

(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2014-33508

(P2014-33508A)

(43) 公開日 平成26年2月20日(2014.2.20)

(51) Int.Cl.

H02N 2/00 (2006.01)

H01L 41/06 (2006.01)

F I

H02N 2/00

H01L 41/06

テーマコード (参考)

D

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-171395 (P2012-171395)
 (22) 出願日 平成24年8月1日(2012.8.1)

(71) 出願人 000006220
 ミツミ電機株式会社
 東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2
 (74) 代理人 100091627
 弁理士 朝比 一夫
 (74) 代理人 100091292
 弁理士 増田 達哉
 (72) 発明者 古河 憲一
 東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツ
 ミ電機株式会社内
 (72) 発明者 沼宮内 貴之
 東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツ
 ミ電機株式会社内

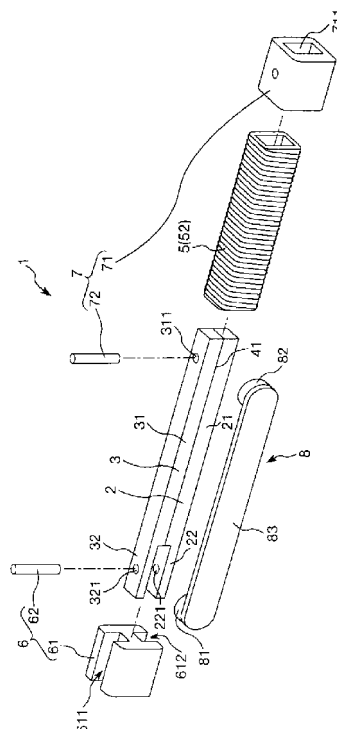
(54) 【発明の名称】 発電素子

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、磁歪棒に一樣な応力を生じさせ、効率よく発電を行い得る発電素子を提供することにある。

【解決手段】発電素子1は、磁歪材料で構成され、軸方向に磁力線を通過させる磁歪棒2と、非磁性材料で構成され、磁歪棒2に適切な応力を付与する機能を有する補強棒3とを併設するとともに、互いに接合部41で接合してなる複合棒4と、磁力線が軸方向に通過するように配置され、その密度の変化に基づいて電圧が発生するコイル5とを有し、複合棒4の一端に対して他端を、その軸方向とほぼ垂直な方向に相対的に変位させて磁歪棒2を伸縮させることにより、磁力線の密度を変化させるよう構成した。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁歪材料で構成され、軸方向に磁力線を通過させる磁歪棒と、非磁性材料で構成され、前記磁歪棒に適切な応力を付与する機能を有する補強棒とを併設するとともに、互いに接合部で接合してなる複合棒と、

前記磁力線が軸方向に通過するように配置され、その密度の変化に基づいて電圧が発生するコイルとを有し、

前記複合棒の一端に対して他端を、その軸方向とほぼ垂直な方向に相対的に変位させて前記磁歪棒を伸縮させることにより、前記磁力線の密度を変化させるよう構成したことを特徴とする発電素子。

10

【請求項 2】

前記接合部において、前記磁歪棒の横断面積の平均値を $A \text{ [mm}^2\text{]}$ とし、前記補強棒の横断面積の平均値を $B \text{ [mm}^2\text{]}$ としたとき、 B / A が 0.8 以上である請求項 1 に記載の発電素子。

【請求項 3】

前記接合部において、前記複合棒は、その横断面積が前記一端から前記他端に向かって減少している請求項 1 または 2 に記載の発電素子。

【請求項 4】

前記接合部において、前記補強棒は、その横断面積が前記複合棒の前記一端から前記他端に向かって減少し、かつ、前記磁歪棒は、その横断面積が前記複合棒の前記一端から前記他端に向かってほぼ一定である請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の発電素子。

20

【請求項 5】

前記コイルは、前記複合棒の前記接合部の外周側に、前記複合棒を囲むように配置されている請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の発電素子。

【請求項 6】

前記コイルは、前記複合棒の前記接合部の外周側に、前記複合棒を囲むように配置されたボビンと、該ボビンに巻回された線材とを備える請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の発電素子。

【請求項 7】

前記複合棒と前記ボビンとの間には、少なくとも前記複合棒の前記他端の側において空隙が形成されている請求項 6 に記載の発電素子。

30

【請求項 8】

前記複合棒の前記他端の変位は、前記複合棒に振動を付与することによりなされ、前記空隙は、前記ボビンと振動する前記複合棒とが干渉しないようなサイズを有する請求項 7 に記載の発電素子。

【請求項 9】

前記磁歪材料のヤング率と、前記非磁性材料のヤング率とがほぼ等しい請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の発電素子。

【請求項 10】

前記磁歪材料のヤング率および前記非磁性材料のヤング率は、それぞれ、 $40 \sim 100 \text{ GPa}$ である請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の発電素子。

40

【請求項 11】

前記磁歪材料は、鉄 - ガリウム系合金を主成分とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の発電素子。

【請求項 12】

前記非磁性材料は、アルミニウム、マグネシウム、亜鉛、銅およびこれらを含む合金のうちの少なくとも 1 種を主成分とする請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の発電素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、発電素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、磁歪材料で構成された磁歪棒の透磁率の変化を利用して発電する発電素子が検討されている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

この発電素子は、例えば、併設された一对の磁歪棒と、これらの磁歪棒を連結する連結ヨークと、各磁歪棒を囲むように設けられたコイルと、磁歪棒にバイアス磁界を印加する永久磁石およびバックヨークとを備えている。そして、磁歪棒の軸方向に対して垂直な方向に、連結ヨークに外力を付与すると、一方の磁歪棒が伸長するように変形し、他方の磁歪棒が収縮するように変形する。このとき、各磁歪棒を通過する磁力線の密度（磁束密度）、すなわち、各コイルを貫く磁力線の密度が変化し、これにより、各コイルに電圧が発生する。

【0004】

発電効率を向上する観点から、かかる発電素子では、一方の磁歪棒には引張応力が選択的に生じ、他方の磁歪棒には圧縮応力が選択的に生じることが好ましい。しかしながら、各磁歪棒に生じる応力について解析すると、図10に示すように、1つの磁歪棒において、引張応力と圧縮応力との双方が生じてしまう。すなわち、1つの磁歪棒に一樣な応力を生じさせることが難しい。

【0005】

また、発電効率を向上する観点からは、コイルを構成する線材の巻き数は、多い方がよいが、これには、磁歪棒同士の間隔を比較的大きく確保する必要がある。しかしながら、磁歪棒同士の間隔を大きくすると、1つの磁歪棒に一樣な応力を生じさせることがより困難となる傾向がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】WO2011/158473

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記従来の問題点を鑑みたものであり、その目的は、磁歪棒に一樣な応力を生じさせ、効率よく発電を行い得る発電素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

このような目的は以下の(1)～(12)の本発明により達成される。

(1) 磁歪材料で構成され、軸方向に磁力線を通過させる磁歪棒と、非磁性材料で構成され、前記磁歪棒に適切な応力を付与する機能を有する補強棒とを併設するとともに、互いに接合部で接合してなる複合棒と、

前記磁力線が軸方向に通過するように配置され、その密度の変化に基づいて電圧が発生するコイルとを有し、

前記複合棒の一端に対して他端を、その軸方向とほぼ垂直な方向に相対的に変位させて前記磁歪棒を伸縮させることにより、前記磁力線の密度を変化させるよう構成したことを特徴とする発電素子。

【0009】

(2) 前記接合部において、前記磁歪棒の横断面積の平均値を A [mm²] とし、前記補強棒の横断面積の平均値を B [mm²] としたとき、 B/A が 0.8 以上である上記(1)に記載の発電素子。

【0010】

(3) 前記接合部において、前記複合棒は、その横断面積が前記一端から前記他端に

10

20

30

40

50

向かって減少している上記(1)または(2)に記載の発電素子。

【0011】

(4) 前記接合部において、前記補強棒は、その横断面積が前記複合棒の前記一端から前記他端に向かって減少し、かつ、前記磁歪棒は、その横断面積が前記複合棒の前記一端から前記他端に向かってほぼ一定である上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の発電素子。

【0012】

(5) 前記コイルは、前記複合棒の前記接合部の外周側に、前記複合棒を囲むように配置されている上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の発電素子。

【0013】

(6) 前記コイルは、前記複合棒の前記接合部の外周側に、前記複合棒を囲むように配置されたボビンと、該ボビンに巻回された線材とを備える上記(1)ないし(5)のいずれかに記載の発電素子。

【0014】

(7) 前記複合棒と前記ボビンとの間には、少なくとも前記複合棒の前記他端の側において空隙が形成されている上記(6)に記載の発電素子。

【0015】

(8) 前記複合棒の前記他端の変位は、前記複合棒に振動を付与することによりなされ、前記空隙は、前記ボビンと振動する前記複合棒とが干渉しないようなサイズを有する上記(7)に記載の発電素子。

【0016】

(9) 前記磁歪材料のヤング率と、前記非磁性材料のヤング率とがほぼ等しい上記(1)ないし(8)のいずれかに記載の発電素子。

【0017】

(10) 前記磁歪材料のヤング率および前記非磁性材料のヤング率は、それぞれ、40～100GPaである上記(1)ないし(9)のいずれかに記載の発電素子。

【0018】

(11) 前記磁歪材料は、鉄-ガリウム系合金を主成分とする上記(1)ないし(10)のいずれかに記載の発電素子。

【0019】

(12) 前記非磁性材料は、アルミニウム、マグネシウム、亜鉛、銅およびこれらを含む合金のうちの少なくとも1種を主成分とする上記(1)ないし(11)のいずれかに記載の発電素子。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、磁歪棒に適切な応力を付与する機能を有する補強棒を、磁歪棒に接合して複合棒とすることにより、磁歪棒を伸縮させる際に磁歪棒に一樣な応力を生じさせることができ、その結果、発電効率を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の発電素子の第1実施形態を示す斜視図である。

【図2】図1に示す発電素子の分解斜視図である。

【図3】図1に示す発電素子の平面図である。

【図4】図1に示す発電素子の縦断面図(図1中のA-A線断面図)である。

【図5】複合棒に生じる応力を解析した解析図である。

【図6】本発明の発電素子の第2実施形態を示す縦断面図である。

【図7】本発明の発電素子の第3実施形態を示す縦断面図である。

【図8】本発明の発電素子の第4実施形態を示す縦断面図である。

【図9】本発明の発電素子の第5実施形態を示す斜視図である。

【図10】平行に併設された2つの磁歪棒に生じる応力を解析した解析図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】**【0022】**

以下、本発明の発電素子を添付図面に示す好適な実施形態に基づいて説明する。

<第1実施形態>

まず、本発明の発電素子の第1実施形態について説明する。

【0023】

図1は、本発明の発電素子の第1実施形態を示す斜視図、図2は、図1に示す発電素子の分解斜視図、図3は、図1に示す発電素子の平面図、図4は、図1に示す発電素子の縦断面図（図1中のA-A線断面図）、図5は、複合棒に生じる応力を解析した解析図である。

10

【0024】

なお、以下の説明では、図1、図2および図4中の上側および図3中の紙面手前側を「上」または「上方」と言い、図1、図2および図4中の下側および図3中の紙面奥側を「下」または「下方」と言う。また、図1～図4中の右側を「先端」と言い、左側を「基端」と言う。

【0025】

図1および図2に示す発電素子1は、軸方向に磁力線を通過させる磁歪棒2と磁歪棒2に適切な応力を付与する機能を有する補強棒3とを接合してなる複合棒4と、複合棒4が挿通されたコイル5と、複合棒4の両端部にそれぞれ設けられた第1の連結部6および第2の連結部7と、磁歪棒2にバイアス磁界を印加する磁界印加機構8とを有している。

20

【0026】

かかる発電素子1では、複合棒4の基端（一端）に対して先端（他端）を、その軸方向とほぼ垂直な方向に相対的に変位させて、すなわち、図4に示すように上下方向に移動させて、磁歪棒2を伸縮させる。このとき、逆磁歪効果により磁歪棒2の透磁率が変化し、磁歪棒2を通過する磁力線の密度（コイル5を貫く磁力線の密度）が変化することにより、コイル5に電圧が発生する。

【0027】

以下、各部の構成について説明する。

<<磁歪棒2>>

磁歪棒2は、磁歪材料で構成され、磁化が生じ易い方向（磁化容易方向）を軸方向として配置されている。この磁歪棒2は、長尺の四角柱状をなしており、その軸方向に磁力線を通過させる。

30

【0028】

また、磁歪棒2は、その先端側に本体部21と、基端側に厚さが本体部21より薄い薄肉部22とを備えている。磁歪棒2（複合棒4）は、この薄肉部22において第1の連結部6に連結されている。一方、磁歪棒2（複合棒4）は、その先端部において第2の連結部7に連結されている。

【0029】

本実施形態では、磁歪棒2は、本体部21の厚さ（横断面積）が軸方向に沿ってほぼ一定となっている。本体部21の平均厚さは、特に限定されないが、0.3～10mm程度であるのが好ましく、0.5～5mm程度であるのがより好ましい。なお、本体部21の平均横断面積では、0.2～200mm²程度であるのが好ましく、0.5～50mm²程度であるのがより好ましい。

40

【0030】

また、薄肉部22の平均厚さも、特に限定されないが、0.2～6mm程度であるのが好ましく、0.3～3mm程度であるのがより好ましい。なお、薄肉部22の平均横断面積では、0.1～80mm²程度であるのが好ましく、0.2～20mm²程度であるのがより好ましい。

【0031】

かかる構成により、磁歪棒2の軸方向に磁力線を確実に通過させることができるとも

50

に、本体部 2 1 と薄肉部 2 2 との境界部（段差部）における磁歪棒 2 の機械的強度の低下を防止することができる。

【 0 0 3 2 】

また、薄肉部 2 2 には、その厚さ方向に貫通して貫通孔 2 2 1 が形成されている。この貫通孔 2 2 1 に第 1 の連結部 6 のピン 6 2 が挿入され、これにより、磁歪棒 2（複合棒 4）が第 1 の連結部 6 の本体部 6 1 に固定（連結）される。

【 0 0 3 3 】

一方、本体部 2 1 の先端部には、その厚さ方向に貫通して貫通孔 2 1 1 が形成されている。この貫通孔 2 1 1 に第 2 の連結部 7 のピン 7 2 が挿入され、これにより、磁歪棒 2（複合棒 4）が第 2 の連結部 7 の本体部 7 1 に固定（連結）される。

10

【 0 0 3 4 】

磁歪材料のヤング率は、40～100 GPa 程度であるのが好ましく、50～90 GPa 程度であるのがより好ましく、60～80 GPa 程度であるのがさらに好ましい。かかるヤング率を有する磁歪材料で磁歪棒 2 を構成することにより、磁歪棒 2 をより大きく伸縮させることができる。このため、磁歪棒 2 の透磁率をより大きく変化させることができるので、発電素子 1（コイル 5）の発電効率をより向上させることができる。

【 0 0 3 5 】

かかる磁歪材料としては、特に限定されないが、例えば、鉄 - ガリウム系合金、鉄 - コバルト系合金、鉄 - ニッケル系合金等が挙げられ、これらの 1 種または 2 種以上を組み合わせ用いることができる。これらの中でも、鉄 - ガリウム系合金（ヤング率：約 70 GPa）を主成分とする磁歪材料が好適に用いられる。鉄 - ガリウム系合金を主成分とする磁歪材料は、前述したようなヤング率の範囲に設定し易い。

20

【 0 0 3 6 】

また、以上のような磁歪材料は、Y、Pr、Sm、Tb、Dy、Ho、Er、Tm のような希土類金属のうちの少なくとも 1 種を含むのが好ましい。これにより、磁歪棒 2 の透磁率の変化をより大きくすることができる。

【 0 0 3 7 】

かかる磁歪棒 2 には、補強棒 3 が併設され、これらが接合部（接合面）4 1 で互いに接合され、複合棒 4 が構成されている。

【 0 0 3 8 】

30

< < 補強棒 3 > >

補強棒（剛性棒）3 は、非磁性材料で構成されている。これにより、磁力線が発電素子 1（複合棒 4）を通過する際は、磁力線は、補強棒 3 の軸方向に通過することなく、選択的に磁歪棒 2 の軸方向に通過することとなる。

【 0 0 3 9 】

この補強棒 3 は、磁歪棒 2 と同様の形状をなしている。すなわち、補強棒 3 は、長尺の四角柱状をなしており、その先端側に本体部 3 1 と、基端側に厚さが本体部 3 1 より薄い薄肉部 2 2 とを備えている。補強棒 3（複合棒 4）は、この薄肉部 3 2 において第 1 の連結部 6 と連結されている。一方、補強棒 3（複合棒 4）は、その先端部において第 2 の連結部 7 に連結されている。

40

【 0 0 4 0 】

本実施形態では、補強棒 3 は、本体部 3 1 の厚さ（横断面積）が軸方向に沿ってほぼ一定となっている。本体部 3 1 の平均厚さ（平均横断面積）は、特に限定されないが、前記磁歪棒 2 の本体部 2 1 の平均厚さ（平均横断面積）と同等とすることができる。また、薄肉部 3 2 の平均厚さ（平均横断面積）も、特に限定されないが、前記磁歪棒 2 の薄肉部 2 2 の平均厚さ（平均横断面積）と同等とすることができる。

【 0 0 4 1 】

これにより、複合棒 4（発電素子 1）が大型化するのを防止しつつ、補強棒 3 により磁歪棒 2 により適切な応力を付与することができる。また、本体部 3 1 と薄肉部 3 2 との境界部（段差部）における補強棒 3 の機械的強度の低下を防止することもできる。

50

【 0 0 4 2 】

また、薄肉部 3 2 には、その厚さ方向に貫通して貫通孔 3 2 1 が形成されている。この貫通孔 3 2 1 に第 1 の連結部 6 のピン 6 2 が挿入され、これにより、補強棒 3 (複合棒 4) が第 1 の連結部 6 の本体部 6 1 に固定 (連結) される。

【 0 0 4 3 】

一方、本体部 3 1 の先端部には、その厚さ方向に貫通して貫通孔 3 1 1 が形成されている。この貫通孔 3 1 1 に第 2 の連結部 7 のピン 7 2 が挿入され、これにより、補強棒 3 (複合棒 4) が第 2 の連結部 7 の本体部 7 1 に固定 (連結) される。

【 0 0 4 4 】

補強棒 3 を構成する非磁性材料のヤング率と、磁歪棒 2 を構成する磁歪材料のヤング率とは、異なってもよいが、ほぼ等しいことが好ましい。これにより、複合棒 4 の全形状に係らず、複合棒 4 において上下方向の剛性を均一にすることができ、複合棒 4 の基端に対して先端を、その軸方向とほぼ垂直な方向へ円滑かつ確実に変位させることができる。具体的には、非磁性材料のヤング率は、40 ~ 100 GPa 程度であるのが好ましく、50 ~ 90 GPa 程度であるのがより好ましく、60 ~ 80 GPa 程度であるのがさらに好ましい。

【 0 0 4 5 】

かかる非磁性材料としては、特に限定されないが、例えば、金属材料、半導体材料、セラミックス材料、樹脂材料等が挙げられ、これらの 1 種または 2 種以上を組み合わせることができる。なお、樹脂材料を用いる場合には、樹脂材料中にフィラーを添加することが好ましい。これらの中でも、金属材料を主成分とする非磁性材料を用いるのが好ましく、アルミニウム、マグネシウム、亜鉛、銅およびこれらを含む合金のうちの少なくとも 1 種を主成分とする非磁性材料を用いるのがより好ましい。

【 0 0 4 6 】

なお、アルミニウムおよびその合金のヤング率は、約 70 GPa、マグネシウムおよびその合金のヤング率は、約 40 GPa、亜鉛およびその合金のヤング率は、約 80 GPa、銅およびその合金 (黄銅) のヤング率は、約 80 GPa である。これらの金属材料は、安価であるものの、磁歪棒 2 に適切な応力を付与し得る補強棒 3 を得ることができるので、発電素子 1 の製造コストの削減に寄与する。

【 0 0 4 7 】

かかる補強棒 3 の本体部 3 1 と磁歪棒 2 の本体部 2 1 とが、接合部 4 1 において互いに接合されて一体化されている。

【 0 0 4 8 】

この補強棒 3 と磁歪棒 2 との接合方法 (接合部 4 1 の形成方法) としては、例えば、超音波接合、固相状態のインサート金属を介して行う固相拡散接合、液相状態のインサート金属を介して行う液相拡散接合 (TLP 接合) のような拡散接合、エポキシ系接着剤等の樹脂系接着剤を用いた接着、金、銀、銅、ニッケル合金等の金属ろう材を用いたろう接等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせることができる。

【 0 0 4 9 】

このように補強棒 3 と磁歪棒 2 とを一体化して複合棒 4 を構成することにより、図 5 に示すように複合棒 4 の先端を下方に変位させると、磁歪棒 2 に一様な圧縮応力を生じさせることができる。また、図示しないが、複合棒 4 の先端を上方に変位させると、磁歪棒 2 に一様な引張応力を生じさせることができる。

【 0 0 5 0 】

このため、高価な磁歪材料の体積当たりの発電に寄与する割合を高めることができるので、発電素子 1 の軽量化、小型化、低価格化を図ることができる。

【 0 0 5 1 】

複合棒 4 の接合部 4 1 に対応する部分の外周には、接合部 4 1 を囲むように、コイル 5 が配置されている。

【 0 0 5 2 】

<< コイル 5 >>

コイル 5 は、線材 5 2 を接合部 4 1 の外周に巻回することにより構成されている。これにより、コイル 5 は、磁歪棒 2 を通過している磁力線が、その軸方向に通過する（内腔部を貫く）ように配設されている。このコイル 5 には、磁歪棒 2 の透磁率の変化、すなわち、磁歪棒 2 を通過する磁力線の密度（磁束密度）の変化に基づいて、電圧が発生する。

【 0 0 5 3 】

かかる構成によれば、コイル 5 の体積に制限がなくなるため、発電効率、負荷インピーダンス、目標とする電圧値、目標とする電流値等に応じて、コイル 5 を構成する線材の巻き数、線材の横断面積（線径）等の選択の幅が広がる。

【 0 0 5 4 】

線材 5 2 としては、特に限定されないが、例えば、銅製の基線に絶縁被膜を被覆した線材や、銅製の基線に融着機能を付加した絶縁被膜を被覆した線材等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができる。

【 0 0 5 5 】

線材 5 2 の巻き数は、線材 5 2 の横断面積等に応じて適宜設定され、特に限定されないが、100～500 程度であるのが好ましく、150～450 程度であるのがより好ましい。

【 0 0 5 6 】

また、線材 5 2 の横断面積は、 $5 \times 10^{-4} \sim 0.126 \text{ mm}^2$ 程度であるのが好ましく、 $2 \times 10^{-3} \sim 0.03 \text{ mm}^2$ 程度であるのがより好ましい。

【 0 0 5 7 】

なお、線材 5 2 の横断面形状は、例えば、三角形、正方形、長方形、六角形のような多角形、円形、楕円形等のいかなる形状であってもよい。

複合棒 4 の基端には、第 1 の連結部 6 が設けられている。

【 0 0 5 8 】

<< 第 1 の連結部 6 >>

第 1 の連結部 6 は、発電素子 1 を筐体等に固定するための固定部として機能する。第 1 の連結部 6 を介して発電素子 1 を固定することにより、複合棒 4 は、その基端を固定端、先端を可動端として片持ち支持される。この第 1 の連結部 6 は、本体部 6 1 とピン 6 2 とで構成されている。

【 0 0 5 9 】

本体部 6 1 は、その上面および下面のほぼ中央部に、先端から基端に貫通する溝 6 1 1、6 1 2 が形成されたブロック体で構成されている。すなわち、本体部 6 1 は、基端（または先端）から見たときに H 字状をなしている。また、本体部 6 1 には、溝 6 1 1、6 1 2 の中央部に対応する位置に、厚さ方向に貫通する貫通孔 6 1 3 が形成されている。

【 0 0 6 0 】

発電素子 1 を組み立てる際には、溝 6 1 1 に補強棒 3 の薄肉部 3 2 が挿入されるとともに、溝 6 1 2 に磁歪棒 2 の薄肉部 2 2 が挿入され、貫通孔 3 2 1、貫通孔 6 1 3 および貫通孔 2 2 1 にわたってピン 6 2 が挿通され、これにより、複合棒 4 が第 1 の連結部 6 に対して固定される。

【 0 0 6 1 】

本実施形態では、ピン 6 2 は、円柱状部材で構成されており、磁歪棒 2、補強棒 3 および本体部 6 1 に対して、例えば、嵌合、カシメ、溶接、接着剤による接着等の方法により固定されている。なお、ピン 6 2 は、磁歪棒 2、補強棒 3 および本体部 6 1 に対して螺合する螺子で構成されてもよい。

一方、複合棒 4 の先端部には、第 2 の連結部 7 が設けられている。

【 0 0 6 2 】

<< 第 2 の連結部 7 >>

第 2 の連結部 7 は、複合棒 4 に対して外力や振動を付与する部位である。第 2 の連結部 7 に対して、図 4 の上または下への外力、または、上下方向の振動を付与すると、複合棒

10

20

30

40

50

4 は、その基端を固定端とし、先端が上下方向に往復動（先端が基端に対して相対的に変位）する。この第 2 の連結部 7 は、本体部 7 1 とピン 7 2 とで構成されている。

【0063】

本体部 7 1 は、その先端から基端に貫通する挿入部 7 1 1 が形成されたブロック体で構成されている。すなわち、本体部 7 1 は、四角筒状をなしている。また、本体部 7 1 の上面および下面の中央部には、厚さ方向に貫通する貫通孔 7 1 2、7 1 3 が形成されている。

【0064】

発電素子 1 を組み立てる際には、挿入部 7 1 1 に複合棒 4 の先端部が挿入され、貫通孔 7 1 2、貫通孔 3 1 1、貫通孔 2 1 1 および貫通孔 7 1 3 にわたってピン 7 2 が挿通され、これにより、複合棒 4 が第 2 の連結部 7 に対して固定される。

10

【0065】

本実施形態では、ピン 7 2 は、円柱状部材で構成されており、磁歪棒 2、補強棒 3 および本体部 7 1 に対して、例えば、嵌合、カシメ、溶接、接着剤による接着等の方法により固定されている。なお、ピン 7 2 は、磁歪棒 2、補強棒 3 および本体部 7 1 に対して螺合する螺子で構成されてもよい。

【0066】

本体部 6 1、7 1 の構成材料としては、それぞれ、複合棒 4 を確実に固定することができ、複合棒 4（特に、磁歪棒 2）に対して、一様な応力を付与し得る十分な剛性を備え、かつ、磁歪棒 2 にバイアス磁界を付与し得る強磁性を備える材料であれば、特に限定されない。上記の特性を備える材料としては、例えば、純鉄（例えば、JIS S U Y）、軟鉄、炭素鋼、電磁鋼（ケイ素鋼）、高速度工具鋼、構造鋼（例えば、JIS S S 4 0 0）、ステンレスマーマロイ等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせ用いることができる。

20

【0067】

また、ピン 6 2、7 2 の構成材料としては、それぞれ、本体部 6 1、7 1 の構成材料と同様の材料の他、例えば、樹脂材料、セラミックス材料等を用いることもできる。

【0068】

複合棒 4 の右側方には、磁歪棒 2 にバイアス磁界を印加する磁界印加機構 8 が設けられている。

30

【0069】

<< 磁界印加機構 8 >>

磁界印加機構 8 は、図 1 および図 2 に示すように、本体部 6 1 の右側方に固定された永久磁石 8 1 と、本体部 7 1 の右側方に固定された永久磁石 8 2 と、永久磁石 8 1 と永久磁石 8 2 とを接続する平板状のヨーク 8 3 とで構成されている。

【0070】

図 3 に示すように、永久磁石 8 1 は、S 極を本体部 6 1 側に、N 極をヨーク 8 3 側にして配置され、永久磁石 8 2 は、N 極を本体部 7 1 側に、S 極をヨーク 8 3 側にして配置されている。これにより、発電素子 1 には、反時計回りの磁界ループが形成されている。

【0071】

40

ヨーク 8 3 の構成材料としては、例えば、本体部 6 1、7 1 の構成材料と同様の材料を用いることができる。また、永久磁石 8 1、8 2 には、例えば、アルニコ磁石、フェライト磁石、ネオジム磁石、サマリウムコバルト磁石や、それらを粉碎して樹脂材料やゴム材料に混練した複合素材を成形してなる磁石（ボンド磁石）等を用いることができる。なお、ヨーク 8 3 は、永久磁石 8 1、8 2 とともに、例えば、接着剤等による接着により固定されるのが好ましい。

【0072】

このような発電素子 1 では、第 1 の連結部 6 を、例えば筐体等に固定した状態（図 3 参照）から、第 2 の連結部 7 を下方に向かって変位（回動）させると、すなわち、複合棒 4 の基端に対して先端を下方に向かって変位させると、磁歪棒 2 が軸方向に圧縮されるよう

50

に変形する。一方、第2の連結部7を上方に向かって変位（回動）させると、すなわち、複合棒4の基端に対して先端を上方に向かって変位させると、磁歪棒2が軸方向に伸長されるように変形する。その結果、逆磁歪効果により磁歪棒2の透磁率が変化して、磁歪棒2を通過する磁力線の密度（コイル5の内腔部を軸方向に貫く磁力線の密度）が変化する。これにより、コイル5に電圧が発生する。

【0073】

特に、本発明では、磁歪棒2に一樣な応力（圧縮応力または引張応力）を生じさせることができる。このため、発電素子1の発電効率を向上することができる。また、磁歪材料の体積当たりの発電に寄与する割合を高めることができるので、発電素子1の軽量化、小型化、低価格化にも寄与する。

10

【0074】

< 第2実施形態 >

次に、本発明の発電素子の第2実施形態について説明する。

【0075】

図6は、本発明の発電素子の第2実施形態を示す縦断面図である。

なお、以下の説明では、図6中の上側を「上」または「上方」と言い、図6中の下側を「下」または「下方」と言う。また、図6中の右側を「先端」と言い、左側を「基端」と言う。

【0076】

以下、第2実施形態の発電素子について、前記第1実施形態の発電素子との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

20

【0077】

第2実施形態の発電素子1では、複合棒4の全体形状が異なり、それ以外は、前記第1実施形態の発電素子1と同様である。すなわち、図6に示すように、第2実施形態の複合棒4の縦断面における厚さ（複合棒4の横断面積）が基端から先端に向かって連続的に減少している。

【0078】

このように、複合棒4を、その厚さが固定側において大きく、可動側において小さくなるようなテーパ状とすることにより、磁歪棒2に生じる応力の分布をより確実に制御することができ、磁歪棒2の軸方向に対して、より均一に応力を付与することができる。このため、磁歪棒2の透磁率の変化量をより大きくすることができ、発電素子1の発電効率をより向上することができる。また、磁歪棒2に付与される応力がより均一となることで、磁歪棒2の外力や振動に対する耐久性も向上することができる。

30

【0079】

かかる第2実施形態の発電素子1によっても、前記第1実施形態の発電素子1と同様の作用・効果を生じる。

【0080】

なお、複合棒4は、その横断面積が基端から先端に向かって段階的に減少するような構成であってもよい。

【0081】

40

< 第3実施形態 >

次に、本発明の発電素子の第3実施形態について説明する。

【0082】

図7は、本発明の発電素子の第3実施形態を示す縦断面図である。

なお、以下の説明では、図7中の上側を「上」または「上方」と言い、下側を「下」または「下方」と言う。また、図7中の右側を「先端」と言い、左側を「基端」と言う。

【0083】

以下、第3実施形態の発電素子について、前記第1および第2実施形態の発電素子との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0084】

50

第3実施形態の発電素子1では、磁歪棒2の本体部21の厚さと補強棒3の本体部31の厚さとの関係が異なり、それ以外は、前記第2実施形態の発電素子1と同様である。すなわち、図7に示すように、第3実施形態の複合棒4は、接合部41において、補強棒3の厚さ（横断面積）が基端から先端に向かって連続的に減少し、かつ、磁歪棒2の厚さ（横断面積）が基端から先端に向かってほぼ一定である。

【0085】

複合棒4全体において生じる応力が最も一様で、かつ、高くなる部位は、複合棒の変位方向における表面付近に集中する。したがって、当該部分に、厚さ（横断面積）が軸方向に対してほぼ一定の磁歪棒2を配置することにより、高価な磁歪材料の使用量を減少させることができるので、発電素子1の製造コストをさらに削減することができる。

10

【0086】

このような構成にすることにより、比較的複雑な形状の補強棒3を、例えば、プレス加工、鍛造、鋳造等の方法を用いて形成することができる。一方、比較的単純な形状の磁歪棒2を、例えば、切削加工、レーザー加工等の方法を用いて形成することができる。

【0087】

ここで、磁歪材料（例えば、鉄-ガリウム系合金）は、ある程度の延性を有するので、切削加工、レーザー加工等の方法を用いて形成することは容易であるが、曲げ加工、鍛造加工やプレス加工は若干難しい。また、曲げ加工、鍛造加工やプレス加工による残留応力は、磁歪棒2の逆磁歪効果に影響を与えるので、加工条件等によっては、磁歪棒2の磁力線を透過する能力が低下するおそれがある。したがって、磁歪棒2は、可能な限りシンプルな形状が好ましく、ほぼ均一な厚さを有する平板状は特に好ましい形状である。本実施形態では、この平板状の磁歪棒2を用いるため、発電素子1の組立性や、磁歪棒2の加工性を向上することができる。

20

【0088】

このように、本実施形態では、磁歪材料の使用量を最小にしつつも、その効果を最大限に発揮し得る発電素子1を得ることができる。

【0089】

また、磁歪棒2の横断面積の平均値を A [mm^2]とし、補強棒3の横断面積の平均値を B [mm^2]としたとき、 B/A が0.8以上であるのが好ましく、1以上であるのがより好ましく、1.2以上であるのがさらに好ましい。これにより、発電素子1の製造コストをより確実に低減しつつ、発電素子1の発電効率をより向上することができる。

30

【0090】

かかる第3実施形態の発電素子1によっても、前記第1および第2実施形態の発電素子1と同様の作用・効果を生じる。

【0091】

< 第4実施形態 >

次に、本発明の発電素子の第4実施形態について説明する。

【0092】

図8は、本発明の発電素子の第4実施形態を示す縦断面図である。

なお、以下の説明では、図8中の上側を「上」または「上方」と言い、下側を「下」または「下方」と言う。また、図8中の右側を「先端」と言い、左側を「基端」と言う。

40

【0093】

以下、第4実施形態の発電素子について、前記第1～第3実施形態の発電素子との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0094】

第4実施形態の発電素子1では、コイル5の配置位置および構成が異なり、それ以外は、前記第3実施形態の発電素子1と同様である。すなわち、図8に示すように、第4実施形態の発電素子1では、コイル5が、複合棒4の接合部41の外周側に、複合棒4を囲むように配置されたボビン51と、このボビン51に巻回された線材52とで構成されている。

50

【0095】

ボビン51は、四角筒体で構成され、第1の連結部6の本体部61の先端面に、例えば、融着、溶接、接着剤による接着等の方法により固定されている。このため、本実施形態では、ボビン51の内側において、複合棒4がコイル5から独立して変位することができる。したがって、複合棒4を変位させても、コイル5を構成する線材が変形することがない。その結果、コイル5の耐久性を向上することができる。

【0096】

また、ボビン51を構成する四角筒体は、横断面積がほぼ一定の内腔部を備えるため、複合棒4とボビン51の間には、先端側に向かって徐々に離間距離が大きくなる空隙511が形成されている。なお、この空隙511は、複合棒4を振動により変位させる場合、ボビン51と振動する複合棒4とが干渉しないようなサイズ、すなわち、複合棒4の振幅より大きいサイズを有するよう設定される。これにより、発電素子1は、効率よく発電することができる。

10

【0097】

ボビン51の構成材料としては、例えば、補強棒3の構成材料と同様の材料を用いることができる。

【0098】

かかる第4実施形態の発電素子1によっても、前記第1～第3実施形態の発電素子1と同様の作用・効果を生じる。

20

【0099】

なお、コイル5の線材52を固定して一体化することにより、ボビン51を省略してもよい。また、空隙511は、複合棒4とボビン51の間であって、接合部41の全体（全長）にわたって形成されていてもよい。

【0100】

< 第5実施形態 >

次に、本発明の発電素子の第5実施形態について説明する。

【0101】

図9は、本発明の発電素子の第5実施形態を示す斜視図である。

なお、以下の説明では、図9中の上側を「上」または「上方」と言い、下側を「下」または「下方」と言う。また、図9中の右側を「先端」と言い、左側を「基端」と言う。

30

【0102】

以下、第5実施形態の発電素子について、前記第1～第4実施形態の発電素子との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0103】

第5実施形態の発電素子1では、コイル5の配置位置が異なり、それ以外は、前記第1実施形態の発電素子1と同様である。すなわち、図9に示すように、第5実施形態の発電素子1では、コイル5は、複合棒4の外周ではなく、ヨーク83の外周に線材52を巻回することにより構成されている。すなわち、コイル5は、磁歪棒2を通過した後の磁力線が、その軸方向に通過する（内腔部を貫く）ように配設されている。

40

【0104】

かかる第5実施形態の発電素子1によっても、前記第1～第4実施形態の発電素子1と同様の作用・効果を生じる。

【0105】

以上のような発電素子は、送信器用電源、センサーネットワーク用電源、住宅照明用無線スイッチ、車両の各部の状態を監視するシステム（例えば、タイヤ空気圧センサー、シートベルト装着検知センサー）、住宅セキュリティ用システム（特に、窓やドアの操作検知を無線で知らせるシステム）等に用いることができる。

【0106】

以上、本発明の発電素子を図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、各構成は、同様の機能を発揮し得る任意のものと置換することが

50

でき、あるいは、任意の構成のものを付加することができる。

例えば、前記第１～第５実施形態の任意の構成を組み合わせることもできる。

【０１０７】

また、２つの永久磁石のうち一方を省略することもでき、永久磁石の一方または双方を電磁石に置き換えることもできる。さらに、本発明の発電素子は、双方の永久磁石を省略し、外部磁場（外部磁界）を用いて発電する構成とすることもできる。

【０１０８】

また、前記各実施形態において、磁歪棒および補強棒は、いずれも、その横断面形状が長方形をなしているが、例えば、円形状、楕円形状、三角形状、正形状、六角形状のような多角形状であってもよい。ただし、磁歪棒と補強棒との接合強度を確保する観点からは、磁歪棒および補強棒の双方が平坦な接合面を有する形状、特に、長方形形状が好ましい。

【符号の説明】

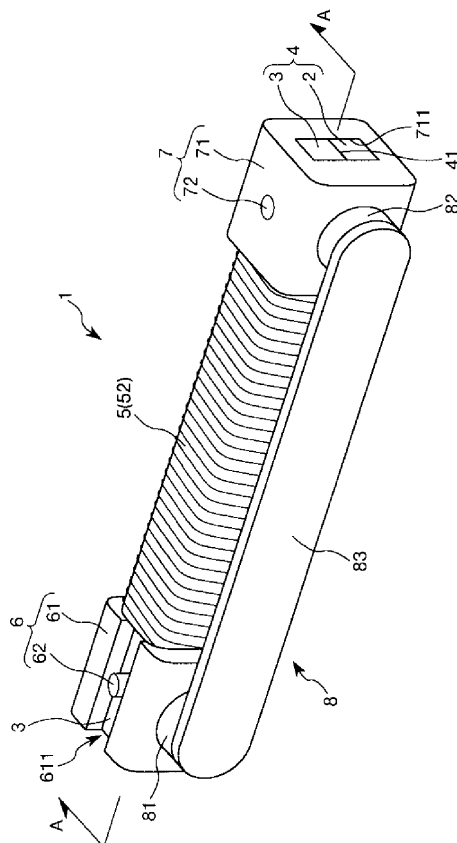
【０１０９】

１…発電素子 ２…磁歪棒 ２１…本体部 ２１１…貫通孔 ２２…薄肉部 ２２１…貫通孔 ３…補強棒 ３１…本体部 ３１１…貫通孔 ３２…薄肉部 ３２１…貫通孔 ４…複合棒 ４１…接合部 ５…コイル ５１…ボビン ５２…線材 ５１１…空隙 ６…第１の連結部 ６１…本体部 ６１１、６１２…溝 ６１３…貫通孔 ６２…ピン ７…第２の連結部 ７１…本体部 ７１１…挿入部 ７１２、７１３…貫通孔 ７２…ピン ８…磁界印加機構 ８１、８２…永久磁石 ８３…ヨーク

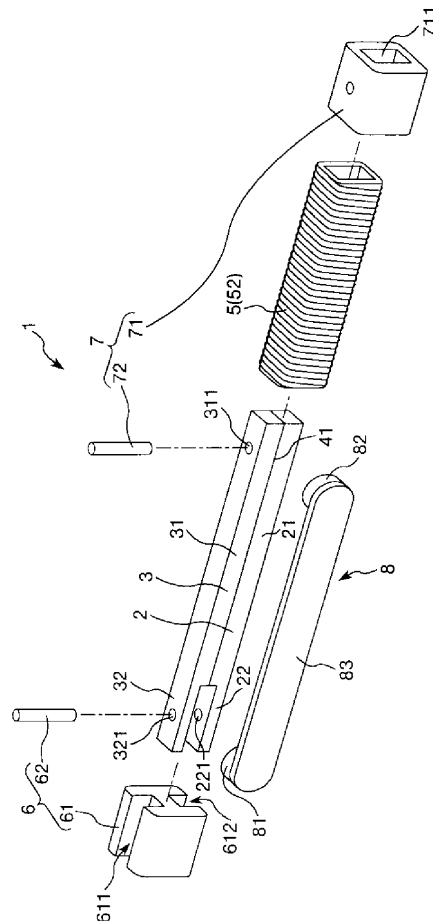
10

20

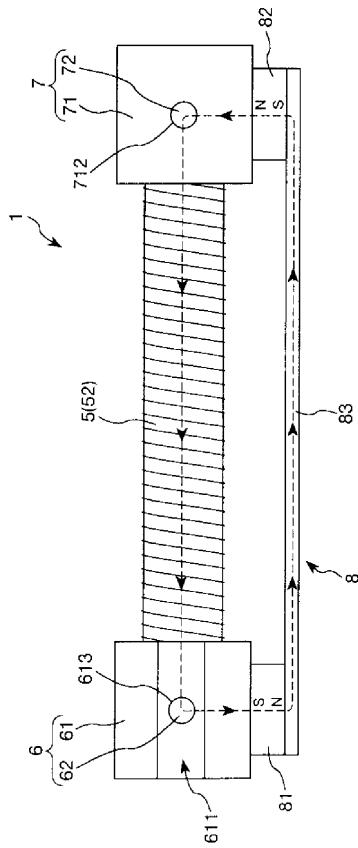
【図１】



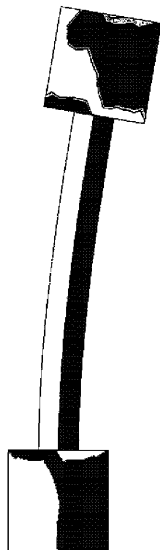
【図２】



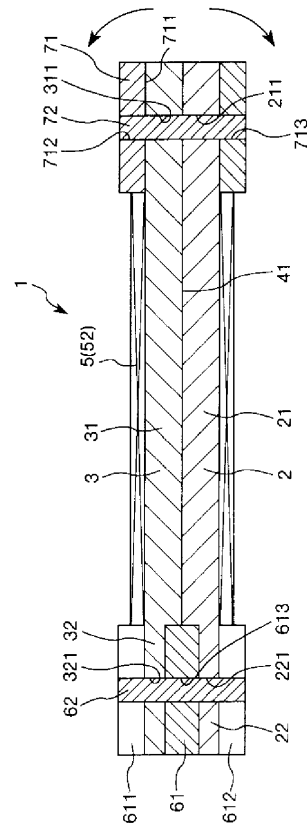
【図 3】



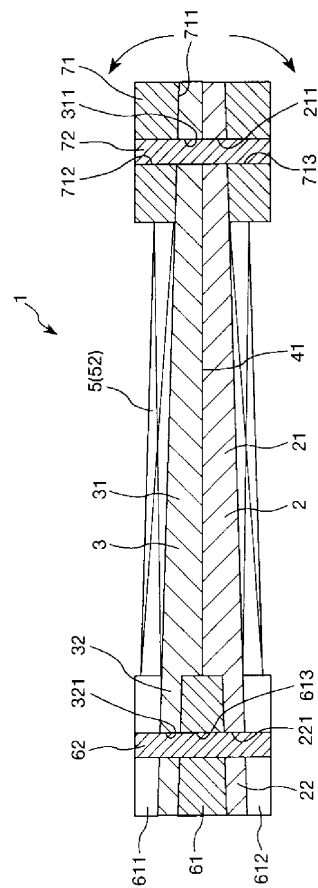
【図 5】



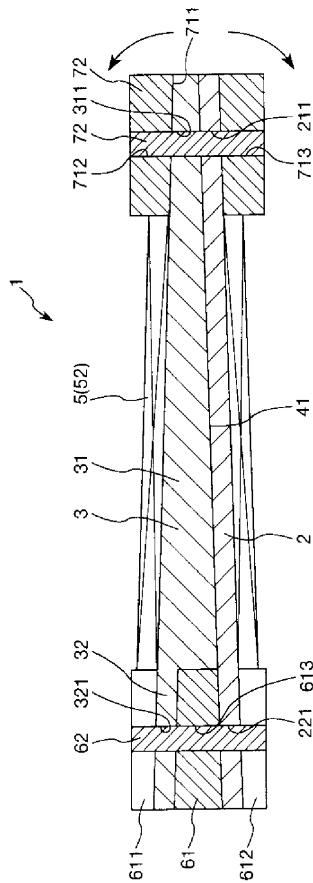
【図 4】



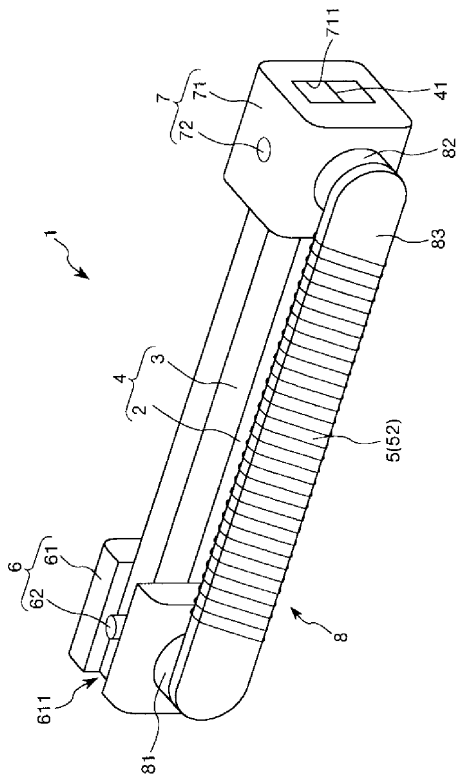
【図 6】



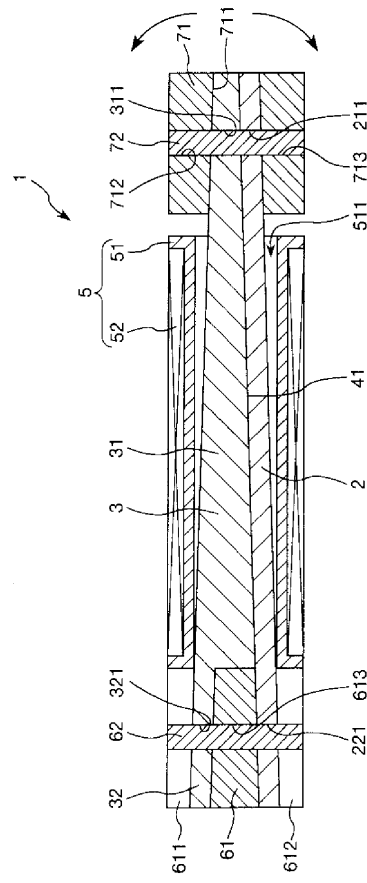
【図 7】



【図 9】



【図 8】



【図 10】

