

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 8 月 4 日(04.08.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/121852 A1

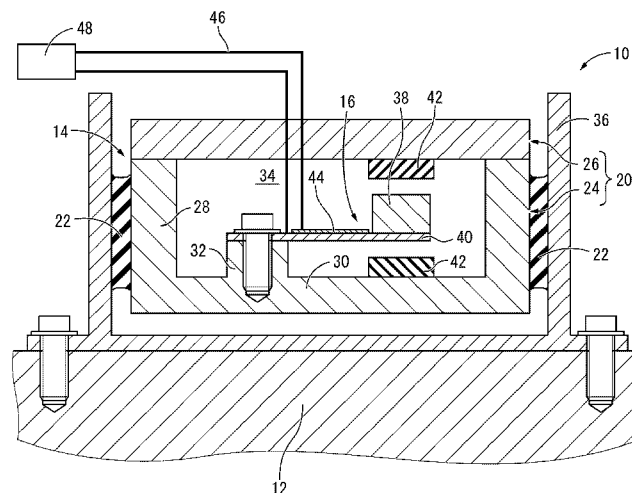
- (51) 国際特許分類:
H02N 2/18 (2006.01) *H02N 2/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/052427
- (22) 国際出願日: 2016 年 1 月 28 日(28.01.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-016580 2015 年 1 月 30 日(30.01.2015) JP
- (71) 出願人: 住友理工株式会社(SUMITOMO RIKO COMPANY LIMITED) [JP/JP]; 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 Aichi (JP). パナソニック IP マネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見 2 丁目 1 番 6 1 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 長谷川 浩一(HASEGAWA, Koichi); 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工株式会社内 Aichi (JP). 可知 孝啓(KACHI, Takahiro); 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工株式会社内 Aichi (JP). 北垣 啓

- (KITAGAKI, Kei); 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工株式会社内 Aichi (JP). 勝村 英則(KATSUMURA, Hidenori); 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内 Osaka (JP). 加賀田 博司(KAGATA, Hiroshi); 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内 Osaka (JP). 奥村 秀則(OKUMURA, Hidenori); 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人笠井中根国際特許事務所, 外(KASAI & NAKANE INTERNATIONAL PATENT FIRM et al.); 〒5140003 三重県津市桜橋一丁目 6 8 1 番地 Mie (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

[続葉有]

(54) Title: POWER GENERATOR

(54) 発明の名称: 発電装置



(57) Abstract: The present invention provides a power generator that has a novel structure and makes highly efficient power generation possible even if an input vibration has a higher frequency than an area where tuning of the resonant frequency of a first vibration system is possible. A power generator 10 for generating power from vibration input has a structure in which a vibration system with multiple degrees of freedom is configured through the inclusion of a first vibration system 14 in which a first weight member 20 is elastically supported by a first spring member 22 and a second vibration system 16 in which a second weight member 38 is elastically supported by a second spring member 40 and a power generation element 44 is disposed between the first weight member 20 and second weight member 38. Vibration energy applied to the first vibration system 14 from a vibration member 12 is converted to electrical energy by the power generation element 44. The resonant frequency of the first vibration system 14 is made to be $1/\sqrt{2}$ times lower than the frequency of the vibration applied from the vibration member 12, and the loss factor of the first spring member 22 is made to be between 0.01 and 0.2.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/121852 A1



ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

入力振動が第一の振動系の共振周波数のチューニング可能領域よりも高周波であっても、高効率の発電を可能とできる、新規な構造の発電装置を提供すること。振動入力によって発電する発電装置 10 であって、以下の構成を有する。即ち、第一のマス部材 20 が第一のばね部材 22 で弾性支持された第一の振動系 14 と、第二のマス部材 38 が第二のばね部材 40 で弾性支持された第二の振動系 16 とを含んで多自由度振動系が構成されて、第一のマス部材 20 と第二のマス部材 38 の間に発電素子 44 が配設されている。そして、振動部材 12 から第一の振動系 14 に入力された振動エネルギーが、発電素子 44 によって電気エネルギーに変換される。また、第一の振動系 14 の共振周波数が振動部材 12 からの入力振動の周波数に対して $1/\sqrt{2}$ 倍よりも低周波とされていると共に、第一のばね部材 22 の損失係数が 0.01 以上且つ 0.2 以下とされている。

明 細 書

発明の名称：発電装置

技術分野

[0001] 本発明は、振動部材の振動エネルギーを発電素子によって電気エネルギーに変換する発電装置に係り、特に多自由度振動系を有する発電装置に関するものである。

背景技術

[0002] 昨今の省エネルギーへの高度な要求に対応するために、道路における高架や橋梁、或いは車両や洗濯機のボデー等といった振動部材において、振動エネルギーを電気エネルギーに変換して有効に利用する振動発電が試みられている。振動発電を実現するための発電装置としては、例えば、特開2014-11843号公報（特許文献1）などに示されているように、第一のマス部材（ダンパーウェイト）が第一のばね部材（粘弾性部材）で弾性支持された第一の振動系（ダイナミックダンパ）と、第二のマス部材（磁歪部ウェイト）が第二のばね部材（平行梁）で弾性支持された第二の振動系（磁歪発電部）とによって構成された二自由度振動系を備えるものがある。そして、特許文献1では、第一のマス部材と第二のマス部材を弾性連結する第二のばね部材が発電素子としての磁歪素子を含んで構成されており、振動入力時の第一のマス部材と第二のマス部材の相対変位によって、振動エネルギーが発電素子によって電気エネルギーに変換されるようになっている。

[0003] ところで、振動発電装置は、一般的に、第一の振動系の共振周波数が振動部材の主たる振動の周波数に略一致するようにチューニングされて、入力振動が第一の振動系の共振によって増幅されて第二の振動系に伝達されるようになっている。これにより、第一のマス部材と第二のマス部材の相対変位量を共振状態で大きく得ることができて、発電素子の発電効率が高められる。なお、特許文献1においても、第一の振動系の共振周波数が振動部材の振動の周波数と略一致せしめられていることは、第一の振動系が振動部材（ベ-

スプレート)の振動を低減するダイナミックダンパによって構成されていることから明らかである。

- [0004] しかしながら、特許文献1のような従来の振動発電装置では、振動部材の振動周波数が第一の振動系における共振周波数のチューニング可能領域よりも大幅に高周波である場合には、振動部材から第一の振動系への振動入力時に、第一のマス部材と第二のマス部材を共振状態で大きく相対変位させることができず、第一のマス部材と第二のマス部材の相対変位量が十分に得られ難くなって、発電効率が低下するおそれがあった。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特開2014-11843号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 本発明は、上述の事情を背景に為されたものであって、その解決課題は、入力振動の周波数が第一の振動系の共振周波数のチューニング可能領域よりも高周波であっても、十分に高い効率で発電することができる、新規な構造の発電装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0007] 以下、このような課題を解決するために為された本発明の態様を記載する。なお、以下に記載の各態様において採用される構成要素は、可能な限り任意の組み合わせで採用可能である。
- [0008] すなわち、本発明の第一の態様は、第一のマス部材が第一のばね部材によって弾性支持された第一の振動系と、第二のマス部材が第二のばね部材によって弾性支持された第二の振動系とを備えており、該第一のマス部材と該第二のマス部材を該第二のばね部材で相互に弾性連結して多自由度振動系が構成されて、該第一のマス部材と該第二のマス部材の間には発電素子が配設されていると共に、該第一のマス部材が該第一のばね部材によって振動部材に

取り付けられて、該振動部材から該第一の振動系および該第二の振動系に入力された振動エネルギーが発電素子によって電気エネルギーに変換されるようにした発電装置において、前記第一の振動系の共振周波数が前記振動部材から該第一の振動系へ入力される振動の周波数に対して $1/\sqrt{2}$ 倍よりも低周波とされていると共に、該第一の振動系における前記第一のばね部材の損失係数が 0.01 以上且つ 0.2 以下とされていることを、特徴とする。

[0009] このような本発明に従う構造とされた発電装置の第一の態様によれば、第一の振動系の共振周波数を振動部材の振動周波数に合わせることが難しい場合にも、振動エネルギーを電気エネルギーに変換して十分な電力を得ることができる。即ち、第一の振動系の共振周波数を振動部材の振動周波数に対して $1/\sqrt{2}$ 倍よりも低周波に設定することで、振動部材からの入力が第一の振動系に対して実質的に衝撃荷重として作用せしめられる。その結果、第一の振動系において振動部材からの入力に対する自励共振が生ぜしめられて、第一の振動系の共振現象によって第二の振動系に振動が有効に入力される。

[0010] さらに、第一の振動系における第一のばね部材の損失係数が 0.2 以下とされていることにより、第一のばね部材の弾性変形時のエネルギー損失に起因する第一の振動系の振動減衰が低減されて、第一の振動系の振動が比較的長い時間に亘って持続される。その結果、第一のマス部材と第二のマス部材の間に配される発電素子に対して振動エネルギーが持続的に入力されて、荷重入力に対する発電量を大きく得ることができる。

[0011] また、第一のばね部材の損失係数が、 0.2 以下であるだけでなく、 0.01 以上とされていることにより、第一の振動系の自励振動が十分に広い周波数成分をもって生ぜしめられて、第二の振動系へ入力される振動のブロード化（十分なレベルの振動が入力される周波数の広帯域化）が図られる。これにより、部品の公差などによって第二の振動系の共振周波数に誤差が生じても、第二の振動系の共振周波数における第一の振動系から第二の振動系への入力が安定して、目的とする発電量を発電装置の個体差によるばらつきを抑えて有効に得ることができる。加えて、第一の振動系の共振倍率が必要以

上に大きくなるのが回避されて、発電素子の変形量が制限されることにより、十分な発電効率を得ながら、発電素子の耐久性を確保することができる。

[0012] 本発明の第二の態様は、第一の態様に記載の発電装置において、前記第二の振動系の共振周波数が、前記第一の振動系の共振周波数に対して90%以上且つ110%以下の範囲にチューニングされているものである。

[0013] 第二の態様によれば、第一の振動系の共振周波数と第二の振動系の共振周波数を相互に近い周波数に設定することにより、第一の振動系の自励振動に対して第二の振動系が共振現象を生じて、発電素子に十分な振動エネルギーを入力することができる。それ故、第二の振動系に配される発電素子の発電効率を高めることができ、振動発電によって得られる電力量を大きく得ることができる。

[0014] 本発明の第三の態様は、第一又は第二の態様に記載された発電装置において、前記第二の振動系における前記第二のマス部材の質量が、前記第一の振動系における前記第一のマス部材の質量に対して20%以下とされているものである。

[0015] 第三の態様によれば、第二のマス部材の質量が第一のマス部材の質量に対して十分に小さくされており、第二の振動系が第一の振動系に対してダイナミックダンパとして機能することで第一の振動系に及ぼされる制振効果が低減されることから、第一の振動系の自励振動が有効に惹起されて、発電素子に入力される振動エネルギーを大きく得ることができる。

[0016] 本発明の第四の態様は、第一～第三の何れか一つの態様に記載された発電装置において、前記第一のばね部材が高分子弾性体とされていると共に、前記第二のばね部材が金属ばねとされているものである。

[0017] 第四の態様によれば、第一のばね部材が高分子弾性体とされていることで、第一のばね部材の損失係数を調整し易くなって、目的に応じた第一のばね部材を容易に得ることができる。更に、第二のばね部材が損失係数の小さい金属ばねとされていることで、発電素子に入力される振動エネルギーが第二のばね部材の弾性変形によるエネルギー減衰効果で低減されるのを防いで、

効率的な発電を実現することができる。

[0018] 本発明の第五の態様は、第一～第四の何れか一つの態様に記載された発電装置において、前記第一の振動系が、該第一の振動系へ断続的な衝撃荷重を入力する前記振動部材に対して取り付けられるものである。

[0019] 第五の態様のように、振動部材から第一の振動系への入力が続断ではなく断続的であっても、第一の振動系の自励振動がある程度の時間幅で生じることから、効率的な発電が可能となる。なお、衝撃荷重とは、第一の振動系への入力時に実質的に衝撃荷重とみなせる振動荷重であっても良く、例えば第一の振動系の振動周期に対して十分に短い時間で収束する高周波振動などを含む。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、振動部材に取り付けられる第一の振動系と、第一の振動系に取り付けられる第二の振動系とを有する発電装置において、第一の振動系の共振周波数が振動部材から第一の振動系への入力される振動周波数の $1/\sqrt{2}$ 倍よりも低周波とされていると共に、第一の振動系における第一のばね部材の損失係数が 0.01 以上且つ 0.2 以下とされている。これにより、第一、第二の振動系の共振周波数を振動部材の振動周波数に合わせることが難しい場合でも、第一の振動系の自励共振による十分な振動が、発電素子を備える第二の振動系にある程度の時間幅で入力されると共に、第二の振動系の共振周波数のずれに対する発電効率の差が低減されて、高効率の発電が安定して実現される。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明の第一の実施形態としての発電装置を振動部材への装着状態で示す縦断面図。

[図2]図1に示された発電装置の二自由度振動系を示す振動モデル。

[図3]図1に示された発電装置を構成する各振動系を一自由度振動系として扱う場合の周波数と振幅との相関を示すグラフ。

[図4]図1に示された発電装置における入力振動と発電量との関係を示す図で

あって、（a）が時間に対する入力振動の振幅の変化を、（b）が時間に対する発電量の変化を、それぞれ示す。

[図5]本発明の第二の実施形態としての発電装置を振動部材への装着状態で示す縦断面図。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

[0023] 図1には、本発明の第一の実施形態としての発電装置10が示されている。発電装置10は、図2の振動モデルにも示されているように、振動部材12に取り付けられる第一の振動系14と、第一の振動系14を介して振動部材12に取り付けられる第二の振動系16とを含む多自由度振動系を、備えている。なお、以下の説明において、特に説明がない限り、上下方向とは、振動部材12の主たる振動入力方向である図1中の上下方向を言う。

[0024] より詳細には、第一の振動系14は、第一のマス部材20と第一のばね部材22を備えている。第一のマス部材20は、鉄などの比重の大きな材料で形成されており、下部マス24と上部マス26を組み合わせた中空の矩形箱状とされている。

[0025] 下部マス24は、上下に延びる筒状の周壁28の下開口部が一体形成された底壁30によって閉塞された構造を有しており、全体として上方に開口する有底筒状とされている。また、下部マス24の底壁30には、上方へ突出する支持突部32が一体形成されており、支持突部32には上面に開口するねじ穴が形成されている。上部マス26は、略平板形状とされており、上面視において周壁28と略同じ外形を備えている。そして、上部マス26が下部マス24の開口部を覆うように重ね合わされて相互に固定されることにより、下部マス24と上部マス26によって中空の第一のマス部材20が形成されて、内部に收容空所34が形成されている。

[0026] また、第一のマス部材20は、第一のばね部材22によって弾性支持されている。第一のばね部材22は、ゴムや樹脂エラストマなどの高分子材料で形成された弾性体であって、本実施形態ではゴム弾性体とされており、下部

マス 24 の周壁 28 の外周面に加硫接着されている。更に、第一のばね部材 22 は、周方向全周に亘って連続して設けられていても良いが、本実施形態では、周方向の複数箇所それぞれに設けられている。

[0027] さらに、第一のばね部材 22 は、エネルギーの損失係数が 0.01 以上且つ 0.2 以下とされている。損失係数は、第一のばね部材 22 の形成材料などによって調節設定可能であり、上記数値範囲の損失係数を有する第一のばね部材 22 は、例えば、損失係数の小さなゴムおよび樹脂エラストマや損失係数の大きな金属、更には損失係数の大きなゴムなどの高分子弾性体と損失係数の小さなばね鋼などの金属ばねとを組み合わせたものなどによって、実現され得る。本実施形態では、第一のばね部材 22 がゴム弾性体で形成されていることから、損失係数を上記の数値範囲に設定し易くなっている。なお、一般的なばね鋼で形成された金属ばね単体では、第一の振動系 14 の共振周波数 f_1 を実用上適切にチューニングしながら上記したエネルギー損失係数の数値範囲を実現することが難しく、第一のばね部材として金属ばねを単体で採用する場合には、マグネシウムなどの損失係数の大きな金属材料によるものが適宜に選択される。

[0028] 第一のばね部材 22 は、振動部材 12 にボルトなどで固定された取付部材 36 に固着されて、振動部材 12 と第一のマス部材 20 を弾性連結している。取付部材 36 は、第一のマス部材 20 に対して外周側に離隔した縦壁構造をもって形成されており、第一のマス部材 20 の外周面が、取付部材 36 に対して、主たる振動入力方向に略直交する方向で対向位置せしめられている。そして、第一のばね部材 22 が第一のマス部材 20 の外周面と取付部材 36 との対向面間に配設されることにより、第一のマス部材 20 が取付部材 36 によって弾性支持されており、取付部材 36 が振動部材 12 にボルト固定されることで、第一の振動系 14 が振動部材 12 に取り付けられるようになっている。なお、主たる振動入力方向（図 1 中、上下方向）の入力に対して、第一のばね部材 22 が剪断変形するようになっており、第一のばね部材 22 の剪断ばね成分が第一の振動系 14 の主たるばねとして作用するようにな

っている。

[0029] また、第一のマス部材 20 の収容空所 34 には、第二の振動系 16 が収容配置されている。第二の振動系 16 は第二のマス部材 38 と第二のばね部材 40 を備えており、第一のマス部材 20 の収容空所 34 において第二のマス部材 38 が第二のばね部材 40 を介して支持突部 32 に弾性連結されている。

[0030] 第二のマス部材 38 は、好適には鉄などの高比重材料で形成されており、中実の柱状乃至はブロック状とされている。第二のばね部材 40 は、ばね鋼などで形成された板ばねであって、厚さ方向上下に弾性変形可能とされている。更に、第二のばね部材 40 の損失係数は、第一のばね部材 22 よりも小さくされており、より好適には 0.01 よりも小さくされている。そして、第二のばね部材 40 の基端部が第一のマス部材 20 の支持突部 32 にねじ等で固定されると共に、第二のばね部材 40 の先端部には第二のマス部材 38 が接着や溶接、ねじ止め、機械的な係止などの手段によって固定されて、第二のマス部材 38 が上下変位を許容された状態で第一のマス部材 20 に連結されている。これにより、第二の振動系 16 が第一の振動系 14 に取り付けられて、二自由度の振動系が構成されている。

[0031] なお、第二の振動系 16 が第一の振動系 14 に取り付けられた状態において、第二のマス部材 38 は、第一のマス部材 20 の下部マス 24 の底壁 30 と上部マス 26 との両方に対して上下に離隔して対向配置されている。そして、第二のマス部材 38 と第一のマス部材 20 の上下対向面間には、ストッパゴム 42 がそれぞれ配設されている。これにより、第二のばね部材 40 の過大な弾性変形時にも、第二のマス部材 38 が第一のマス部材 20 に直接的に打ち当てられるのが防止されて、打音の発生が回避されるようになっている。

[0032] また、第一のマス部材 20 と第二のマス部材 38 を繋ぐ第二のばね部材 40 には、発電素子 44 が固着されている。発電素子 44 は、振動エネルギーを電気エネルギーに変換可能な各種素子を採用可能であり、例えば、圧電素

子や磁歪素子などが採用され得る。本実施形態では、発電素子 44 として圧電素子が採用されており、圧電素子が第二のばね部材 40 の上面に重ね合わされて固着されることで、第二のばね部材 40 の厚さ方向への曲げ変形に伴って変形して、圧電の正効果によるエネルギー変換作用を発揮するようになっている。なお、発電素子 44 として圧電素子を採用する場合には、形成材料として、例えば、セラミック材料や単結晶材料などが採用される。より具体的には、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛、窒化アルミニウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウムなどが、圧電素子の形成材料として何れも好適に採用され得る。

[0033] この発電素子 44 は、電気回路 46 に接続されており、電気回路 46 によって整流回路や蓄電装置、各種センサ、無線通信装置などの電力使用機器であるデバイス 48 に電氣的に接続されており、後述する発電素子 44 の発電電力がデバイス 48 に供給されるようになっている。

[0034] かくの如き構造とされた発電装置 10 は、振動部材 12 への装着状態において振動部材 12 から振動が入力されるようになっており、入力された振動エネルギーを発電素子 44 で電気エネルギーに変換して取り出すようになっている。本実施形態では、振動部材 12 から発電装置 10 へ入力される振動は、周波数 f_0 が 500 Hz 程度とされており、所定の時間間隔で断続的に入力されるようになっている。なお、このような断続的な振動としては、例えば、振動部材 12 が所定の長さ毎に区切られたユニットを連結してなる道路や橋梁、線路などの場合に、それらの継ぎ目部分を車両が通過する際に入力される荷重などが考えられる。

[0035] また、図 3 に示すように、第一の振動系 14 の共振周波数 f_1 が、振動部材 12 から第一の振動系 14 へ入力される振動の周波数 f_0 に対して、 $1/\sqrt{2}$ 倍よりも低周波とされており、本実施形態では 100 Hz 程度に設定されている。第一の振動系 14 の共振周波数 f_1 は、一般的に知られているように、第一のマス部材 20 の質量と第一のばね部材 22 のばね定数を調節することで設定される。なお、図 3 では、振動レベルと周波数の特性が、第一の振動

系 1 4 について実線で、第二の振動系 1 6 について一点鎖線で、振動部材 1 2 からの入力振動について破線で、それぞれ示されている。

[0036] さらに、本実施形態では、第一の振動系 1 4 の共振周波数 f_1 と、第二の振動系 1 6 の共振周波数 f_2 とが、略同じ周波数に設定されている。より具体的には、第二の振動系 1 6 の共振周波数 f_2 が、第一の振動系 1 4 の共振周波数 f_1 に対して 0.9 倍～1.1 倍の範囲となるように設定されて、第一の振動系 1 4 の自励振動において振動レベルが十分に大きく得られる周波数域で、第二の振動系 1 6 の共振現象が発生するようにされている。本実施形態では、第一の振動系 1 4 の共振周波数 f_1 が 100 Hz 程度にチューニングされていることから、第二の振動系 1 6 の共振周波数 f_2 は、90 Hz～110 Hz の範囲でチューニングされることが望ましい。第二の振動系 1 6 の共振周波数 f_2 は、一般的に知られているように、第二のマス部材 3 8 の質量と第二のばね部材 4 0 のばね定数を調節することで設定される。

[0037] 加えて、第二の振動系 1 6 における第二のマス部材 3 8 の質量は、第一の振動系 1 4 における第一のマス部材 2 0 の質量に対して 20%以下とされて、第一のマス部材 2 0 に比して軽量とされている。なお、より好適には、第二のマス部材 3 8 の質量は、第一のマス部材 2 0 の質量に対して 5%以上とされることにより、第二の振動系 1 6 の共振周波数を第一の振動系 1 4 の共振周波数に対して近い周波数域にチューニングし易くなる。

[0038] ここにおいて、振動部材 1 2 から発電装置 1 0 へ入力される 500 Hz の高周波振動は、入力振動よりも十分に低い周波数にチューニングされた第一の振動系 1 4 の振動周期に対して著しく短時間で収束することから、第一の振動系 1 4 に対して実質的に衝撃荷重として作用する。これにより、第一の振動系 1 4 は、振動部材 1 2 からの入力によって自励振動を生じて、第一のマス部材 2 0 が共振状態で変位する。そして、第一の振動系 1 4 の自励振動が第二の振動系 1 6 に伝達されて入力されることにより、第二の振動系 1 6 のマスーバネ共振が生ぜしめられて、第二の振動系 1 6 の第二のばね部材 4 0 に取り付けられた発電素子 4 4 が厚さ方向に変形する。その結果、発電素

子 4 4 の圧電変換作用の正効果によって振動エネルギーを電気エネルギーに変換する振動発電が生じて、電気回路 4 6 によりデバイス 4 8 に供給されるようになっている。

[0039] さらに、第一のばね部材 2 2 の損失係数が 0.2 以下と十分に小さくされていることから、発電素子 4 4 に入力される振動エネルギーが、第一のばね部材 2 2 の弾性変形時に生じるエネルギー減衰作用によって低減されるのを抑えることができる。それ故、図 4 に示すように、第一の振動系 1 4 において一度の入力に対する振動状態が入力時間に対してより長く持続して、振動エネルギーが発電素子に効率的に入力される。なお、本実施形態において、第二のばね部材 4 0 は、一般的なばね鋼で形成された金属ばねとされており、損失係数が極めて小さいことから、第二のばね部材 4 0 のエネルギー減衰作用による振動エネルギーの低減も回避されて、発電素子 4 4 への入力があり得るようになる。

[0040] このように、本発明に係る発電装置 1 0 によれば、振動部材 1 2 から発電装置 1 0 への入力振動の周波数が、発電装置 1 0 における振動系 1 4, 1 6 の共振周波数を一致させることが難しいほどに高周波の場合などにも、第一の振動系 1 4 の自励振動によって振動エネルギーを発電素子 4 4 に有効に作用させて、十分に高効率での発電が実現可能となる。特に、振動部材 1 2 から発電装置 1 0 への入力振動が、それぞれ衝撃荷重とみなすことができる短時間の入力を断続的に繰り返すものである場合に、各入力に対する第一の振動系 1 4 の振動状態が入力時間に比して十分に長く持続することから、優れた発電効率が実現される。具体的には、例えば前述の道路における橋梁や高架の継ぎ目などに繰り返し及ぼされる通過車両の衝撃荷重により、道路構造物の大きな剛性のもとで高周波振動が断続的に惹起される場合でも、かかる高周波振動の入力により発電装置 1 0 の第二の振動系 1 6 の振動に基づく発電作用が有効に発揮され得るのである。

[0041] また、本実施形態の発電装置 1 0 では、第二の振動系 1 6 の共振周波数 f_2 が、第一の振動系 1 4 の共振周波数 f_1 に対して、略一致するように設定され

ており、第一の振動系 14 の自励振動が第二の振動系 16 の共振によって効率的に増幅されるようになっている。従って、第一の振動系 14 からの入力振動に対して、第二の振動系 16 の振動倍率を大きく得ることができて、高い発電効率を実現することができる。

[0042] なお、第二の振動系 16 の共振周波数 f_2 を第一の振動系 14 の共振周波数 f_1 から離すに従って、第二の振動系 16 における振動倍率が小さくなることから、第二のばね部材 40 の変形量が小さくなる。従って、第二のばね部材 40 の過大な変形による損傷を回避して耐久性を確保しながら、発電効率を十分に確保できるように、第二の振動系 16 の共振周波数 f_2 と第一の振動系 14 の共振周波数 f_1 との差を適宜に調節することが望ましい。上記の説明からも明らかなように、第二のばね部材 40 の耐久性が確保され難い場合などには、第二の振動系 16 の共振周波数 f_2 を、第一の振動系 14 の共振周波数 f_1 の 0.9 ~ 1.1 倍の範囲から外れた高い周波数に設定することも可能である。また、発電量が必要以上に大きい場合などには、同様に第二の振動系 16 の共振周波数 f_2 を第一の振動系 14 の共振周波数 f_1 から離すことにより、第二のばね部材 40 への入力を低減して、第二のばね部材 40 の小型化などを実現することもできる。

[0043] 更にまた、第二の振動系 16 における第二のマス部材 38 の質量が、第一の振動系 14 における第一のマス部材 20 の質量に対して 20% 以下とされていることにより、第二の振動系 16 から第一のマス部材 20 に及ぼされる制振効果が十分に低減される。それ故、第一の振動系 14 の自励振動が第二の振動系 16 によって低減されることなく十分に生ぜしめられて、第二の振動系 16 の発電素子 44 に振動エネルギーが効率的に入力される。

[0044] 図 5 には、本発明の第二の実施形態としての発電装置 50 が示されている。発電装置 50 では、第一の振動系 14 を構成する第一のばね部材 52 が圧縮ばねとされている。なお、以下の説明において、第一の実施形態と実質的に同一の部材および部位については、図中に同一の符号を付すことにより、説明を省略する。

- [0045] すなわち、第一のばね部材 5 2 は、第一のマス部材 2 0 を構成する下部マス 2 4 の底壁 3 0 下面に加硫接着されていると共に、底壁 3 0 と対向して配された取付部材 5 4 に加硫接着されており、それら第一のマス部材 2 0 と取付部材 5 4 を上下に弾性連結している。この取付部材 5 4 が振動部材 1 2 にボルト固定されることにより、第一の振動系 1 4 が振動部材 1 2 に取り付けられて、発電装置 5 0 が振動部材 1 2 に取り付けられるようになっている。
- [0046] このような本実施形態に従う構造とされた発電装置 5 0 においても、第一の実施形態の発電装置 1 0 と同様に、振動部材 1 2 から入力される高周波振動が、第一の振動系 1 4 の自励振動によって増幅されて、ある程度の時間に亘って持続的に第二の振動系 1 6 に伝達されることから、効率的な発電が実現される。
- [0047] しかも、振動部材 1 2 からの振動入力に対して、第一のばね部材 5 2 が主として圧縮および引張方向に変形することから、剪断変形が支配的となる場合に比して、耐久性の確保が容易になる。
- [0048] 以上、本発明の実施形態について詳述してきたが、本発明はその具体的な記載によって限定されない。例えば、発電素子は、前記実施形態で示された圧電素子に限定されるものではなく、例えば磁歪素子なども採用され得る。
- [0049] 前記実施形態では第一の振動系 1 4 と第二の振動系 1 6 を有する二自由度振動系を例示したが、3 自由度以上の多自由度振動系に本発明を適用することも可能である。
- [0050] また、前記実施形態において例示した第一のばね部材 2 2 と第二のばね部材 4 0 は、何れもあくまで例示であって、例えば、第一のばね部材 2 2 を金属ばねとすることもできるし、第二のばね部材 4 0 を高分子弾性体で構成しても良い。
- [0051] また、第二の振動系 1 6 が第一のマス部材 2 0 の収容空所 3 4 に収容配置された構造に必ずしも限定されるものではなく、第二の振動系 1 6 は第一のマス部材 2 0 の外部に取り付けられていても良い。この場合には、第一のマス部材 2 0 は中空構造である必要はなく、中実構造とすることで必要なマス

質量を確保しながらコンパクト化が図られ得る。

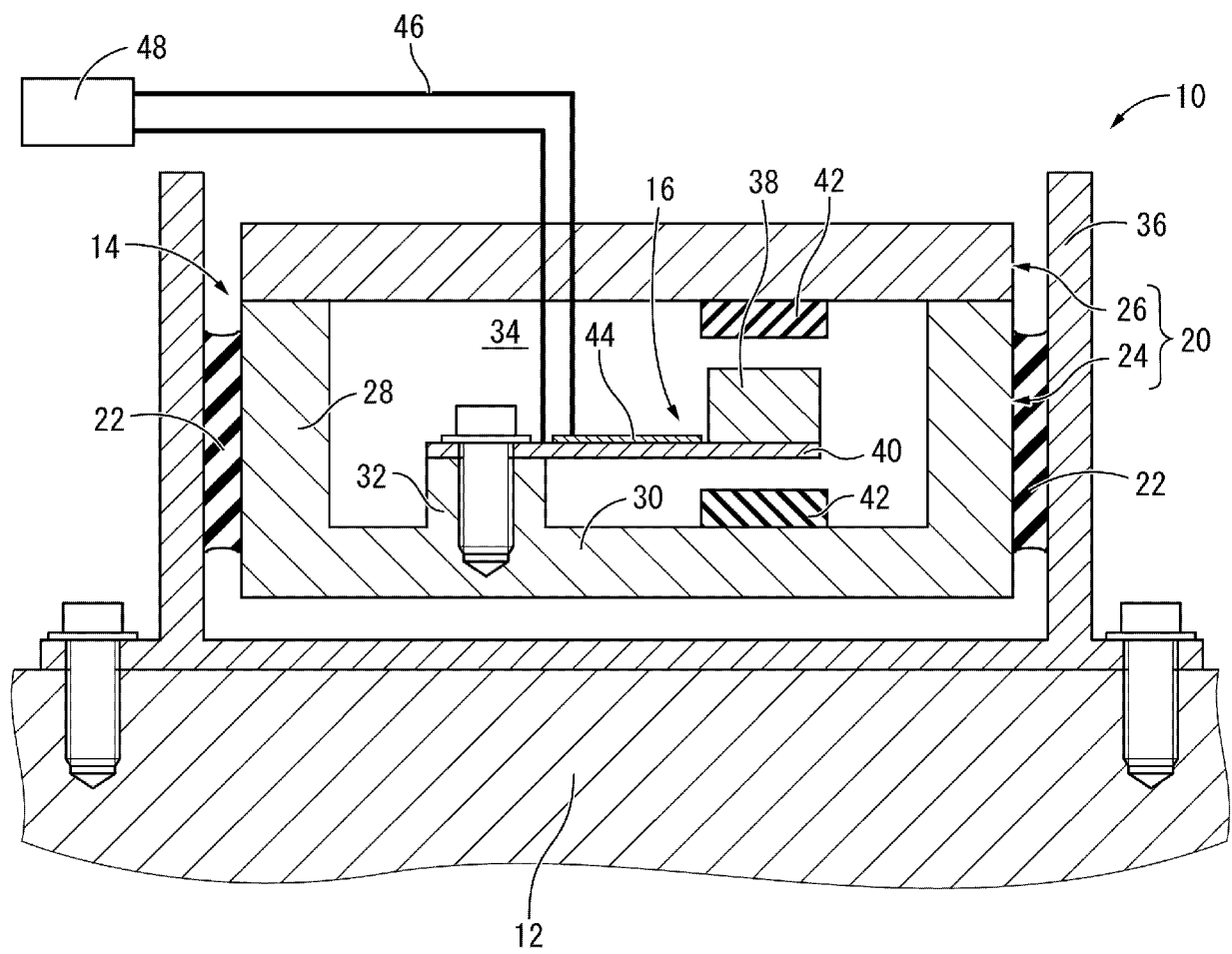
符号の説明

[0052] 10, 50 : 発電装置、12 : 振動部材、14 : 第一の振動系、16 : 第二の振動系、20 : 第一のマス部材、22, 52 : 第一のばね部材、38 : 第二のマス部材、40 : 第二のばね部材、44 : 発電素子

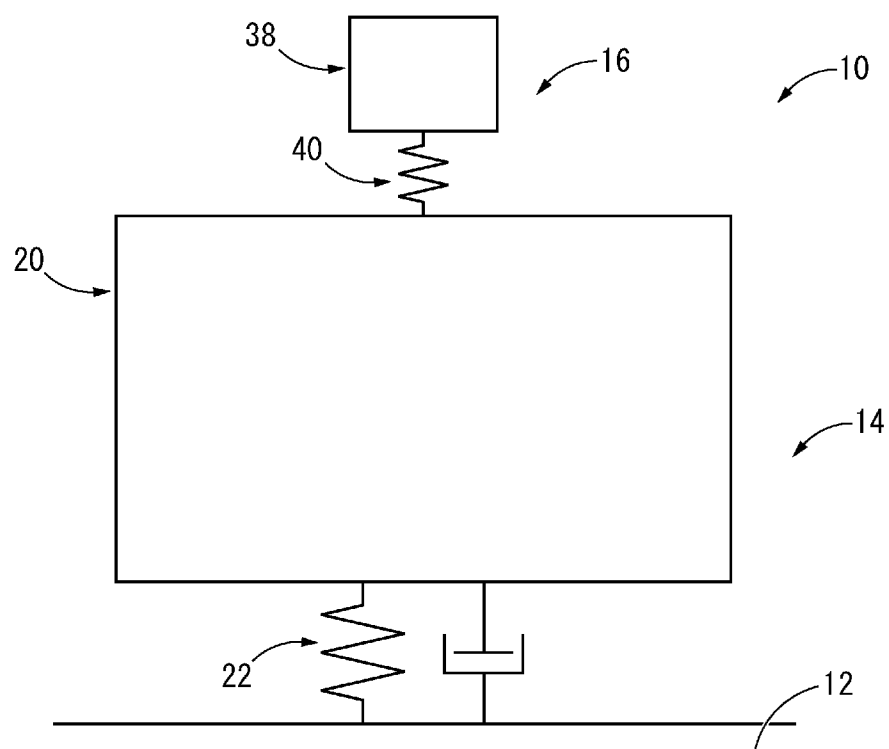
請求の範囲

- [請求項1] 第一のマス部材が第一のばね部材によって弾性支持された第一の振動系と、第二のマス部材が第二のばね部材によって弾性支持された第二の振動系とを備えており、該第一のマス部材と該第二のマス部材を該第二のばね部材で相互に弾性連結して多自由度振動系が構成されて、該第一のマス部材と該第二のマス部材の間には発電素子が配設されていると共に、
- 該第一のマス部材が該第一のばね部材によって振動部材に取り付けられて、該振動部材から該第一の振動系および該第二の振動系に入力された振動エネルギーが発電素子によって電気エネルギーに変換されるようにした発電装置において、
- 前記第一の振動系の共振周波数が前記振動部材から該第一の振動系へ入力される振動の周波数に対して $1/\sqrt{2}$ 倍よりも低周波とされていると共に、
- 該第一の振動系における前記第一のばね部材の損失係数が 0.01 以上且つ 0.2 以下とされていることを特徴とする発電装置。
- [請求項2] 前記第二の振動系の共振周波数が、前記第一の振動系の共振周波数に対して 90% 以上且つ 110% 以下の範囲にチューニングされている請求項1に記載の発電装置。
- [請求項3] 前記第二の振動系における前記第二のマス部材の質量が、前記第一の振動系における前記第一のマス部材の質量に対して 20% 以下とされている請求項1又は2に記載の発電装置。
- [請求項4] 前記第一のばね部材が高分子弾性体とされていると共に、前記第二のばね部材が金属ばねとされている請求項1～3の何れか一項に記載の発電装置。
- [請求項5] 前記第一の振動系が、該第一の振動系へ断続的な衝撃荷重を入力する前記振動部材に対して取り付けられる請求項1～4の何れか一項に記載の発電装置。

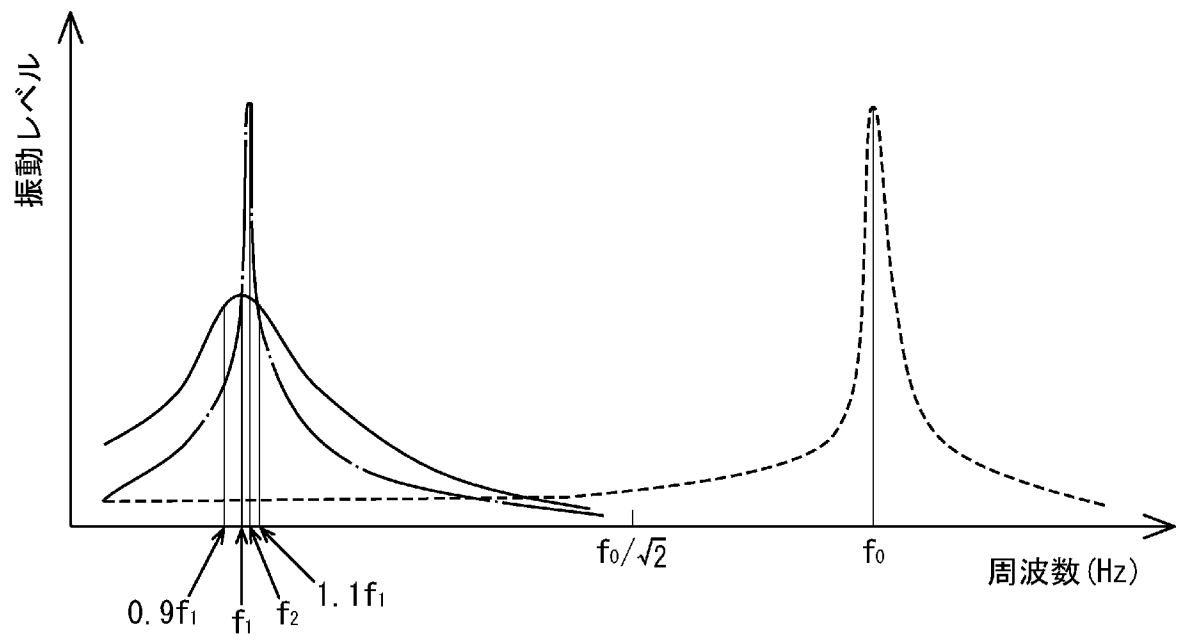
[図1]



[図2]

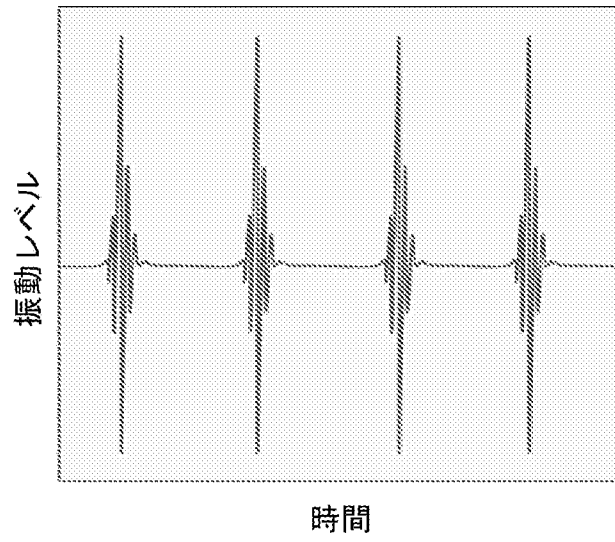


[図3]

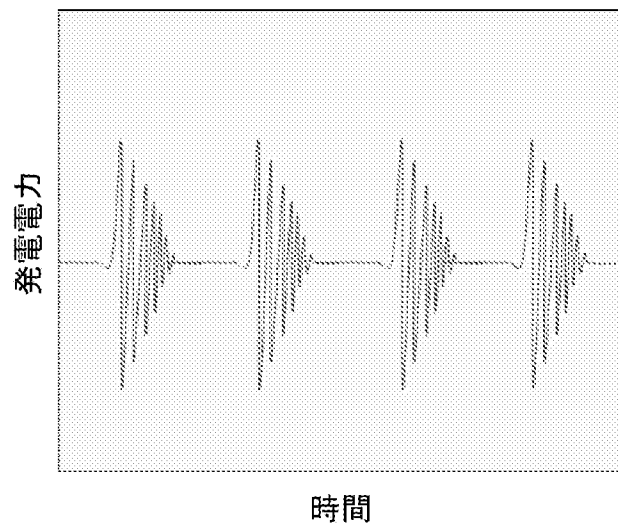


[図4]

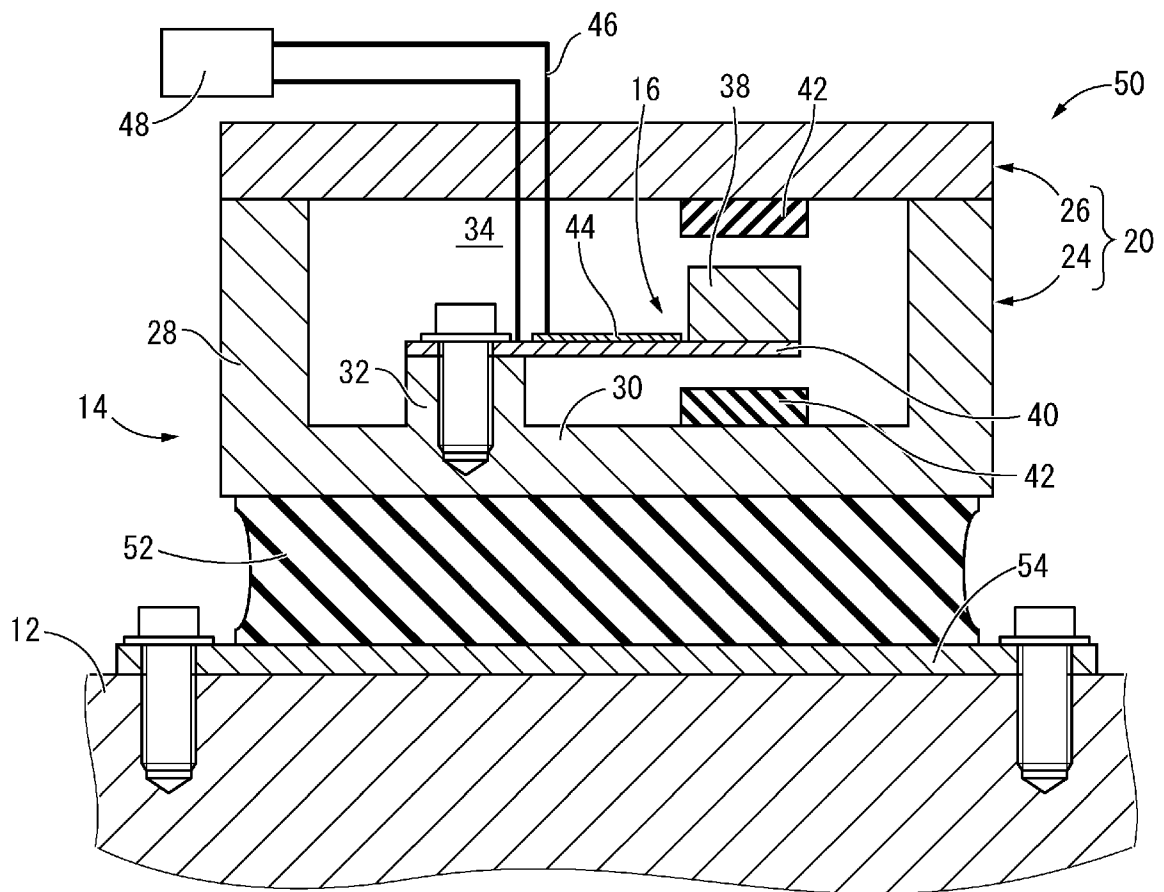
(a)



(b)



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052427

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N2/18(2006.01)i, 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)

H02N2/18, 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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	WO 2014/141557 A1 (Tokai Rubber Industries, Ltd.), 18 September 2014 (18.09.2014), abstract; claims; paragraphs [0072] to [0074] & JP 5796229 B2 & US 2015/0295520 A1 abstract; claims; paragraphs [0077] to [0079]	1-5
Y	JP 2011-172351 A (Takenaka Corp.), 01 September 2011 (01.09.2011), paragraphs [0057] to [0069]; fig. 2, 6 to 8 (Family: none)	1-5

☒ 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
12 February 2016 (12.02.16)

Date of mailing of the international search report
23 February 2016 (23.02.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052427

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 403888/1990 (Laid-open No. 62183/1993) (Nihon Safety Co., Ltd.), 13 August 1993 (13.08.1993), abstract; fig. 1 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02N2/18(2006.01)i, 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（IPC））

Int.Cl. H02N2/18, 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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	WO 2014/141557 A1（東海ゴム工業株式会社）2014.09.18, 要約、 特許請求の範囲、段落〔0072〕－〔0074〕 & JP 5796229 B2 & US 2015/0295520 A1(要約、特許請求の範囲、段落〔0077〕－〔0079〕)	1－5
Y	JP 2011-172351 A（株式会社竹中工務店）2011.09.01, 段落〔0057〕 －〔0069〕, 図2, 6-8（ファミリーなし）	1－5

☒ 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

12.02.2016

国際調査報告の発送日

23.02.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

小林 紀和

3 V

4240

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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
A	日本国実用新案登録出願 2-403888 号(日本国実用新案登録出願公開 5-62183 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (日本セーフティ株式会社) 1993.08.13, 要約、図 1 (ファミリーなし)	1 - 5