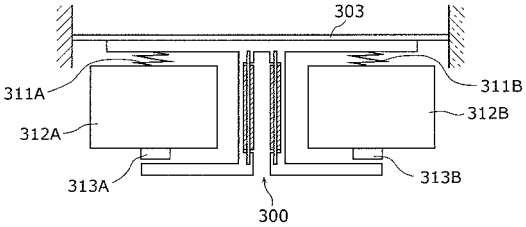
【図１８Ｂ】



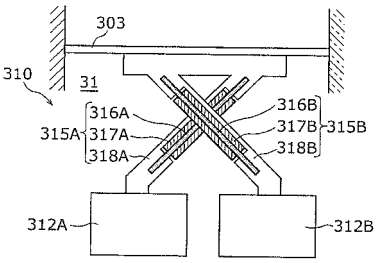
【図１８Ｃ】



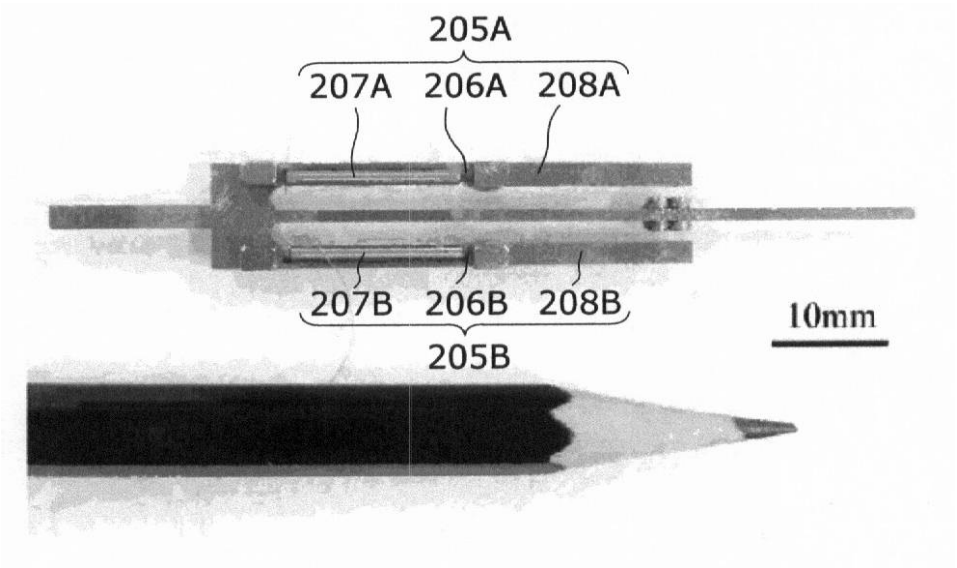
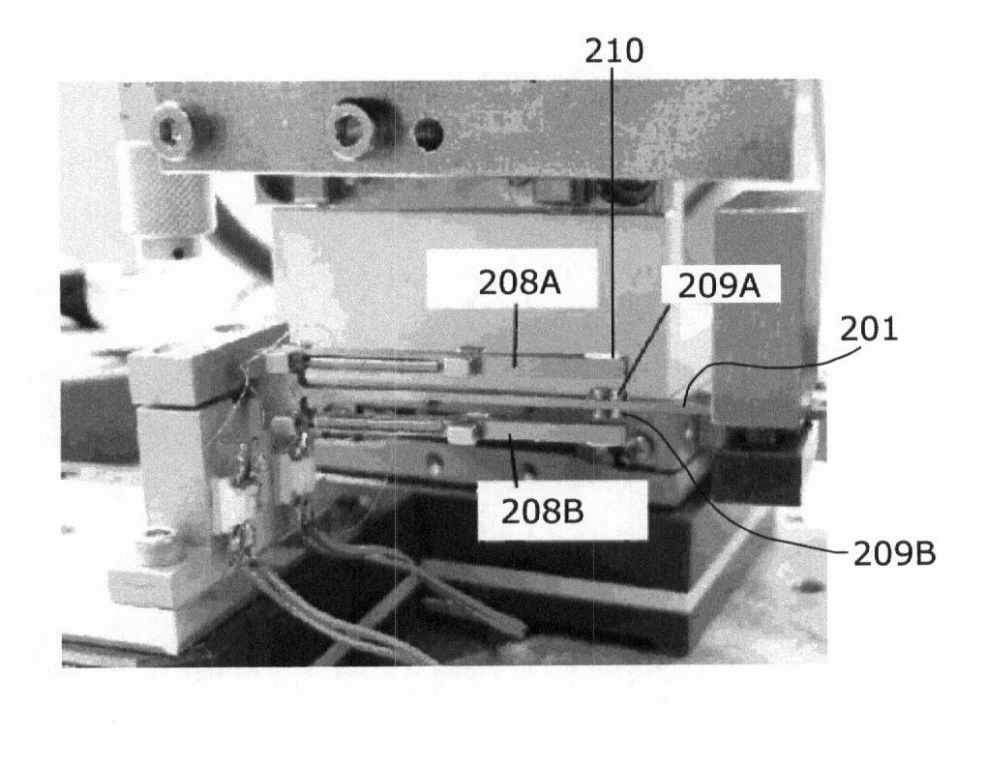
【図１８Ｄ】



【図１９】



【図５】



【図６】