

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5797101号  
(P5797101)

(45) 発行日 平成27年10月21日 (2015.10.21)

(24) 登録日 平成27年8月28日 (2015.8.28)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 R 1/22 (2006.01)	GO 1 R 1/22 A
GO 1 R 15/20 (2006.01)	GO 1 R 15/20 C

請求項の数 6 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2011-257829 (P2011-257829)	(73) 特許権者	000227180
(22) 出願日	平成23年11月25日 (2011.11.25)		日置電機株式会社
(65) 公開番号	特開2013-68591 (P2013-68591A)		長野県上田市小泉81番地
(43) 公開日	平成25年4月18日 (2013.4.18)	(74) 代理人	100104787
審査請求日	平成26年10月31日 (2014.10.31)		弁理士 酒井 伸司
(31) 優先権主張番号	特願2011-196647 (P2011-196647)	(72) 発明者	永井 明博
(32) 優先日	平成23年9月9日 (2011.9.9)		長野県上田市小泉81番地 日置電機株式
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		会社内
		(72) 発明者	降旗 佳範
			長野県上田市小泉81番地 日置電機株式
			会社内
		(72) 発明者	今泉 憲
			長野県上田市小泉81番地 日置電機株式
			会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気センサおよび電流測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

先端部および基端部に噛合部が設けられた複数の磁性板を積層して形成された略弧状の磁性コアを有すると共に当該基端部側の支点を中心として回動可能に構成された一対のセンサ部を備え、

前記一対のセンサ部における前記磁性板の前記各噛合部同士を噛合させた状態において環状体が構成されて当該環状体で取り囲んだ検出対象体の磁気を検出する磁気センサであって、

前記各噛合部は、当該各噛合部同士が最も重なり合う完全噛合状態において、噛合領域の全領域が互いに重なり合う主噛合部を備えて構成され、

前記先端部に設けられた噛合部および前記基端部に設けられた噛合部の少なくとも一方の前記主噛合部には、前記環状体の内側および外側の少なくとも一方に突出する補助噛合部が設けられ、

前記各補助噛合部は、前記完全噛合状態において、当該各補助噛合部の噛合領域の全領域が、噛合し合う他の前記磁性板における前記主噛合部および当該他の磁性板における前記補助噛合部の前記噛合領域と重なり合わず、かつ前記主噛合部の前記噛合領域の一部が重なり合わない状態で噛合する不完全噛合状態において、当該各補助噛合部の噛合領域の一部または全部が前記他の磁性板における前記主噛合部および当該他の磁性板における前記補助噛合部のいずれかの前記噛合領域と重なり合うように形成されている磁気センサ。

【請求項 2】

前記一对のセンサ部は、前記磁性コアの周囲に導線を巻回して形成されたコイル部をそれぞれ備えて構成されている請求項 1 記載の磁気センサ。

【請求項 3】

前記一对のセンサ部の少なくとも一方は、前記環状体に誘起された磁束を検出する磁気検出素子を備えて構成されている請求項 1 記載の磁気センサ。

【請求項 4】

前記補助噛合部は、前記先端部に設けられた噛合部および前記基端部に設けられた噛合部の双方における前記主噛合部に設けられている請求項 1 から 3 のいずれかに記載の磁気センサ。

【請求項 5】

前記補助噛合部は、前記環状体の内側および外側の双方に突出するように形成されている請求項 1 から 4 のいずれかに記載の磁気センサ。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の磁気センサと、当該磁気センサによって検出された前記磁気の強度に基づいて前記検出対象体に流れる電流を測定する測定部とを備えている電流測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気を検出する磁気センサ、およびその磁気センサを備えた電流測定装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

この種の磁気センサとして、特開平 11 - 295346 号公報において出願人が開示したコアセンサが知られている。このコアセンサは、磁性鋼板を積層して略円弧状に形成された磁気コアにボビンを介して巻回（捲着）された巻線の巻回部位を絶縁材で覆った一对のコアセンサ部を備えて構成されている。また、各コアセンサ部の各磁気コアは、基端噛合部および先端噛合部をそれぞれ備えており、使用時において、各磁気コアの基端噛合同士が噛合すると共に各磁気コアの先端噛合同士が噛合するように構成されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 11 - 295346 号公報（第 2 - 3 頁、第 1 - 5 図）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところが、上記のコアセンサには、改善すべき以下の課題がある。すなわち、このコアセンサは、使用時において、各磁気コアの各噛合部（基端噛合部および先端噛合部）同士を噛合させる。また、この種のコアセンサは、基端部側の支点を中心として回転するように構成され、各噛合同士が噛合する向きにバネによって付勢されている。このような構成では、例えば、経年劣化によるバネの付勢力の低下などに起因して各噛合同士が完全には噛合しないことがある。この場合、各噛合同士が完全には噛合しない不完全噛合状態では、各噛合同士が完全に噛合している完全噛合状態と比較して、各噛合同士が噛合する面積が少なくなるため、これに起因してコアセンサの検出感度が低下して、測定精度が低下するおそれがあるという課題が存在する。この場合、このような課題を改善する手段として、付勢力の大きなバネを用いる構成が考えられる。しかしながら、この構成では 2 つの磁気コアの各噛合同士を離反させる（2 つの磁気コアを開く）際に大きな力が必要となって操作性が低下する。このため、このような手段を用いることなく上記の課題の改善が可能な構成の開発が望まれている。

【0005】

10

20

30

40

50

本発明は、かかる改善すべき課題に鑑みてなされたものであり、検出感度の低下を抑制し得る磁気センサおよび電流測定装置を提供することを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成すべく請求項1記載の磁気センサは、先端部および基端部に噛合部が設けられた複数の磁性板を積層して形成された略弧状の磁性コアを有すると共に当該基端部側の支点を中心として回動可能に構成された一对のセンサ部を備え、前記一对のセンサ部における前記磁性板の前記各噛合部同士を噛合させた状態において環状体が構成されて当該環状体で取り囲んだ検出対象体の磁気を検出する磁気センサであって、前記各噛合部は、当該各噛合部同士が最も重なり合う完全噛合状態において、噛合領域の全領域が互いに重なり合う主噛合部を備えて構成され、前記先端部に設けられた噛合部および前記基端部に設けられた噛合部の少なくとも一方の前記主噛合部には、前記環状体の内側および外側の少なくとも一方に突出する補助噛合部が設けられ、前記各補助噛合部は、前記完全噛合状態において、当該各補助噛合部の噛合領域の全領域が、噛合し合う他の前記磁性板における前記主噛合部および当該他の磁性板における前記補助噛合部の前記噛合領域と重なり合わず、かつ前記主噛合部の前記噛合領域の一部が重なり合わない状態で噛合する不完全噛合状態において、当該各補助噛合部の噛合領域の一部または全部が前記他の磁性板における前記主噛合部および当該他の磁性板における前記補助噛合部のいずれかの前記噛合領域と重なり合うように形成されている。

10

【0007】

また、請求項2記載の磁気センサは、請求項1記載の磁気センサにおいて、前記一对のセンサ部は、前記磁性コアの周囲に導線を巻回して形成されたコイル部をそれぞれ備えて構成されている。

20

【0008】

また、請求項3記載の磁気センサは、請求項1記載の磁気センサにおいて、前記一对のセンサ部の少なくとも一方は、前記環状体に誘起された磁束を検出する磁気検出素子を備えて構成されている。

【0009】

また、請求項4記載の磁気センサは、請求項1から3のいずれかに記載の磁気センサにおいて、前記補助噛合部は、前記先端部に設けられた噛合部および前記基端部に設けられた噛合部の双方における前記主噛合部に設けられている。

30

【0010】

また、請求項5記載の磁気センサは、請求項1から4のいずれかに記載の磁気センサにおいて、前記補助噛合部は、前記環状体の内側および外側の双方に突出するように形成されている。

【0011】

また、請求項6記載の電流測定装置は、請求項1から5のいずれかに記載の磁気センサと、当該磁気センサによって検出された前記磁気の強度に基づいて前記検出対象体に流れる電流を測定する測定部とを備えている。

【発明の効果】

40

【0012】

請求項1記載の磁気センサおよび請求項6記載の電流測定装置によれば、磁性板の先端部に設けられた噛合部および基端部に設けられた噛合部の少なくとも一方の主噛合部に環状体の内側および外側の少なくとも一方に突出する補助噛合部を設けたことにより、パネの付勢力の低下などに起因して各主噛合部における噛合領域の一部が重なり合わない状態で噛合している不完全噛合状態において主噛合部同士の噛合面積（重なり合う面積）が減少したとしても、補助噛合部における噛合領域の一部または全部が噛合し合う他の磁性板における主噛合部および補助噛合部のいずれかの噛合領域と重なり合うことによって主噛合部の噛合面積の減少分を確実に補完することができる。このため、この磁気センサおよび電流測定装置によれば、不完全噛合状態においても、磁気センサによる磁気を検出感度

50

の低下を十分少なく抑えることができる結果、測定精度を十分に向上させることができる。

【 0 0 1 3 】

また、請求項 2 記載の磁気センサおよび請求項 6 記載の電流測定装置によれば、磁性コアの周囲に導線を巻回して形成されたコイル部をそれぞれ備えて一对のセンサ部を構成したことにより、検出対象体に流れる微弱な交流電流をこの磁気センサによって非接触で測定することができ、その微弱な交流電流を測定する際の測定精度を十分に向上させることができる。

【 0 0 1 4 】

また、請求項 3 記載の磁気センサおよび請求項 6 記載の電流測定装置によれば、環状体に誘起された磁束を検出する磁気検出素子を一对のセンサ部の少なくとも一方に備えたことにより、検出対象体に流れる直流電流および交流電流の双方をこの磁気センサによって非接触で測定することができ、各電流を測定する際の測定精度を十分に向上させることができる。

【 0 0 1 5 】

また、請求項 4 記載の磁気センサおよび請求項 6 記載の電流測定装置によれば、磁性板の先端部に設けられた噛合部および基端部に設けられた噛合部の双方における主噛合部に補助噛合部を設けたことにより、不完全噛合状態において先端部の主噛合部同士および基端部の主噛合部同士の双方の噛合面積が減少したとしても、その双方の減少分を補完することができる。このため、この磁気センサおよび電流測定装置によれば、磁気センサによる磁気の検出感度の低下をさらに少なく抑えることができる結果、測定精度をさらに向上させることができる。

【 0 0 1 6 】

また、請求項 5 記載の磁気センサおよび請求項 6 記載の電流測定装置によれば、環状体の内側および外側の双方に突出するように補助噛合部を形成したことにより、不完全噛合状態において他の磁性板における主噛合部および補助噛合部のいずれかの噛合領域と重なり合う面積（噛合面積）を大きくすることができる。このため、この磁気センサおよび電流測定装置によれば、主噛合部の噛合面積の減少分をより確実に補完することができるため、磁気センサによる磁気の検出感度の低下を一層少なく抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図 1】電流測定装置 1 の正面図である。

【図 2】電流測定装置 1 の構成を示す構成図である。

【図 3】ケース 1 2 a , 1 2 b を回動させた状態の電流測定装置 1 の正面図である。

【図 4】センサ 1 1 a ( 1 1 b ) の斜視図である。

【図 5】コイル部 2 1 をコイルカバー 2 2 で覆った状態の斜視図である。

【図 6】コイル部 2 1 の斜視図である。

【図 7】磁性コア 3 1 の構成を示す平面図である。

【図 8】主噛合部 5 1 a , 5 1 b , 5 2 a , 5 2 b および補助噛合部 5 3 a , 5 3 b , 5 4 a , 5 4 b の噛合状態を説明する第 1 の説明図である。

【図 9】主噛合部 5 1 a , 5 1 b , 5 2 a , 5 2 b および補助噛合部 5 3 a , 5 3 b , 5 4 a , 5 4 b の噛合状態を説明する第 2 の説明図である。

【図 10】主噛合部 5 1 a , 5 1 b , 5 2 a , 5 2 b および補助噛合部 5 3 a , 5 3 b , 5 4 a , 5 4 b の噛合状態を説明する第 3 の説明図である。

【図 11】比較例としての磁性コア 1 3 1 の平面図である。

【図 12】噛合面積の測定結果を示す測定結果図である。

【図 13】他の実施例としての磁性コア 2 3 1 の構成を示す平面図である。

【図 14】他の実施例としての電流測定装置 3 0 1 の正面図である。

【図 15】他の実施例としてのセンサ 3 1 1 a ( 3 1 1 b ) の斜視図である。

【図 16】他の実施例としてのセンサ 3 1 1 a ( 3 1 1 b ) における磁性コア 3 3 1 およ

10

20

30

40

50

びカバー 3 2 2 の構成を示す斜視図である。

【図 1 7】磁性コア 3 3 1 の構成を示す平面図である。

【図 1 8】主噛合部 3 5 1 a , 3 5 1 b , 3 5 2 a , 3 5 2 b および補助噛合部 3 5 3 a , 3 5 3 b , 3 5 4 a , 3 5 4 b の噛合状態を説明する説明図である。

【図 1 9】他の実施例としての磁性コア 4 3 1 の構成を示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明に係る磁気センサおよび電流測定装置の実施の形態について、添付図面を参照して説明する。

【 0 0 1 9 】

最初に、電流測定装置 1 の構成について、図面を参照して説明する。図 1 に示す電流測定装置 1 は、例えば、検出対象体としての電線 2 0 0 に流れる電流 I ( 交流電流 : 図 2 参照 ) を非接触で測定可能なクランプ式の電流測定装置であって、磁気センサ 2 および本体部 3 を備えて構成されている。

【 0 0 2 0 】

磁気センサ 2 は、磁気センサの一例であって、図 1 に示すように、センサ ( センサ部 ) 1 1 a , 1 1 b ( 以下、区別しないときには「センサ 1 1 」ともいう ) およびケース 1 2 a , 1 2 b ( 以下、区別しないときには「ケース 1 2 」ともいう ) を備えて、検出対象体としての電線 2 0 0 に電流 I ( 交流電流 ) が流れたときに生じる磁気を検出可能に構成されている。

【 0 0 2 1 】

センサ 1 1 a , 1 1 b は、図 4 , 5 に示すように、コイル部 2 1、コイルカバー 2 2 およびシールド部 2 3 をそれぞれ備えて構成されている。この場合、センサ 1 1 a のコイル部 2 1 を、以下、コイル部 2 1 a ともいい、センサ 1 1 b のコイル部 2 1 を、以下、コイル部 2 1 b ともいい。また、センサ 1 1 a , 1 1 b は同様に構成されているため、以下、共通する部分についてはセンサ 1 1 a についてのみ説明し、センサ 1 1 b についての説明を省略する。

【 0 0 2 2 】

コイル部 2 1 は、図 6 に示すように、磁性コア 3 1 と、磁性コア 3 1 における先端部および基端部を除く部分を被覆するボビン 3 2 と、ボビン 3 2 の周囲に巻回された導線 3 3 とを備えて、平面視が略弧状 ( 略円弧状 ) に構成されている。なお、センサ 1 1 a の磁性コア 3 1 を、以下、磁性コア 3 1 a ともいい、センサ 1 1 b の磁性コア 3 1 を、以下、磁性コア 3 1 b ともいい。

【 0 0 2 3 】

磁性コア 3 1 は、図 6 に示すように、磁性板 ( 一例として、金属板 ) 6 0 を複数積層して形成されている。この場合、磁性板 6 0 は、図 7 に示すように、先端部 7 1 に噛合部 6 1 が設けられると共に基端部 7 2 に噛合部 6 2 が設けられて平面視が略弧状 ( 略円弧状 ) に形成されている。また、各磁性コア 3 1 は、磁性板 6 0 から噛合部 6 1 , 6 2 を除いた部分と同じ形状の磁性板で形成されたスペーサが各磁性板 6 0 の間に挟み込まれることにより、図 6 に示すように、各噛合部 6 1 同士の間、および各噛合部 6 2 の間に隙間が生じるように形成されている。なお、磁性コア 3 1 a の噛合部 6 1 , 6 2 を、以下、噛合部 6 1 a , 6 2 a ともいい、磁性コア 3 1 b の噛合部 6 1 , 6 2 を、以下、噛合部 6 1 b , 6 2 b ともいい。

【 0 0 2 4 】

この電流測定装置 1 では、使用時において、図 8 に示すように、磁性コア 3 1 a の噛合部 6 1 a と磁性コア 3 1 b の噛合部 6 1 b とが噛合すると共に、磁性コア 3 1 a の噛合部 6 2 a と磁性コア 3 1 b の噛合部 6 2 b とが噛合し、これによって環状体が構成される。また、この環状体で取り囲んだ検出対象体の磁気をセンサ 1 1 a , 1 1 b ( 磁気センサ 2 ) が検出して検出信号 S d を出力する。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

また、噛合部 6 1 は、図 7 に示すように、主噛合部 5 1 を備えて構成され、噛合部 6 2 は主噛合部 5 2 を備えて構成されている。なお、磁性コア 3 1 a の主噛合部 5 1 , 5 2 を、以下、主噛合部 5 1 a , 5 2 a といい、磁性コア 3 1 b の主噛合部 5 1 , 5 2 を、以下、主噛合部 5 1 b , 5 2 b といい。

【 0 0 2 6 】

この場合、図 8 に示すように、主噛合部 5 1 a の先端部が主噛合部 5 1 b の基端部側に位置すると共に主噛合部 5 1 b の先端部が主噛合部 5 1 a の基端部側に位置し、主噛合部 5 2 a の先端部が主噛合部 5 2 b の基端部側に位置すると共に主噛合部 5 2 b の先端部が主噛合部 5 2 a の基端部側に位置する状態において、主噛合部 5 1 a , 5 1 b における噛合領域（同図において斜線を付した領域）の全領域が噛合して、主噛合部 5 2 a , 5 2 b における噛合領域（同図において斜線を付した領域）の全領域が噛合する。言い換えると、この状態では、主噛合部 5 1 a , 5 1 b における噛合領域の全領域が平面視した状態で重なり合い、主噛合部 5 2 a , 5 2 b における噛合領域の全領域が平面視で重なり合う（以下、単に「重なり合う」ともいう）。つまり、この状態では、各主噛合部 5 1 a , 5 1 b 同士および各主噛合部 5 2 a , 5 2 b 同士が最も重なり合う（以下、この状態を「完全噛合状態」ともいう）。

10

【 0 0 2 7 】

また、主噛合部 5 1 には、図 7 , 8 に示すように、上記した環状体の内側に突出する補助噛合部 5 3 が設けられ、主噛合部 5 2 には、この環状体の外側に突出する補助噛合部 5 4 が設けられている。なお、磁性コア 3 1 a に設けられている補助噛合部 5 3 , 5 4 を、以下、補助噛合部 5 3 a , 5 4 a といい、磁性コア 3 1 b に設けられている補助噛合部 5 3 , 5 4 を、以下、補助噛合部 5 3 b , 5 4 b といい。

20

【 0 0 2 8 】

この場合、補助噛合部 5 3 a は、図 8 に示すように、上記した完全噛合状態において、噛合領域の全領域が、主噛合部 5 1 b（他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 1）および補助噛合部 5 3 b（他の磁性板 6 0 における補助噛合部 5 3）のいずれの噛合領域とも重なり合わない。一方、補助噛合部 5 3 a は、図 9 , 1 0 に示すように、各主噛合部 5 1 a , 5 1 b における噛合領域の一部、および各主噛合部 5 2 a , 5 2 b における噛合領域の一部が重なり合わない状態で噛合している不完全噛合状態においては、噛合領域の一部または全部（図 9 では一部の例を示し、図 1 0 では全部の例を示す）が、主噛合部 5 1 b および補助噛合部 5 3 b のいずれかの噛合領域と重なり合う。

30

【 0 0 2 9 】

また、補助噛合部 5 4 a は、図 8 に示すように、完全噛合状態において、主噛合部 5 2 b（他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 2）および補助噛合部 5 4 b（他の磁性板 6 0 における補助噛合部 5 4）のいずれの噛合領域とも重なり合わず、図 9 , 1 0 に示すように、不完全噛合状態において、噛合領域の一部（一部または全部の一例）が、主噛合部 5 2 b および補助噛合部 5 4 b のいずれかの噛合領域と重なり合う。

【 0 0 3 0 】

同様にして、補助噛合部 5 3 b は、図 8 に示すように、完全噛合状態において、主噛合部 5 1 a（他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 1）および補助噛合部 5 3 a（他の磁性板 6 0 における補助噛合部 5 3）のいずれの噛合領域とも重なり合わず、図 9 , 1 0 に示すように、不完全噛合状態においては、噛合領域の一部または全部（図 9 では一部の例を示し、図 1 0 では全部の例を示す）が、主噛合部 5 1 a および補助噛合部 5 3 a のいずれかの噛合領域と重なり合う。また、補助噛合部 5 4 b は、図 8 に示すように、完全噛合状態において、主噛合部 5 2 a（他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 2）および補助噛合部 5 4 a（他の磁性板 6 0 における補助噛合部 5 4）のいずれの噛合領域とも重なり合わず、図 9 , 1 0 に示すように、不完全噛合状態において、噛合領域の一部（一部または全部の一例）が、主噛合部 5 2 a および補助噛合部 5 4 a のいずれかの噛合領域と重なり合う。

40

【 0 0 3 1 】

コイルカバー 2 2 は、図 5 に示すように、コイル部 2 1 における導線 3 3 の巻回部分（

50

図 6 参照) を被覆するようにして配設される。シールド部 2 3 は、磁気センサ 2 を備えた電流測定装置 1 を用いて電流を測定する際の外乱の影響を防止する機能を有しており、図 4 に示すように、コイル部 2 1 に配設されたコイルカバー 2 2 を取り囲むようにして配設されている。

#### 【 0 0 3 2 】

ケース 1 2 a , 1 2 b は、センサ 1 1 a , 1 1 b をそれぞれ収容可能に構成されている。この場合、センサ 1 1 a , 1 1 b は、センサ 1 1 a , 1 1 b のいずれか一方が、厚み方向 ( 図 1 における紙面手前側と紙面奥側とを結ぶ方向 ) に沿って磁性板 6 0 の厚みに相当する長さだけセンサ 1 1 a , 1 1 b の他方に対して手前側または奥側に位置するようにケース 1 2 a , 1 2 b にそれぞれ収容されており、このように構成することで、噛合部 6 1 同士および噛合部 6 2 同士の噛合 ( 重なり合い ) が可能となっている。

10

#### 【 0 0 3 3 】

また、ケース 1 2 a , 1 2 b は、図 1 に示すように、基端部側 ( 同図における下側 ) が本体部 3 におけるケース 4 5 の支点 P f ( 図 8 参照 ) に固定される図外の支持軸を回転中心として回転可能にケース 4 5 に取り付けられる。また、ケース 1 2 a , 1 2 b は、図外のバネの付勢力によってセンサ 1 1 a , 1 1 b の各先端部同士が近接する向き ( 図 1 に示す矢印 A , B の向き ) に付勢されている。

#### 【 0 0 3 4 】

本体部 3 は、図 2 に示すように、A / D 変換部 4 1、表示部 4 2、操作部 4 3、制御部 4 4、およびこれらの各構成要素が収容または配設されるケース 4 5 ( 図 1 参照 ) を備えて構成されている。A / D 変換部 4 1 は、制御部 4 4 と共に測定部を構成し、磁気センサ 2 から出力される検出信号 S d をアナログ / デジタル変換して電流データ D i を出力する。表示部 4 2 は、例えば液晶パネルで構成されて、図 1 に示すように、ケース 4 5 の正面パネルに配設されている。また、表示部 4 2 は、制御部 4 4 の制御に従って各種の測定値等を表示する。

20

#### 【 0 0 3 5 】

操作部 4 3 は、電源スイッチやレンジ切替えスイッチ等の各種のスイッチを備えて構成されて、図 1 に示すように、ケース 4 5 の正面パネルに配設されている。また、操作部 4 3 は、スイッチ操作に応じた操作信号を出力する。制御部 4 4 は、操作部 4 3 から出力される操作信号に従って本体部 3 を構成する各部を制御する。また、制御部 4 4 は、A / D 変換部 4 1 から出力される電流データ D i に基づいて ( つまり磁気センサ 2 から出力される検出信号 S d に基づいて ) 電流値 I m を算出すると共に、算出した電流値 I m を表示部 4 2 に表示させる。また、同図に示すように、ケース 4 5 には、ケース 1 2 a , 1 2 b を回転させるためのレバー 4 5 a , 4 5 a が配設されている。

30

#### 【 0 0 3 6 】

次に、電流測定装置 1 を用いて電流 I を測定する方法について、図面を参照して説明する。

#### 【 0 0 3 7 】

例えば、図 2 に示す電線 2 0 0 に流れている電流 I の電流値 I m を測定する際には、操作部 4 3 を操作して測定レンジ等を設定する。次いで、レバー 4 5 a , 4 5 a を図 3 に示す矢印 C , D の向きに押し込むことにより、センサ 1 1 a , 1 1 b が収容されたケース 1 2 a , 1 2 b を同図に示す矢印 E , F の向きに回転させる。この際に、センサ 1 1 a , 1 1 b の各先端部 ( コイル部 2 1 a , 2 1 b における磁性コア 3 1 a , 3 1 b の噛合部 6 1 a , 6 1 b ) が離間する。

40

#### 【 0 0 3 8 】

続いて、図 1 に示すように、電線 2 0 0 をセンサ 1 1 a , 1 1 b によって取り囲んだ状態でレバー 4 5 a , 4 5 a の押し込みを解除する。この際に、センサ 1 1 a , 1 1 b ( ケース 1 2 a , 1 2 b ) が図外のバネの付勢力によって同図に示す矢印 A , B の向きに回転する。また、センサ 1 1 a , 1 1 b の各コイル部 2 1 a , 2 1 b における各磁性コア 3 1 a , 3 1 b の各噛合部 6 1 a , 6 1 b 同士が噛合する。また、各磁性コア 3 1 a , 3 1 b

50

の各噛合部 6 2 a , 6 2 b 同士が噛合する。これにより、電線 2 0 0 が磁気センサ 2 によって取り囲まれる。

【 0 0 3 9 】

この場合、各噛合部 6 1 a , 6 1 b の各主噛合部 5 1 a , 5 1 b 同士および各噛合部 6 2 a , 6 2 b の各主噛合部 5 2 a , 5 2 b 同士が最も重なり合う完全噛合状態では、図 8 に示すように、主噛合部 5 1 a , 5 1 b における噛合領域の全領域が噛合し、主噛合部 5 2 a , 5 2 b における噛合領域の全領域が噛合する。一方、この完全噛合状態では、同図に示すように、補助噛合部 5 3 a , 5 3 b の噛合領域は、他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 1 および補助噛合部 5 3 のいずれの噛合領域とも噛合せず、補助噛合部 5 4 a , 5 4 b の噛合領域は、他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 2 および補助噛合部 5 4 のいずれの噛合領域とも噛合していない。

10

【 0 0 4 0 】

次いで、各センサ 1 1 a , 1 1 b が、電線 2 0 0 に流れている電流 I によって電線 2 0 0 から発生している磁気を検出して、検出信号 S d を出力する。続いて、制御部 4 4 が、A / D 変換部 4 1 を制御して、検出信号 S d をアナログ / デジタル変換させて電流データ D i を出力させる。次いで、制御部 4 4 は、電流データ D i に基づいて電流値 I m を算出する。続いて、制御部 4 4 は、表示部 4 2 を制御して、算出した電流値 I m を表示させる。

【 0 0 4 1 】

ここで、例えば、ケース 1 2 a , 1 2 b を付勢するバネが劣化して、付勢力が低下しているときには、噛合部 6 1 a , 6 1 b 同士および噛合部 6 2 a , 6 2 b 同士が完全には噛合しない不完全噛合状態となることがある。この不完全噛合状態では、図 9 に示すように、各主噛合部 5 1 a , 5 1 b における噛合領域の一部が重なり合わず、各主噛合部 5 2 a , 5 2 b における噛合領域の一部が重なり合わない状態となる。一方、この不完全噛合状態では、同図に示すように、各補助噛合部 5 3 a , 5 3 b における噛合領域の一部が、他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 1 および補助噛合部 5 3 のいずれかの噛合領域と重なり合い、各補助噛合部 5 4 a , 5 4 b における噛合領域の一部が、他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 2 および補助噛合部 5 4 のいずれかの噛合領域と重なり合う。

20

【 0 0 4 2 】

この場合、各主噛合部 5 1 同士および各主噛合部 5 2 同士が重なり合う噛合面積が減少したときには、センサ 1 1 a , 1 1 b による磁気検出感度が低下して、これに起因して測定精度が低下するおそれがある。しかしながら、この電流測定装置 1 では、補助噛合部 5 3 , 5 4 を備えたことで、各主噛合部 5 1 同士および各主噛合部 5 2 同士の噛合面積が減少したとしても、補助噛合部 5 3 , 5 4 における噛合領域の一部（または全部）が他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 1 , 5 2 および補助噛合部 5 3 , 5 4 のいずれかの噛合領域と重なり合い、各主噛合部 5 1 同士および各主噛合部 5 2 同士の噛合面積の減少分がある程度補完される。このため、この電流測定装置 1 では、バネの付勢力の低下などに起因して各磁性コア 3 1 の各主噛合部 5 1 における噛合領域および各主噛合部 5 2 における噛合領域が完全には重なり合わない不完全噛合状態においても、センサ 1 1 a , 1 1 b による磁気検出感度の低下が少なく抑えられる。したがって、この電流測定装置 1 では、測定精度が十分に向上されている。

30

40

【 0 0 4 3 】

なお、発明者らは、補助噛合部 5 3 , 5 4 を備えた磁性コア 3 1 を用いた磁気センサ 2 の効果を検証するため、主噛合部 5 1 , 5 2 および補助噛合部 5 3 , 5 4 の噛合面積が噛合状態の違いによってどのように変化するかを測定した。この測定では、主噛合部 5 1 , 5 2 および補助噛合部 5 3 , 5 4 を図 7 の示す形状に形成した磁性コア 3 1 a , 3 1 b を作製した。次いで、図 8 に示すように、各磁性コア 3 1 a , 3 1 b の各主噛合部 5 1 同士および各主噛合部 5 2 同士が最も重なり合う完全噛合状態で、主噛合部 5 1 , 5 2 および補助噛合部 5 3 , 5 4 の噛合面積を測定した。

【 0 0 4 4 】

50



また、図 9 に示すように、支点 P f を回動中心として、磁性コア 3 1 a に対して磁性コア 3 1 b を 0 . 5 ° 回動させて不完全噛合状態とし（以下、この状態を「0 . 5 ° の状態」ともいい、上記した完全噛合状態を「0 ° の状態」ともいう）、主噛合部 5 1 , 5 2 および補助噛合部 5 3 , 5 4 の噛合面積を測定した。また、図 1 0 に示すように、支点 P f を回動中心として、磁性コア 3 1 a に対して磁性コア 3 1 b をさらに 0 . 5 °（つまり、完全噛合状態から 1 °）回動させて（以下、この状態を「1 ° の状態」ともいう）、主噛合部 5 1 , 5 2 および補助噛合部 5 3 , 5 4 の噛合面積を測定した。

【0045】

また比較例として、図 1 1 に示すように、先端部 1 7 1 に設けた噛合部 1 6 1 の主噛合部 1 5 1、および基端部 1 7 2 に設けた噛合部 1 6 2 の主噛合部 1 5 2 のいずれにも補助噛合部 5 3 , 5 4 に相当する部材を設けていない磁性板 1 6 0 を用いて磁性コア 1 3 1 を一対作製し、上記と同様にして 0 ° の状態、0 . 5 ° の状態、および 1 ° の状態で主噛合部 1 5 1 , 1 5 2 の噛合面積を測定した。

【0046】

この結果、図 1 2 に示すように、補助噛合部 5 3 , 5 4 を設けていない磁性コア 1 3 1 では、0 ° の状態における主噛合部 1 5 1 の噛合面積 M 1 を 1 0 0 とすると、0 . 5 ° の状態における噛合面積 M 1 が 8 3 . 6（減少率が 1 6 . 4 %）で、1 ° の状態における噛合面積 M 1 が 6 7 . 5（減少率が 3 2 . 5 %）であった。また、磁性コア 1 3 1 では、0 ° の状態における主噛合部 1 5 2 の噛合面積 M 2 を 1 0 0 とすると、0 . 5 ° の状態における噛合面積 M 2 が 9 4 . 3（減少率が 5 . 7 %）で、1 ° の状態における噛合面積 M 2 が 8 8 . 5（減少率が 1 1 . 5 %）であった。

【0047】

これに対して、補助噛合部 5 3 , 5 4 を備えた磁性コア 3 1 では、0 ° の状態における主噛合部 5 1 および補助噛合部 5 3 の噛合面積 M 3 を 1 0 0 とすると、0 . 5 ° の状態における噛合面積 M 3 が 8 4 . 5（減少率が 1 5 . 5 %）で、1 ° の状態における噛合面積 M 3 が 6 8 . 4（減少率が 3 1 . 6 %）であった。また、磁性コア 3 1 では、0 ° の状態における主噛合部 5 2 および補助噛合部 5 4 の噛合面積 M 4 を 1 0 0 とすると、0 . 5 ° の状態における噛合面積 M 4 が 9 4 . 5（減少率が 5 . 5 %）で、1 ° の状態における噛合面積 M 4 が 8 8 . 7（減少率が 1 1 . 3 %）であった。

【0048】

この結果から、磁性コア 3 1 に補助噛合部 5 3 , 5 4 を配設したことで、不完全噛合状態における主噛合部 5 1 , 5 2 の噛合面積の減少分がある程度補完され、噛合面積の全体としての減少率が少なく抑えられることが明らかである。

【0049】

このように、この磁気センサ 2 および電流測定装置 1 によれば、磁性板 6 0 の先端部 7 1 に設けられた噛合部 6 1 の主噛合部 5 1、および基端部 7 2 に設けられた噛合部 6 2 の主噛合部 5 2 の少なくとも一方に、環状体の内側および外側の少なくとも一方に突出する補助噛合部 5 3 , 5 4 を設けたことにより、バネの付勢力の低下などに起因して各主噛合部 5 1 , 5 2 における噛合領域の一部が重なり合わない状態で噛合している不完全噛合状態において主噛合部 5 1 , 5 2 同士の噛合面積（重なり合う面積）が減少したとしても、補助噛合部 5 3 , 5 4 における噛合領域の一部または全部が他の磁性板 6 0 における主噛合部 5 1 , 5 2 および補助噛合部 5 3 , 5 4 のいずれかの噛合領域と重なり合うことによって主噛合部 5 1 , 5 2 の噛合面積の減少分を確実に補完することができる。このため、この磁気センサ 2 および電流測定装置 1 によれば、不完全噛合状態においても、センサ 1 1 a , 1 1 b による磁気の検出感度の低下を十分少なく抑えることができる結果、測定精度を十分に向上させることができる。

【0050】

また、この磁気センサ 2 および電流測定装置 1 によれば、磁性コア 3 1 の周囲に導線 3 3 を巻回して形成されたコイル部 2 1 をそれぞれ備えて一対のセンサ 1 1 を構成したことにより、検出対象体に流れる微弱な交流電流をこの磁気センサ 2 によって非接触で測定す

10

20

30

40

50

ることができ、その微弱な交流電流を測定する際の測定精度を十分に向上させることができる。

【 0 0 5 1 】

また、この磁気センサ 2 および電流測定装置 1 によれば、磁性板 6 0 の先端部 7 1 に設けられた噛合部 6 1 および基端部 7 2 に設けられた噛合部 6 2 の双方における主噛合部 5 1 , 5 2 に補助噛合部 5 3 , 5 4 を設けたことにより、不完全噛合状態において主噛合部 5 1 同士および主噛合部 5 2 同士の双方の噛合面積が減少したとしても、その双方の減少分を補完することができる。このため、この磁気センサ 2 および電流測定装置 1 によれば、センサ 1 1 a , 1 1 b による磁気の検出感度の低下をさらに少なく抑えることができる結果、測定精度をさらに向上させることができる。

10

【 0 0 5 2 】

なお、磁気センサおよび電流測定装置の構成は、上記した構成に限定されない。例えば、環状体の内側に突出する補助噛合部 5 3 を主噛合部 5 1 に設けた例について上記したが、この補助噛合部 5 3 に代えて、または、この補助噛合部 5 3 と共に、環状体の外側に突出する補助噛合部を主噛合部 5 1 に設ける構成を採用することもできる。また、環状体の外側に突出する補助噛合部 5 4 を主噛合部 5 2 に設けた例について上記したが、この補助噛合部 5 4 に代えて、または、この補助噛合部 5 4 と共に、環状体の内側に突出する補助噛合部を主噛合部 5 2 に設ける構成を採用することもできる。

【 0 0 5 3 】

具体的には、図 1 3 に示す磁性コア 2 3 1 を採用することができる。なお、磁性コア 2 3 1 の説明において、上記した磁性コア 3 1 と同じ構成要素については、同じ符号を付して、重複する説明を省略する。同図に示すように、この磁性コア 2 3 1 を構成する磁性板 2 6 0 の先端部 2 7 1 における噛合部 2 6 1 の主噛合部 2 5 1 には、2 つの磁性コア 2 3 1 によって構成される環状体の内側に突出する補助噛合部 5 3 および環状体の外側に突出する補助噛合部 2 5 3 の双方が設けられている。また、磁性板 2 6 0 の基端部 2 7 2 における噛合部 2 6 2 の主噛合部 2 5 2 には、環状体の外側に突出する補助噛合部 5 4 および環状体の内側に突出する補助噛合部 2 5 4 の双方が設けられている。この構成によれば、環状体の内側および外側の双方に突出するように補助噛合部 5 3 , 2 5 3 , 5 4 , 2 5 4 を形成したことにより、不完全噛合状態において他の磁性板 2 6 0 における主噛合部 2 5 1 , 2 5 2 および補助噛合部 5 3 , 2 5 3 , 5 4 , 2 5 4 のいずれかの噛合領域と重なり合う面積（噛合面積）を大きくすることができる。このため、この構成によれば、主噛合部 2 5 1 , 2 5 2 の噛合面積の減少分をより確実に補完することができるため、磁気の検出感度の低下を一層少なく抑えることができる。

20

30

【 0 0 5 4 】

また、上記の磁性コア 3 1 , 2 3 1 以外の構成例として、各主噛合部に設けられている上記の各補助噛合部 5 3 , 2 5 3 , 5 4 , 2 5 4 の組み合わせが異なる次のような各磁性コアを採用することができる。具体的には、補助噛合部 5 3 , 2 5 3 , 2 5 4 が設けられている磁性コア、補助噛合部 5 3 , 5 4 , 2 5 4 が設けられている磁性コア、補助噛合部 5 3 , 2 5 3 , 5 4 が設けられている磁性コア、補助噛合部 2 5 3 , 5 4 , 2 5 4 が設けられている磁性コア、補助噛合部 5 3 , 2 5 4 が設けられている磁性コア、補助噛合部 2 5 3 , 5 4 が設けられている磁性コア、および補助噛合部 2 5 3 , 2 5 4 が設けられている磁性コアを採用することができる。

40

【 0 0 5 5 】

また、磁性板 6 0 , 2 6 0 の先端部 7 1 , 2 7 1 に設けられた主噛合部 5 1 , 2 5 1 および基端部 7 2 , 2 7 2 に設けられた主噛合部 5 2 , 2 5 2 の双方に補助噛合部を設けた例について上記したが、主噛合部 5 1 , 2 5 1 および主噛合部 5 2 , 2 5 2 の一方にのみ補助噛合部を設ける構成を採用することもできる。この場合、この補助噛合部としては、環状体の内側および外側のいずれか一方に突出する補助噛合部でもよいし、環状体の内側および外側の双方に突出する補助噛合部でもよい。

【 0 0 5 6 】

50

次に、電流測定装置の他の構成例としての電流測定装置 301 について、添付図面を参照して説明する。なお、電流測定装置 301 の説明において、上記した電流測定装置 1 と同じ構成要素については、同じ符号を付して、重複する説明を省略する。図 14 に示すように、この電流測定装置 301 は、例えば、検出対象体としての電線 200 に流れる電流  $I$ （直流電流および交流電流の双方）を非接触で測定可能なクランプ式の電流測定装置であって、磁気センサ 302 および本体部 3 を備えて構成されている。

【0057】

磁気センサ 302 は、磁気センサの他の一例であって、図 14 に示すように、センサ（センサ部）311a, 311b（以下、区別しないときには「センサ 311」ともいう）およびケース 312a, 312b を備えて、検出対象体としての電線 200 に電流  $I$ （直

10

【0058】

センサ 311a, 311b は、図 15, 16 に示すように、磁性コア 331、カバー 322、シールド部 323 および磁気検出素子 324（図 17 参照）をそれぞれ備えて平面視が略弧状（略円弧状）に構成されている。なお、センサ 311a の磁性コア 331 を、以下、磁性コア 331a ともいい、センサ 311b の磁性コア 331 を、以下、磁性コア 331b ともいい。また、センサ 311a, 311b は同様に構成されているため、以下、共通する部分についてはセンサ 311a についてのみ説明し、センサ 311b についての説明を省略する。

【0059】

20

磁性コア 331 は、図 16 に示すように、磁性板（一例として、金属板）360 を複数積層して形成されている。磁性板 360 は、図 17, 18 に示すように、平面視が略弧状（略円弧状）に形成されている。また、磁性板 360 は、上記した磁性コア 31 における磁性板 60 の噛合部 61 と同じ形状の噛合部 361 が先端部 371 に設けられると共に、磁性板 60 の噛合部 62 と同じ形状の噛合部 362 が基端部 372 に設けられている。また、磁性コア 331 は、磁性コア 31 と同様に、スペーサが各磁性板 360 の間に挟み込まれることにより、図 16 に示すように、各噛合部 361 同士の間、および各噛合部 362 の間に隙間が生じるように形成されている。なお、磁性コア 331a の噛合部 361, 362 を、以下、噛合部 361a, 362a といい、磁性コア 331b の噛合部 361, 362 を、以下、噛合部 361b, 362b といい。

30

【0060】

また、磁性コア 331 は、図 17 に示すように、長さ方向の中間部位において、先端部 371 側の半体（以下「先端部側半体」ともいう）と、基端部 372 側の半体（以下「基端部側半体」ともいう）とに分割され、両者の間に隙間が形成されている。

【0061】

この電流測定装置 301 では、使用時において、図 18 に示すように、磁性コア 331a の噛合部 361a と磁性コア 331b の噛合部 361b とが噛合すると共に、磁性コア 331a の噛合部 362a と磁性コア 331b の噛合部 362b とが噛合し、これによって環状体が構成される。また、環状体で取り囲んだ検出対象体の磁気によってこの環状体に誘起された磁束を磁気検出素子 324 が検出して検出信号  $S_d$  を出力する。

40

【0062】

また、図 17, 18 に示すように、噛合部 361 は、上記した磁性コア 31 における噛合部 61 の主噛合部 51 と同様の機能を有する主噛合部 351 を備えて構成され、噛合部 362 は、上記した磁性コア 31 における噛合部 62 の主噛合部 52 と同様の機能を有する主噛合部 352 を備えて構成されている。なお、磁性コア 331a の主噛合部 351, 352 を、以下、主噛合部 351a, 352a といい、磁性コア 331b の主噛合部 351, 352 を、以下、主噛合部 351b, 352b といい。

【0063】

また、主噛合部 351 には、図 17 に示すように、上記した磁性コア 31 における噛合部 61 の補助噛合部 53 と同様の機能を有する補助噛合部 353 が設けられ、主噛合部 3

50

52には、上記した磁性コア31における噛合部61の補助噛合部53と同様の機能を有する補助噛合部354が設けられている。なお、磁性コア331aに設けられている補助噛合部353, 354を、以下、補助噛合部353a, 354aともいい、磁性コア331bに設けられている補助噛合部353, 354を、以下、補助噛合部353b, 354bともいう。

#### 【0064】

カバー322は、図16に示すように、磁性コア331における噛合部361, 362を除く部分を覆うように配設されて、2つに分割された磁性コア331の先端部側半体と磁性コア331の基端部側半体とを1つの弧状の磁性コア331をなすように連結する。シールド部323は、上記したシールド部23と同様の機能を有しており、図15に示すように、磁性コア331に配設されたカバー322を取り囲むようにして配設されている。

10

#### 【0065】

磁気検出素子324は、一例として、ホール素子や、フラックスゲート型の磁気検出素子で構成され、図17に示すように、磁性コア331における先端部側半体と基端部側半体との間の隙間に配設されている。この磁気検出素子324は、2つの磁性コア331a, 331bによって構成される環状体で検出対象体としての電線200を取り囲んだときに、電線200に流れる電流I（直流電流および交流電流）によって生じる磁気によってこの環状体に誘起された磁束を検出して検出信号Sdを出力する。この場合、この磁気センサ302では、一例として、磁性コア331a, 331bの双方に磁気検出素子324が配設されているが、磁性コア331a, 331bの一方にのみ磁気検出素子324を配設する構成を採用することもできる。また、磁性コア331a, 331bの一方または双方に磁気検出素子324を複数配設する構成を採用することもできる。なお、この構成を採用するときには、磁性コア331を3つ以上に分割して磁気検出素子324の数と同数の隙間を設ける。

20

#### 【0066】

ケース312a, 312bは、センサ311a, 311bをそれぞれ収容可能に構成されている。この場合、センサ311a, 311bは、噛合部361同士および噛合部362同士の噛合（重なり合い）が可能な状態でケース312a, 312bにそれぞれ収容されている。また、ケース312a, 312bは、図14に示すように、基端部側（同図における下側）が本体部3におけるケース45の支点Pf（図18参照）に固定される図外の支持軸を回動中心として回動可能にケース45に取り付けられる。また、ケース312a, 312bは、図外のバネの付勢力によってセンサ311a, 311bの各先端部同士が近接する向き（図14に示す矢印A, Bの向き）に付勢されている。

30

#### 【0067】

この磁気センサ302および電流測定装置301においても、磁性板360の先端部371に設けられた噛合部361の主噛合部351、および基端部372に設けられた噛合部362の主噛合部352の少なくとも一方に、環状体の内側および外側の少なくとも一方に突出する補助噛合部353, 354を設けたことにより、上記した磁気センサ2および電流測定装置1と同様に、不完全噛合状態においても、センサ311a, 311bによる磁気の検出感度の低下を十分少なく抑えることができる結果、測定精度を十分に向上させることができる。

40

#### 【0068】

また、この磁気センサ302および電流測定装置301によれば、一对のセンサ311a, 311bによって構成される環状体に誘起された磁束を検出する磁気検出素子324を一对のセンサ311a, 311bの少なくとも一方に備えたことにより、検出対象体に流れる直流電流および交流電流の双方をこの磁気センサ302によって非接触で測定することができ、各電流を測定する際の測定精度を十分に向上させることができる。

#### 【0069】

また、図19に示す磁性コア431を採用することもできる。なお、磁性コア331と

50

同じ構成要素については、同じ符号を付して、重複する説明を省略する。同図に示すように、この磁性コア 4 3 1 を構成する磁性板 4 6 0 の先端部 4 7 1 における噛合部 4 6 1 の主噛合部 4 5 1 には、2 つの磁性コア 4 3 1 によって構成される環状体の内側に突出する補助噛合部 3 5 3 および環状体の外側に突出する補助噛合部 4 5 3 の双方が設けられている。また、磁性板 4 6 0 の基端部 4 7 2 における噛合部 4 6 2 の主噛合部 4 5 2 には、環状体の外側に突出する補助噛合部 3 5 4 および環状体の内側に突出する補助噛合部 4 5 4 の双方が設けられている。この構成によれば、環状体の内側および外側の双方に突出するように補助噛合部 3 5 3 , 4 5 3 , 3 5 4 , 4 5 4 を形成したことにより、不完全噛合状態において他の磁性板 4 6 0 における主噛合部 4 5 1 , 4 5 2 および補助噛合部 3 5 3 , 4 5 3 , 3 5 4 , 4 5 4 のいずれかの噛合領域と重なり合う面積（噛合面積）を大きくすることができる。このため、この構成によれば、主噛合部 4 5 1 , 4 5 2 の噛合面積の減少分をより確実に補完することができるため、磁気の検出感度の低下を一層少なく抑えることができる。

10

#### 【0070】

また、上記の磁性コア 3 3 1 , 4 3 1 以外の構成例として、各主噛合部に設けられている上記の各補助噛合部 3 5 3 , 4 5 3 , 3 5 4 , 4 5 4 の組み合わせが異なる次のような各磁性コアを採用することができる。具体的には、補助噛合部 3 5 3 , 4 5 3 , 4 5 4 が設けられている磁性コア、補助噛合部 3 5 3 , 3 5 4 , 4 5 4 が設けられている磁性コア、補助噛合部 4 5 3 , 3 5 4 , 4 5 4 が設けられている磁性コア、補助噛合部 3 5 3 , 4 5 4 が設けられている磁性コア、補助噛合部 4 5 3 , 3 5 4 が設けられている磁性コア、および補助噛合部 4 5 3 , 4 5 4 が設けられている磁性コアを採用することができる。

20

#### 【0071】

また、磁性板 3 6 0 , 4 6 0 の先端部 3 7 1 , 4 7 1 に設けられた主噛合部 3 5 1 , 4 5 1 および基端部 3 7 2 , 4 7 2 に設けられた主噛合部 3 5 2 , 4 5 2 の双方に補助噛合部を設けた例について上記したが、主噛合部 3 5 1 , 4 5 1 および主噛合部 3 5 2 , 4 5 2 の一方にのみ補助噛合部を設ける構成を採用することもできる。この場合、この補助噛合部としては、環状体の内側および外側のいずれか一方に突出する補助噛合部でもよいし、環状体の内側および外側の双方に突出する補助噛合部でもよい。

30

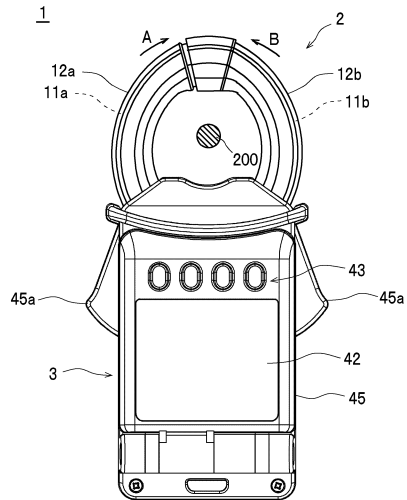
#### 【符号の説明】

#### 【0072】

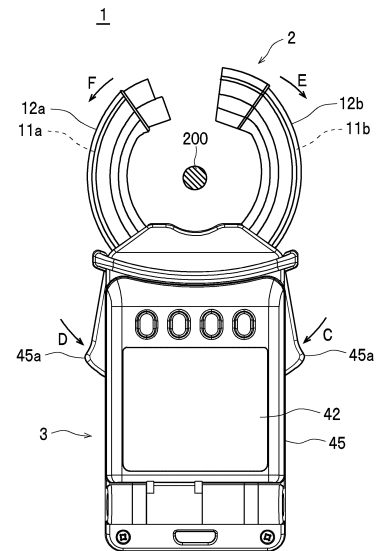
- 1 , 3 0 1 電流測定装置
- 2 , 3 0 2 磁気センサ
- 2 1 コイル部
- 3 1 , 2 3 1 , 3 3 1 , 4 3 1 磁性コア
- 3 2 ボビン
- 3 3 導線
- 4 1 A / D 変換部
- 4 4 制御部
- 6 1 , 6 2 , 2 6 1 , 2 6 2 , 3 6 1 , 3 6 2 , 4 6 1 , 4 6 2 噛合部
- 5 1 , 5 2 , 2 5 1 , 2 5 2 , 3 5 1 , 3 5 2 , 4 5 1 , 4 5 2 主噛合部
- 5 3 , 5 4 , 2 5 3 , 2 5 4 , 3 5 3 , 3 5 4 , 4 5 3 , 4 5 4 補助噛合部
- 6 0 , 2 6 0 , 3 6 0 , 4 6 0 磁性板
- 7 1 , 2 7 1 , 3 7 1 , 4 7 1 先端部
- 7 2 , 2 7 2 , 3 7 2 , 4 7 2 基端部
- 2 0 0 電線
- 3 2 4 磁気検出素子
- I m 電流値

40

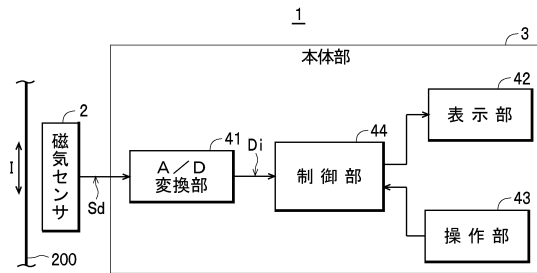
【図 1】



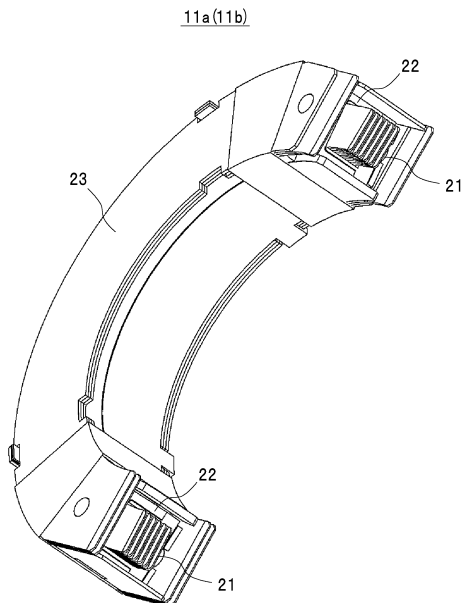
【図 3】



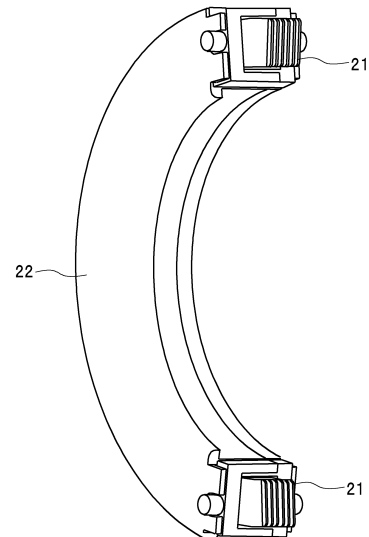
【図 2】



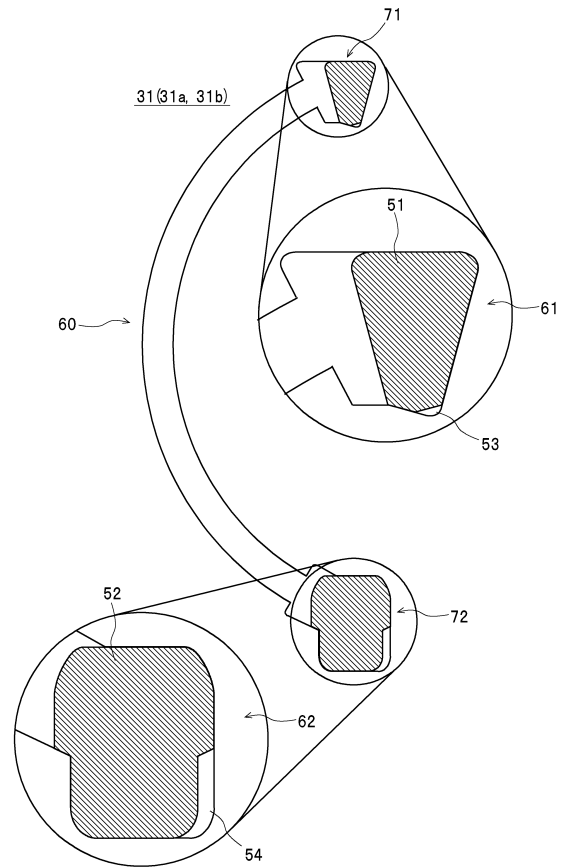
【図 4】



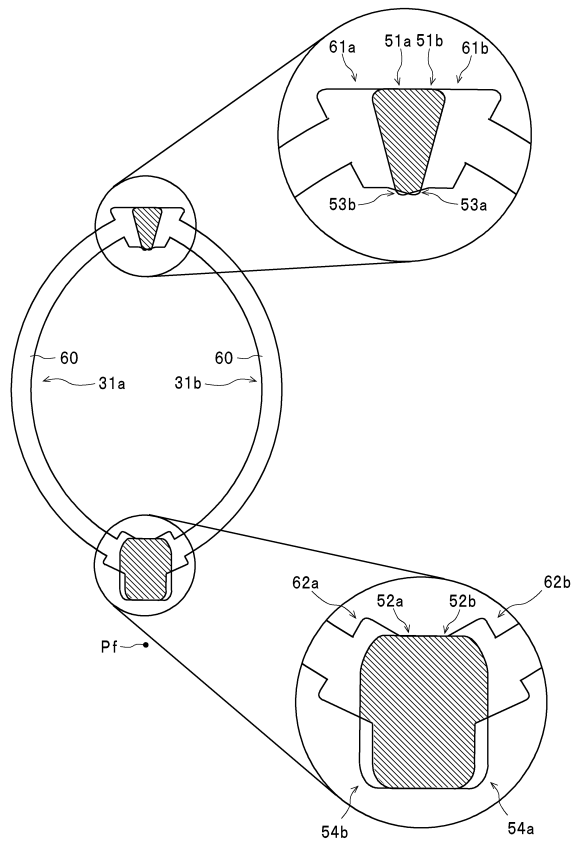
【図 5】



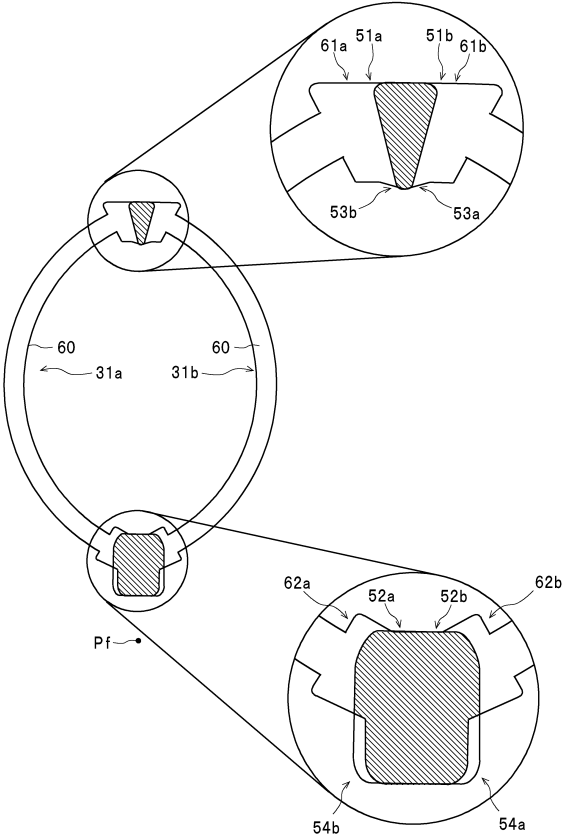
【圖 7】



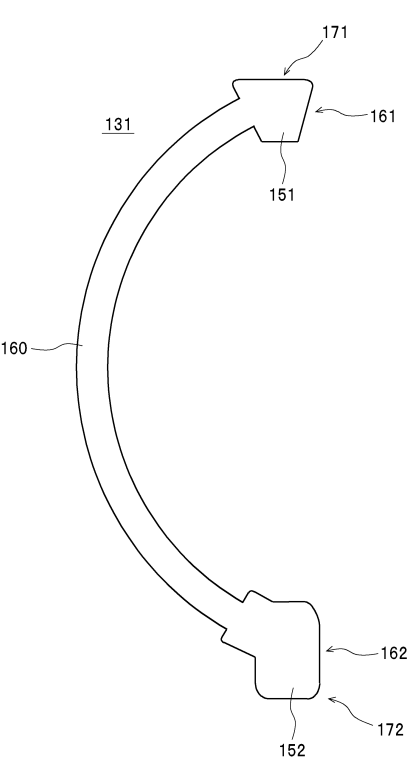
【 図 9 】



【図 10】



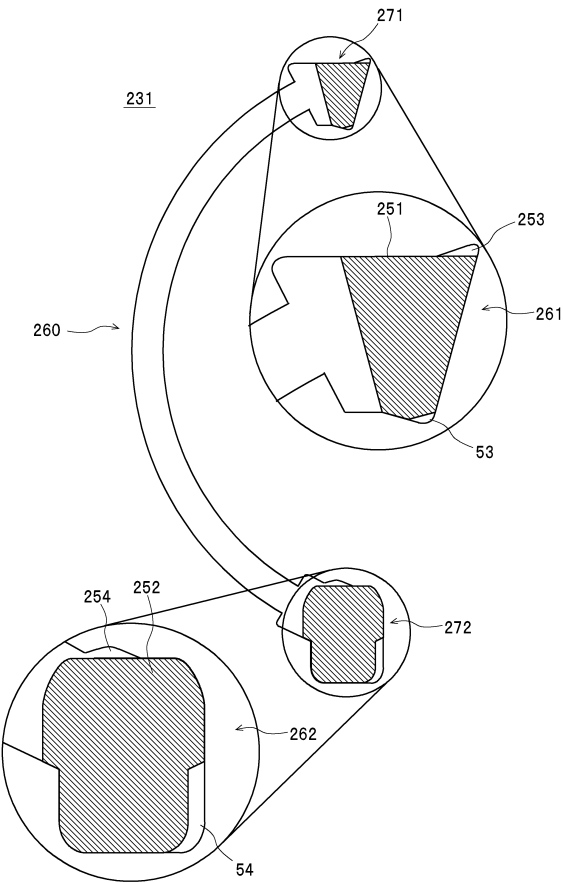
【図 11】



【図 12】

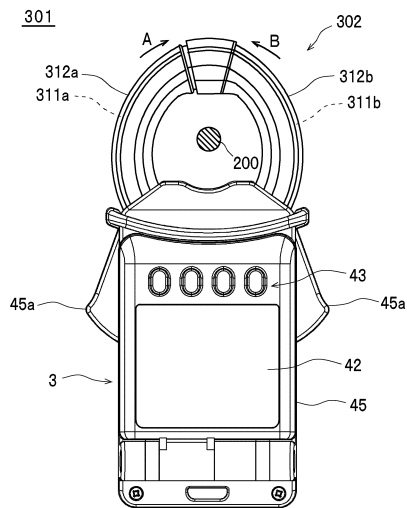
		0° の状態	0.5° の状態	1° の状態
補助噛合部なし	噛合面積M1	100	83.6 減少率16.4%	67.5 減少率32.5%
	噛合面積M2	100	94.3 減少率5.7%	88.5 減少率11.5%
補助噛合部あり	噛合面積M3	100	84.5 減少率15.5%	68.4 減少率31.6%
	噛合面積M4	100	94.5 減少率5.5%	88.7 減少率11.3%

【図 13】

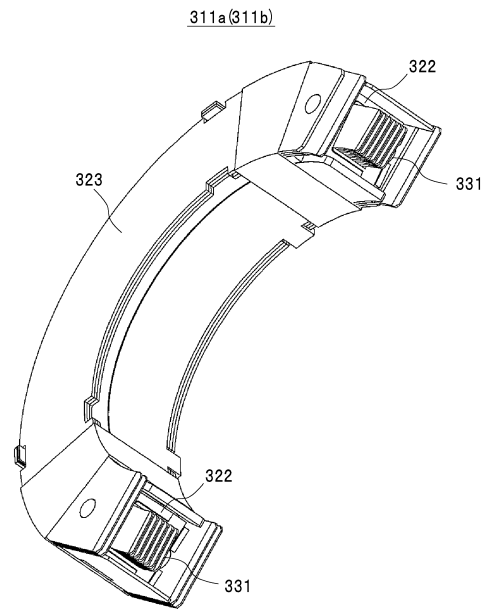




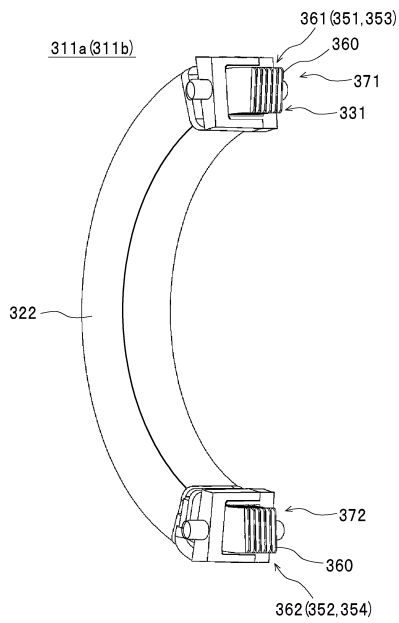
【図 14】



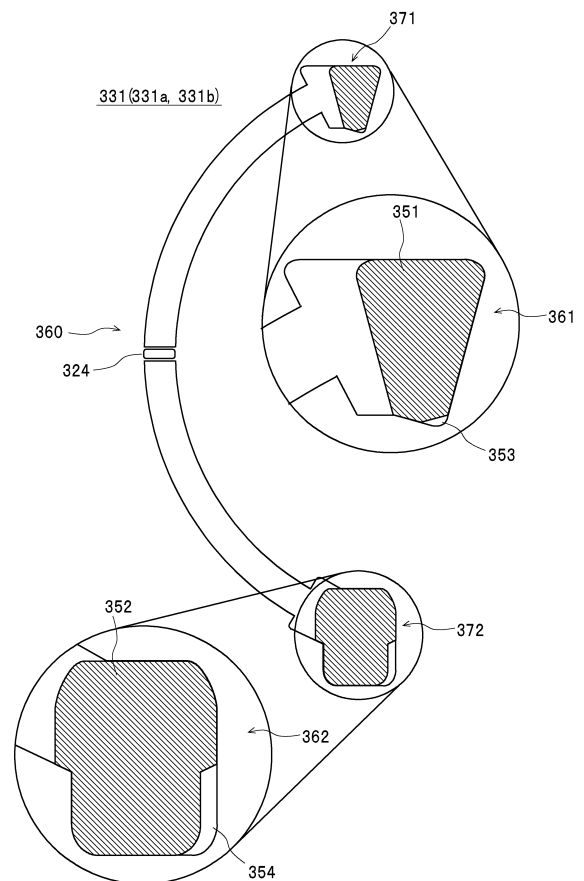
【図 15】



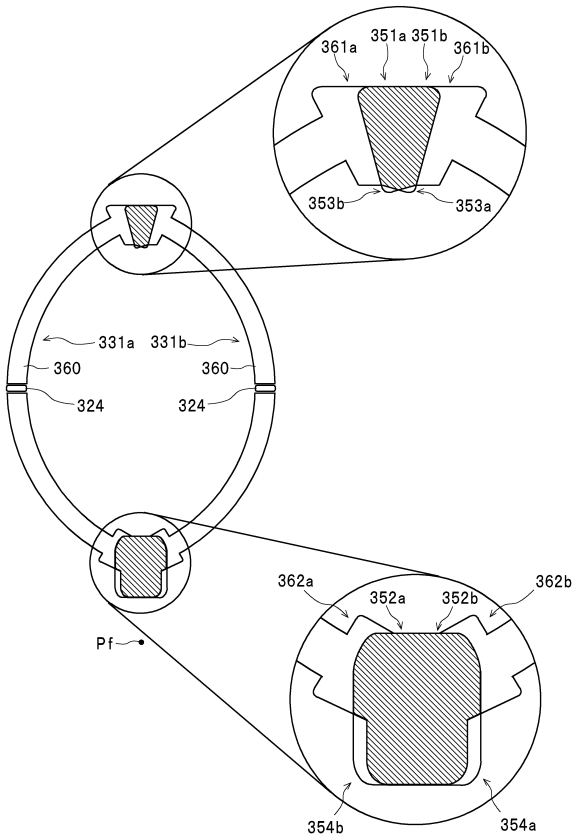
【図 16】



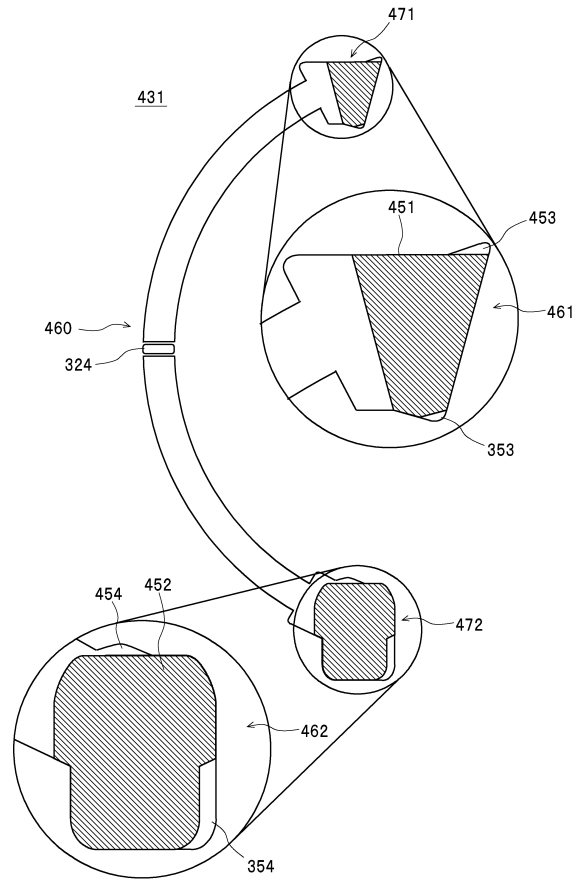
【図 17】



【図 18】



【図 19】



---

フロントページの続き

審査官 川瀬 正巳

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 1 7 8 3 7 ( J P , A )  
特開平 3 - 1 8 7 6 5 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G 0 1 R 1 / 2 2  
G 0 1 R 1 5 / 2 0