

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6285268号
(P6285268)

(45) 発行日 平成30年2月28日 (2018. 2. 28)

(24) 登録日 平成30年2月9日 (2018. 2. 9)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 R 33/02 (2006. 01)	GO 1 R 33/02 B
GO 1 R 33/12 (2006. 01)	GO 1 R 33/12 Z

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-87327 (P2014-87327)	(73) 特許権者	000004695
(22) 出願日	平成26年4月21日 (2014. 4. 21)		株式会社 S O K E N
(65) 公開番号	特開2015-87374 (P2015-87374A)		愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地
(43) 公開日	平成27年5月7日 (2015. 5. 7)	(73) 特許権者	000004260
審査請求日	平成28年8月4日 (2016. 8. 4)		株式会社デンソー
(31) 優先権主張番号	特願2013-199868 (P2013-199868)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(32) 優先日	平成25年9月26日 (2013. 9. 26)	(74) 代理人	100093779
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 服部 雅紀
		(72) 発明者	岡本 亮太郎
			愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式
			会社日本自動車部品総合研究所内
		(72) 発明者	細井 勉
			愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式
			会社日本自動車部品総合研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気特性測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検出対象 (9 1) の表面 (9 2) 近傍の磁界強度を検出可能な磁界強度センサ (3 0)、前記検出対象の内部の磁束密度を検出可能な 1 つまたは複数の磁束密度センサ (4 0、6 1、7 1、9 5、1 0 3、1 2 1)、および、前記磁界強度センサおよび前記磁束密度センサを保持しているケース (2 0、8 1、1 0 1、1 1 1) を備える磁気特性測定装置 (1 0、6 0、7 0、8 0、1 0 0、1 1 0) であって、

前記磁束密度センサは、

前記ケースから突き出している第 1 探針 (4 1、9 6) と、

前記第 1 探針との間に前記磁界強度センサを挟む位置で前記ケースから突き出している第 2 探針 (4 2、9 7) と、

一端が前記第 1 探針に接続されている第 1 配線 (4 3) と、

前記第 1 探針の先端と前記第 2 探針の先端とを含む仮想的な平面を仮想平面 (5 1) とし、前記仮想平面に対し垂直な方向を垂直方向とすると、一端が前記第 2 探針に接続され、前記垂直方向から見たとき、前記第 1 配線、および、前記検査対象を介して前記第 1 探針と前記第 2 探針との間に形成される電気パスと共に第 1 のループ (5 4) を形成している第 2 配線 (4 4) と、

前記第 1 のループに鎖交する磁束を検出する鎖交磁束検出手段 (5 5、6 2、7 2) と、

を有することを特徴とする磁気特性測定装置。

10

20

【請求項 2】

前記鎖交磁束検出手段は、前記垂直方向から見たとき単独で第 2 のループ（56）を形成しているサーチコイル（55）であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気特性測定装置（10）。

【請求項 3】

前記第 2 のループは、前記垂直方向から見たとき少なくとも前記第 1 のループと重なっていることを特徴とする請求項 2 に記載の磁気特性測定装置。

【請求項 4】

前記仮想平面と平行であり且つ前記第 1 探針と前記第 2 探針とを結ぶ仮想的な直線を仮想直線（52）とすると、

前記第 2 のループは、前記垂直方向から見たとき、前記第 1 のループに沿う経路と、前記仮想直線または当該仮想直線の中点を境にして前記第 1 のループとは対称な経路と、を辿ることを特徴とする請求項 3 に記載の磁気特性測定装置。

【請求項 5】

前記仮想平面と平行であり且つ前記第 1 探針と前記第 2 探針とを結ぶ仮想的な直線を仮想直線（52、122）とすると、

前記鎖交磁束検出手段は、一端が前記第 2 探針に接続され、前記垂直方向から見たとき、前記仮想直線または当該仮想直線の中点を境にして前記第 1 のループとは対称な第 2 のループ（64）を前記第 1 配線と共に形成している第 3 配線（62）であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気特性測定装置（60）。

【請求項 6】

前記ケース（81、101）は、基部（82）と、前記基部に対し前記垂直方向へ相対移動可能な可動部（83、102）と、を有し、

前記基部および前記可動部を互いに前記垂直方向へ離間するように付勢している付勢手段（87）をさらに備え、

前記第 1 探針（96）および前記第 2 探針（97）は、前記可動部に固定され、互いに相対移動不能であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか一項に記載の磁気特性測定装置。

【請求項 7】

前記可動部は電子基板（102）を含み、

前記第 1 配線、前記第 2 配線、および前記鎖交磁束検出手段は、前記電子基板に形成されたパターン配線であり、

前記第 1 探針および前記第 2 探針は前記電子基板に固定されていることを特徴とする請求項 6 に記載の磁気特性測定装置。

【請求項 8】

前記磁束密度センサは 2 つ設けられ、

前記ケース（111）は、基部（82）と、前記基部に対し前記垂直方向へ相対移動可能な第 1 可動部（102、112）と、前記基部および前記第 1 可動部に対し前記垂直方向へ相対移動可能な第 2 可動部（115、116）と、を有し、

前記基部および前記第 1 可動部を互いに前記垂直方向へ離間するように付勢している第 1 付勢手段（87）と、前記第 1 可動部および前記第 2 可動部を互いに前記垂直方向へ離間するように付勢している第 2 付勢手段（119）と、をさらに備え、

2 つの前記磁束密度センサのうち一方（103）を第 1 磁束密度センサとし、他方（121）を第 2 磁束密度センサとすると、

前記第 1 磁束密度センサの前記第 1 探針（96）および前記第 2 探針（97）は、前記第 1 可動部に固定され、互いに相対移動不能であり、

前記第 2 磁束密度センサの前記第 1 探針（96）および前記第 2 探針（97）は、前記第 2 可動部に固定され、互いに相対移動不能であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか一項に記載の磁気特性測定装置。

【請求項 9】

前記第1可動部は第1電子基板(102)を含み、

前記第1磁束密度センサの前記第1配線、前記第2配線、および前記鎖交磁束検出手段は、前記第1電子基板に形成されたパターン配線であり、

前記第1磁束密度センサの前記第1探針および前記第2探針は、前記第1電子基板に固定され、

前記第2可動部は第2電子基板(116)を含み、

前記第2磁束密度センサの前記第1配線、前記第2配線、および前記鎖交磁束検出手段は、前記第2電子基板に形成されたパターン配線であり、

前記第2磁束密度センサの前記第1探針および前記第2探針は、前記第2電子基板に固定されていることを特徴とする請求項8に記載の磁気特性測定装置。

10

【請求項10】

前記磁界強度センサは、前記ケースの前記基部のうち前記検出対象と対向する箇所(89)に設けられ、前記検出対象に対し接近および離間可能であることを特徴とする請求項6~9のいずれか一項に記載の磁気特性測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気特性測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

20

回転電機やリアクトルなどの高効率化を実現するためには、鉄心で生じる損失を低減することが有効である。鉄心で生じる損失を低減するために鉄心の形状や加工方法を改良するには、鉄心の局所的な磁気特性を把握する必要がある。

特許文献1には、電磁鋼板の表面近傍の磁界強度を検出可能な磁界強度センサと、電磁鋼板の内部の磁束密度を検出可能な磁束密度センサとを備える磁気特性測定装置が記載されている。

【0003】

磁界強度センサは、X方向に巻かれたX方向用コイルと、Y方向に巻かれたY方向用コイルとから構成されている。以下、X方向用コイルおよびY方向用コイルを区別しないとき単に「コイル」と記載する。外部の演算装置は、コイルの両端間の電圧を測定し、この電圧に基づき所定の演算を実施することによって磁界強度を求めることができる。

30

【0004】

磁束密度センサは、X方向用コイルを挟むように設けられた一对のX方向用探針と、Y方向用コイルを挟むように設けられた一对のY方向用探針と、各探針を演算装置に接続するための4本の配線とから構成されている。以下、X方向用探針およびY方向用探針を区別しないとき単に「探針」と記載する。演算装置は、一对の探針に対応する2本の配線間の電圧を測定し、この電圧に基づき所定の演算を実施することによって磁束密度を求めることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0005】

【特許文献1】特開2011-27475号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、特許文献1に開示された磁気特性測定装置では、一对の探針間の電圧を測定するための2本の配線は、磁界強度センサを避けるように設けられる結果、電磁鋼板の板厚方向に対し垂直な平面内でループを形成している。そのため、演算装置が測定する2本の配線間の電圧は、電磁鋼板の内部の磁束による誘起電圧に、電磁鋼板の板厚方向への漏れ磁束による誘起電圧が重畳したものになってしまう。したがって、電磁鋼板の内部の磁

50

束密度の測定精度が低いという問題があった。

【0007】

本発明は、上述の点に鑑みてなされたものであり、その目的は、磁束密度の検出精度が向上された磁気特性測定装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明による磁気特性測定装置は、検出対象の表面近傍の磁界強度を検出可能な磁界強度センサ、検出対象の内部の磁束密度を検出可能な磁束密度センサ、および、磁界強度センサおよび磁束密度センサを保持しているケースを備える。

【0009】

磁束密度センサは、ケースから突き出している第1探針と、第1探針との間に磁界強度センサを挟む位置でケースから突き出している第2探針と、一端が第1探針に接続されている第1配線と、一端が第2探針に接続されている第2配線とを有している。第2配線は、第1探針の先端と第2探針の先端とを含む仮想的な平面である仮想平面に対し垂直な方向から見たとき、第1配線、および、検査対象を介して第1探針と第2探針との間に形成される電気パスと共に第1のループを形成している。

【0010】

特に本発明は、磁束密度センサが、第1のループに鎖交する磁束を検出する鎖交磁束検出手段を有することを特徴とする。

このように構成することで、検出対象の表面から漏れる漏れ磁束が存在する場合であっても、鎖交磁束検出手段の検出結果に基づき漏れ磁束による誘起電圧を特定することができる。そのため、演算装置が測定する第1配線と第2配線との間の電圧、および、漏れ磁束による誘起電圧に基づき所定の演算を実施することによって、電磁鋼板の内部の磁束による誘起電圧を正確に求めることができる。したがって、本発明によれば、磁束密度の検出精度を向上することができる。そして、磁束密度および磁界強度に基づき定量化される検出対象の鉄損値の信頼性を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の第1実施形態による磁気特性測定装置を示す断面図である。

【図2】図1の磁気特性測定装置を矢印I方向から見た図であって、第1探針の先端と第2探針の先端とを含む仮想的な平面である仮想平面に対し垂直な方向から磁気特性測定装置を見た図である。

【図3】図2の磁気特性測定装置において配線およびサーチコイルで発生する電圧を概念的に示す図である。

【図4】本発明の第2実施形態による磁気特性測定装置を示す断面図である。

【図5】図4の磁気特性測定装置を矢印V方向から見た図であって、第1探針の先端と第2探針の先端とを含む仮想的な平面である仮想平面に対し垂直な方向から磁気特性測定装置を見た図である。

【図6】図5の磁気特性測定装置において各配線間で発生する電圧を概念的に示す図である。

【図7】本発明の第3実施形態による磁気特性測定装置を、第1探針の先端と第2探針の先端とを含む仮想的な平面である仮想平面に対し垂直な方向から見た図である。

【図8】本発明の第4実施形態による磁気特性測定装置を示す断面図である。

【図9】図8の磁気特性測定装置を示す断面図であって、磁界強度センサが電磁鋼板の表面近傍に位置させられた状態を示す図である。

【図10】図9の磁気特性測定装置を矢印X方向から見た図であって、第1探針の先端と第2探針の先端とを含む仮想的な平面である仮想平面に対し垂直な方向から磁気特性測定装置を見た図である。

【図11】本発明の第5実施形態による磁気特性測定装置を示す断面図であって、磁界強度センサが電磁鋼板の表面近傍に位置させられた状態を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】図 1 1 の磁気特性測定装置を矢印 X I I 方向から見た図であって、第 1 探針の先端と第 2 探針の先端とを含む仮想的な平面である仮想平面に対し垂直な方向から磁気特性測定装置を見た図である。

【図 1 3】本発明の第 6 実施形態による磁気特性測定装置を示す断面図である。

【図 1 4】図 1 3 の X I V - X I V 線断面図である。

【図 1 5】図 1 3 の磁気特性測定装置を矢印 X V 方向から見た図である。

【図 1 6】図 1 3 の X V I - X V I 線断面図である。

【図 1 7】図 1 3 の磁気特性測定装置を示す断面図であって、4 つの探針が電磁鋼板に押し付けられた状態を示す図である。

【図 1 8】図 1 3 の磁気特性測定装置を示す断面図であって、磁界強度センサが電磁鋼板の表面近傍に位置させられた状態を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の複数の実施形態を図面に基づき説明する。実施形態同士で実質的に同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

<第 1 実施形態>

本発明の第 1 実施形態による磁気特性測定装置は、図 1 に示す磁気特性測定システムに適用されている。磁気特性測定システム 90 は、電磁鋼板 91 の表面 92 近傍における、板厚方向に対し垂直な方向の磁界強度、および、電磁鋼板 91 の内部における、板厚方向に対し垂直な方向の磁束密度を検出するものであり、磁気特性測定装置 10 および演算装置 45 を含む。

20

【0013】

[磁気特性測定システム 90 の概略構成]

まず、磁気特性測定システム 90 の概略構成について図 1 および図 2 を参照して説明する。

(磁気特性測定装置 10)

磁気特性測定装置 10 は、ケース 20、磁界強度センサ 30 および磁束密度センサ 40 を備えている。

ケース 20 は、磁界強度センサ 30 および磁束密度センサ 40 を保持するためのものである。ケース 20 は、樹脂製の直方体の部材であり、内部に弾性部材 21 が設けられている。本実施形態では、弾性部材 21 はゴムから構成されている。また、ケース 20 は、弾性部材 21 から特定面 22 まで延びている通孔 23、24、および、特定面 22 から内側に凹む凹部 25 を有している。特定面 22 は、測定時、検出対象である電磁鋼板 91 の表面 92 に対向する面である。

30

【0014】

磁界強度センサ 30 は、コイル 31 およびリード線 32、33 を有している。コイル 31 は、特定面 22 に平行な軸心まわりに巻かれた導線から成る。コイル 31 は、ケース 20 の凹部 25 に嵌め込まれて固定されている。リード線 32 は、コイル 31 の一端を演算装置 45 に接続している。リード線 33 は、コイル 31 の他端を演算装置 45 に接続している。

40

【0015】

磁束密度センサ 40 は、探針法と呼ばれる手法により磁束密度を検出するものであり、第 1 探針 41、第 2 探針 42、第 1 配線 43 および第 2 配線 44 を有している。第 1 探針 41 は、ケース 20 の通孔 23 に挿入されており、先端部がケース 20 外へ突き出している。第 2 探針 42 は、ケース 20 の通孔 24 に挿入されており、先端部がケース 20 外へ突き出している。第 1 探針 41 の突き出し量は第 2 探針 42 の突き出し量と略同じである。第 1 探針 41 および第 2 探針 42 の先端は、電磁鋼板 91 に押し付けられることによって、電磁鋼板 91 の絶縁被膜を貫通可能である。第 1 配線 43 は、第 1 探針 41 を演算装置 45 に接続している。第 2 配線 44 は、第 2 探針 42 を演算装置 45 に接続している。第 1 配線 43 および第 2 配線 44 の詳細な構成は後述する。

50

【0016】

(演算装置45)

演算装置45は、第1探針41および第2探針42が電磁鋼板91に押し付けられた状態で電磁鋼板91が交流励磁されるとき、リード線32とリード線33との間の電圧を測定し、この電圧に基づき所定の演算を実施することによって、電磁鋼板91の表面92近傍における磁界強度を求める。そして演算装置45は、上記演算結果から、電磁鋼板91の内部の磁界強度を推定する。

【0017】

また、演算装置45は、第1探針41および第2探針42が電磁鋼板91に押し付けられた状態で電磁鋼板91が交流励磁されるとき、第1配線43と第2配線44との間の電圧を測定し、この電圧に基づき所定の演算を実施することによって、電磁鋼板91の内部における磁束密度を求める。

10

【0018】

[磁束密度センサ40および演算装置45の特徴構成]

次に、磁束密度センサ40および演算装置45の特徴構成について図1～図3を参照して説明する。

以下の説明において、図1に示すように第1探針41の先端と第2探針42の先端とを含む仮想的な平面を仮想平面51とし、仮想平面51に対し垂直な方向を垂直方向とする。図1では、仮想平面51は、第1探針41および第2探針42が電磁鋼板91に押し付けられたとき当該電磁鋼板91の表面92と略一致するように記載されている。図2は、図1の磁気特性測定装置10を垂直方向から見た図である。

20

また、図2に示すように、仮想平面51（図1参照）と平行であり且つ第1探針41と第2探針42とを結ぶ仮想的な直線を仮想直線52とする。

【0019】

(磁束密度センサ40)

図1および図2に示すように、磁束密度センサ40の第2配線44は、ケース20の特定面22上において、第2探針42からコイル31を避けるように迂回して第1探針41付近まで延びており、その先が第1配線43と共に撚り線53を構成している。また、第1探針41と第2探針42との間には、電磁鋼板91を介して略直線的な電気パスができる。これにより、第2配線44は、垂直方向から見たとき第1探針41と共に第1のループ54を形成している。

30

【0020】

演算装置45が測定する第1配線43と第2配線44との間の電圧には、電磁鋼板91の内部の磁束による誘起電圧に加え、電磁鋼板91から漏れて第1のループ54を貫く鎖交磁束による誘起電圧がノイズ成分として重畳することとなる。磁束密度センサ40は、上記鎖交磁束による誘起電圧を検出する鎖交磁束検出手段として、サーチコイル55をさらに有している。

【0021】

サーチコイル55は、垂直方向から見たとき単独で第2のループ56を形成している。第2のループ56は、第1のループ54に沿う経路と、仮想直線52を境にして第1のループ54とは対称な経路とを辿る。垂直方向から見たときの第2のループ56の面積は、第1のループ54の面積の約2倍である。つまり、電磁鋼板91から漏れて第2のループ56を貫く鎖交磁束は、電磁鋼板91から漏れて第1のループ54を貫く鎖交磁束の約2倍となる。

40

【0022】

図3に示すように、磁気特性測定装置10において、第1探針41および第2探針42が電磁鋼板に押し付けられた状態で電磁鋼板が交流励磁されるとき、第1探針41と第2探針42との間に生じる探針間電圧を v とする。また、電磁鋼板から漏れて第1のループ54を貫く鎖交磁束により第1配線43と第2配線44との間に誘起される誘起電圧を V とする。電圧の方向は、図3において矢印で示すように、特定面22（図3の紙面）に向

50

かって右まわりを正方向とする。

【0023】

演算装置45が測定する第1配線43と第2配線44との間の電圧 V_a は、 $v-V$ となる。一方、演算装置45が測定するサーチコイル55の両端間の電圧 V_b は、 $2V$ となる。したがって、演算装置45は、次の式(1)から探針間電圧 v を求めることができる。

$$v = V_a + (V_b / 2) \cdots (1)$$

【0024】

(演算装置45)

演算装置45は、第1探針41および第2探針42が電磁鋼板91に押し付けられた状態で電磁鋼板91が交流励磁されるとき、先ず、第1配線43と第2配線44との間の電圧 V_a 、および、サーチコイル55の両端間の電圧 V_b を測定する。次に、演算装置45は、式(1)の関係から電圧 V_a および電圧 V_b に基づき探針間電圧 v を求める。次に、演算装置45は、探針間電圧 v に基づき所定の演算を実施することによって、電磁鋼板91の内部における磁束密度を求める。

【0025】

[効果]

以上説明したように、第1実施形態では、第2配線44は、第1探針41の先端と第2探針42の先端とを含む仮想平面51に対し垂直な方向から見たとき、第1配線43と共に第1のループ54を形成している。また、磁束密度センサ40は、電磁鋼板91から漏れて第1のループ54を貫く鎖交磁束により第1配線43と第2配線44との間に誘起される電圧を検出する鎖交磁束検出手段として、サーチコイル55を有している。

【0026】

このように構成することで、電磁鋼板91の表面92から漏れて第1のループ54に鎖交する鎖交磁束が存在する場合であっても、サーチコイル55の両端間の電圧 V_b に基づき上記鎖交磁束による誘起電圧 V を特定することができる。そのため、第1配線43と第2配線44との間の電圧 V_a 、および、サーチコイル55の両端間の電圧 V_b に基づき所定の演算を実施することによって、電磁鋼板91の内部の磁束による誘起電圧である探針間電圧 v を正確に求めることができる。したがって、第1実施形態によれば、電磁鋼板91の内部における磁束密度の検出精度を向上することができる。そして、磁束密度および磁界強度に基づき定量化される電磁鋼板91の鉄損値の信頼性を確保することができる。

【0027】

また、第1実施形態では、鎖交磁束検出手段は、垂直方向から見たとき単独で第2のループ56を形成しているサーチコイル55である。そのため、鎖交磁束検出手段を比較的簡易かつ安価な構成で実現することができる。

【0028】

また、第1実施形態では、第2のループ56は、垂直方向から見たとき第1のループ54と完全に重なっている。そのため、例えば第2ループが第1ループと重ならないように構成される形態と比べると、サーチコイル55によるノイズ成分(鎖交磁束による誘起電圧 V)の検出精度を高めることができる。

【0029】

また、第1実施形態では、第2のループ56は、垂直方向から見たとき、第1のループ54に沿う経路と、仮想直線52を境にして第1のループ54とは対称な経路とを辿る。これにより、電磁鋼板91から漏れて第2のループ56を貫く鎖交磁束は、電磁鋼板91から漏れて第1のループ54を貫く鎖交磁束の約2倍となる。そのため、演算装置45による演算処理を単純化することができる。

【0030】

<第2実施形態>

本発明の第2実施形態による磁気特性測定装置について図4～図6を参照して説明する。

[磁気特性測定装置60の特徴構成]

図４および図５に示すように、第２実施形態による磁気特性測定装置６０の磁束密度センサ６１は、第１実施形態による磁気特性測定装置１０のサーチコイル５５に代えて、第３配線６２を有している。第３配線６２は、ケース２０の特定面２２上において、第２探針４２からコイル３１を避けるように迂回して第１探針４１付近まで延びており、その先が第１配線４３および第２配線４４と共に撚り線６３を構成している。

【００３１】

第３配線６２は、鎖交磁束検出手段であり、垂直方向から見たとき単独で第２のループ６４を形成している。第２のループ６４は、仮想直線５２を境にして第１のループ５４とは対称な経路を辿る。垂直方向から見たとき、第２のループ６４の面積は、第１のループ５４の面積と等しい。つまり、電磁鋼板９１から漏れて第２のループ６４を貫く鎖交磁束は、電磁鋼板９１から漏れて第１のループ５４を貫く鎖交磁束と等しくなる。

10

【００３２】

図６に示すように、磁気特性測定装置６０において、第１探針４１および第２探針４２が電磁鋼板に押し付けられた状態で電磁鋼板が交流励磁されるとき、第１探針４１と第２探針４２との間に生じる探針間電圧を v とする。また、電磁鋼板から漏れて第１のループ５４を貫く鎖交磁束により第１配線４３と第２配線４４との間に誘起される誘起電圧、および、電磁鋼板から漏れて第２のループ５６を貫く鎖交磁束により第１配線４３と第３配線６２との間に誘起される誘起電圧を V とする。電圧の方向は、図６において矢印で示すように、特定面２２（図６の紙面）に向かって右まわりを正方向とする。

【００３３】

20

演算装置６５が測定する第１配線４３と第２配線４４との間の電圧 V_a は、 $v - V$ となる。一方、演算装置６５が測定する第１配線４３と第３配線６２との間の電圧 V_d は、 $v + V$ となる。したがって、演算装置６５は、次の式（２）から探針間電圧 v を求めることができる。

$$v = (V_a + V_b) / 2 \cdots (2)$$

【００３４】

[効果]

以上説明したように、第２実施形態では、電磁鋼板９１の表面９２から漏れて第１のループ５４に鎖交する鎖交磁束が存在する場合であっても、第１配線４３と第３配線６２との間の電圧 V_b に基づき上記鎖交磁束による誘起電圧 V を特定することができる。そのため、第２実施形態によれば、第１実施形態と同様に、電磁鋼板９１の内部における磁束密度の検出精度を向上することができる。そして、磁束密度および磁界強度に基づき定量化される電磁鋼板９１の鉄損値の信頼性を確保することができる。

30

【００３５】

<第３実施形態>

本発明の第３実施形態による磁気特性測定装置について図７を参照して説明する。

[磁気特性測定装置７０の特徴構成]

図７に示すように、第３実施形態による磁気特性測定装置７０の磁束密度センサ７１は、第１実施形態による磁気特性測定装置１０のサーチコイル５５に代えて、ホール素子７２を備えている。ホール素子７２は、電磁鋼板９１の表面９２から漏れて当該ホール素子７２を貫く鎖交磁束に応じた電圧を出力する。したがって、第１のループ５４の面積とホール素子７２の出力電圧とに基づき、ノイズ成分（鎖交磁束による誘起電圧 V ）を求めることができる。

40

【００３６】

[効果]

以上説明したように、第３実施形態では、電磁鋼板９１の表面９２から漏れて第１のループ５４に鎖交する鎖交磁束が存在する場合であっても、ホール素子７２の出力電圧に基づき上記鎖交磁束による誘起電圧 V を特定することができる。そのため、第３実施形態によれば、第１実施形態と同様に、電磁鋼板９１の内部における磁束密度の検出精度を向上することができる。そして、磁束密度および磁界強度に基づき定量化される電磁鋼板９１

50

の鉄損値の信頼性を確保することができる。

【0037】

＜第4実施形態＞

第1～第3実施形態では、第1探針41および第2探針42は、ケース20に対しそれぞれ独立して移動可能である。つまり、第1探針41および第2探針42は、互いに相対移動可能である。このような構成の場合、製造上の寸法誤差、がたつき等に起因して、電磁鋼板91に接触したときの両探針の先端の位置精度を確保するには限界がある。したがって、ノイズ成分除去や磁束密度算出の過程で誤差が生じる懸念がある。第4実施形態は、上記懸念を解消することを目的としたものである。

【0038】

本発明の第4実施形態による磁気特性測定装置について図8～図10を参照して説明する。

〔磁気特性測定装置80の特徴構成〕

第4実施形態による磁気特性測定装置80のケース81は、ベース82と、ベース82に対し垂直方向へ相対移動可能なスライダ83とから構成されている。ベース82は、特許請求の範囲に記載の「基部」に相当する。スライダ83は、特許請求の範囲に記載の「可動部」に相当する。

【0039】

ベース82は、垂直方向へ延びている軸部84と、軸部84の一端部に形成されている鏝部85とを有している。軸部84の他端部89、すなわちベース82のうち電磁鋼板91と対向する箇所には凹部25が形成されており、磁界強度センサ30は凹部25内に設けられている。

【0040】

スライダ83は、筒状であり、ベース82の軸部84が挿通している通孔86を有する。

ベース82の鏝部85とスライダ83との間には、ばね87が設けられている。ばね87は、特許請求の範囲に記載の「付勢手段」に相当し、ベース82およびスライダ83を互いに垂直方向へ離間するように付勢している。

【0041】

磁気特性測定装置80の磁束密度センサ95は、第2実施形態による磁束密度センサ61の第1探針41および第2探針42に代えて、第1探針96および第2探針97を有している。第1探針96および第2探針97は、スライダ83のうち電磁鋼板91と対向する箇所に固定され、互いに相対移動不能である。つまり、第1探針96および第2探針97は、スライダ83と共に互いに一体化されており、相対的な位置が変動しないようになっている。

【0042】

このように構成された磁気特性測定装置80は、図8に示すように第1探針96および第2探針97の先端が電磁鋼板91に突き当てられた状態から、ベース82がばね87の付勢力に抗して電磁鋼板91側に押し付けられると、第1探針96および第2探針97の先端が電磁鋼板91の絶縁被膜を貫通しつつ、図9に示すように磁界強度センサ30が電磁鋼板91の表面92近傍に位置させられ、磁気特性測定が可能となる。

【0043】

〔効果〕

以上説明したように、第4実施形態では、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

さらに、第4実施形態では、第1探針96および第2探針97は、スライダ83に固定され、互いに相対移動不能である。そのため、第1探針96および第2探針97が電磁鋼板91に突き当てられたときの両探針の先端の位置精度を向上させることができる。したがって、ノイズ成分除去や磁束密度算出の過程で誤差が生じることを回避することができる。

10

20

30

40

50

【0044】

<第5実施形態>

本発明の第5実施形態による磁気特性測定装置について図11、図12を参照して説明する。

[磁気特性測定装置100の特徴構成]

第5実施形態による磁気特性測定装置100のケース101は、ベース82と、スライダ83と、スライダ83のうち電磁鋼板91と対向する箇所に固定されている電子基板102とから構成されている。スライダ83および電子基板102は、特許請求の範囲に記載の「可動部」を構成している。

【0045】

第1配線43、第2配線44、および第3配線62は、電子基板102に形成されたパターン配線である。

磁束密度センサ103の第1探針96および第2探針97は、電子基板102に固定され、互いに相対移動不能である。

【0046】

[効果]

以上説明したように、第5実施形態では、第4実施形態と同様の効果を得ることができる。

さらに、第5実施形態では、第1配線43、第2配線44、および第3配線62は、電子基板102に形成されたパターン配線である。これにより、垂直方向から見たときの第1ループ54と第2ループ64との対称性、および、垂直方向から見たときの第1のループ54の面積と第2のループ64の面積との同等性を確保することができる。したがって、磁気特性の測定精度を高めることができる。

【0047】

<第6実施形態>

磁束密度センサを2つ設ける場合、第1の磁束密度センサの両探針を結ぶ第1仮想直線と、第2の磁束密度センサの両探針を結ぶ第2仮想直線とが交差するように設けられる。この場合、4つの探針が同一部材に固定されると、製造上の誤差に起因して、各探針の先端が同一平面内に位置することが難しくなる。したがって、ノイズ成分除去や磁束密度算出の過程で誤差が生じる懸念がある。第6実施形態は、上記懸念を解消することを目的としたものである。

【0048】

本発明の第6実施形態による磁気特性測定装置について図13～図18を参照して説明する。

[磁気特性測定装置110の特徴構成]

第6実施形態による磁気特性測定装置110のケース111は、ベース82と、スライダ112と、電子基板102とを有している。スライダ112は、環状凹部113および通孔114を有する以外は第4実施形態におけるスライダ83と同様の構成である。環状凹部113は、通孔86のうち電子基板102側で径方向外側に凹む凹部である。通孔114は、スライダ112の電子基板102側の端部に位置し当該電子基板102の面方向へ貫通している。電子基板102は、特許請求の範囲に記載の「第1電子基板」に相当する。また、スライダ112および電子基板102は、特許請求の範囲に記載の「第1可動部」を構成している。

【0049】

さらに、ケース111は、スライダ115と、電子基板116とを備えている。スライダ115は、環状凹部113内に設けられている筒部117と、筒部117から通孔114内に突き出しているフランジ部118とから構成されている。スライダ115は、ベース82およびスライダ112に対し垂直方向へ相対移動可能である。電子基板116は、スライダ115の電子基板102側に固定されている。電子基板116は、特許請求の範囲に記載の「第2電子基板」に相当する。また、スライダ115および電子基板116は

、特許請求の範囲に記載の「第２可動部」を構成している。

【００５０】

スライダ１１２とスライダ１１５との間には、スライダ１１２およびスライダ１１５を互いに垂直方向へ離間するように付勢しているばね１１９が設けられている。ばね８７は、特許請求の範囲に記載の「第１付勢手段」に相当し、ばね１１９は、特許請求の範囲に記載の「第２付勢手段」に相当する。

【００５１】

磁気特性測定装置１１０は、磁束密度センサ１０３に加え、磁束密度センサ１２１を備えている。磁束密度センサ１２１は、第１探針９６、第２探針９７、第１配線４３、第２配線４４および第３配線６２を有している。磁束密度センサ１２１は、第１探針９６および第２探針９７が電子基板１１６に固定されていること、および、垂直方向から見て第１探針９６と第２探針９７とを結ぶ仮想直線１２２が仮想直線５２に対し直交していること以外は、磁束密度センサ１０３と同様の構成である。磁束密度センサ１２１の第１探針９６および第２探針９７は、電子基板１０２が有する通孔１２３を通じて電磁鋼板９１側に突き出している

【００５２】

このように構成された磁気特性測定装置１１０は、図１４に示すように磁束密度センサ１０３の第１探針９６および第２探針９７の先端が電磁鋼板９１に突き当てられた状態からベース８２が電磁鋼板９１側に押し付けられると、先ず図１７に示すようにばね８７の付勢力によりスライダ１１２が電磁鋼板９１側に移動させられて、磁束密度センサ１２１の第１探針９６および第２探針９７の先端が電磁鋼板９１に突き当てられる。その状態からさらにベース８２が電磁鋼板９１側に押し付けられると、各探針９６、９７の先端が電磁鋼板９１の絶縁被膜を貫通しつつ、図１８に示すように磁界強度センサ３０が電磁鋼板９１の表面９２近傍に位置させられ、磁気特性測定が可能となる。

【００５３】

[効果]

以上説明したように、第６実施形態では、第５実施形態と同様の効果を得ることができる。

また、第６実施形態では、磁束密度センサ１０３および磁束密度センサ１２１によって、電磁鋼板９１の内部の２方向の磁束密度を測定可能である。

さらに、第６実施形態では、磁束密度センサ１０３の第１探針９６および第２探針９７は電子基板１０２に固定され、磁束密度センサ１２１の第１探針９６および第２探針９７は電子基板１１６に固定されている。磁束密度センサ１２１の第１探針９６および第２探針９７は、磁束密度センサ１０３の第１探針９６および第２探針９７に対して垂直方向へ相対移動可能である。これにより、ベース８２等を介して各探針９６、９７が電磁鋼板９１に押し付けられたとき、各探針９６、９７の先端が同一平面内に位置するように自動調整される。したがって、ノイズ成分除去や磁束密度算出の過程で誤差が生じることを回避することができ、磁気特性の測定精度を高めることができる。

【００５４】

<他の実施形態>

本発明の他の実施形態では、磁気特性測定装置は、電磁鋼板から漏れる漏れ磁束を検出する装置として用いられてもよい。例えば、第２実施形態と同じ構成の磁気特性測定装置を用いて、次の式（３）から漏れ磁束による誘起電圧Ｖが求められ、この誘起電圧Ｖから漏れ磁束が算出されてもよい。

$$v = (-V_a + V_b) / 2 \cdots (3)$$

本発明の他の実施形態では、磁気特性測定装置は、第１探針および第２探針を有する第１の磁束密度センサに加え、第１探針と第２探針とを結ぶ仮想直線に対し交差する方向へ並ぶ第３探針および第４探針を有する第２の磁束密度センサを備えるように構成されてもよい。

本発明の他の実施形態では、サーチコイルは、仮想平面に対し垂直な方向から見たとき

第1のループと一部が重なっていてもよいし、或いは全く重なっていないくてもよい。

【0055】

本発明の他の実施形態では、第1配線、第2配線、第3配線およびサーチコイルは、例えばフレキシブル基板などの電子基板に形成されたパターン配線から構成されてもよい。

本発明の他の実施形態では、ケース内に設けられる弾性部材は、ゴムに限らず、例えばばね等から構成されてもよい。また、本発明の他の実施形態では、弾性部材は設けられなくてもよい。

本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の形態で実施可能である。

【符号の説明】

10

【0056】

10、60、70、80、100、110・・・磁気特性測定装置

20、81、101、111・・・ケース

30・・・磁界強度センサ

40、61、71、95、103、121・・・磁束密度センサ

41、96・・・第1探針

42、97・・・第2探針

43・・・第1配線

44・・・第2配線

51・・・仮想平面

54・・・第1のループ

55・・・サーチコイル（鎖交磁束検出手段）

62・・・第3配線（鎖交磁束検出手段）

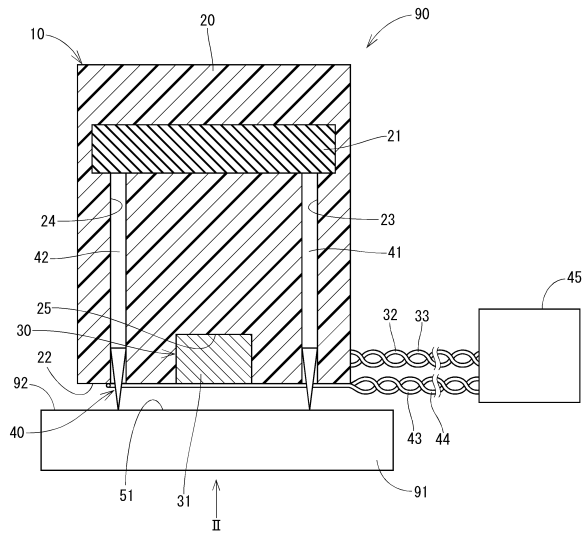
72・・・ホール素子（鎖交磁束検出手段）

91・・・電磁鋼板（検出対象）

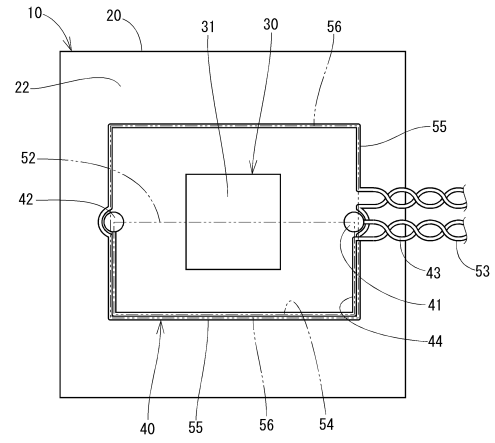
92・・・表面

20

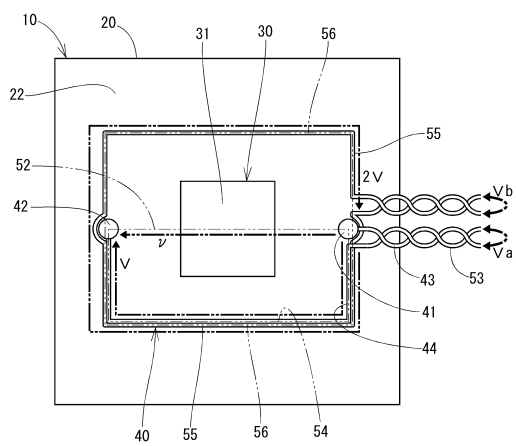
【図 1】



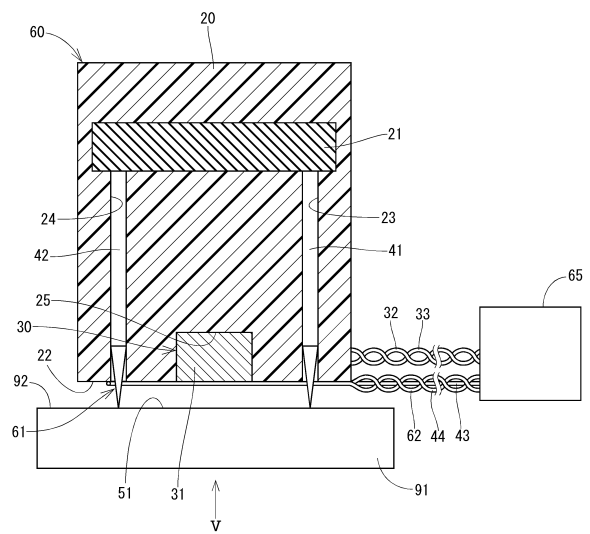
【図 2】



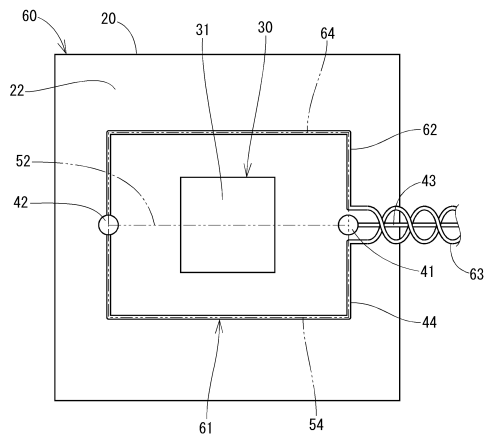
【図 3】



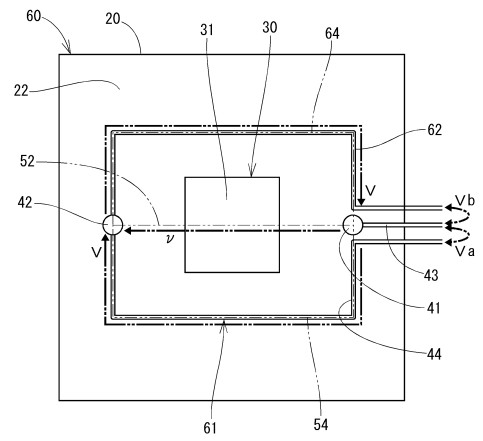
【図 4】



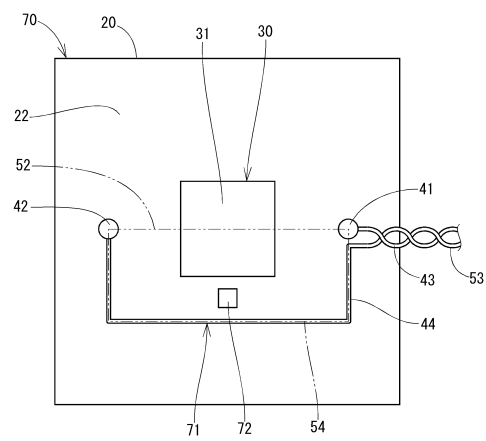
【図 5】



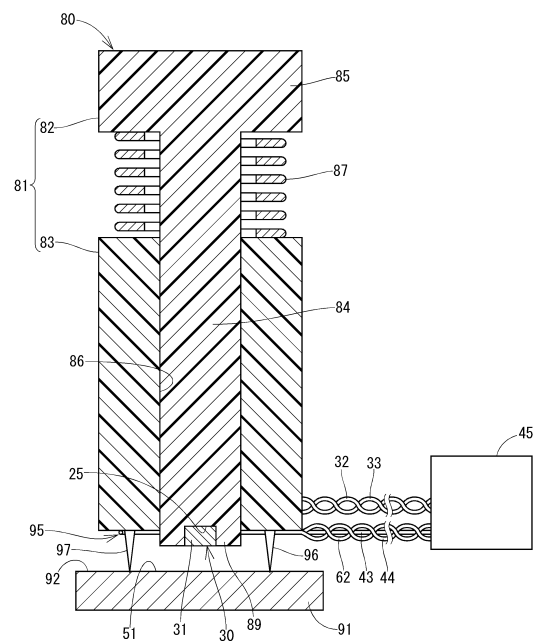
【図 6】



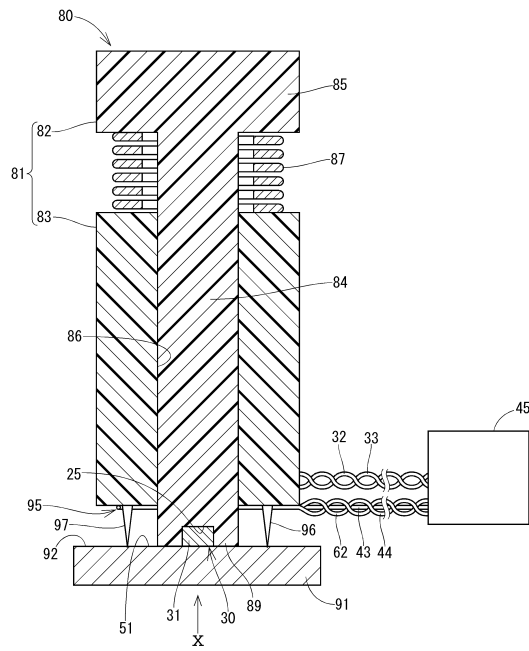
【図 7】



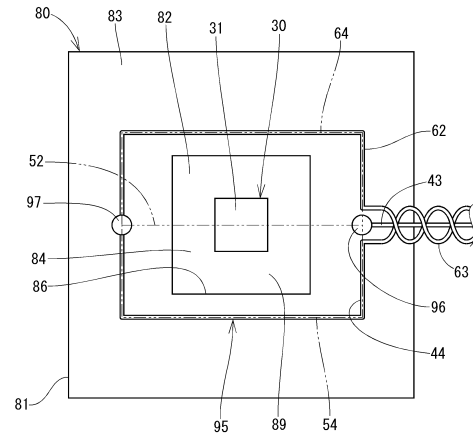
【図 8】



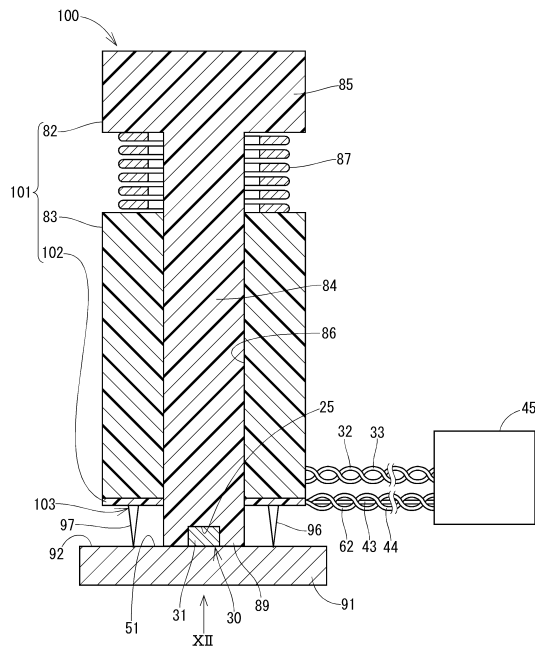
【図 9】



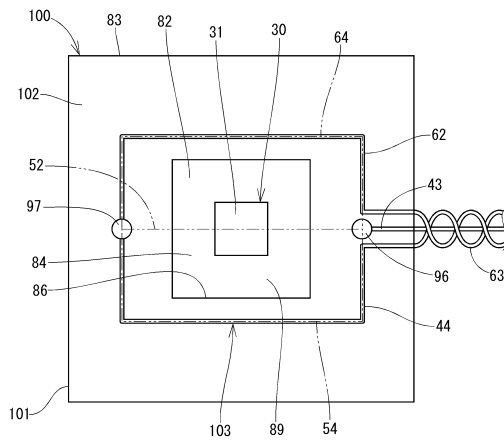
【図 10】



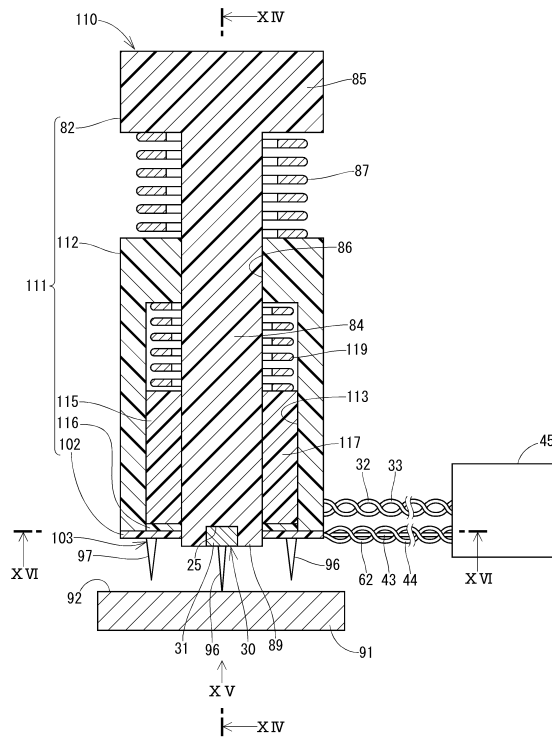
【図 11】



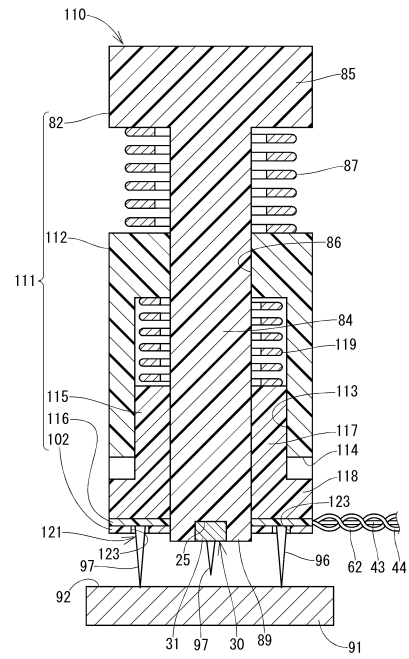
【図 12】



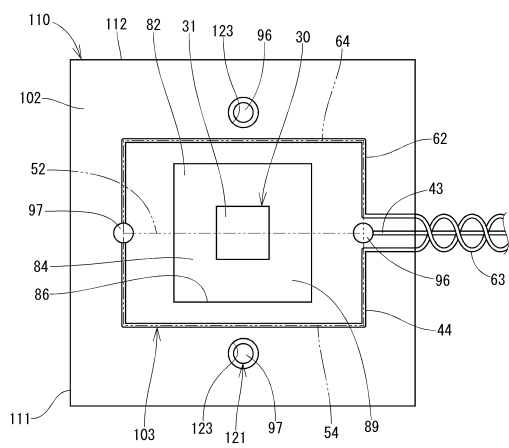
【図 1 3】



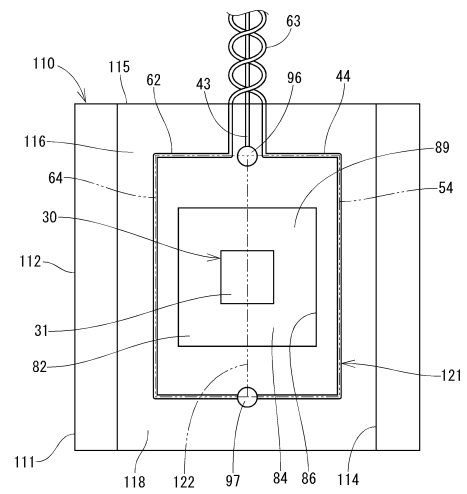
【図 1 4】



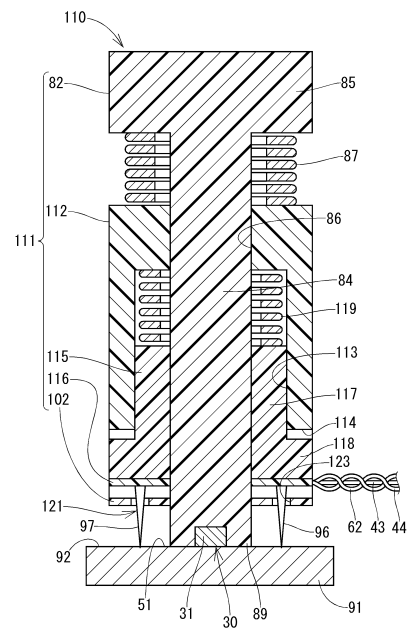
【図 1 5】



【図 1 6】



【图 17】



【図 18】

フロントページの続き

- (72)発明者 松井 啓仁
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
- (72)発明者 神谷 康孝
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 山崎 仁之

- (56)参考文献 特開2011-027475 (JP, A)
特開2011-133383 (JP, A)
実開昭62-199678 (JP, U)
米国特許出願公開第2009/0322326 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 33/02
G01R 33/12