【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第６部門第１区分
【発行日】令和6年2月1日(2024.2.1)

【国際公開番号】WO2022/230652
【出願番号】特願2023-517420(P2023-517420)
【国際特許分類】
Ｇ０１Ｄ　5/245(2006.01)
Ｈ０１Ｆ　5/00(2006.01)
【ＦＩ】
Ｇ０１Ｄ　5/245　　Ｗ
Ｇ０１Ｄ　5/245１１０Ｌ
Ｈ０１Ｆ　5/00　　Ｒ

【手続補正書】
【提出日】令和5年9月22日(2023.9.22)
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、発電素子、エンコーダ、磁性部材の製造方法および信号取得方法に関し、特に、大バルクハウゼン効果を利用した発電素子、エンコーダ、磁性部材の製造方法および信号取得方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、モータの回転等を検出するためのエンコーダにおいて、バッテリを用いずに回転を検出するために、大バルクハウゼン効果を利用した発電素子が用いられたエンコーダが知られている（例えば、特許文献１）。このような発電素子は、例えば、大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材にコイルが巻回された構成を有する。大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材は、外部磁界の変化によって磁束密度が急激に変化するため、磁束密度の急激な変化により磁性部材に巻回されたコイルに電力が生じる。エンコーダは、このような電力による電気信号を用いて、モータの回転等を検出する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０１２－１９８０６７号公報
【特許文献２】特開２０１９－１３２６９８号公報
【発明の概要】
【０００４】
上述のエンコーダにおいて、発電素子によって発電される電力のばらつきが大きい場合には、精度良くモータの回転等を検出できない場合が生じる。
【０００５】
本開示は、このような問題を解決するためになされたものであり、発電電力のばらつきを低減できる発電素子、エンコーダ、磁性部材の製造方法および信号取得方法を提供することを目的とする。
【０００６】

上記目的を達成するために、本開示の一態様に係る発電素子は、外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と、前記磁性部材に巻回されたコイルと、を備える。前記磁性部材は、第１感磁性部と、前記第１感磁性部よりも軟磁性である第２感磁性部と、を有する。前記第１感磁性部は、前記コイルの巻回軸方向に磁化しており、前記外部磁界の方向の変化によって磁化方向が変化しない。

【０００７】

また、本開示の他の一態様に係る発電素子は、外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と、前記磁性部材に巻回されたコイルと、を備える。前記磁性部材は、３以上の感磁性層が積層された構造を有する。前記３以上の感磁性層のそれぞれの保磁力は、積層方向の並び順で高くなる。

【０００８】

また、本開示の他の一態様に係る発電素子は、外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と、前記磁性部材に巻回されたコイルと、を備える。前記磁性部材は、前記コイルの巻回軸方向に延在する第１感磁性部と、前記第１感磁性部よりも軟磁性であり、前記第１感磁性部と前記コイルの巻回軸方向と交差する方向に並ぶ第２感磁性部と、を有する。前記第１感磁性部は、前記コイルの巻回軸方向において、両端それぞれから中央に向かうにつれて、前記コイルの巻回軸方向と直交する方向に切断した場合の断面積が大きくなる。

【０００９】

また、本開示の他の一態様に係る発電素子は、外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と、前記磁性部材に巻回されたコイルと、を備える。前記磁性部材は、ワイヤ状または膜状の第１感磁性部と、前記コイルの巻回軸方向と交差する方向から前記第１感磁性部を被覆し、前記外部磁界によって磁化しない非磁性部と、前記非磁性部における前記第１感磁性部側とは反対側から前記非磁性部を被覆し、前記第１感磁性部と異なる磁気特性を有する第２感磁性部と、を有する。

【００１０】

また、本開示の他の一態様に係るエンコーダは、回転軸とともに回転する磁石と、前記磁石が回転することによる、前記磁石によって形成される磁界の変化によって電気信号を生成する上記態様のいずれかに係る発電素子と、を備える。

【００１１】

また、本開示の他の一態様に係る磁性部材の製造方法は、発電素子に用いられ、大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材の製造方法であって、同一の磁性材料で構成される複数の薄膜を、各薄膜の成膜ごとに温度を上げながらまたは下げながら順次成膜することで積層する工程と、積層された前記複数の薄膜を冷却する工程と、を含む。

【００１２】

また、本開示の他の一態様に係る磁性部材の製造方法は、発電素子に用いられ、大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材の製造方法であって、ワイヤ状または膜状の磁性体を準備する工程と、前記磁性体の表面に、前記磁性体の保磁力を高める元素をドーピングする工程と、を含む。

【００１３】

また、本開示の他の一態様に係る信号取得方法は、外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と前記磁性部材に巻回されたコイルとを備える発電素子が生成する電気信号を取得する信号取得方法であって、前記発電素子に印加される前記外部磁界が繰り返し変化することによって前記発電素子が生成する電気信号を取得するステップと、前記電気信号の取得中または取得前に、前記磁性部材を脱磁するステップと、を含む。

【００１４】

本開示によれば、発電電力のばらつきを低減できる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】図１は、大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材の模式的なＢＨ曲線の例を示す図である。
【図２】図２は、実施の形態１に係るエンコーダの概略構成を示す断面図である。
【図３】図３は、実施の形態１に係るエンコーダにおける磁石の上面図である。
【図４】図４は、実施の形態１に係る発電素子の概略構成を示す断面図である。
【図５】図５は、実施の形態１に係る磁性部材の模式的なＢＨ曲線の例を示す図である。
【図６】図６は、実施の形態１の変形例１に係るエンコーダの概略構成を示す断面図である。
【図７】図７は、実施の形態１の変形例１に係るエンコーダにおける磁石の上面図である。
【図８】図８は、実施の形態１の変形例１に係る発電素子の概略構成を示す断面図である。
【図９Ａ】図９Ａは、発電素子がバイアス磁石を備えない場合の磁性部材の磁化挙動の変化を説明するための図である。
【図９Ｂ】図９Ｂは、発電素子がバイアス磁石を備える場合のバイアス磁石による磁性部材の磁化挙動の変化を説明するための図である。
【図１０】図１０は、実施の形態２に係る発電素子の概略構成を示す断面図である。
【図１１】図１１は、実施の形態２に係る磁性部材の製造方法のフローチャートである。
【図１２】図１２は、実施の形態３に係る磁性部材の概略構成を示す断面図および上面図を示す図である。
【図１３】図１３は、実施の形態３に係る磁性部材の製造方法例のフローチャートである。
【図１４】図１４は、実施の形態４に係る磁性部材の概略構成を示す断面図である。
【図１５】図１５は、実施の形態５に係る磁性部材の概略構成を示す断面図である。
【図１６】図１６は、実施の形態６に係るエンコーダの概略構成を示す断面図である。
【図１７】図１７は、実施の形態６に係るエンコーダの動作例のフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００１６】
（本開示の一態様を得るに至った経緯）
上述の大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材には、例えば、ウィーガンドワイヤなどの、径方向における中心部分と外周部分とで磁気特性の異なる複合磁気ワイヤが用いられる。ウィーガンドワイヤは、一般的に、ワイヤ状の磁性材料を捻ることによって中心部分と外周部分とで異なる応力が印加されることで製造される。このように異なる応力が印加された結果、中心部分と外周部分とで残留応力が異なるため、外周部分と中心部分とが異なる磁気特性になる。ウィーガンドワイヤでは、中心部分および外周部分のうちの一方が軟磁性であり他方が硬磁性である。
【００１７】
ここで、大バルクハウゼン効果について説明する。図１は、大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材の模式的なＢＨ曲線の例を示す図である。図１では、外周部分が中心部分よりも軟磁性である複合磁気ワイヤを磁性部材として用いた例が示されている。また、図１は、ワイヤの長手方向において、印加される磁界の方向が変化する場合の図である。また、図１の（１）から（６）には、磁化の方向を矢印で示した磁性部材が模式的に示されている。破線の矢印が軟磁性である外周部分の磁化の方向を示しており、実線の矢印が硬磁性である中心部分の磁化の方向を示している。なお、図１において、磁化の方向を示す矢印は、磁化の方向のみを示しており、磁化の大きさとは関係なく同じ大きさの矢印で磁化の方向が示されている。
【００１８】
磁性部材の長手方向に沿って一定以上の大きさの磁界が磁性部材に印加されると、図１の（１）に示されるように、磁性部材の中央部分および外周部分は、同じ方向に磁化される。図１の（ｉ）のように磁界の方向が変化しても、ある程度の磁界の変化までは、硬磁

性の中心部分の影響で軟磁性の外周部分の磁化方向は変化しない。磁界の変化が閾値を超えた破線Ｊａで囲まれた箇所で、図１の（２）および（３）に示されるように、軟磁性の外周部分の磁化方向が一気に反転する。この現象は大バルクハウゼンジャンプとも呼ばれる。これにより、磁性部材の磁束密度が急激に変化し、磁性部材に巻回されたコイルに電力（発電パルス）が生じる。さらに磁界を変化させると、図１の（４）に示されるように、中心部分の磁化方向も逆転し、図１の（１）とは逆方向に磁性部材が磁化される。この場合も、図１の（ｉｉ）のように磁界の方向を変化させ、磁界の変化が閾値を超えた破線Ｊｂで囲まれた箇所で、図１の（５）および（６）に示されるように、外周部分の磁化方向が一気に反転する。これにより、磁性部材の磁束密度が急激に変化し、磁性部材に巻回されたコイルに再び電力（発電パルス）が生じる。このような発電パルスを検出することで、発電素子をエンコーダに利用することができる。図１に示される例の場合、１往復の磁界の方向の変化で、磁界の方向が２回反転するため、２回の発電パルスが生成する。

【００１９】

このような磁性部材を用いる発電素子において、繰り返し発電パルスを検出する場合に、発電パルスにおける発電電力がばらつく場合が生じる。例えば、５０００回の発電パルスを検出した場合、発電電力の平均値に対して、標準偏差の１０倍（いわゆる１０σ）以上の差がある発電電力の発電パルスが検出される場合もある。

【００２０】

例えば、特許文献２には、所定の条件でワイヤ状の磁性材料を捻ることで製造された磁性部材を発電素子に用いることで、発電する電力のばらつきを低減できる技術が開示されている。しかしながら、特許文献２に開示されている技術では、捻る条件の制御の精度によっては、十分に発電電力のばらつきを低減できない可能性がある。また、特許文献２に開示されている技術では、磁性材料を捻る条件のばらつきに起因する発電電力のばらつきしか低減できない。例えば、発明者らは、外部磁界の影響で、磁性部材の硬磁性部に磁束の偏りが生じることによって発電電力がばらつく可能性があることを見出した。

【００２１】

そこで、本開示では、上記問題を鑑み、発電電力のばらつきを低減できる発電素子、エンコーダ、磁性部材の製造方法および信号取得方法を提供する。

【００２２】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。したがって、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及び接続形態等は、一例であって本開示を限定する主旨ではない。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本開示の独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

【００２３】

なお、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。したがって、各図において縮尺などは必ずしも一致していない。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化する。

【００２４】

また、本明細書において、平行などの要素間の関係性を示す用語、および、矩形などの要素の形状を示す用語、ならびに、数値範囲は、厳格な意味のみを表す表現ではなく、実質的に同等な範囲、例えば数％程度の差異をも含むことを意味する表現である。

【００２５】

（実施の形態１）

実施の形態１に係るエンコーダ１および発電素子１００について説明する。

【００２６】

図２は、本実施の形態に係るエンコーダ１の概略構成を示す断面図である。図３は、本実施の形態に係るエンコーダ１における磁石１０の上面図である。なお、図２において、発電素子１００の筐体１９０に収容されている磁性部材１１０およびコイル１３０が破線

で模式的に示されている。また、見やすさのため、図３においては、磁石１０、回転軸３０ならびに発電素子１００における磁性部材１１０およびコイル１３０以外の図示は省略されている。これらは、以下で説明するエンコーダおよび磁石の図についても同様である。

【００２７】

図２に示されるエンコーダ１は、例えば、サーボモータ等のモータと組み合わせて用いられるロータリーエンコーダである。また、エンコーダ１は、例えば、発電方式のアブソリュートエンコーダである。エンコーダ１は、発電素子１００が生成する電気信号に基づいて、例えばモータ等の回転軸３０の回転角、回転量および回転数等を検出する。エンコーダ１は、磁石１０と、回転板２０と、基板４０と、制御回路５０と、メモリ６０と、発電素子１００とを備える。エンコーダ１では、発電素子１００が、磁石１０が回転することによる、磁石１０によって形成される磁界の変化によって電気信号を生成する。

【００２８】

回転板２０は、モータ等の回転軸３０とともに回転する板状の部材である。回転板２０の一方の主面の中央部は、回転軸３０の軸方向（回転軸３０が延びる方向）における回転軸３０の端部に取り付けられている。回転板２０は、回転軸３０の軸方向と直交する方向に延びる。回転板２０は、回転軸３０を回転中心として回転する。回転軸３０の回転動作は、回転する機器の回転動作に同期している。回転板２０の平面視形状は、例えば、円形である。回転板２０は、例えば、金属製、樹脂製、ガラス製またはセラミック製等である。

【００２９】

磁石１０は、発電素子１００に対して外部磁界を形成する磁界発生源である。磁石１０は、例えば、板状の磁石である。磁石１０は、回転板２０と対向し、回転板２０の回転軸３０側とは反対側の主面上に位置する。回転板２０の厚み方向および磁石１０の厚み方向は同じであり、回転軸３０の軸方向である。磁石１０は、回転板２０と共に回転軸３０を回転中心として回転する。磁石１０の回転方向は、例えば、時計回りおよび反時計回りの両方であるが、時計回りおよび反時計回りのいずれか一方のみであってもよい。磁石１０の平面視形状は、中央部が開口した円形状であるが、矩形等の別の形状であってもよい。また、磁石１０は、開口していなくてもよい。また、磁石１０は、発電素子１００に印加する磁界を変化させることができれば、棒状の磁石等、他の形状の磁石であってもよい。

【００３０】

磁石１０は、厚み方向に着磁されている一対の磁極を複数有しており、複数の一対の磁極は、磁石１０の回転方向に並んでいる。図３においては、磁石１０の発電素子１００側の面である主面１１側の磁極が示されている。各一対の磁極は、磁石１０の回転方向に隣り合う一対の磁極に対してＮ極とＳ極とが反転するように着磁されている。

【００３１】

磁石１０において、複数の磁極が、磁石１０の発電素子１００側の主面１１において回転方向に並ぶ。複数の磁極は、少なくとも１つのＮ極と少なくとも１つのＳ極とを含み、Ｎ極とＳ極とが回転方向に沿って交互に並んでいる。磁石１０の複数の磁極において、Ｎ極の数とＳ極の数とは同じである。

【００３２】

複数の磁極は、回転軸３０を挟んでＮ極とＳ極とが対向するように並んでいる。つまり、複数の磁極のうちのＮ極は、回転軸３０を挟んでＳ極と対向し、複数の磁極のうちのＳ極は、回転軸３０を挟んでＮ極と対向している。複数の磁極では、磁石１０の回転方向において、Ｎ極と１８０度ずれた位置にＳ極が位置し、Ｓ極と１８０度ずれた位置にＮ極が位置する。回転軸３０の軸方向から見た場合に、複数の磁極の各磁極の大きさは、等しい。このような磁石１０が回転することにより、発電素子１００に印加される磁界が変化する。図３に示される例では、複数の磁極は２つであり、１つのＮ極と１つのＳ極とを含む。そのため、磁石１０が回転軸３０と共に１回転すると、発電素子１００に印加される磁界の方向が２回反転（１往復）する。複数の磁極の数は、特に制限されず４つであっても

よく、６つ以上であってもよい。磁石１０が１回転すると、発電素子１００に印加される磁界の方向は、複数の磁極の数の回数だけ反転する。そのため、複数の磁極の数を増やすことで、磁石１０が１回転する際の磁界の方向の反転回数を増やすことができ、その結果、発電素子１００による発電パルスの生成の回数を増やすことができる。

【００３３】

基板４０は、回転板２０の磁石１０側において、回転板２０および磁石１０と間隔を空けて対向するように位置する。つまり、回転軸３０の軸方向に沿って、回転軸３０、回転板２０、磁石１０および基板４０は、この順で並ぶ。基板４０は、磁石１０および回転板２０とともに回転しない。基板４０は、回転軸３０の軸方向を厚み方向とする板状である。基板４０の平面視形状は、例えば、円形状である。例えば、回転軸３０の軸方向から見た場合に、回転軸３０、回転板２０、磁石１０および基板４０それぞれの中心は一致する。

【００３４】

基板４０は、例えば、配線基板であり、発電素子１００、制御回路５０およびメモリ６０等の電子部品等が実装される。図２に示される例では、基板４０の磁石１０側の主面に制御回路５０およびメモリ６０が実装されており、基板４０の磁石１０とは反対側の主面に発電素子１００が実装されている。基板４０は、例えば、エンコーダ１またはモータ等の一部を構成するケース（不図示）に固定される。

【００３５】

発電素子１００は、基板４０の磁石１０側とは反対側の主面上に位置する。そのため、発電素子１００における基板４０側が、磁石１０側である。発電素子１００は、回転軸３０の軸方向に沿って、磁石１０および回転板２０と並んでいる。以降、磁石１０および回転板２０と発電素子１００とが並ぶ、矢印Ｚで示される方向を「並び方向」と称する場合がある。並び方向は、磁石１０の主面１１の法線方向でもある。発電素子１００は、磁石１０および回転板２０と共に回転しない。発電素子１００は、少なくとも一部が回転軸３０の軸方向において磁石１０および回転板２０と対向するように設けられている。また、発電素子１００は、磁石１０の径方向と交差（具体的には直交）する方向に延びるように、基板４０の主面に沿って延在する。発電素子１００は、磁石１０が回転することによる、磁石１０によって形成される磁界の変化によって発電し、電気信号を生成する。発電素子１００のコイル１３０の巻回軸方向（磁性部材１１０の長手方向）が、発電素子１００が延在する方向である。コイル１３０の巻回軸方向は、図中の矢印Ｘで示される方向である。以降、図中の矢印Ｘで示されるコイル１３０の巻回軸方向を、単に「巻回軸方向」と称する場合がある。

【００３６】

発電素子１００は、例えば、磁性部材１１０と、コイル１３０と、図４の断面図に示すフェライト部材１５０（図２および図３では図示省略）と、端子１８１、１８２と、筐体１９０とを備える。

【００３７】

磁性部材１１０、コイル１３０およびフェライト部材１５０の詳細については後述するが、磁性部材１１０は、大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材であり、磁性部材１１０に巻回されたコイル１３０に発電パルスが生じる。なお、発電素子１００の配置は、特に制限されず、発電素子１００は、磁石１０によって発生する磁界が印加される領域に位置し、回転軸３０が回転することによる磁界の変化によって発電パルスを生成するように配置されればよい。

【００３８】

端子１８１、１８２は、発電素子１００と基板４０とを電気的に接続するための部材である。端子１８１、１８２は、発電素子１００における基板４０側の端部に位置する。発電素子１００における端子１８１、１８２側に、磁石１０が配置されている。端子１８１は、コイル１３０を構成する導線の一端に電気的に接続され、端子１８２は当該導線の他端に電気的に接続される。つまり、コイル１３０と基板４０とは、端子１８１、１８２を

介して電気的に接続されている。

【００３９】

筐体１９０は、磁性部材１１０、コイル１３０およびフェライト部材１５０を収容し、これらを支持している。また、筐体１９０は、端子１８１、１８２の一部を収容する。筐体１９０は、例えば、発電素子１００における磁石１０側に開口している。筐体１９０は、例えば、図示の省略されている固定部材等によって、基板４０に固定されている。

【００４０】

制御回路５０は、基板４０の磁石１０側の主面上に位置する。制御回路５０は、発電素子１００と電気的に接続されている。制御回路５０は、発電素子１００が生成する発電パルス等の電気信号を取得し、取得した電気信号に基づいて、モータ等の回転軸３０の回転角、回転量および回転数等を検出（算出）する。制御回路５０は、例えば、ＩＣ（集積回路）パッケージ等である。

【００４１】

メモリ６０は、基板４０の磁石１０側の主面上に位置する。メモリ６０は、制御回路５０と接続されている。メモリ６０は、制御回路５０が検出した結果を保存する半導体メモリ等の不揮発メモリである。

【００４２】

次に、本実施の形態に係る発電素子１００の詳細について説明する。

【００４３】

図４は、本実施の形態に係る発電素子１００の概略構成を示す断面図である。図４は、コイル１３０の巻回軸Ｒ１を通るように、並び方向に沿って切断した場合の断面を示している。なお、見やすさのため、図４において、端子１８１、端子１８２および筐体１９０の図示は省略されている。これらは、以下で説明する各発電素子の図においても同様である。

【００４４】

図４に示されるように、発電素子１００は、磁性部材１１０と、コイル１３０と、フェライト部材１５０とを備える。

【００４５】

磁性部材１１０は、磁石１０等が形成する外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材である。磁性部材１１０は、第１感磁性部１１１と、第１感磁性部１１１と磁気特性の異なる第２感磁性部１１２と、を有する。本実施の形態においては、第２感磁性部１１２は、第１感磁性部１１１よりも保磁力が低く軟磁性である。磁性部材１１０は、例えば、コイル１３０の巻回軸方向が長手方向である長尺状の部材である。磁性部材１１０の径方向に切断した断面形状は、例えば、円状または楕円状であるが、矩形状または多角形状等の他の形状であってもよい。巻回軸方向において、磁性部材１１０の長さは、例えば、コイル１３０の長さより長い。

【００４６】

磁性部材１１０は、例えば、ウィーガンドワイヤ等の径方向における中心部分と外周部分とで異なる磁気特性を有する複合磁気ワイヤである。本実施の形態では、磁性部材１１０において、例えば、径方向の中心部分は保磁力が高い第１感磁性部１１１であり、径方向の外周部分は保磁力が低い第２感磁性部１１２である。第１感磁性部１１１および第２感磁性部１１２は、それぞれ、巻回軸方向に延在する。第１感磁性部１１１および第２感磁性部１１２は、共に巻回軸方向に延びる長尺状である。詳細には、第１感磁性部１１１は、巻回軸方向に延びるワイヤ状であり、第２感磁性部１１２は、巻回軸方向に延びる筒状である。第２感磁性部１１２は、巻回軸方向から見た場合の第１感磁性部１１１の外周となる表面、言い換えると、巻回軸方向に沿って延びる表面を被覆する。第１感磁性部１１１と第２感磁性部１１２とは、巻回軸方向と交差（例えば直交）する方向に並ぶ。なお、磁性部材１１０は、このような形状に限らず、異なる磁気特性の第１感磁性部１１１と第２感磁性部１１２とを有することで大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材であればよい。例えば、磁性部材１１０において、中心部分が第２感磁性部１１２であり、外周部分

が第１感磁性部１１１であってもよい。また、磁性部材１１０は、例えば、磁気特性の異なる薄膜が積層された構造を有する磁性部材であってもよい。

【００４７】

第１感磁性部１１１は、巻回軸方向に磁化している。図４には、第１感磁性部１１１の磁化方向が矢印Ｂ１で模式的に示されている。例えば、第１感磁性部１１１の磁化状態が飽和する磁界が磁性部材１１０に印加されることで、第１感磁性部１１１は、完全に磁化されている。第１感磁性部１１１は、磁石１０等が形成する外部磁界の方向の変化によって磁化方向が変化しない。なお、矢印Ｂ１の方向は、巻回軸方向に沿った方向であれば、逆方向であってもよい。

【００４８】

コイル１３０は、コイル１３０を構成する導線が磁性部材１１０に巻回されているコイルである。具体的には、コイル１３０は、磁性部材１１０の中心を通り、磁性部材１１０の長手方向に延びる巻回軸Ｒ１に沿って巻回されている。また、コイル１３０は、２つのフェライト部材１５０の間に位置する。

【００４９】

フェライト部材１５０は、コイル１３０の巻回軸方向に沿ってコイル１３０と並ぶように、磁性部材１１０の端部に設けられている。本実施の形態においては、２つのフェライト部材１５０が、磁性部材１１０の両端部にそれぞれ１つずつ設けられている。２つのフェライト部材１５０は、コイル１３０を挟んで対向し、対称な形状である。以下では、主に、２つのフェライト部材１５０のうちの一方について説明するが、同様の説明が他方にも適用される。

【００５０】

フェライト部材１５０は、開口部１５３が形成された板状の部材であり、例えば、軟磁性材料で構成されるフェライトビーズである。フェライト部材１５０は、磁石１０からの磁束の集磁、および、磁性部材１１０における磁束の安定化等のために設けられている。巻回軸方向から見た場合のフェライト部材１５０の形状は、例えば、外形が円状であるが、矩形状または多角形状等の他の形状であってもよい。フェライト部材１５０は、例えば、磁性部材１１０における第２感磁性部１１２よりも軟磁性である、つまり、保磁力が低い。磁性部材１１０の端部は、開口部１５３内に位置する。開口部１５３は、巻回軸方向に沿ってフェライト部材１５０を貫通する貫通穴である。

【００５１】

次に、磁性部材１１０における大バルクハウゼン効果について説明する。図５は、磁性部材１１０の模式的なＢＨ曲線の例を示す図である。図５には、図１と同様に、磁性部材１１０における磁化の方向が実線および破線の矢印で示されている。なお、図５において、磁化の方向を示す矢印は、磁化の方向のみを示しており、磁化の大きさとは関係なく同じ大きさの矢印で磁化の方向が示されている。

【００５２】

図５の（１）に示されるように、磁性部材１１０では、第１感磁性部１１１の磁化方向と逆方向の磁界が印加されても、第１感磁性部１１１の磁化方向は変化しないため、第１感磁性部１１１と第２感磁性部１１２とは逆方向に磁化する。そのため、図５の（ｉ）のように磁界の方向が変化すると、図５の（２）に示されるように、第２感磁性部１１２の磁化方向が第１感磁性部１１１の磁化方向と同じになるように反転する。この場合には、図１の破線Ｊａで囲まれた箇所のような、第２感磁性部１１２の磁化方向の急激な反転が生じにくいため、大バルクハウゼンジャンプは生じない。

【００５３】

一方、図５の（２）に示される状態から、図５の（ｉｉ）のように磁界の方向が変化すると、ある程度の磁界の変化までは、第１感磁性部１１１の影響で第２感磁性部１１２の磁化方向は変化しない。磁界の変化が閾値を超えた破線Ｊｂで囲まれた箇所で、図５の（３）および（４）に示されるように、第２感磁性部１１２の磁化方向が一気に反転する。これにより、磁性部材１１０の磁束密度が急激に変化し、磁性部材１１０に巻回されたコ

イル１３０に電力（発電パルス）が生じる。

【００５４】

従来のウィーガンドワイヤ等の磁性部材では、図１に示されるように、１往復の磁界の方向の変化で、破線Ｊａおよび破線Ｊｂでそれぞれ囲まれた２箇所で大バルクハウゼンジャンプが生じ、コイルに２回の発電パルスが生成する。そのため、２回の発電パルスは、逆方向の磁界の変化に起因するため、磁性部材の磁化状態に偏りが生じると、２回の発電パルスの発電量にもばらつきが生じる。例えば、外部磁界の影響で、図１の（２）における硬磁性部の磁化の大きさと、図１の（５）における硬磁性部の磁化の大きさとが異なると、大バルクハウゼンジャンプにおける磁束密度の変化量が、破線Ｊａで囲まれた箇所と破線Ｊｂで囲まれた箇所とで差が生じる。

【００５５】

これに対して、磁性部材１１０では、第１感磁性部１１１が完全に磁化されていて、磁化方向が変化しないため、１往復の磁界の方向の変化で、破線Ｊｂで囲まれた１箇所で大バルクハウゼンジャンプが生じ、コイル１３０に１回の発電パルスが生成する。そのため、従来の磁性部材のように、１往復の磁界の方向の変化で生じる２回の発電パルスの間のばらつきが生じない。よって、発電素子１００の発電電力のばらつきを低減できる。また、第１感磁性部１１１が完全に磁化されていない場合には、磁石１０等が形成する外部磁界では磁化しにくい領域が第１感磁性部１１１に存在する可能性があるものの、第１感磁性部１１１が完全に磁化されていることで、当該領域も磁化され、大バルクハウゼンジャンプでの磁性部材１１０の磁束密度の変化を大きくできる。よって、発電素子１００は、より安定した発電パルスを生成できる。

【００５６】

［変形例１］

次に、実施の形態１の変形例１について説明する。以下の本変形例の説明において、実施の形態１との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略または簡略化する。

【００５７】

図６は、本変形例に係るエンコーダ１ａの概略構成を示す断面図である。図７は、本変形例に係るエンコーダ１ａにおける磁石１０ａの上面図である。

【００５８】

図６および図７に示されるように、エンコーダ１ａは、エンコーダ１と比較して、磁石１０の代わりに磁石１０ａを備える点、および、発電素子１００の代わりに発電素子１００ａを備える点で相違する。発電素子１００ａは、発電素子１００と同様に、磁性部材１１０を用いた発電素子であり、１往復の磁界の方向の変化で１回の発電パルスを生成する。詳細は後述するが、エンコーダ１ａでは、１往復の磁界の方向の変化で２回の発電パルスが生成する発電素子を用いる場合と、発電パルスが生成する回数を合わせるため、磁石１０ａにおける磁極の数を増やしている。

【００５９】

磁石１０ａは、主面１１ａにおいて回転方向に並ぶ複数の磁極の数が、磁石１０の主面１１において回転方向に並ぶ複数の磁極の数が異なる以外は、磁石１０と同様の構成である。

【００６０】

磁石１０ａにおいて、複数の磁極の数は４つである。複数の磁極は、２つのＮ極と２つのＳ極とを含み、Ｎ極とＳ極とが回転方向に沿って交互に並んでいる。そのため、磁石１０ａが回転軸３０と共に１回転すると、発電素子１００ａに印加される磁界の方向が４回反転（２往復）する。そのため、１往復の磁界の方向の変化で、発電パルスが生成する回数が１回に減るような場合であっても、磁石１０ａが１回転することで、２回の発電パルスが生成する。回転軸３０の軸方向から見た場合に、複数の磁極の各磁極の大きさは、等しい。

【００６１】

図８は、本変形例に係る発電素子１００ａの概略構成を示す断面図である。発電素子１

００ａは、発電素子１００の構成に加えて、さらにバイアス磁石１７０を備える。

【００６２】

バイアス磁石１７０は、第１感磁性部１１１の磁化方向と同じ方向の磁界を磁性部材１１０に対して印加する磁石である。バイアス磁石１７０は、磁性部材１１０およびコイル１３０の磁石１０側とは反対側に、磁性部材１１０およびコイル１３０と対向して配置される。磁性部材１１０、コイル１３０およびバイアス磁石１７０は、矢印Ｚで示される並び方向に沿って並んでいる。

【００６３】

バイアス磁石１７０は、例えば、巻回軸方向に磁化している。図８には、バイアス磁石１７０の磁化方向が矢印Ｂ２で模式的に示されている。また、バイアス磁石１７０により発生する磁束線が破線の矢印で示されている。バイアス磁石１７０の磁化方向は、第１感磁性部１１１の磁化方向とは反対方向である。バイアス磁石１７０の外側を周る磁束は、バイアス磁石１７０の磁化方向とは逆方向になるため、磁性部材１１０には、第１感磁性部１１１の磁化方向と同じ方向の磁界が印加される。

【００６４】

次に、バイアス磁石１７０による磁性部材１１０の磁化挙動の変化について説明する。図９Ａおよび図９Ｂは、バイアス磁石１７０による磁性部材１１０の磁化挙動の変化を説明するための図である。図９Ａは、発電素子１００ａがバイアス磁石１７０を備えない場合の磁性部材１１０の模式的なＢＨ曲線の例を示しており、図９Ｂは、バイアス磁石１７０を備える発電素子１００ａにおける磁性部材１１０の模式的なＢＨ曲線の例を示している。

【００６５】

図９Ａに示されるように、図５で説明した場合と同様に、磁性部材１１０では、１往復の磁界の方向の変化で１回の大バルクハウゼンジャンプが生じる。また、エンコーダ１ａでは、磁石１０ａにおける複数の磁極の数が４つであり、磁石１０よりも複数の磁極の数が多い。磁石１０と磁石１０ａとが同じ大きさである場合には、磁石１０ａの方が、複数の磁極の数が多いために、各磁極の大きさが小さくなり、磁性部材１１０に印加される磁界の大きさが小さくなる。そのため、図９Ａの白抜きの矢印で示される、エンコーダ１ａにおける磁界の変化範囲は、図５で説明したエンコーダ１における磁界の変化範囲よりも小さくなる。その結果、磁性部材１１０に磁界が印加されても、磁性部材１１０の磁束が大きくなりにくく、大バルクハウゼンジャンプＪ０での磁性部材１１０の磁束密度の変化が小さくなりやすい。そのため、コイル１３０の発電量が小さくなる。

【００６６】

これに対して、発電素子１００ａがバイアス磁石を備えることで、図９Ｂに示されるように、白抜きの矢印で示される、エンコーダ１ａにおける磁界の変化範囲は、図９Ｂに示される磁界の変化範囲から、バイアス磁石１７０による磁性部材１１０への磁界の印加方向（図９Ｂにおいてはマイナス方向）にシフトする。そのため、（ｉｉ）の方向に磁界が変化する際に生じる大バルクハウゼンジャンプＪ１が生じる前に、磁性部材１１０へ十分な大きさの磁界を印加することが可能になる。その結果、大バルクハウゼンジャンプＪ１における磁束密度の変化は、大バルクハウゼンジャンプＪ０における磁束密度の変化よりも大きくなる。そのため、コイル１３０に生成する発電量が、バイアス磁石１７０が備えられていない場合と比べて大きくなる。また、（ｉ）の方向に磁界が変化する場合には、大バルクハウゼンジャンプが生じないため、磁性部材１１０に印加される磁界の大きさが小さくても、発電パルスへの影響がない。よって、発電素子１００ａは、より安定した発電パルスを生成できる。このような発電素子１００ａは、磁極の数が多い磁石１０ａを備えるエンコーダ１ａに用いられる場合に特に有用である。なお、発電素子１００ａは、エンコーダ１の発電素子１００の代わりに用いられてもよい。

【００６７】

（実施の形態２）

次に、実施の形態２について説明する。以下の本実施の形態の説明において、実施の形

態１との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略または簡略化する。

【００６８】

図１０は、本実施の形態に係る発電素子２００の概略構成を示す断面図である。本実施の形態に係るエンコーダは、例えば、実施の形態１に係るエンコーダ１の発電素子１００の代わりに発電素子２００を備える。

【００６９】

図１０に示されるように、発電素子２００は、発電素子１００と比較して、磁性部材１１０の代わりに磁性部材２１０を備える点で相違する。

【００７０】

磁性部材２１０は、第１感磁性部２１１と、第１感磁性部２１１と磁気特性の異なる第２感磁性部２１２とを有する。本実施の形態においては、第２感磁性部２１２は、第１感磁性部２１１よりも保磁力が高く硬磁性である。磁性部材２１０は、外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材である。第１感磁性部２１１および第２感磁性部２１２の形状および配置は、例えば、上述の第１感磁性部１１１および第２感磁性部１１２と同じである。

【００７１】

発電素子２００に用いられる磁性部材２１０は、以下の製造方法で製造された磁性部材である。

【００７２】

［製造方法］

磁性部材２１０の製造方法について説明する。図１１は、磁性部材２１０の製造方法のフローチャートである。

【００７３】

図１１に示されるように、磁性部材２１０の製造方法において、まず、ワイヤ状または膜状の磁性体を準備する（ステップＳ１１）。ワイヤ状または膜状の磁性体に、上述の第１感磁性部２１１および第２感磁性部２１２が形成される。ワイヤ状または膜状の磁性体の材料には、例えば、保磁力が２００Ｏｅ以下である磁性材料が用いられる。

【００７４】

次に、ワイヤ状または膜状の磁性体の表面に当該磁性体の保磁力を高める元素をドーピングする（ステップＳ１２）。磁性体がワイヤ状である場合、例えば、磁性体の外側面となる表面に元素がドーピングされる。これにより、磁性体表面からの元素の粒界拡散で磁性体表面近傍のみの保磁力が高められる。その結果、磁性体の中心部分に第１感磁性部２１１が形成され、磁性体の表面近傍に第２感磁性部２１２が形成される。元素のドーピング方法としては、例えば、ドーピングする元素が含まれる微小な粉末を磁性体に埋め込み、高温にさらすことでドーピング元素を磁性体に拡散させる方法等が挙げられる。また、保磁力を高める元素としては、Ｎｄ、Ｐｒ、Ｄｙ、Ｔｂ、Ｈｏ、Ｔ、Ａｌ、Ｃｕ、Ｃｏ、Ｇａ、Ｔｉ、Ｖ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ等が挙げられる。このようにして、磁性部材２１０が製造される場合、磁性部材２１０の表面側であり、硬磁性である第２感磁性部２１２が形成され、磁性部材２１０の中心側であり、軟磁性である第１感磁性部２１１が形成される。また、磁性体が膜状である場合、例えば、磁性体の少なくとも一方の主面に元素がドーピングされる。

【００７５】

このような製造方法によって磁性部材２１０が形成されることで、ドーピング条件を制御することによって、形成される第２感磁性部２１２の保磁力および厚みを精密に制御することができる。そのため、大バルクハウゼンジャンプにおける磁性部材２１０の磁束密度の変化量が安定化する。よって、発電素子２００の発電電力のばらつきを低減できる。

【００７６】

（実施の形態３）

次に、実施の形態３について説明する。以下の本実施の形態の説明において、実施の形態１および実施の形態２との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略または簡略化す

る。

【００７７】

図１２は、本実施の形態に係る磁性部材３１０の概略構成を示す断面図および上面図である。具体的には、図１２の（ａ）は、磁性部材３１０の断面図であり、図１２の（ｂ）は、図１２の（ａ）における上側から見た磁性部材３１０の上面図である。図１２の（ａ）には、図１２の（ｂ）におけるＸＩＶａ－ＸＩＶａ線で示される位置での断面が示されている。本実施の形態に係るエンコーダは、例えば、実施の形態１に係るエンコーダ１の発電素子１００の代わりに磁性部材３１０を用いた発電素子を備える。本実施の形態に係る発電素子は、例えば、実施の形態１に係る磁性部材１１０の代わりに、磁性部材３１０を備える。

【００７８】

磁性部材３１０は、外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材である。磁性部材３１０は、発電素子に用いられる。磁性部材３１０は、３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４が積層された構造を有する。積層方向から見た場合の磁性部材３１０の形状は、長尺状の矩形である。磁性部材３１０の長手方向は、巻回軸方向と同じ方向である。また、磁性部材３１０の長手方向は、例えば、並び方向と直交する方向である。積層方向から見た場合、磁性部材３１０の長手方向の長さは、例えば、磁性部材３１０の短手方向の長さの２倍以上である。図１２に示される例では、３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４の数は、４であるが、３であってもよく、５以上であってもよい。

【００７９】

３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４は、矢印Ｘで示される巻回軸方向と交差（例えば直交）する方向に沿って積層されている。図示されている例では、３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４は、矢印Ｚで示される並び方向に沿って積層されている。

【００８０】

３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４のそれぞれの保磁力は、積層方向の並び順で高くなる。例えば、３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４のうち、感磁性層３１１の保磁力が最も高く、感磁性層３１４の保磁力が最も低い。

【００８１】

３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４のそれぞれは、磁性材料で構成され、例えば、同一の磁性材料である。３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４のそれぞれは、例えば、残留応力が異なることで、保磁力が上述のような関係となる。３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４のそれぞれが同一の磁性材料であることにより、感磁性層ごとに磁性材料を変更することなく製造できるため、製造工程を簡素化できる。磁性材料としては、例えば、Ｖ－Ｆｅ－Ｃｏ等のバイカロイおよびＣｏ－Ｆｅ－Ｓｉ－Ｂ、Ｆｅ－Ｓｉ－Ｂ、Ｆｅ－Ｎｉ、Ｆｅ－Ｓｉ、Ｆｅ－Ｓｉ－Ａｌ等のアモルファス材料等、残留応力が異なることで大バルクハウゼンジャンプを示す材料が挙げられる。なお、３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４のそれぞれは、保磁力が上述のような関係となるような互いに異なる磁性材料で構成されていてもよい。

【００８２】

３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４のうちの隣り合う感磁性層の保磁力の差は、例えば、どの隣り合う感磁性層の組み合わせにおいても等しい。

【００８３】

磁性部材３１０が、このように積層された３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４を含むことで、積層方向に沿って保磁力が変化し、各感磁性層における磁束の相互作用を安定化させることができる。その結果、大バルクハウゼンジャンプにおける磁性部材３１０の磁束密度の変化量が安定化する。よって、磁性部材３１０を用いた発電素子の発電電力のばらつきを低減できる。

【００８４】

次に、磁性部材３１０の製造方法について説明する。図１３は、磁性部材３１０の製造方法例のフローチャートである。

【００８５】

図１３に示されるように、磁性部材３１０の製造方法では、同一の磁性材料で構成される複数の薄膜を、各薄膜の成膜ごとに温度を上げながら順次成膜することで積層する（ステップＳ２１）。例えば、成膜用の基板を準備し、基板上に複数の薄膜を成膜する。複数の薄膜は、例えば、スパッタリング法、イオンプレーティング法および真空蒸着法等により成膜する。なお、ステップＳ２１において、複数の薄膜を、各薄膜の成膜ごとに温度を下げながら順次成膜してもよい。

【００８６】

次に、積層された複数の薄膜を冷却する（ステップＳ２２）。複数の薄膜は、例えば、複数の薄膜の成膜のうちの最後の薄膜の成膜時の温度から、常温（例えば２３℃程度）まで冷却する。これにより、複数の薄膜は、積層された順で、成膜時の温度が高いため、複数の薄膜の冷却時に発生する残留応力が後に積層された薄膜ほど大きくなる。残留応力が大きいほど保磁力が低くなりやすいため、この残留応力の違いにより、複数の薄膜のそれぞれの保磁力は後に積層された薄膜ほど小さくなる。これにより、３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４のそれぞれの保磁力が積層方向の並び順で高くなる積層構造を有する磁性部材３１０が形成される。なお、ステップＳ２１において、複数の薄膜を、各薄膜の成膜ごとに温度を下げながら順次成膜した場合には、３以上の感磁性層３１１、３１２、３１３、３１４のそれぞれの保磁力が積層方向の並び順で低くなる。

【００８７】

なお、磁性部材３１０の製造方法は、上述の例に限らず、例えば、複数の薄膜を、各薄膜の成膜ごとに異なる成膜条件で積層することにより磁性部材３１０が形成されてもよい。この際、例えば、成膜時の真空度または成膜速度等の成膜条件を一方向に変化させて各薄膜を成膜する。

【００８８】

（実施の形態４）

次に、実施の形態４について説明する。以下の本実施の形態の説明において、実施の形態１から実施の形態３との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略または簡略化する。

【００８９】

図１４は、本実施の形態に係る磁性部材４１０の概略構成を示す断面図である。本実施の形態に係るエンコーダは、例えば、実施の形態１に係るエンコーダ１の発電素子１００の代わりに磁性部材４１０を用いた発電素子を備える。本実施の形態に係る発電素子は、例えば、実施の形態１に係る磁性部材１１０の代わりに、磁性部材４１０を備える。

【００９０】

磁性部材４１０は、外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材である。磁性部材４１０は、第１感磁性部４１１と、第１感磁性部４１１と磁気特性の異なる第２感磁性部４１２と、を有する。本実施の形態においては、第２感磁性部４１２は、第１感磁性部４１１よりも保磁力が低く軟磁性である。磁性部材４１０は、例えば、巻回軸方向が長手方向である長尺状の部材である。磁性部材４１０は、例えば、ワイヤ状である。磁性部材４１０の径方向に切断した断面形状は、例えば、円状または楕円状であるが、矩形状または多角形状等の他の形状であってもよい。磁性部材４１０がワイヤ状である場合、径方向において、第１感磁性部４１１が磁性部材４１０の中心部分を構成し、第２感磁性部４１２が磁性部材４１０の外周部分を構成する。

【００９１】

本実施の形態では、磁性部材４１０において、例えば、中心部分は保磁力が高い第１感磁性部４１１であり、外周部分は保磁力が低い第２感磁性部４１２である。第１感磁性部４１１および第２感磁性部４１２は、それぞれ、巻回軸方向に延在する。第１感磁性部４１１および第２感磁性部４１２は、例えば、それぞれ、巻回軸方向に延びる長尺状である

。詳細には、第１感磁性部４１１は、巻回軸方向に延びるワイヤ状であり、第２感磁性部４１２は、巻回軸方向に延びる筒状である。第２感磁性部４１２は、巻回軸方向から見た場合の第１感磁性部４１１の外周となる表面を被覆する。第１感磁性部４１１と第２感磁性部４１２とは、巻回軸方向と交差（例えば直交）する方向に並ぶ。なお、磁性部材４１０は、このような形状に限らず、異なる磁気特性の第１感磁性部４１１と第２感磁性部４１２とを有することで大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材であればよい。例えば、磁性部材４１０において、中心部分が第２感磁性部４１２であり、外周部分が第１感磁性部４１１であってもよい。また、磁性部材４１０は、例えば、磁気特性の異なる薄膜が積層された構造を有する磁性部材であってもよい。

【００９２】

第１感磁性部４１１は、巻回軸方向において、両端それぞれから中央に向かうにつれて、巻回軸方向と直交する方向に切断した場合の断面積が大きくなる。第１感磁性部４１１がワイヤ状である場合、第１感磁性部４１１は、巻回軸方向において、両端それぞれから中央に向かうにつれて、径が大きくなる。第１感磁性部４１１では、巻回軸方向において、中央部の径が最も太く、中央部の断面積が最も大きい。第１感磁性部４１１を構成する材料としては、例えば、保磁力が６００ｅ以上である磁性材料が挙げられる。

【００９３】

第２感磁性部４１２は、巻回軸方向において、両端それぞれから中央に向かうにつれて、巻回軸方向と直交する方向に切断した場合の断面積が大きくなる。第２感磁性部４１２は、例えば、巻回軸方向において、両端それぞれから中央に向かうにつれて、厚みが大きくなる。第１感磁性部４１１と第２感磁性部４１２とで、巻回軸方向における同じ位置での断面積を比較した場合、例えば、どの位置においても一定の比率である。第２感磁性部４１２を構成する材料としては、例えば、保磁力が２００ｅ以下である磁性材料が挙げられる。

【００９４】

磁性部材４１０では、外部磁界の影響を受けやすい磁性部材４１０の中央部において、上述のように、硬磁性である第１感磁性部４１１の断面積が大きい。また、硬磁性である第１感磁性部４１１には、外部磁界の影響が残留しやすい。例えば、外部磁界の影響が残留すると、第１感磁性部４１１の内部の磁束に偏りが生じる。そのため、本来は、図１に示されるように、２回の大バルクハウゼンジャンプで同程度の磁束密度の変化が生じるのに対して、第１感磁性部４１１の磁束の偏りによって、第２感磁性部４１２の反転前の磁化状態も２回の大バルクハウゼンジャンプの間で変化し、２回の大バルクハウゼンジャンプで磁束密度の変化量に違いが生じる。そのため、磁性部材４１０に巻回されたコイルに発生する電力がばらつくことになる。強い磁界が磁性部材４１０に印加された場合でも、磁性部材４１０の中央部において、硬磁性である第１感磁性部４１１が太くなることで、第１感磁性部４１１の磁界への耐性が高まり、第１感磁性部４１１に外部磁界の影響が残留しにくくなる。そのため、２回の大バルクハウゼンジャンプの間での磁束密度の変化量の違いが小さくなる。よって、磁性部材４１０を用いた発電素子の発電電力のばらつきを低減できる。

【００９５】

（実施の形態５）

次に、実施の形態５について説明する。以下の本実施の形態の説明において、実施の形態１から実施の形態４との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略または簡略化する。

【００９６】

図１５は、本実施の形態に係る磁性部材５１０の概略構成を示す断面図である。本実施の形態に係るエンコーダは、例えば、実施の形態１に係るエンコーダ１の発電素子１００の代わりに磁性部材５１０を用いた発電素子を備える。本実施の形態に係る発電素子は、例えば、実施の形態１に係る磁性部材１１０の代わりに、磁性部材５１０を備える。

【００９７】

磁性部材５１０は、外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材である。磁性部材５１０は、第１感磁性部５１１と、第１感磁性部５１１と異なる磁気特性を有する第２感磁性部５１２と、外部磁界によって実質的に磁化しない非磁性部５１３とを有する。磁性部材５１０は、例えば、巻回軸方向が長手方向である長尺状の部材である。磁性部材５１０は、例えば、ワイヤ状または膜状である。図１５においては、磁性部材５１０がワイヤ状である場合の例が示されている。磁性部材５１０の径方向に切断した断面形状は、例えば、円状または楕円状であるが、矩形状または多角形状等の他の形状であってもよい。

【００９８】

第１感磁性部５１１は、例えば、ワイヤ状または膜状である。図１５においては、第１感磁性部５１１が巻回軸方向に延びるワイヤ状である場合の例が示されている。第１感磁性部５１１は、巻回軸方向に延在する。

【００９９】

第２感磁性部５１２は、非磁性部５１３における第１感磁性部５１１側とは反対側から非磁性部５１３を被覆する。第２感磁性部５１２は、例えば、膜状または筒状である。図１５においては、第２感磁性部５１２が巻回軸方向に延びる筒状である場合の例が示されている。第２感磁性部５１２は、巻回軸方向に延在する。第２感磁性部５１２は、例えば、第１感磁性部５１１および非磁性部５１３を内包する。第１感磁性部５１１と第２感磁性部５１２とは、非磁性部５１３を介して離間している。

【０１００】

第１感磁性部５１１および第２感磁性部５１２のうち、一方は他方よりも保磁力が高い硬磁性部であり、他方が軟磁性部である。磁性部材５１０において、第１感磁性部５１１が硬磁性部であってもよく、第２感磁性部５１２が硬磁性部であってもよい。硬磁性部を構成する材料としては、例えば、保磁力が６００Ｏｅ以上である磁性材料が挙げられる。また、軟磁性部を構成する材料としては、例えば、保磁力が２００Ｏｅ以下である磁性材料が挙げられる。

【０１０１】

非磁性部５１３は、巻回軸方向と交差（例えば直交）する方向から第１感磁性部５１１を被覆する。非磁性部５１３は、例えば、膜状または筒状である。図１５においては、非磁性部５１３が巻回軸方向に延びる筒状である場合の例が示されている。非磁性部５１３は、巻回軸方向に延在する。非磁性部５１３は、例えば、第１感磁性部５１１を内包する。非磁性部５１３は、第１感磁性部５１１と第２感磁性部５１２との間に位置する。非磁性部５１３を構成する材料としては、例えば、Ａｇ、Ｃｕ、Ａｕ等が挙げられる。

【０１０２】

なお、第１感磁性部５１１、第２感磁性部５１２および非磁性部５１３が膜状である場合、例えば、巻回軸方向と直交する方向に沿って、第１感磁性部５１１、非磁性部５１３および第２感磁性部５１２の順で積層される。

【０１０３】

磁性部材５１０は、例えば、以下のようにして製造される。まず、ワイヤ状または膜状の第１感磁性部５１１となる磁性体を準備する。次に、第１感磁性部５１１に、ＰＶＤ法、ＣＶＤ法またはメッキ法等を用いて非磁性部５１３を被覆する。そして、第１感磁性部５１１を被覆する非磁性部５１３に、ＰＶＤ法、ＣＶＤ法またはメッキ法等を用いて第２感磁性部５１２を被覆する。

【０１０４】

以上のように、磁性部材５１０では、第１感磁性部５１１と第２感磁性部５１２との間に位置することになる非磁性部５１３が存在する。非磁性部５１３が存在しない場合、第１感磁性部５１１と第２感磁性部５１２との界面近傍では、第１感磁性部５１１と第２感磁性部５１２との間の磁化状態となり、磁化状態が不安定な中間層が発生するおそれがある。中間層の磁化状態が変動することでよって、大バルクハウゼンジャンプにおける磁性部材の磁束密度の変化量が変動する可能性もある。非磁性部５１３が存在することにより

、第１感磁性部５１１と第２感磁性部５１２とが離間し、中間層が発生しにくくなるため、大バルクハウゼンジャンプにおける磁性部材の磁束密度の変化量の変動を抑制できる。よって、磁性部材５１０を用いた発電素子の発電電力のばらつきを低減できる。

【０１０５】

（実施の形態６）

次に、実施の形態６について説明する。以下の本実施の形態の説明において、実施の形態１から実施の形態５との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略または簡略化する。

【０１０６】

図１６は、本実施の形態に係るエンコーダ１ｂの概略構成を示す断面図である。

【０１０７】

図１６に示されるように、エンコーダ１ｂは、エンコーダ１と比較して、発電素子１００の代わりに発電素子１００ｂを備える点、および、脱磁回路７０をさらに備える点で相違する。

【０１０８】

発電素子１００ｂは、発電素子１００の磁性部材１１０の代わりに、磁性部材１１０ｂを備える点以外は、発電素子１００と同様の構成である。磁性部材１１０ｂは、軟磁性部と硬磁性部とを有し、大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材であり、例えば、ウィーガンドワイヤ等の複合磁気ワイヤである。また、磁性部材１１０ｂには、実施の形態２から実施の形態５のいずれかに係る磁性部材が用いられてもよい。

【０１０９】

脱磁回路７０は、コイル１３０に、磁性部材１１０ｂを脱磁するための交番電流を流すための回路である。脱磁回路７０は、例えば、配線基板である基板４０を介してコイル１３０に電気的に接続される。脱磁回路７０は、コイル１３０に徐々に減衰する交番電流を流すことで、磁性部材１１０ｂを脱磁する。脱磁回路７０は、徐々に減衰する交流電流を流す回路であってもよく、徐々に減衰する直流反転電流を流す回路であってもよい。脱磁回路７０は、例えば、制御回路５０の制御に基づいて、磁性部材１１０ｂの脱磁を行う。脱磁回路７０は、例えば、スイッチ等の操作受付部によって、エンコーダ１ｂの使用者の操作を受け付けることで磁性部材１１０ｂを脱磁してもよい。脱磁回路７０は、例えば、エンコーダ１またはモータ等の一部を構成するケース（不図示）に固定されている。脱磁回路７０は、基板４０に実装されていてもよい。

【０１１０】

次に、エンコーダ１ｂの動作例について説明する。エンコーダ１ｂの動作例は、具体的には、外部磁界の変化によって発電素子１００ｂが生成する電気信号を取得する信号取得方法についての動作例である。図１７は、エンコーダ１ｂの動作例のフローチャートである。

【０１１１】

図１７に示されるように、まず、回転軸３０の回転が開始すると、制御回路５０は、発電素子１００ｂが生成する電気信号を取得する（ステップＳ３１）。制御回路５０は、発電素子１００ｂに印加される外部磁界が繰り返し変化することによって発電素子１００ｂが生成する発電パルスを電気信号として取得する。発電素子１００ｂに印加される外部磁界は、モータ等の回転軸３０と共に磁石１０が回転することで繰り返し変化する。

【０１１２】

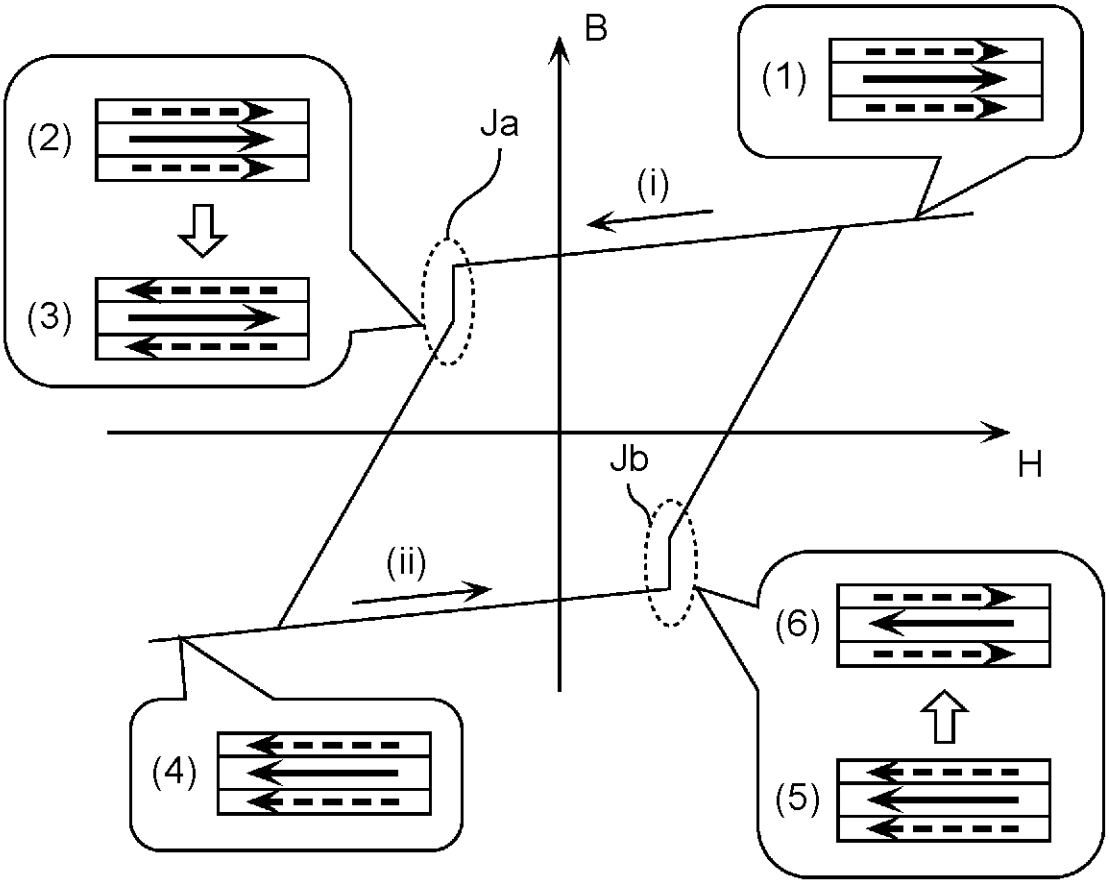
次に、ステップＳ３１での電気信号の取得中に、制御回路５０は、脱磁回路７０によって、磁性部材１１０ｂを脱磁する（ステップＳ３２）。例えば、制御回路５０は、発電素子１００ｂが生成する電気信号の取得を開始した後、所定のタイミングで、コイル１３０との電気的な接続を切り替え、脱磁回路７０を用いてコイル１３０に減衰する交番電流を流すことで、磁性部材１１０ｂを脱磁する。制御回路５０は、例えば、回転軸３０の回転が終了するまで、所定の期間の間、電気信号を取得することと、磁性部材１１０ｂの脱磁とを繰り返す。

【０１１３】
磁石１０が形成する磁界の大きさの変動または別の磁界発生源等によって、発電素子１００ｂに大きな磁界が印加されると、磁性部材１１０ｂのうちの保磁力の高い硬磁性部に、外部磁界の影響が残留する可能性がある。例えば、外部磁界の影響が残留すると、硬磁性部の内部の磁束に偏りが生じる。そのため、本来は、図１に示されるように、２回の大バルクハウゼンジャンプで同程度の磁束密度の変化が生じるのに対して、硬磁性部の磁束の偏りによって、軟磁性部の反転前の磁化状態も２回の大バルクハウゼンジャンプの間で変化し、２回の大バルクハウゼンジャンプの間で磁束密度の変化量に違いが生じる。そのため、コイル１３０に発生する電力がばらつくことになる。そのため、磁性部材１１０ｂが脱磁されることにより、磁性部材１１０ｂ（特に硬磁性部）における磁気特性を、偏りの無い初期状態に戻すことができ、２回の大バルクハウゼンジャンプの間での磁束密度の変化量を同程度に戻すことができる。よって、発電素子１００ｂの発電電力のばらつきを低減できる。
【０１１４】
なお、ステップＳ３２は、ステップＳ３１における電気信号の取得前に行われてもよい。これによっても、電気信号の取得前に、発電素子１００ｂに大きな磁界が印加された履歴があっても、磁性部材１１０ｂの脱磁が行われるため、２回の大バルクハウゼンジャンプの間での磁束密度の変化量の違いが無い状態で生成した電気信号を取得できる。
【０１１５】
（その他の実施の形態）
以上、本開示に係る発電素子およびエンコーダについて、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、上記実施の形態に限定されるものではない。上記の各実施の形態に対して当業者が思い付く各種変形を施して得られる形態や、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で異なる実施の形態における構成要素および機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本開示に含まれる。
【０１１６】
例えば、上記実施の形態では、モータと組み合わせて用いられるロータリーエンコーダを例にとって説明したが、これに限らない。本開示の技術は、リニアエンコーダにも適用することができる。
【産業上の利用可能性】
【０１１７】
本開示に係る発電素子およびエンコーダ等は、モータ等の回転または直線移動する機器や装置等に有用である。
【符号の説明】
【０１１８】
１、１ａ、１ｂ　エンコーダ
１０、１０ａ　磁石
２０　回転板
３０　回転軸
４０　基板
５０　制御回路
６０　メモリ
７０　脱磁回路
１００、１００ａ、１００ｂ、２００　発電素子
１１０、１１０ｂ、２１０、３１０、４１０、５１０　磁性部材
１１１、２１１、４１１、５１１　第１感磁性部
１１２、２１２、４１２、５１２　第２感磁性部
１３０　コイル
１５０　フェライト部材
１５３　開口部

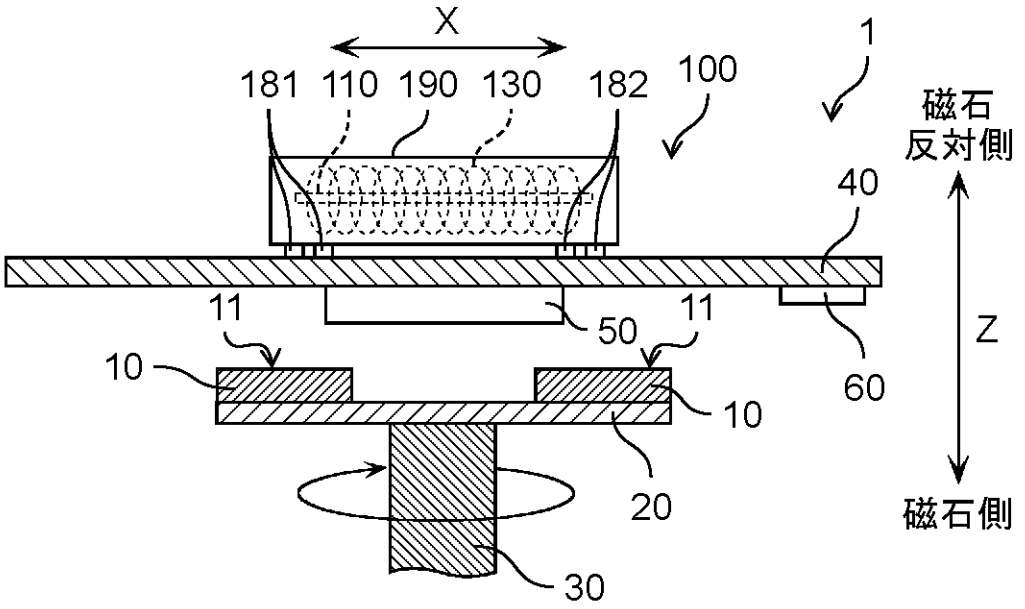
１７０　バイアス磁石
１８１、１８２　端子
１９０　筐体
３１１、３１２、３１３、３１４　感磁性層
５１３　非磁性部
Ｒ１　巻回軸
【手続補正２】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と、
前記磁性部材に巻回されたコイルと、を備え、
前記磁性部材は、第１感磁性部と、前記第１感磁性部よりも軟磁性である第２感磁性部と、を有し、
前記第１感磁性部は、前記コイルの巻回軸方向に磁化しており、前記外部磁界の方向の変化によって磁化方向が変化しない、
発電素子。
【請求項２】
前記第１感磁性部の磁化方向と同じ方向の磁界を前記磁性部材に対して印加するバイアス磁石をさらに備える、
請求項１に記載の発電素子。
【請求項３】
外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と、
前記磁性部材に巻回されたコイルと、を備え、
前記磁性部材は、３以上の感磁性層が積層された構造を有し、
前記３以上の感磁性層のそれぞれの保磁力は、積層方向の並び順で高くなる、
発電素子。
【請求項４】
前記３以上の感磁性層のそれぞれは、同一の磁性材料で構成される、
請求項３に記載の発電素子。
【請求項５】
外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と、
前記磁性部材に巻回されたコイルと、を備え、
前記磁性部材は、前記コイルの巻回軸方向に延在する第１感磁性部と、前記第１感磁性部よりも軟磁性であり、前記第１感磁性部と前記コイルの巻回軸方向と交差する方向に並ぶ第２感磁性部と、を有し、
前記第１感磁性部は、前記コイルの巻回軸方向において、両端それぞれから中央に向かうにつれて、前記コイルの巻回軸方向と直交する方向に切断した場合の断面積が大きくなる、
発電素子。
【請求項６】
外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と、
前記磁性部材に巻回されたコイルと、を備え、
前記磁性部材は、
ワイヤ状または膜状の第１感磁性部と、
前記コイルの巻回軸方向と交差する方向から前記第１感磁性部を被覆し、前記外部磁界によって磁化しない非磁性部と、

前記非磁性部における前記第１感磁性部側とは反対側から前記非磁性部を被覆し、前記第１感磁性部と異なる磁気特性を有する第２感磁性部と、を有する、
発電素子。
【請求項７】
回転軸とともに回転する磁石と、
前記磁石が回転することによる、前記磁石によって形成される磁界の変化によって電気信号を生成する請求項１から６のいずれか１項に記載の発電素子と、を備える、
エンコーダ。
【請求項８】
発電素子に用いられ、大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材の製造方法であって、
同一の磁性材料で構成される複数の薄膜を、各薄膜の成膜ごとに温度を上げながらまたは下げながら順次成膜することで積層し、
積層された前記複数の薄膜を冷却する、
磁性部材の製造方法。
【請求項９】
発電素子に用いられ、大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材の製造方法であって、
ワイヤ状または膜状の磁性体を準備し、
前記磁性体の表面に、前記磁性体の保磁力を高める元素をドーピングする
磁性部材の製造方法。
【請求項１０】
外部磁界の変化によって大バルクハウゼン効果を生じる磁性部材と前記磁性部材に巻回されたコイルとを備える発電素子が生成する電気信号を取得する信号取得方法であって、
前記発電素子に印加される前記外部磁界が繰り返し変化することによって前記発電素子が生成する電気信号を取得し、
前記電気信号の取得中または取得前に、前記磁性部材を脱磁する、
信号取得方法。
【手続補正３】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】全図
【補正方法】変更
【補正の内容】

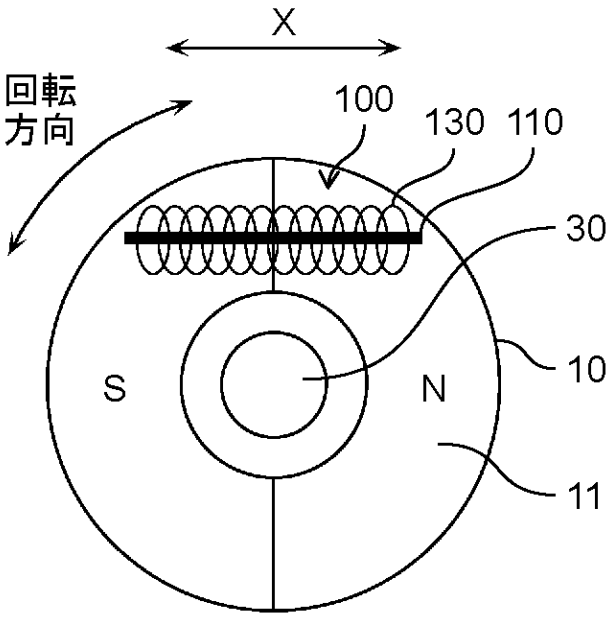
【図１】


B
H
Ja
Jb
(i)
(ii)
(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)

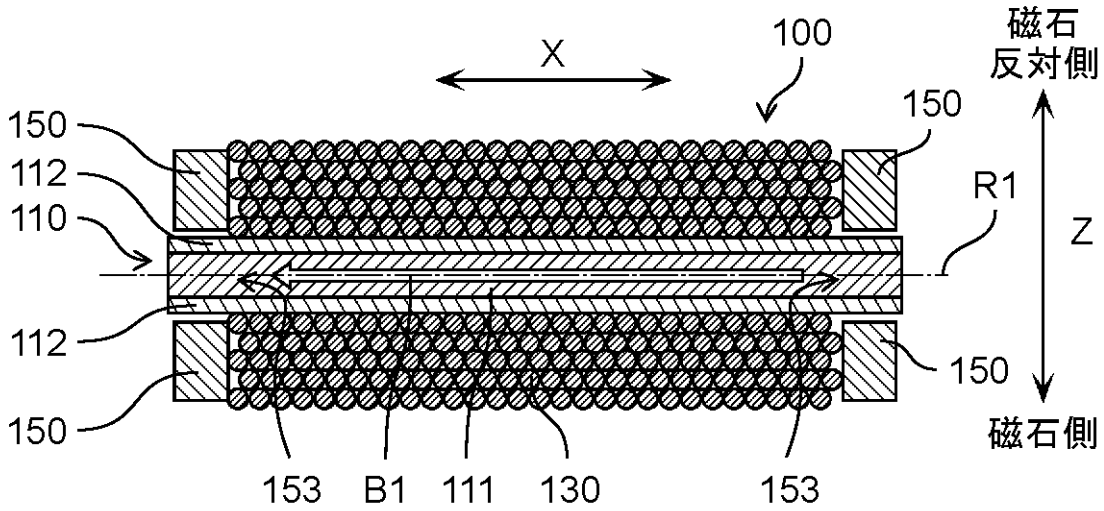
【図２】


X
181
110
190
130
182
100
1
磁石
反対側
40
11
50
11
10
10
60
Z
20
30
磁石側

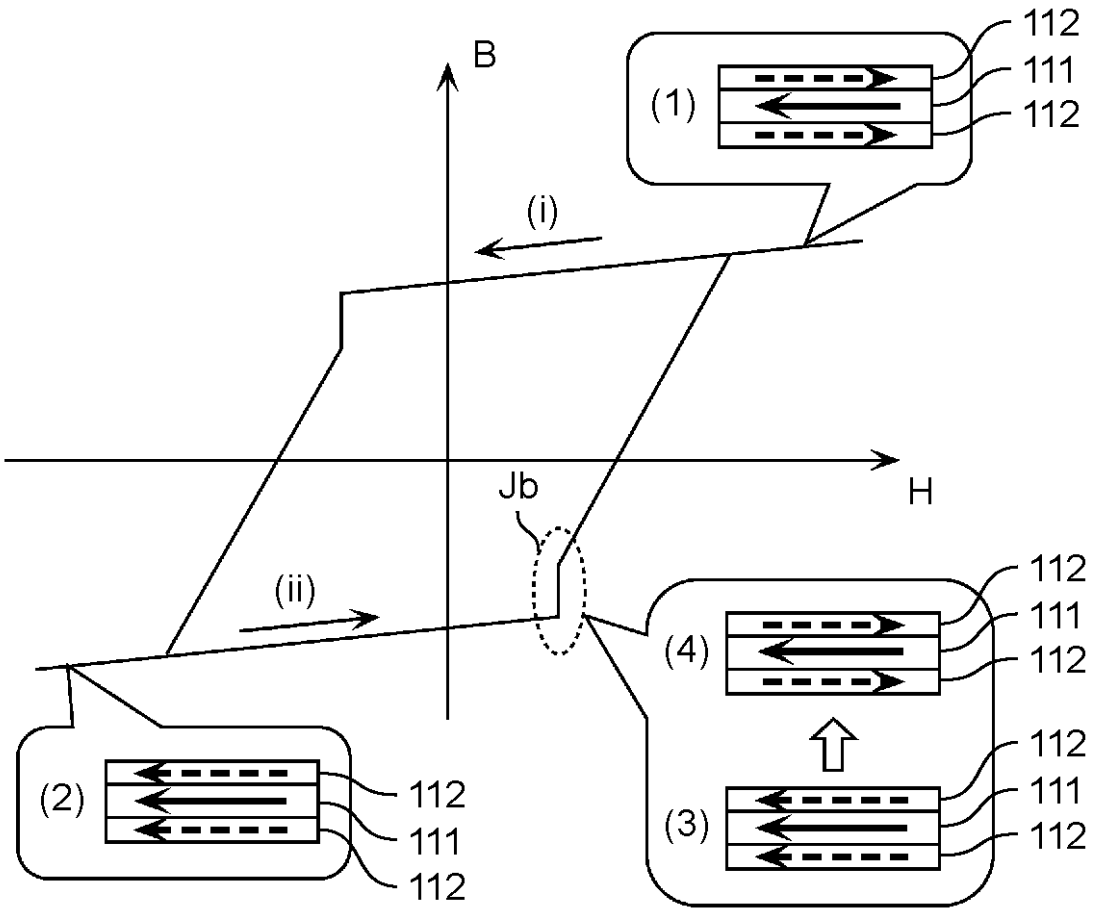
【図３】


X
回転
方向
100
130
110
30
10
S
N
11

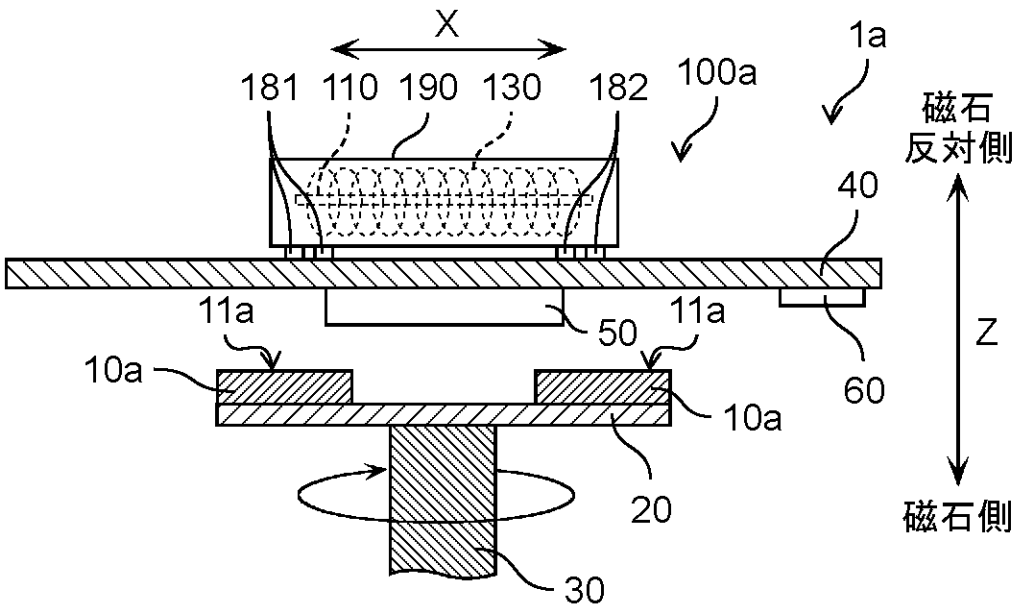
【図４】


X
100
磁石
反対側
150
150
112
110
R1
Z
112
150
150
磁石側
153
B1
111
130
153

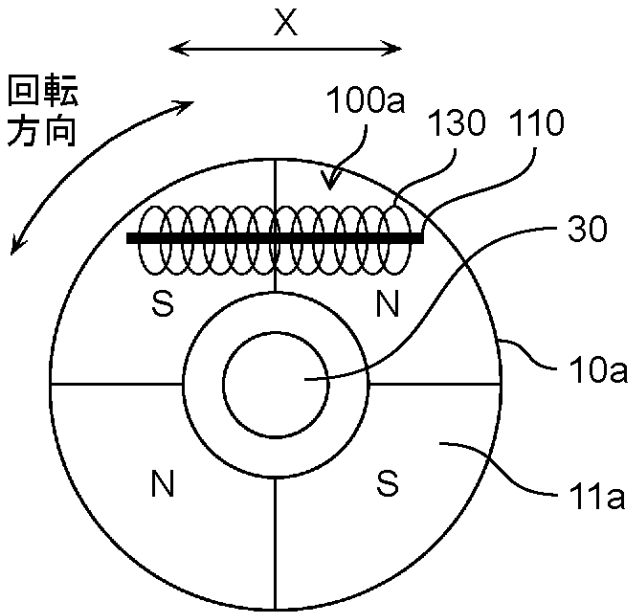
【図５】


B
H
Jb
(i)
(ii)
(1)
(2)
(3)
(4)
112
111
112

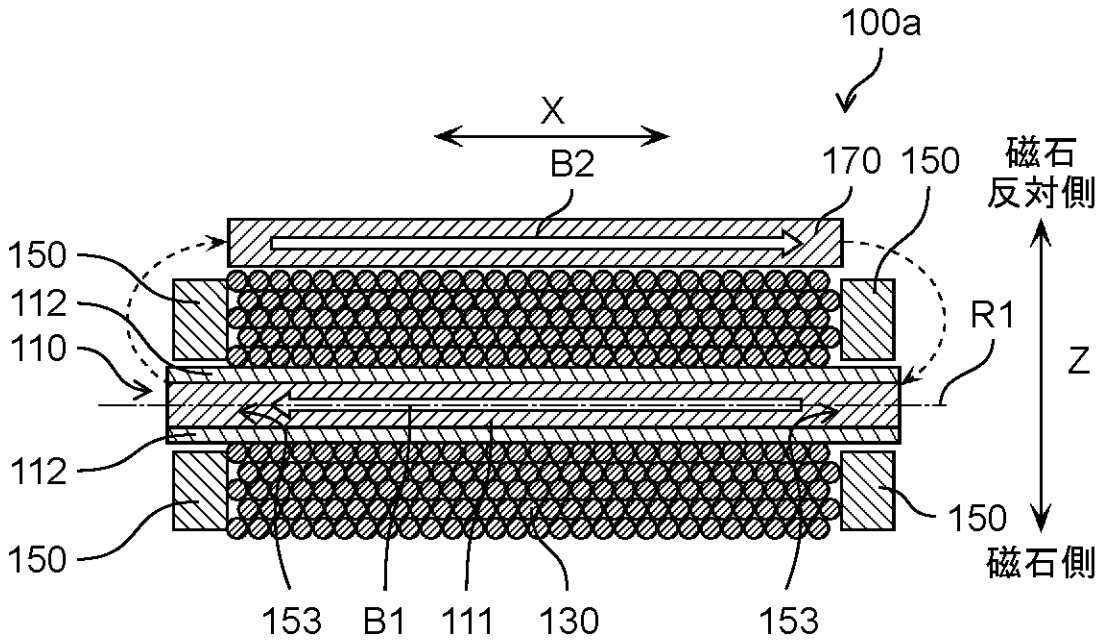
【図６】


X
181
110
190
130
182
100a
1a
磁石
反対側
40
11a
50
11a
10a
10a
60
Z
20
30
磁石側

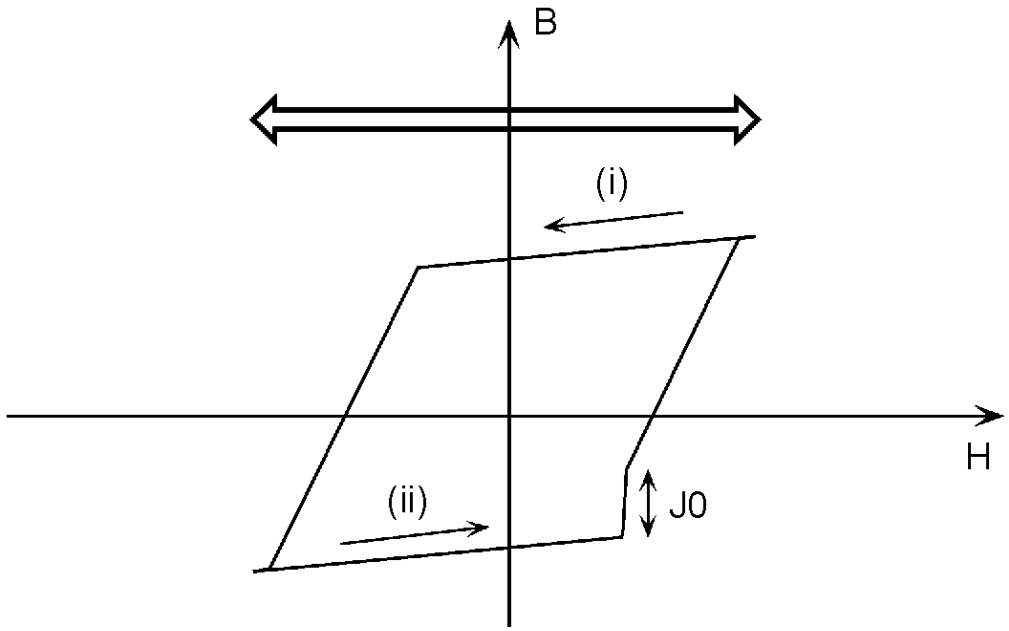
【図７】


X
回転
方向
100a
130
110
30
S
N
10a
N
S
11a

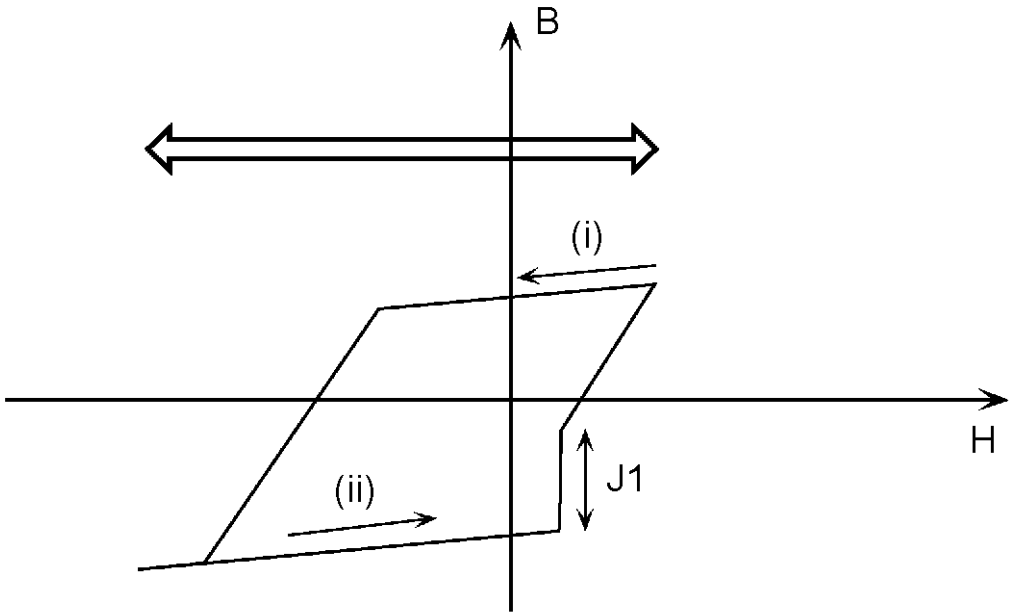
【図８】


100a
X
B2
170
150
磁石
反対側
150
112
110
R1
Z
112
150
150
磁石側
153
B1
111
130
153

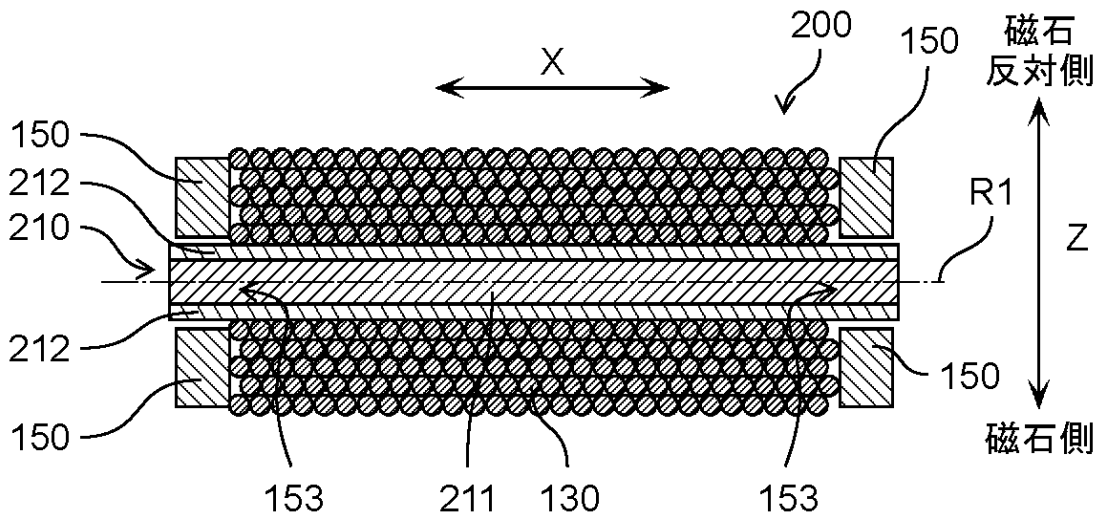
【図９Ａ】



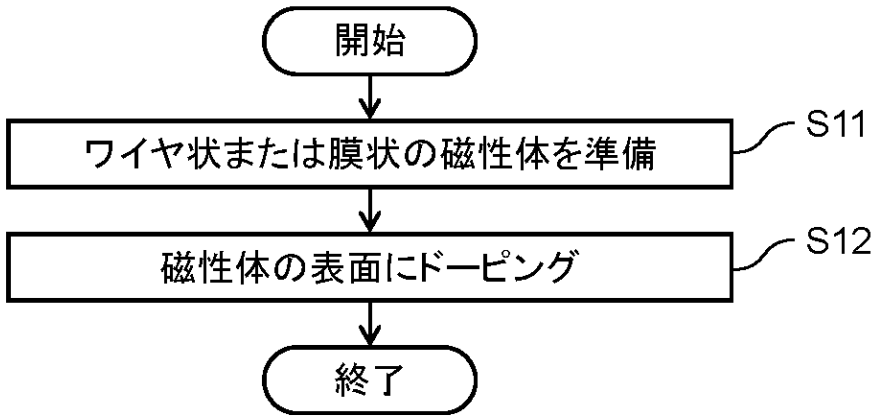
【図９Ｂ】



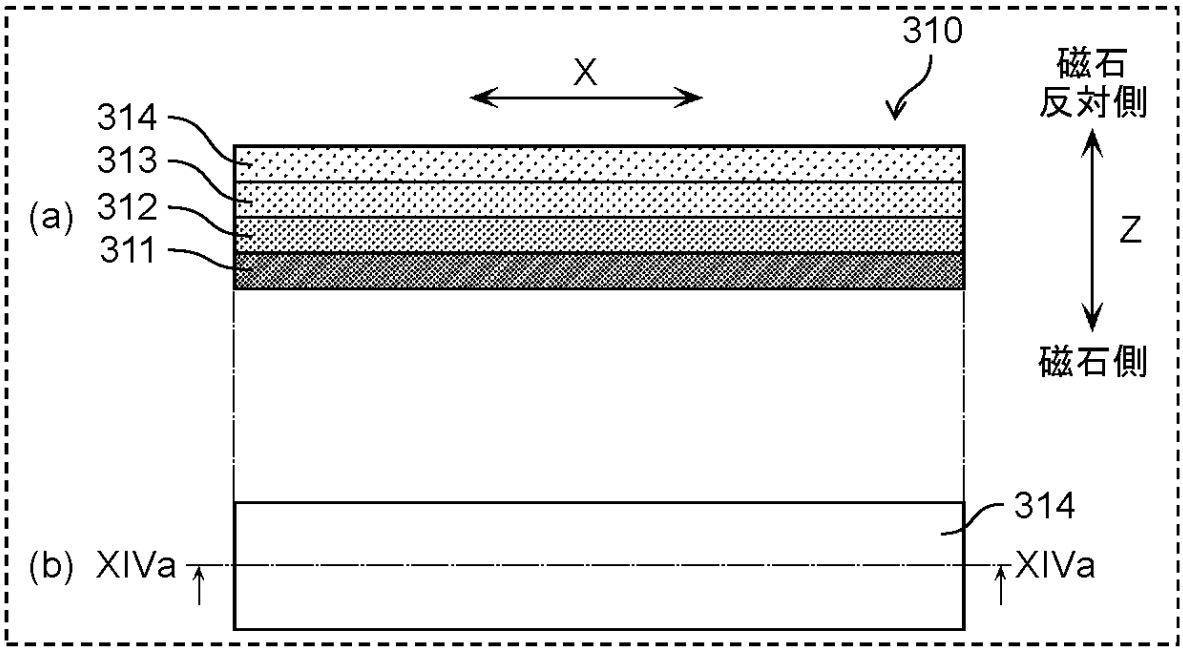
【図１０】


200
150
磁石
反対側
X
150
212
210
R1
Z
212
150
150
磁石側
153
211
130
153

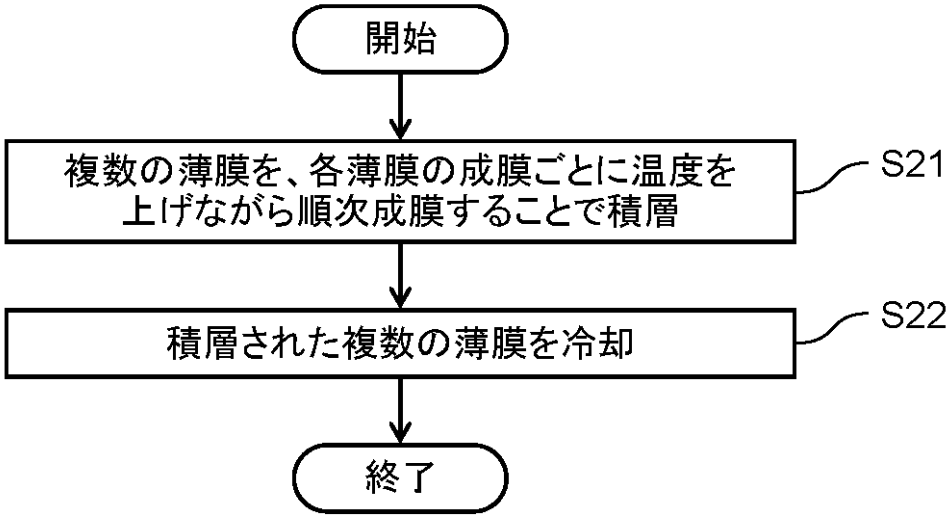
【図１１】


開始
ワイヤ状または膜状の磁性体を準備
S11
磁性体の表面にドーピング
S12
終了

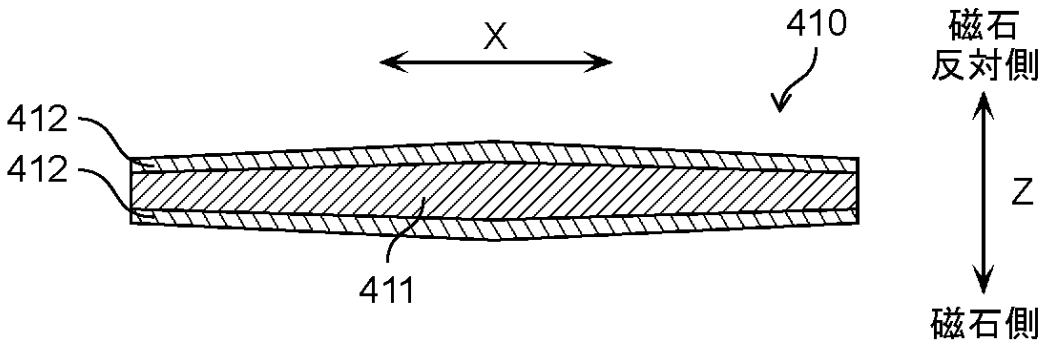
【図１２】


310
X
磁石
反対側
314
313
(a) 312
311
Z
磁石側
314
(b) XIVa
XIVa

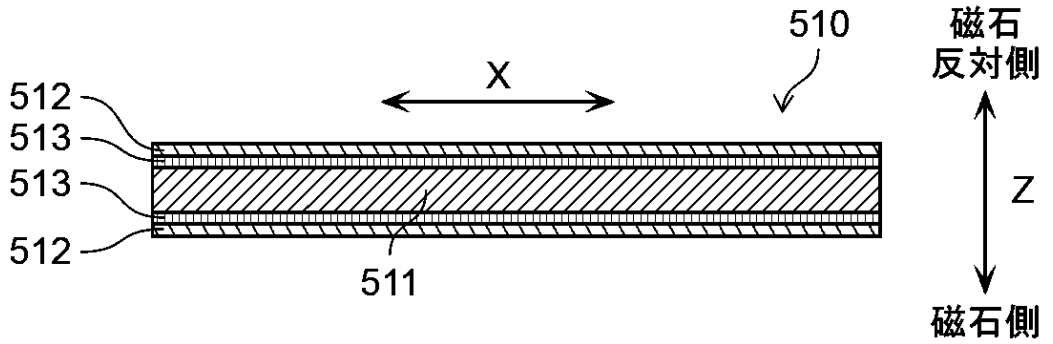
【図１３】


開始
複数の薄膜を、各薄膜の成膜ごとに温度を
上げながら順次成膜することで積層
S21
積層された複数の薄膜を冷却
S22
終了

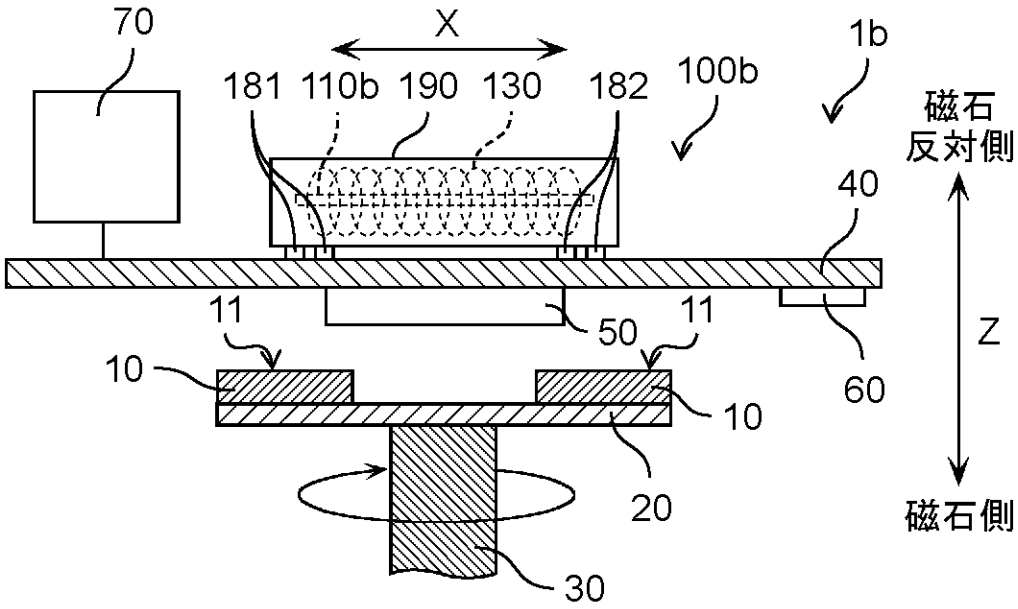
【図１４】


X
410
磁石
反対側
412
412
Z
411
磁石側

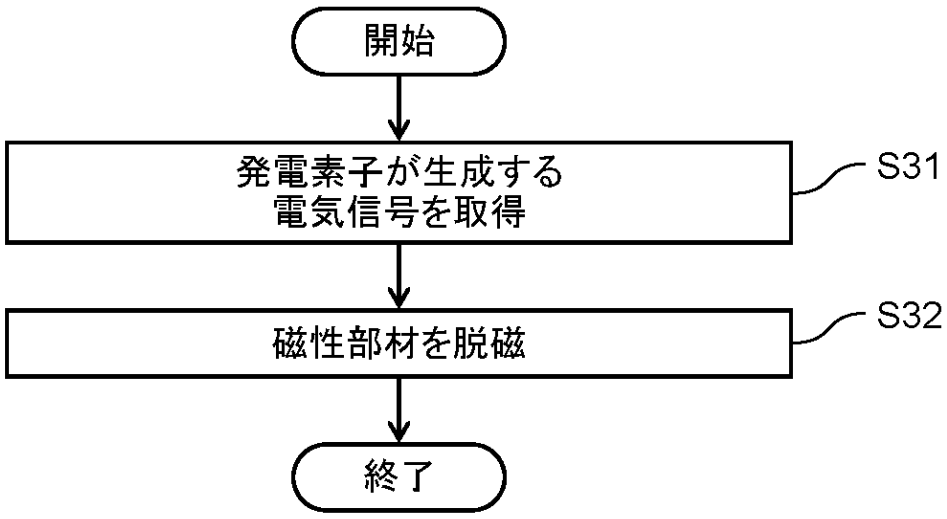
【図１５】


510
磁石
反対側
X
512
513
513
512
511
Z
磁石側

【図１６】


70
X
181
110b
190
130
182
100b
1b
磁石
反対側
40
11
50
11
10
10
60
Z
20
30
磁石側

【図１７】


開始
発電素子が生成する
電気信号を取得
S31
磁性部材を脱磁
S32
終了