

(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
2020年5月7日(07.05.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/090397 A1

(51) 国際特許分類:

H01F 37/00 (2006.01) **H01F 27/255** (2006.01)
H01F 27/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/039924

(22) 国際出願日: 2019年10月9日(09.10.2019)

(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 2018-203073 2018年10月29日(29.10.2018) JP

(71) 出願人: 株式会社オートネットワーク技術研究所 (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES,LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie

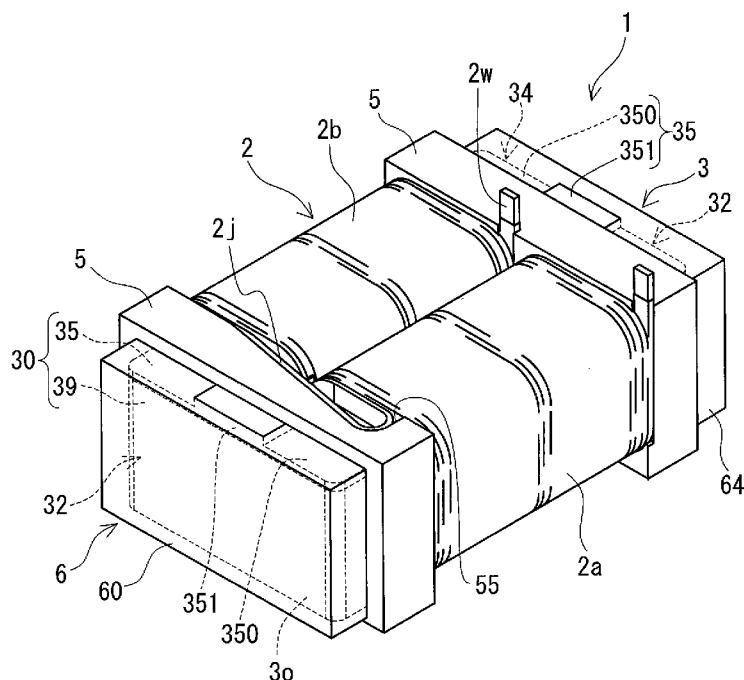
(JP). 住友電装株式会社(SUMITOMO WIRING SYSTEMS,LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie (JP). 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 稲葉 和宏(INABA Kazuhiro); 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 株式会社オートネットワーク技術研究所内 Mie (JP).

(74) 代理人: 山野 宏, 外(YAMANO Hiroshi et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島六丁目1番3号 アストロ新大阪第2ビル10階 啓明特許事務所 Osaka (JP).

(54) Title: REACTOR

(54) 発明の名称: リアクトル



(57) **Abstract:** This reactor comprises a coil, a magnetic core, and a resin molded part. The coil includes two wound portions and a connection portion that connects the wound portions. The magnetic core includes inner core portions that are respectively disposed inside the wound portions, and outer core portions that are disposed outside the wound portions. At least one of the outer core portions has a composite core which includes a molded body of a composite material and a green compact that are stacked in a height direction, the height direction being a direction orthogonal to an axis direction

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

of each wound portion and a direction of arrangement of the wound portions. The connection portion is provided at one end of the wound portions in the axis direction so as to protrude outward in the axis direction and upward in the height direction from an end of the inner core portion. The composite core includes a first composite core which is disposed on one end of the wound portions in the axis direction, has a portion that protrudes upward in the height direction from a virtual extended surface of outer peripheral surfaces of the inner core portions, and has the molded body of a composite material and the green compact stacked in the height direction, with the molded body of a composite material being disposed on an upper side and the green compact on a lower side. The resin molded part includes a first outer resin portion that covers the first composite core.

(57) 要約: コイルと、磁性コアと、樹脂モールド部とを備え、コイルは、二つの巻回部と、両巻回部を繋ぐ連結部とを備え、磁性コアは、各巻回部の内側に配置される内側コア部と、両巻回部の外側に配置される外側コア部とを備え、両外側コア部のうち少なくとも一方は、巻回部の軸方向及び両巻回部の並び方向に直交する方向を高さ方向とし、複合材料の成形体と圧粉成形体とが高さ方向に積層された複合コアを備え、連結部は、両巻回部の軸方向の一端側において内側コア部の端部よりも軸方向の外方及び高さ方向の上側に突出して設けられ、複合コアは、両巻回部の軸方向の一端側に配置され、内側コア部の外周面を延長した仮想面よりも高さ方向の上側に突出する箇所を有し、高さ方向の上側に複合材料の成形体が配置され、高さ方向の下側に圧粉成形体が積層された第一の複合コアを含み、樹脂モールド部は、第一の複合コアを覆う第一の外側樹脂部を含む、リアクトル。

明 細 書

発明の名称：リアクトル

技術分野

[0001] 本開示は、リアクトルに関する。

本出願は、2018年10月29日付の日本国出願の特願2018-203073に基づく優先権を主張し、前記日本国出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 特許文献1は、車載コンバータ等に用いられるリアクトルとして、一對の巻回部を備えるコイルと、環状に組み合わせられる複数のコア片を有する磁性コアと、樹脂モールド部とを備えるものを開示する。上記複数のコア片は、各巻回部の内側にそれぞれ配置される複数の内コア片と、巻回部の外側に配置される二つの外コア片とを備える。上記樹脂モールド部は、磁性コアの外周を覆う。上記樹脂モールド部のうち、巻回部の内側に存在する箇所の一部は、隣り合う内コア片間に介在されて樹脂ギャップ部を構成する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-135334号公報

発明の概要

[0004] 本開示のリアクトルは、

コイルと、

磁性コアと、

前記磁性コアの外周面の少なくとも一部を覆う樹脂モールド部とを備え、

前記コイルは、

二つの巻回部と、前記両巻回部を繋ぐ連結部とを備え、

前記磁性コアは、

前記各巻回部の内側に配置される内側コア部と、前記両巻回部の外側に

配置される外側コア部とを備え、

前記両外側コア部のうち、少なくとも一方は、

前記巻回部の軸方向及び前記両巻回部の並び方向の双方に直交する方向を高さ方向とし、磁性粉末と樹脂とを含む複合材料の成形体と磁性粉末の圧粉成形体とが前記高さ方向に積層された複合コアを備え、

前記連結部は、前記両巻回部の軸方向の一端側において、前記内側コア部の端部よりも前記軸方向の外方及び前記高さ方向の上側に突出して設けられ、

前記複合コアは、

前記両巻回部の軸方向の一端側に配置され、

前記内側コア部の外周面を延長した仮想面よりも前記高さ方向の上側に突出する箇所を有し、

前記高さ方向の上側に前記複合材料の成形体が配置され、前記高さ方向の下側に前記圧粉成形体が積層された第一の複合コアを含み、

前記樹脂モールド部は、前記第一の複合コアを覆う第一の外側樹脂部を含む。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図1は、実施形態1のリアクトルを示す概略斜視図である。

[図2]図2は、実施形態1のリアクトルを示す概略平面図である。

[図3]図3は、実施形態1のリアクトルを示す概略側面図である。

[図4]図4は、実施形態1のリアクトルに備えられる第一の複合コアを外端面側からコイルの巻回部の軸方向にみた概略正面図である。

[図5A]図5Aは、実施形態2のリアクトルに備えられる第一の複合コアの別例を、外端面側からコイルの巻回部の軸方向にみた概略正面図である。

[図5B]図5Bは、実施形態3のリアクトルに備えられる第一の複合コアの更に別例を、外端面側からコイルの巻回部の軸方向にみた概略正面図である。

[図6]図6は、実施形態4のリアクトルに備えられる磁性コアを示す概略側面図である。

[図7]図7は、実施形態5のリアクトルに備えられる磁性コアを示す概略側面図である。

[図8A]図8Aは、実施形態6のリアクトルに備えられる保持部材を外側コア部が配置される側から貫通孔の軸方向にみた概略正面図である。

[図8B]図8Bは、図8Aに示す保持部材に第一の複合コアが配置された状態を示す概略正面図である。

発明を実施するための形態

[0006] [本開示が解決しようとする課題]

磁気飽和し難く、小型なリアクトルが望まれている。

[0007] 上述のようにコア片間に樹脂ギャップ部を備えれば、使用電流値が大きい場合でもリアクトルが磁気飽和し難い。しかし、更なる小型化が難しい。樹脂ギャップ部を省略すれば、リアクトルにおける巻回部の軸方向に沿った長さを短くすることができる。この点で、リアクトルは小型になるものの、磁気飽和し易い。

[0008] そこで、本開示は、磁気飽和し難く、小型なリアクトルを提供することを目的の一つとする。

[0009] [本開示の効果]

本開示のリアクトルは、磁気飽和し難く、小型である。

[0010] [本開示の実施形態の説明]

最初に、本開示の実施態様を列記して説明する。

(1) 本開示の一態様に係るリアクトルは、

コイルと、

磁性コアと、

前記磁性コアの外周面の少なくとも一部を覆う樹脂モールド部とを備え、

前記コイルは、

二つの巻回部と、前記両巻回部を繋ぐ連結部とを備え、

前記磁性コアは、

前記各巻回部の内側に配置される内側コア部と、前記両巻回部の外側に

配置される外側コア部とを備え、

前記両外側コア部のうち、少なくとも一方は、

前記巻回部の軸方向及び前記両巻回部の並び方向の双方に直交する方向を高さ方向とし、磁性粉末と樹脂とを含む複合材料の成形体と磁性粉末の圧粉成形体とが前記高さ方向に積層された複合コアを備え、

前記連結部は、前記両巻回部の軸方向の一端側において、前記内側コア部の端部よりも前記軸方向の外方及び前記高さ方向の上側に突出して設けられ、

前記複合コアは、

前記両巻回部の軸方向の一端側に配置され、

前記内側コア部の外周面を延長した仮想面よりも前記高さ方向の上側に突出する箇所を有し、

前記高さ方向の上側に前記複合材料の成形体が配置され、前記高さ方向の下側に前記圧粉成形体が積層された第一の複合コアを含み、

前記樹脂モールド部は、前記第一の複合コアを覆う第一の外側樹脂部を含む。

[0011] 本開示のリアクトルは、複合材料の成形体と圧粉成形体との双方を含む複合コアを備えることで、以下に説明するように磁気飽和し難く、小型である。

[0012] (磁気特性)

複合材料の成形体は、非磁性材料である樹脂を比較的多く含む。複合材料の成形体は、例えば樹脂を10体積%以上含む。そのため、複合材料の成形体は、代表的には圧粉成形体よりも比透磁率が小さく、磁気飽和し難い。従って、上記複合コアを含む磁性コアは、複合材料の成形体を含まず、圧粉成形体からなる磁性コアに比較して比透磁率が小さくなり易く、磁気飽和し難い。この点から、本開示のリアクトルは、代表的にはギャップ板や上述の樹脂ギャップ部を備えていないギャップレス構造でありながら、使用電流値が大きい場合でも磁気飽和し難い。ひいては、本開示のリアクトルは、使用電

流値が大きい場合でも、所定のインダクタンスを維持できる。また、上記複合コアを含む磁性コアは、圧粉成形体を含まず、複合材料の成形体からなる磁性コアに比較して、外部への漏れ磁束を低減し易い。そのため、漏れ磁束に起因する損失が低減される。従って、本開示のリアクトルは、低損失である。

[0013] (小型)

(A) 上記複合コアを含む磁性コアは、圧粉成形体を含まず、複合材料の成形体からなる磁性コアに比較して、同じインダクタンスを有する場合に体積を小さくできる。特に、本開示のリアクトルでは、二つの外側コア部のうち、巻回部の一端側、即ち連結部が配置される側の外側コア部が第一の複合コアを含む。また、第一の複合コアは、内側コア部よりも高さ方向の上側、即ち連結部が配置される側に突出する箇所を含む。ここで、従来のリアクトルでは、代表的には、内側コア部の高さ方向の上面と、外側コア部の高さ方向の上面、即ち外側コア部において連結部が配置される側の面とが面一である。この面一な構成は、例えば、特許文献1の図4を参照するとよい。このような従来のリアクトルでは、外側コア部の連結部側の面と、両巻回部の端面と、両巻回部の外周面のうち高さ方向の上面を延長した仮想面とで囲まれる空間は、デッドスペースである。第一の複合コアにおける連結部側の突出箇所は、上記デッドスペースに配置される。上記デッドスペースを活用して、第一の複合コアの高さを高められることで、上述の従来のリアクトルよりも、磁性コアの軸長さを短くすることができる。ひいては、本開示のリアクトルは、軸長さを短くできる。上記軸長さは、リアクトルにおける巻回部の軸方向に沿った長さである。

[0014] (B) 第一の複合コアは、高さ方向の上側、即ち連結部側に複合材料の成形体を備える。ここで、複合材料の成形体は、射出成形等で種々の立体形状を製造可能であり、圧粉成形体に比較して形状の自由度が高い。そのため、複合材料の成形体は、連結部近くの形状に対応した形状に成形し易い。この点から、上述のデッドスペースが活用され易く、ひいては磁性コアの軸長さ

が短くなり易い。

[0015] (C) 上述のようにギャップレス構造であることから、磁性コアの軸長さが短くなり易い。

[0016] 更に、本開示のリアクトルは、以下に説明するように製造性にも優れる。

(a) 第一の複合コアは、複合材料の成形体と圧粉成形体との積層物である。そのため、複合材料の成形体と圧粉成形体という二つの成形体を独立して成形することができる。例えば、圧粉成形体が直方体状といった単純な形状であれば、圧粉成形体が容易に、かつ精度よく成形される。複合材料の成形体は、上述の連結部近くの形状に対応しつつ、複合材料の成形体における圧粉成形体に接触する面にも対応した形状であっても、射出成形等で容易に、かつ精度よく成形できる。従って、複合材料の成形体及び圧粉成形体の双方が製造性に優れる。更に、両成形体の界面を構成する面を平面とすれば、両成形体が隙間なく積層され易い。この点からも、本開示のリアクトルは製造性に優れる。

[0017] (b) 複合材料の成形体と圧粉成形体とを積層した後、樹脂モールド部、特に第一の外側樹脂部によって覆うという単純な工程で上述の積層物が一体化される。この点からも、本開示のリアクトルは製造性に優れる。

[0018] (2) 本開示のリアクトルの一例として、

前記第一の複合コアを構成する前記複合材料の成形体において前記両巻回部の並び方向の中央部の厚さは、前記両巻回部の並び方向の両端部の厚さよりも厚い形態が挙げられる。

[0019] 外側コア部における両巻回部の並び方向の中央部は、並び方向の両端部に比較して磁束が通過し易い。上記形態は、磁束が通過し易い箇所の厚さが局所的に厚いため、使用電流値が大きい場合でも磁気飽和し難い。また、上記形態は、局所的に厚い箇所を備えることで、磁性コアの軸長さを短くして小型にできつつ、軽量化も図れる。

[0020] (3) 本開示のリアクトルの一例として、

前記連結部は、前記両巻回部を構成する巻線の一部が折り曲げられてなり

、

前記第一の複合コアは、前記連結部が配置される凹部を有し、

前記第一の複合コアを構成する前記複合材料の成形体は、前記凹部を形成する内周面の少なくとも一部を構成する形態が挙げられる。

[0021] 上記形態は、凹部を備えることで、コイルの連結部と第一の複合コアとの接触を回避しつつ、デッドスペースを活用して第一の複合コアの高さを高くし易い。この点から、上記形態は、磁気飽和し難い上に、磁性コアの軸長さを短くし易く、小型である。また、上記形態は、凹部を形成する内周面の少なくとも一部が複合材料の成形体で構成されるため、連結部に対応した形状の凹部を容易に成形できる。上記形態は、凹部を有する第一の複合コアを成形し易い点で、製造性により優れる。

[0022] (4) 本開示のリアクトルの一例として、

前記両巻回部の端面と前記第一の複合コアとを保持する枠状の保持部材を備え、

前記保持部材は、前記第一の複合コアを構成する前記複合材料の成形体が一体成形されている形態が挙げられる。

[0023] 上記形態における保持部材と圧粉成形体とを組み付けることで、複合材料の成形体と圧粉成形体との積層と、この積層物に対する保持部材との組み付けとを同時に行うことができる。また、保持部材によって、上記積層物の積層状態が維持され易い。これらの点から、上記形態は、製造性により優れる。

[0024] (5) 本開示のリアクトルの一例として、

前記複合コアは、

前記両巻回部の軸方向の他端側に配置され、

前記内側コア部の前記仮想面よりも前記高さ方向に突出する箇所を有する第二の複合コアを含み、

前記樹脂モールド部は、前記第二の複合コアを覆う第二の外側樹脂部を含み、

前記第二の複合コアを構成する前記複合材料の成形体は、前記第二の複合コアを構成する前記圧粉成形体よりも前記巻回部の軸方向の外方に突出する張出部を備える形態が挙げられる。

[0025] 上記形態は、第一の複合コアと第二の複合コアとを備えるため、磁性コアにおける複合材料の成形体の含有割合が大きい。この点から、上記形態は、より磁気飽和し難い。また、上記形態は、張出部を例えば端子台に利用できる。このような形態は、端子台を含めたリアクトルの軸長さを短くし易い点で、小型である。

[0026] (6) 本開示のリアクトルの一例として、

前記内側コア部は、磁性粉末と樹脂とを含む複合材料の成形体を含む形態が挙げられる。

[0027] 上記形態は、第一の複合コアに加えて、内側コア部も複合材料の成形体を含むため、磁性コアにおける複合材料の成形体の含有割合がより大きい。この点から、上記形態は、より磁気飽和し難い。

[0028] (7) 本開示のリアクトルの一例として、

前記複合材料の成形体の比透磁率は、5以上50以下であり、

前記圧粉成形体の比透磁率は、前記複合材料の成形体の比透磁率の2倍以上である形態が挙げられる。

[0029] 上記形態は、圧粉成形体を含まず、複合材料の成形体からなる磁性コアを備える場合に比較して大きなインダクタンスを有しつつ、小型にし易い。また、上記形態では、複合材料の成形体の比透磁率が比較的低い。このような低透磁率の複合材料の成形体を含む形態は、磁気飽和し難い。更に、上記形態は、複合材料の成形体と圧粉成形体との間での漏れ磁束を低減できる。この点から、上記形態は、上述の漏れ磁束に起因する損失を低減できる。

[0030] (8) 上記(7)のリアクトルの一例として、

前記圧粉成形体の比透磁率は、50以上500以下である形態が挙げられる。

[0031] 上記形態は、複合材料の成形体と圧粉成形体との比透磁率の差を大きく確

保し易い。そのため、上記形態は、複合材料の成形体と圧粉成形体との間での漏れ磁束をより低減し易く、より低損失である。

[0032] [本開示の実施形態の詳細]

以下、図面を参照して、本開示の実施形態を具体的に説明する。図中の同一符号は同一名称物を示す。

[0033] [実施形態 1]

主として、図 1 ～図 4 を参照して、実施形態 1 のリアクトル 1 を説明する。

図 1 は、実施形態 1 のリアクトル 1 の概略を示す斜視図であり、コイル 2 の巻回部 2 a, 2 b を繋ぐ連結部 2 j が紙面左斜め下側になるように配置した状態を示す。

図 2 は、実施形態 1 のリアクトル 1 を巻回部 2 a, 2 b の軸方向と両巻回部 2 a, 2 b の並び方向との双方に直交する方向からみた平面図である。図 2 は、分かり易いように保持部材 5 を省略し、樹脂モールド部 6 を二点鎖線で仮想的に示す。

図 3 は、実施形態 1 のリアクトル 1 を巻回部 2 a 側から両巻回部 2 a, 2 b の並び方向にみた側面図である。図 3 は、磁性コア 3 が分かり易いように保持部材 5、樹脂モールド部 6 を省略している。

図 4 は、実施形態 1 のリアクトル 1 に備えられる第一の複合コア 3 0 を外端面 3 o 側から巻回部 2 a, 2 b の軸方向にみた正面図である。

以下、図 1, 図 3, 図 4 では紙面下側、図 2 では紙面垂直方向奥側をリアクトル 1 の設置側として説明する。この設置方向は例示であり、適宜変更できる。

[0034] 〈概要〉

実施形態 1 のリアクトル 1 は、図 1 に示すように、コイル 2 と、磁性コア 3 と、樹脂モールド部 6 とを備える。コイル 2 は、二つの巻回部 2 a, 2 b を備える。二つの巻回部 2 a, 2 b は隣り合って並び、各軸が平行するように配置される（図 2）。コイル 2 は、両巻回部 2 a, 2 b を繋ぐ連結部 2 j

を備える。磁性コア 3 は、巻回部 2 a, 2 b の内側及び外側に配置される。磁性コア 3 は、図 2 に示すように、各巻回部 2 a, 2 b の内側に配置される内側コア部 3 1 と、両巻回部 2 a, 2 b の外側に配置される外側コア部 3 2 とを備える。磁性コア 3 は、内側コア部 3 1 と外側コア部 3 2 とで環状の閉磁路を構成する。各内側コア部 3 1 は、その軸方向が巻回部 2 a, 2 b の軸方向に沿うように配置される。両内側コア部 3 1 は、両巻回部 2 a, 2 b の一端側、図 2 では紙面下側に配置される外側コア部 3 2 と、両巻回部 2 a, 2 b の他端側、図 2 では紙面上側に配置される外側コア部 3 2 とに挟まれる。樹脂モールド部 6 は、磁性コア 3 の外周面の少なくとも一部を覆う。このようなリアクトル 1 は、代表的には、コンバータケース等といった図示しない設置対象に取り付けられて使用される。

[0035] 特に、実施形態 1 のリアクトル 1 では、上述の二つの外側コア部 3 2 のうち、少なくとも一方は、異種のコア部材が積層された複合コアを備える。詳しくは、図 3 を参照して説明する。巻回部 2 a, 2 b の軸方向及び両巻回部 2 a, 2 b の並び方向の双方に直交する方向を高さ方向とする。連結部 2 j は、両巻回部 2 a, 2 b の軸方向の一端側において、内側コア部 3 1 の端部よりも両巻回部 2 a, 2 b の軸方向の外方及び高さ方向の上側に突出して設けられる。複合コアは、磁性粉末と樹脂とを含む複合材料の成形体 3 5 と、磁性粉末の圧粉成形体 3 9 とが高さ方向に積層されて構成される。リアクトル 1 は、複合コアの一つとして、以下の第一の複合コア 3 0 を含む。樹脂モールド部 6 は、第一の複合コア 3 0 を覆う第一の外側樹脂部 6 0 を含む（図 1, 図 2）。なお、上記巻回部 2 a, 2 b の軸方向は、図 3 では紙面左右方向に相当する。上記両巻回部 2 a, 2 b の並び方向は、図 3 では紙面直交方向に相当する。上記軸方向及び並び方向の双方に直交する方向は、図 3 では紙面上下方向に相当する。上記軸方向の外方は図 3 では紙面左方、上記高さ方向の上側は図 3 では紙面上側に相当する。上記軸方向の一端側は図 3 では紙面左側、後述する軸方向の他端側は図 3 では紙面右側に相当する。

[0036] 第一の複合コア 3 0 は、両巻回部 2 a, 2 b の軸方向の一端側に配置され

る。また、複合コア 30 は、内側コア部 31 の外周面を延長した仮想面よりも高さ方向の上側に突出する箇所を有する。複合コア 30 では、高さ方向の上側に複合材料の成形体 35 が配置され、高さ方向の下側に圧粉成形体 39 が積層される。本例の複合コア 30 は、一つの複合材料の成形体 35 と、一つの圧粉成形体 39 との合計二つの成形体を備える。また、本例の複合コア 30 は、内側コア部 31 における上述の仮想面よりも高さ方向の下側に突出する箇所も有する。このような複合コア 30 の最大高さ h_{32} は、内側コア部 31 の高さ h_{31} よりも高い。

[0037] 本例の磁性コア 3 は、別の複合コアとして、両巻回部 2 a, 2 b の他端側に配置される第二の複合コア 34 を含む。第二の複合コア 34 は、内側コア部 31 における上述の仮想面よりも高さ方向に突出する箇所を有する。本例の複合コア 34 は、内側コア部 31 の高さ方向の上側、及び下側の双方に突出する箇所を有する。このような複合コア 34 の最大高さ h_{32} は、内側コア部 31 の高さ h_{31} よりも高い。また、本例の内側コア部 31 は、複合材料の成形体 37 を含む。更に、本例の磁性コア 3 は、磁気ギャップを備えていないギャップレス構造である。ここでの磁気ギャップとは、アルミナ板といったギャップ板や上述の樹脂ギャップ部といった中実体、エアギャップといった中空体である。複合材料の成形体 35 と圧粉成形体 39 とを接合する接着剤等の接合材は、磁気ギャップとしない。

[0038] 複合材料の成形体 35 と圧粉成形体 39 との双方を含む磁性コア 3 は、比透磁率をある程度小さくして、磁気飽和を低減することに寄与する。また、内側コア部 31 よりも高さ方向の上側、即ち連結部 2 j 側に突出する箇所を有する第一の複合コア 30 は、従来のリアクトルにおいて連結部 2 j の周囲に生じるデッドスペースを利用して磁性コア 3 の軸長さ L_3 (図 2) を短くする。このような複合コア 30 は磁性コア 3 の小型化に寄与する。

[0039] 以下、構成要素ごとに詳細に説明する。

なお、以下の説明では、高さ方向とは、リアクトル 1 が設置された状態において、上述の巻回部 2 a, 2 b の軸方向及び並び方向の双方に直交する方

向とする。高さ方向に沿った長さを高さと呼ぶ。

磁性コア 3 の軸方向とは、内側コア部 3 1 の軸方向に沿った方向とする。ここでは、内側コア部 3 1 の軸方向は、巻回部 2 a, 2 b の軸方向に沿っており、実質的に平行である。上記軸方向に沿った長さを軸長さと呼ぶ。

幅方向とは、上記高さ方向及び上記軸方向の双方に直交する方向とする。ここでは、磁性コア 3 の幅方向は、両巻回部 2 a, 2 b の並び方向に沿う。上記幅方向に沿った長さを幅と呼ぶ。

[0040] 〈コイル〉

コイル 2 は、筒状の巻回部 2 a, 2 b と、連結部 2 j とを備える。本例のコイル 2 では、1 本の連続する巻線 2 w が螺旋状に巻回されることで巻回部 2 a, 2 b が構成される。上記巻線 2 w において巻回部 2 a, 2 b 間に渡される部分によって連結部 2 j が構成される。連結部 2 j は、両巻回部 2 a, 2 b を電氣的に直列に接続すると共に、機械的に接続する。

[0041] 本例の連結部 2 j は、両巻回部 2 a, 2 b を構成する巻線 2 w の一部が折り曲げられてなる。詳しくは、連結部 2 j は、一方の巻回部 2 a の一端部で、巻線 2 w を他方の巻回部 2 b の一端側に向って巻き返すことで構成される（図 2）。この巻き返しによって、連結部 2 j は、両巻回部 2 a, 2 b の端面から、両巻回部 2 a, 2 b の軸方向の外方、図 2 では下方に張り出した部分が局所的に生じる。このような連結部 2 j は、内側コア部 3 1 の端部よりも上記軸方向の外方に突出する。また、連結部 2 j は、その高さ方向の上側の面が両巻回部 2 a, 2 b の外周面のうち、高さ方向の上側の面と実質的に同じ高さとなるように設けられる。このような連結部 2 j は、内側コア部 3 1 の外周面を延長した仮想面のうち高さ方向の上側の面よりも高さ方向の上側に突出する。上記高さ方向の上側の面は、図 3 では上面であり、ここでは設置側とは反対側の面である。

[0042] 両巻回部 2 a, 2 b の一端側の形状は、上述の連結部 2 j の形状に応じた凹凸形状を有する。両巻回部 2 a, 2 b の他端側の形状は、主として両巻回部 2 a, 2 b の端面で形成されて、比較的平坦な形状である。従って、両巻

回部 2 a, 2 b の一端側の形状は、他端側の形状に比較して、複雑な形状といえる。

[0043] 巻線 2 w は、導体線と、導体線の外周を覆う絶縁被覆とを備える被覆線が挙げられる。導体線の構成材料は、銅等が挙げられる。絶縁被覆の構成材料は、ポリアミドイミド等の樹脂が挙げられる。被覆線の具体例として、断面形状が長方形である被覆平角線、断面形状が円形である被覆丸線が挙げられる。平角線からなる巻回部 2 a, 2 b の具体例として、エッジワイズコイルが挙げられる。

[0044] 本例の巻線 2 w は被覆平角線である。本例の巻回部 2 a, 2 b は四角筒状のエッジワイズコイルである。また、本例では、巻回部 2 a, 2 b の形状・巻回方向・ターン数等の仕様が等しい。

[0045] 巻線 2 w や巻回部 2 a, 2 b の形状、大きさ等は適宜変更できる。例えば、巻回部 2 a, 2 b の形状は円筒状等でもよい。又は、例えば、各巻回部 2 a, 2 b の仕様が異なってもよい。なお、各巻回部 2 a, 2 b から引き出される巻線 2 w の端部、図 1, 図 3 では右端部は、電源等の外部装置が接続される箇所として利用される。

[0046] 〈磁性コア〉

《概要》

本例の磁性コア 3 は、図 2 に示すように巻回部 2 a, 2 b 内に配置される箇所を有し、主として内側コア部 3 1 を構成する部材と、巻回部 2 a, 2 b 外に配置され、主として外側コア部 3 2 を構成する部材との合計四つの柱状の部材を備える。主として内側コア部 3 1 を構成する部材は、複合材料の成形体 3 7 を備える。主として外側コア部 3 2 を構成する部材は、第一の複合コア 3 0、第二の複合コア 3 4 を備える。各複合材料の成形体 3 7 の一端面と複合コア 3 0 の内端面 3 e とが接続される。各複合材料の成形体 3 7 の他端面と複合コア 3 4 の内端面 3 e とが接続される。この接続によって上記四つの部材は、環状に構成される。

[0047] 本例のように、主として内側コア部 3 1 を構成する部材と、主として外側

コア部 3 2 を構成する部材とが独立した部材であると、各部材の構成材料の自由度が高められる。そのため、磁気特性の調整が行い易い。本例の磁性コア 3 は、ギャップレス構造である。本例の磁性コア 3 は、主として内側コア部 3 1 をなす部材の構成材料と、主として外側コア部 3 2 をなす部材の構成材料とが異なる。また、本例では、各内側コア部 3 1 を構成する部材の構成材料が等しい。本例では、第一の複合コア 3 0 の構成材料と第二の複合コア 3 4 の構成材料とが等しい。各部材の構成材料、個数は適宜変更できる。変更した構成は、後述の変形例 A ～ C 等を参照するとよい。構成材料の詳細はまとめて後述する。

[0048] 《外側コア部》

第一の複合コア 3 0 は、図 3 に示すように巻回部 2 a, 2 b の軸方向の一端側、即ち連結部 2 j 側に配置される外側コア部 3 2 を主として構成する。複合コア 3 0 は、複合材料の成形体 3 5 と圧粉成形体 3 9 という異種のコア部材が高さ方向に積層されて構成される。複合コア 3 0 における高さ方向の上側、即ち連結部 2 j 側に複合材料の成形体 3 5 が配置される。複合コア 3 0 における高さ方向の下側に圧粉成形体 3 9 が配置される。上記高さ方向の下側は連結部 2 j とは反対側であり、ここでは設置側に相当する。また、複合コア 3 0 は、内側コア部 3 1 よりも高さ方向に突出した箇所を有する。そのため、複合コア 3 0 の最大高さ h_{32} は内側コア部 3 1 の高さ h_{31} よりも高い。即ち $h_{31} < h_{32}$ である。

[0049] 第二の複合コア 3 4 は、巻回部 2 a, 2 b の軸方向の他端側、即ち連結部 2 j とは反対側に配置される外側コア部 3 2 を主として構成する。本例の複合コア 3 4 は、上述の第一の複合コア 3 0 と同様に、異種のコア部材の積層物を備えると共に、内側コア部 3 1 よりも高さ方向に突出した箇所を有する。

[0050] 本例では、第一の複合コア 3 0 と第二の複合コア 3 4 とは、同一の形状、同一の大きさ、同一の組成、及び同一の構造である。以下、第一の複合コア 3 0 を参照して説明する。

[0051] 本例の第一の複合コア 30 は、概ね直方体状であり（図 1）、高さ方向からの平面視で長形状である（図 2）。但し、本例の複合コア 30 は、幅方向からの平面視で、局所的に高さが異なる段差形状の箇所を有する（図 3、図 4 も参照）。段差形状の箇所は、複合コア 30 において内側コア部 31 の外周面を延長した仮想面のうち高さ方向の上側の面よりも高さ方向の上側に突出する箇所である（図 3）。つまり、段差形状の箇所は、内側コア部 31 における上記仮想面よりも連結部 2 j 側に突出する。また、本例の複合コア 30 は、内側コア部 31 の外周面を延長した仮想面のうち高さ方向の下側の面、図 3 では下面よりも高さ方向の下側に突出する箇所も有する（図 3）。つまり、この複合コア 30 は、内側コア部 31 における上記仮想面よりも連結部 2 j とは反対側に突出する箇所を有する。上記の連結部 2 j とは反対側に突出する箇所は、直方体状であり、単純な形状である（図 3）。

[0052] 本例の第一の複合コア 30 では、上述の段差形状といった比較的複雑な形状を有する箇所が複合材料の成形体 35 で構成される。また、本例の複合コア 30 では、内側コア部 31 が接続される箇所及び内側コア部 31 よりも連結部 2 j とは反対側に突出する箇所が圧粉成形体 39 で構成される。

[0053] <<成形体の形状>>

本例の圧粉成形体 39 は、直方体状であり（図 1、図 3、図 4）、単純な形状である。そのため、圧粉成形体 39 は、容易に、かつ高精度に成形される。圧粉成形体 39 の外周面のうち、高さ方向の上側に配置される一面、図 3、図 4 では上面は、複合材料の成形体 35 が積層される面である。以下、この上面を圧粉成形体 39 の上面と呼ぶ。また、圧粉成形体 39 の外周面のうち、内端面 3 e の一部を構成する面は、主として内側コア部 31 を構成する複合材料の成形体 37 の端面が接触する面である（図 3）。

[0054] 本例の複合材料の成形体 35 は、圧粉成形体 39 の上面よりも高さ方向の上側に存在する。但し、この複合材料の成形体 35 は、圧粉成形体 39 の外周面から、幅方向及び磁性コア 3 の軸方向のいずれにも突出しない。複合材料の成形体 35 の最大幅 W_{35} 及び最大軸長さは圧粉成形体 39 の幅 W_{39} 及び

最大軸長さに等しい（図２～図４）。最大軸長さは、図２では上下方向の長さ、図３では左右方向の長さに相当する。本例の複合材料の成形体３５は、圧粉成形体３９の上面に対応した形状を有すると共に、連結部２ｊ近くの形状にも対応した形状を有する。具体的には、本例の複合材料の成形体３５は、圧粉成形体３９の上面に積層される基部３５０と、基部３５０よりも局所的に高い突出部３５１とを有する（図２～図４）。また、本例の複合コア３０は、連結部２ｊが配置される凹部３５５を有する（図２，図３）。複合材料の成形体３５は、凹部３５５の内周面の一部を構成する。なお、第二の複合コア３４は凹部３５５を有するが、凹部３５５に連結部２ｊが配置されない（図２）。

[0055] 本例の基部３５０は、圧粉成形体３９の上面と同一の形状及び同一の大きさを有する長方形の面を備える比較的偏平な直方体において、一つの角部を切り落としたような多角柱状である（図２）。第二の複合コア３４の基部３５０も参照するとよい。基部３５０の一面、図３，図４では下面は圧粉成形体３９の上面と接触する面である。以下、この下面を基部３５０の下面、又は複合材料の成形体３５の下面と呼ぶ。基部３５０の下面は、圧粉成形体３９の上面と共に、複合材料の成形体３５と圧粉成形体３９との境界を構成する。基部３５０の下面に対向する他面、図３，図４では上面には、突出部３５１が設けられる。以下、この上面を基部３５０の上面と呼ぶ。

[0056] 本例の基部３５０は、基部３５０の下面と、基部３５０の上面とを繋ぐ一面として、基部３５０の幅方向及び磁性コア３の軸方向に交差する傾斜面３５ｆを有する（図２）。傾斜面３５ｆは、基部３５０の幅方向の側縁であって、上記軸方向の中間位置から、内端面３ｅにおける幅方向の中間位置に至るように設けられる。この傾斜面３５ｆと、圧粉成形体３９の上面の一部とで形成される直角三角形状の空間が凹部３５５である。傾斜面３５ｆにおける内端面３ｅに対する傾斜角度 θ は、連結部２ｊの巻き返し部分における巻回部２ａ，２ｂの端面に対する交差角度に概ね対応する。傾斜面３５ｆにおける内端面３ｅからの最大距離は、上記巻き返し部分における巻回部２ａ，

2 b の端面からの張り出し長さに概ね対応する。従って、凹部 3 5 5 は、連結部 2 j を良好に収納できる。また、凹部 3 5 5 が複合材料の成形体 3 5 と圧粉成形体 3 9 とで構成されることで、複合材料の成形体 3 5 がある程度単純な形状になり易い。そのため、複合材料の成形体 3 5 は製造性に優れる。なお、複合材料の成形体 3 5 によって凹部 3 5 5 が形成されてもよい。この構成は、後述の実施形態 4 を参照するとよい。

[0057] 本例の突出部 3 5 1 は、直方体状であり、基部 3 5 0 の幅方向の中央部であって（図 2，図 4）、外端面 3 o 寄りに配置される（図 2，図 3）。このような突出部 3 5 1 を備える複合材料の成形体 3 5 は、幅方向の中央部の厚さが幅方向の両端部の厚さよりも厚い。ここでの厚さとは、高さ方向に沿った長さであり、高さに相当する。ここで、外側コア部 3 2 の幅方向の中央部では幅方向の端部に比較して磁束が通過し易い。磁束が通過し易い箇所に突出部 3 5 1 を備えることで、磁性コア 3 は磁気飽和し難い。また、外端面 3 o 寄りに突出部 3 5 1 を備えることで、外側コア部 3 2 から外部への漏れ磁束が低減され易い。この点から、磁性コア 3 は低損失になり易い。更に、突出部 3 5 1 によって局所的に厚い箇所を備えることで、複合材料の成形体 3 5 の厚さが全体にわたって同じである場合に比較して、磁性コア 3 の軸長さ L_3 が短くなりつつ、軽量化が図れる。

[0058] 本例では、複合材料の成形体 3 5 の下面と圧粉成形体 3 9 の上面とがいずれも、長方形の平面で構成され、高さ方向に直交するように配置される。上記の両面が平面であれば、製造過程で、複合材料の成形体 3 5 と圧粉成形体 3 9 とが隙間なく積層され易い。また、上記の両面が高さ方向に直交するように配置される平面であれば、複合材料の成形体 3 5 と圧粉成形体 3 9 とが高さ方向に安定して積層され易い。

[0059] 本例では、複合材料の成形体 3 5 の下面と圧粉成形体 3 9 の上面とで形成される界面は、上述のように高さ方向に直交することから、磁束方向に実質的に平行に配置される。磁束方向は、巻回部 2 a，2 b の軸方向に沿っており、図 3 では紙面左右方向に相当する。また、上記界面は、内側コア部 3 1

の外周面のうち、高さ方向の上側の面とほぼ同じ高さに位置する。上記界面が磁束方向に実質的に平行であれば、複合材料の成形体 35 と圧粉成形体 39 との間に微小な隙間、例えば 0.1 mm 以下の隙間が有っても、磁路に与える影響は実質的に無視できる程度であると考えられる。上記界面が、内側コア部 31 の端面以外の箇所、ここでは複合材料の成形体 37 の端面以外の箇所に位置することからも、磁路への影響が小さいと考えられる。従って、上記微小な隙間は許容される。なお、上記界面は磁束方向に交差するように設けられてもよい。しかし、磁路への影響、積層時の作業性等を考慮すると、上記界面は、本例のように磁束方向に実質的に平行であることが好ましい。上記界面の位置は、上記内側コア部 31 の端面の位置に配置されてもよい。この構成は、後述の実施形態 4, 5 を参照するとよい。

[0060] 《成形体の大きさ》

外側コア部 32 を構成する部材の大きさ、後述する内側コア部 31 を構成する部材の大きさは、リアクトル 1 が所定の磁気特性を満たすように、構成材料等に応じて調整される。

[0061] 本例の第一の複合コア 30, 第二の複合コア 34 を構成する圧粉成形体 39 の大きさは以下の通りである。

[0062] 圧粉成形体 39 の幅 W_{39} は、隣り合って並ぶ二つの内側コア部 31 の幅 W_{31} を合計した値よりも大きい (図 2)。即ち $2 \times W_{31} < W_{39}$ である。

圧粉成形体 39 の高さ h_{39} は、内側コア部 31 の高さ、ここでは複合材料の成形体 37 の高さ h_{31} よりも大きい (図 3)。即ち $h_{31} < h_{39}$ である。圧粉成形体 39 の高さ h_{39} は、内側コア部 31 の高さ h_{31} と、内側コア部 31 から高さ方向の下側に突出する長さとの合計値である。本例では、圧粉成形体 39 の突出長さは、以下を満たす。上記突出長さとは、圧粉成形体 39 において、内側コア部 31 の外周面を延長した仮想面のうち高さ方向の下側の面から、圧粉成形体 39 の高さ方向の下側の面までの距離とする。上記高さ方向の下側の面は、図 3 では下面であり、ここでは設置側の面に相当する。本例の突出長さは、圧粉成形体 39 における上記高さ方向の下側の面が、巻

回部 2 a, 2 b の外周面のうち、高さ方向の下側の面と面一になる程度の大きさである。

圧粉成形体 3 9 における内端面 3 e を構成する面の面積は、二つの内側コア部 3 1 の端面の合計面積よりも大きい。

[0063] 本例の第一の複合コア 3 0, 第二の複合コア 3 4 を構成する複合材料の成形体 3 5 の大きさは以下の通りである。

[0064] 基部 3 5 0 では、外端面 3 o 側の領域が最大幅をとり、磁性コア 3 の軸方向の中間位置から内端面 3 e に向かって連続的に、傾斜面 3 5 f に応じて幅が小さくなる (図 2)。基部 3 5 0 の最大幅は、複合材料の成形体 3 5 の最大幅 W_{35} に等しい。従って、基部 3 5 0 の最大幅は、圧粉成形体 3 9 の幅 W_3 に等しい (図 4)。

[0065] 基部 3 5 0 の軸長さは、幅方向の一端側の領域が最大軸長さをとり、幅方向の中間位置から幅方向の他端側に向かって連続的に、傾斜面 3 5 f に応じて短くなる (図 2)。例えば、図 2 に示す第一の複合コア 3 0 では、軸長さは、幅方向の左端側の領域が最大であり、幅方向の中間位置から右端側に向かって短くなる。

基部 3 5 0 の最大軸長さは、圧粉成形体 3 9 の最大軸長さに等しい (図 2, 図 3)。

基部 3 5 0 の高さは、圧粉成形体 3 9 の上面から連結部 2 j の高さ方向の下端近くに至る程度である (図 3)。

[0066] 突出部 3 5 1 の幅は、基部 3 5 0 の最大幅よりも小さい (図 2, 図 4)。例えば、突出部 3 5 1 の幅は、基部 3 5 0 の最大幅の 20% 以上 60% 以下が挙げられる。

突出部 3 5 1 の軸長さは、基部 3 5 0 の最大軸長さよりも短い。突出部 3 5 1 の内側縁は、内端面 3 e にも傾斜面 3 5 f にも至らない (図 2)。例えば、突出部 3 5 1 の軸長さは、基部 3 5 0 の最大軸長さの 40% 以上 75% 以下が挙げられる。

突出部 3 5 1 の高さは、連結部 2 j の高さ方向の下端近くから上端近くに

至る程度である（図3）。基部350の高さと突出部351の高さとの合計値、即ち複合材料の成形体35の高さ h_{35} は、内側コア部31における上述の仮想面よりも高さ方向の上側の面から、巻回部2a, 2bの外周面のうち、高さ方向の上側の面に至る程度である（図3）。例えば、複合材料の成形体35の高さ h_{35} は、内側コア部31の高さ h_{31} の30%以上60%以下が挙げられる。

[0067] 突出部351の幅、軸長さ、高さを上述の範囲に調整することで、突出部351は、連結部2jとの干渉を回避しつつ、大きな体積を確保し易い。突出部351の体積が大きいことで、磁性コア3は磁気飽和し難い。特に、突出部351の幅が基部350の幅よりも小さく、上述の範囲を満たせば、突出部351の高さ、ひいては複合材料の成形体35の高さ h_{35} をより高くすることができる。そのため、複合コア30, 34において、上述のように磁束が通り易い幅方向の中央部に、複合材料の成形体35の体積が大きく確保され易い。その結果、磁性コア3はより磁気飽和し難い。

[0068] 上述の圧粉成形体39の大きさ、複合材料の成形体35の大きさは、リアクトル1が所定の磁気特性を満たす範囲で適宜変更できる。例えば、複合材料の成形体35の最大幅 W_{35} は圧粉成形体39の幅 W_{39} よりも小さくてもよい。この構成は、後述の実施形態6、図8Aを参照するとよい。又は、例えば、複合材料の成形体35の最大軸長さは圧粉成形体39の最大軸長さよりも小さくてもよい。又は、例えば、複合材料の成形体35の最大軸長さは圧粉成形体39の最大軸長さよりもある程度大きくてもよい。この構成は、後述の実施形態4, 5、図6, 図7の第二の複合コア34C, 34Dを参照するとよい。

[0069] 第一の複合コア30の総体積に占める複合材料の成形体35の含有割合は、リアクトル1が所定の磁気特性を満たす範囲で適宜選択できる。上記含有割合は、例えば、5体積%以上70体積%以下が挙げられる。残部は、圧粉成形体39の体積割合である。複合材料の成形体35の比透磁率、圧粉成形体39の比透磁率にもよるが、複合材料の成形体35の体積割合が上記範囲

を満たすことで、ギャップレス構造の磁性コア 3 であっても、磁気飽和し難い。

[0070] 外側コア部 3 2 を構成する部材、ここでは主として第一の複合コア 3 0、第二の複合コア 3 4 の形状、大きさ、構造等は適宜変更できる。後述の実施形態 2 ～ 6 等で変更例を具体的に説明する。その他、外側コア部 3 2 を構成する部材は特許文献 1 に示すように高さ方向からの平面視でドーム状又は台形状である柱状体等でもよい。

[0071] 《内側コア部》

本例では、各複合材料の成形体 3 7 は、主として巻回部 2 a, 2 b 内に配置される。各複合材料の成形体 3 7 の端部は、第一の複合コア 3 0、第二の複合コア 3 4 と共に巻回部 2 a, 2 b 外に配置されて外側コア部 3 2 を構成する（図 3）。各複合材料の成形体 3 7 は、ギャップ板等の磁気ギャップを有さず、複合材料から構成される一体物である。

[0072] 本例では、各複合材料の成形体 3 7 は、同一形状、同一の大きさ、同一の組成である。詳しくは、各複合材料の成形体 3 7 は、直方体状である。各複合材料の成形体 3 7 の外周形状は、巻回部 2 a, 2 b の内周形状に概ね相似である。各複合材料の成形体 3 7 の軸長さは、各巻回部 2 a, 2 b の軸長さよりも若干長い。そのため、各複合材料の成形体 3 7 とコイル 2 とを組み付けると、各複合材料の成形体 3 7 の端部は巻回部 2 a, 2 b から突出する。従って、複合材料の成形体 3 7 の端面と、第一の複合コア 3 0 の内端面 3 e、第二の複合コア 3 4 の内端面 3 e とが容易に接触する。

[0073] 内側コア部 3 1 を構成する部材、ここでは主として複合材料の成形体 3 7 の形状、大きさ、構造等は適宜変更できる。例えば、内側コア部 3 1 を構成する部材の形状は、円柱状、多角柱状等でもよい。又は、例えば、内側コア部 3 1 を構成する部材について、角部の少なくとも一部が C 面取り又は R 面取りされていてもよい。面取りされた角部は欠け難く、内側コア部 3 1 を構成する部材は機械的強度に優れる。又は、例えば、一つの内側コア部 3 1 を構成する部材が複数のコア片で構成されてもよい。但し、一つの内側コア部

31を構成する部材が本例のように一つであると、組立部品点数が少なく、リアクトル1は製造性に優れる。

[0074] 《構成材料》

《複合材料の成形体》

複合材料の成形体35, 37は、磁性粉末と樹脂とを含む。磁性粉末は、樹脂中に分散される。このような複合材料の成形体35, 37は、射出成形や注型成形等の適宜な成形方法によって製造できる。代表的には、磁性粉末と樹脂とを含む原料を用意し、流動状態の原料を成形型に充填した後、固化することが挙げられる。磁性粉末には、軟磁性材料からなる粉末や、粉末粒子の表面に絶縁材料等からなる被覆層を備える粉末等が利用できる。軟磁性材料は、鉄や鉄合金といった金属、フェライト等の非金属等が挙げられる。鉄合金は、例えばFe-Si合金、Fe-Ni合金等が挙げられる。

[0075] 複合材料の成形体35, 37において、複合材料中の磁性粉末の含有量は、例えば、30体積%以上80体積%以下が挙げられる。複合材料中の樹脂の含有量は、例えば10体積%以上70体積%以下が挙げられる。磁性粉末の含有量が多く、樹脂の含有量が少ないほど、飽和磁束密度や比透磁率が高められたり、放熱性が高められたりし易い。飽和磁束密度や比透磁率の向上、放熱性の向上を望む場合等では、磁性粉末の含有量は50体積%以上、更に55体積%以上、60体積%以上でもよい。磁性粉末の含有量が少なく、樹脂の含有量が多いほど、電気絶縁性を高められて渦電流損失が低減され易い。製造過程では、複合材料が流動性に優れる。損失の低減、流動性の向上を望む場合等では、磁性粉末の含有量は75体積%以下、更に70体積%以下でもよい。又は樹脂の含有量は30体積%超でもよい。

[0076] 複合材料の成形体35, 37は、上述のように磁性粉末の含有量や樹脂の含有量の多寡だけでなく、磁性粉末の組成によっても、飽和磁束密度や比透磁率を容易に異ならせられる。リアクトル1が所定の磁気特性、例えば所定のインダクタンスを有するように、上記磁性粉末の組成や磁性粉末の含有量、樹脂の含有量等を調整するとよい。

[0077] 複合材料の成形体 35, 37 において複合材料中の樹脂は、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、常温硬化性樹脂、低温硬化性樹脂等が挙げられる。熱硬化性樹脂の一例として、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂等が挙げられる。熱可塑性樹脂の一例として、ポリフェニレンスルフィド (PPS) 樹脂、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) 樹脂、液晶ポリマー (LCP)、ナイロン 6 やナイロン 66 といったポリアミド (PA) 樹脂、ポリブチレンテレフタレート (PBT) 樹脂、アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン (ABS) 樹脂等が挙げられる。その他、不飽和ポリエステルに炭酸カルシウムやガラス繊維が混合された BMC (Bulk molding compound)、ミラブル型シリコンゴム、ミラブル型ウレタンゴム等も利用できる。

[0078] 複合材料の成形体 35, 37 は、磁性粉末及び樹脂に加えて、非磁性材料からなる粉末を含有してもよい。非磁性材料として、アルミナやシリカ等のセラミックス、各種の金属等が挙げられる。複合材料の成形体 35, 37 は、非磁性材料からなる粉末を含有することで、放熱性を高められる。また、セラミックスといった非金属かつ非磁性材料からなる粉末は、電気絶縁性にも優れて好ましい。非磁性材料からなる粉末の含有量は、例えば、0.2 質量%以上 20 質量%以下が挙げられる。上記含有量は、更に 0.3 質量%以上 15 質量%以下、0.5 質量%以上 10 質量%以下としてもよい。

[0079] 複合材料の成形体 35, 37 は、同じ組成としてもよいし、異なる組成としてもよい。複合材料の成形体 35, 37 が同じ組成であれば、磁性コア 3 の磁気特性の調整を行い易い。また、この場合、製造条件を調整し易く、複合材料の成形体 35, 37 は製造性にも優れる。

[0080] <<圧粉成形体>>

圧粉成形体 39 は、磁性粉末の集合体である。圧粉成形体 39 は、代表的には、上述の磁性粉末とバインダーとを含む混合粉末を所定の形状に圧縮成形した後、熱処理を施したものが挙げられる。バインダーは樹脂等を利用できる。バインダーの含有量は 30 体積%以下程度が挙げられる。熱処理を施

すと、バインダーが消失したり、熱変性物になったりする。そのため、圧粉成形体 39 は、複合材料の成形体 35, 37 よりも磁性粉末の含有割合を高め易い。圧粉成形体 39 における磁性粉末の含有割合は、例えば 80 体積%超、更に 85 体積%以上が挙げられる。磁性粉末の含有割合が多いことで、圧粉成形体 39 は、樹脂を含有する複合材料の成形体 35, 37 よりも飽和磁束密度や比透磁率が高い傾向にある。

[0081] 《磁気特性》

複合材料の成形体 35, 37 の比透磁率は、例えば 5 以上 50 以下であることが挙げられる。複合材料の成形体 35, 37 の比透磁率は、10 以上 45 以下、更に 40 以下、35 以下、30 以下とより低くしてもよい。このような低透磁率の複合材料の成形体 35, 37 を含む磁性コア 3 を備えるリアクトル 1 は、磁気飽和し難い。

[0082] 圧粉成形体 39 の比透磁率は、複合材料の成形体 35, 37 の比透磁率よりも大きいことが好ましい。この理由の一つは、複合材料の成形体 35, 37 と圧粉成形体 39 との間での漏れ磁束を低減できるからである。ひいては、上記漏れ磁束に起因する損失が低減されて、リアクトル 1 は低損失である。別の理由は、圧粉成形体 39 の比透磁率が複合材料の成形体 35, 37 の比透磁率、例えば 5 ~ 50 であって等しい場合に比較して、リアクトル 1 が大きなインダクタンスを有しつつ、小型になり易いからである。

[0083] 特に、圧粉成形体 39 の比透磁率が複合材料の成形体 35, 37 の比透磁率の 2 倍以上であると、複合材料の成形体 35, 37 と圧粉成形体 39 との間での漏れ磁束がより確実に低減される。複合材料の成形体 35, 37 の比透磁率と圧粉成形体 39 の比透磁率との差が大きいほど、上記漏れ磁束が低減され易い。損失の低減を望む場合等では、圧粉成形体 39 の比透磁率は複合材料の成形体 35, 37 の比透磁率の 2.5 倍以上、更に 3 倍以上、5 倍以上、10 倍以上でもよい。

[0084] 圧粉成形体 39 の比透磁率は、例えば 50 以上 500 以下であることが挙げられる。圧粉成形体 39 の比透磁率は、80 以上、更に 100 以上、15

0以上、180以上とより高くしてもよい。このような高透磁率の圧粉成形体39は、複合材料の成形体35、37の比透磁率との差をより大きくし易い。例えば複合材料の成形体35、37の比透磁率が50である場合、圧粉成形体39の比透磁率が100以上であれば、複合材料の成形体35、37の比透磁率の2倍以上である。上記比透磁率の差が大きいことで、上述のように複合材料の成形体35、37と圧粉成形体39との間での漏れ磁束がより低減され易く、リアクトル1はより低損失である。

[0085] ここでの比透磁率は以下のように求める。

複合材料の成形体35、37、圧粉成形体39と同様の組成からなるリング状の試料を作製する。リング状の試料の大きさは、外径34mm、内径20mm、厚さ5mmである。

上記リング状の試料に一次側：300巻きの巻線、二次側：20巻きの巻線を施し、B-H初磁化曲線を $H=0$ (Oe) ~ 100 (Oe) の範囲で測定する。

得られたB-H初磁化曲線の B/H の最大値を求める。この最大値を比透磁率とする。ここでの磁化曲線とは、いわゆる直流磁化曲線である。

[0086] 本例の複合材料の成形体35、37の比透磁率は5以上50以下である。

圧粉成形体39の比透磁率は、50以上500以下であり、かつ複合材料の成形体35、37の比透磁率の2倍以上である。

[0087] なお、本例の第一の複合コア30、第二の複合コア34は同一組成であるため、各複合コア30、34に備えられる複合材料の成形体35の比透磁率は実質的に等しい。各複合コア30、34に備えられる圧粉成形体39の比透磁率は等しい。また、本例の複合材料の成形体35、37は同一組成であるため、複合材料の成形体35、37の比透磁率は等しい。各複合コア30、34に備えられる複合材料の成形体35の組成、圧粉成形体39の組成、複合材料の成形体35、37の組成が異なることで、これらの比透磁率が異なってもよい。

[0088] 〈保持部材〉

その他、リアクトル 1 は、コイル 2 と磁性コア 3 との間に介在される保持部材 5 を備えてもよい。

[0089] 保持部材 5 は代表的には電気絶縁材から構成されて、コイル 2 と磁性コア 3 との間の電気絶縁性の向上に寄与する。また、保持部材 5 は、巻回部 2 a, 2 b 及び内側コア部 3 1 を構成する部材、外側コア部 3 2 を構成する部材を保持して、巻回部 2 a, 2 b に対する上記部材の位置決めに利用される。保持部材 5 は、代表的には、巻回部 2 a, 2 b に対して所定の隙間を設けるように、内側コア部 3 1 を構成する部材を保持する。上記隙間は、樹脂モールド部 6 の製造過程で、流動状態の樹脂の流路に利用できる。このような保持部材 5 は、上記流路の確保にも寄与する。

[0090] 本例のリアクトル 1 は、両巻回部 2 a, 2 b の一方の端面と第一の複合コア 3 0 とを保持する保持部材 5 と、両巻回部 2 a, 2 b の他方の端面と第二の複合コア 3 4 とを保持する保持部材 5 とを備える（図 1）。各保持部材 5 の基本的構成は同じである。本例の保持部材 5 は、複合材料の成形体 3 7 の端部、複合コア 3 0 又は 3 4 の内端面 3 e 及びその近傍に配置される長方形の枠状の部材である。後述の図 8 A を参照して、保持部材 5 を簡単に説明する。例えば、保持部材 5 は、以下の貫通孔 5 h と、図示しない支持片と、図示しないコイル側の溝部と、コア側の溝部 5 2 とを備えるものが挙げられる。以下、保持部材 5 において複合コア 3 0 又は 3 4 が配置される側をコア側と呼ぶ。保持部材 5 において巻回部 2 a, 2 b が配置される側をコイル側と呼ぶ。

[0091] 貫通孔 5 h は、保持部材 5 のコア側から保持部材 5 のコイル側に貫通する。貫通孔 5 h には、内側コア部 3 1 を構成する部材、ここでは複合材料の成形体 3 7 の端部が挿通される。支持片は、貫通孔 5 h を形成する内周面の一部、例えば角部からコイル側に向かって突出する。支持片は、複合材料の成形体 3 7 の外周面の一部、例えば角部を支持する。複合材料の成形体 3 7 が支持片に保持されると、巻回部 2 a, 2 b と複合材料の成形体 3 7 との間には、支持片の厚さに応じた隙間が設けられる。この隙間は、上述のように流

動状態の樹脂の流路に利用されて、樹脂モールド部6の一部である後述の内側樹脂部が形成される。内側樹脂部の図示は省略する。コイル側の溝部は、保持部材5のコイル側に設けられる。コイル側の溝部には、各巻回部2a, 2bの端面及びその近傍が嵌め込まれる。コア側の溝部52は、保持部材5のコア側に設けられる。溝部52の底部53には貫通孔5hが設けられる。溝部52には、複合コア30又は34の内端面3e及びその近傍が嵌め込まれる。B字状の底部53には、内端面3eの一部が接する。

[0092] 更に、本例では、連結部2j側に配置される保持部材5は、連結部2jを収納する凹部55を備える(図1)。凹部55は、第一の複合コア30の凹部355に類似し、連結部2jを収納可能な大きさを有する直角三角形の空間である。複合コア30の傾斜面35fは、凹部55を形成する図示しない壁面に沿って配置される。

[0093] 保持部材5は、上述の機能を有すれば、形状や大きさ等を適宜変更できる。また、保持部材5は、公知の構成を利用できる。例えば、保持部材5は、上述の枠状の部材とは独立して、巻回部2a, 2bと内側コア部31を構成する部材との間に配置される部材を含んでもよい。類似の形状として特許文献1の内側介在部51を参照するとよい。

[0094] 保持部材5の構成材料は、樹脂といった電気絶縁材料が挙げられる。樹脂の具体例は、上述の複合材料の成形体の項を参照するとよい。代表的には、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂等が挙げられる。保持部材5は、射出成形等の公知の成形方法によって製造できる。

[0095] 〈樹脂モールド部〉

樹脂モールド部6は、磁性コア3の少なくとも一部を覆うことで、磁性コア3を外部環境から保護したり、機械的に保護したり、磁性コア3とコイル2やリアクトル1の周囲部品との間の電気絶縁性を高めたりする機能を有する。樹脂モールド部6は、図1に例示するように磁性コア3を覆い、巻回部2a, 2bの外周を覆わず露出させると、リアクトル1は放熱性にも優れる。この理由は、巻回部2a, 2bが液体冷媒等の冷却媒体に直接接触できる

ためである。

[0096] 樹脂モールド部6は、第一の複合コア30を覆う第一の外側樹脂部60を含む。本例の樹脂モールド部6は、第二の複合コア34を覆う第二の外側樹脂部64を含む。また、本例の樹脂モールド部6は、内側コア部31、ここでは複合材料の成形体37の少なくとも一部を覆う内側樹脂部を備える。更に、本例の樹脂モールド部6は、巻回部2a、2bの内側に存在する内側樹脂部と、巻回部2a、2bの外側に存在し、外側コア部32を覆う外側樹脂部60、64とが連続する一体成形物である。

[0097] 複合材料の成形体35と圧粉成形体39との積層物を備える複合コア30、34が外側樹脂部60、64によって覆われることで、上記積層物が一体化される。また、内側樹脂部と外側樹脂部60、64とが一体成形物であれば、磁性コア3を構成する部材が一体に保持される。そのため、樹脂モールド部6によって磁性コア3は一体物としての剛性を高められて、リアクトル1は強度に優れる。その他、保持部材5が巻回部2a、2bと、内側コア部31を構成する部材との間に配置される部材を含む場合等では、樹脂モールド部6は、内側樹脂部を備えておらず、実質的に外側樹脂部60、64のみを備えるものであってもよい。

[0098] 内側樹脂部、外側樹脂部60、64の被覆範囲、厚さ等は適宜選択できる。本例の外側樹脂部60、64は、突出部351における高さ方向の上側の面を露出させているが(図1)、上記上側の面を覆ってもよい。又は、例えば、樹脂モールド部6は磁性コア3の外周面の全面を覆ってもよい。又は、例えば、外側樹脂部60、64は、複合材料の成形体35と圧粉成形体39との界面を跨ぐように覆う箇所を含めば、複合コア30、34の一部、例えば設置側の面等を覆わずに露出させてもよい。又は、例えば、樹脂モールド部6は、概ね一様な厚さでもよいし、局所的に厚さが異なってもよい。

[0099] 樹脂モールド部6の構成材料は、各種の樹脂が挙げられる。例えば、熱可塑性樹脂が挙げられる。熱可塑性樹脂の一例として、PPS樹脂、PTFE樹脂、LCP、PA樹脂、PBT樹脂等が挙げられる。上記構成材料は、樹

脂に加えて、熱伝導性に優れる粉末、上述の非磁性材料からなる粉末を含有してもよい。上記粉末を含む樹脂モールド部6は、放熱性に優れる。その他、樹脂モールド部6の構成樹脂と保持部材5の構成樹脂とが同じ樹脂であれば、両者の接合性に優れる。また、両者の熱膨張係数が同じであるため、熱応力による樹脂モールド部6の剥離や割れ等が抑制される。樹脂モールド部6の成形には、射出成形等が利用できる。

[0100] 〈リアクトルの製造方法〉

実施形態1のリアクトル1は、例えば、以下のようにして製造できる。第一の複合コア30、第二の複合コア34、複合材料の成形体37をそれぞれ用意する。コイル2、磁性コア3、必要に応じて保持部材5を組み付ける。作製した組物を樹脂モールド部6の成形金型に収納し、流動状態の樹脂によって少なくとも複合コア30、34を被覆する。成形金型の図示は省略する。

[0101] 第一の複合コア30、第二の複合コア34は、複合材料の成形体35と圧粉成形体39とをそれぞれ用意して、積層するとよい。本例のように各複合コア30、34に備えられる複合材料の成形体35が同一の形状、同一の大きさ、同一の組成であれば、一つの成形型を共用して複合材料の成形体35を製造することができる。この点は、各複合コア30、34に備えられる圧粉成形体39、巻回部2a、2b内に配置される複合材料の成形体37についても同様である。複合材料の成形体35と圧粉成形体39とは、接着剤等の接合材で固定すると、複合コア30、34は強度に優れる。また、接合材での固定によって、樹脂モールド部6の製造時に成形体の位置ずれ等が防止され易い。

[0102] 樹脂モールド部6の製造では、流動状態の樹脂を一方の外側コア部32の外端面30から他方の外側コア部32に向かうように導入する一方向の充填方法が利用できる。又は流動状態の樹脂を各外側コア部32の外端面30から巻回部2a、2b内に向かうように導入する二方向の充填方法が利用できる。

[0103] 〈用途〉

実施形態１のリアクトル１は、電圧の昇圧動作や降圧動作を行う回路の部品、例えば種々のコンバータや電力変換装置の構成部品等に利用できる。コンバータの一例として、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車等の車両に搭載される車載用コンバータ、代表的にはＤＣ－ＤＣコンバータや、空調機のコンバータ等が挙げられる。

[0104] 〈主要な効果〉

実施形態１のリアクトル１は、複合材料の成形体３５と圧粉成形体３９とを含む第一の複合コア３０を備える。複合コア３０を含む磁性コア３は、圧粉成形体からなる磁性コアであって複合材料の成形体を含まない磁性コアに比較して比透磁率が小さくなり易い。このような磁性コア３を備える実施形態１のリアクトル１は、ギャップ板等の磁気ギャップを備えていなくても、使用電流値が大きい場合に磁気飽和し難い。また、このリアクトル１は、使用電流値が大きい場合でもインダクタンスの低下を低減できる。更に、磁性コア３が複合材料の成形体３５と圧粉成形体３９とを含む。そのため、磁性コア３は、複合材料の成形体からなる磁性コアであって圧粉成形体を含まない磁性コアに比較して、外部への漏れ磁束を低減し易い。このようなリアクトル１は低損失である。

[0105] 更に、実施形態１のリアクトル１は、第一の複合コア３０を備えることで、圧粉成形体を含まず、複合材料の成形体からなり、同じインダクタンスを有する磁性コアを備えるリアクトルに比較して、体積を小さくできる。特に、複合コア３０は、巻回部２ａ，２ｂの一端側、即ち連結部２ｊ側に配置される。また、複合コア３０は、従来のリアクトルにおいて巻回部２ａ，２ｂの一端側、即ち連結部２ｊ側に形成される上述のデッドスペースを埋めるように配置される箇所を有する。更に、複合コア３０は、連結部２ｊ近くに配置される箇所の少なくとも一部を複合材料の成形体３５で構成する。そのため、複合コア３０は、連結部２ｊ近くの形状に対応した形状に成形し易く、上記デッドスペースを有効に活用し易い。このような複合コア３０を備える

実施形態１のリアクトル１は、外側コア部３２の最大高さ h_{32} を高められて、磁性コア３の軸長さ L_3 を従来のリアクトルよりも短くできる。ギャップレス構造であることから、磁性コア３の軸長さ L_3 が短くなり易い。この点から、リアクトル１は、小型である。

[0106] その上、実施形態１のリアクトル１は、第一の複合コア３０を製造し易いため、製造性にも優れる。この理由は、複合コア３０が複合材料の成形体３５と圧粉成形体３９とを独立して成形でき、各成形体の製造性に優れるからである。また、両成形体を積層した後、樹脂モールド部６で覆うという単純な工程で積層物を一体化できることから、リアクトル１は製造性に優れる。

[0107] 更に、本例のリアクトル１は、以下の効果を奏する。

(１) 以下の点から、リアクトル１はより磁気飽和し難い。

第一の複合コア３０に備えられる複合材料の成形体３５は、幅方向の中央部の厚さが局所的に厚い。そのため、外側コア部３２において磁束が通過し易い箇所の体積が大きく確保される。

第二の複合コア３４を備えて、両外側コア部３２を構成する部材が複合材料の成形体３５を含む。

内側コア部３１を構成する部材が複合材料の成形体３７を含む。

複合材料の成形体３５と圧粉成形体３９との界面が磁束方向に平行に配置される。そのため、上記界面が磁路に与える影響を実質的に無視でき、所定の磁気特性が維持される。

[0108] (２) 以下の点から、リアクトル１はより小型である。

第一の複合コア３０は凹部３５５を有する。そのため、複合コア３０は、連結部２ｊとの接触を回避しつつ、巻回部２ａ，２ｂの外周面のうち、高さ方向の上側の面から突出しない範囲で高さ h_{35} を高くし易い。ひいては複合コア３０の最大高さ h_{32} を高くすることができる。その結果、磁性コア３の軸長さ L_3 をより短くすることができる。

第一の複合コア３０の内端面３ｅにおいて、主として内側コア部３１を構

成する複合材料の成形体 37 の端面が接続される領域の全体が圧粉成形体 39 で構成される。このような複合コア 30 は、複合材料の成形体 35 よりも高い比透磁率を有する圧粉成形体 39 を多く含む。そのため、上記の内側コア部 31 との接続領域の一部が複合材料の成形体 35 で構成される場合よりも、複合コア 30 の軸長さを短くすることができる。

[0109] (3) 以下の点から、リアクトル 1 は製造性により優れる。

圧粉成形体 39 が単純な形状であり、容易に、かつ精度よく成形できる。

複合材料の成形体 35 と圧粉成形体 39 との双方で凹部 355 が形成される。そのため、複合材料の成形体 35 も比較的単純な形状であり、容易に、かつ精度よく成形できる。

複合材料の成形体 35 の下面及び圧粉成形体 39 の上面は、高さ方向に直交に配置される平面である。そのため、両成形体が隙間なく積層され易い。

第一の複合コア 30 と第二の複合コア 34 とが同一形状、同一の大きさであり、同一の原料、同一の製造条件で製造できる。

各巻回部 2a, 2b の内側に配置され、内側コア部 31 を構成する部材、ここでは複合材料の成形体 37 を同一の原料、同一の製造条件で製造することができる。

一つの巻回部 2a 又は 2b の内側に配置され、内側コア部 31 を構成する部材の個数が一つであり、磁性コア 3、ひいてはリアクトル 1 の組付部品点数が少ない。

[0110] (4) 以下の点から、リアクトル 1 はより低損失である。

磁性コア 3 が複合材料の成形体 37 を含むため、複合材料の成形体を含まず、圧粉成形体からなる磁性コアに比較して、渦電流損等の鉄損が低減される。

複合材料の成形体 35 の突出部 351 が外端面 30 寄りに設けられることで、外部への漏れ磁束が低減される。この点からも、漏れ磁束に起因する損失が低減される。

[0111] 実施形態 1 で説明した複合コアについて、形状や大きさ、成形体の積層数

等を変更することができる。製造過程における積層状態を変更することができる。また、各外側コア部32を構成する複合コアの形状等を変更することができる。

以下、実施形態1との相違点を詳細に説明し、実施形態1と重複する構成及び効果等は詳細な説明を省略する。

[0112] [実施形態2]

図5Aを参照して、実施形態2のリアクトルを説明する。ここでは、第一の複合コア30Aを詳細に説明する。

図5A、後述する図5Bはいずれも第一の複合コア30A、30Bのみを示し、その他のリアクトルの構成要素を省略する。図5A、5Bは、図4と同様に、第一の複合コア30A、30Bを外端面30側からみた正面図である。

[0113] 図5Aに示す第一の複合コア30Aのように、複合材料の成形体35において基部350の角部が面取りされてもよい。図5Aは、比較的偏平な直方体状の基部350において、対向する二つの角部がC面取りされた状態を例示するが、R面取りでもよい。この点は、後述する実施形態3も同様である。複合材料の成形体35は、このような面取りされたような形状を容易に成形できる。

[0114] また、図5Aに示す第一の複合コア30Aは、上述の面取りによって除去された角部の体積を突出部351に加えている。そのため、図5Aの複合コア30Aの高さ h_{35} は、図4の第一の複合コア30の高さ h_{35} よりも高い。ここで、外側コア部32における幅方向の中央部では、幅方向の端部に比較して磁束が通過し易い。図5Aの複合コア30Aは、図4の複合コア30に比較して、幅方向の中央部に位置する突出部351の体積が大きい。そのため、複合コア30Aを備える磁性コアはより磁気飽和し難い。また、角部が落とされた複合コア30Aは、強度にも優れる。

[0115] なお、第二の複合コアを備える場合、図示しないが、第二の複合コアに対して、上述のように角部が面取りされたり、高さ h_{35} がより高くなったりし

てもよい。

[0116] [実施形態3]

図5Bを参照して、実施形態3のリアクトルを説明する。ここでは、第一の複合コア30Bを詳細に説明する。

[0117] 図5Bに示す第一の複合コア30Bでは、複合材料の成形体35が突出部351を有していない。即ち、突出部351は省略されてもよい。複合コア30Bは、比較的偏平な直方体において対向する二つの角部が面取りされたような形状である。

[0118] また、図5Bに示す第一の複合コア30Bは、複数の複合材料の成形体35を備える多層構造体である。本例の複合コア30Bは、一つの圧粉成形体39の上下を挟むように二つの複合材料の成形体35を備える三層構造である。

[0119] 第一の複合コア30Bに備えられる圧粉成形体39は、直方体状である。但し、この圧粉成形体39の高さ h_{39} は、図4の第一の複合コア30に備えられる圧粉成形体39の高さ h_{39} より小さく、内側コア部31の高さ h_{31} （図3参照）に概ね等しい。

[0120] 第一の複合コア30Bに備えられる各複合材料の成形体35は、圧粉成形体39よりも高さ方向に突出する箇所、即ち内側コア部31の外周面を延長した仮想面よりも高さ方向に突出する箇所を構成する。各複合材料の成形体35は、比較的偏平な直方体について、対向する二つの角部が面取りされたような形状である。両複合材料の成形体35は、複合コア30Bが高さ方向の二等分線を中心として概ね線対称な形状となるように配置される。

[0121] このように複合コアを構成する成形体の大きさを変えて、成形体の積層数を変更することができる。なお、図4に示す第一の複合コア30や図5Aに示す第一の複合コア30Aのように、複合コアは高さ方向の二等分線を中心として非対称な形状でもよい。

[0122] 第一の複合コア30Bは、図4に示す複合コア30に対して、複合材料の成形体35の含有割合が大きいため、より磁気飽和し難い磁性コアを構築で

きる。また、圧粉成形体 39 の高さ方向の上下を複合材料の成形体 35 で挟むことで、複合コア 30B からの漏れ磁束が低減されて、低損失な磁性コアが構築される。

[0123] [実施形態 4, 5]

図 6, 図 7 をそれぞれ参照して、実施形態 4, 5 のリアクトルを説明する。図 6, 図 7 は、磁性コア 3C, 3D のみを示し、その他のリアクトルの構成要素を省略する。

図 6, 図 7 は、紙面下方をリアクトルの設置側とし、リアクトルを設置した状態において磁性コア 3C, 3D を巻回部の並び方向にみた側面図である。上記並び方向は、図 6, 図 7 では紙面垂直方向に相当する。また、図 6, 図 7 は、複合材料の成形体 35 において、基部 350 と突出部 351 との境界、基部 350 と後述の張出部 352 との境界を二点鎖線で仮想的に示す。

[0124] 図 6 に示す実施形態 4 のリアクトルでは、磁性コア 3C が第一の複合コア 30C と第二の複合コア 34C とを備えており、両者の形状、大きさが異なる。同様に、図 7 に示す実施形態 5 のリアクトルでは、磁性コア 3D が第一の複合コア 30D と第二の複合コア 34D とを備えており、両者の形状、大きさが異なる。

以下、磁性コア 3C, 3D を詳細に説明する。

[0125] [実施形態 4]

実施形態 4 のリアクトルに備えられる磁性コア 3C は、主として外側コア部 32 を構成する第一の複合コア 30C、第二の複合コア 34C と、主として内側コア部 31 を構成する複合材料の成形体 37 とを備える。

[0126] 本例の第一の複合コア 30C は、図 3 に示す第一の複合コア 30 と同様に一つの複合材料の成形体 35 と、一つの圧粉成形体 39 とを備える。複合材料の成形体 35 は、基部 350 と突出部 351 と凹部 355 とを備える。但し、複合材料の成形体 35 と圧粉成形体 39 との界面の位置が図 3 の複合コア 30 とは異なる。複合コア 30 における上記境界の位置は、内側コア部 31 を構成する複合材料の成形体 37 の端面に対して、高さ方向の中間位置に

配置される。このような配置状態となるように、両成形体の大きさが調整される。なお、上記界面は、磁束方向に実質的に平行するように配置される。磁束方向は、図6では紙面左右方向に相当する。

[0127] 本例の圧粉成形体39は、直方体状である。この圧粉成形体39は、実施形態1と同様に内側コア部31の外周面を延長した仮想面、特に高さ方向の下側の面よりも高さ方向の下側に突出する箇所を有する。但し、圧粉成形体39の外周面のうち、内端面3eを構成する一面に対して、複合材料の成形体37の端面の一部のみが接触する。

[0128] 複合材料の成形体35は、直方体状の基部350の外端面3o側に、基部350よりも軸長さが短い直方体状の突出部351が配置された段差形状である。ここでの基部350とは、圧粉成形体39の幅及び軸長さに等しい幅及び軸長さを有し、圧粉成形体39における高さ方向の上側の面から、内側コア部31の外周面のうち高さ方向の上側の面までの高さを有する直方体の部分とする。この点は後述する第二の複合コア34C、34Dについても同様である。基部350における高さ方向の上側の面は、上記内側コア部31の高さ方向の上側の面と面一である。この基部350に突出部351が立設される。そのため、突出部351は、内側コア部31の外周面を延長した仮想面よりも高さ方向の上側に突出する箇所を構成する。また、基部350における上記上側の面と、突出部351の一面とで、コイル2の連結部2j（図3参照）が配置される凹部355を形成する。つまり、第一の複合コア30Cでは、凹部355を形成する内周面の全体が複合材料の成形体35で構成される。

[0129] 本例では、突出部351の幅は、基部350の幅に等しい。外側コア部32の最大高さ h_{32} は、複合材料の成形体35の高さ h_{35} と圧粉成形体39の高さ h_{39} との合計値に相当し、内側コア部31の高さ h_{31} よりも大きい。

[0130] 本例の第二の複合コア34Cは、上述の第一の複合コア30Cと同様に、一つの複合材料の成形体35と、一つの圧粉成形体39とを備える。複合コア34Cに備えられる圧粉成形体39の形状、大きさ、内側コア部31に対

する配置状態は第一の複合コア 30C に備えられる圧粉成形体 39 と同様である。そのため、複合コア 34C における複合材料の成形体 35 と圧粉成形体 39 との界面も、内側コア部 31 を構成する複合材料の成形体 37 の端面に対して、高さ方向の中間位置に配置される。

[0131] 但し、第二の複合コア 34C に備えられる複合材料の成形体 35 は、直方体状であり、段差形状ではない。この複合材料の成形体 35 は、第一の複合コア 30C に備えられる複合材料の成形体 35 から突出部 351 を省略し、基部 350 のみとしたような形状である。そのため、複合コア 34C に備えられる複合材料の成形体 35 における高さ方向の上側の面は、内側コア部 31 における高さ方向の上側の面と面一である。

[0132] 更に、本例では、第二の複合コア 34C を構成する複合材料の成形体 35 は、直方体状の基部 350 と、基部 350 から磁性コア 3C の軸方向に突出する張出部 352 とを備える。上述のように基部 350 の軸長さは複合コア 34C を構成する圧粉成形体 39 の軸長さに等しい。このことから、張出部 352 は、複合コア 34C を構成する圧粉成形体 39 の外端面 30 よりも巻回部の軸方向の外方、図 6 では紙面左右方向の右方に突出する。

[0133] 張出部 352 における圧粉成形体 39 の外端面 30 からの突出長さは、適宜選択できる。上記突出長さが大きいほど、第二の複合コア 34C における複合材料の成形体 35 の含有割合を大きくでき、磁性コア 3C が磁気飽和し難い。しかし、磁性コア 3C の軸長さが長くなり易く、磁性コア 3C が小型になり難い。より小型化を望む場合には、上記突出長さは、例えば圧粉成形体 39 の軸長さの 5% 以上 15% 以下程度が挙げられる。

[0134] 実施形態 4 のリアクトルでは、第一の複合コア 30C と第二の複合コア 34C とが異なる形状、大きさであるため、各複合コア 30C, 34C が配置される箇所の形状に適応させ易い。

[0135] 例えば、巻回部 2a, 2b (図 3 参照) の一端側、即ち連結部 2j 側に配置される第一の複合コア 30C は、凹部 355 を備える。そのため、連結部 2j との接触を回避しつつ、突出部 351 の高さを高くすることができる。

ひいてはこのリアクトルは磁気飽和し難い。本例のリアクトルは、複合材料の成形体 3 5 と圧粉成形体 3 9 との界面が、内側コア部 3 1 の高さ方向の中間位置に配置されることから、磁気飽和し難い。

[0136] 又は、例えば、巻回部 2 a, 2 b の他端側、即ち連結部 2 j とは反対側に配置される第二の複合コア 3 4 C は、張出部 3 5 2 を備える。張出部 3 5 2 は、例えば端子台に利用できる。即ち、磁性コア 3 C は、端子台を一体に備えるといえる。このような実施形態 4 のリアクトルは、端子台を含めたリアクトルの軸長さを短くし易い点で、小型である。なお、端子台とは、端子金具を固定する台座である。端子金具は、コイル 2 を構成する巻線 2 w (図 1 参照) の端部や、コイル 2 に接続される電線の端部に取り付けられる。

[0137] [実施形態 5]

実施形態 5 のリアクトルに備えられる磁性コア 3 D は、第一の複合コア 3 0 D、第二の複合コア 3 4 D と、複合材料の成形体 3 7 とを備える。第一の複合コア 3 0 D は、主として巻回部 2 a, 2 b の一端側、即ち連結部 2 j 側に配置される外側コア部 3 2 を構成する。第二の複合コア 3 4 D の一部は、主として巻回部 2 a, 2 b の他端側、即ち連結部 2 j とは反対側に配置される外側コア部 3 2 を構成する。複合コア 3 4 D の他部は、内側コア部 3 1 の一部を構成する。複合材料の成形体 3 7 は、主として内側コア部 3 1 を構成する。なお、上記連結部 2 j 側は、図 7 では左側、上記連結部 2 j とは反対側は、図 7 では右側に相当する。

[0138] 本例の第一の複合コア 3 0 D は、図 5 B に示す第一の複合コア 3 0 B と同様に二つの複合材料の成形体 3 5 と、一つの圧粉成形体 3 9 とを備える三層構造である。いずれの成形体も直方体状であり、高さ方向の上側に配置される複合材料の成形体 3 5 は、突出部 3 5 1 及び凹部 3 5 5 を備えていない。高さ方向の上側に配置される複合材料の成形体 3 5 はこのような単純な形状でもよい。上述の実施形態 4 と同様に、上側の複合材料の成形体 3 5 と圧粉成形体 3 9 との界面の位置及び圧粉成形体 3 9 と下側の複合材料の成形体 3 5 との界面の位置のいずれもが、複合材料の成形体 3 7 の端面に対して、高

さ方向の中間位置に配置される。各界面の位置が上記中間位置となるように、各成形体の大きさが調整される。なお、上記各界面は、磁束方向、図7では紙面左右方向に実質的に平行するように配置される。

[0139] 本例では、上側の複合材料の成形体35は、内側コア部31の外周面を延長した仮想面よりも高さ方向の上側に突出する箇所を有するように高さ h_{35} が調整される。上記上側に突出する箇所の突出高さは、コイル2の連結部2jと干渉しない高さとする。即ち、上記突出高さは、連結部2jの下端までの高さとする。上記突出高さは、内側コア部31における上記仮想面のうち、高さ方向の上側の面から、上側の複合材料の成形体35における高さ方向の上側の面までの距離とする。圧粉成形体39の高さ h_{39} は、内側コア部31の高さ h_{31} よりも小さい。下側の複合材料の成形体35は、内側コア部31における上記仮想面よりも高さ方向の下側に突出する箇所を有するように高さ h_{35} が調整される。

[0140] 本例では、各複合材料の成形体35の幅及び軸長さは等しく、圧粉成形体39の幅及び軸長さに等しい。外側コア部32の最大高さ h_{32} は、二つの複合材料の成形体35の高さ h_{35} と一つの圧粉成形体39の高さ h_{39} との合計値($2 \times h_{35} + h_{39}$)に相当し、内側コア部31の高さ h_{31} よりも大きい。

[0141] 本例の第二の複合コア34Dは、上述の第一の複合コア30Dと同様に、二つの複合材料の成形体35と、一つの圧粉成形体39とを備える三層構造である。また、複合コア34Dにおける複合材料の成形体35と圧粉成形体39との各界面は、上述の第一の複合コア30Dと同様に、複合材料の成形体37の端面に対して、高さ方向の中間位置に配置される。

[0142] 特に、第二の複合コア34Dは、内側コア部31の一部を構成する部分と、外側コア部32を構成する部分とを有する。そのため、複合コア34Dの最大軸長さは、第一の複合コア30Dの軸長さよりも長い。また、複合コア34Dは、局所的に高さが異なる。

[0143] 本例の第二の複合コア34Dでは、圧粉成形体39は直方体状である。上側の複合材料の成形体35は、高さ方向にみた平面形状がU字状であり、幅

方向にみた平面形状がL字状である。また、上側の複合材料の成形体35は、基部350と、基部350に対して直交方向に配置される張出部352とを備える。張出部352は、直方体状であり、圧粉成形体39の外端面30の一部を覆うように基部350に連結される。このような張出部352によって、複合材料の成形体35の体積が大きく確保される。下側の複合材料の成形体35は、高さ方向にみた平面形状がU字状であり、幅方向にみた平面形状がL字状である。また、下側の複合材料の成形体35は、高さが相対的に小さい箇所と、高さが相対的に大きい箇所とを備える。上記高さが相対的に大きい箇所は、高さ h_{35} を有する部分である。

[0144] 第二の複合コア34Dでは、上側の複合材料の成形体35における基部350の一部と、圧粉成形体39の一部と、下側の複合材料の成形体35における高さが相対的に小さい箇所とが積層された部分が、内側コア部31の一部を構成する。上側の複合材料の成形体35における基部350の他部及び張出部352と、圧粉成形体39の他部と、下側の複合材料の成形体35における高さが相対的に大きい箇所とが積層された部分が、外側コア部32を構成する。

[0145] 張出部352の突出長さは、適宜選択できる。上記突出長さは、圧粉成形体39における外端面30を構成する面から磁性コア3Dの軸方向に沿った距離とする。上記突出長さの大きさは上述の実施形態4を参照するとよい。張出部352の高さは大きいほど、第二の複合コア34Dにおける複合材料の成形体35の含有割合が大きくなる。そのため、磁性コア3Dが磁気飽和し難い。例えば、張出部352の高さは、張出部352の高さ方向の下端が、下側の複合材料の成形体35における高さ方向の下側の面、ここでは設置側の面に至るまでの大きさでもよい。本例のように上側の複合材料の成形体35がL字状である場合、張出部352を圧粉成形体39の位置決め部材に利用でき、位置ずれが防止され易い。張出部352の高さが大きいほど、張出部352を上記位置決め部材として適切に利用できると期待される。張出部352の高さは、例えば複合コア34Dの高さの5%以上100%以下が

挙げられる。

[0146] 実施形態5のリアクトルも、実施形態4と同様に、第一の複合コア30Dと第二の複合コア34Dとが異なる形状、大きさであるため、各複合コア30D、34Dが配置される箇所の形状に適応させ易い。特に、第一の複合コア30Dは、内側コア部31における上述の仮想面よりも高さ方向に突出する箇所を備えるものの、連結部2jとの接触を回避できる。また、上記突出する箇所を有することで、実施形態5のリアクトルは磁気飽和し難い上に、突出高さが実施形態4等と比較して小さいことで、軽量化を図れる。第二の複合コア34Dが張出部352を備えることで、実施形態4と同様に、端子台を含めたリアクトルの軸長さが短くなり易い。

[0147] 更に、実施形態5のリアクトルでは、第一の複合コア30D及び第二の複合コア34Dが三層構造であり、複合材料の成形体35の含有割合が大きい。第二の複合コア34Dが内側コア部31の一部を構成することからも、複合材料の成形体35の含有割合が大きい。これらの点で、実施形態5のリアクトルは、より磁気飽和し難い。また、圧粉成形体39の高さ方向の上下を複合材料の成形体35で挟むことで、複合コア30D、34Dからの漏れ磁束が低減される。張出部352が圧粉成形体39の外端面30の少なくとも一部を覆うことで、上記漏れ磁束が低減され易い。これらの点で、実施形態5のリアクトルは、より低損失である。

[0148] なお、実施形態4、5において、第二の複合コア34C、34Dに備えられる張出部352は省略されてもよい。この場合、複合コア34C、34Dの外端面30は、第一の複合コア30C、30Dと同様に、複合材料の成形体35、圧粉成形体39による平坦な平面で構成される。このような磁性コア3C、3Dは、軸長さをより短くでき、小型化を図れる。

[0149] [実施形態6]

図8A、図8Bを参照して、実施形態6のリアクトルを説明する。

図8Aは、実施形態6のリアクトルに備えられる保持部材5Aを、コア側から貫通孔5hの軸方向にみた正面図である。図8Bは、図8Aに示す保持

部材 5 A に圧粉成形体 3 9 を配置した状態を示す正面図である。

[0150] 実施形態 6 のリアクトルは、両巻回部 2 a, 2 b (図 1) の端面と第一の複合コア 3 0 E (図 8 B) とを保持する枠状の保持部材 5 A を備える。保持部材 5 A の概略は実施形態 1 で説明した通りである。特に、実施形態 6 のリアクトルに備えられる保持部材 5 A には、複合コア 3 0 E を構成する複合材料の成形体 3 5 が一体成形されている。以下、保持部材 5 A を詳細に説明する。

[0151] 本例の保持部材 5 A は、図 8 A に示すように長方形の枠状であり、二つの長方形の貫通孔 5 h を有する。貫通孔 5 h の開口面積は、内側コア部 3 1 を構成するコア部材の端面の面積よりも大きい。本例では、各貫通孔 5 h の内周縁における幅が内側コア部 3 1 の幅よりも大きい。そのため、貫通孔 5 h に内側コア部 3 1 を挿通した状態では、貫通孔 5 h における幅方向の外側の領域は、内側コア部 3 1 に塞がれず、隙間 5 7 が設けられる。隙間 5 7 は、巻回部 2 a, 2 b (図 1) の内周面と内側コア部 3 1 との間に連通する。この隙間 5 7 は、図 8 B に示すように圧粉成形体 3 9 が配置された状態でも維持される。そのため、隙間 5 7 は、樹脂モールド部 6 の製造過程で、内側樹脂部を形成するための流路に利用できる。

[0152] 本例では、保持部材 5 A のコア側には、長方形の溝部 5 2 が設けられる。溝部 5 2 の底部 5 3 には貫通孔 5 h が設けられる。溝部 5 2 の開口面積は、図 8 B に示すように圧粉成形体 3 9 が配置された状態において、圧粉成形体 3 9 の外周面のうち、幅方向の両側の面と、高さ方向の上側の面の一部と、溝部 5 2 の内壁面との間に隙間 5 8 が設けられるように調整される。隙間 5 8 は、樹脂モールド部 6 の製造過程で外側樹脂部 6 0 等 (図 1) を形成するための流路に利用できる。隙間 5 8 の一部は、上述の隙間 5 7 に重複する。

[0153] 上述の溝部 5 2 の開口縁のうち、高さ方向の上側の領域であって、幅方向の中央部を分断するように、複合材料の成形体 3 5 が保持部材 5 A に一体化されている。上記高さ方向は、図 8 A, 図 8 B では紙面上下方向に相当する

。

[0154] 本例の複合材料の成形体 3 5 は、図 8 A に示すように T 字状である。保持部材 5 A における高さ方向の上側の枠部は、複合材料の成形体 3 5 における T 字の横棒部分の両端を抱える一対の爪部 5 0 を有する。両爪部 5 0 によって複合材料の成形体 3 5 が支持されることで、複合材料の成形体 3 5 が保持部材 5 A から脱落することを防止できる。なお、複合材料の成形体 3 5 の形状は適宜変更できる。例えば複合材料の成形体 3 5 の形状は直方体状でもよい。しかし、本例のように複合材料の成形体 3 5 における高さ方向の上側の領域の幅が下側の領域の幅よりも狭いといった形状、例えば台形状であると、保持部材 5 A に爪部 5 0 等を備えることで、複合材料の成形体 3 5 の脱落が防止され易い。

[0155] 複合材料の成形体 3 5 の幅、高さ、軸長さ等は、保持部材 5 A の製造性、リアクトルの組立作業性、樹脂モールド部 6 (図 1) の製造性等を考慮して、適宜選択できる。上述の脱落防止を望む場合等では、複合材料の成形体 3 5 において、圧粉成形体 3 9 の高さ方向の上側の面に接触する面の幅は、本例のように圧粉成形体 3 9 の幅よりも小さいことが好ましい。

[0156] また、本例の複合材料の成形体 3 5 において、上述の圧粉成形体 3 9 の上側の面と接触する面は、平面である。この圧粉成形体 3 9 に接触する平面は、複合材料の成形体 3 5 と圧粉成形体 3 9 との界面が磁束方向に実質的に平行に配置されるように設けられている。また、上記平面は、貫通孔 5 h の内周縁のうち、高さ方向の上側の領域と実質的に面一になるように設けられている。そのため、上記界面は、実施形態 1 と同様に、内側コア部 3 1 の外周面のうち、高さ方向の上側の面とほぼ同じ高さに位置する。

[0157] 図 8 B に示すように保持部材 5 A のコア側の溝部 5 2 に圧粉成形体 3 9 が嵌め込まれることで、複合材料の成形体 3 5 と圧粉成形体 3 9 とが積層される。第一の複合コア 3 0 E が、実施形態 3, 5 のように三層以上の多層構造である場合には、溝部 5 2 に各成形体を嵌め込むとよい。この嵌め込み作業によって、保持部材 5 A とこれらの積層物とが組み付けられる。この組み付

け状態で、圧粉成形体 39 の外端面 30 側から樹脂モールド部 6 の樹脂を充填することで、上記積層物を覆う外側樹脂部 60 等が形成される。

[0158] 実施形態 6 のリアクトルでは、上述のように保持部材 5 A と圧粉成形体 39 とを組み付けることで、複合材料の成形体 35 と圧粉成形体 39 との積層と、この積層物に対する保持部材 5 A との組み付けとを同時に行うことができる。また、保持部材 5 A によって、上記積層物の積層状態が維持され易い。これらのことから、実施形態 6 のリアクトルは、製造性により優れる。

[0159] 本例のリアクトルでは、保持部材 5 A の溝部 52 の開口縁と圧粉成形体 39 との間に隙間 58 があり、この隙間 58 を埋めるように外側樹脂部 60 等を形成することができる。隙間 58 は隙間 57 に連通しており、隙間 58 を介して隙間 57 を埋めるように内側樹脂部も形成することができる。このように樹脂モールド部 6 を形成し易い点からも、実施形態 6 のリアクトルは製造性に優れる。また、樹脂モールド部 6 によって、複合材料の成形体 35 と圧粉成形体 39 との界面を覆うことで、磁性コアにおける一体物としての剛性、強度が高められる。従って、実施形態 6 のリアクトルは強度に優れる。

[0160] 本発明は、これらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

例えば、上述の実施形態 1 ～ 6 に対して、以下の少なくとも一つの変更が可能である。

[0161] (変形例 A) 両巻回部の軸方向の他端側、つまり連結部とは反対側に配置される外側コア部が複合コア以外の部材によって構成される。

例えば、上記外側コア部は圧粉成形体又は複合材料の成形体で構成されてもよい。又は、上記外側コア部は複合材料の成形体、圧粉成形体、軟磁性材料からなる板材の積層体、及び焼結体から選択される二種以上の成形体で構成されてもよい。但し、上述の組み合わせのうち、複合材料の成形体及び圧粉成形体を含む場合は除く。板材の積層体は、代表的には電磁鋼板等の板材が積層されたものが挙げられる。焼結体は、代表的には、フェライトコア等

が挙げられる。

[0162] (変形例B) 内側コア部を構成する部材が複合コアを含む。

例えば、図7に示す第二の複合コア34Dにおいて、内側コア部31を構成する箇所が延長されてもよい。又は、磁性コアは、外側コア部を構成する複合コアとは別に、内側コア部を構成する複合コアを別途備えてもよい。

[0163] (変形例C) 複合コアが三層以上の積層物である場合、複合材料の成形体及び圧粉成形体以外の構成材料からなる成形体を含む。

例えば、複合コアは、複合材料の成形体及び圧粉成形体に加えて、上述の軟磁性材料からなる板材の積層体や焼結体等を含むことが挙げられる。

[0164] (変形例D) コイルの連結部の配置位置が以下を満たす。

図3を用いて説明する。図3に示す連結部2jは両巻回部2a, 2bにおける高さ方向の上側の面に面一な位置に設けられる。変形例Dでは例えば連結部2jが両巻回部2a, 2bの上記上側の面よりも高い位置に設けられる。この場合、内側コア部31の外周面を延長した仮想面から連結部2jの上端までの間により大きなデッドスペースが生じる。第一の複合コアは、このデッドスペースを低減するように設けることが挙げられる。

[0165] (変形例E) 各巻回部は、独立した2本の巻線によって構成される。

この場合、連結部は、各巻回部から引き出される巻線の両端部のうち、一端部同士を接続させるとよい。端部同士の接続は、巻線の端部同士が直接接続される形態と、間接接続される形態とが挙げられる。直接接続には、溶接や圧着等が利用できる。間接接続には、巻線の端部に取り付けられる適宜な金具等が利用できる。

[0166] (変形例F) リアクトルが以下の少なくとも一つを備える。いずれも図示を省略する。

(F-1) リアクトルは、温度センサ、電流センサ、電圧センサ、磁束センサ等のリアクトルの物理量を測定するセンサを備える。

(F-2) リアクトルは、コイルの巻回部の外周面の少なくとも一部に取り付けられる放熱板を備える。

放熱板は、例えば金属板、熱伝導性に優れる非金属無機材料からなる板材等が挙げられる。

(F-3) リアクトルは、リアクトルの設置側の面と、設置対象又は上記の放熱板との間に介在される接合層を備える。

接合層は、例えば接着剤層が挙げられる。電気絶縁性に優れる接着剤とすると、放熱板が金属板であっても、接着剤層によって巻回部と放熱板との間の絶縁性が高められて好ましい。

(F-4) リアクトルは、外側樹脂部に一体に成形され、リアクトルを設置対象に固定するための取付部を備える。

符号の説明

- [0167] 1 リアクトル
- 2 コイル
- 2 a, 2 b 巻回部、2 j 連結部、2 w 巻線
- 3, 3 C, 3 D 磁性コア
- 3 1 内側コア部、3 2 外側コア部、3 e 内端面、3 o 外端面
- 3 0, 3 0 A, 3 0 B, 3 0 C, 3 0 D, 3 0 E 第一の複合コア
- 3 4, 3 4 C, 3 4 D 第二の複合コア
- 3 5, 3 7 複合材料の成形体
- 3 5 0 基部、3 5 1 突出部、3 5 2 張出部、3 5 5 凹部
- 3 5 f 傾斜面
- 3 9 圧粉成形体
- 5, 5 A 保持部材
- 5 h 貫通孔、5 0 爪部、5 2 溝部、5 3 底部、5 5 凹部
- 5 7, 5 8 隙間
- 6 樹脂モールド部
- 6 0 第一の外側樹脂部、6 4 第二の外側樹脂部
- h_{31} , h_{35} , h_{39} 高さ、 h_{32} 最大高さ、 L_3 軸長さ
- W_{31} , W_{39} 幅、 W_{35} 最大幅、 θ 傾斜角度

請求の範囲

[請求項1]

コイルと、
磁性コアと、
前記磁性コアの外周面の少なくとも一部を覆う樹脂モールド部とを
備え、
前記コイルは、
二つの巻回部と、前記両巻回部を繋ぐ連結部とを備え、
前記磁性コアは、
前記各巻回部の内側に配置される内側コア部と、前記両巻回部の
外側に配置される外側コア部とを備え、
前記両外側コア部のうち、少なくとも一方は、
前記巻回部の軸方向及び前記両巻回部の並び方向の双方に直交す
る方向を高さ方向とし、磁性粉末と樹脂とを含む複合材料の成形体と
磁性粉末の圧粉成形体とが前記高さ方向に積層された複合コアを備え
、
前記連結部は、前記両巻回部の軸方向の一端側において、前記内側
コア部の端部よりも前記軸方向の外方及び前記高さ方向の上側に突出
して設けられ、
前記複合コアは、
前記両巻回部の軸方向の一端側に配置され、
前記内側コア部の外周面を延長した仮想面よりも前記高さ方向の
上側に突出する箇所を有し、
前記高さ方向の上側に前記複合材料の成形体が配置され、前記高
さ方向の下側に前記圧粉成形体が積層された第一の複合コアを含み、
前記樹脂モールド部は、前記第一の複合コアを覆う第一の外側樹脂
部を含む、
リアクトル。

[請求項2]

前記第一の複合コアを構成する前記複合材料の成形体において前記

両巻回部の並び方向の中央部の厚さは、前記両巻回部の並び方向の両端部の厚さよりも厚い請求項 1 に記載のリアクトル。

[請求項3] 前記連結部は、前記両巻回部を構成する巻線の一部が折り曲げられてなり、

前記第一の複合コアは、前記連結部が配置される凹部を有し、

前記第一の複合コアを構成する前記複合材料の成形体は、前記凹部を形成する内周面の少なくとも一部を構成する請求項 1 又は請求項 2 に記載のリアクトル。

[請求項4] 前記両巻回部の端面と前記第一の複合コアとを保持する枠状の保持部材を備え、

前記保持部材は、前記第一の複合コアを構成する前記複合材料の成形体が一体成形されている請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のリアクトル。

[請求項5] 前記複合コアは、

前記両巻回部の軸方向の他端側に配置され、

前記内側コア部の前記仮想面よりも前記高さ方向に突出する箇所を有する第二の複合コアを含み、

前記樹脂モールド部は、前記第二の複合コアを覆う第二の外側樹脂部を含み、

前記第二の複合コアを構成する前記複合材料の成形体は、前記第二の複合コアを構成する前記圧粉成形体よりも前記巻回部の軸方向の外方に突出する張出部を備える請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のリアクトル。

[請求項6] 前記内側コア部は、磁性粉末と樹脂とを含む複合材料の成形体を含む請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のリアクトル。

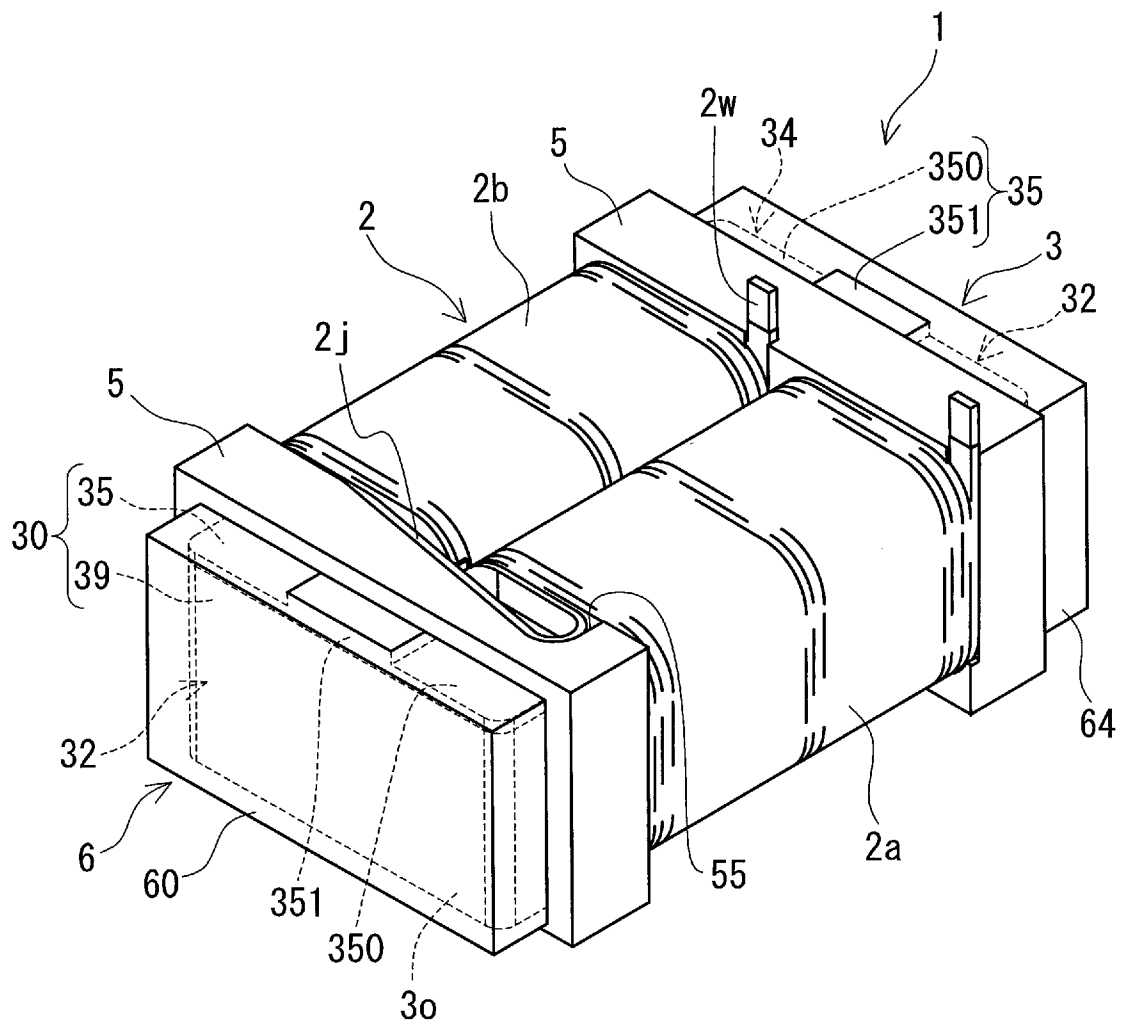
[請求項7] 前記複合材料の成形体の比透磁率は、5 以上 50 以下であり、

前記圧粉成形体の比透磁率は、前記複合材料の成形体の比透磁率の 2 倍以上である請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載のリアク

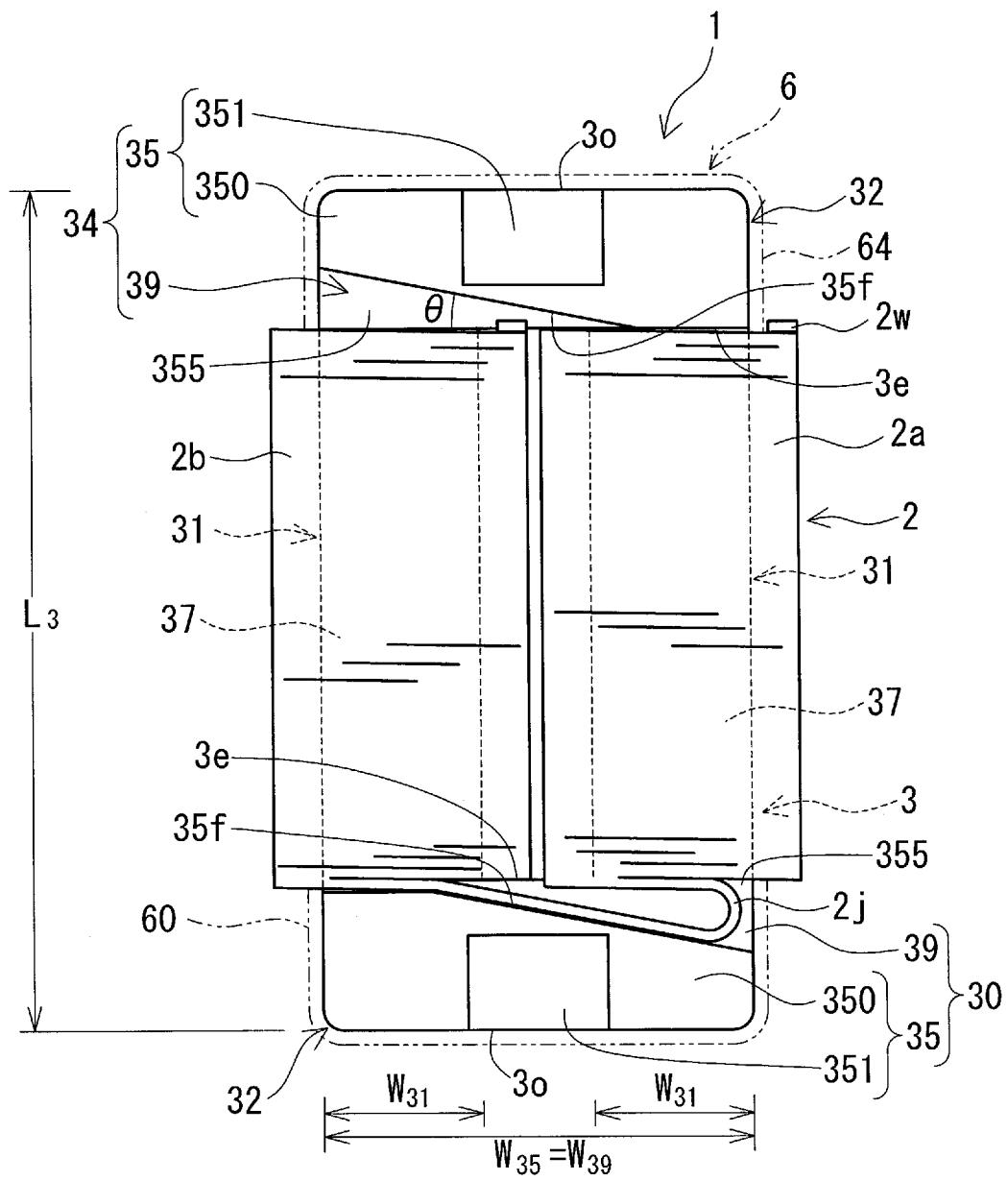
トル。

[請求項8] 前記圧粉成形体の比透磁率は、50以上500以下である請求項7に記載のリアクトル。

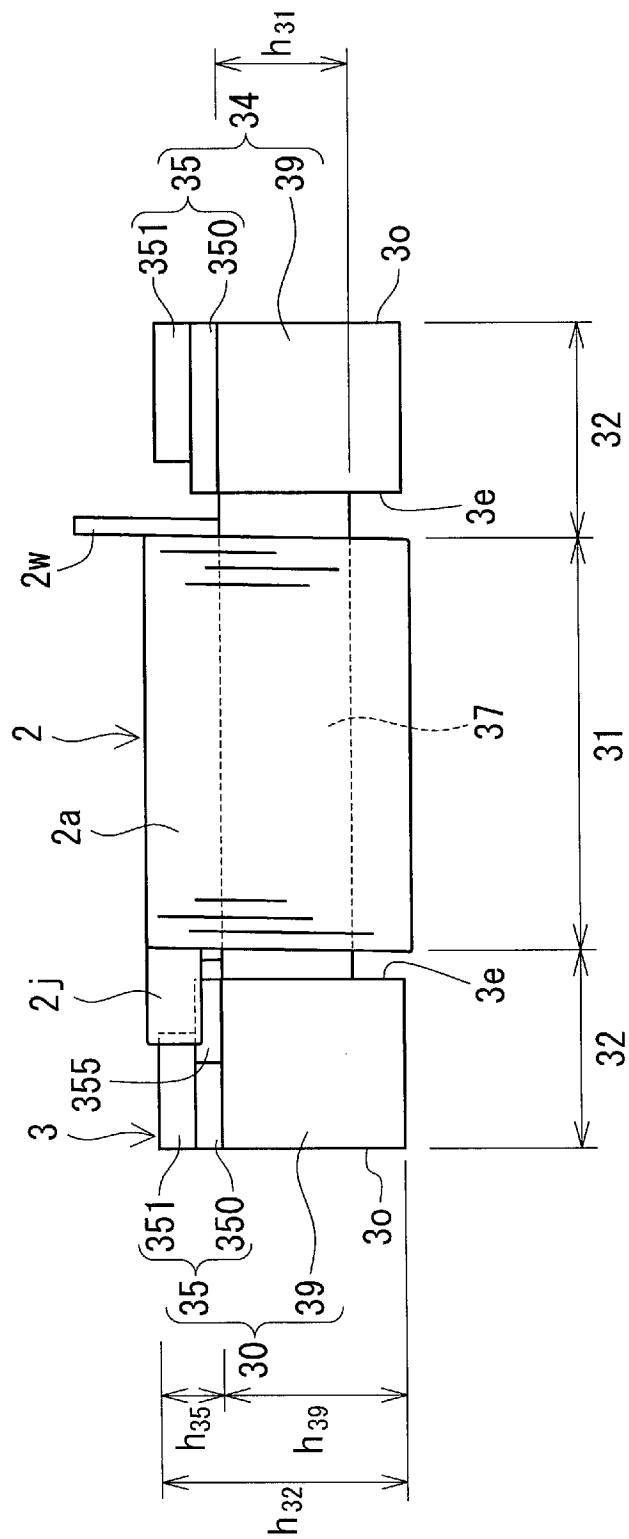
[図1]



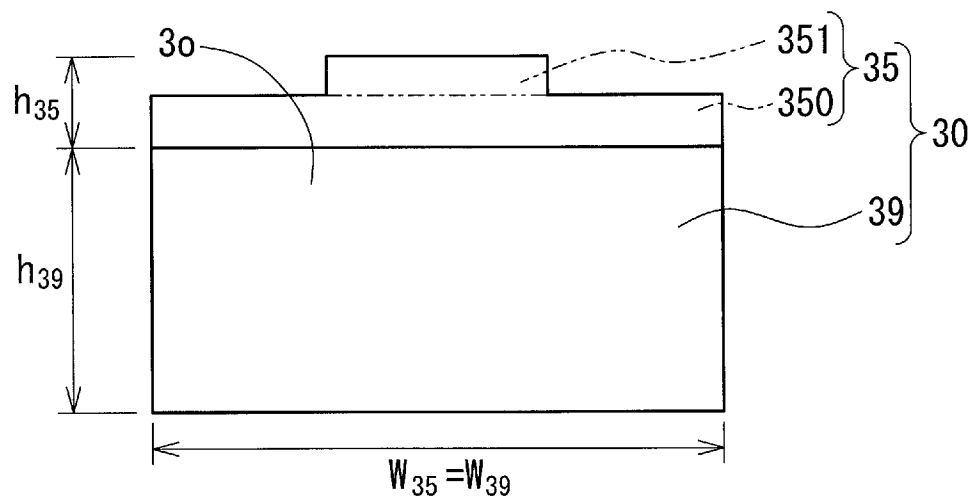
[図2]



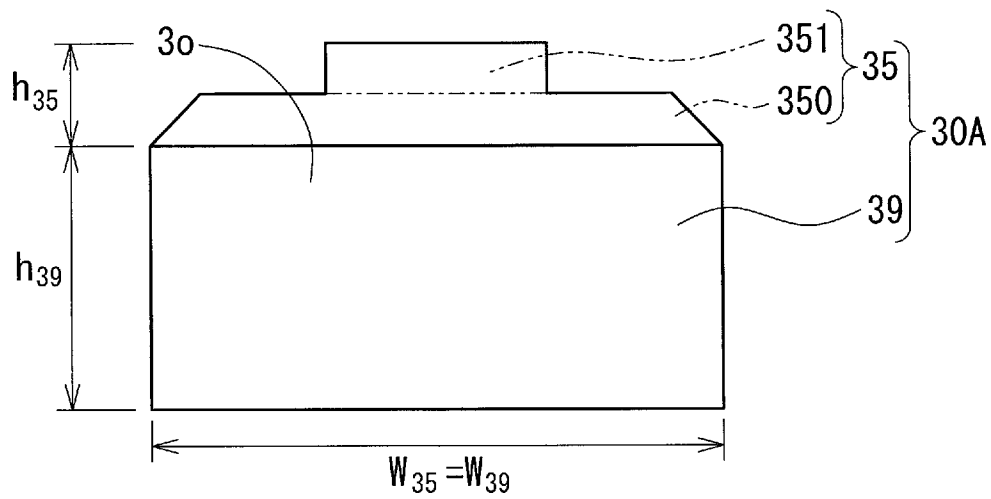
[図3]



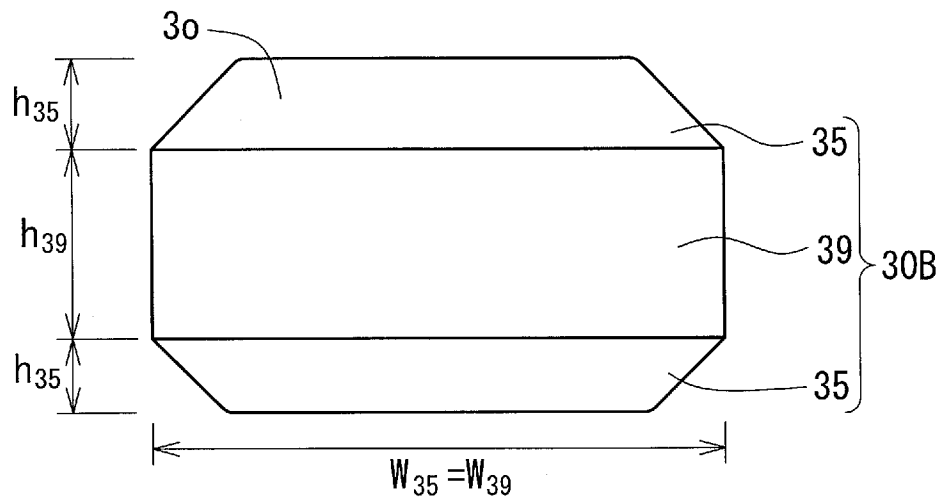
[図4]



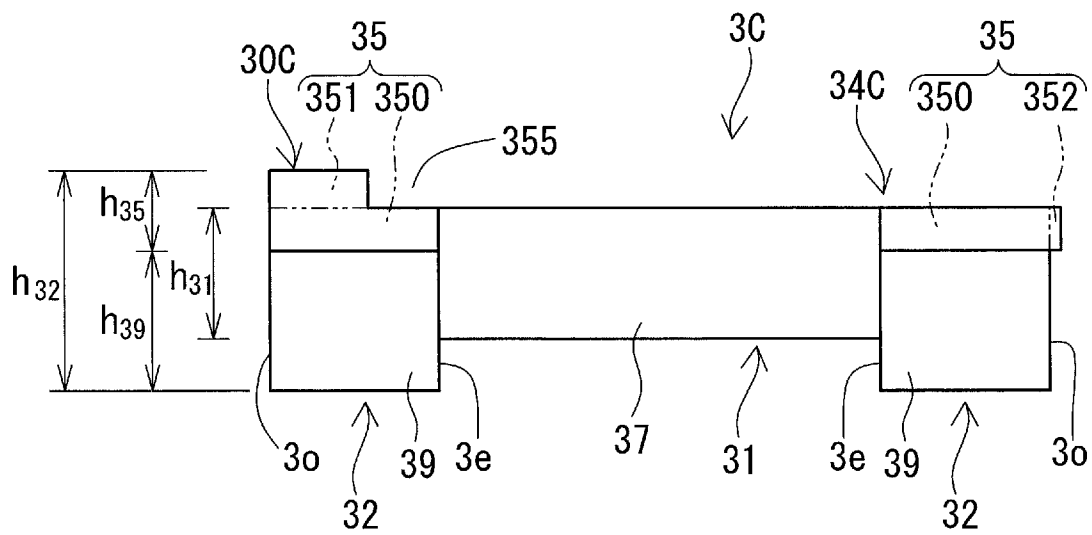
[図5A]



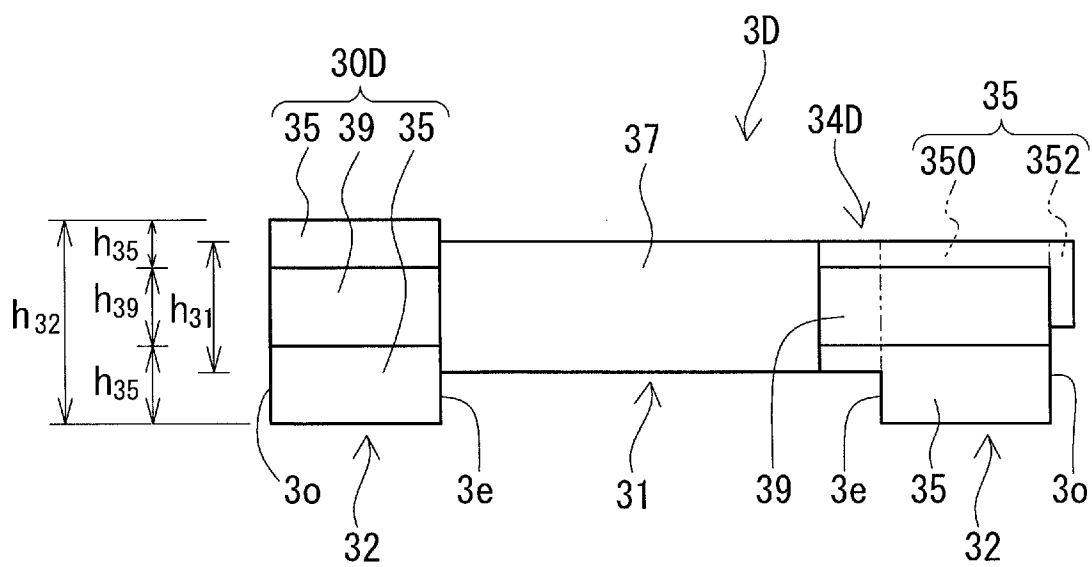
[図5B]



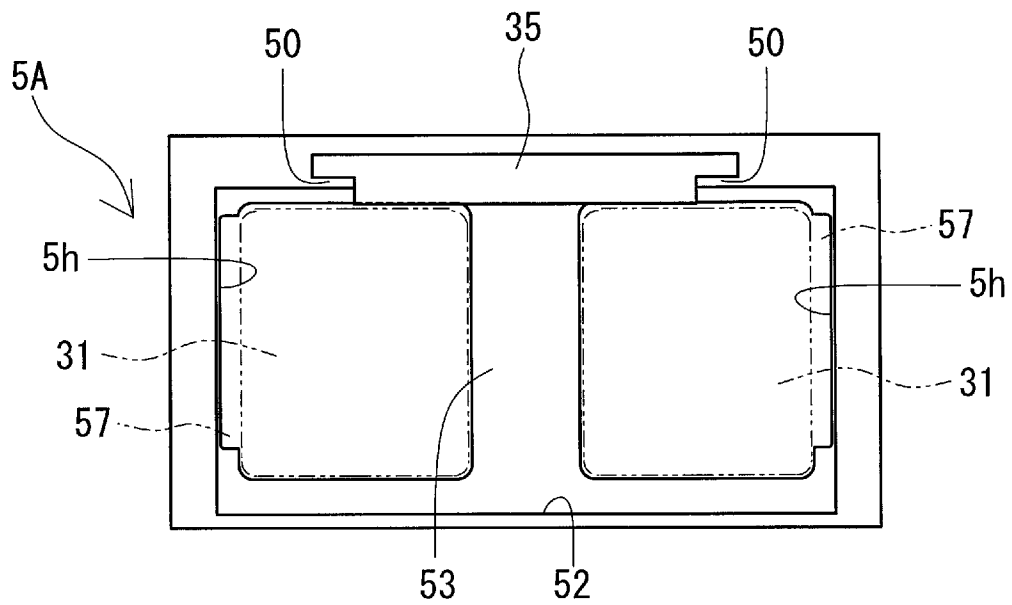
[図6]



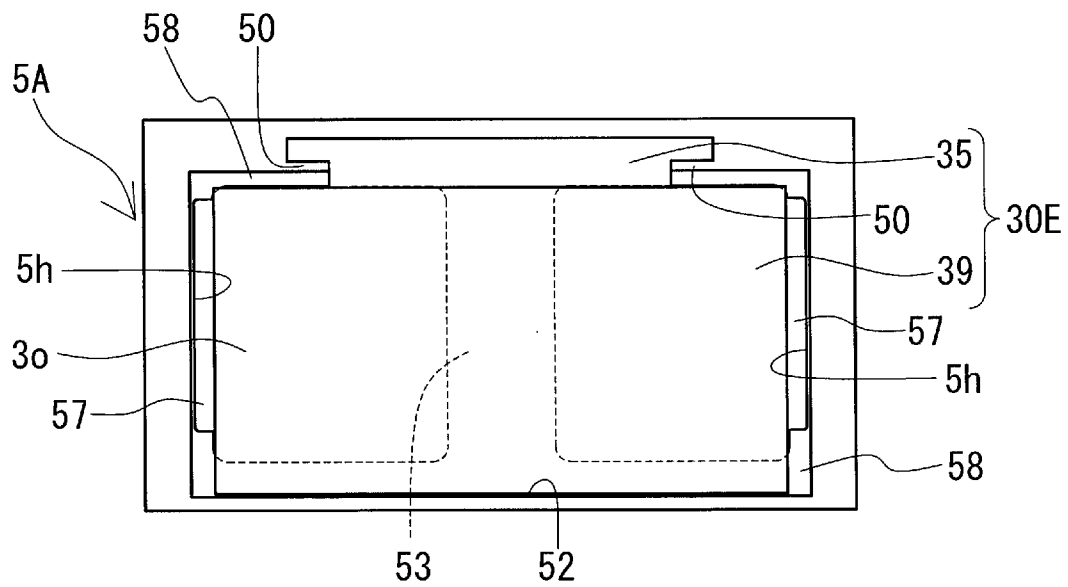
[図7]



[図8A]



[図8B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/039924

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

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

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
A	JP 2013-143454 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 22 July 2013, paragraphs [0046]-[0061], [0067]-[0068], fig. 1-2 (Family: none)	1-8
A	JP 2012-222089 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 12 November 2012, paragraphs [0012]-[0015], [0018]-[0019], [0038]-[0047], [0061], fig. 1-2 (Family: none)	1-8



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
19 December 2019 (19.12.2019)Date of mailing of the international search report
07 January 2020 (07.01.2020)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/039924

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2016/0314888 A1 (EATON CORPORATION) 27 October 2016, paragraphs [0003], [0033]-[0035], fig. 1-2 & WO 2015/085838 A1 & EP 3082138 A1 & CN 104715886 A	1-8
A	JP 2015-122456 A (AISIN SEIKI CO., LTD.) 02 July 2015, paragraphs [0018]-[0028], fig. 1-3 & WO 2015/098579 A1	1-8
A	WO 2015/199044 A1 (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES, LTD.) 30 December 2015, paragraphs [0017]-[0018], [0047]-[0074], [0077], fig. 1-2 & US 2017/0154719 A1, paragraphs [0027]-[0028], [0061]-[0088], [0091], fig. 1-2 & DE 112015003006 T5 & CN 106415750 A	1-8
A	JP 2010-45112 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 25 February 2010, paragraphs [0019]-[0022], [0029]-[0032], [0034]-[0038], fig. 1-3 (Family: none)	1-8
A	JP 2015-231024 A (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES, LTD.) 21 December 2015, paragraphs [0012]-[0017], [0042]-[0047], [0073], fig. 1-5, 7-10 & US 2017/0194087 A1, paragraphs [0022]-[0030], [0062]-[0068], [0105], fig. 1-5, 7-10 & WO 2015/186674 A1 & DE 112015002676 T5 & CN 106463250 A	1-8
A	JP 2013-219318 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 24 October 2013, paragraphs [0043]-[0056], [0065]-[0067], fig. 1-3 & WO 2013/137019 A1	1-8

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

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

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
A	JP 2013-143454 A（住友電気工業株式会社）2013.07.22, 段落[0046]-[0061], [0067]-[0068], 図1-2（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2012-222089 A（住友電気工業株式会社）2012.11.12, 段落[0012]-[0015], [0018]-[0019], [0038]-[0047], [0061], 図1-2（ファミリーなし）	1-8

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

19.12.2019

国際調査報告の発送日

07.01.2020

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

久保田 昌晴

5 D

4230

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

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
A	US 2016/0314888 A1 (EATON CORPORATION) 2016. 10. 27, 段落[0003], [0033]-[0035], 図 1-2 & WO 2015/085838 A1 & EP 3082138 A1 & CN 104715886 A	1-8
A	JP 2015-122456 A (アイシン精機株式会社) 2015. 07. 02, 段落[0018] -[0028], 図 1-3 & WO 2015/098579 A1	1-8
A	WO 2015/199044 A1 (株式会社オートネットワーク技術研究所) 2015. 12. 30, 段落[0017]-[0018], [0047]-[0074], [0077], 図 1-2 & US 2017/0154719 A1, 段落[0027]-[0028], [0061]-[0088], [0091], 図 1-2 & DE 112015003006 T5 & CN 106415750 A	1-8
A	JP 2010-45112 A (住友電気工業株式会社) 2010. 02. 25, 段落[0019]- [0022], [0029]-[0032], [0034]-[0038], 図 1-3 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2015-231024 A (株式会社オートネットワーク技術研究所) 2015. 12. 21, 段落[0012]-[0017], [0042]-[0047], [0073], 図 1-5, 7-10 & US 2017/0194087 A1, 段落[0022]-[0030], [0062]-[0068], [0105], 図 1-5, 7-10 & WO 2015/186674 A1 & DE 112015002676 T5 & CN 106463250 A	1-8
A	JP 2013-219318 A (住友電気工業株式会社) 2013. 10. 24, 段落[0043] -[0056], [0065]-[0067], 図 1-3 & WO 2013/137019 A1	1-8