(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2011 年 1 月 20 日(20.01.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/007879 A1

(51) 国際特許分類:
H01F 37/00 (2006.01) *H01F 27/255* (2006.01)
H01F 27/24 (2006.01) *H01F 27/28* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/062114

(22) 国際出願日: 2010 年 7 月 16 日(16.07.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2009-167789 2009 年 7 月 16 日(16.07.2009) JP
特願 2009-211742 2009 年 9 月 14 日(14.09.2009) JP
特願 2010-110793 2010 年 5 月 13 日(13.05.2010) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目１０番２６号 Hyogo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 三谷 宏幸(MITANI Hiroyuki). 財津 享司(ZAITSU Kyoji). 井上 憲一(INOUE Kenichi). 尾崎 修(OZAKI Osamu). 橋本 裕志(HASHIMOTO Hiroshi). 北条 啓文(HOJO Hirofumi). 井上 浩司(INOUE Koji). 吉川 英一郎(YOSHIKAWA Eiichiro). 藤原 直也(FUJIWARA Naoya).

(74) 代理人: 小栗 昌平, 外(OGURI Shohei et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目７番１３号 虎ノ門イーストビルディング１０階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

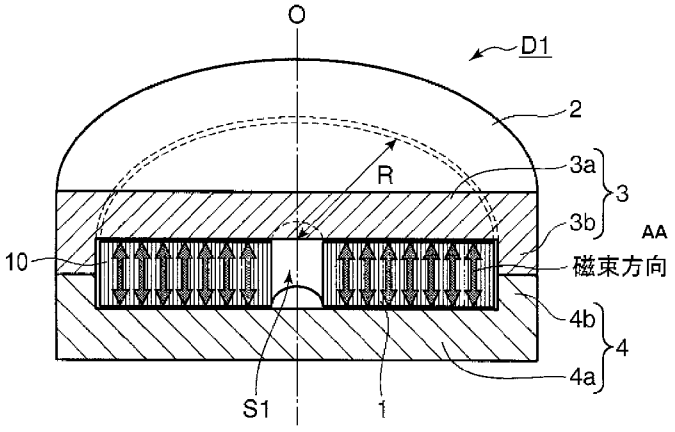
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: REACTOR

(54) 発明の名称 : リアクトル

[図1]



AA DIRECTION OF MAGNETIC FLUX

(57) **Abstract**: Provided is a reactor that enables high inductance to be generated with stability in a wide current range, while minimizing noise, processing cost, and eddy-current loss. The reactor (D1) has the ratio (t/W) of the width (W) to the thickness (t) of a conductive member that composes an air-core coil configured to be 1 or less, and preferably, 1/10 or less. Furthermore, the reactor also has the absolute value of a value ((L1-L2)/L3) that has had: the difference (L1 - L2) between; the space interval (L1) between an inner wall face of a first core member (3) and an inner wall face of a second core member (4), at the innermost circumference position of the air-core coil (1); and the space (L2) between the inner wall face of the first core member (3) and the inner wall face of the second core member (4), at the outermost circumference position of the air-core coil (1); divided by an average value (L3); configured to be 1/50 or less. The ratio (R/W) of the radius (R), from the axis-center (O) of the air-core coil (1) to the outer circumference of the air-core coil (1), to the width (W) of the air-core coil (1) (conductive member), is $2 \leq R/W \leq 4$.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/007879 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

本発明は、騒音、加工コスト及び渦電流損を抑制しつつ、大きなインダクタンスが広い電流範囲で安定して発生するリアクトルを提供する。本発明にかかるリアクトルＤ１では、空芯コイルを構成する導体部材の厚みｔに対する導体部材の幅Ｗの比ｔ／Ｗが、１以下、より好ましくは１／１０以下に設定される。また、空芯コイル１の最内周位置における、第１コア部材３の内壁面と第２コア部材４の内壁面との間隔Ｌ１と、空芯コイル１の最外周位置における、第１コア部材３の内壁面と第２コア部材４の内壁面との間隔Ｌ２との差（Ｌ１－Ｌ２）を平均値Ｌ３で除算した値（Ｌ１－Ｌ２）／Ｌ３の絶対値が、１／５０以下に設定される。空芯コイル１における軸芯Ｏから空芯コイル１の外周面までの半径Ｒと空芯コイル１（導体部材）の幅Ｗとの比Ｒ／Ｗは、２≦Ｒ／Ｗ≦４である。

明　細　書

発明の名称 ： リアクトル

技術分野

[0001] 本発明は、例えば電気回路や電子回路等に好適に用いられる、リアクトルに関する。

背景技術

[0002] 巻き線を利用した受動素子であるリアクトルは、例えば、力率改善回路における高調波電流の防止、電流型インバータやチョッパ制御における電流脈動の平滑化およびコンバータにおける直流電圧の昇圧等の様々な電気回路や電子回路等に用いられている。この種のリアクトルに関する技術文献として、例えば、特許文献１～特許文献４がある。

[0003] 特許文献１には、コイルと、該コイルの内側および外周に充填された磁性粉末混合樹脂からなるコアと、前記コイルとコアとを収容するケースと、を有し、該ケースの内壁面に突起部が形成されたリアクトルが開示されている。

[0004] 特許文献２には、コイルを巻回したボビンの中空孔に組み込まれてコイルの取付け巻回軸となっている棒状の一対の軟磁性合金圧粉コアと、前記一対の軟磁性合金圧粉コアの各両端に組み合わされて前記一対の軟磁性合金圧粉コアと共に四辺形の複合コアを形成する板状の一対のソフトフェライトコアと、を備えたリアクトルが記載されている。この特許文献２に開示されているリアクトルは小型化および低損失化を目的としており、０Ａ時に約２ｍＨのインダクタンスとなるように、軟磁性合金圧粉コアとソフトフェライトコアとの対向部分にギャップが設けられている。

[0005] ところが、このようなギャップがコア部材に設けられる場合には、一般に、騒音や漏れ磁束の問題が生じてしまう。また、コア部材に設けるギャップの寸法精度はリアクトルのインダクタンス特性に影響するため、ギャップを精度よく形成する必要があり、リアクトルの加工コストが高くなるという不

都合も生じてしまう。騒音対策としては、ギャップ部分にセラミック素材を用いることが挙げられるが、このような騒音対策によってもリアクトルの加工コストが高くなるという問題がある。

[0006] 一方、特許文献３および特許文献４には、空芯型のコイルを利用したリアクトルが提案されている。特許文献３には、各コイルターンが複数の帯状単位導体を互いに重ねることにより構成された空芯リアクトルが開示されている。このリアクトルにおいて、コイルターンのリアクトルの半径方向における厚さは、軸方向における幅よりも小さい。

[0007] また、特許文献４には、磁気シールド鉄心で包囲された状態で、絶縁筒の周囲に巻回された複数の円板巻線が巻線軸方向に多段に積み重ねられると共に、各円板巻線が互いに接続されて成るリアクトルが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：日本国特開２００８－４２０９４号公報

特許文献2：日本国特開２００７－１２８９５１号公報

特許文献3：日本国特開昭５０－２７９４９号公報

特許文献4：日本国特開昭５１－４２９５６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献３および特許文献４に記載されている空芯型のリアクトルは、特許文献２のように構造が複雑ではなく、また、比較的広い電流範囲で安定したインダクタンス特性が得られる。

[0010] しかしながら、単純な空芯型のリアクトルでは、インダクタンスが小さくなってしまうため、所望の特性が得られにくい。また、コイル形状などによっては、渦電流損が高くなるという問題もある。

[0011] 本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、騒音、加工コストおよび渦電流損を抑制しつつ、広い電流範囲で安定して大きなイ

ンダクタンスが得られるリアクトルを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明者は、種々検討した結果、上記目的は、以下の本発明により達成されることを見出した。すなわち、本発明の一態様にかかるリアクトルは、長尺の導体部材を巻回して形成される空芯コイルと、前記空芯コイルの両方の端部及び外周部を覆うコア部と、を備え、前記空芯コイルの軸方向における前記長尺の導体部材の長さWに対する、前記空芯コイルの径方向における前記長尺の導体部材の長さｔの比ｔ／Wは、１以下であり、前記空芯コイルの一方の端部に対向する前記コア部の一方面と、前記空芯コイルの他方の端部に対向する前記コア部の他方面とは、少なくともコイル端部を覆う領域において平行であり、前記コア部の前記一方の面に対し、前記空芯コイルを形成する前記長尺の導体部材の周方向面が垂直であり、前記空芯コイルの軸方向における前記長尺の導体部材の長さWに対する、前記空芯コイルの中心から外周までの半径Ｒとの比Ｒ／Wは、２～４であることを特徴とする。このような構成のリアクトルによれば、騒音、加工コストおよび渦電流損を抑制しつつ、大きなインダクタンスが広い電流範囲で安定して発生することができる。

[0013] また、他の一態様では、上述のリアクトルにおいて、前記コア部の上面および底面の、前記空芯コイルの空芯部に面する部位には、前記空芯コイルへと突出する突起部が形成され、前記突起部は、前記空芯コイルの空芯部の半径をｒ、突起部のコイル端部に対向するコア面からの高さをａ、突起部底面の半径をＡとしたとき、

０＜ａ≦W／３、且つ、ｒ＞√（A^2+（W／２）^{2}）

を満足するように形成されていることを特徴とする。この構成によれば、リアクトルのインダクタンスを更に向上させることができる。

[0014] また、他の一態様では、これら上述のリアクトルにおいて、前記比ｔ／Wは、１／１０以下であることを特徴とする。または、前記長さｔは、当該リアクトルの駆動周波数に対する表皮厚み以下であることを特徴とする。これ

らの構成によれば、リアクトルの渦電流損の発生を大幅に低減することができる。

[0015] また、他の一態様では、これら上述のリアクトルにおいて、前記空芯コイルの内周端における、前記コア部一方面と前記コア部他方面との間隔Ｌ１と、前記空芯コイルの外周端における、前記コア部一方面と前記コア部他方面との間隔Ｌ２との差（Ｌ１－Ｌ２）を、平均間隔Ｌ３で除算することにより算出される平行度（（Ｌ１－Ｌ２）／Ｌ３）の絶対値が、１／５０以下であることを特徴とする。この構成によれば、空芯コイルの内部を通る磁束線を軸方向に平行にすることができ、空芯コイル内を通る磁束線の方向と前記導体部材の前記断面とを略平行とすることができる。よって、空芯コイルの内部を通る磁束線が軸方向に平行でないことにより渦電流損が増大してインダクタンスが小さくなるのを防止又は抑制することができる。

[0016] また、他の一態様では、これら上述のリアクトルにおいて、前記長尺の導体部材は、導体層と絶縁層とをその厚み方向に積層することにより形成されており、隣り合う前記導体層同士は、前記コア部の外部において、前記長尺の導体部材の長手方向における端部で絶縁層を挟むことなく接合されることを特徴とする。この構成によれば、電流が流れる方向での導体の断面積を確保し、空芯コイルの電気抵抗の増加を抑制することができる。

[0017] また、他の一態様では、上述のリアクトルにおいて、各導体層自体が、または各導体層からそれぞれ別々に口出しされたリード線が、前記コア部の外部に設けられたインダクタコアに互いに逆相になる様に経由されてから接合されることを特徴とする。この構成によれば、効果的に渦電流を抑制することができる。

[0018] また、他の一態様では、これら上述のリアクトルにおいて、前記空芯コイルは、絶縁材料で絶縁被覆された前記長尺の導体部材を巻回して形成される単層コイルを用いることによって、厚み方向に３個の前記単層コイルを積層して形成され、３個の前記単層コイルのそれぞれの巻き始めは、電流線路の第１端子として互いから独立しているとともに、３個の前記単層コイルのそ

れぞれの巻き終わりは、電流線路の第２端子として互いから独立していることを特徴とする。この構成によれば、１個分のコイルスペースで三相分のコイルを収容することができるので、同じ電力容量の従来型の三相リアクトルの体格に較べて、その体格を小さくすることができる。

[0019] また、他の一態様では、これら上述のリアクトルにおいて、前記空芯コイルの一方端部とこの一方端部に対向するコア部一方面との間、および前記空芯コイルの他方端部とこの他方端部に対向するコア部他方面との間に少なくとも配置される絶縁部材をさらに備えることを特徴とする。この構成によれば、空芯コイルとコア部との間における絶縁耐力がより向上し得る。

[0020] また、他の一態様では、これら上述のリアクトルにおいて、前記コア部は、複数のコア部材を備え、前記コア部を取り付ける取り付け部材に前記コア部を固定する固定部材と、前記複数のコア部材により前記コア部を形成するために、前記複数のコア部材を締結する締結部材と、をさらに備え、前記コア部における前記固定部材の第１配設位置と前記締結部材の第２配置位置とは、互いに異なることを特徴とする。この構成によれば、固定部材の配設位置と締結部材の配設位置とを個別に設けたので、締結部材で複数のコア部材を締結した後に、このように構成されたコア部を固定部材で取り付け部材に固定することができる。このため、リアクトルの組み立てや取り付けの生産性が向上し得る。

[0021] また、他の一態様では、これら上述のリアクトルにおいて、前記コア部は、磁気的に等方性を有すると共に、軟磁性体粉末を成形することにより形成されることを特徴とする。または、前記コア部は、磁気的に等方性を有するフェライトコアであることを特徴とする。これらの構成によれば、前記コア部について、所望の磁気特性が比較的容易に得られると共に、比較的容易に所望の形状に成形され得る。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、騒音、加工コストおよび渦電流損を抑制しつつ、大きなインダクタンスが広い電流範囲で安定して発生するリアクトルを実現するこ

とができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明に係るリアクトルの第１の実施形態を示す図である。

[図2]第１の実施形態に係るリアクトルにおけるコア部材の他の形態を示す斜視図である。

[図3]鉄粉を含む磁性体における密度別の磁束密度－比透磁率特性を示す図である。

[図4]（ａ）、（ｂ）、（ｃ）、（ｄ）は第１の実施形態に係るリアクトルの作製工程を説明するための図である。

[図5]リアクトルの構成と磁束線との関係を示す図であり、（ａ）は、外部に空芯コイルが露出したリアクトル（比較例１）の構成図、（ｂ）は、本実施形態に係るリアクトルの構成図、（ｃ）は、空芯コイルがコア部により覆われ且つ空芯部に磁性体を備えたリアクトル（比較例２）の構成図、（ｄ）は、比較例１に係るリアクトルの磁束線図、（ｅ）は、本実施形態に係るリアクトルの磁束線図、（ｆ）は、比較例２に係るリアクトルの磁束線図を示す。

[図6]本実施形態および比較例１，２に係るリアクトルにおいて、０～２００（Ａ）までの範囲で電流を変化させたときのインダクタンスの変化の実験結果を示す図である。

[図7]エッジワイズ巻線構造を示す断面図である。

[図8]リアクトルにおける周波数ｆと損失との関係をコイルの巻線構造別（フラットワイズ巻線構造およびエッジワイズ巻線構造）に示した図である。

[図9]導体部材およびコイルの断面形状を示す図であり、（ａ）は、幅Wが厚みｔ以下の矩形断面を有する導体部材で構成されたコイルを示す図、（ｂ）は、幅Wが前記厚みｔより長い矩形断面を有する導体部材で構成されたコイルを示す図である。

[図10]平行度の算出方法の説明図である。

[図11]平行度が－１／１０ときの磁束線図である。

[図12]平行度が１／１０ときの磁束線図である。

[図13]平行度が１／１００のときの磁束線図である。

[図14]軸芯側に突起部ｈが存在している場合の磁力線図の一例である。

[図15]比Ｒ／Ｗを「１０」に設定した場合の磁束線図である。

[図16]比Ｒ／Ｗを「５」に設定した場合の磁束線図である。

[図17]比Ｒ／Ｗを「３．３」に設定した場合の磁束線図である。

[図18]比Ｒ／Ｗを「２．５」に設定した場合の磁束線図である。

[図19]比Ｒ／Ｗを「２」に設定した場合の磁束線図である。

[図20]比Ｒ／Ｗを「１．７」に設定した場合の磁束線図である。

[図21]比Ｒ／Ｗを「１．４」に設定した場合の磁束線図である。

[図22]比Ｒ／Ｗを「１．３」に設定した場合の磁束線図である。

[図23]比Ｒ／Ｗを「１．１」に設定した場合の磁束線図である。

[図24]比Ｒ／Ｗを「１」に設定した場合の磁束線図である。

[図25]比Ｒ／Ｗを横軸とし、安定度Ｉおよびインダクタンスを縦軸として、比Ｒ／Ｗの変化に対する安定度Ｉの変化を表すグラフ（グラフＫ）と、前記比Ｒ／Ｗの変化に対する前記最大インダクタンスＬｍａｘ，最小インダクタンスＬｍｉｎ，平均インダクタンスＬａｖの変化を表すグラフとを示す図である。

[図26]軸芯側に形成される突起部の概略図である。

[図27]軸芯側に突起部ｈが存在している場合の磁力線図の別の一例である。

[図28]軸芯側に突起部ｈが存在している場合の磁力線図の別の一例である。

[図29]軸芯側に突起部ｈが存在している場合の磁力線図の別の一例である。

[図30]軸芯側に突起部ｈが存在している場合の磁力線図の別の一例である。

[図31]電流を横軸とし、インダクタンス変化（％）を縦軸として、突起部高さａを変化させた場合のインダクタンス変化の状況を示すグラフを示す図である。

[図32]（ａ）、（ｂ）、（ｃ）、（ｄ）、（ｅ）は空芯部にコア部の上面および下面から突出する長尺状の導体をリアクトルに設ける場合の該リアクト

ルの作製方法を示す図である。

[図33]（ａ）、（ｂ）はコア部の変形形態を示す図である。

[図34]他の形態にかかるリアクトルの構成を示す一部透過斜視図である。

[図35]図３４に示すリアクトルにおける磁束密度をベクトルで示す図である。

[図36]図３４に示すリアクトルにおけるインダクタンス特性を示す図である。

[図37]（Ａ）、（Ｂ）、（Ｃ）は絶縁耐性用の絶縁部材をさらに備えたリアクトルの一部の構成を示す図である。

[図38]図３７（Ａ）に示す構成のリアクトルにおいて、絶縁部材の材料別およびその厚さ（μｍ）別に対する絶縁耐圧（２．０ｋＶ）の結果を示す図である。

[図39]コア部の他の変形形態を示す図である。

[図40]（Ａ）、（Ｂ）はヒートシンクをさらに備えた第１態様のリアクトルの構成を示す図である。

[図41]（Ａ）、（Ｂ）はヒートシンクをさらに備えた第２態様のリアクトルの構成を示す図である。

[図42]（Ａ）、（Ｂ）はヒートシンクをさらに備えた第３態様のリアクトルの構成を示す図である。

[図43]ヒートシンクをさらに備えた図４０～図４２に示す態様に対する比較態様のリアクトルの構成を示す図である。

[図44]固定部材および締結部材をさらに備えたリアクトルの構成を示す図であり、（Ａ）は上面図、（Ｂ）は（Ａ）のＡ１切断線における断面図である。

[図45]固定部材および締結部材をさらに備えたリアクトルの構成を示す図であり、（Ａ）は上面図、（Ｂ）は（Ａ）のＡ２切断線における断面図である。

[図46]空芯部に円筒形状又は中実円柱形状の導体を設置する場合の、該導体

の態様を示す図である。

[図47]（ａ）は、空芯コイルを構成するリボン状の導体部材の外観斜視図であり、（ｂ）は、（ａ）のＢ－Ｂ線断面図であり、（ｃ）は、均一な材質からなるリボン状の導体部材により構成された空芯コイルの磁力線（磁束線）を示す図であり、（ｄ）は、本変形形態にかかるリボン状の導体部材により構成された空芯コイルの磁力線（磁束線）を示す図である。

[図48]コア部の外部にインダクタコアを設けた場合であって、導体が２層の場合の構造の一例を示す図である。

[図49]コア部の外部にインダクタコアを設けた場合であって、導体が３層の場合の構造の一例を示す図である。

[図50]コア部の外部にインダクタコアを設けた場合であって、導体が４層の場合の構造の一例を示す図である。

[図51]空芯コイルに、積層した３個の単相コイルを用いた場合におけるリアクトルの構造を示す横断面図である。

[図52]冷却パイプを備えたリアクトルの構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明にかかる実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、適宜、その説明を省略する。

[0025] 以下、本発明に係るリアクトルの実施形態について説明する。図１は、本発明に係るリアクトルの第１の実施形態を示し、軸芯Ｏを含む平面で切断された断面図である。図２は、第１の実施形態のリアクトルにおけるコア部材の他の形態を示す斜視図である。

[0026] 図１に示されるように、リアクトルＤ１は、後述するフラットワイズ巻線構造を有する空芯コイル１と、該空芯コイル１を覆うコア部２と、を備える。なお、説明の都合上、コア部２から説明を行う。

[0027] コア部２は、磁気的に（例えば透磁率が）等方性を有すると共に同一の構成を有する第１および第２コア部材３，４を備える。第１および第２コア部

材３，４は、それぞれ、例えば円板形状を有する円板部３ａ，４ａの板面から、該円板部３ａ，４ａと同径の外周面を有する円筒部３ｂ，４ｂが連続するように構成される。各円筒部３ｂ，４ｂの端面同士によって、第１および第２コア部材３，４が互いに重ね合わせられることにより、コア部２は空芯コイル１を内部に収容するための空間を備える。

[0028] なお、第１および第２コア部材３，４の円筒部３ｂ，４ｂの各端面には、位置決めを行うための凸部３ｃ，４ｃが設けられると共に、この凸部３ｃ，４ｃに応じた凹部３ｄ，４ｄが設けられてもよい。例えば、図２に示されるように、第１および第２コア部材３，４の円筒部３ｂ，４ｂの端面のそれぞれには、略円柱形状の第１および第２凸部３ｃ－１，３ｃ－２；４ｃ－１，４ｃ－２が、それぞれ１８０°の間隔（互いに対向する位置）で設けられる。また、第１および第２コア部材３，４の円筒部３ｂ，４ｂの端面のそれぞれには、第１および第２凸部３ｃ－１，３ｃ－２；４ｃ－１，４ｃ－２がはまり込むような略円柱形状の第１および第２凹部３ｄ－１，３ｄ－２；４ｄ－１，４ｄ－２が、それぞれ１８０°の間隔（互いに対向する位置）で設けられている。そして、これら第１および第２凸部３ｃ－１，３ｃ－２；４ｃ－１，４ｃ－２ならびに第１および第２凹部３ｄ－１，３ｄ－２；４ｄ－１，４ｄ－２は、それぞれ９０°間隔で設けられている。なお、図１、２に示される例では第１および第２コア部材３，４は互いに同形状であり、図２には、後述の突起部を備えた第１および第２コア部材３，４の一方が示されている。円筒部３ｂ，４ｂのそれぞれの端面に、このような凸部３ｃ，４ｃ、凹部３ｄ，４ｄが、位置決めのために設けられることによって、第１および第２コア部材３，４をより確実に突き合わせることができる。

[0029] 第１および第２コア部材３，４は、所定の磁気特性を有する。第１および第２コア部材３，４は、コストを低減するために、同一材料であることが好ましい。ここで、第１および第２コア部材３，４は、所望の磁気特性（比較的高い透磁率）を容易に実現するため、また、所望の形状への成形を容易にするために、軟磁性体粉末を成形することにより形成されたものであること

が好ましい。

[0030] この軟磁性粉末は強磁性の金属粉末であり、より具体的には、例えば、純鉄粉、鉄基合金粉末（Ｆｅ－Ａｌ合金、Ｆｅ－Ｓｉ合金、センダスト、パーマロイ等）およびアモルファス粉末、さらには、表面にリン酸系化成皮膜などの電気絶縁皮膜が形成された鉄粉等が挙げられる。これら軟磁性粉末は、例えば、アトマイズ法等によって製造可能である。また、一般に、透磁率が同一である場合に飽和磁束密度が大きいので、軟磁性粉末は、例えば上記純鉄粉、鉄基合金粉末およびアモルファス粉末等の金属材料であることが好ましい。

[0031] このような第１および第２コア部材３，４は、例えば公知の常套手段を用いることによって軟磁性粉末を圧粉成形して得られた、所定の密度の部材である。この部材は、例えば、図３に示される磁束密度－比透磁率特性を有している。図３は、鉄粉を含む磁性体における密度別の磁束密度－比透磁率特性を示す図である。図３の横軸は、磁束密度（Ｔ）を示し、縦軸は比透磁率を示す。

[0032] 図３に示されるように、密度６．００ｇ／ｃｃ以上の部材（この例では、密度５．９９ｇ／ｃｃ（□）、密度６．５０ｇ／ｃｃ（×）、密度７．００ｇ／ｃｃ（△）、密度７．５０ｇ／ｃｃ（◆））に関する磁束密度－比透磁率特性のプロファイルにおいては、磁束密度が増加するのに従い、比較的高い初期比透磁率から、比透磁率がピーク（最大値）となり、その後徐々に減少する。

[0033] 例えば、密度７．００ｇ／ｃｃの部材に関する磁束密度－比透磁率特性のプロファイルにおいては、磁束密度が０．３５Ｔとなるまで磁束密度の増加に従って、約１２０の初期比透磁率から比透磁率が約２００まで急激に増加し、その後、徐々に減少する。図３に示される例（密度７．００ｇ／ｃｃ）では、磁束密度の増加に従って比透磁率が初期比透磁率から増加した後、再び初期比透磁率となる磁束密度は、約１Ｔである。

[0034] また、密度５．９９ｇ／ｃｃの部材、密度６．５０ｇ／ｃｃの部材および

密度７．５０ｇ／ｃｃの部材における初期比透磁率は、それぞれ、約７０、約９０および約１６０である。このような初期透磁率が約５０～２５０の材料（この例では、約７０～約１６０の材料）は、磁束密度－比透磁率特性のプロファイルが略同様であり、比較的高い比透磁率を有する材料である。

[0035] 図１に戻り、空芯コイル１には、中心（軸芯Ｏ上）に所定の径を有する円柱状の空芯部Ｓ１が設けられている。空芯コイル１は、所定の厚みを有するリボン状の導体部材１０がその幅方向を軸芯方向に略一致させた態様で、空芯部Ｓ１を残して所定回数だけ巻き回されることにより形成される。空芯コイル１は、コア部２の内部空間（第１および第２コア部材３，４の内壁面によって形成された空間）に設置されている。

[0036] このような構成のリアクトルＤ１は、例えば、次の工程によって作製可能である。図４（ａ）～（ｄ）は、第１の実施形態に係るリアクトルの作製工程を説明するための図である。

[0037] まず、図４（ａ）に示される所定の厚みを有するリボン状の導体部材１０を、図４（ｂ）に示されるように、中心（軸芯）から所定の径だけ離間した位置から所定回数だけ巻き回す。これにより、中心に所定の径を有する円柱状の空芯部Ｓ１を備えたパンケーキ構造の空芯コイル１が形成される。

[0038] 次に、図４（ｃ）に示されるように、空芯コイル１を挟み込むように、円筒部３ｂ，４ｂの端面同士により第１および第２コア部材３，４を重ね合わせる。これにより、図４（ｄ）に示されるような円板状のリアクトルＤ１が生成される。

[0039] このような構成を有するリアクトルＤ１は、コア部２が設けられずに空芯コイル１が外部に露出したリアクトル（比較例１という）や、空芯コイル１がコア部２により覆われ且つ軸芯Ｏ上（図１，図４に示す空芯部Ｓ１）に磁性体１５を備えたリアクトル（比較例２という）に対して、次のような利点を有する。

[0040] 図５（ａ）～（ｆ）は、リアクトルの構成と磁束線との関係を示す図である。図５（ａ）は、前記比較例１に係るリアクトルの構成を示す断面図、図

５（ｂ）は、本実施形態に係るリアクトルＤ１の構成を示す断面図、図５（ｃ）は、前記比較例２に係るリアクトルの構成を示す断面図である。また、図５（ｄ）は、前記比較例１に係るリアクトルの磁束線図、図５（ｅ）は、本実施形態に係るリアクトルＤ１の磁束線図、図５（ｆ）は、前記比較例２に係るリアクトルの磁束線図である。なお、図面の視認性を考慮して、図５（ｄ）～（ｆ）においては、隣接する巻線間の境界線の記載が省略されている。

[0041] また、図６は、本実施形態および比較例１，２に係るリアクトルにおいて、０～２００（Ａ）までの範囲で電流を変化させたときのインダクタンスの変化についての実験結果を示す。図６中、グラフＡが比較例１に係るリアクトルのインダクタンスの変化を示し、グラフＢが本実施形態に係るリアクトルＤ１のインダクタンスの変化を示し、そして、グラフＣが比較例２に係るリアクトルのインダクタンスの変化を示す。

[0042] 図６のグラフＡを参照すると、比較例１に係るリアクトルにおいては、前記電流の全範囲において略一定のインダクタンスが安定的に得られる。しかし、図５（ｄ）に示されるように、このリアクトルでは空芯コイル内の磁束線が軸方向に平行にならないため、渦電流損が大きくなる。そのため、図６のグラフＡで示されるように、インダクタンスが絶対的に小さい。また、図５（ｄ）に示されるように、リアクトルから外部に漏出する磁束線が非常に多い。

[0043] 図６のグラフＣに示されるように、比較例２に係るリアクトルにおいては、電流が比較的小さい０（Ａ）～約３０（Ａ）の範囲において、大きなインダクタンスが得られる。また、このリアクトルはコア部２を有しているため、リアクトルから磁束線が外部に漏出するのを防止又は抑制することができる。しかし、比較例２に係るリアクトルにおいては、電流がこの範囲より大きくなると、磁性体１５が磁気飽和して、インダクタンスが急激に低下する。このようにインダクタンスの変化が大きいと、わずかな誤差によってインダクタンス特性が比較的大きく変化することとなるため、リアクトルを搭載

するインバータの制御性が悪くなる。

[0044] これに対し、本実施形態に係るリアクトルＤ１においては、比較例２と同様に、コア部２の存在によって、比較例２に係るリアクトルと同等程度にリアクトルＤ１から磁束線が外部に漏出するのを防止又は抑制することができる。また、リアクトルＤ１においては、図６のグラフＢに示すように、電流の全範囲において安定したインダクタンス特性が得られ、且つ、そのインダクタンスが前記比較例１に対して大きいという利点を有する。

[0045] 次に、本実施形態のように、導体部材１０が径方向に重なるように巻回されたフラットワイズ巻線構造を有するリアクトルＤ１の利点について述べる。図７は、導体部材が軸方向に重なるように巻回されたエッジワイズ巻線構造を示す断面図である。図８は、リアクトルにおける周波数ｆと損失との関係を、巻線構造別（フラットワイズ巻線構造およびエッジワイズ巻線構造）に示した図であり、横軸は周波数ｆを示し、縦軸は損失を示す。図９は、導体部材１０およびコイルの断面形状を示す図である。

[0046] 空芯コイルは導体から構成されているので、空芯コイルに通電すると、一般的に、磁力線に垂直な面（直交面）に渦電流が発生し、それによって損失（ロス）が発生する。この渦電流の大きさは、磁束密度が同一である場合には、磁束線と交差する面積、すなわち、磁束方向に垂直な連続する面の面積に比例する。空芯コイル内において磁束方向は軸方向に沿っているので、渦電流は、空芯コイルを構成する導体の、軸方向に直交する径方向の面の面積に比例することになる。

[0047] このため、エッジワイズ巻線構造では、図７に示されるように導体部材１０の径方向の面積が大きく、渦電流を生じやすいため、電気抵抗によって生じる損失よりも渦電流によって生じる損失の方が支配的となる。したがって、エッジワイズ巻線構造では、通電電流の周波数に損失が依存して、図８に示されるように周波数の増加に伴い損失が増大し、比較的小さな電気抵抗によって初期損失が比較的小さくなる。

[0048] 一方、本実施形態に係るリアクトルＤ１で採用されているフラットワイズ

巻線構造においては、図１に示されるように導体部材１０の径方向の面積が小さく、渦電流を生じ難い一方で、導体部材１０の軸方向の面積が大きい。したがって、フラットワイズ巻線構造では渦電流が殆ど生じず、図８に示されるように、通電電流の周波数によらず損失が略一定であり、比較的小さな電気抵抗によって初期損失も比較的小さくなる。

[0049] さらに、図７の矢印Ｐに示されるように、エッジワイズ巻線構造では、導体部材１０が軸方向に重ねられている。これに対し、図１に示されるフラットワイズ巻線構造では、導体部材１０の幅方向が軸方向に略一致し、連続しているため、エッジワイズ巻線構造よりも効果的に熱伝導を行うことができる。よって、前記損失および熱伝導の点で、フラットワイズ巻線構造は、エッジワイズ巻線構造よりも優れている。

[0050] さらに、本実施形態では、図９（ａ）に示されるように、フラットワイズ巻線構造において、空芯コイル１を構成する導体部材１０の幅Wが、導体部材１０の径方向の長さ（以下、厚みという）ｔ以上である。換言すると、本実施形態では、導体部材１０の幅Wに対する導体部材１０の厚みｔの比（ｔ／W）が１以下であるような矩形断面を有する導体部材によって、リアクトルが構成される。

[0051] これにより、図９（ｂ）に示されるように、導体部材１０の厚みｔが導体部材１０の幅Wより長くなるような矩形断面を有する導体部材１０によって構成されたリアクトルに比して、本実施形態のリアクトルでは、導体部材１０の径方向の面積が小さくなる。その結果、フラットワイズ巻線構造がエッジワイズ巻線構造よりも損失の点で優れている理由と同様の理由により、渦電流損を小さくすることができる。特に、導体部材１０の厚みｔに対する幅Wの比（ｔ／W）が１／１０以下であると、渦電流損の発生を大幅に低減することができる。

[0052] さらに、空芯コイル１の上下両端面にそれぞれ対向する、第１コア部材３の内壁面（以下、上壁面という）と、第２コア部材４の内壁面（以下、下壁面という）と、は少なくともコイル端部を覆う領域において平行である必要

がある。また、これら上壁面および下壁面と、空芯コイル１の導体部材１０の周方向の面と、は垂直である必要がある。これらの条件が満たされない場合には、導体部材１０の断面形状に係る条件が設定されていても、空芯コイル１の内部を通る磁束線が軸方向に平行にならない。そこで、本実施形態では、以下に説明するように、第１コア部材３の前記上壁面と第２コア部材４の前記下壁面とを平行とみなせるような平行度が設定される。

[0053] 図１０は、平行度の算出方法の説明図である。図１０に示されるように、第１コア部材３の上壁面と第２コア部材４の下壁面との間隔のうち、最も内周側の位置（以下、最内周位置という）における間隔はＬ１、最も外周側の位置（以下、最外周位置という）における間隔はＬ２である。また、最内周位置から最外周位置までの位置における、第１コア部材３の上壁面と第２コア部材４の下壁面との間隔の平均値はＬ３である。なお、前記平均値Ｌ３は、最内周位置と最外周位置との間において径方向に所定間隔で刻まれた複数の位置における、第１コア部材３の上壁面と第２コア部材４の下壁面との間隔の平均値である。

[0054] このとき、空芯コイル１の最内周位置における、第１コア部材３の上壁面と第２コア部材４の下壁面との間隔Ｌ１と、空芯コイル１の最外周位置における、第１コア部材３の上壁面と第２コア部材４の下壁面との間隔Ｌ２と、の差（Ｌ１－Ｌ２）を、平均値Ｌ３で除算して得られる値（（Ｌ１－Ｌ２）／Ｌ３）が、平行度として設定される。

[0055] 図１１は、前記平行度が－１／１０であるときの磁束線図であり、図１２は、前記平行度が１／１０ときの磁束線図であり、そして、図１３は、平行度が１／１００のときの磁束線図である。図１３に示されるように、平行度が１／１００のときには、空芯コイル１の内部を通る磁束線（点線で示す部分の磁束線）が、軸方向に平行になる。一方、図１１、図１２の矢印Ｑ１，Ｑ２に示されるように、平行度が－１／１０、１／１０のときには、空芯コイル１の内部を通る磁束線が軸方向に平行にならない。空芯コイル１の内部を通る磁束線が平行でないと、前述したように、渦電流損が大きくなり、イ

ンダクタンスが絶対的に小さくなる。

[0056] そこで、本発明者は、平行度を種々変えつつ、磁束線の分布を検証した。その結果、本発明者は、空芯コイル１の内部を通る磁束線を平行にするためには、平行度の絶対値を１／５０以下に設定する必要があるとの知見を得た。

[0057] なお、図１４に示されるように、空芯コイル１の軸芯Ｏ側に突起部ｈが存在している場合にも、その形状によっては、近傍の磁束線が軸方向に平行にならないことがある。したがって、本実施形態では、突起部ｈが形成されないようにコア部２が生成される。空芯コイル１の内部を通る磁束線が平行となるためには、少なくとも空芯コイル１の端部を覆う領域において、第１コア部材３の上壁面と第２コア部材４の下壁面とを平行にする必要がある。許容される突起部ｈの形状などについては後述する。

[0058] さらに、本発明者は、空芯コイル１の軸芯Ｏから該空芯コイル１の外周面までの半径Ｒ（図１参照）と、空芯コイル１を構成する導体部材１０における幅Ｗと、の比Ｒ／Ｗに着目し、比Ｒ／Ｗを変化させたときの磁束線分布の態様についてシミュレーション実験を行った。

[0059] 図１５～図２４は、リアクトルＤ１の全体体積、導体部材１０の矩形断面の断面積、空芯コイル１の巻数がそれぞれ一定であると共に、前記比Ｒ／Ｗが「１０」，「５」，「３．３」，「２．５」，「２」，「１．７」，「１．４」，「１．３」，「１．１」，「１」にそれぞれ設定された場合の磁束線図である。図１５～図２４においては、隣接する巻線間の境界線の記載は省略されている。

[0060] これらの磁束線図から判るように、比Ｒ／Ｗが５以上に設定される場合（図１５、図１６に示される場合）には、コア部２の外部に磁束が漏れており、周辺機器に影響を及ぼすおそれがあるため、実用上問題がある。また、比Ｒ／Ｗが１．３以下に設定される場合（図２２～図２４に示す場合）には、空芯コイル１の内部を通る磁束線が軸方向に対して平行にならないため、渦電流損が大きくなり、効率が低下するおそれがある。

[0061] 一方、リアクトルＤ１を搭載するインバータが良好な制御性を有するためには、電流の変化に対するインダクタンスの変化が少なく且つ安定していることが必要である。

[0062] ここで、本実施形態では、このインダクタンスの安定性を表す指標として、

安定度Ｉ（％）＝｛（Ｌｍａｘ－Ｌｍｉｎ）／Ｌａｖ｝×１００　・・・（１）

が設定される。

[0063] なお、式（１）において、Ｌｍｉｎは、前記インバータに供給し得る電流の範囲（以下、使用範囲という）のうち最小の電流におけるインダクタンス（以下、最小インダクタンスという）であり、Ｌｍａｘは、前記使用範囲のうち最大の電流におけるインダクタンス（以下、最大インダクタンスという）であり、Ｌａｖは、前記使用範囲における複数の電流値にそれぞれ対応する複数のインダクタンスの平均値（以下、平均インダクタンスという）である。前記式（１）によれば、安定度Ｉの値が小さいほど、インダクタンスの安定性が高くなる。

[0064] 本発明者は、この安定度Ｉと、比Ｒ／Ｗとの関係について検討した。図２５は、比Ｒ／Ｗを横軸とし、前記安定度Ｉを縦軸として、前記比Ｒ／Ｗの変化に対する安定度Ｉの変化を表すグラフＫを示している。なお、この図２５においては、各リアクトルのインダクタンスを別の縦軸で表すことにより、比Ｒ／Ｗの変化に対する最大インダクタンスＬｍａｘ、最小インダクタンスＬｍｉｎ、平均インダクタンスＬａｖの変化を表すグラフも示されている。

[0065] 図２５に示されるように、最大インダクタンスＬｍａｘは、比Ｒ／Ｗにほぼ比例して増大する。また、最小インダクタンスＬｍｉｎは、比Ｒ／Ｗが約６のときに最大となるような山形波形を有するように変化する。また、平均インダクタンスＬａｖは、比Ｒ／Ｗが約８のときに最大となるような山形波形を有するように変化する。これらの結果、安定度Ｉの増加率は比Ｒ／Ｗの値に応じて異なるものの、安定度Ｉは総じて比Ｒ／Ｗが大きくなるに伴って

増大するという実験結果が得られた。

[0066] インバータに良好な制御性能を備えさせるためには、前記安定度Ｉが１０%以下に抑えられる必要がある。したがって、図２５を参照すると、前記比Ｒ／Ｗを、

Ｒ／Ｗ≦４ ・・・（２）

に設定することが必要である。

[0067] また、本実施形態に係るリアクトルの利用用途として、例えば、電鉄車両、電気自動車、ハイブリッド自動車、無停電電源、太陽光発電など産業用インバータ用、あるいは、エアコン、冷蔵庫、洗濯機などの大出力家電に用いられるインバータが想定される場合には、取り扱われる電力が大きいためにリアクトルには大きなインダクタンスが要求される。このような場合には、少なくとも１００μＨ以上のインダクタンスが必要である。したがって、図２５を参照すると、比Ｒ／Ｗは、

Ｒ／Ｗ≧２ ・・・（３）

に設定される必要がある。

[0068] 本発明者は、前記式（２），（３）に基づき、比Ｒ／Ｗの条件として、

２≦Ｒ／Ｗ≦４ ・・・（４）

を見出した。

[0069] 上記したように、本実施形態に係るリアクトルＤ１は、以下の構成を有することによって、騒音、加工コストおよび渦電流損を抑制しつつ、大きなインダクタンスを広い電流範囲で安定して発生させることができる。

（１）空芯コイル１を構成する導体部材１０の厚みｔに対する導体部材１０の幅Ｗの比ｔ／Ｗが、１以下である。

（２）空芯コイル１の上下両端面に対向する、第１コア部材３の内壁面（上壁面）と第２コア部材４の内壁面（下壁面）とを平行とみなせるように、平行度が設定される。

（３）空芯コイル１における軸芯Ｏから空芯コイル１の外周面までの半径Ｒと、空芯コイル１（導体部材）の幅Ｗと、の比Ｒ／Ｗが、２≦Ｒ／Ｗ≦４で

ある。

[0070] また、

（４）コア部２の各部位のうち、空芯コイル１の空芯部Ｓ１に面する部位に突起部ｈを形成する。突起部ｈは、空芯コイル１に対してコア部２の上面側、底面側共に形成される。ここで、空芯コイル１の空芯部Ｓ１の半径をｒ、突起部ｈのコイル端部に対向するコア面からの高さをａ、突起部ｈの底面の半径をＡとしたとき、

０＜ａ≦Ｗ／３、且つ、ｒ＞√（Ａ^{2}+（Ｗ／２）^{2}）

を満足するように突起部ｈを形成すると、インダクタンスを更に向上することができる。

[0071] このように空芯部のコア部に突起部ｈが設けられると、磁束が空気部分（すなわち、磁束にとって大きな抵抗となる部分）を通過する箇所が狭くなり、磁束の流れが良くなって、インダクタンスが増加する。

[0072] ただし、このような突起部ｈが存在すると、突起部ｈ付近では磁束線が歪曲することとなる。前記したように、例えば、図１４に示されるような形状の突起部ｈによっては、空芯コイル１の一部において、内部を通る磁束線が軸方向に平行にならないこととなり、損失の増加を招く可能性がある。そのため、突起部ｈを設ける場合には、空芯コイル１の内部を通る磁束線が軸方向に平行となるのを妨げないように、突起部ｈの形状、空芯コイル１の配置を調整する必要がある。図２６は、コア部２に形成される突起部ｈの概略図である。本発明者の検討の結果、図２６に示されるように、空芯コイル１における空芯部の半径をｒ、コア部２の、空芯コイル１の端部に対向する面からの突起部ｈの高さをａ、突起部ｈの底面の半径をＡとしたとき、

０＜ａ≦Ｗ／３、且つ、ｒ＞√（Ａ^{2}+（Ｗ／２）^{2}）

を満足するように突起部ｈが形成されると、インダクタンスが増加することがわかった。

これは、空芯コイル１の内部を通る磁束線が軸方向で平行となるのを妨げることなく、磁束の流れが良くなるためである。

[0073] 図２７～図３０は、前記ｒ，ａ，Ａを変化させた際の磁束線図を示す。図２７に示される例は、前記０＜ａ≦Ｗ／３の条件は満足するものの、ｒ＞√（Ａ^{2}+（Ｗ／２）^{2}）の条件を満足していない例である。この例では、空芯コイル１の一部（矢印Ｑで示す部分）において、内部を通る磁束線が軸方向に平行になっていない。しかし、図２８～図３０に示される例では、前記０＜ａ≦Ｗ／３、且つ、ｒ＞√（Ａ^{2}+（Ｗ／２）^{2}）の関係を満足しているので、空芯コイル１の内部を通る磁束線は軸方向で平行となっている一方、突起部周辺での磁束線密度が高くなって、インダクタンス向上が図れることがわかる。図２８～図３０においては、コア部２の形状は図２７に示される例と同一であるが、矢印Ｘ１～Ｘ３に示されるように、突起部ｈの形状が異なる。

[0074] また、図３１は、電流を横軸とし、インダクタンス変化（％）を縦軸として、突起部ｈの高さａを変化させた場合のインダクタンス変化の状況を示すグラフを示している。図３１から分かるように、ａがＷ／３を超えると、電流の増加に伴うインダクタンスの変化の変化率が１０％を超えるようになって、安定度が悪くなっている。

[0075] さらに、

（５）前記比ｔ／Ｗを１／１０以下とすることによって、さらに渦電流損の発生を低減することができる。

[0076] また、

（６）導体部材１０の厚みｔが、角周波数、透磁率および電気伝導率により定められる厚みδ（以下、表皮厚みという）以下であると、渦電流損の低減に有効である。

[0077] すなわち、空芯コイル１に流れる電流は、表皮厚みδまでの範囲でしか流れないため導体部材１０の内部までは流れず、導体断面全体に一様に電流が流れない。この表皮厚みδは、

$\delta = (2/\omega\mu\sigma)^{1/2}$

で表される。ここで、ωは角周波数、μは透磁率、σは電気伝導率である。

[0078] ここで、導体部材１０の厚みを表皮厚みδより厚くすると、導体部材１０

の内部に発生する渦電流損が増加する。そこで、本実施形態のリアクトルＤ１において、導体部材１０の厚みｔがδ以下に設定されると渦電流損が減少できる。

[0079] （７）空芯コイル１の最内周位置における、第１コア部材３の上壁面と第２コア部材４の下壁面との間隔Ｌ１と、空芯コイル１の最外周位置における、第１コア部材３の前記上壁面と第２コア部材４の前記下壁面との間隔Ｌ２との差（Ｌ１－Ｌ２）を、平均値Ｌ３で除算して得られる値（（Ｌ１－Ｌ２）／Ｌ３）の絶対値が、１／５０以下に設定される。これにより、空芯コイル１の内部を通る磁束線が軸方向を平行にできるので、渦電流損が増大してインダクタンスが小さくなるのを防止又は抑制することができる。

[0080] なお、本件は、前記実施形態に代えてまたは前記実施形態に加えて、次のような形態も含む。

[0081] ［１］図３２（ａ）～（ｅ）は、空芯部にコア部２の上面および下面から突出する長尺状の導体５０がリアクトルに設けられる場合のリアクトルの作製方法を示す図である。図３２（ｄ）に示されるように、空芯コイル１の空芯部Ｓ１に対応する、コア部２の部位に、空芯部Ｓ１と同径の穴Ｈが形成されると共に、この穴Ｈを介してコア部２を貫通する導体５０が設置されてもよい。導体５０は長尺状のコイルの口出しリードとなる。なお、図３２（ｂ）では、円筒形状の導体５０が示されているが、円筒形状でも中実円柱形状でも同様のインダクタンス特性が得られる。

[0082] ただし、導体５０が円筒形状であれば、中空内に水や空気を流通させてリアクトルを強制冷却できる。したがって、導体５０が円筒形状であると、中実円柱形状であるよりも高い冷却性能を、リアクトルにもたらすことができる。

[0083] また、該導体が第１および第２コア部材３，４の上下面からそれぞれ突出する場合には、リアクトルＤ１の放熱性能を向上させることができる。

[0084] このような構成を有するリアクトルは、例えば、次の工程によって作製可能である。まず、所定の厚みを有するリボン状の導体部材１０（図３２（ａ

））の端部を、円筒形状の導体５０（図３２（ｂ））の周面適所に接合する（図３２（ｃ））。その後、図３２（ｄ）に示されるように、該導体部材１０を所定回数だけ巻き回す。これにより、パンケーキ構造の空芯コイル１を有するユニットが形成される。

[0085] 次に、図３２（ｄ）に示されるように、このユニットの上下でそれぞれ突出している導体５０の部位を、第１および第２コア部材３，４にそれぞれ形成された穴Ｈに貫通させた上で、第１および第２コア部材３，４を、空芯コイル１を挟むように重ね合わせる。これにより、図３２（ｅ）に示されるような、上下面に突出部を有する例えば円板状のリアクトルが生成される。

[0086] このように、本変形形態では、リボン状の導体部材１０の端部を、コア部２を貫通する長尺状の導体５０の周面適所に接合して長尺状の導体５０とリボン状の導体部材１０とを電気的に接続し、長尺状の導体５０の周りにリボン状の導体部材１０を所定回数だけ巻き回して空芯コイル１を作成する。これにより、長尺状の導体５０は、空芯コイル１に設置すべき電極のうちの一方の電極としての機能と、空芯コイル１を作製する（リボン状の導体部材を巻きまわす）際のベース材としての機能とを兼ね備えることができる。

[0087] なお、前記長尺状の導体が熱伝導性の高い金属で構成されると、リアクトル内部の熱の放熱性を向上することができる。

[0088] ［２］前記変形形態［１］のように、空芯部Ｓ１に円筒形状の導体５０を設置する場合に、導体５０の厚みを、リアクトルＤ１の駆動周波数に対する表皮厚み$\delta = (2/\omega\mu\sigma)^{1/2}$の２倍以上とする。このとき、導体５０の表皮効果（交流磁束の遮蔽効果）により、空芯コイル１の周縁部における磁束線が強制的に垂直配向され、導体５０の円筒内部に交流磁束線が入り込まないようにすることができる。そのため、リアクトル特性に影響を与えることなく、導体５０の円筒を貫通して固定用のボルト等を挿入することができる。したがって、導体の直径に制限が課されず、リアクトルＤ１の形状や実装形態の自由度を大きくすることができる。

[0089] また、導体５０により、高調波成分がより効率的に発熱するため、フィル

タ機能を付与することもできる。

[0090] ［３］コア部２は、前記第１の実施形態のように、第１および第２コア部材３，４で作成されるものの他、例えば、図３３（ａ），（ｂ）に示されるようなものであってもよい。図３３は、コア部２の変形形態を示す図であって、図３３（ａ）は、本変形形態に係るリアクトルにおけるコア部２の組立斜視図であり、図３３（ｂ）は、本変形形態に係るリアクトルを、軸芯Ｏを含む平面で切断した断面図である。ここで、コア部２は、空芯コイル１の外径より導体部材１０の厚みｔ以上大きな径を有する円板形状の第１および第２円板コア部材２０，２１と、該コア部材２０，２１と同径の円柱状外周面を有する円筒コア部材２２と、を備える。円筒コア部材２２の各端部には、第１および第２円板コア部材２０，２１が接着される。

[0091] なお、上述のリアクトルＤ１では、基本的に、空芯コイル１およびコア部２が外形円柱状であるが、これに限定されず、多角柱形状の形状であってもよい。前記多角柱形状は、例えば、四角柱形状、六角柱形状および八角柱形状等である。また、空芯コイルおよびコア部が、円柱形状および多角柱形状であってもよい。例えば、空芯コイルが円柱形状であり、コア部が多角柱形状であってよい。また例えば、空芯コイルが多角柱形状であり、コア部が円柱形状の形状であってよい。ここでは、一例として、空芯コイルおよびコア部が四角柱形状であるリアクトルＤ２について説明する。

[0092] 図３４は、前記したリアクトルＤ２の構成を示す一部透過斜視図である。図３４は、コア部の略半分を透過させて内部のコイルの構成が見えるように記載されている。図３５は、図３４に示すリアクトルにおける磁束密度をベクトルで示す図である。図３５には、コア部を二分するように、軸芯を含む略中央の平面で切断した場合における、リアクトルの断面図が示されている。図３６は、図３４に示されるリアクトルにおけるインダクタンス特性を示す図である。図３６の横軸は電流（Ａ）であり、縦軸はインダクタンス（μＬ）である。

[0093] この四角柱形状のリアクトルＤ２は、図３４に示すように、フラットワイ

ズ巻線構造を有する空芯コイル６と、該空芯コイル６を覆うコア部７と、を備えて構成されている。尚、空芯コイルが多角柱形状である場合には、空芯コイルの半径Ｒを、空芯コイルの中心から外周面までの最短距離Ｒとよみかえる。

[0094] コア部７は、コア部２と同様に、磁気的に（例えば透磁率が）等方性を有すると共に同一の構成を有する第１および第２コア部材８，９を備える。第１および第２コア部材８，９は、それぞれ、例えば四角形状（矩形状）を有する角板部８ａ，９ａの板面から、該角板部８ａ，９ａの四辺から成る四角形の大きさと同じ大きさ外周を有する断面四角形の筒部８ｂ，９ｂが連続するように構成される。各筒部８ｂ，９ｂの端面同士によって第１および第２コア部材８，９が互いに重ね合わせられることにより、コア部７は空芯コイル６を内部に収容するための空間を備える。

[0095] そして、空芯コイル６には、中心（軸芯Ｏ上）に所定の大きさの四角形を有する四角柱状の空芯部Ｓ２が設けられている。空芯コイル６は、所定の厚みを有するリボン状の導体部材がその幅方向を軸芯方向に略一致させた態様でその外形が四角柱状となるように所定回数だけ巻き回されることにより形成される。空芯コイル６は、コア部７の内部空間（第１および第２コア部材８，９の内壁面によって形成された空間）に設置されている。

[0096] このような構成によっても、図３５に示されるように、空芯コイル６内の磁束線が軸方向に略平行となり、図１に示されるリアクトルＤ１と同様な作用効果を有する。しかも、図３６から分かるように、このような構成のリアクトルＤ２のインダクタンスは、図１に示すリアクトルＤ１のインダクタンスよりも大きい。なお、図３６に示されるように、このような構成のリアクトルＤ２のインダクタンス特性は、図１に示されるリアクトルＤ１のインダクタンス特性と同様のプロファイルである。これらのインダクタンスは、比較的電流値の小さい範囲（図３６では約８０Ａ以下の範囲）では略一定であり、その範囲を越えると通電電流の増加に伴って徐々に減少している。

[0097] ここで、図３６では、４０Ａでのインダクタンスが略同じになる条件にお

いて、図１に示す構成のリアクトルＤ１と図３４に示す構成のリアクトルＤ２とを比較している。

[0098] ［４］前記変形形態［３］に係るコア部７や、前記第１の実施形態に係るコア部２の内部に形成される空間（空芯コイル１を内蔵するための空間）には、低透磁性の磁性体が充填されてもよい。

[0099] ［５］空芯コイル１，６の上端面と、それに対向するコア部２，７の内壁面との間や、コイル１，６の下端面とそれに対向するコア部２，７との間に、例えばＢＮ（チッ化ボロン）セラミック等の絶縁材が充填されてもよい。絶縁材としては、例えば絶縁性および良熱伝導性の樹脂シートが想定される。絶縁材の厚みは、１ｍｍ以下であることが好ましい。なお、絶縁材は、コンパウンドが充填されて構成されてもよい。

[0100] この絶縁材により、空芯コイル１によって軸方向（上下方向）の熱伝導性が良くなるとともに、空芯コイル１に発生するジュール熱を絶縁材を介してコア部２，７に熱伝導させることができ、効率良く外部に廃熱することが可能となる。また、このため、外部から、具体的にはコア部２を冷却するようにすれば、リアクトルＤ１，Ｄ２の内部が高熱になるのを一層防止することができる。

[0101] ［６］図３７（Ａ）、（Ｂ）、（Ｃ）は、絶縁耐性用の絶縁部材をさらに備えたリアクトルの一部の構成を示す図である。図３７は、絶縁部材を備えるリアクトルの一部分を示す図であって、図３７（Ａ）は、第１態様の絶縁部材を示し、図３７（Ｂ）は、第２態様の絶縁部材を示し、そして、図３７（Ｃ）は、第３態様の絶縁部材を示す。図３８は、図３７（Ａ）に示す構成のリアクトルにおいて、絶縁部材の材料および厚さ（μｍ）に対する絶縁耐圧（２．０ｋＶ）の結果を示す図である。

[0102] 上述の実施形態のリアクトルＤ１において、空芯コイル１とコア部２との間における絶縁耐性をより向上させるために、空芯コイル１の一方端部とこの一方端部に対向するコア部一方面との間、および空芯コイル１の他方端部とこの他方端部に対向するコア部他方面との間に、絶縁部材ＩＳがさらに設

けられていてもよい。

[0103] このような絶縁部材ＩＳは、例えば、ＰＥＮ（ポリエチレンテレフタレート）やＰＰＳ（ポリフェニレンサルファイド）等の耐熱性を有する樹脂のシートである。例えば、図３７（Ａ）に示されるように、絶縁部材ＩＳは、空芯コイル１の一方端部とこの一方端部に対向するコア部一方面との間に配置されるシート状の絶縁部材ＩＳ１－１、ならびに、空芯コイル１の他方端部とこの他方端部に対向するコア部他方面との間に配置されるシート状の絶縁部材ＩＳ１－２であってよい。また、例えば図３７（Ｂ）に示されるように、絶縁部材ＩＳは、空芯コイル１の内周面の一部分および外周面の一部分をそれぞれ覆うとともに空芯コイル１の一方端部とこの一方端部に対向するコア部一方面との間に配置されるシート状の絶縁部材ＩＳ２－１、ならびに、空芯コイル１の内側面の一部分および外側面の一部分をそれぞれ覆うとともに空芯コイル１の他方端部とこの他方端部に対向するコア部他方面との間に配置されるシート状の絶縁部材ＩＳ２－２であってよい。また、例えば図３７（Ｃ）に示されるように、絶縁部材ＩＳは、空芯コイル１を内包するように、空芯コイル１の内周面および外周面の全部を覆うとともに、空芯コイル１の一方端部および他方端部の全部を覆うように配置される絶縁部材ＩＳ３であってよい。なお、上述の説明においては、リアクトルＤ１の場合について説明したが、リアクトルＤ２の場合も同様に説明することができる。

[0104] このような構成の絶縁部材ＩＳをさらに備えることによって、空芯コイルとコア部との間における絶縁耐力をより向上することができる。

[0105] ここで、図３７（Ａ）に示される第１態様の絶縁部材ＩＳ１－１およびＩＳ１－２をさらに備えたリアクトルＤ１の絶縁耐圧が図３８に示されている。ここで、図３８は、絶縁部材ＩＳ１－１およびＩＳ１－２としてカプトンシート（ポリイミド）が用いられるとともに、その厚さが２５μｍ、５０μｍおよび１００μｍの各場合について、電圧２．０ｋＶを印加した場合における絶縁耐圧の結果を示す。また、図３８は、絶縁部材ＩＳ１－１およびＩＳ１－２としてＰＥＮシートが用いられるとともに、その厚さが７５μｍお

よび１２５μｍの各場合について、電圧２．０ｋＶを印加した場合における絶縁耐圧の結果を示す。また、図３８は、絶縁部材ＩＳ１－１およびＩＳ１－２としてＰＰＳが用いられるとともに、その厚さが１００μｍの場合について、電圧２．０ｋＶを印加した場合における絶縁耐圧の結果を示す。また、図３８は、絶縁部材ＩＳ１－１およびＩＳ１－２としてノーメックスが用いられるとともに、その厚さが１００μｍの場合について電圧２．０ｋＶを印加した場合における絶縁耐圧の結果を示す。図３８から分かるように、絶縁部材ＩＳ１として、厚さ１００μｍのカプトンシート（ポリイミド）が用いられる場合、厚さ１２５μｍのＰＥＮシートが用いられる場合、厚さ１００μｍのＰＰＳが用いられる場合、および、厚さ１００μｍのノーメックスが用いられる場合には、空芯コイル１とコア部２との間で良好な絶縁が得られている。したがって、絶縁部材ＩＳの厚さは、１００μｍ以上であることが好ましい。

[0106] ［７］図３９は、コア部２の変形形態を示す平面図である。図３９に示されるように、コア部２の上面に、軸芯Ｏ近傍から外周側に向けて放射状に複数の凹溝Ｙが設けられる。その凹溝Ｙに沿って空気や冷却水などの冷却媒体を流通させることによって、コア部２を強制冷却することにより、リアクトルＤ１の放熱性能を向上することができる。

[0107] ［８］図４０（Ａ）、（Ｂ）は、ヒートシンクをさらに備えた第１態様のリアクトルの構成を示す図である。図４１（Ａ）、（Ｂ）は、ヒートシンクをさらに備えた第２態様のリアクトルの構成を示す図である。図４２（Ａ）、（Ｂ）は、ヒートシンクをさらに備えた第３態様のリアクトルの構成を示す図である。これら図４０～図４２において、（Ａ）は全体構成を示し、（Ｂ）はコア部２内の伝熱部材の部分を示している。図４３は、ヒートシンクをさらに備えた比較態様のリアクトルの構成を示す図である。

[0108] 上述の実施形態のリアクトルＤ１において、リアクトルＤ１で生じた熱をリアクトルＤ１外へ放熱させるための放熱器、いわゆるヒートシンクＨＳがさらに設けられてもよい。この場合において、空芯コイル１において巻き回

された導体部材１０間を絶縁するために用いられる絶縁材の絶縁性を維持するため、空芯コイル１の熱をコア部２へ伝導する伝熱部材が、空芯コイル１とコア部２との間に設けられることが好ましい。

[0109] 図４０～図４２に示されるように、このようなヒートシンクＨＳをさらに備えたリアクトルＤ１は、ヒートシンクＨＳ上に伝熱部材ＰＧ１を介して固定される。また、例えば図４０（Ａ）、（Ｂ）に示される第１態様では、ヒートシンクＨＳをさらに備えたリアクトルＤ１は、空芯コイル１の一方端部とこの一方端部に対向するコア部一方面との間に、伝熱部材ＰＧ２をさらに備えていてよい。また、例えば図４１（Ａ）、（Ｂ）に示される第２態様では、空芯コイル１の一方端部とこの一方端部に対向するコア部一方面との間に伝熱部材ＰＧ２をさらに備えるとともに、空芯コイル１の他方端部とこの他方端部に対向するコア部他方面との間に伝熱部材ＰＧ３をさらに備えていてよい。また、例えば図４２（Ａ）、（Ｂ）に示される第３態様では、コア部２の内部空間略全体にわたって（コイル１の部分を除いて）伝熱部材ＰＧ４をさらに備えていてよい。なお、図４０～図４２に示されるリアクトルＤ１は、上述の絶縁部材ＩＳを備えている。伝熱部材ＰＧ（ＰＧ１～ＰＧ４）は、空芯コイル１の熱をコア部２に伝導するための部材であり、比較的高い熱伝達係数を有する材料であることが好ましい。そして、伝熱部材ＰＧによって、空芯コイル１とコア部２とを密着されることが好ましい。伝熱部材ＰＧは、例えば、伝熱グリス等である。

[0110] このような構成のヒートシンクＨＳをさらに備えるリアクトルＤ１では、リアクトルＤ１の空芯コイル１で発生した熱が、コア部２を介してヒートシンクＨＳに伝導される。したがって、ヒートシンクＨＳから効率よく放熱することができ、リアクトルＤ１の温度上昇を低減することができる。そして、図４０～図４２に示されるように、空芯コイル１とコア部２との間に伝熱部材ＰＧをさらに備えることによって、リアクトルＤ１の空芯コイル１で発生した熱が、コア部２，７を介してヒートシンクＨＳにより効率よく伝導され、ヒートシンクＨＳから放熱することができる。このため、空芯コイル１

における巻き回された導体部材１０間を絶縁するために用いられる絶縁材の絶縁性の低下（劣化）を防ぎ、絶縁材の絶縁性を維持することが可能となる。

[0111] ここで、空芯コイル１における巻き回された導体部材１０間の絶縁や絶縁部材ＩＳとしては、ポリイミドやＰＥＮ等の樹脂材料が用いられる。図４３に示される比較形態では、ヒートシンクＨＳはさらに設けられるが、空芯コイル１とコア部２との間に伝熱部材ＰＧが設けられない。このような場合、リアクトルの温度がこれら樹脂の耐熱温度を超えてしまう。しかしながら、図４０～図４２に示されるヒートシンクＨＳおよび空芯コイル１と、コア部２と、の間に伝熱部材ＰＧが設けられる場合では、リアクトルＤ１の温度は、高くても１４０℃程度で略定常状態（熱平衡状態）であり、これら樹脂の耐熱温度以下であった。伝熱部材ＰＧの熱伝導率は、０．２Ｗ／ｍＫ以上であることが好ましく、１．０Ｗ／ｍＫ以上であることがより好ましい。また、上述では、リアクトルＤ１の場合について説明したが、リアクトルＤ２の場合も同様に説明することができる。

[0112] ［９］図４４（Ａ）、（Ｂ）および図４５（Ａ）、（Ｂ）は、固定部材および締結部材をさらに備えたリアクトルの構成を示す。図４４（Ａ）および図４５（Ａ）は、上面図を示し、図４４（Ｂ）は、図４４（Ａ）に示されたＡ１切断線における断面図を示し、図４５（Ｂ）は、図４５（Ａ）に示されたＡ２切断線における断面図を示す。なお、図４４および図４５は、１つのリアクトルについて示している。尚、図４４（Ａ）および図４５（Ａ）においては、取り付け部材は省略されている。

[0113] 上述の実施形態のリアクトルにおいて、コア部は、複数のコア部材から構成される。ここで、リアクトルは、コア部を取り付けるための取り付け部材にコア部を固定する固定部材と、コア部を形成するために複数のコア部材を締結する締結部材と、をさらに備える。コア部における固定部材の第１配設位置と締結部材の第２配設位置とが互いに異なるように、リアクトルが構成されてもよい。このような構成のリアクトルでは、固定部材の配設位置と締

結部材の配設位置とが個別に設けられているので、締結部材で複数のコア部材を締結することによりコア部を形成した後に、固定部材でコア部を取り付け部材に固定することができる。このため、リアクトルの組み立てや取り付けの生産性が向上し得る。

[0114] このような固定部材は、例えばボルトであり、締結部材は、例えばボルトおよびナットである。取り付け部材は、例えば、基板や、上述のヒートシンクＨＳや、該リアクトルを用いる製品の筐体等である。

[0115] このような固定部材および締結部材をさらに備えたリアクトルは、例えば、図４４（Ａ）、（Ｂ）および図４５（Ａ）、（Ｂ）に示されるように、フラットワイズ巻線構造を有する空芯コイル５１と、該空芯コイル５１を覆うコア部５２と、を備えて構成されるリアクトルＤ３である。

[0116] コア部５２は、コア部２と同様に、磁気的に（例えば透磁率が）等方性を有すると共に同一の構成を有する第１および第２コア部材５３，５４を備える。第１および第２コア部材５３，５４は、それぞれ、例えば六角形状を有する六角板部５３ａ，５４ａの板面から、該六角板部５３ａ，５４ａの六辺から成る六角形と同じ寸法の外周を有する断面六角形の筒部５３ｂ，５４ｂが連続するように構成される。コア部５２は、前記各筒部５３ｂ，５４ｂの端面同士によって、第１および第２コア部材５３，５４が互いに重ね合わせられることにより、空芯コイル５１を内部に収容するための空間を備える。

[0117] 空芯コイル５１には、空芯コイル１と同様に、中心（軸芯Ｏ上）に所定の径を有する円柱状の空芯部を設けられている。空芯コイル５１は、所定の厚みを有するリボン状の導体部材がその幅方向を軸芯方向に略一致させた態様で所定回数だけ巻き回されることにより形成され、コア部５２の内部空間（第１および第２コア部材５３，５４の内壁面によって形成された空間）に設置されている。

[0118] そして、このリアクトルＤ３における第１および第２コア部材５３，５４には、軸芯Ｏ方向に沿って形成された、締結部材５５（５５－１～５５－３）および固定部材５６（５６－１～５６－３）のそれぞれを挿通するための

貫通孔がそれぞれ設けられている。これら貫通孔は、前記六角形の第１および第２コア部材５３，５４における角内側（頂点内側）に形成されており、締結部材５５用の貫通孔と固定部材５６用の貫通孔とは、交互に設けられている。すなわち、図４４（Ａ）、（Ｂ）および図４５（Ａ）、（Ｂ）に示される例では、第１および第２コア部材５３，５４が六角形であることから、隣接する２つの貫通孔と軸芯Ｏとの成す角は６０°である。また、この例では、締結部材５５用の貫通孔のみに着目すれば、隣接する２つの締結部材５５用の貫通孔と軸芯Ｏとの成す角は１２０°である。また、この例では、固定部材５６用の貫通孔のみに着目すれば、隣接する２つの固定部材５６用の貫通孔と軸芯Ｏとの成す角は１２０°である。このように、締結部材用の貫通孔と、固定部材用の貫通孔とは、互いに異なる位置に形成されているため、コア部５２における固定部材５６の第１配設位置と締結部材５５の第２配設位置とは、互いに異なっている。さらに、第１および第２コア部材５３、５４の中心位置（軸芯Ｏの位置）にも、締結部材５５－４用の貫通孔が設けられる。このような構成のリアクトルＤ３では、第１および第２コア部材５３、５４を互いに当接させると共に、第１および第２コア部材５３，５４に設けられた、締結部材５５用の貫通孔に締結部材５５（５５－１～５５－４）のボルトを挿通した後、ボルトおよびナットにより第１および第２コア部材５３，５４が互いに締め付けられる。

[0119] なお、上述の伝熱部材ＰＧが用いられ、且つこの伝熱部材ＰＧが硬化性樹脂である場合には、この締結された状態で、伝熱部材ＰＧが硬化されることが好ましい。

[0120] 一方、図４４（Ａ）、（Ｂ）および図４５（Ａ）、（Ｂ）に示される例では、取り付け部材であるヒートシンクＨＳに、固定部材５６（５６－１～５６－３）を固着させるための複数の凹部が形成されている。より具体的には、固定部材５６であるボルトの一方端部に形成された雄ねじと螺着するために、これらの凹部の内周側面には雌ねじが形成されている。そして、第１および第２コア部材５３，５４に設けられた、固定部材５６用の貫通孔に、固

定部材５６であるボルトを挿通した後、ヒートシンクＨＳの凹部に螺着させることによって、リアクトルＤ３がヒートシンクＨＳに固定されて取り付けられる。

[0121] このような構成のリアクトルＤ３によれば、上述したように、リアクトルの組み立てや取り付けの生産性が向上し得る。より具体的には、例えば、第１および第２コア部材５３，５４を互いに密着させた状態でコア部５２として固定する方法としては、クランプで密着固定する方法や、ボルトとナットとで密着固定する方法が考えられる。クランプで密着固定する場合に、取り付け部材にリアクトルを固定する際には、このクランプを外してリアクトルを取り付け部材に固定する必要があるため、組み立ての生産性が低くなる。また、ボルトとナットとで密着固定する場合には、いったん組立のために締結されたナットを外して取り付け部材にボルトで固定することになるため、取り付けの生産性が低くなる。一方、上述した本実施形態の方法では、固定部材５６の第１配設位置と締結部材５５の第２配設位置とが互いに異なるので、第１および第２コア部材５３，５４の締結とリアクトルＤ３の固定とを個別に行うことができるので、リアクトルＤ３の組み立てや取り付けの生産性が向上し得る。

[0122] さらに、このような構成のリアクトルＤ３では、締結部材５５用の貫通孔は、これらを例えばこれらの中心で結ぶと、各中心を頂点とする三角形、例えば正三角形を形成する。これら３点で第１および第２コア部材５３，５４は、締結部材５５によって締結されるから、安定的な締結が可能となる。そして、残余の、固定部材５６用の貫通孔は、同様にして結ぶと三角形、例えば正三角形を形成する。これら３点でコア部材５２は、取り付け部材（ヒートシンクＨＳ）に固定部材５６によって固定されるから、安定的な固定が可能となる。

[0123] ［８］図４６は、空芯部Ｓ１に円筒形状又は中実円柱形状の導体３０を設置する場合の該導体の外観斜視図である。図４６に示されるように、空芯部Ｓ１に円筒形状又は中実円柱形状の導体３０を設置する場合、該導体３０に軸

方向に延びるスリットＺが形成されると、リアクトルＤ１のインダクタンスの増大に寄与することができる。

[0124] ［９］コア部２は、磁気的に等方性を有するフェライトコアで構成されてもよい。ただし、漏れ磁束が無いように空芯コイル１を磁性体で囲む場合、電磁鋼板のような積層コアでは、必ず磁束線が平面を貫通するため、コア部２に生じる渦電流損が大きくなる。磁束密度が高い方が漏れ磁束を抑制でき且つ小型化できるため、ソフトフェライトよりも鉄系軟磁性粉末の圧粉コアが好ましい。

[0125] ［１０］空芯コイル１は、絶縁された複数の細い導体素線を集めて撚合わせたリッツ線によって構成されてもよい。

[0126] ［１１］空芯コイル１を構成するリボン状の導体部材１０は、均一な材質からなるものの他、図４７（ａ），（ｂ）に示されるように、導体層１２と絶縁層１３とをその厚み方向に積層してなるものでもよい。図４７（ａ）は、本実施形態に係るリボン状の導体部材１０の外観斜視図であり、図４７（ｂ）は、図４７（ａ）のＢ－Ｂ線断面図である。

[0127] すなわち、渦電流の大きさは、磁束密度が同一である場合には、磁力線（磁束線）に垂直な連続する面（一続きの面）の面積に比例する。本実施形態では、磁力線（磁束線）に垂直に交差する導体部材１０の面が不連続部分を構成する絶縁層１３により分割されている。このような構成によれば、均一な材質からなるリボン状の導体部材１０により空芯コイル１を構成した場合（図４７（ｃ）参照）に比して、磁力線（磁束線）に垂直に交差する連続面の面積が小さくなるから、渦電流を小さくすることができる（図４７（ｄ）参照）。

[0128] なお、このような複合（積層）線材を１本の導体として機能させるためには、コア部２の外部の磁束線の存在しない場所において、図４７（ａ）の部分Ｘのように、リボン状の導体部材１０の長手方向における端部で隣り合う導体層１２同士を、絶縁層１３を挟むことなく接合する構成とする必要がある。このようにすることで、複合（積層）線材を１本の導体として機能させ

ることができ、電流が流れる方向における導体の断面積を確保し、空芯コイル１の電気抵抗の増加を抑制することができる。

[0129] また、渦電流は、磁場中では線材の表裏で逆方向に流れ、磁場が減少するにつれて徐々に導体内をリターンし、また、磁場の交差状況が変化するところで突然に導体内をリターンする。そのため、コイル中心付近や、パイプが設けられる場合には該パイプ付近において発熱が顕著となる傾向がある。コア部２の外部において、リボン状の導体部材１０の長手方向における端部が接合される構成によれば、コア部２から離れた場所で渦電流のリターンを生じさせることが出来て、空芯コイル１内部の発熱を防止することもできる。

[0130] ［１２］導体層１２と絶縁層１３とが厚み方向に積層されたリボン状の導体部材１０を用いる場合に、各導体層１２自体、または各導体層１２からそれぞれ別々に口出しされたリード線を、コア部２の外部に設けられたインダクタコア１００に互いに逆相になる様に経由してから接合することができる。これにより、更に効果的に渦電流を抑制することができる。

[0131] 例えば、導体層１２が２層の場合の例である図４８に示されるように、コア部２の外部にインダクタコア部１００を設けて、各導体層１２をそれぞれ流れる電流を互いに逆相になるように各導体層１２の一方端からインダクタコア部１００を経由させる。このとき、インダクタコア部１００は、逆位相の渦電流にのみ大きな抵抗として働いて、その電流を抑制するが、同位相で流れてくる駆動電流に対しては何ら影響を与えない。したがって効果的に渦電流のみを低減し、全体の損失を低減させることができる。なお、図４８は、導体層１２が２層の場合の例であるが、図４９は、導体層１２が３層の場合の外部インダクタコア部１００の状態を示す概略図であり、図５０は、導体層１２が４層の場合の外部インダクタコア部１００の状態を示す概略図である。

[0132] 図４９に示されるように、導体層１２が３層の場合には、インダクタコア部１００が２つ設けられる。一方のインダクタコア部１００により、第１導体層を流れる電流と第２導体層を流れる電流とを互いに逆相とする。また、

他方のインダクタコア部１００により、第３導体層を流れる電流と前記一方のインダクタコア部１００を経由した第２導体層を流れる電流とを互いに逆相とした後、各インダクタコア部１００を流れた電流を合流させている。

[0133] 図５０に示されるように、導体層１２が４層の場合には、インダクタコア部１００が３つ設けられる。第１のインダクタコア部１００により、第１導体層を流れる電流と第２導体層を流れる電流とを互いに逆相とした後、それらの電流を合流させる。さらに、第２のインダクタコア部１００により、第３導体層を流れる電流と第４導体層を流れる電流とを互いに逆相とした後、それらの電流を合流させる。そして、それぞれ合流されてなる２つの電流を、第３のインダクタコア部１００により互いに逆相とした後、合流させている。

[0134] ここで、導体層１２が厚さ０．６ｍｍの単層であり、コイル巻き数が３２巻である図１のようなリアクトルの渦電流損を調べた。また、導体層１２が厚さ０．３ｍｍの２層であり、コア部２の外部において各導体層１２の端部が接合された構成の第１複層リアクトルの渦電流損を調べた。また、導体層１２が厚さ０．３ｍｍの２層であり、各導体層１２からそれぞれ別々に口出しされたリード線が、コア部２の外部に設けられたインダクタコアに互いに逆相になる様に経由してから接合される構成の第２複層リアクトルの渦電流損を調べた。これらは、具体的にはＬＣＲメータを用いて、１０ｋＨｚのときの抵抗値で測定される。

[0135] その結果、第１複層リアクトルでは渦電流損が単層（基本）の場合の約５６％に、第２複層リアクトルでは渦電流損が単層（基本）の場合の約３２％に、それぞれ低減できていた。

[0136] ［１３］一般に、リアクトルは変圧器として用いることが可能であり、例えば、日本国特開２００１－３４５２２４号公報に開示された三相変圧器がある。この三相変圧器は、ケーブル巻き線型である。この三相変圧器には、Ｕ相、Ｖ相およびW相の三相に対応する３個の鉄心の上部と下部とに鉄心ヨークが設けられることによって、磁気回路が形成されている。このような鉄

心が、角のある数字の“８”の字の形に組み合わされることによって、磁力線の導線が構成されている。このような構成の三相変圧器（リアクトル）は、電力伝送系統の途中に配置され、電圧の安定化に役立つ。また、近年のインバータ技術の進歩により、保守の必要を低減するために、工場やハイブリッド自動車や電気自動車等に、交流電動機が配置されるようになってきている。このような場合に、例えばインバータから３本の三相交流の動力電線が交流電動機へ向かうことになるが、力率改善のために、通常、インバータと電動機との間に、三相変圧器（リアクトル）が直列に接続される。

[0137] 近年のハイブリッド自動車等の動力源の主流は、永久磁石を内蔵する同期交流電動機である。乗り心地を向上する観点から、この電動機には回転の滑らかさが要求される。永久磁石型同期交流電動機は、例えば、回転子側の磁極数が４で、固定子側の磁極数が６である組合せ（４対６）を基本とする。現実的には、回転子側の磁極数が８で、固定子側の磁極数が１２である組合せ（８対１２）や、回転子側の磁極数が１６で、固定子側の磁極数が２４である組合せ（１６対２４）が用いられている。極数の増加に従ってトルク変動、いわゆるコギングトルクが緩和され、振動発生が抑えられて乗り心地の向上に繋がっている。

[0138] ところで、上述のように回転子と固定子との磁極数が異なるため、回転子の回転に伴ってＵ相、Ｖ相およびW相の励磁コイルインダクタンスが非対称に変化する。その結果、インバータから印加される三相交流電圧波形に歪みが生じ、理想とする正弦波波形とならないため、トルク変動が起きてしまう。そのため、ハイブリッド自動車等に車載される車載インバータと電動機との間に三相リアクトルを挿入することによって、非線形インダクタンスに起因する不要な電圧波形、すなわち、高調波電圧成分を吸収して緩和する対策が有効である。

[0139] しかしながら、上述した従来の三相変圧器は、その形状特性から比較的体格が大きく、搭載スペースに限界がある自動車へ搭載する際に不都合である。

[0140] そこで、図５１に示されるように、絶縁材料で絶縁被覆された長尺の導体部材を巻回して形成される単層コイルを基本単位として、３個の単層コイル１１ｕ，１１ｖ，１１ｗを厚み方向に積層して形成された３層空芯コイル１１が使用される。これら３個の単層コイル１１ｕ，１１ｖ，１１ｗの巻き始めのそれぞれは、互いに電流線路の第１端子１１ａｕ，１１ａｖ，１１ａｗとして、互いから独立している。また、これら３個の単層コイル１１ｕ，１１ｖ，１１ｗの巻き終わりのそれぞれは、電流線路の第２端子１１ｂｕ，１１ｂｖ，１１ｂｗとして、互いから独立している。

[0141] すなわち、３個の単層コイルのうちの第１単層コイル１１ｕは、例えば三相交流のＵ相用のコイルである。第１単層コイル１１ｕは、フィルム状の電気絶縁層で絶縁被覆された長尺の導体部材が中心から渦巻き状に巻き回されることによって形成され、例えば仕様等に応じた所定のインダクタンスにて巻きが終了する。第１単層コイル１１ｕの巻き始めである一方端は電流線路の第１端子１１ａｕであり、コア部２の軸心に穿設された孔から外部へ引き出される。第１単層コイル１１ｕの巻き終わりである他方端は電流線路の第２端子１１ｂｕであり、コア部２の円筒部３ｂ（４ｂ）に穿設された孔から外部へ引き出される。

[0142] ３個の単層コイルのうちの第２単層コイル１１ｖは、例えば三相交流のＶ相用のコイルである。第２単層コイル１１ｖは、フィルム状の電気絶縁層で絶縁被覆された長尺の導体部材が中心から渦巻き状に巻き回されることによって形成され、例えば仕様等に応じた所定のインダクタンスにて巻きが終了する。第２単層コイル１１ｖの巻き始めである一方端は電流線路の第１端子１１ａｖであり、コア部２の軸心に穿設された孔から外部へ引き出される。第２単層コイル１１ｖの巻き終わりである他方端は電流線路の第２端子１１ｂｖであり、コア部２の円筒部３ｂ（４ｂ）に穿設された孔から外部へ引き出される。

[0143] 同様に、３個の単層コイルのうちの第３単層コイル１１ｗは、例えば三相交流のW相用のコイルである。第３単層コイル１１ｗは、フィルム状の電気

絶縁層により絶縁被覆された長尺の導体部材が中心から渦巻き状に巻き回されることによって形成され、例えば仕様等に応じた所定のインダクタンスにて巻きが終了する。第３単層コイル１１ｗの巻き始めである一方端は電流線路の第１端子１１ａｗであり、コア部２の軸心に穿設された孔から外部へ引き出される。第３単層コイル１１ｗの巻き終わりである他方端は電流線路の第２端子１１ｂｗであり、コア部２の円筒部３ｂ（４ｂ）に穿設された孔から外部へ引き出される。

[0144] そして、これら３個の単層コイル１１ｕ，１１ｖ，１１ｗは、電気絶縁フィルムで電気的に絶縁されつつ厚み方向に積層され、コア部２内に緊結に固定される。長尺の導体部材の断面は、積層し易いように、平角形状であることが好ましい。

[0145] これら積層された３個の単相コイル１１ｕ，１１ｖ，１１ｗは、電気的には絶縁されているため導通しないが、積層による近接効果で磁気的には相互結合しており、従来の三相リアクトルのように磁気回路を形成している。

[0146] このようにリアクトルＤを構成することによって、１個分のコイルスペースに三相分のコイルが収容可能であるので、同じ電力容量の従来型の三相リアクトルに較べて、体格を小さくすることができる。このような構成のリアクトルＤは、特に、搭載スペースの限られた電気自動車、ハイブリッド自動車、電車およびバス等の移動体（車両）に搭載される場合に好適である。また、このような構成のリアクトルＤは、インバータから交流電動機への動力線において、インバータからの高調波歪電圧（いわゆるリップル）を吸収して平滑化することができ、この結果、正弦波波形に近い波形を電動機へ出力することができる。このことにより、高調波を電動機へ出力することがなくなり、リップル電圧、サージ電圧の発生を抑制でき、異常電流による機器の損傷を防ぐことができる。ひいては、インバータ出力素子の耐電圧を下げることができ、より安価な部品（素子）を使うことが可能となる。さらに、交流電動機で発生する逆起電力に起因する異常な逆電圧が、インバータに逆流することを途中で吸収し、インバータ出力素子の損傷も防ぐことが可能とな

る。また、このような構成のリアクトルＤは、電気絶縁フィルムとともに三相分のコイルが緊結に固定されるので、構造体として高い剛性を備えており、交流電流の印加によって生じる磁気力収縮振動を抑制することもできる。

[0147] ここで、このような構成のリアクトル（三相リアクトル）Ｄにおいて、図５２に示されるように、コア部２の、３層空芯コイル１１の空芯部Ｓ１に対応する箇所に、空芯部Ｓ１と略同径の穴Ｈを形成し、この穴Ｈを介してコア部２を貫通する冷却パイプＰＹを設置してもよい。冷却パイプＰＹには、例えば、空気等の気体や水等の液体等の流体が流通される。上述の３層空芯コイル１１の中心部分は、図５１に示される構成ではコア部２の中央にあるため、通電による電流ジュール熱が容易に廃熱されずに籠もってしまうおそれがある。しかしながら、冷却パイプＰＹを設けることによって、冷却パイプＰＹを流通する流体によって電流ジュール熱を外部へ導き、廃熱することが可能となる。なお、冷却パイプＰＹが導電性を有する場合には、単層コイル１１ｕ，１１ｖ，１１ｗと接触し得る冷却パイプＰＹの部位（例えば単層コイル１１ｕ，１１ｖ，１１ｗの巻き始め部分等）に、電気絶縁フィルム等の絶縁部材が用いられる。

[0148] 本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且つ十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および／または改良することは容易に可能であると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するようなものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

[0149] 本出願は２００９年７月１６日出願の日本特許出願（特願２００９－１６７７８９）、２００９年９月１４日出願の日本特許出願（特願２００９－２１１７４２）、２０１０年５月１３日出願の日本特許出願（特願２０１０－１１０７９３）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

符号の説明

[0150] １，６　空芯コイル

２，７　コア部

３，４，８，９　第１，第２コア部材

３ａ，４ａ，８ａ，９ａ　円板部

３ｂ，４ｂ，８ｂ，９ｂ　円筒部

３ｃ，４ｃ　凸部

３ｄ，４ｄ　凹部

２０～２２　コア部材

Ｄ１，Ｄ２　リアクトル

Ｓ１，Ｓ２　空芯部

Ｙ　凹溝

Ｚ　スリット

請求の範囲

[請求項1] 長尺の導体部材を巻回して形成される空芯コイルと、

前記空芯コイルの両方の端部及び外周部を覆うコア部と、を備え、

前記空芯コイルの軸方向における前記長尺の導体部材の長さWに対する、前記空芯コイルの径方向における前記長尺の導体部材の長さｔの比ｔ／Wは、１以下であり、

前記空芯コイルの一方の端部に対向する前記コア部の一方面と、前記空芯コイルの他方の端部に対向する前記コア部の他方面とは、少なくともコイル端部を覆う領域において平行であり、

前記コア部の前記一方の面に対し、前記空芯コイルを形成する前記長尺の導体部材の周方向面が垂直であり、

前記空芯コイルの軸方向における前記長尺の導体部材の長さWに対する、前記空芯コイルの中心から外周までの半径Ｒとの比Ｒ／Wは、２～４であることを特徴とするリアクトル。

[請求項2] 前記コア部の上面および底面の、前記空芯コイルの空芯部に面する部位には、前記空芯コイルへと突出する突起部が形成され、前記突起部は、前記空芯コイルの空芯部の半径をｒ、突起部のコイル端部に対向するコア面からの高さをａ、突起部底面の半径をＡとしたとき、

０＜ａ≦W／３、且つ、ｒ＞$\sqrt{（A^2+（W／２）^2）}$

を満足するように形成されていることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

[請求項3] 前記比ｔ／Wは、１／１０以下であることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

[請求項4] 前記長さｔは、前記リアクトルの駆動周波数に対する表皮厚み以下であることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

[請求項5] 前記空芯コイルの内周端における、前記コア部一方面と前記コア部他方面との間隔Ｌ１と、前記空芯コイルの外周端における、前記コア部一方面と前記コア部他方面との間隔Ｌ２との差（Ｌ１－Ｌ２）を、

平均間隔Ｌ３で除算することにより算出される平行度（（Ｌ１－Ｌ２）／Ｌ３）の絶対値が、１／５０以下であることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

[請求項6] 前記長尺の導体部材は、導体層と絶縁層とをその厚み方向に積層することにより形成されており、

隣り合う前記導体層同士は、前記コア部の外部において、前記長尺の導体部材の長手方向における端部で絶縁層を挟むことなく接合されることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

[請求項7] 各導体層自体が、または各導体層からそれぞれ別々に口出しされたリード線が、前記コア部の外部に設けられたインダクタコアに互いに逆相になる様に経由されてから接合されることを特徴とする請求項６に記載のリアクトル。

[請求項8] 前記空芯コイルは、絶縁材料で絶縁被覆された前記長尺の導体部材を巻回して形成される単層コイルを用いることによって、厚み方向に３個の前記単層コイルを積層して形成され、

３個の前記単層コイルのそれぞれの巻き始めは、電流線路の第１端子として互いから独立しているとともに、３個の前記単層コイルのそれぞれの巻き終わりは、電流線路の第２端子として互いから独立していることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

[請求項9] 前記空芯コイルの一方端部とこの一方端部に対向するコア部一方面との間、および前記空芯コイルの他方端部とこの他方端部に対向するコア部他方面との間に少なくとも配置される絶縁部材をさらに備えることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

[請求項10] 前記コア部は、複数のコア部材を備え、

前記コア部を取り付ける取り付け部材に前記コア部を固定する固定部材と、

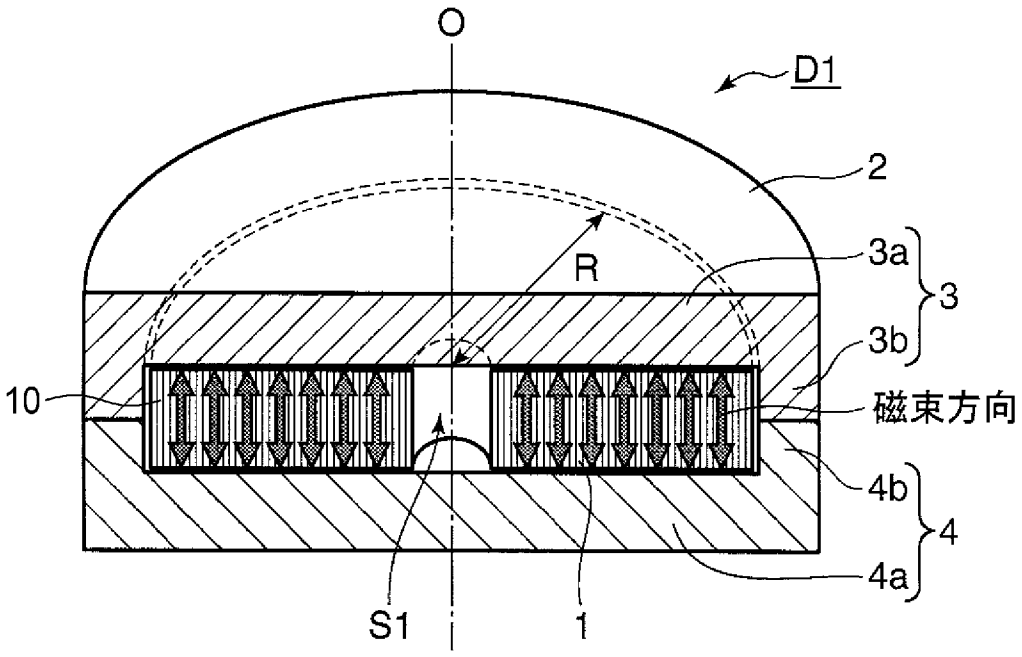
前記複数のコア部材により前記コア部を形成するために、前記複数のコア部材を締結する締結部材と、をさらに備え、

前記コア部における前記固定部材の第１配設位置と前記締結部材の第２配設位置とは、互いに異なることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

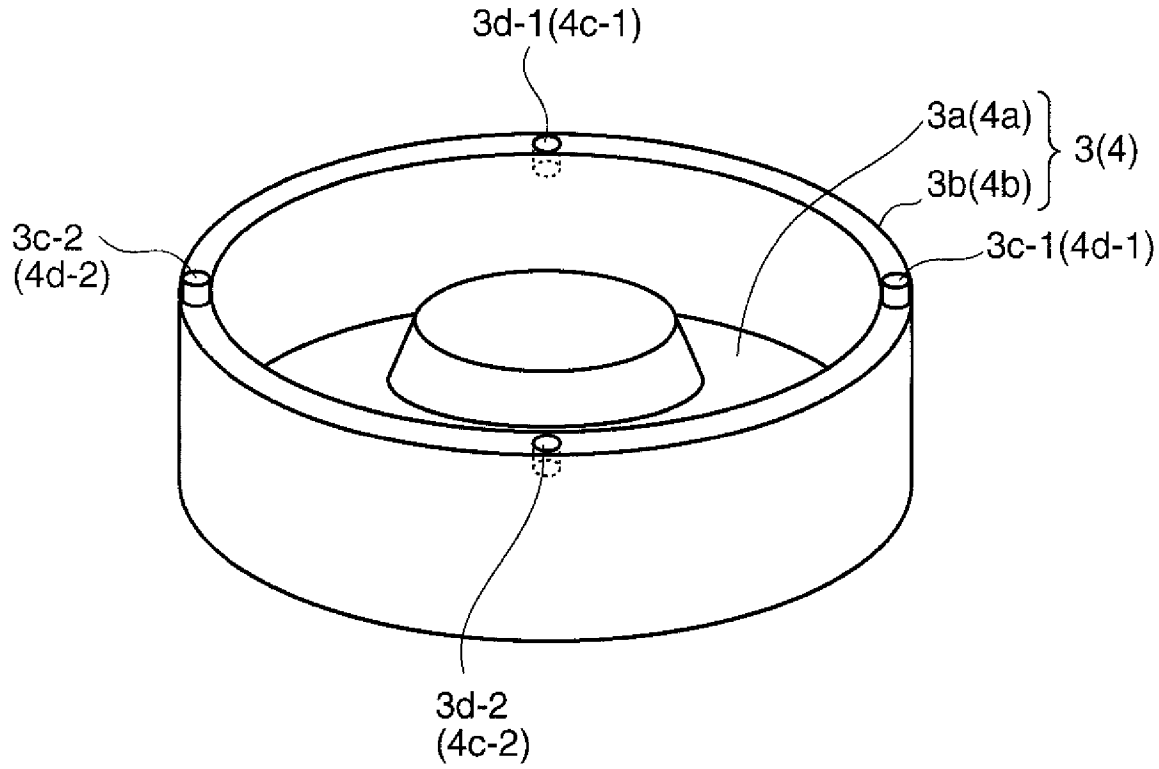
[請求項11] 前記コア部は、磁気的に等方性を有すると共に、軟磁性体粉末を成形することにより形成されることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

[請求項12] 前記コア部は、磁気的に等方性を有するフェライトコアであることを特徴とする請求項１に記載のリアクトル。

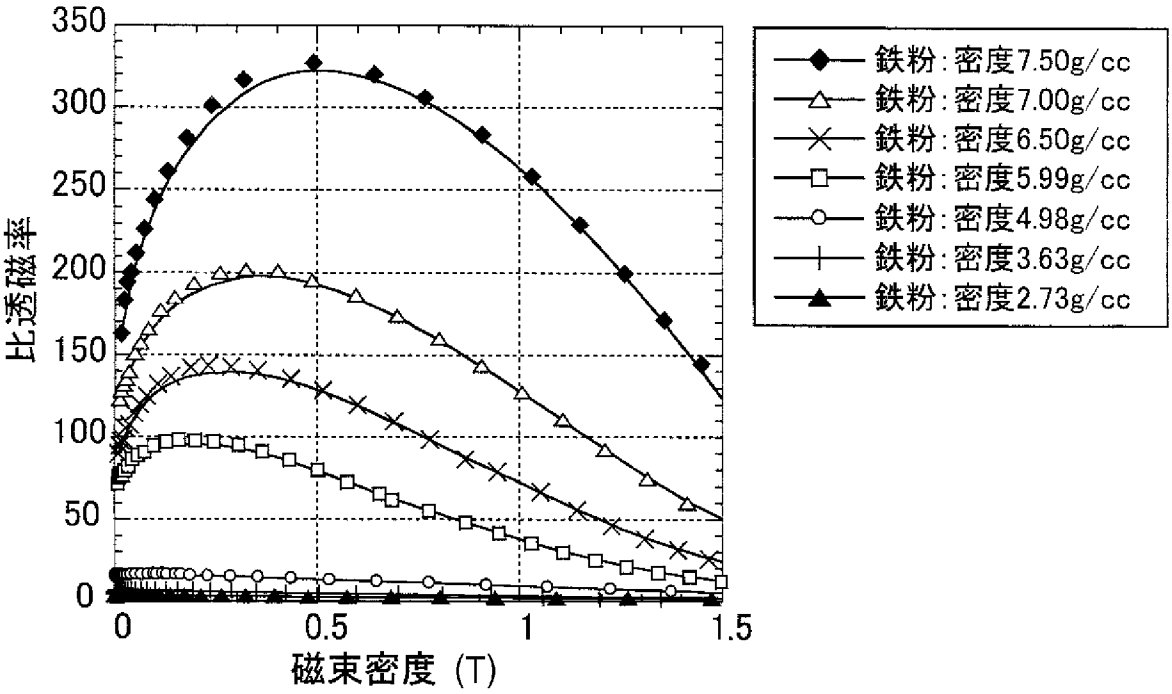
[図1]


O
D1
2
R
3a
3
3b
10
磁束方向
4b
4
4a
S1
1

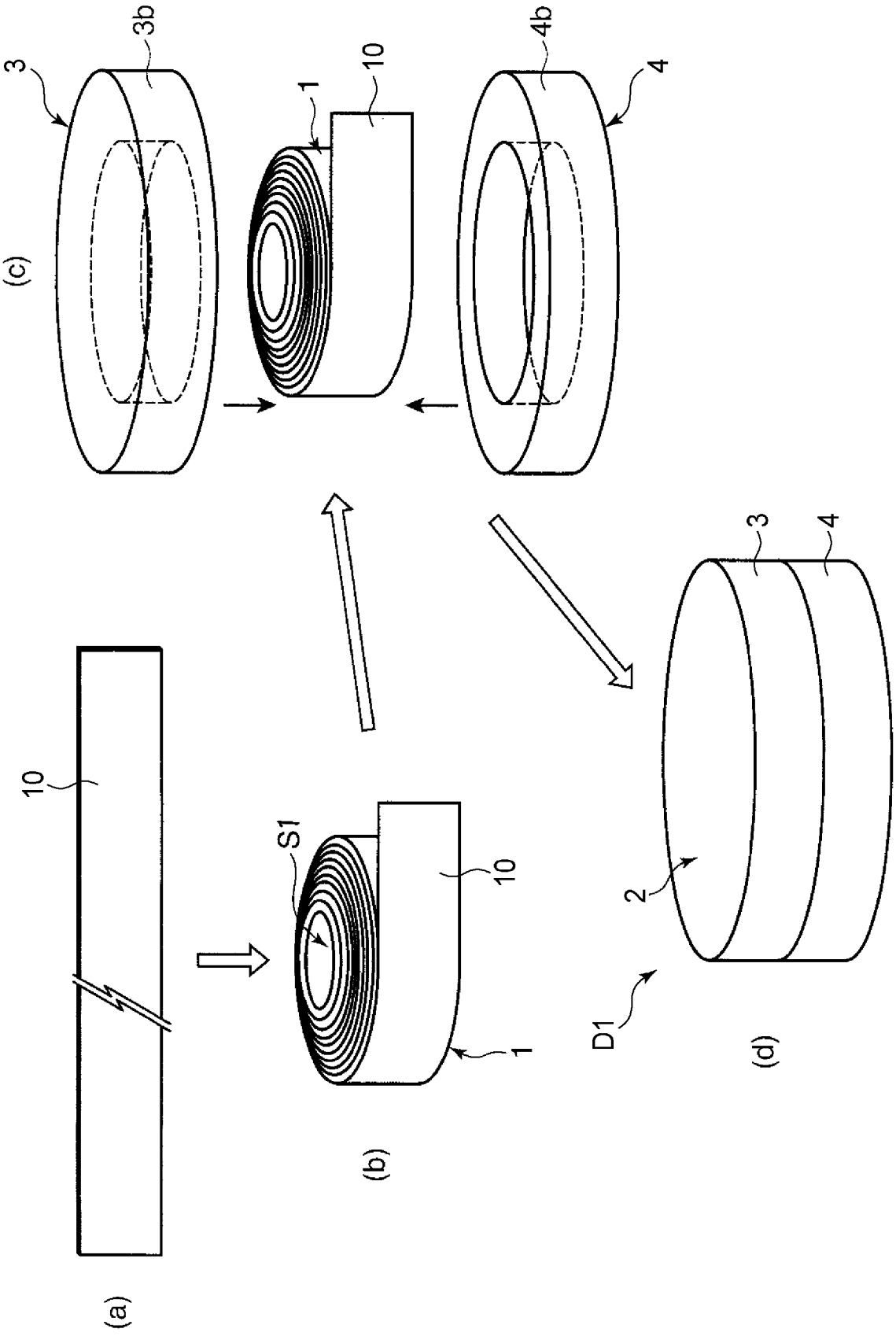
[図2]


3d-1(4c-1)
3a(4a)
3(4)
3b(4b)
3c-2
(4d-2)
3c-1(4d-1)
3d-2
(4c-2)

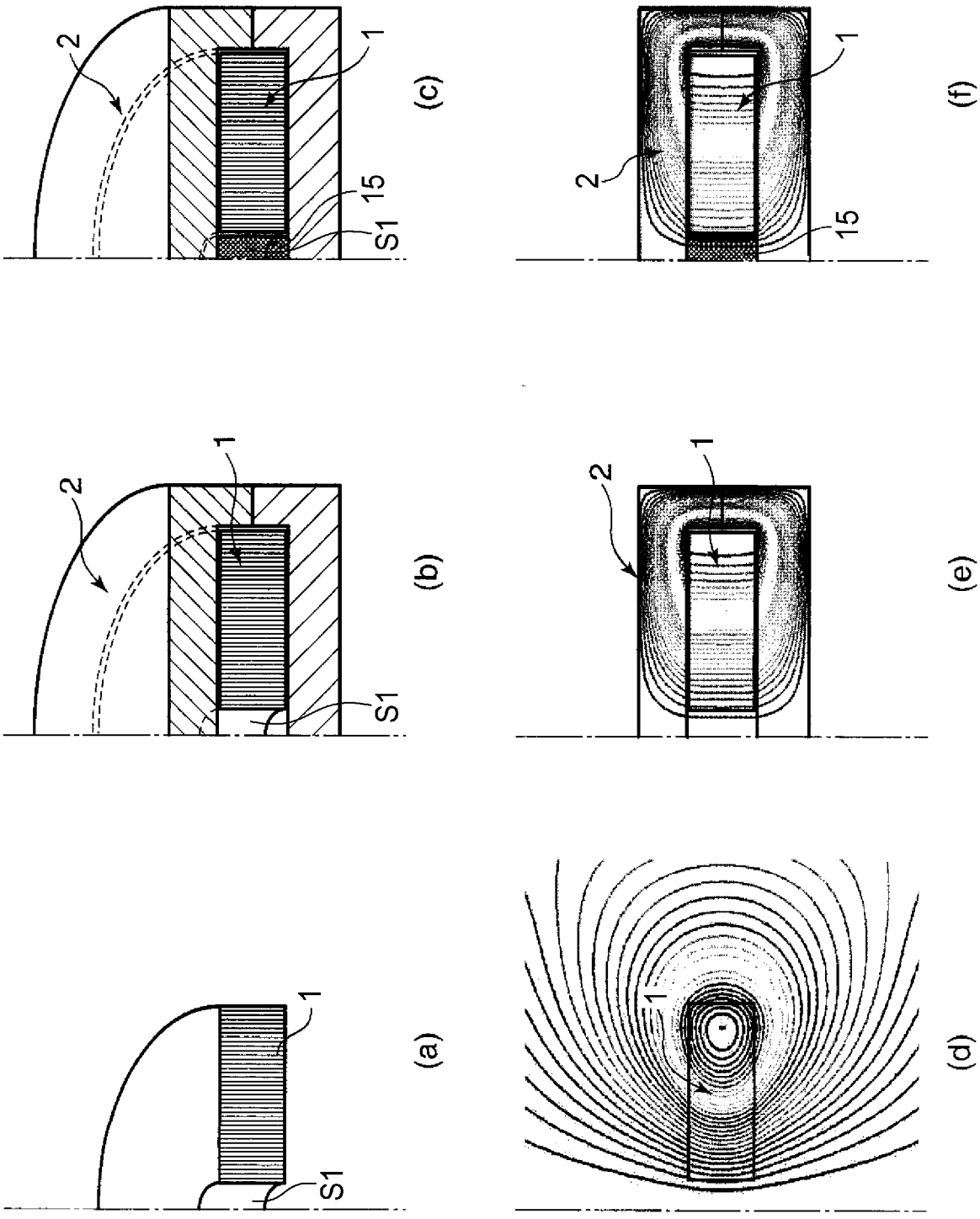
[図3]


350
300
250
200
150
100
50
0
0
0.5
1
1.5
比透磁率
磁束密度 (T)
鉄粉:密度7.50g/cc
鉄粉:密度7.00g/cc
鉄粉:密度6.50g/cc
鉄粉:密度5.99g/cc
鉄粉:密度4.98g/cc
鉄粉:密度3.63g/cc
鉄粉:密度2.73g/cc

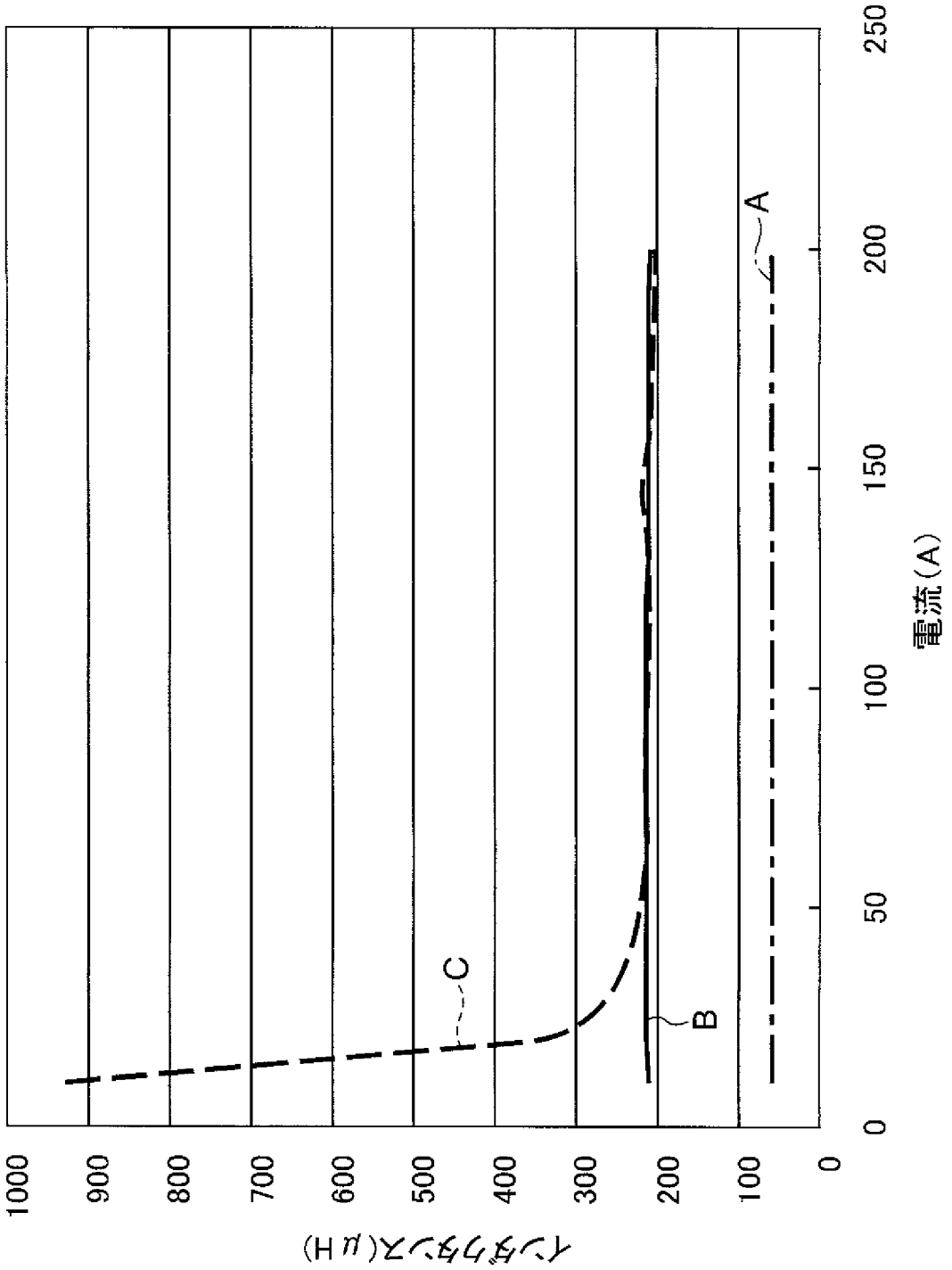
[図4]



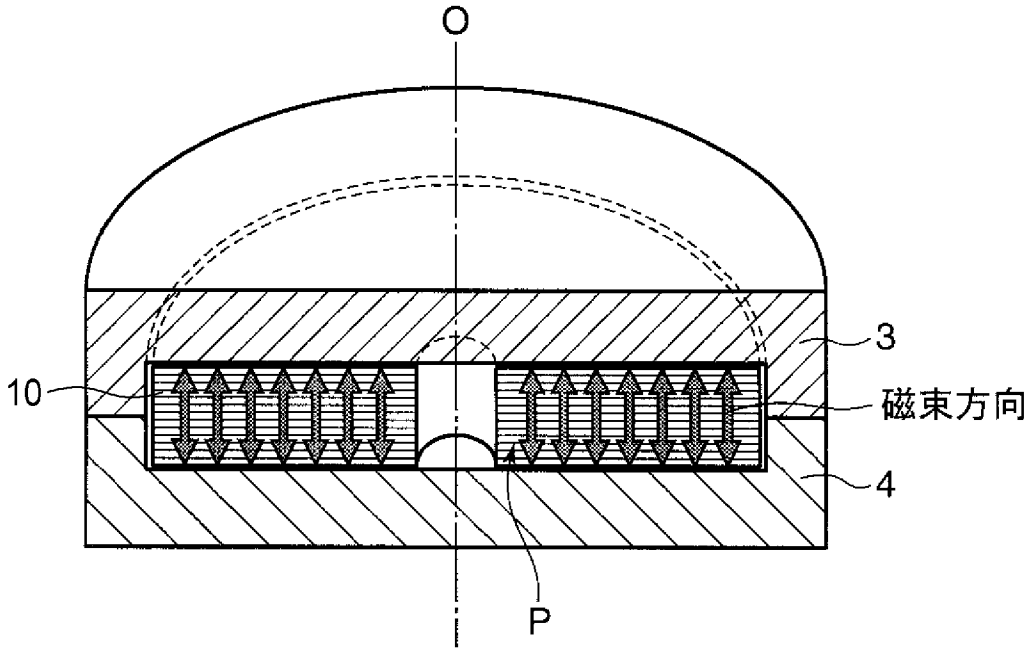
[図5]



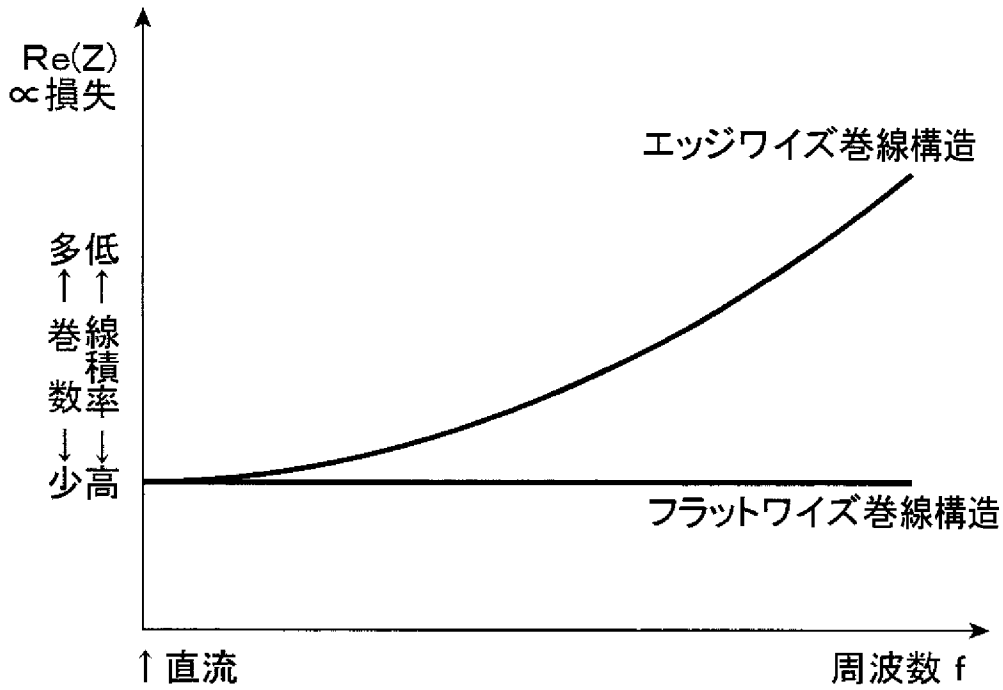
[図6]


インダクタンス(μH)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
電流(A)
0
50
100
150
200
250
A
B
C

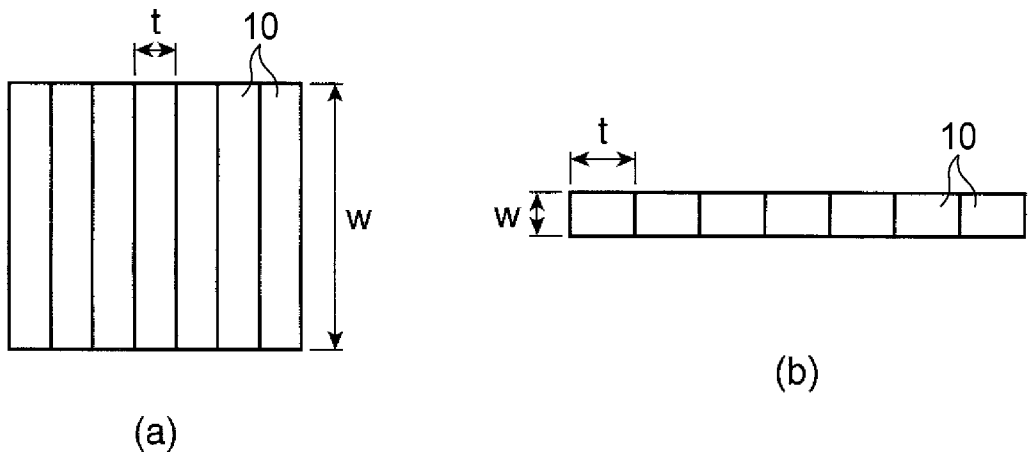
[図7]


O
3
10
磁束方向
4
P

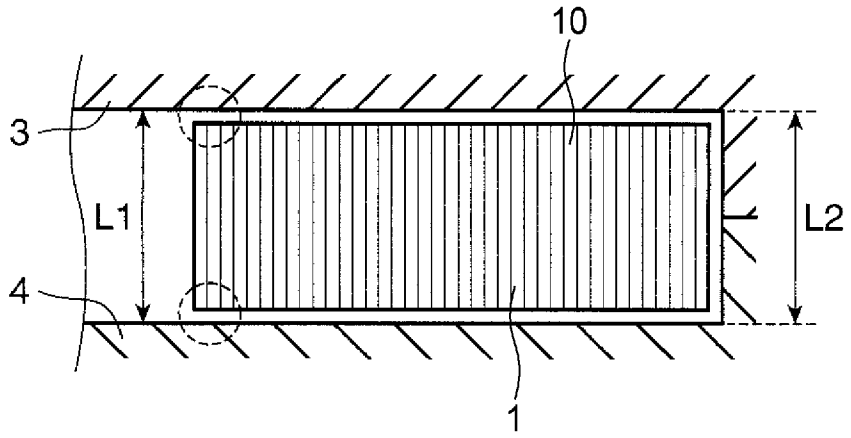
[図8]


Re(Z)
∝損失
エッジワイズ巻線構造
多
↑
巻数
↓
少
低
↑
線積率
↓
高
フラットワイズ巻線構造
↑直流
周波数 f

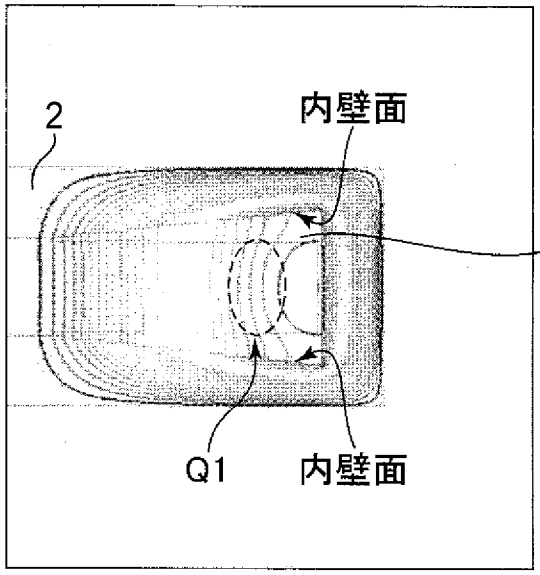
[図9]



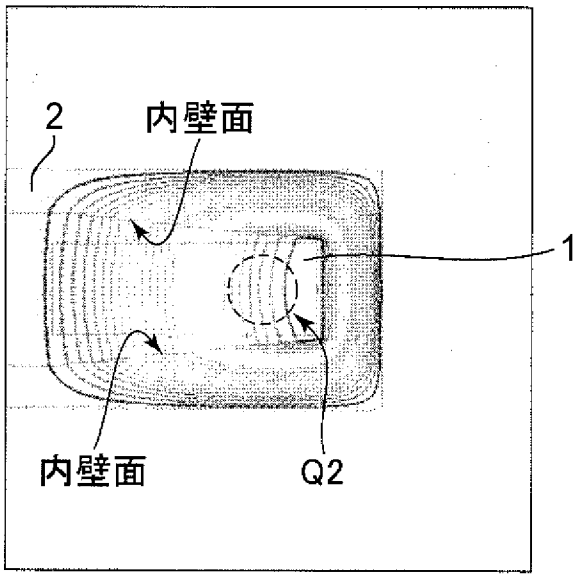
[図10]



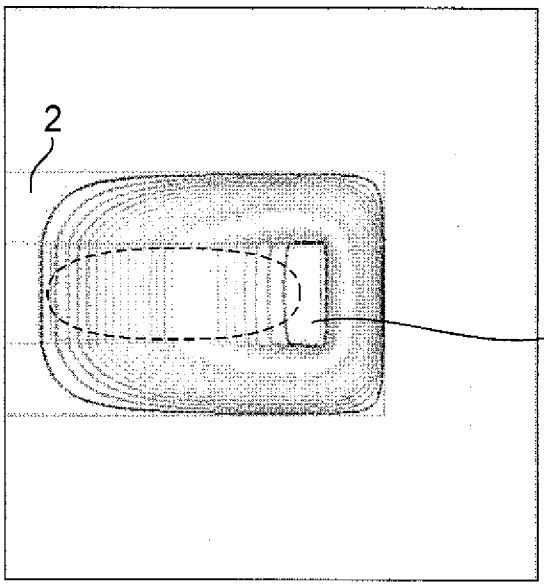
[図11]



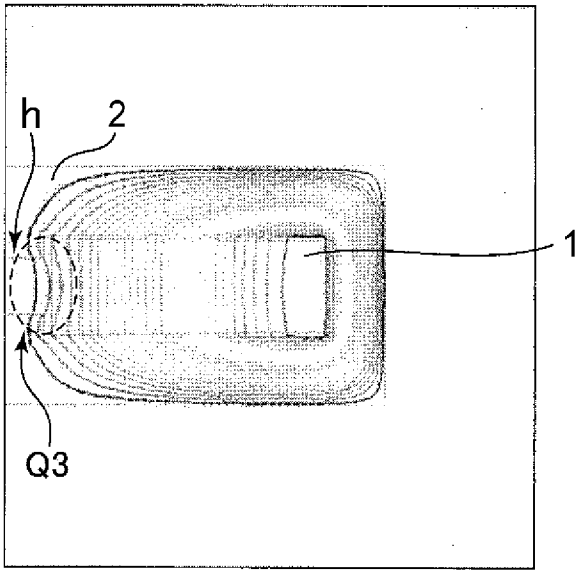
[図12]



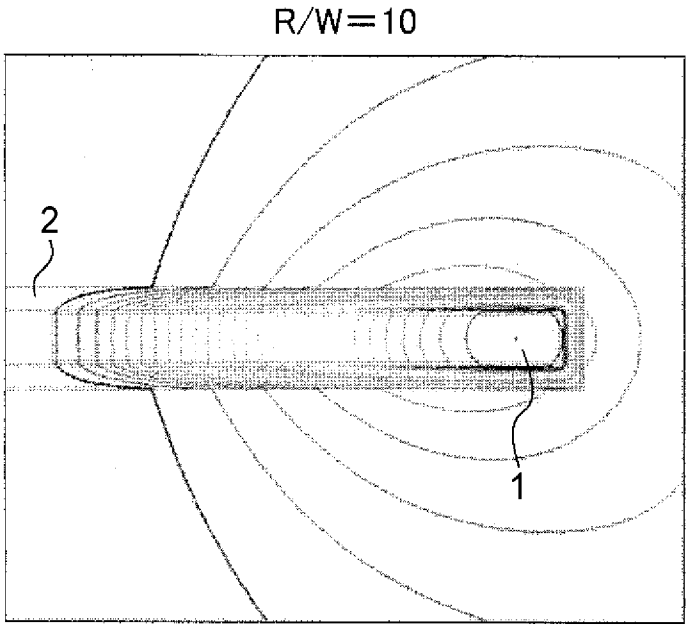
[図13]



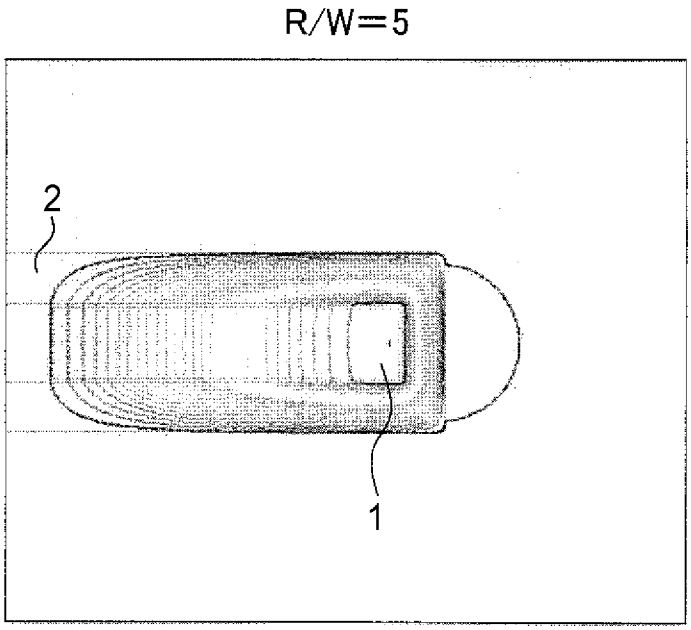
[図14]



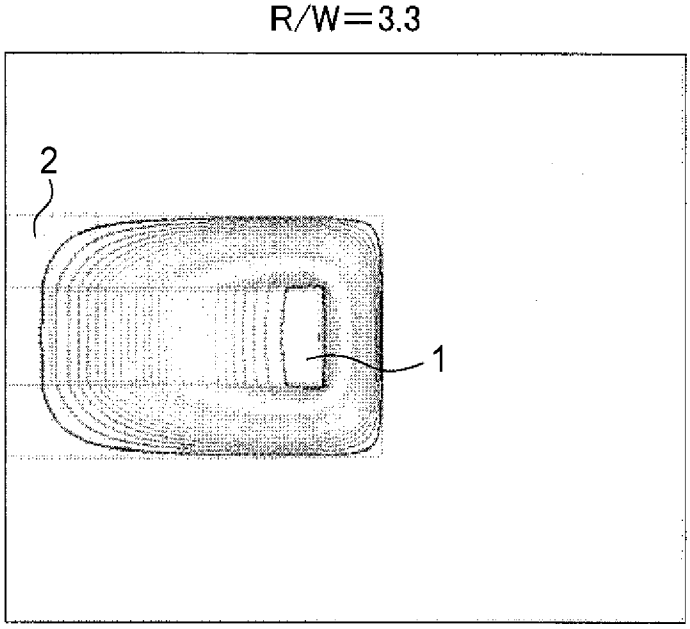
[図15]



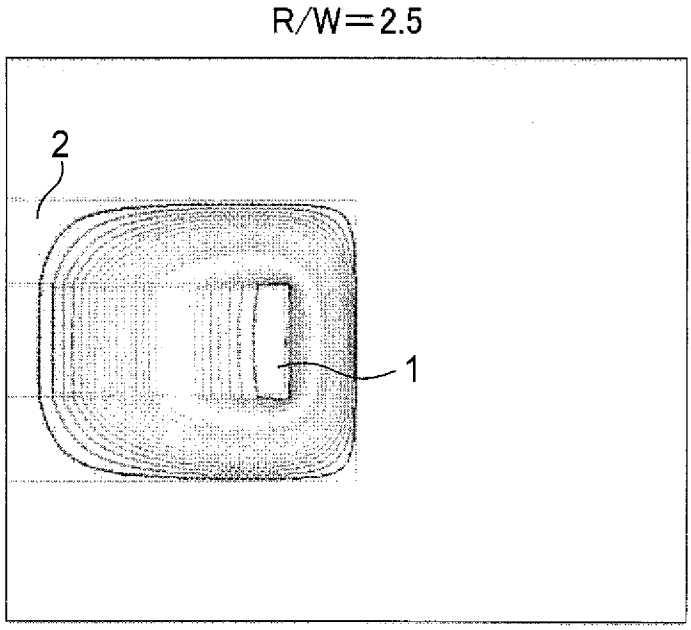
[図16]



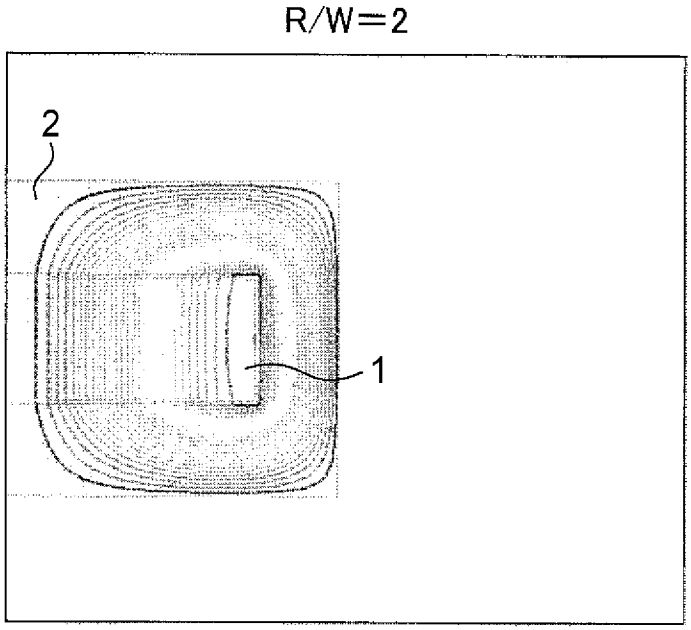
[図17]



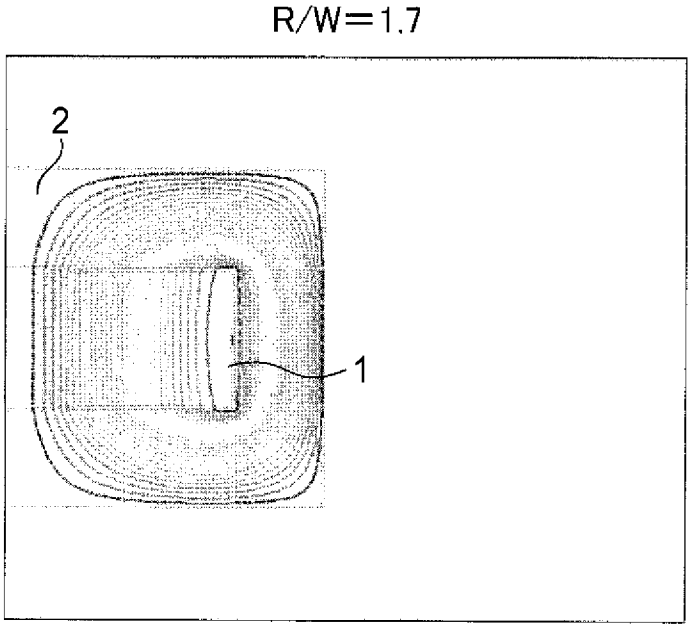
[図18]



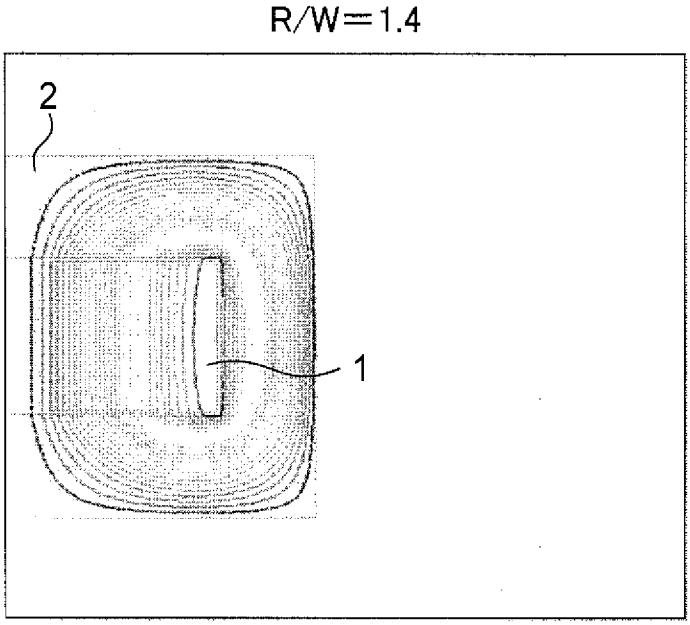
[図19]



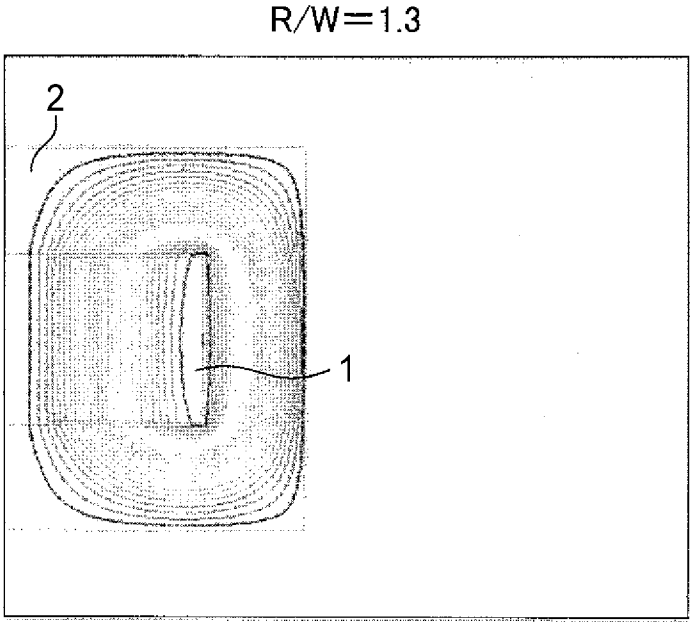
[図20]



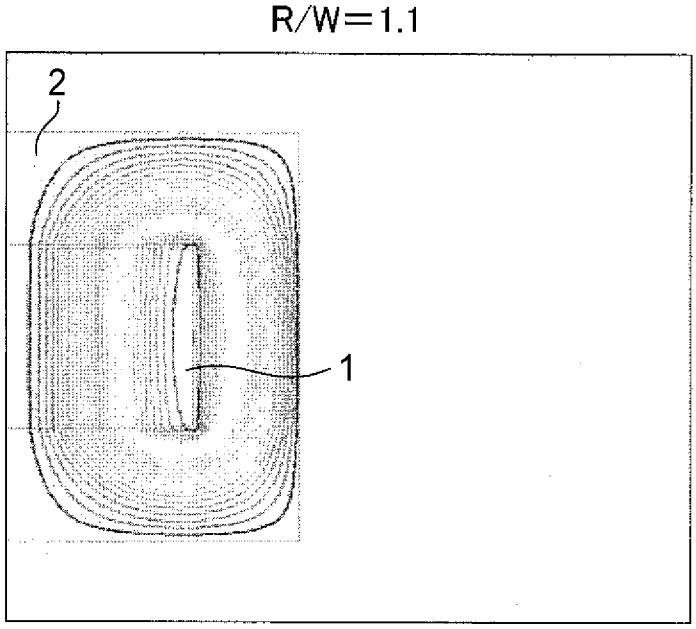
[図21]



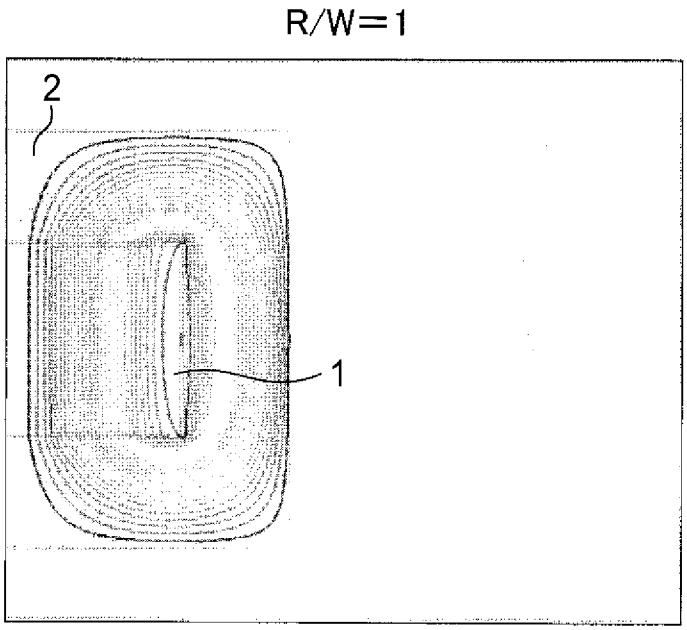
[図22]



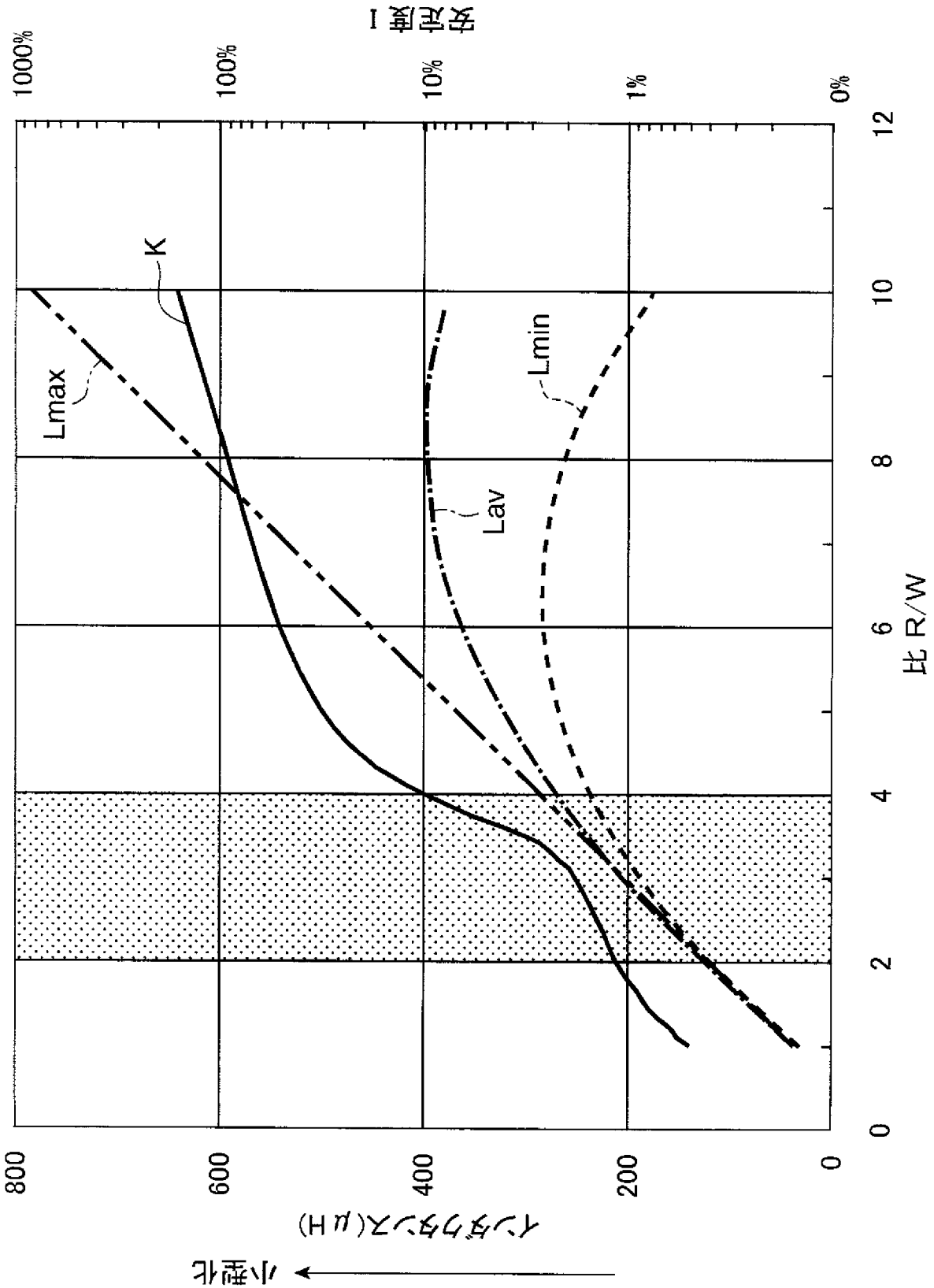
[図23]



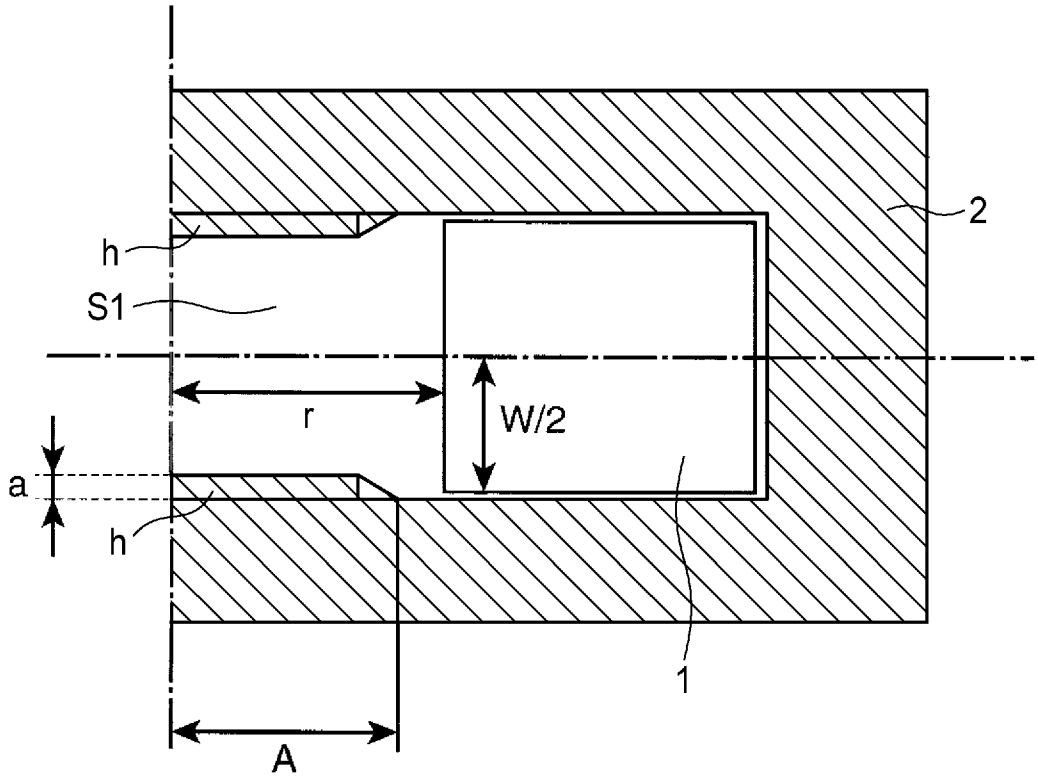
[図24]



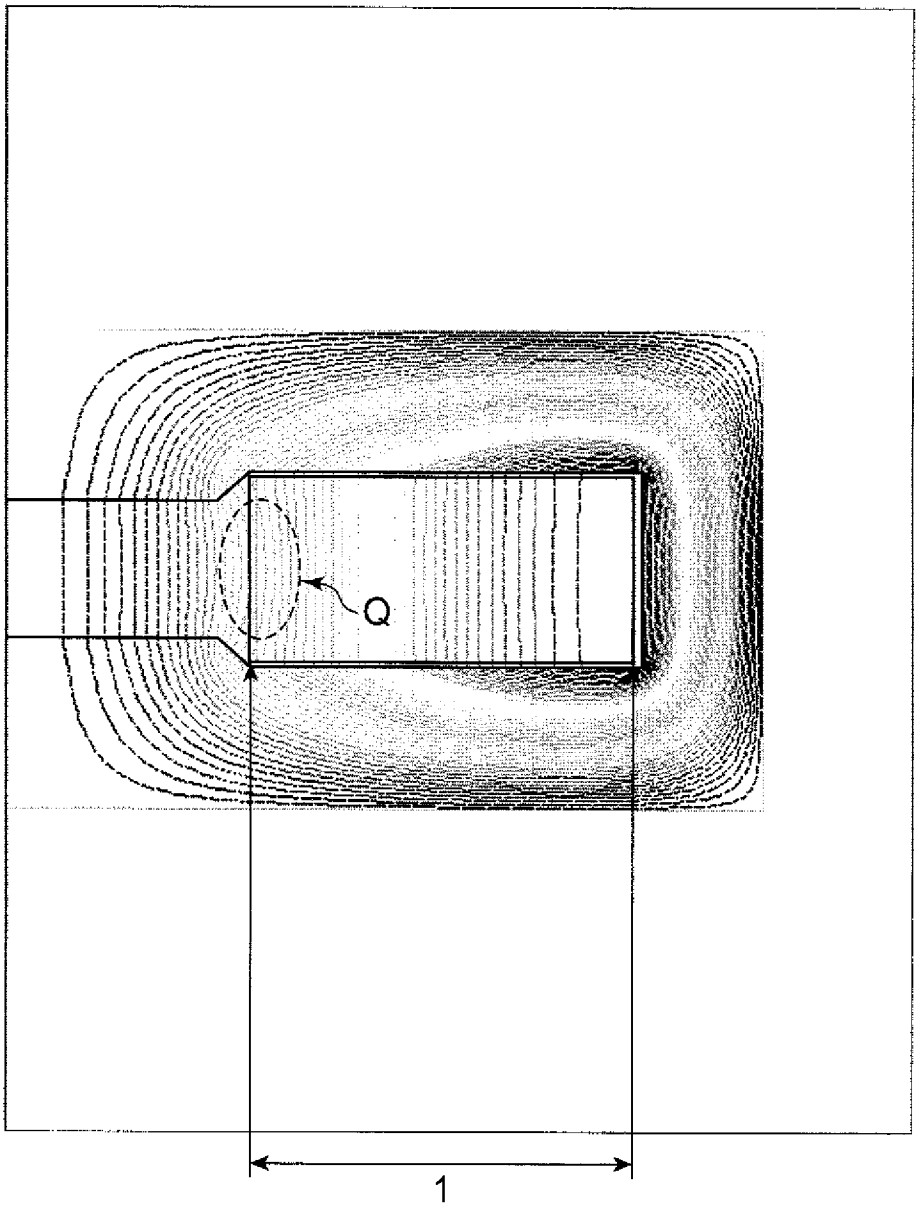
[図25]


安定度 I
1000%
100%
10%
1%
0%
K
Lmax
Lmin
Lav
0
2
4
6
8
10
12
比 R/W
800
600
400
200
0
インダクタンス(μH)
小型化

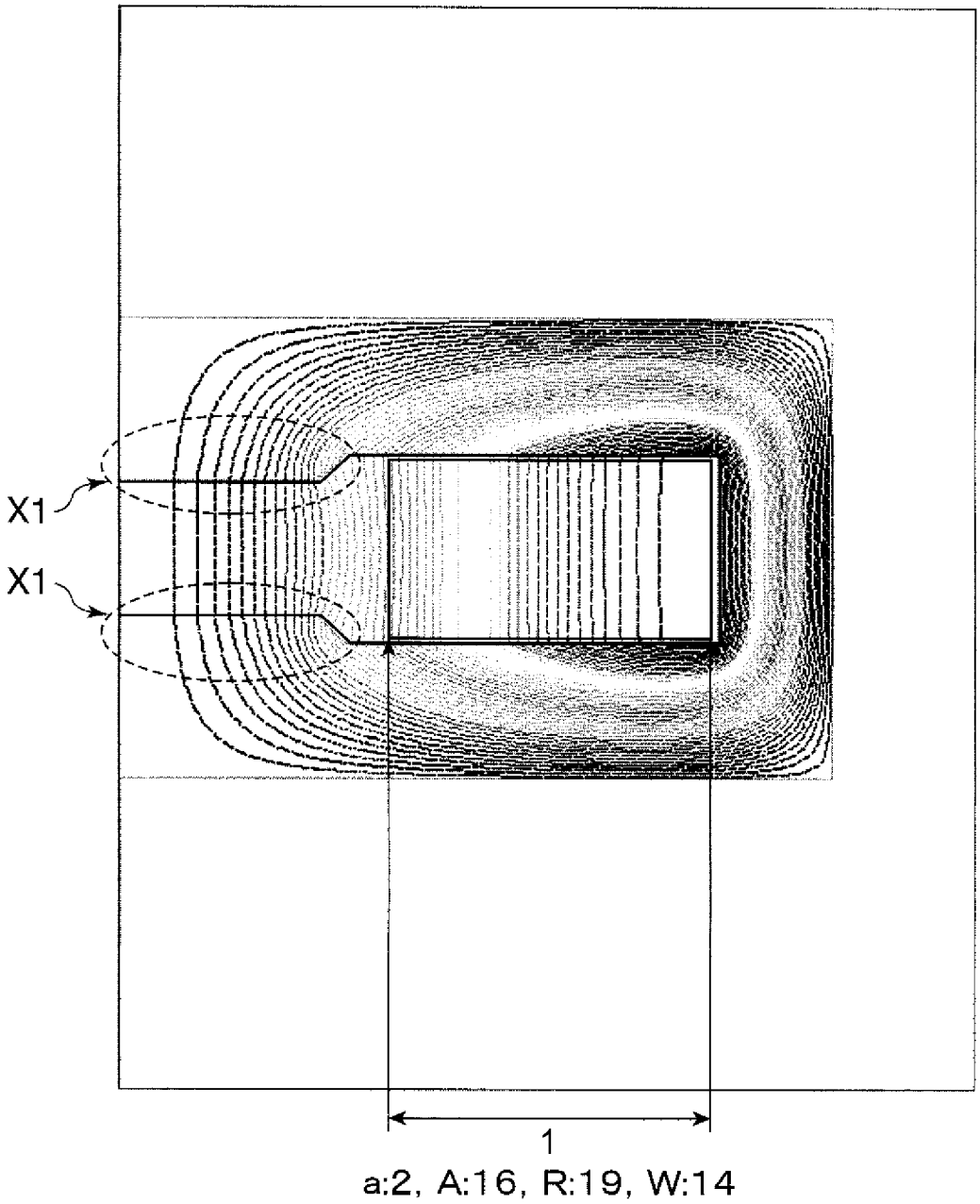
[図26]



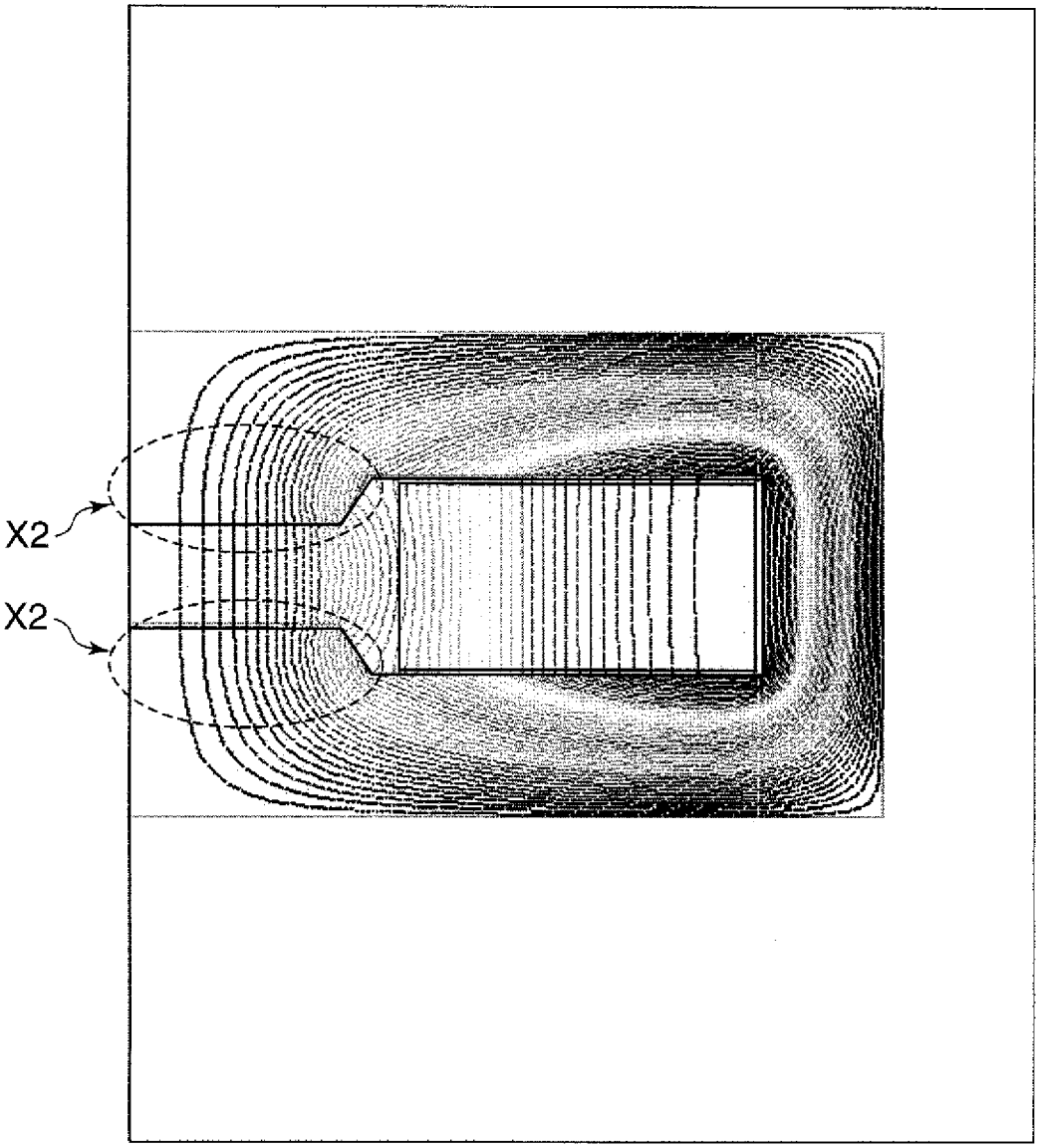
[図27]



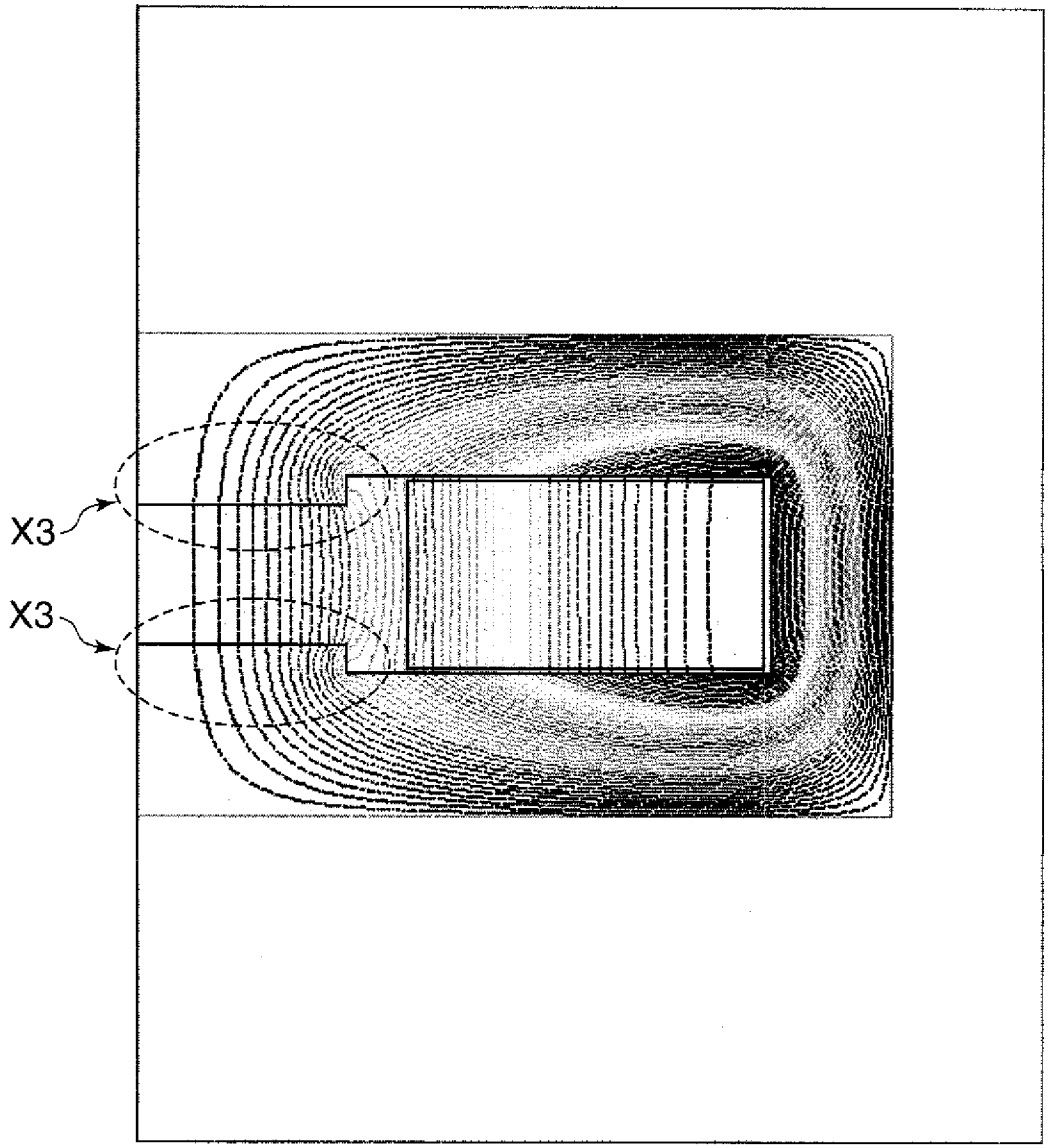
[図28]



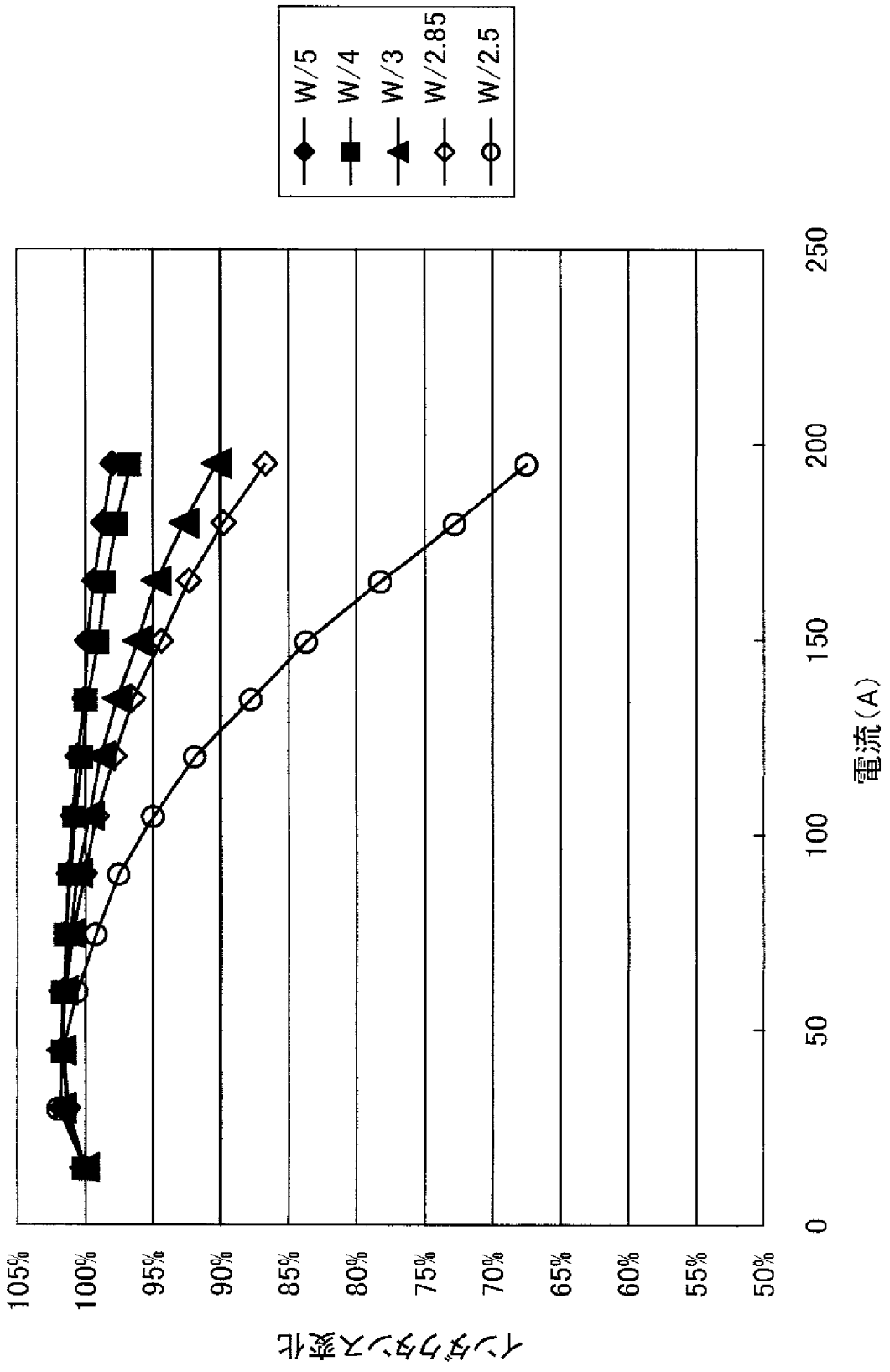
[図29]



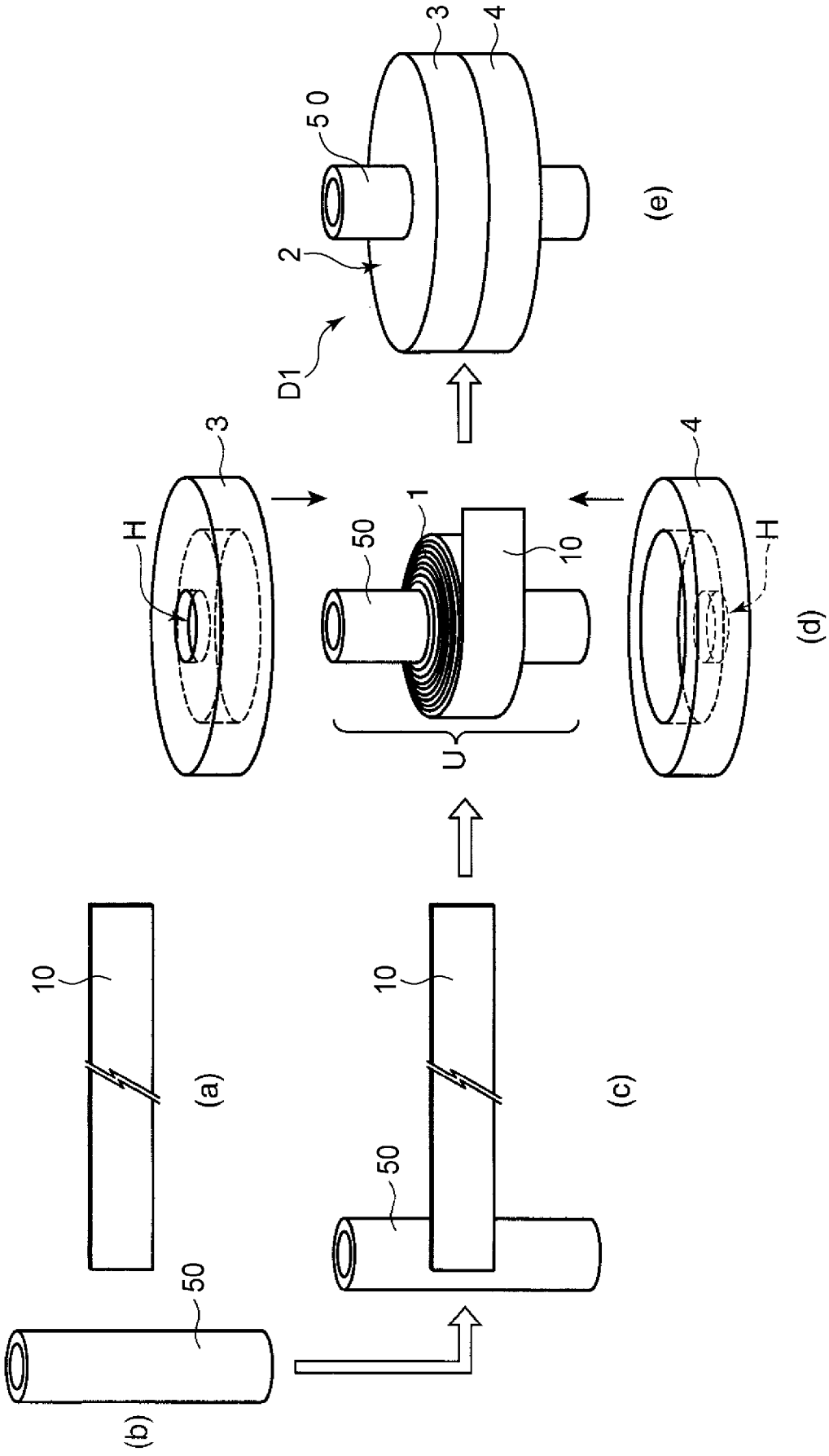
[図30]



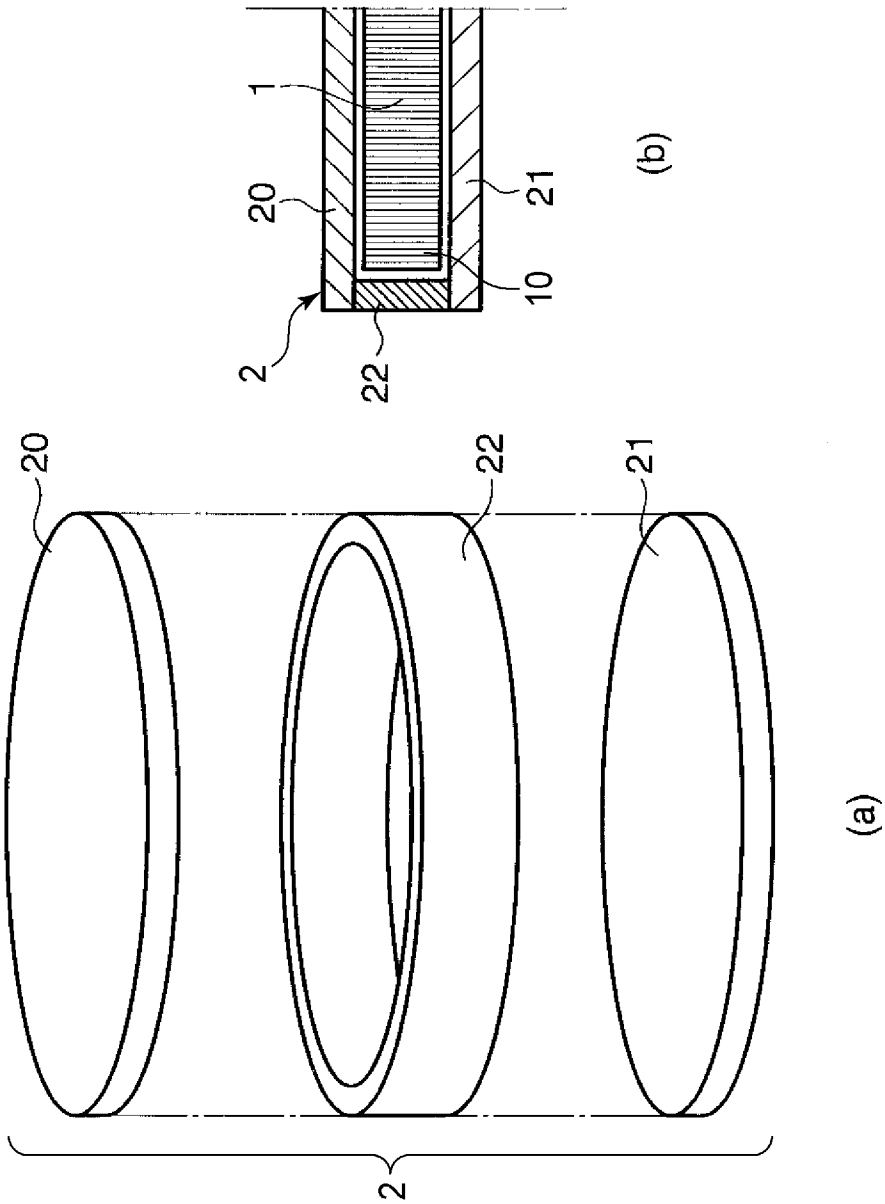
[図31]


W/5
W/4
W/3
W/2.85
W/2.5
105%
100%
95%
90%
85%
80%
75%
70%
65%
60%
55%
50%
0
50
100
150
200
250
電流(A)

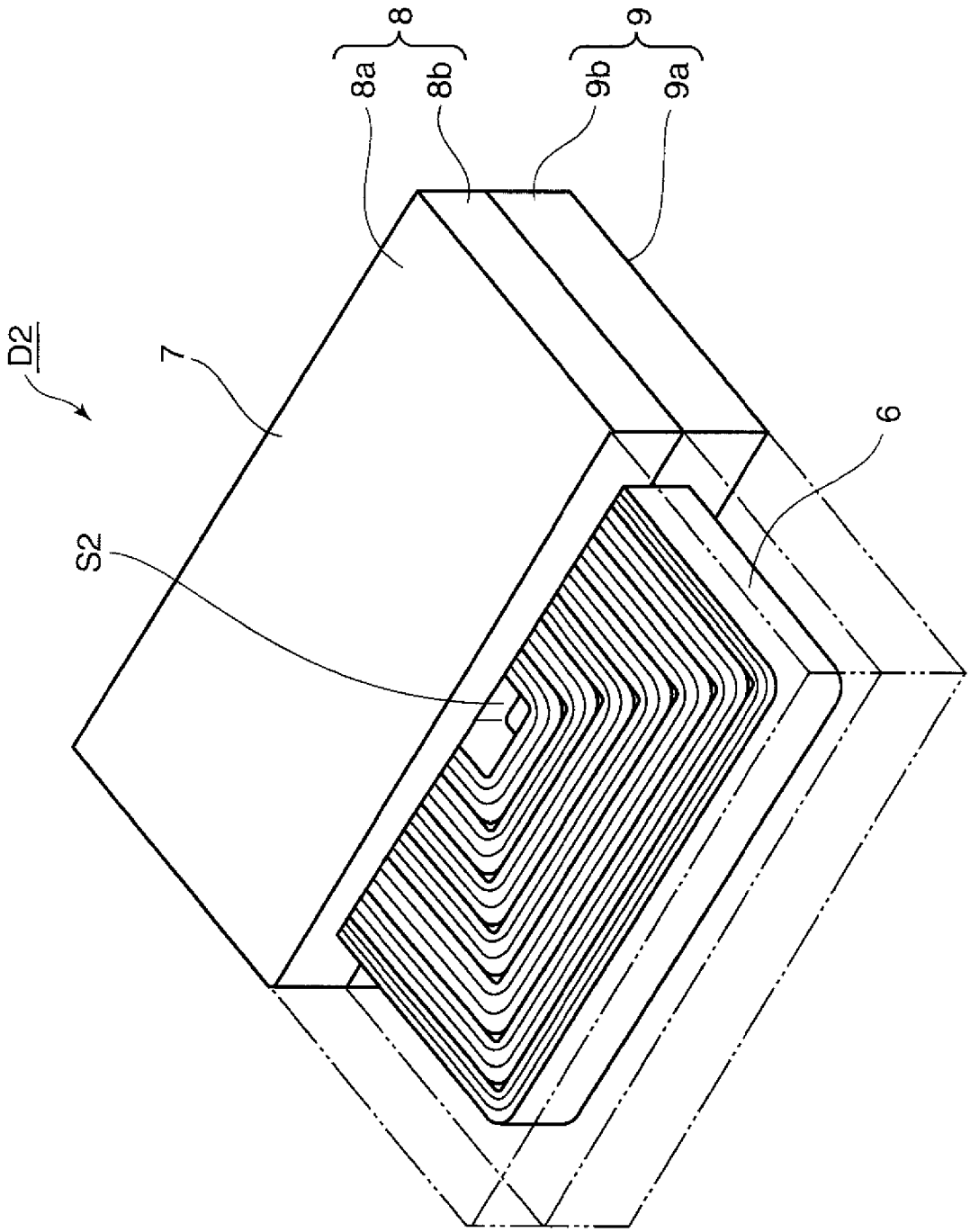
[図32]



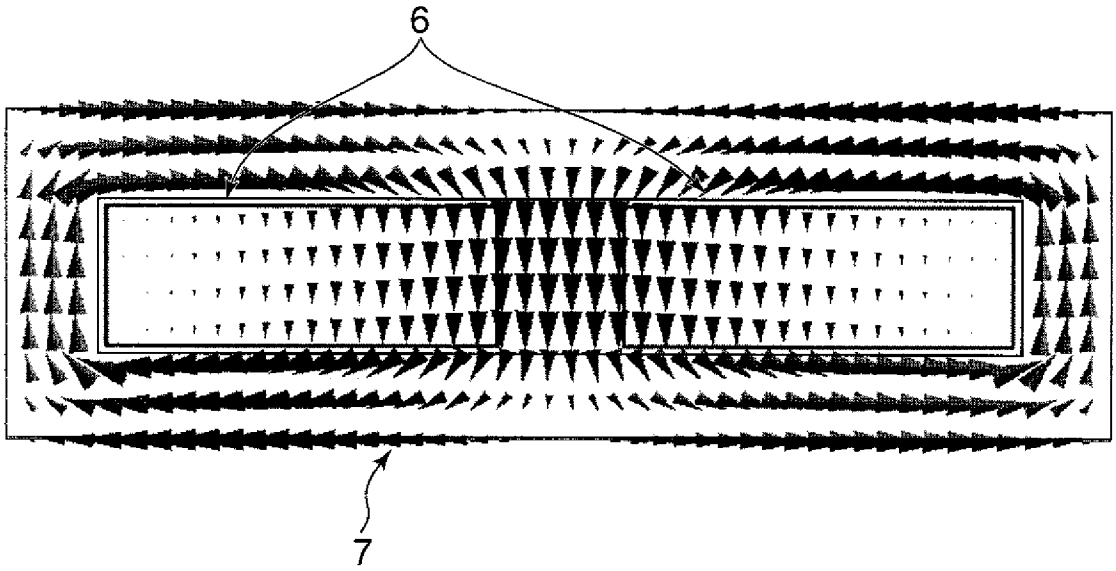
[図33]



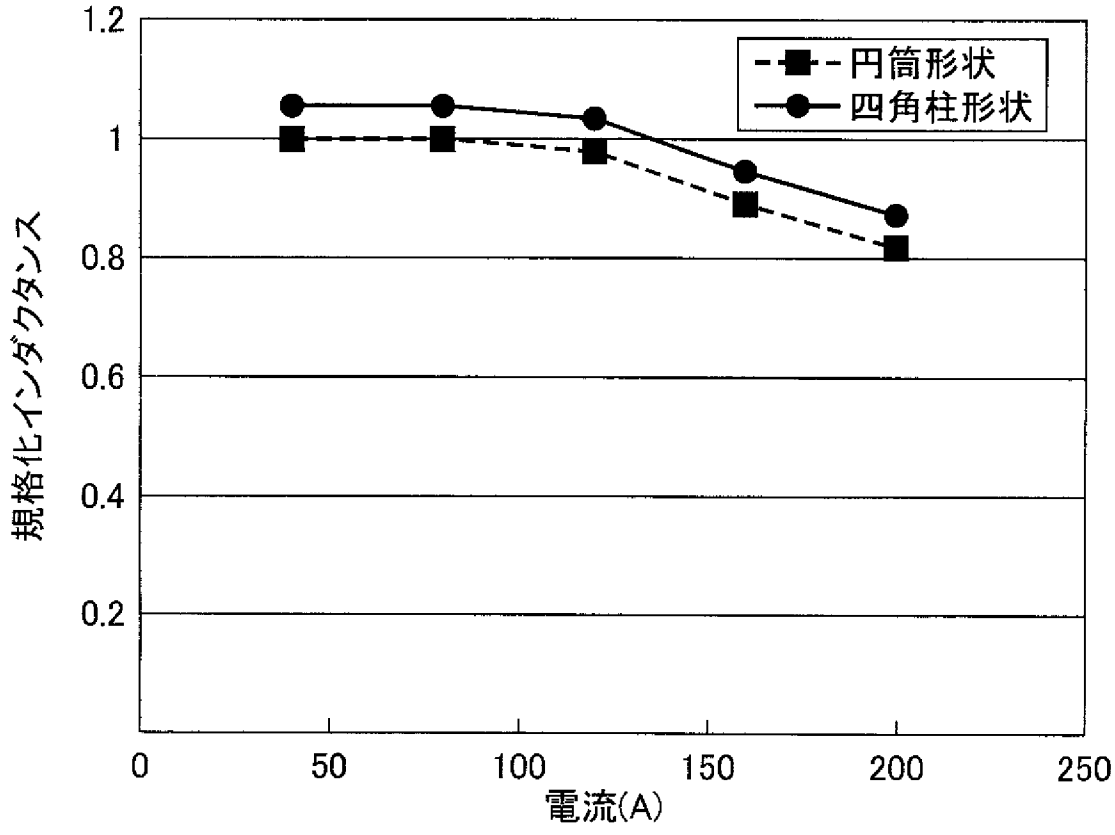
[図34]



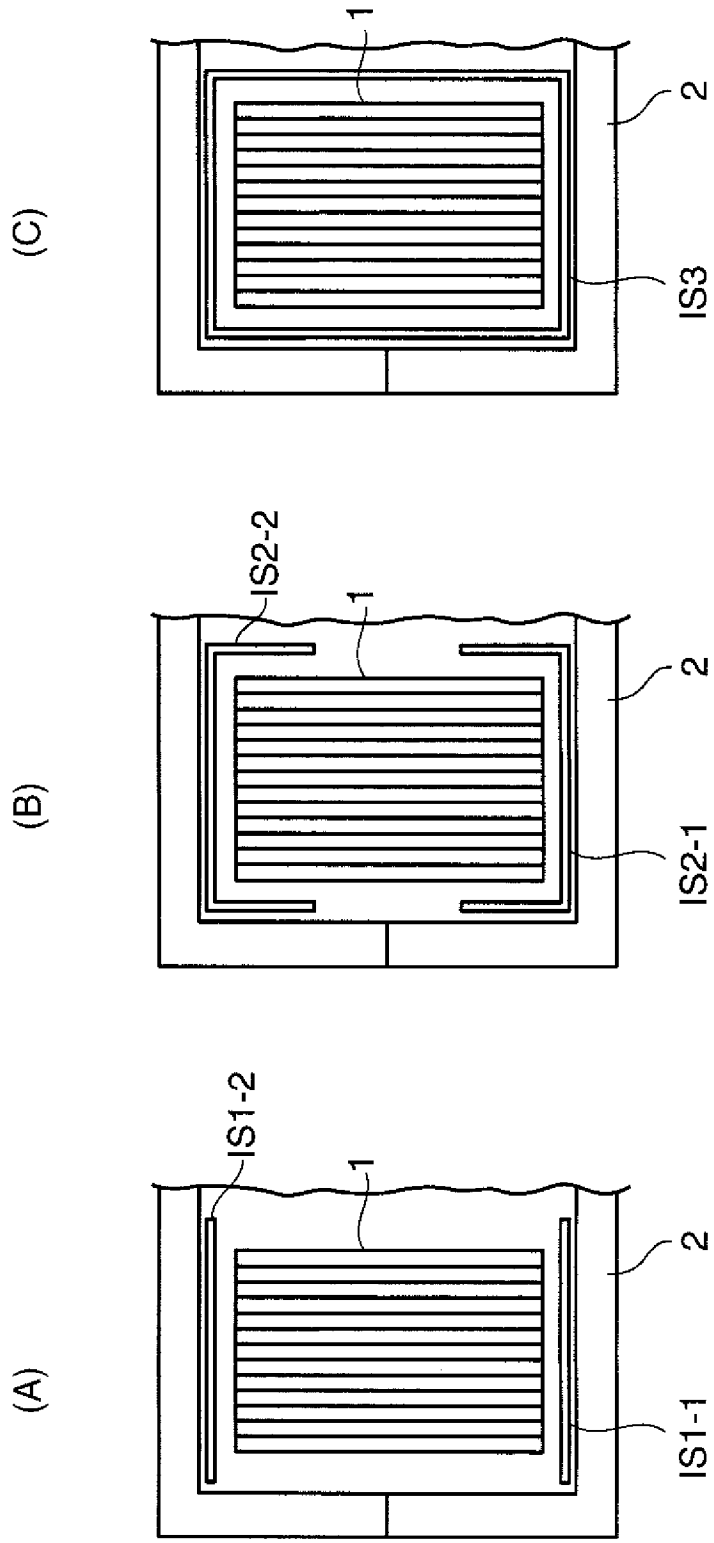
[図35]


6
7

[図36]


1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
規格化インダクタンス
円筒形状
四角柱形状
0
50
100
150
200
250
電流(A)

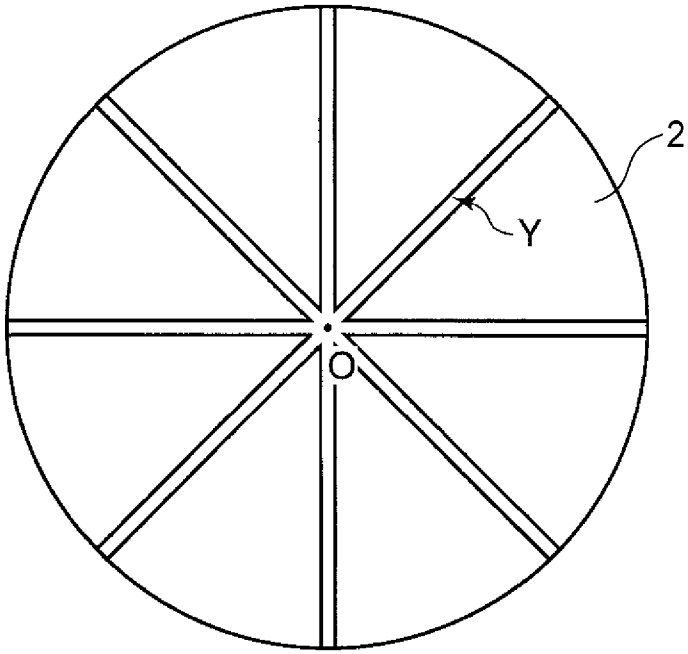
[図37]



[図38]

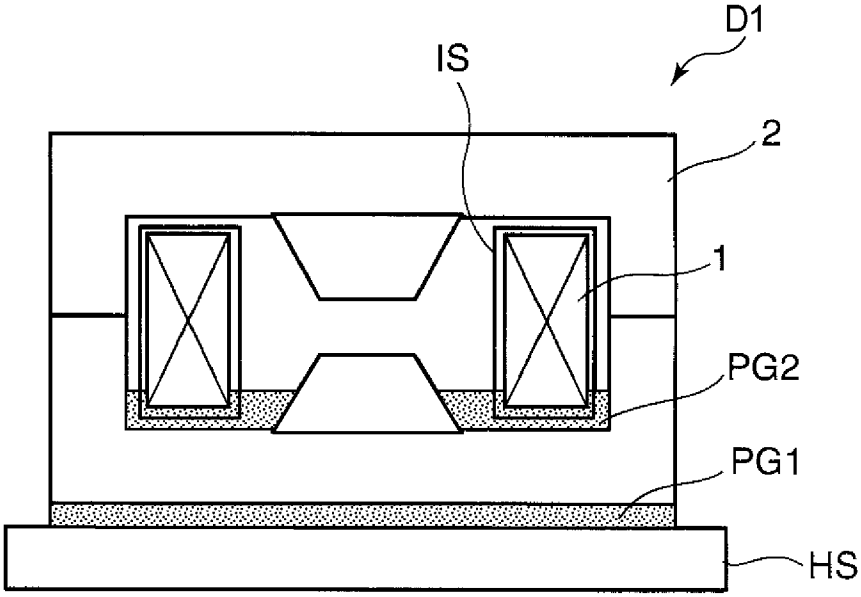
	厚さ(μm)	絶縁耐圧(2.0kV)
カプトンシート(ポリイミド)	25	×
	50	×
	250	○
PENシート	75	×
	125	○
PPS	100	○
ノーメックス	100	○

[図39]

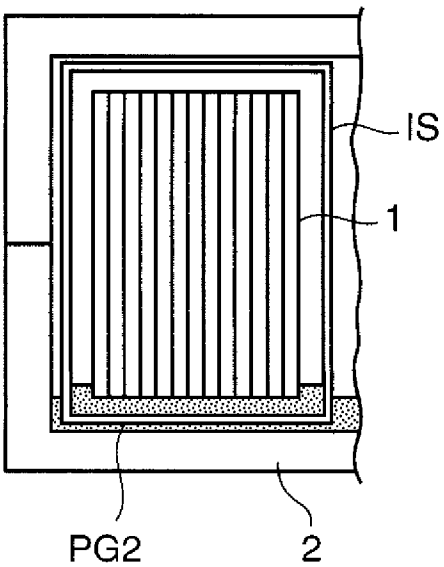


[図40]

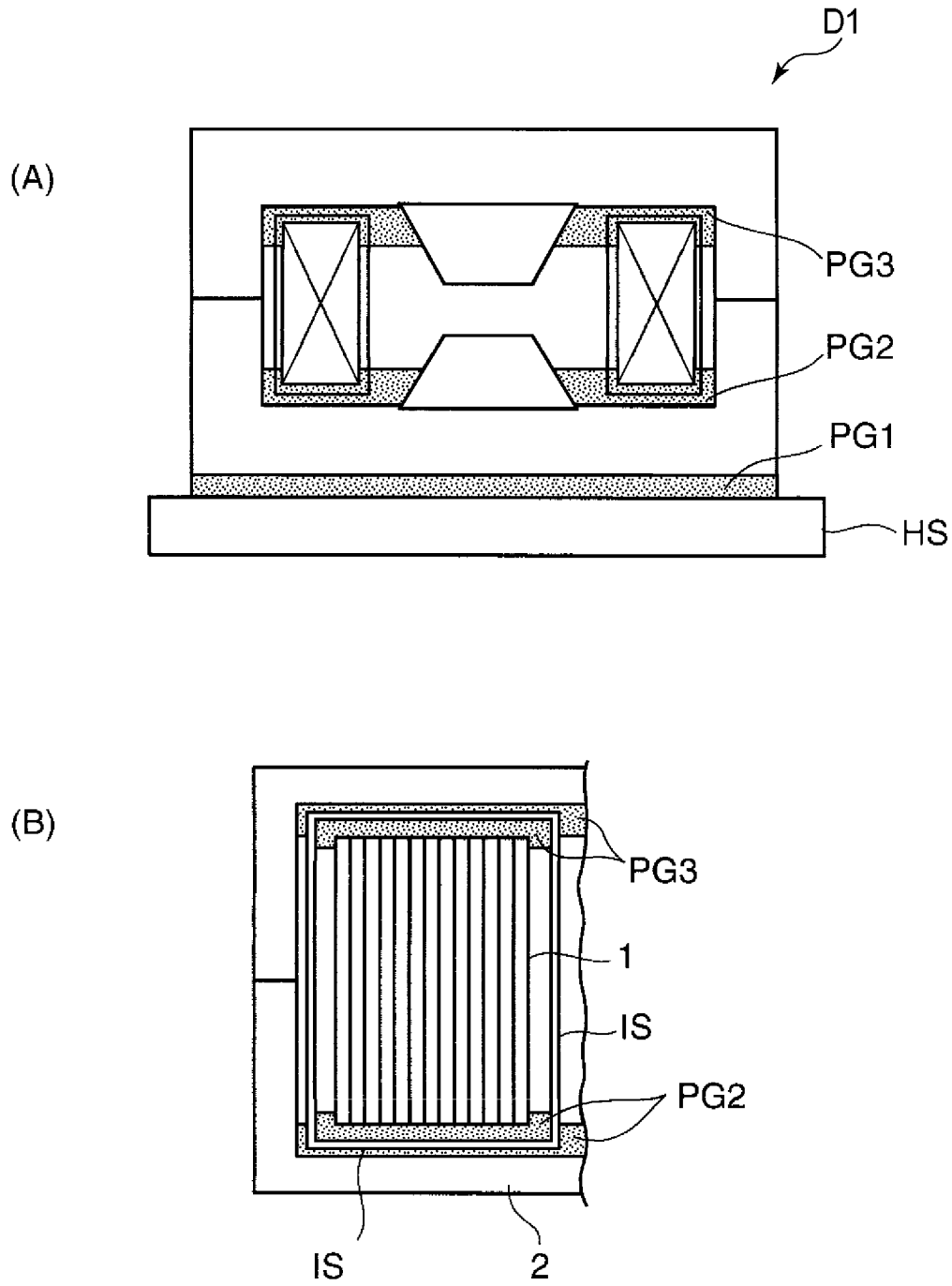
(A)



(B)

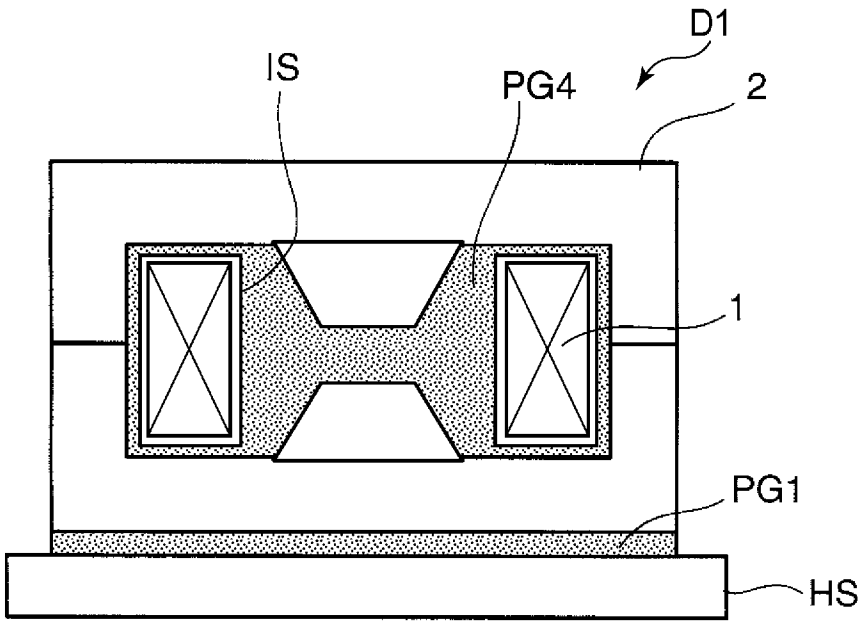


[図41]

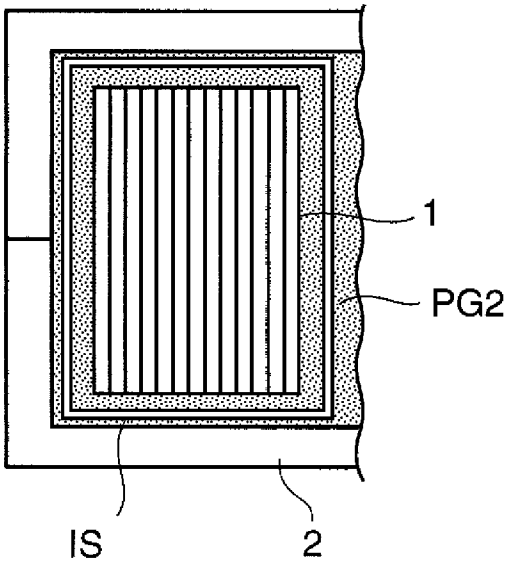


[図42]

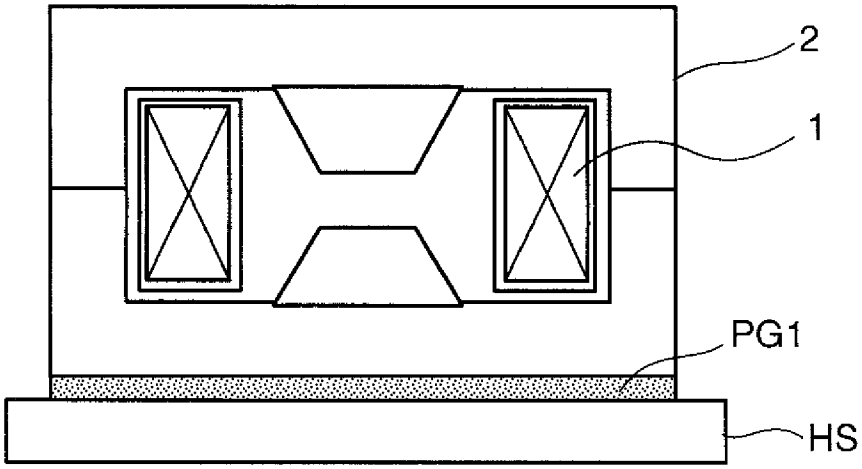
(A)



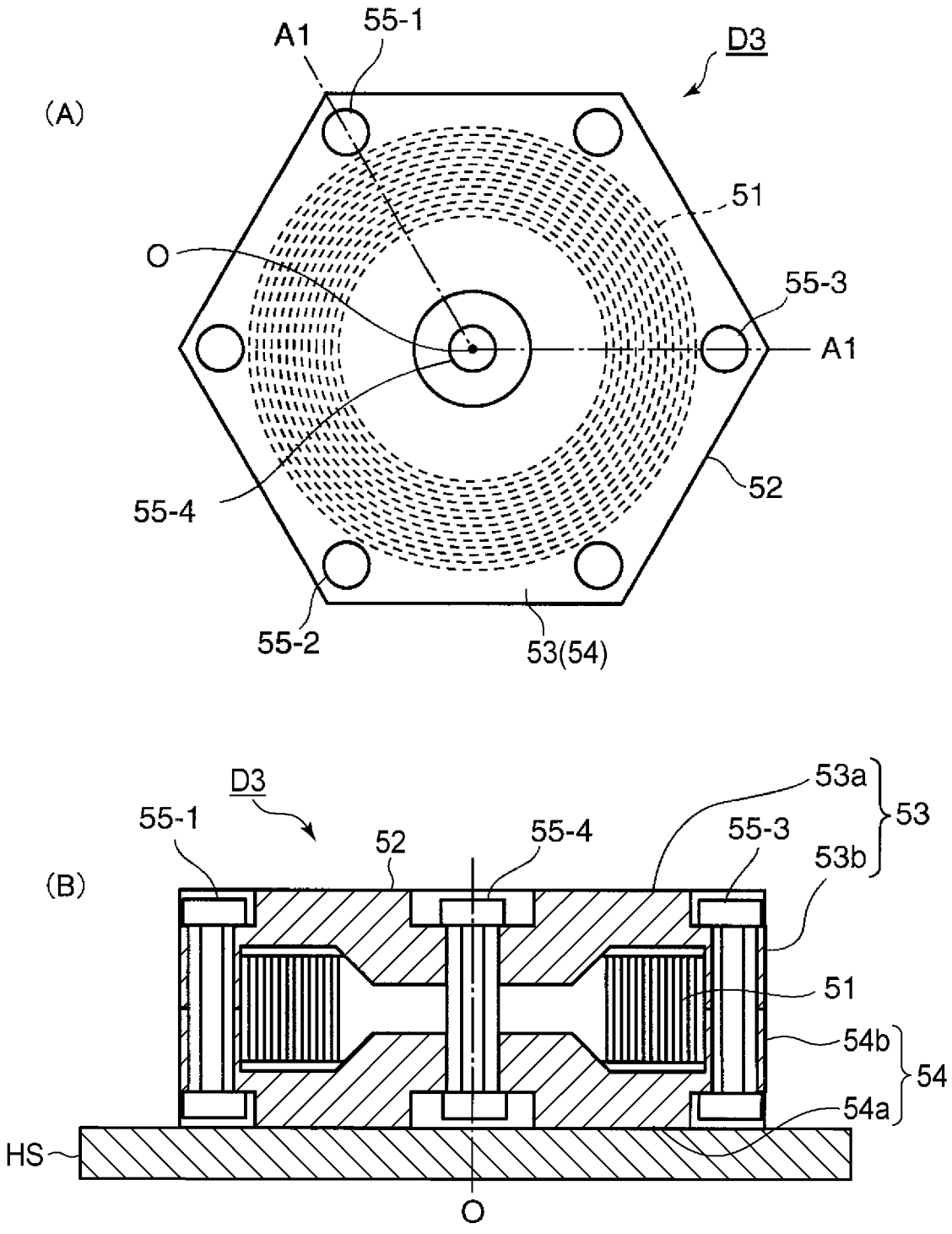
(B)



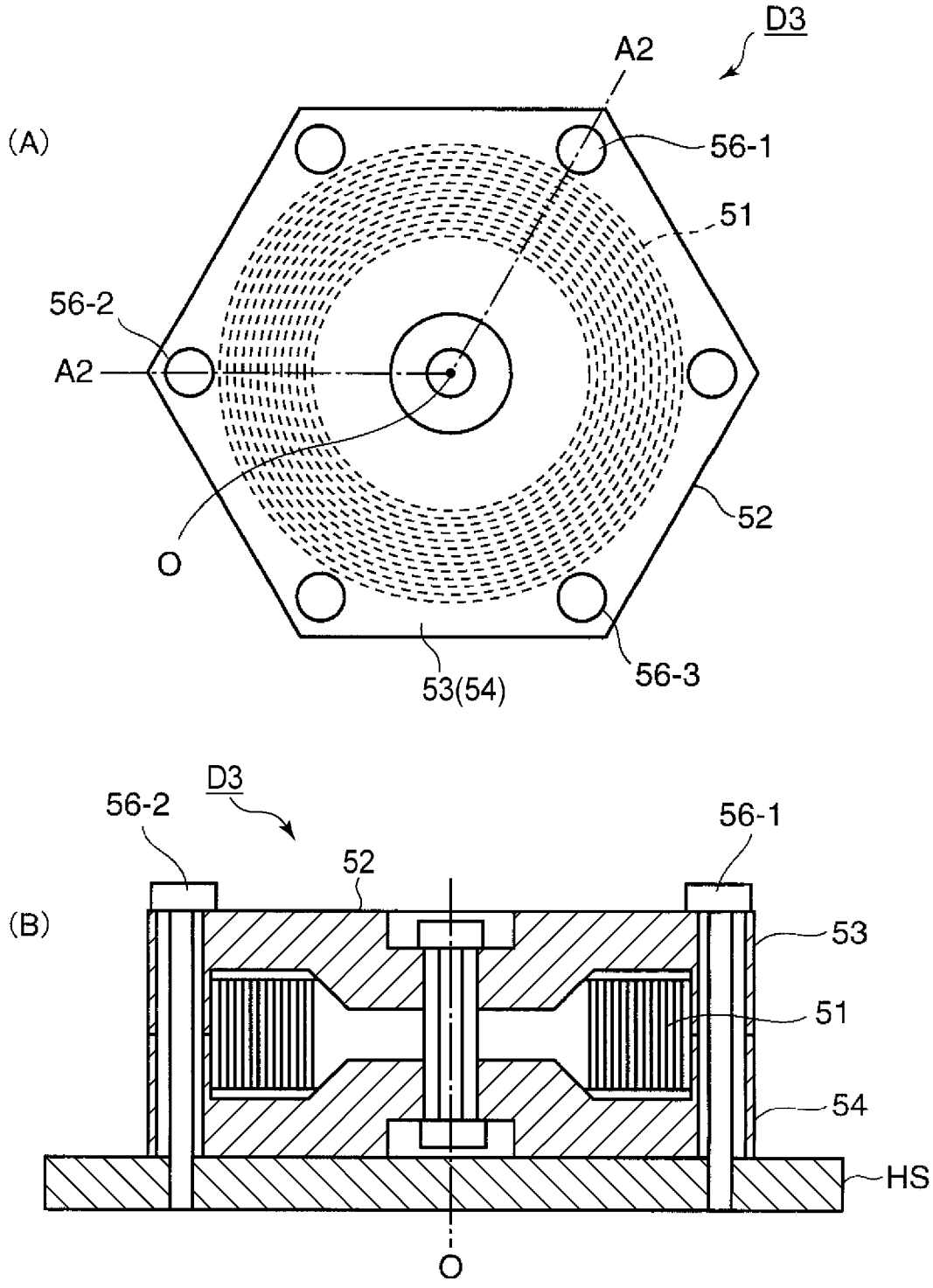
[図43]



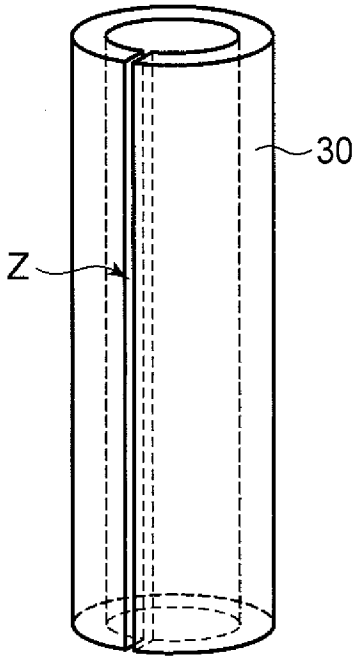
[図44]


(A)
A1
55-1
D3
51
O
55-3
A1
55-4
52
55-2
53(54)
(B)
D3
55-1
52
55-4
55-3
53a
53
53b
51
54b
54
54a
HS
O

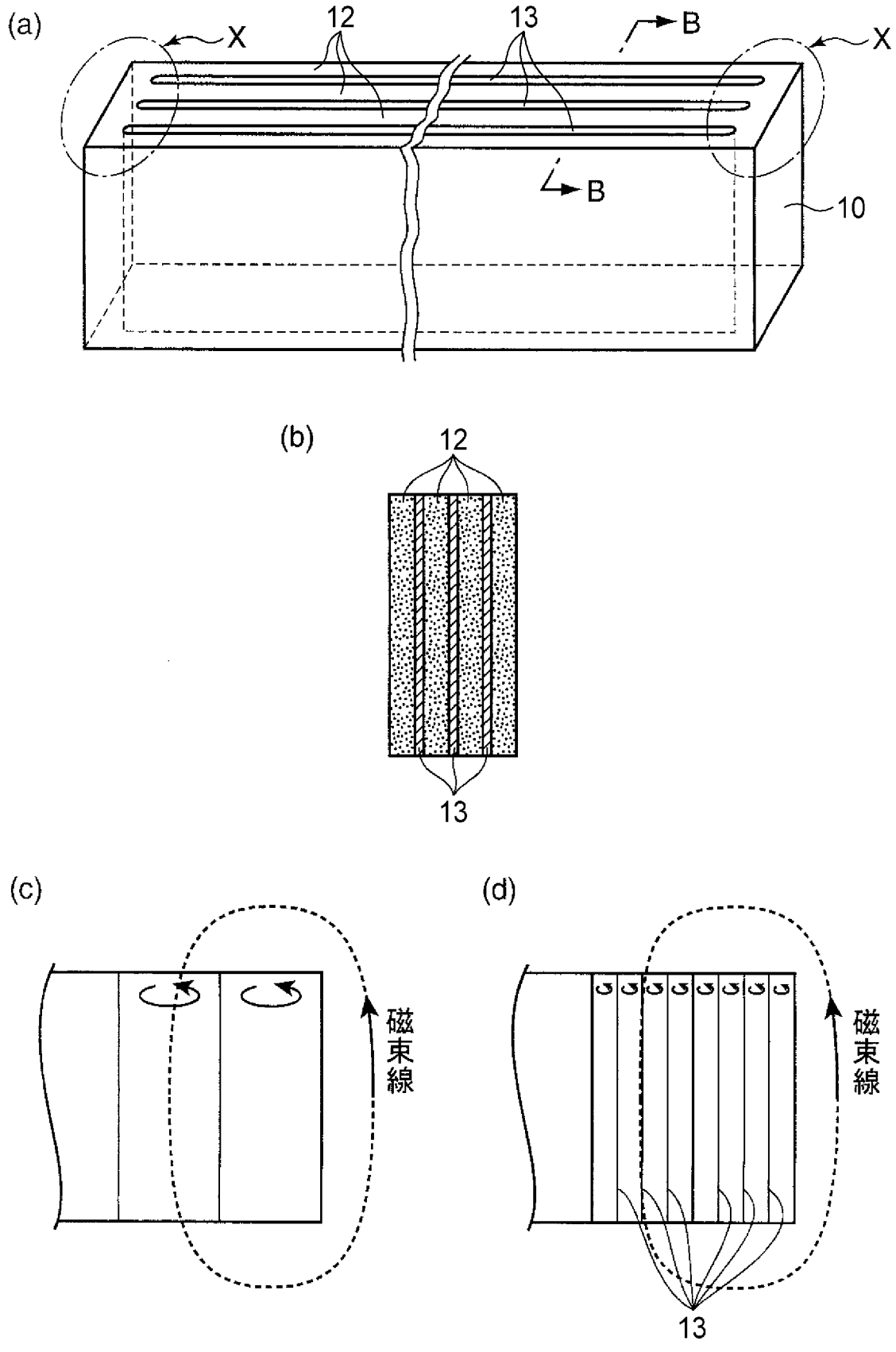
[図45]



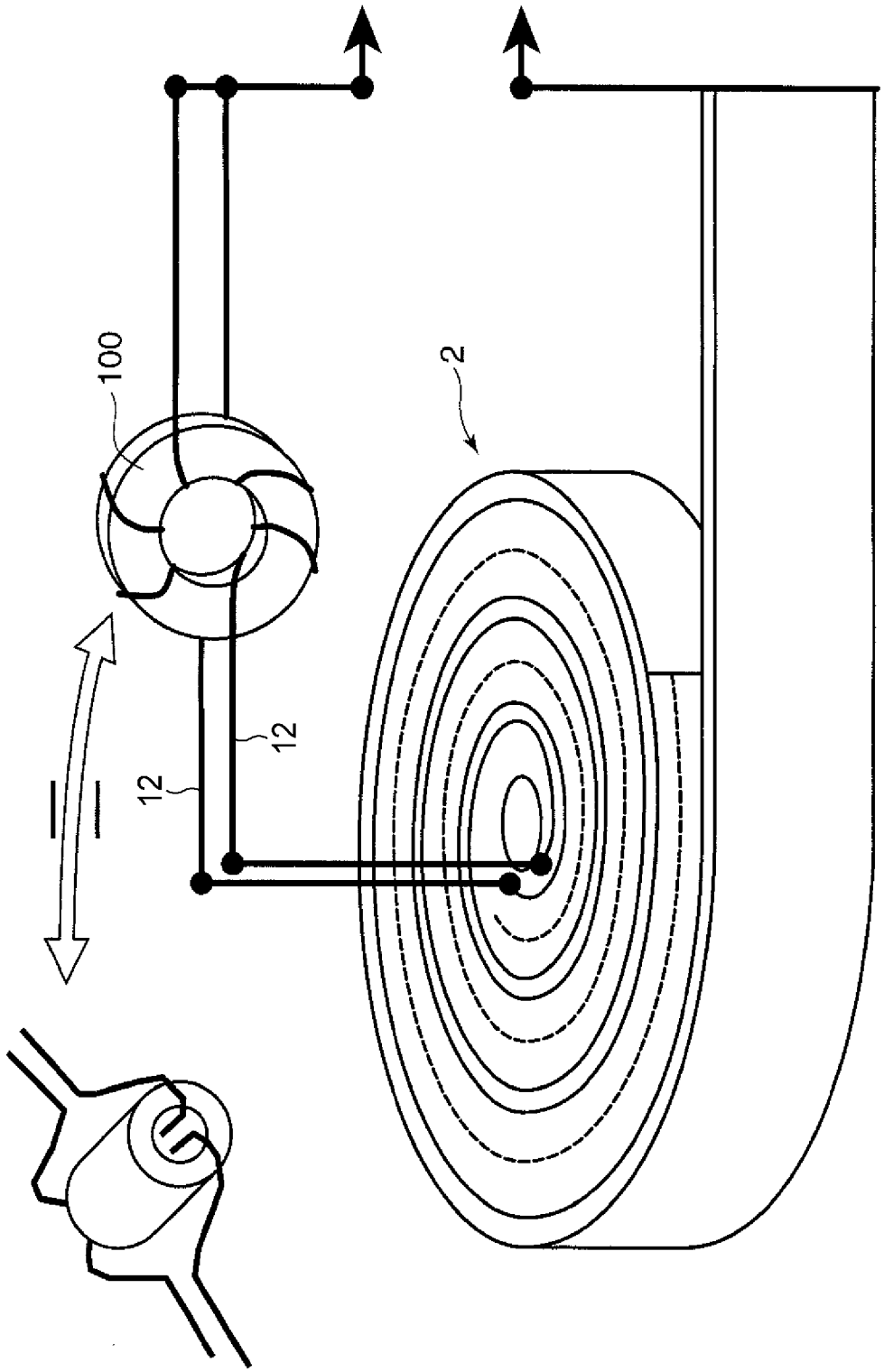
[図46]



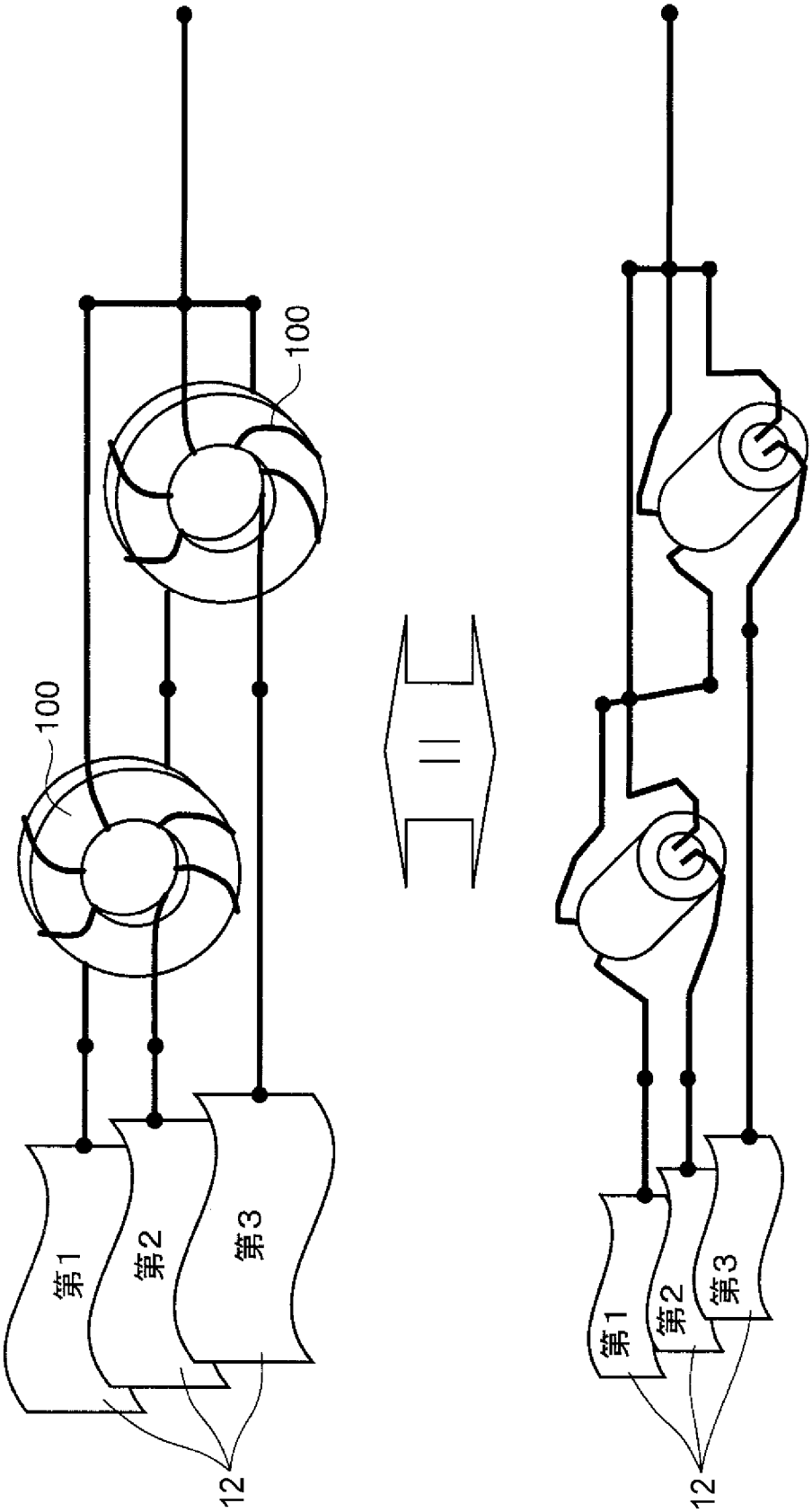
[図47]



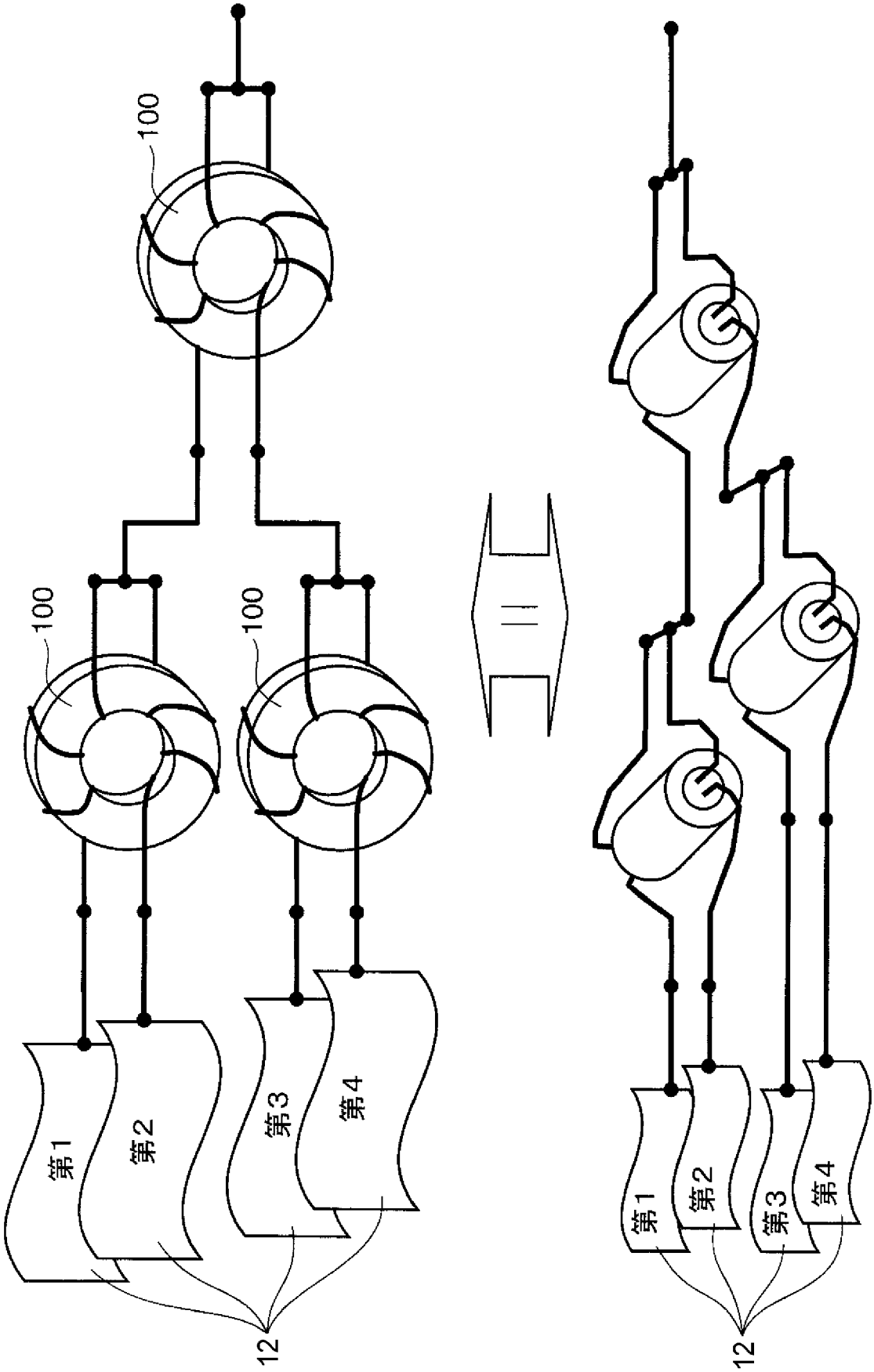
[図48]



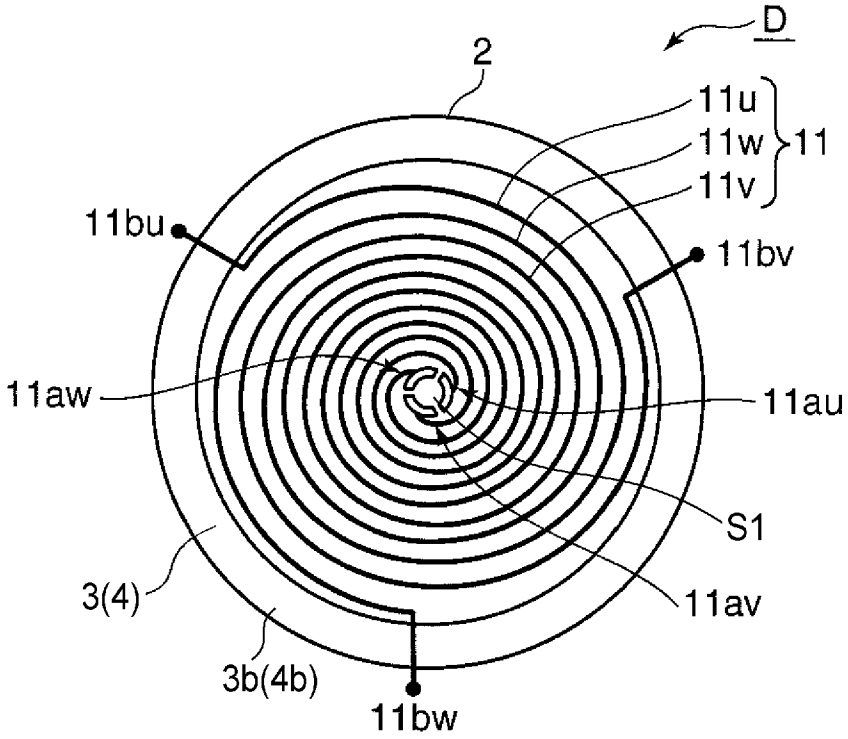
[図49]



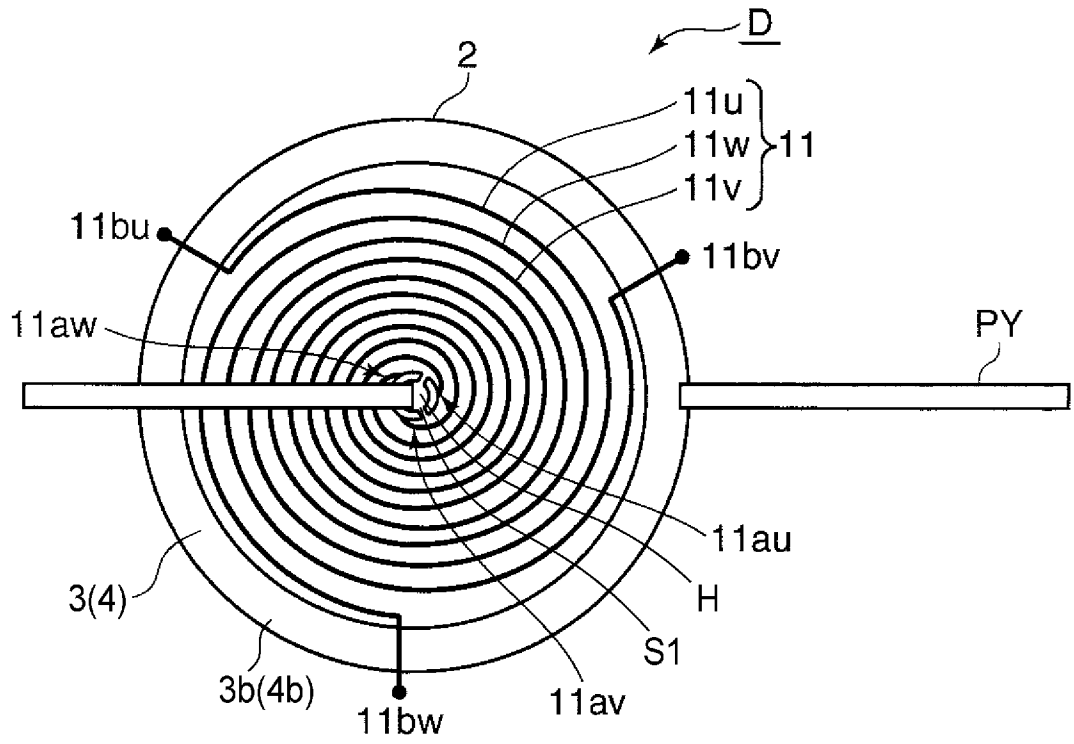
[図50]



[図51]


D
2
11u
11w
11v
11
11bu
11bv
11aw
11au
S1
11av
3(4)
3b(4b)
11bw

[図52]


D
2
11u
11w
11v
11
11bu
11bv
11aw
PY
11au
H
S1
11av
3(4)
3b(4b)
11bw

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/062114

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01F37/00(2006.01)i, *H01F27/24*(2006.01)i, *H01F27/255*(2006.01)i, *H01F27/28*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01F37/00, H01F27/24, H01F27/255, H01F27/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 5-34090 Y2 (Nippon Control Co., Ltd.), 30 August 1993 (30.08.1993), page 1, column 1, lines 14 to 17; page 1, column 2, line 23 to page 2, column 3, line 3; page 2, column 3, lines 12 to 22; fig. 1, 2 (Family: none)	1,3-6,8-12 2,7
Y A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 67555/1992(Laid-open No. 26222/1994) (Minebea Co., Ltd.), 08 April 1994 (08.04.1994), paragraph [0014]; fig. 1, 5 (Family: none)	1,3-6,8-12 2,7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 09 August, 2010 (09.08.10)	Date of mailing of the international search report 17 August, 2010 (17.08.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/062114

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 55-133509 A (Seiko Corp.), 17 October 1980 (17.10.1980), page 2, upper left column, lines 5 to 11; page 2, upper right column, lines 7 to 12; fig. 1, 3 (Family: none)	1,3-6,8-12 2,7
Y A	JP 2006-222244 A (West Japan Railway Co.), 24 August 2006 (24.08.2006), paragraph [0002]; fig. 2 to 4 (Family: none)	6 7
Y A	JP 2007-173263 A (Selco Co., Ltd.), 05 July 2007 (05.07.2007), paragraph [0008] (Family: none)	6 7
Y	JP 2001-525610 A (ABB AB.), 11 December 2001 (11.12.2001), paragraphs [0027], [0030], [0037], [0038]; fig. 8 to 9 & WO 99/028931 A2 & DE 19882848 T & SE 512402 C & AU 1515499 A & ZA 9810861 A	8
Y	JP 10-125545 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 May 1998 (15.05.1998), paragraph [0044]; fig. 1 & US 2002/0067237 A1 & EP 869518 A1 & DE 69739156 D & CN 1206491 A	9
Y	JP 11-8142 A (Tokin Corp.), 12 January 1999 (12.01.1999), paragraph [0017]; fig. 4 (Family: none)	9
Y	JP 2009-59954 A (Hitachi Powdered Metals Co., Ltd.), 19 March 2009 (19.03.2009), paragraph [0026]; fig. 4 (Family: none)	10
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 45117/1984(Laid-open No. 158616/1985) (Shiraishi Kogyo Kabushiki Kaisha), 22 October 1985 (22.10.1985), specification, page 2, lines 9 to 14; fig. 1 (Family: none)	10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/062114

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 60-210817 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 23 October 1985 (23.10.1985), page 1, lower right column, lines 3 to 7; page 2, upper right column, lines 7 to 18; fig. 3 (Family: none)	10
A	JP 7-288210 A (TDK Corp.), 31 October 1995 (31.10.1995), paragraphs [0021] to [0022]; fig. 1 (Family: none)	1-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０６２１１４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01F37/00(2006.01)i, H01F27/24(2006.01)i, H01F27/255(2006.01)i, H01F27/28(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01F37/00, H01F27/24, H01F27/255, H01F27/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y A	JP 5-34090 Y2（日本コントロール株式会社）1993.08.30，第１頁第１欄第１４－１７行、第１頁第２欄第２３行－第２頁第３欄第３行、第２頁第３欄第１２－２２行，第１図、第２図（ファミリーなし）	1,3-6,8-12 2,7
Y A	日本国実用新案登録出願 4-67555 号(日本国実用新案登録出願公開 6-26222 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM（ミネベア株式会社）1994.04.08，【００１４】，図１、図５(ファミリーなし)	1,3-6,8-12 2,7

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０９．０８．２０１０	１７．０８．２０１０

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｒ　８８３５
山田　正文
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５６５

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ｙ Ａ	JP 55-133509 A（株式会社精工舎）1980.10.17，第２頁左上欄第５－１１行、第２頁右上欄第７－１２行，第１図、第３図（ファミリーなし）	1,3-6,8-12 2,7
Ｙ Ａ	JP 2006-222244 A（西日本旅客鉄道株式会社）2006.08.24，【０００２】，図２－４（ファミリーなし）	6 7
Ｙ Ａ	JP 2007-173263 A（株式会社セルコ）2007.07.05，【０００８】（ファミリーなし）	6 7
Ｙ	JP 2001-525610 A（エービービー　エービー）2001.12.11，【００２７】、【００３０】、【００３７】、【００３８】，図８－９ & WO 99/028931 A2 & DE 19882848 T & SE 512402 C & AU 1515499 A & ZA 9810861 A	8
Ｙ	JP 10-125545 A（松下電器産業株式会社）1998.05.15，【００４４】，図１ & US 2002/0067237 A1 & EP 869518 A1 & DE 69739156 D & CN 1206491 A	9
Ｙ	JP 11-8142 A（株式会社トーキン）1999.01.12，【００１７】，図４（ファミリーなし）	9
Ｙ	JP 2009-59954 A（日立粉末冶金株式会社）2009.03.19，【００２６】，図４（ファミリーなし）	10
Ｙ	日本国実用新案登録出願 59-45117 号（日本国実用新案登録出願公開 60-158616 号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（白石工業株式会社）1985.10.22，明細書第２頁第９－１４行，第１図（ファミリーなし）	10
Ｙ	JP 60-210817 A（松下電器産業株式会社）1985.10.23，第１頁右下欄第３－７行、第２頁右上欄第７－１８行，第３図（ファミリーなし）	10
Ａ	JP 7-288210 A（ティーディーケイ株式会社）1995.10.31，【００２１】－【００２２】，図１（ファミリーなし）	1-12