

(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
2024年7月4日(04.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/142854 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/JP2023/044031

(22) 国際出願日: 2023年12月8日(08.12.2023)

(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 2022-208307 2022年12月26日(26.12.2022) 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3号 Osaka (JP).

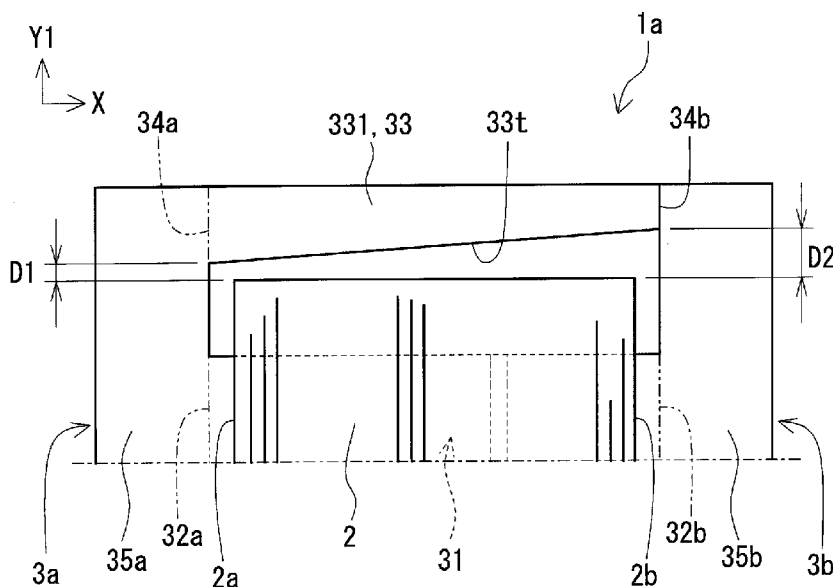
(72) 発明者: 村下 将也 (MURASHITA Masaya); 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 株式会社オートネットワーク技術研究所内 Mie (JP).

(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

(54) Title: REACTOR, CONVERTER, AND POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: リアクトル、コンバータ、および電力変換装置

Fig. 3



(57) Abstract: The present invention provides a reactor comprising a coil and a magnetic core, wherein: the magnetic core is provided with a first core and a second core; the first core includes a first end core part and a side core part; the second core includes a second end core part; the first core and/or the second core include(s) at least part of a middle core part; the middle core part is disposed inside the coil; the side core part is disposed in parallel with the middle core part so as to sandwich the coil; the relative magnetic permeability of the first core is lower than the relative magnetic permeability of the second core; the side core part has a first end that is joined to the first end core part and a second end that is joined to the second end core part; the distance between the side core part and the coil is such that a second distance at the second

目 1 番 3 号 アストロ新大阪第 2 ビル 1 0
階 啓明特許事務所 Osaka (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

end is greater than a first distance at the first end; and the ratio of the first distance to the second distance is 0.32-0.70.

(57) 要約: コイルと磁性コアとを備え、磁性コアは、第一コアと第二コアとを備え、第一コアは、第一エンドコア部と、サイドコア部とを含み、第二コアは、第二エンドコア部を含み、第一コアおよび第二コアの少なくとも一つは、ミドルコア部の少なくとも一部を含み、ミドルコア部はコイル内に配置され、サイドコア部は、コイルを挟むようにミドルコア部と並列に配置され、第一コアの比透磁率は第二コアの比透磁率よりも低く、サイドコア部は、第一エンドコア部に結合された第一端と、第二エンドコア部に結合された第二端とを有し、サイドコア部とコイルとの間の間隔は、第一端における第一間隔よりも第二端における第二間隔の方が大きく、第一間隔と第二間隔との比が0.32以上0.70以下である、リアクトル。

明 細 書

発明の名称：リアクトル、コンバータ、および電力変換装置

技術分野

[0001] 本開示は、リアクトル、コンバータ、および電力変換装置に関する。

本出願は、2022年12月26日付の日本国出願の特願2022-208307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] ハイブリッド自動車などの車両に搭載されるコンバータの構成部品にリアクトルがある。リアクトルは、コイルと、磁性コアとを備える。特許文献1の図5から図8に記載されたリアクトルは、1つのコイルと、2つのコア片を組み合わせた磁性コアとを備える。この磁性コアは、2つのE字状のコア片からなる所謂E-E型コアである。この磁性コアは、2つのコア片の端面同士が向かい合うように組み合わせられることで、 θ 状に構成される。磁性コアは、エンドコア部と、ミドルコア部と、サイドコア部とを有する。エンドコア部は、コイルの端面と向かい合うように配置される。ミドルコア部は、コイル内に配置される。サイドコア部は、コイルを挟むようにミドルコア部と並列に配置される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-201509号公報

発明の概要

[0004] 本開示のリアクトルは、
筒状の形状を有するコイルと、 θ 状の形状を有する磁性コアとを備え、
前記コイルは、第一端面および第二端面を有し、
前記磁性コアは、第一コアと第二コアとを備え、
前記第一コアは、第一エンドコア部と、サイドコア部とを含み、

前記第二コアは、第二エンドコア部を含み、

前記第一コアおよび前記第二コアの少なくとも一つは、ミドルコア部の少なくとも一部を含み、

前記第一エンドコア部は、前記コイルの前記第一端面と向かい合うように配置され、

前記第二エンドコア部は、前記コイルの前記第二端面と向かい合うように配置され、

前記ミドルコア部は前記コイル内に配置され、

前記サイドコア部は、前記コイルを挟むように前記ミドルコア部と並列に配置される第一サイドコア部と第二サイドコア部とを有し、

前記第一コアの比透磁率は前記第二コアの比透磁率よりも低く、

前記第一サイドコア部および前記第二サイドコア部はそれぞれ、前記第一エンドコア部に結合された第一端と、前記第二エンドコア部に結合された第二端とを有し、

前記第一サイドコア部と前記コイルとの間の間隔、および前記第二サイドコア部と前記コイルとの間の間隔はそれぞれ、前記第一端における第一間隔よりも前記第二端における第二間隔の方が大きく、

前記第一間隔と前記第二間隔との比が 0.32 以上 0.70 以下である。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図1は、実施形態1に係る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に係るリアクトルを示す概略平面図である。

[図3]図3は、図2に示すリアクトルの半分を示す概略平面図である。

[図4]図4は、実施形態2に係るリアクトルを示す概略平面図である。

[図5]図5は、図4に示すリアクトルの半分を示す概略平面図である。

[図6]図6は、ハイブリッド自動車の電源系統を模式的に示す構成図である。

[図7]図7は、コンバータを備える電力変換装置を模式的に示す回路図である。

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]

磁性コアからの漏れ磁束によるコイルの損失を低減することが望まれる。

[0007] 本開示は、コイルの損失を低減することができるリアクトルを提供することを目的の一つとする。

[0008] [本開示の効果]

本開示のリアクトルは、コイルの損失を低減することができる。

[0009] [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。

[0010] (1) 本開示のリアクトルは、

筒状の形状を有するコイルと、 θ 状の形状を有する磁性コアとを備え、

前記コイルは、第一端面および第二端面を有し、

前記磁性コアは、第一コアと第二コアとを備え、

前記第一コアは、第一エンドコア部と、サイドコア部とを含み、

前記第二コアは、第二エンドコア部を含み、

前記第一コアおよび前記第二コアの少なくとも一つは、ミドルコア部の少なくとも一部を含み、

前記第一エンドコア部は、前記コイルの前記第一端面と向かい合うように配置され、

前記第二エンドコア部は、前記コイルの前記第二端面と向かい合うように配置され、

前記ミドルコア部は前記コイル内に配置され、

前記サイドコア部は、前記コイルを挟むように前記ミドルコア部と並列に配置される第一サイドコア部と第二サイドコア部とを有し、

前記第一コアの比透磁率は前記第二コアの比透磁率よりも低く、

前記第一サイドコア部および前記第二サイドコア部はそれぞれ、前記第一エンドコア部に結合された第一端と、前記第二エンドコア部に結合された第二端とを有し、

前記第一サイドコア部と前記コイルとの間の間隔、および前記第二サイド

コア部と前記コイルとの間の間隔はそれぞれ、前記第一端における第一間隔よりも前記第二端における第二間隔の方が大きく、

前記第一間隔と前記第二間隔との比が 0.32 以上 0.70 以下である。

[0011] 本開示のリアクトルは、コイルの損失を低減することができる。サイドコア部の比透磁率が低く、第二エンドコア部の比透磁率が高い場合、第二端の近傍領域においてサイドコア部から第二エンドコア部へショートカットする漏れ磁束が発生するおそれがある。この漏れ磁束がコイルに鎖交することによって、コイルに損失が発生する。本開示のリアクトルによれば、第一端における第一間隔よりも第二端における第二間隔の方が大きいことで、コイルに鎖交する漏れ磁束を抑制することができる。コイルへの漏れ磁束が減少するため、コイルの損失を低減できる。第一間隔と第二間隔との比が 0.70 以下であることで、コイルへの漏れ磁束が十分に抑制されるため、コイルの損失を効果的に低減できる。特に、第一間隔と前記第二間隔との比が 0.32 以上 0.70 以下である場合、インダクタンスの減少を抑制しつつ、コイルの損失を効果的に低減できる。

[0012] 第一コアと第二コアとの磁気特性が異なることで、磁性コア全体の磁気特性を調整できる。第一コアの比透磁率が第二コアの比透磁率よりも低いことで、所定のインダクタンスが得られ易い。

[0013] (2) 上記(1)に記載のリアクトルにおいて、

前記ミドルコア部は、第一ミドルコア部と第二ミドルコア部とを有し、

前記第一ミドルコア部は、前記第一エンドコア部に結合され、

前記第二ミドルコア部は、前記第二エンドコア部に結合されていてもよい。

[0014] 上記(2)の構成は、第一ミドルコア部と第二ミドルコア部との磁気特性を異ならせることができる。このような構成により、磁性コア全体の磁気特性を調整できる。

[0015] (3) 上記(2)に記載のリアクトルにおいて、

前記ミドルコア部は、前記第一ミドルコア部と前記第二ミドルコア部との

間にギャップ部を有してもよい。

[0016] 上記（３）の構成は、ギャップ部によって、磁性コア全体の磁気特性を調整できる。

[0017] （４）上記（１）から（３）のいずれかに記載のリアクトルにおいて、前記第一サイドコア部および前記第二サイドコア部はそれぞれ、前記第一端から前記第二端に向かって幅が細くなるテーパ形状を有してもよい。

[0018] 上記（４）の構成は、コイルの損失を低減し易い。

[0019] （５）上記（１）から（３）のいずれかに記載のリアクトルにおいて、前記第一サイドコア部および前記第二サイドコア部はそれぞれ、前記第一端から前記第二端に向かって幅が細くなる段付き形状を有してもよい。

[0020] 上記（５）の構成は、コイルの損失を低減し易い。

[0021] （６）上記（１）から（５）のいずれかに記載のリアクトルにおいて、前記第一コアの比透磁率が５以上５０以下であってもよい。

[0022] 上記（６）の構成は、所定のインダクタンスが得られ易い。

[0023] （７）上記（１）から（６）のいずれかに記載のリアクトルにおいて、前記第一コアは、樹脂中に軟磁性粉末が分散された複合材料の成形体により構成されていてもよい。

[0024] 一般的に、複合材料の成形体の比透磁率は低い。上記（７）の構成は、第一コアの比透磁率が第二コアの比透磁率よりも低い磁性コアを構成し易い。第一コアが複合材料の成形体により構成されていることで、第一コアの比透磁率を例えば５以上５０以下に調整し易い。

[0025] （８）上記（１）から（７）のいずれかに記載のリアクトルにおいて、前記第二コアの比透磁率が１００以上５００以下であってもよい。

[0026] 上記（８）の構成は、所定のインダクタンスが得られ易い。

[0027] （９）上記（１）から（８）のいずれかに記載のリアクトルにおいて、前記第二コアは、圧粉成形体により構成されていてもよい。

[0028] 一般的に、圧粉成形体の比透磁率が高い。上記（９）の構成は、第一コアの比透磁率が第二コアの比透磁率よりも低い磁性コアを構成し易い。第二コ

アが圧粉成形体により構成されていることで、第二コアの比透磁率を例えば 100 以上 500 以下に調整し易い。

[0029] (10) 本開示のコンバータは、

上記(1)から(9)のいずれか1つに記載のリアクトルを備える。

[0030] 本開示のコンバータは、本開示のリアクトルを備えることから、損失が小さい。

[0031] (11) 本開示の電力変換装置は、

上記(10)に記載のコンバータを備える。

[0032] 本開示の電力変換装置は、本開示のコンバータを備えることから、損失が小さい。

[0033] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の実施形態の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。図中の同一符号は同一名称物を示す。なお、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および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0034] [実施形態1]

[リアクトル]

図1から図3を参照して、実施形態1のリアクトル1aを説明する。リアクトル1aは、コイル2と磁性コア3とを備える。磁性コア3は、第一コア3aと第二コア3bとを備える。磁性コア3は、図2に示すように、第一コア3aと第二コア3bとが組み合わされることで構成されている。磁性コア3は、ミドルコア部31と、サイドコア部33と、エンドコア部35とによりθ状に形成されている。図1は、リアクトル1aを上方から見た斜視図である。図2は、リアクトル1aを上方から見た平面図である。図3は、図2に示すリアクトル1aの半分のみを示す部分平面図である。

[0035] 実施形態1のリアクトル1aの特徴は、以下の要件(a)、(b)を満たす点にある。

(a) 第一コア3aの比透磁率は第二コア3bの比透磁率よりも低い。

(b) 図3に示すように、第二間隔D2が第一間隔D1よりも大きく、かつ、第一間隔D1と第二間隔D2との比 $D1/D2$ が0.32以上0.70以下である。

[0036] リアクトル1aは、第二間隔D2が第一間隔D1よりも大きいことで、コイル2の損失を低減することができる。特に、第一間隔D1と第二間隔D2との比 $D1/D2$ が0.32以上0.70以下であることで、インダクタンスの減少を抑制しつつ、コイル2の損失を効果的に低減することができる。以下、リアクトル1aの構成を詳細に説明する。

[0037] <コイル>

コイル2は、図1および図2に示すように、磁性コア3のミドルコア部31に配置される。コイル2は、筒状の形状を有する。コイル2は、第一端面2aと第二端面2bとを有する。本実施形態では、コイル2は、平角線をエッジワイズ巻きすることにより形成されたエッジワイズコイルである。

[0038] コイル2の形状は多角筒状でもよいし、円筒状でもよい。多角筒状とは、コイル2の端面の輪郭形状が多角形状であることをいう。多角形状は、例えば、四角形状、六角形状および八角形状である。四角形状には、矩形状が含まれる。矩形状には、正形状が含まれる。四角形には、幾何学上の四角形に限らず、4つの角部をつないで構成された形状を含む。即ち、4つの角部を面取りにより丸めた形状、または、4つの角部を直線状に面取りした形状など、細部に変更が加えられた四角形も含む。円筒状とは、コイル2の端面の輪郭形状が円形状であることをいう。円形状には、真円形状のみならず、楕円形状も含まれる。本実施形態では、コイル2の形状が矩形筒状である。

[0039] <磁性コア>

磁性コア3は、図1および図2に示すように、ミドルコア部31と、サイドコア部33と、エンドコア部35とを有する。図2および図3では、ミドルコア部31とエンドコア部35との境界、およびサイドコア部33とエンドコア部35との境界が二点鎖線で示されている。この点は、後述する図4および図5でも同様である。磁性コア3は、図2に示すように、平面視にお

いて θ 状の形状を有する。

[0040] 以下の説明では、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向を次のように定義する。X軸方向は、コイル2の軸に沿った方向であって、第一端面2 aから第二端面2 bに向かう方向である。Y軸方向は、ミドルコア部3 1とサイドコア部3 3とが並列される方向であって、ミドルコア部3 1からサイドコア部3 3に向かう方向である。Y軸方向は、X軸方向に直交する。ミドルコア部3 1から第一サイドコア部3 3 1に向かう方向をY 1方向とする。ミドルコア部3 1から第二サイドコア部3 3 2に向かう方向をY 2方向とする。Z軸方向は、X軸方向とY軸方向の双方に直交する。Z軸方向は、X軸とY軸とを含むXY平面を水平にした場合、下から上に向かう方向である。

[0041] 磁性コア3は θ 状の閉磁路を形成する。コイル2が通電されると、磁性コア3に磁束が流れる。コイル2によって発生した磁束は、ミドルコア部3 1から、エンドコア部3 5とサイドコア部3 3とを経由して、ミドルコア部3 1に戻るように流れる。図2中の破線矢印は磁束の流れを示している。この点は、後述する図4でも同様である。

[0042] (ミドルコア部)

ミドルコア部3 1は、図2に示すように、コイル2内に配置される。ミドルコア部3 1の数は1つである。ミドルコア部3 1はX軸方向に延びている。ミドルコア部3 1の長さに沿った方向はコイル2の軸に沿った方向と一致する。ミドルコア部3 1の長さは、コイル2の長さと同じまたはそれ以上である。ここでいう長さとは、X軸方向に沿った距離のことをいう。ミドルコア部3 1の両端部はコイル2の両端面から突出していてもよい。この突出する部分もミドルコア部3 1の一部である。ミドルコア部3 1の形状は、コイル2の内側形状に対応した形状である。本実施形態では、ミドルコア部3 1の形状が略直方体状である。

[0043] ミドルコア部3 1は、第一エンドコア部3 5 aと第二エンドコア部3 5 bとの間に配置される。第一エンドコア部3 5 aおよび第二エンドコア部3 5 bについては後述する。ミドルコア部3 1は、第一端3 2 aと第二端3 2 b

とを有する。第一端 3 2 a は、第一エンドコア部 3 5 a に結合される。第二端 3 2 b は、第二エンドコア部 3 5 b に結合される。

[0044] 本実施形態では、ミドルコア部 3 1 は、第一ミドルコア部 3 1 a と第二ミドルコア部 3 1 b とを有する。第一ミドルコア部 3 1 a と第二ミドルコア部 3 1 b とは、X 軸方向に沿って直列に並んでいる。第一ミドルコア部 3 1 a と第二ミドルコア部 3 1 b との境界はコイル 2 内に位置する。第一ミドルコア部 3 1 a は、第一エンドコア部 3 5 a に結合される第一端 3 2 a を含む。第二ミドルコア部 3 1 b は、第二エンドコア部 3 5 b に結合される第二端 3 2 b を含む。結合されるとは、くっついて離れないことを意味する。第一ミドルコア部 3 1 a と第一エンドコア部 3 5 a とは一体に成形されていてもよい。第一ミドルコア部 3 1 a と第一エンドコア部 3 5 a とがそれぞれ独立した別部品である場合、例えば、第一端 3 2 a が第一エンドコア部 3 5 a に接着されていてもよいし、第一ミドルコア部 3 1 a と第一エンドコア部 3 5 a との少なくとも一部同士が樹脂モールドに覆われることによって一体化されていてもよい。第二ミドルコア部 3 1 b と第二エンドコア部 3 5 b とは一体に成形されていてもよい。第二ミドルコア部 3 1 b と第二エンドコア部 3 5 b とがそれぞれ独立した別部品である場合、例えば、第二端 3 2 b が第二エンドコア部 3 5 b に接着されていてもよいし、第二ミドルコア部 3 1 b と第二エンドコア部 3 5 b との少なくとも一部同士が樹脂モールドに覆われることによって一体化されていてもよい。樹脂モールドは、第一コア 3 a と第二コア 3 b の各々の少なくとも一部を覆うように一連に形成された成形部材である。本実施形態では、第一ミドルコア部 3 1 a と第一エンドコア部 3 5 a とが一体に成形されている。第二ミドルコア部 3 1 b と第二エンドコア部 3 5 b とが一体に成形されている。

[0045] 第一ミドルコア部 3 1 a および第二ミドルコア部 3 1 b の各々の長さは、適宜設定することができる。本実施形態では、第一ミドルコア部 3 1 a の長さと第二ミドルコア部 3 1 b の長さとが異なる。第一ミドルコア部 3 1 a が第二ミドルコア部 3 1 b よりも長い。第一ミドルコア部 3 1 a が第二ミドル

コア部31bよりも短くてもよい。第一ミドルコア部31aの長さと第二ミドルコア部31bの長さと同じであってもよい。

[0046] 本実施形態では、ミドルコア部31がギャップ部31gを有する。ギャップ部31gは、第一ミドルコア部31aと第二ミドルコア部31bとの間に設けられている。ミドルコア部31がギャップ部31gを有することで、インダクタンスを調整することができる。ギャップ部31gは、コイル2内に位置する。ギャップ部31gがコイル2内に位置する場合、ギャップ部31gがコイル2から露出する場合に比較して、ギャップ部31gからの漏れ磁束が減少する。そのため、ギャップ部31gからの漏れ磁束がコイル2に鎖交することを抑制し易い。ギャップ部31gからの漏れ磁束に起因する損失を低減することができる。ギャップ部31gの長さは、所定のインダクタンスが得られるように適宜設定される。ギャップ部31gの長さは、例えば0.1mm以上3mm以下、0.3mm以上2.5mm以下、更に0.5mm以上2mm以下である。ギャップ部31gは、エアギャップでもよい。ギャップ部31gは、例えば、樹脂またはセラミックスからなる非磁性材により構成されていてもよい。ミドルコア部31がギャップ部31gを有する場合、ミドルコア部31の長さは、第一ミドルコア部31aの長さと、第二ミドルコア部31bの長さ、ギャップ部31gの長さを合計した長さである。ギャップ部31gはなくてもよい。ギャップ部31gがない場合、第一ミドルコア部31aと第二ミドルコア部31bとが互いに接しており、第一ミドルコア部31aと第二ミドルコア部31bとの間に実質的に隙間がない。

[0047] (エンドコア部)

エンドコア部35は、図2に示すように、コイル2の外に配置される。エンドコア部35は、コイル2の両端面とそれぞれ向かい合うように配置される。エンドコア部35の数は2つである。エンドコア部35は第一エンドコア部35aと第二エンドコア部35bとを有する。第一エンドコア部35aと第二エンドコア部35bとは、X軸方向に間隔をあけて配置されている。第一エンドコア部35aおよび第二エンドコア部35bはそれぞれ、互いに

向かい合う内側面を有する。第一エンドコア部 3 5 a は、コイル 2 の第一端面 2 a と向かい合う。第一エンドコア部 3 5 a には、ミドルコア部 3 1 の第一端 3 2 a が結合される。第二エンドコア部 3 5 b は、コイル 2 の第二端面 2 b と向かい合う。第二エンドコア部 3 5 b には、ミドルコア部 3 1 の第二端 3 2 b が結合される。

[0048] 第一エンドコア部 3 5 a および第二エンドコア部 3 5 b の各々の形状は、所定の磁路が形成される形状であれば特に限定されない。本実施形態では、第一エンドコア部 3 5 a および第二エンドコア部 3 5 b の各々の形状が略直方体状である。

[0049] (サイドコア部)

サイドコア部 3 3 は、図 2 に示すように、コイル 2 の外に配置される。サイドコア部 3 3 は、コイル 2 を挟むようにミドルコア部 3 1 と並列に配置される。サイドコア部 3 3 の数は 2 つである。サイドコア部 3 3 は X 軸方向に延びている。サイドコア部 3 3 の長さに沿った方向はミドルコア部 3 1 の長さに沿った方向と平行である。サイドコア部 3 3 の長さは、ミドルコア部 3 1 の長さと同等である。

[0050] サイドコア部 3 3 は、第一サイドコア部 3 3 1 と第二サイドコア部 3 3 2 とを有する。第一サイドコア部 3 3 1 と第二サイドコア部 3 3 2 とは、Y 軸方向に間隔をあけて配置されている。第一サイドコア部 3 3 1 は、ミドルコア部 3 1 から Y 1 方向に離れて配置される。第二サイドコア部 3 3 2 は、ミドルコア部 3 1 から Y 2 方向に離れて配置される。本実施形態では、第一サイドコア部 3 3 1 と第二サイドコア部 3 3 2 とが、ミドルコア部 3 1 の中心線に対して線対称に配置されている。

[0051] 第一サイドコア部 3 3 1 および第二サイドコア部 3 3 2 は、第一エンドコア部 3 5 a と第二エンドコア部 3 5 b との間に配置される。第一サイドコア部 3 3 1 および第二サイドコア部 3 3 2 はそれぞれ、第一端 3 4 a と第二端 3 4 b とを有する。第一端 3 4 a は、第一エンドコア部 3 5 a に結合される。第二端 3 4 b は、第二エンドコア部 3 5 b に結合される。

[0052] 本実施形態では、サイドコア部 33 と第一エンドコア部 35 a とが一体に成形されている。サイドコア部 33 と第一エンドコア部 35 a とがそれぞれ独立した別部品であってもよい。この場合、例えば、第一端 34 a が第一エンドコア部 35 a に接着されていてもよいし、サイドコア部 33 と第一エンドコア部 35 a との少なくとも一部同士が樹脂モールドに覆われることによって一体化されていてもよい。本実施形態では、サイドコア部 33 と第二エンドコア部 35 b とがそれぞれ独立した別部品である。サイドコア部 33 と第二エンドコア部 35 b とは図示しない樹脂モールドによって一体化されている。サイドコア部 33 の第二端 34 b が第二エンドコア部 35 b に接着されていてもよい。

[0053] 〈サイドコア部とコイルとの間の間隔〉

本実施形態では、第一サイドコア部 33 1 とコイル 2 との間の間隔、および第二サイドコア部 33 2 とコイル 2 との間の間隔がそれぞれ、X 軸方向にわたって一定ではない。つまり、サイドコア部 33 とコイル 2 との間の間隔が、サイドコア部 33 の全長にわたって一定ではない。サイドコア部 33 とコイル 2 との間の間隔は、第一端 34 a から第二端 34 b に向かって大きくなっている。サイドコア部 33 とコイル 2 との間の間隔とは、サイドコア部 33 の内側面とコイル 2 の外周面との間の間隔のことをいう。サイドコア部 33 の内側面は、コイル 2 の外周面と向かい合う面である。

[0054] 図 3 を参照して、サイドコア部 33 とコイル 2 との間の間隔について詳しく説明する。図 3 は、図 2 に示すリアクトル 1 a をミドルコア部 31 の中心線で 2 分割した部分のうち、第一サイドコア部 33 1 を含む半分のみを示している。ここでは、図 3 を参照して、第一サイドコア部 33 1 とコイル 2 との間の間隔について説明するが、第二サイドコア部 33 2 とコイル 2 との間の間隔も同様である。第一サイドコア部 33 1 とコイル 2 との間の間隔は、第一端 34 a における第一間隔 D 1 よりも第二端 34 b における第二間隔 D 2 の方が大きい。第一間隔 D 1 とは、第一サイドコア部 33 1 の内側面のうちの第一端 34 a に位置する内側面と、コイル 2 の外周面を延長した仮想面

との間隔のことをいう。第一端 34 a の端面と内側面との角部が面取りされている場合は、面取りはないものとみなす。つまり、第一端 34 a の端面の延長面と内側面の延長面との角部と、上記仮想面との間隔を第一間隔 D 1 とみなす。第二間隔 D 2 とは、第一サイドコア部 33 1 の内側面のうちの第二端 34 b に位置する内側面と、コイル 2 の外周面を延長した仮想面との間隔のことをいう。第二端 34 b の端面と内側面との角部が面取りされている場合は、面取りはないものとみなす。つまり、第二端 34 b の端面の延長面と内側面の延長面との角部と、上記仮想面との間隔を第二間隔 D 2 とみなす。

[0055] 第一間隔 D 1 と第二間隔 D 2 との比は 0.32 以上 0.70 以下である。第一間隔 D 1 と第二間隔 D 2 との比は $D 1 / D 2$ で表される。比 $D 1 / D 2$ が小さいほど、第二間隔 D 2 が大きい。第二間隔 D 2 が大きいほど、第二端 34 b の近傍領域においてサイドコア部 33 とコイル 2 との間隔が大きくなる。そのため、第二端 34 b の近傍領域においてサイドコア部 33 から第二エンドコア部 35 b に向けてショートカットする漏れ磁束がコイル 2 に鎖交することを抑制することができる。コイル 2 への漏れ磁束が減少するため、コイル 2 の損失を低減できる。比 $D 1 / D 2$ が 0.70 以下であることで、コイル 2 への漏れ磁束が十分に抑制されるため、コイル 2 の損失を効果的に低減できる。比 $D 1 / D 2$ が小さくなり過ぎる、即ち第二間隔 D 2 が大き過ぎると、インダクタンスが減少するおそれがあり、所定のインダクタンスが得られ難くなる場合がある。比 $D 1 / D 2$ が 0.32 以上であることで、インダクタンスの減少を抑制し易い。比 $D 1 / D 2$ は、更に 0.35 以上 0.70 以下、0.40 以上 0.60 以下でもよい。

[0056] 〈サイドコア部の形状〉

サイドコア部 33 は、サイドコア部 33 の幅が第一端 34 a から第二端 34 b に向かって細くなる形状を有する。サイドコア部 33 は、第二端 34 b の幅が第一端 34 a の幅よりも細ければよい。サイドコア部 33 は、第一端 34 a と第二端 34 b との間の少なくとも一部に幅が細くなる部分を有していればよく、第一端 34 a と第二端 34 b との間の一部に幅が一定になる部

分を有していてもよい。サイドコア部 33 の幅は、サイドコア部 33 の Y 軸方向の寸法である。本実施形態では、第一サイドコア部 331 の形状と第二サイドコア部 332 の形状とが、ミドルコア部 31 の中心線に対して線対称である。

[0057] 図 3 を参照して、本実施形態におけるサイドコア部 33 の形状を詳しく説明する。ここでは、第一サイドコア部 331 の形状について説明する。第一サイドコア部 331 はテーパ形状を有する。テーパ形状とは、第一端 34a から第二端 34b に向かって連続的に幅が細くなる部分を有する形状のことをいう。本実施形態では、第一サイドコア部 331 は、全長にわたってテーパ形状に形成されている。第一サイドコア部 331 の内側面は、コイル 2 の外周面に対して傾斜する傾斜面 33t を有する。傾斜面 33t は、第一端 34a から第二端 34b に向かってコイル 2 の外周面から遠ざかるように傾斜する。コイル 2 の外周面に対する傾斜面 33t の角度は、第一間隔 D1 と第二間隔 D2 との比が所定の範囲を満たすように適宜設定される。傾斜面 33t の角度とは、傾斜面 33t とコイル 2 の外周面とがなす角度のことをいう。コイル 2 の外周面は X 軸に平行である。傾斜面 33t の角度は、第一サイドコア部 331 の長さに応じて適宜設定することができる。傾斜面 33t の角度は、例えば 1° 以上 5° 未満、更に 2° 以上 4° 以下である。

[0058] (第一コア・第二コア)

磁性コア 3 は、図 2 に示すように、第一コア 3a と第二コア 3b とにより構成される。本実施形態では、第一コア 3a が E 字状の形状を有し、かつ、第二コア 3b が T 字状の形状を有する。つまり、磁性コア 3 は、E 字状の第一コア 3a と T 字状の第二コア 3b とからなる E-T 型である。

[0059] (第一コア)

第一コア 3a は、第一エンドコア部 35a と、サイドコア部 33 とを含む。本実施形態では、第一コア 3a は、第一エンドコア部 35a と、第一ミドルコア部 31a と、第一サイドコア部 331 と、第二サイドコア部 332 とを有する。第一ミドルコア部 31a と、第一エンドコア部 35a と、第一サ

イドコア部 331 と、第二サイドコア部 332 とは一体に成形されている。第一コア 3a は一体成形品であるので、第一コア 3a を構成する各コア部は同じ材質である。即ち、第一コア 3a を構成する各コア部の磁気特性は実質的に同じである。第一コア 3a の形状は、平面視において E 字状である。

[0060] (第二コア)

第二コア 3b は、第二エンドコア部 35b を含む。本実施形態では、第二コア 3b は、第二エンドコア部 35b と、第二ミドルコア部 31b とを有する。第二エンドコア部 35b と、第二ミドルコア部 31b とは一体に成形されている。第二コア 3b は一体成形品であるので、第二コア 3b を構成する各コア部は同じ材質である。即ち、第二コア 3b を構成する各コア部の磁気特性は実質的に同じである。第二コア 3b の形状は、平面視において T 字状である。

[0061] 第一コア 3a および第二コア 3b の少なくとも一つは、ミドルコア部 31 の少なくとも一部を含む。第一コア 3a はミドルコア部 31 の全部を有していてもよい。第一コア 3a がミドルコア部 31 の全部を有する場合、第二コア 3b は第二エンドコア部 35b のみを有する。この場合、第二コア 3b の形状は、平面視において I 字状である。第二コア 3b はミドルコア部 31 の全部を有していてもよい。第二コア 3b がミドルコア部 31 の全部を有する場合、第一コア 3a は第一エンドコア部 35a と、第一サイドコア部 331 と、第二サイドコア部 332 とからなる。この場合、第一コア 3a の形状は、平面視において U 字状である。

[0062] 〈第一コア・第二の比透磁率〉

第一コア 3a の比透磁率は第二コア 3b の比透磁率よりも低い。つまり、磁性コア 3 において、サイドコア部 33 の比透磁率が第二エンドコア部 35b の比透磁率よりも低い。第一コア 3a および第二コア 3b の各々の比透磁率は、上記関係を満たした上で、所定のインダクタンスが得られるように適宜設定される。第一コア 3a の比透磁率は、例えば 5 以上 50 以下である。第二コア 3b の比透磁率は、例えば 50 以上 500 以下である。第一コア 3

aの比透磁率が5以上50以下の範囲内で、かつ、第二コア3bの比透磁率が50以上500以下の範囲内であれば、所定のインダクタンスが得られ易い。第一コア3aの比透磁率は、10以上45以下、更に15以上40以下でもよい。第二コア3bの比透磁率は、100以上450以下、更に150以上400以下でもよい。第一コア3aの比透磁率と第二コア3bの比透磁率との差は、例えば50以上である。第一コア3aの比透磁率と第二コア3bの比透磁率との差は、50以上450以下、更に100以上400以下でもよい。

[0063] 比透磁率は、次のようにして求めることができる。第一コア3aと第二コア3bのそれぞれからリング状の測定試料を切り出す。各々の測定試料に、一次側：300巻き、二次側：20巻きの巻線を施す。B-H初磁化曲線を $H=0$ (Oe) 以上100 (Oe) 以下の範囲で測定し、この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。ここでいう磁化曲線とは、いわゆる直流磁化曲線のことである。

[0064] 〈第一コア・第二コアの材質〉

第一コア3aおよび第二コア3bはそれぞれ、軟磁性材料の成形体により構成されている。成形体は、例えば、圧粉成形体または複合材料の成形体である。第一コア3aと第二コア3bとは、互いに異なる材質の成形体で構成されている。互いに異なる材質とは、第一コア3aおよび第二コア3bを構成する各々の成形体において、個々の構成要素の材質が異なる場合は勿論、個々の構成要素の材質が同じであっても、構成要素の含有量が異なる場合も含む。例えば、第一コア3aと第二コア3bとが圧粉成形体で構成されていても、圧粉成形体を構成する軟磁性粉末の材質および含有量の少なくとも1つが異なれば、互いに異なる材質である。また、第一コア3aと第二コア3bとが複合材料の成形体で構成されていても、複合材料を構成する軟磁性粉末の材質および含有量の少なくとも1つが異なれば、互いに異なる材質である。

[0065] 圧粉成形体は、軟磁性粉末を含む原料粉末を圧縮成形してなる。圧粉成形

体は、複合材料の成形体に比較して軟磁性粉末の含有量が多い。そのため、圧粉成形体は、複合材料の成形体に比較して磁気特性が高い。磁気特性は、例えば、比透磁率と飽和磁束密度である。圧粉成形体は、例えば、バインダ樹脂および成形助剤の少なくとも一つを含有してもよい。圧粉成形体における軟磁性粉末の含有量は、圧粉成形体を100体積%とするとき、例えば85体積%以上99.99体積%以下である。

[0066] 複合材料の成形体は、樹脂中に軟磁性粉末が分散されてなる。複合材料の成形体は、未固化の樹脂中に軟磁性粉末を分散させた流動性の素材を金型に充填し、樹脂を固化させることで得られる。複合材料の成形体は、軟磁性粉末の含有量を容易に調整できる。そのため、複合材料の成形体は、磁気特性を調整し易い。複合材料の成形体における軟磁性粉末の含有量は、複合材料の成形体を100体積%とするとき、例えば20体積%以上80体積%以下である。

[0067] 軟磁性粉末を構成する粒子は、軟磁性金属の粒子、軟磁性金属の粒子の外周に絶縁被覆を備える被覆粒子、および軟磁性非金属の粒子からなる群より選択される少なくとも一種である。軟磁性金属は、例えば、純鉄または鉄基合金である。鉄基合金は、例えば、Fe（鉄）-Si（シリコン）合金またはFe-Ni（ニッケル）合金である。絶縁被覆は、例えばリン酸塩である。軟磁性非金属は、例えばフェライトである。

[0068] 本実施形態では、第一コア3aが複合材料の成形体により構成されている。第二コア3bが圧粉成形体により構成されている。第一コア3aが複合材料の成形体により構成されると共に、第二コア3bが圧粉成形体により構成されていることで、磁性コア3全体の磁気特性を調整できる。また、第一コア3aが複合材料の成形体により構成されている場合、第一コア3aの比透磁率が5以上50以下を満たし易い。第二コア3bが圧粉成形体により構成されている場合、第二コア3bの比透磁率が100以上500以下を満たし易い。

[0069] [実施形態2]

図4および図5を参照して、実施形態2のリアクトル1bを説明する。実施形態2のリアクトル1bは、サイドコア部33の形状が段付き形状である点が、実施形態1のリアクトル1aと相違する。以下の説明は、実施形態1との相違点を中心に行う。実施形態1と同様の構成は、同じ符号を付して説明を省略する。

[0070] 図5を参照して、本実施形態におけるサイドコア部33の形状を詳しく説明する。ここでは、第一サイドコア部331の形状について説明する。サイドコア部33は段付き形状を有する。段付き形状とは、第一端34aから第二端34bに向かって段階的に幅が細くなる部分を有する形状のことをいう。第一サイドコア部331の内側面は、段部33sを有する。本実施形態では、段部33sが第一サイドコア部331の長さの中心に位置する。第一サイドコア部331は、1つの段部33sによって、2つの領域に分かれている。第一端34aから段部33sまでの領域が第一領域341である。段部33sから第二端34bまでの領域が第二領域342である。第二領域342の幅は第一領域341の幅よりも細い。第一領域341の内側面と第二領域342の内側面はそれぞれ、コイル2の外周面と平行である。第二領域342の内側面とコイル2の外周面との間の間隔は、第一領域341の内側面とコイル2の外周面との間の間隔よりも大きい。段部33sの幅は、第一間隔D1と第二間隔D2との比が所定の範囲を満たすように適宜設定される。段部33sの幅は、段部33sのY軸方向に沿った距離に相当する。段部33sの幅は、コイル2の外周面から第二領域342の内側面までの距離と、コイル2の外周面から第一領域341の内側面までの距離との差に等しい。つまり、段部33sの幅は $D2 - D1$ で表される。段部33sの幅は、例えば1mm以上5mm未満、更に1.25mm以上4mm以下である。

[0071] 本実施形態では、段部33sの数は1つであるが、段部33sは複数あってもよい。段部33sの数がnの場合、サイドコア部33を構成する領域の数は $n + 1$ である。第 $n + 1$ 領域は第n領域よりも第二端34bに近い領域であり、第 $n + 1$ 領域の幅は第n領域の幅より細い。第一領域から第 $n + 1$

領域に向かうにつれて段階的に幅が細くなる。

[0072] サイドコア部 33 の形状は、テーパ形状と段付き形状とが組み合わされた形状であってもよい。サイドコア部 33 の形状の変形例としては、例えば、次のような形状がある。

(1) 図 5 において、第一領域 341 はテーパ形状であり、第二領域 342 は第一領域 341 に対して段部 33s がなく、かつ、幅が一定である形状であってもよい。

(2) 図 5 において、第一領域 341 はテーパ形状であり、第二領域 342 は第一領域 341 に対して段部 33s があり、かつ、幅が一定である形状であってもよい。

(3) 図 5 において、第一領域 341 は幅が一定である形状であり、第二領域 342 は第一領域 341 に対して段部 33s がなく、かつ、テーパ形状であってもよい。

(4) 図 5 において、第一領域 341 は幅が一定である形状であり、第二領域 342 は第一領域 341 に対して段部 33s があり、かつ、テーパ形状であってもよい。

[0073] [実施形態 3]

[コンバータ・電力変換装置]

実施形態のリアクトルは、以下の通電条件を満たす用途に利用できる。通電条件は、例えば、最大直流電流が 100 A 以上 1000 A 以下程度であり、平均電圧が 100 V 以上 1000 V 以下程度であり、使用周波数が 5 kHz 以上 100 kHz 以下程度である。実施形態のリアクトルは、代表的には電気自動車およびハイブリッド自動車などの車両などに搭載されるコンバータの構成部品、およびこのコンバータを備える電力変換装置の構成部品に利用できる。

[0074] ハイブリッド自動車および電気自動車などの車両 1200 は、図 6 に示すようにメインバッテリー 1210 と、メインバッテリー 1210 に接続される電力変換装置 1100 と、メインバッテリー 1210 からの供給電力により駆動

して走行に利用されるモータ１２２０とを備える。モータ１２２０は、代表的には、３相交流モータである。モータ１２２０は、走行時、車輪１２５０を駆動し、回生時、発電機として機能する。ハイブリッド自動車の場合、車両１２００は、モータ１２２０に加えてエンジン１３００を備える。図６では、車両１２００の充電箇所としてインレットを示すが、プラグを備える形態とすることができる。

[0075] 電力変換装置１１００は、メインバッテリー１２１０に接続されるコンバータ１１１０と、コンバータ１１１０に接続されて、直流と交流との相互変換を行うインバータ１１２０とを有する。この例に示すコンバータ１１１０は、車両１２００の走行時、２００Ｖ以上３００Ｖ以下程度のメインバッテリー１２１０の入力電圧を４００Ｖ以上７００Ｖ以下程度にまで昇圧して、インバータ１１２０に給電する。コンバータ１１１０は、回生時、モータ１２２０からインバータ１１２０を介して出力される入力電圧をメインバッテリー１２１０に適合した直流電圧に降圧して、メインバッテリー１２１０に充電させている。入力電圧は、直流電圧である。インバータ１１２０は、車両１２００の走行時、コンバータ１１１０で昇圧された直流を所定の交流に変換してモータ１２２０に給電し、回生時、モータ１２２０からの交流出力を直流に変換してコンバータ１１１０に出力している。

[0076] コンバータ１１１０は、図７に示すように複数のスイッチング素子１１１１と、スイッチング素子１１１１の動作を制御する駆動回路１１１２と、リアクトル１１１５とを備え、ＯＮ／ＯＦＦの繰り返しにより入力電圧の変換を行う。入力電圧の変換とは、ここでは昇降圧を行う。スイッチング素子１１１１には、電界効果トランジスタ、絶縁ゲートバイポーラトランジスタなどのパワーデバイスが利用される。リアクトル１１１５は、回路に流れようとする電流の変化を妨げようとするコイルの性質を利用し、スイッチング動作によって電流が増減しようとしたとき、その変化を滑らかにする機能を有する。リアクトル１１１５として、実施形態のリアクトルを備える。実施形態のリアクトルを備えることで、電力変換装置１１００およびコンバータ１

110の損失が小さい。

[0077] 車両1200は、コンバータ1110の他、メインバッテリー1210に接続された給電装置用コンバータ1150や、補機類1240の電力源となるサブバッテリー1230とメインバッテリー1210とに接続され、メインバッテリー1210の高圧を低圧に変換する補機電源用コンバータ1160を備える。コンバータ1110は、代表的には、DC-DC変換を行うが、給電装置用コンバータ1150や補機電源用コンバータ1160は、AC-DC変換を行う。給電装置用コンバータ1150のなかには、DC-DC変換を行うものもある。給電装置用コンバータ1150や補機電源用コンバータ1160のリアクトルに、実施形態のリアクトルと同様の構成を備え、適宜、大きさまたは形状などを変更したリアクトルを利用できる。また、入力電力の変換を行うコンバータであって、昇圧のみを行うコンバータまたは降圧のみを行うコンバータに、実施形態のリアクトルを利用することもできる。

[0078] <試験例1>

実施形態1のリアクトル1aと同様の構成のリアクトルについて、インダクタンスと損失を評価した。

[0079] 試験例1では、表1に示す試料No. 1-0から試料No. 1-7のリアクトルを設計した。試料No. 1-0から試料No. 1-7は、サイドコア部33の内側面における傾斜面33tの角度を0°から7°までの範囲で変更したモデルである。設計したリアクトルの基本構成を以下に示す。

[0080] (磁性コアのサイズ)

- ・磁性コア3の長さL：80mm
- ・磁性コア3の幅W：65mm
- ・磁性コア3の高さH：25mm

長さLは、図1に示すように、磁性コア3のX軸方向の寸法である。幅Wは磁性コア3のY軸方向の寸法である。高さHは磁性コア3のZ軸方向の寸法である。

(各コア部のサイズ)

- ・ミドルコア部 3 1 の長さ : 5 3 m m
- ・ミドルコア部 3 1 の幅 : 2 5 m m
- ・第一サイドコア部 3 3 1 および第二サイドコア部 3 3 2 の各長さ : 5 3 m m
- ・第一サイドコア部 3 3 1 および第二サイドコア部 3 3 2 の各幅 : 9 m m
- ・第一エンドコア部 3 5 a および第二エンドコア部 3 5 b の各長さ : 1 3 . 5 m m
- ・第一エンドコア部 3 5 a および第二エンドコア部 3 5 b の各幅 : 6 5 m m
- ・ギャップ部 3 1 g の長さ : 2 m m

各コア部の長さは、X軸方向の寸法である。各コア部の幅はY軸方向の寸法である。各コア部の高さ、即ちZ軸方向の寸法は25mmである。

[0081] 第一コア 3 a の比透磁率 : 2 0

第二コア 3 b の比透磁率 : 2 0 0

[0082] 試料 No. 1-0 から試料 No. 1-7 における傾斜面の角度を表 1 に示す。また、各試料について、第一間隔 D 1、第二間隔 D 2、および第一間隔 D 1 と第二間隔 D 2 との比 (D 1 / D 2) を表 1 に示す。傾斜面 3 3 t の角度が 0° である試料 No. 1-0 は、サイドコア部 3 3 とコイル 2 との間の間隔がサイドコア部 3 3 の全長にわたって一定である。つまり、試料 No. 1-0 では、第一間隔 D 1 と第二間隔 D 2 との比が 1 である。試料 No. 1-0 における第一間隔 D 1 および第二間隔 D 2 はそれぞれ 2 mm である。

[0083] 各試料のリアクトルについて、インダクタンスおよび損失の解析を行った。インダクタンスおよび損失の解析には、市販の電磁界解析ソフトウェアである株式会社 JSOL 製の JMAG-Designer 21.0 を使用し、磁界過渡応答解析を行った。

[0084] (インダクタンスの解析)

0 A から 4 0 0 A の電流をコイルに流したときのインダクタンスを解析した。電流値が 0 A のときにおけるコイルの鎖交磁束量からインダクタンスの最大値を求めた。各試料におけるインダクタンスを表 1 に示す。表 1 に示す

インダクタンスは、試料N o. 1－0のインダクタンスを基準（１００％）とした比率で示す。

[0085] （損失の解析）

直流電流０Ａ、入力電圧３００Ｖ、出力電圧６００Ｖ、周波数２０ｋＨｚの電圧をコイルに印加したときの損失を解析した。磁束密度分布および電流密度分布からコイルの損失を求めた。各試料におけるコイル損失を表１に示す。表１に示すコイル損失は、試料N o. 1－0のコイル損失を基準（１００％）とした比率で示す。

[0086]

[表1]

	No. 1-0	No. 1-1	No. 1-2	No. 1-3	No. 1-4	No. 1-5	No. 1-6	No. 1-7
傾斜面の角度(°)	0	1	2	3	4	5	6	7
D1 (mm)	2	2	2	2	2	2	2	2
D2 (mm)	2	2.9	3.8	4.7	5.7	6.6	7.5	8.5
D1/D2	1	0.69	0.53	0.43	0.35	0.31	0.27	0.24
インダクタンス(%)	100	99.1	98.2	97.2	96.1	94.9	93.6	92.0
コイル損失(%)	100	98.4	97.2	96.4	95.8	95.6	95.7	96.6

[0087] 表1に示すように、試料No. 1-1から試料No. 1-7のコイル損失は、試料No. 1-0のコイル損失に比較して、1%以上低減されている。試料No. 1-1から試料No. 1-7は、第一間隔D1よりも第二間隔D2が大きく、第一間隔D1と第二間隔D2との比が0.70以下である。試料No. 1-1から試料No. 1-7の結果から、第二間隔D2が大きくなる、即ち第一間隔D1と第二間隔D2との比が小さくなるほど、コイル損失

を低減する効果が得られ易いことがわかる。ただし、第一間隔 D_1 と第二間隔 D_2 との比が小さくなると、試料 No. 1-0 のインダクタンスに比較してインダクタンスが減少することがわかる。試料 No. 1-1 から試料 No. 1-4 のインダクタンスは、試料 No. 1-0 のインダクタンスに比較して 5 % 未満の減少である。インダクタンスの減少が 5 % 未満であれば、試料 No. 1-0 とほぼ同等のインダクタンスとみなすことができる。試料 No. 1-1 から試料 No. 1-4 は第一間隔 D_1 と第二間隔 D_2 との比が 0.32 以上である。インダクタンスを良好に保ちつつ、かつ、コイル損失を低減する効果が得られる第一間隔 D_1 と第二間隔 D_2 との比は、0.32 以上 0.70 以下と考えられる。

[0088] <試験例 2>

実施形態 2 のリアクトル 1 b と同様の構成のリアクトルについて、インダクタンスと損失を評価した。

[0089] 試験例 2 では、表 2 に示す試料 No. 2-0 から試料 No. 2-4 のリアクトルを設計した。試料 No. 2-0 から No. 2-4 は、サイドコア部 33 の内側面における段部 33 s の幅を 0 mm から 5 mm までの範囲で変更したモデルである。設計したリアクトルの基本構成は試験例 1 と同じである。

[0090] 試料 No. 2-0 から No. 2-4 のリアクトルにおける段部の幅を表 2 に示す。また、各試料について、第一間隔 D_1 、第二間隔 D_2 、および第一間隔 D_1 と第二間隔 D_2 との比 (D_1 / D_2) を表 1 に示す。段部 33 s の幅が 0 mm である試料 No. 2-0 は、サイドコア部 33 とコイル 2 との間隔がサイドコア部 33 の全長にわたって一定である。つまり、試料 No. 2-0 では、第一間隔 D_1 と第二間隔 D_2 との比が 1 である。試料 No. 2-0 における第一間隔 D_1 および第二間隔 D_2 はそれぞれ 2 mm である。

[0091] 各試料のリアクトルについて、インダクタンスおよび損失の解析を行った。各試料におけるインダクタンスおよびコイルの損失を試験例 1 と同様に求めて求めた。各試料におけるインダクタンスおよびコイル損失を表 2 に示す。表 2 に示すインダクタンスは、試料 No. 2-0 のインダクタンスを基準 (

100%)とした比率で示す。表2に示すコイル損失は、試料No. 2-0のコイル損失を基準(100%)とした比率で示す。

[0092] [表2]

	No. 2-0	No. 2-1	No. 2-2	No. 2-3	No. 2-4
段部の幅 (mm)	0	1.25	2.5	3.75	5
D1 (mm)	2	2	2	2	2
D2 (mm)	2	3.25	4.5	5.75	7
D1/D2	1	0.62	0.45	0.35	0.29
インダクタンス (%)	100	98.7	97.2	95.4	93.2
コイル損失 (%)	100	97.7	96.5	96.1	97.5

[0093] 表2に示すように、試料No. 2-1から試料No. 2-4のコイル損失は、試料No. 2-0のコイル損失に比較して、1%以上、さらには2%以上低減されている。試料No. 2-1から試料No. 2-4は、第一間隔D1と第二間隔D2との比が0.70以下である。試料No. 2-1から試料No. 2-3のインダクタンスは、試料No. 2-0のインダクタンスに比較して5%未満の減少である。試験例2の結果からも、インダクタンスを良好に保ちつつ、かつ、コイル損失を低減する効果が得られる第一間隔D1と第二間隔D2との比は、0.32以上0.70以下と考えられる。

符号の説明

[0094] 1 a、1 b リアクトル

2 コイル

2 a 第一端面、2 b 第二端面

3 磁性コア

3 a 第一コア、3 b 第二コア

3 1 ミドルコア部

3 1 a 第一ミドルコア部、3 1 b 第二ミドルコア部

3 1 g ギャップ部

3 2 a 第一端、3 2 b 第二端

3 3 サイドコア部

3 3 1 第一サイドコア部、3 3 2 第二サイドコア部

3 3 t 傾斜面、3 3 s 段部

3 4 a 第一端、3 4 b 第二端

3 4 1 第一領域、3 4 2 第二領域

3 5 エンドコア部

3 5 a 第一エンドコア部、3 5 b 第二エンドコア部

D 1 第一間隔、D 2 第二間隔

L 長さ、W 幅、H 高さ

1 1 0 0 電力変換装置

1 1 1 0 コンバータ、1 1 1 1 スイッチング素子、1 1 1 2 駆動回路

1 1 1 5 リアクトル、1 1 2 0 インバータ

1 1 5 0 給電装置用コンバータ、1 1 6 0 補機電源用コンバータ

1 2 0 0 車両

1 2 1 0 メインバッテリー、1 2 2 0 モータ、1 2 3 0 サブバッテリー

1 2 4 0 補機類、1 2 5 0 車輪

1 3 0 0 エンジン

請求の範囲

- [請求項1] 筒状の形状を有するコイルと、 θ 状の形状を有する磁性コアとを備え、
- 前記コイルは、第一端面および第二端面を有し、
- 前記磁性コアは、第一コアと第二コアとを備え、
- 前記第一コアは、第一エンドコア部と、サイドコア部とを含み、
- 前記第二コアは、第二エンドコア部を含み、
- 前記第一コアおよび前記第二コアの少なくとも一つは、ミドルコア部の少なくとも一部を含み、
- 前記第一エンドコア部は、前記コイルの前記第一端面と向かい合うように配置され、
- 前記第二エンドコア部は、前記コイルの前記第二端面と向かい合うように配置され、
- 前記ミドルコア部は前記コイル内に配置され、
- 前記サイドコア部は、前記コイルを挟むように前記ミドルコア部と並列に配置される第一サイドコア部と第二サイドコア部とを有し、
- 前記第一コアの比透磁率は前記第二コアの比透磁率よりも低く、
- 前記第一サイドコア部および前記第二サイドコア部はそれぞれ、前記第一エンドコア部に結合された第一端と、前記第二エンドコア部に結合された第二端とを有し、
- 前記第一サイドコア部と前記コイルとの間の間隔、および前記第二サイドコア部と前記コイルとの間の間隔はそれぞれ、前記第一端における第一間隔よりも前記第二端における第二間隔の方が大きく、
- 前記第一間隔と前記第二間隔との比が0.32以上0.70以下である、
- リアクトル。
- [請求項2] 前記ミドルコア部は、第一ミドルコア部と第二ミドルコア部とを有し、

前記第一ミドルコア部は、前記第一エンドコア部に結合され、
前記第二ミドルコア部は、前記第二エンドコア部に結合されている
、請求項 1 に記載のリアクトル。

[請求項3] 前記ミドルコア部は、前記第一ミドルコア部と前記第二ミドルコア部との間にギャップ部を有する、請求項 2 に記載のリアクトル。

[請求項4] 前記第一サイドコア部および前記第二サイドコア部はそれぞれ、前記第一端から前記第二端に向かって幅が細くなるテーパ形状を有する、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] 前記第一サイドコア部および前記第二サイドコア部はそれぞれ、前記第一端から前記第二端に向かって幅が細くなる段付き形状を有する、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6] 前記第一コアの比透磁率が 5 以上 50 以下である、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] 前記第一コアは、樹脂中に軟磁性粉末が分散された複合材料の成形体により構成されている、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] 前記第二コアの比透磁率が 100 以上 500 以下である、請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のリアクトル。

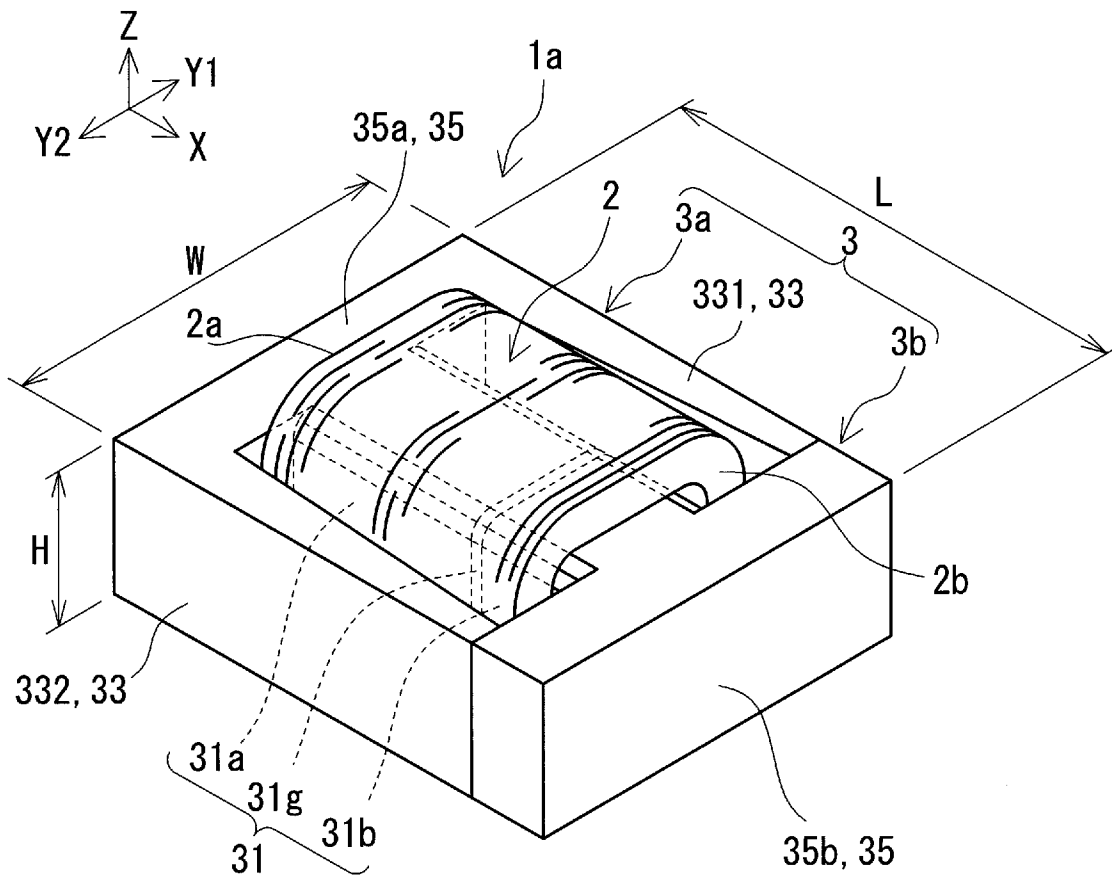
[請求項9] 前記第二コアは、圧粉成形体により構成されている、請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載のリアクトル。

[請求項10] 請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載のリアクトルを備える、
コンバータ。

[請求項11] 請求項 10 に記載のコンバータを備える、
電力変換装置。

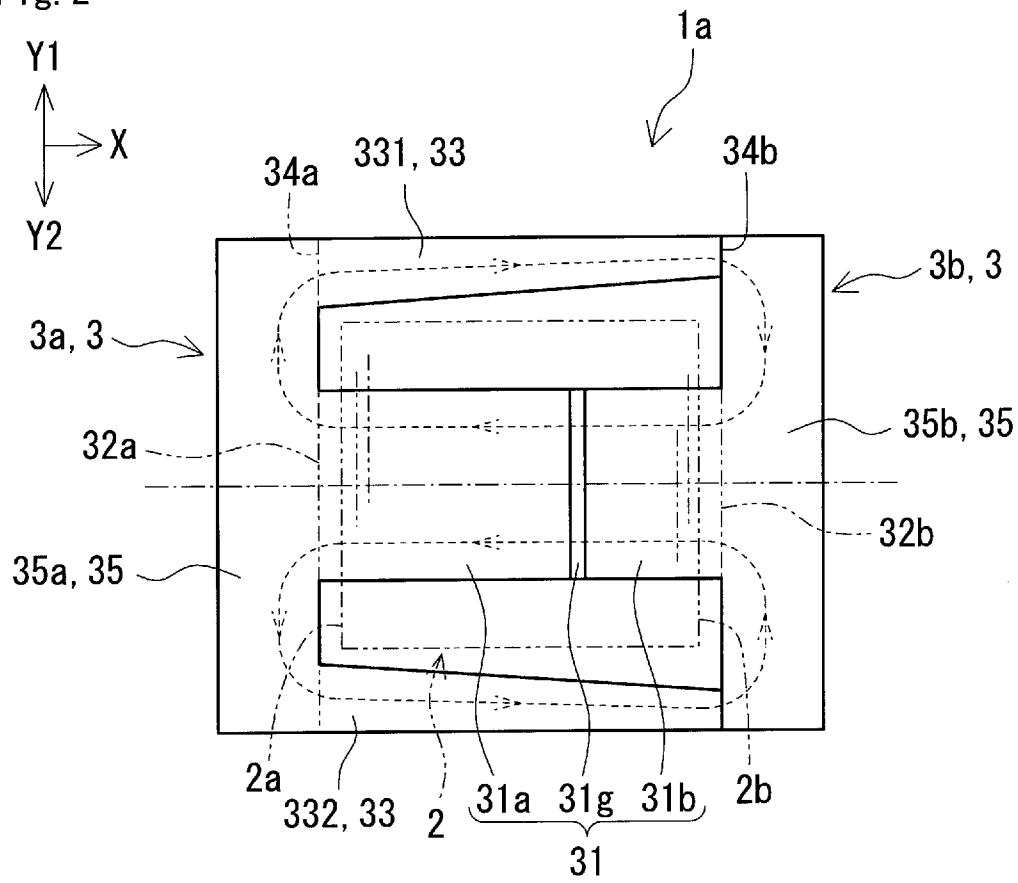
[図1]

Fig. 1



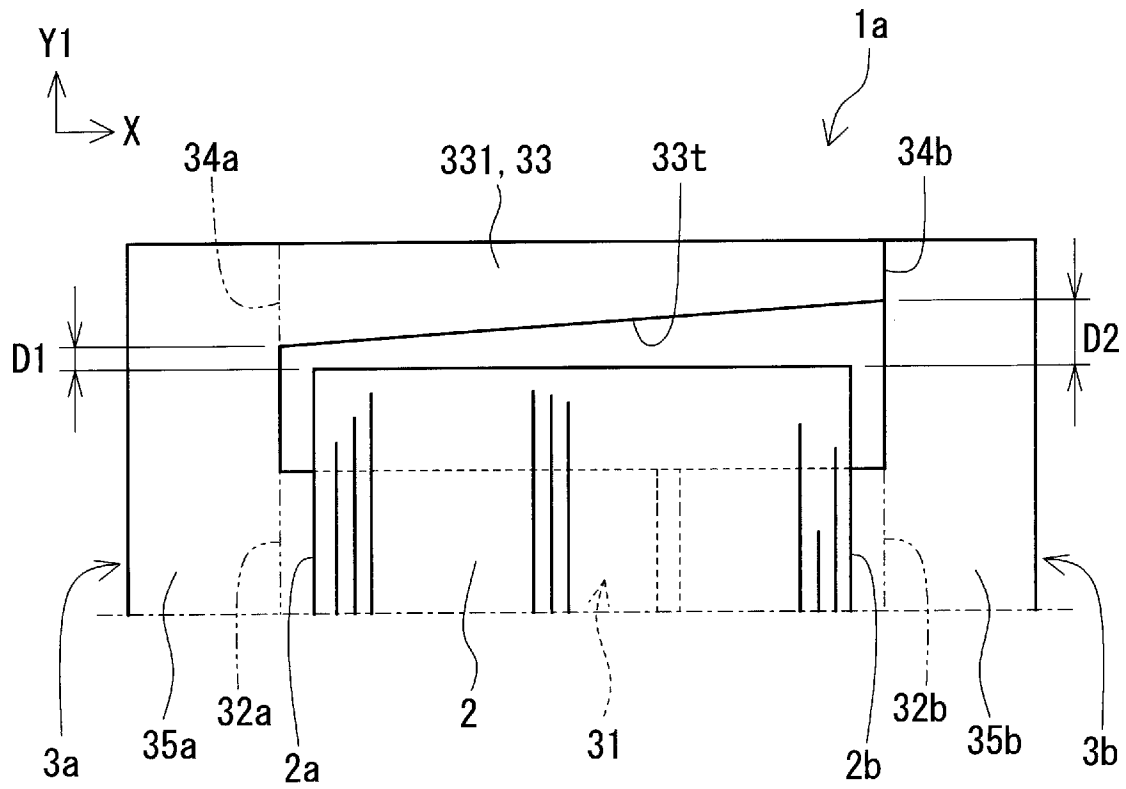
[図2]

Fig. 2



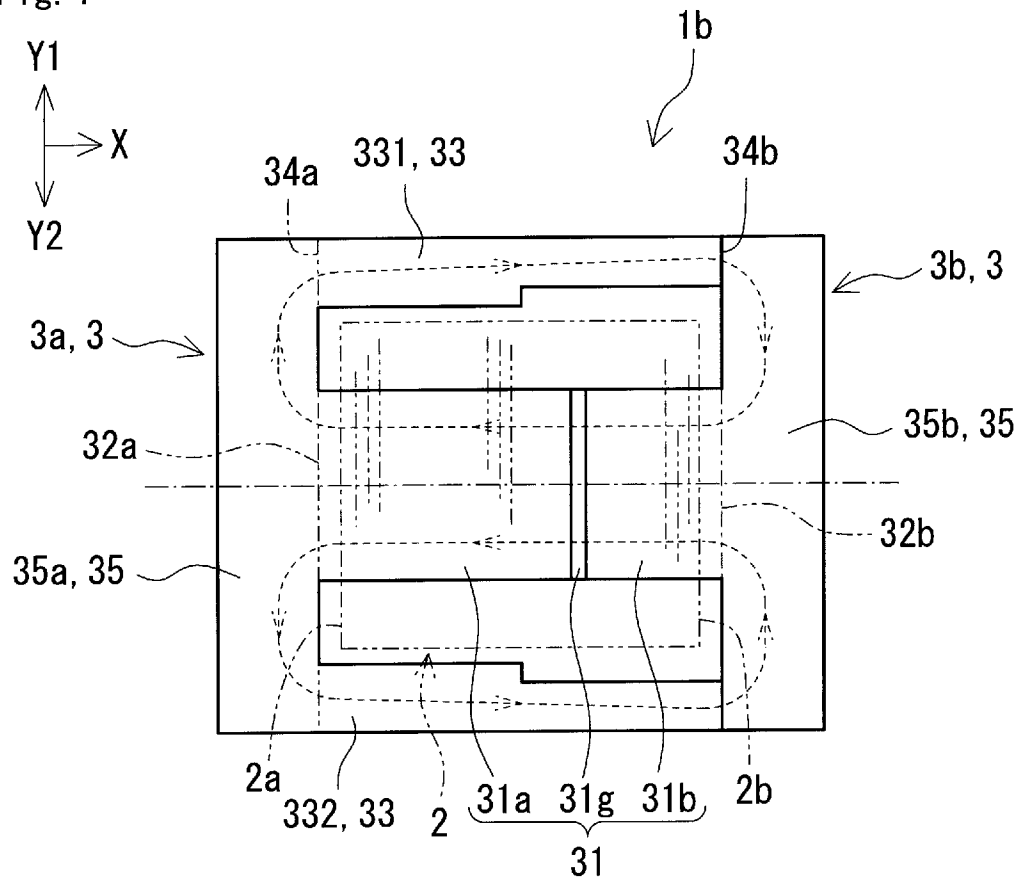
[図3]

Fig. 3



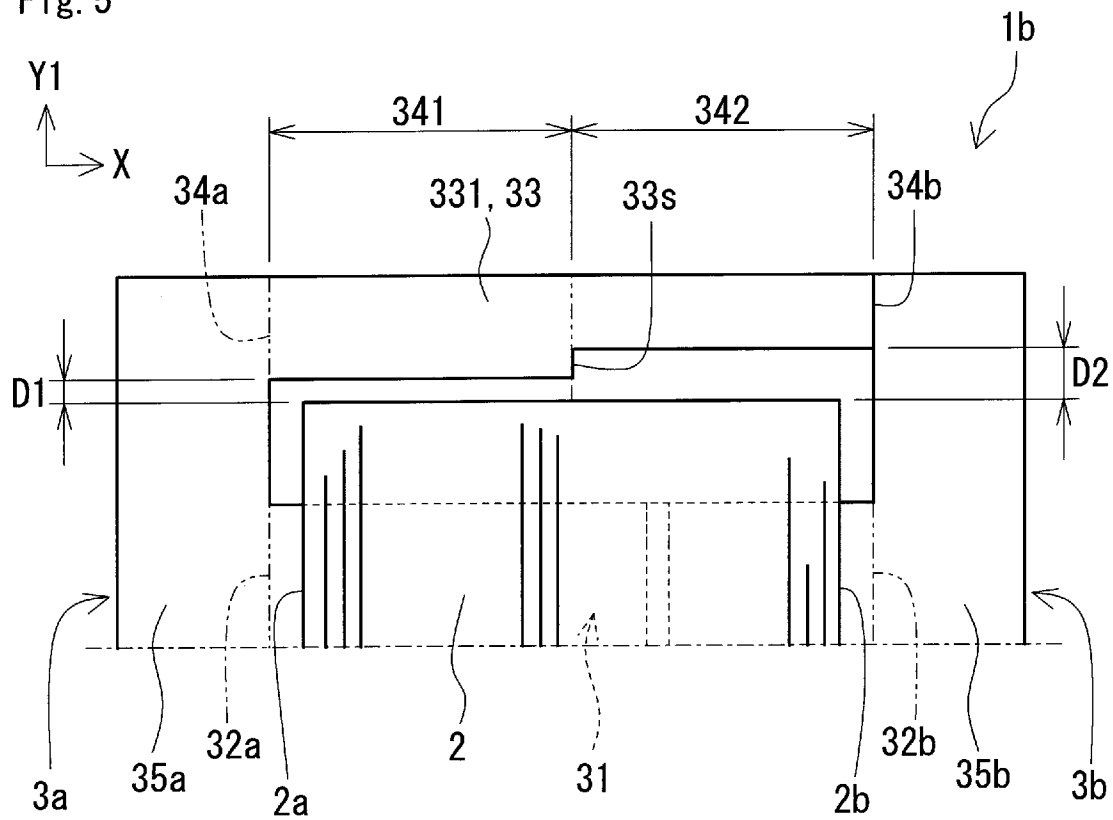
[図4]

Fig. 4



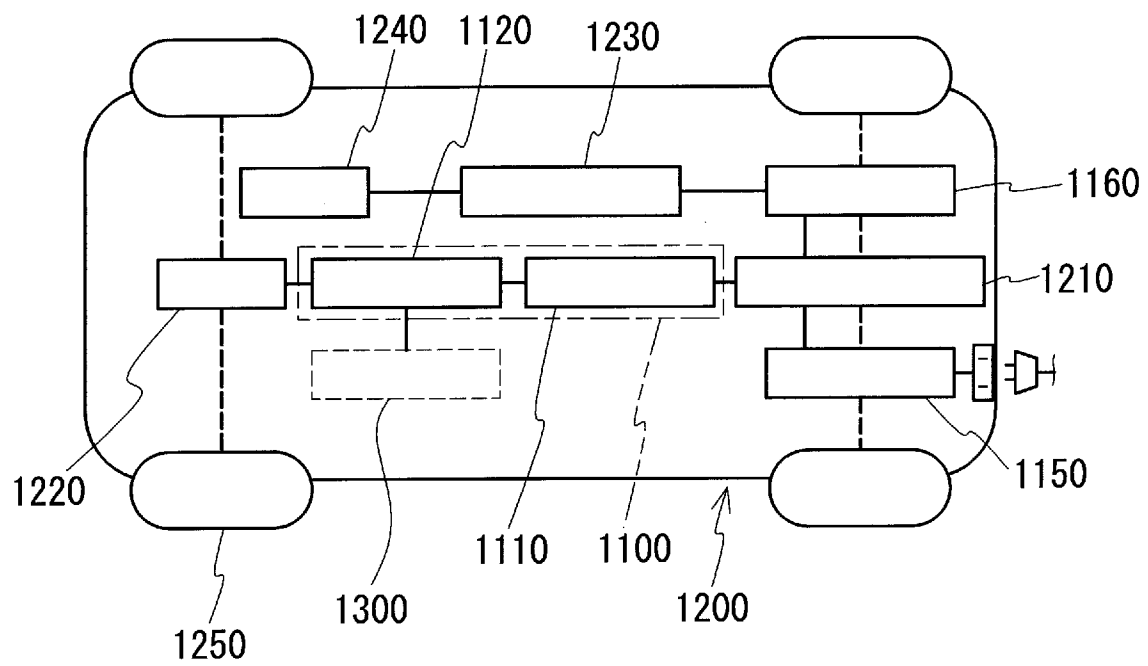
[図5]

Fig. 5



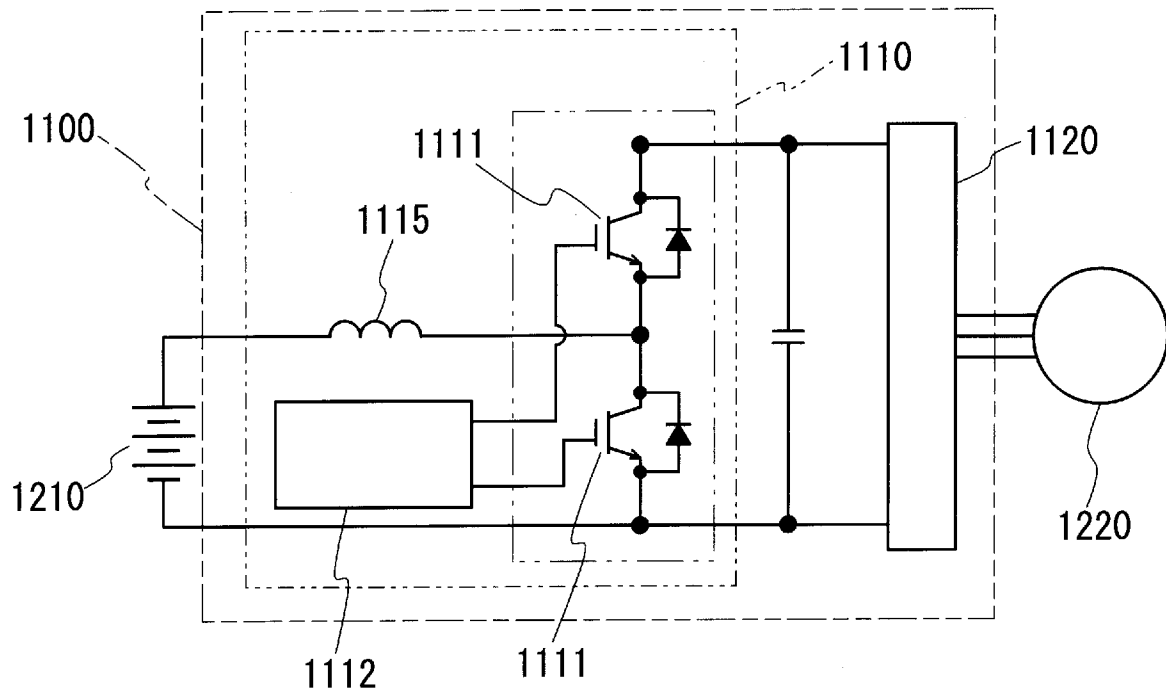
[図6]

Fig. 6



[図7]

Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/044031

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01F 37/00**(2006.01)i; **H01F 27/24**(2006.01)i; **H01F 27/255**(2006.01)i

FI: H01F37/00 A; H01F27/24 J; H01F27/24 K; H01F27/255; H01F37/00 M; H01F37/00 R

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

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 1971-2024
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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 2021-141122 A (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES LTD.) 16 September 2021 (2021-09-16) paragraphs [0091]-[0106], [0112]-[0127], [0138]-[0142], fig. 4-5, 7-8	1-11
A	JP 2012-23090 A (KABUSHIKI KAISHA TOYOTA CHUO KENKYUSHO) 02 February 2012 (2012-02-02) paragraphs [0042]-[0046], [0049]-[0051], fig. 1-2, 4, 8	1-11
A	JP 2004-31647 A (SUMIDA CORPORATION) 29 January 2004 (2004-01-29) paragraphs [0011]-[0022], fig. 1-6	1-11
A	JP 2006-186195 A (JFE STEEL CORPORATION) 13 July 2006 (2006-07-13) paragraphs [0011], [0017], fig. 2-3	1-11



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
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “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

12 March 2024

Date of mailing of the international search report

26 March 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/044031

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2021-141122	A	16 September 2021	US 2023/0100669 A1 paragraphs [0119]-[0137], [0146]-[0172], [0188]-[0193], fig. 4-5, 7-8 WO 2021/177189 A1 CN 115210831 A	
JP	2012-23090	A	02 February 2012	(Family: none)	
JP	2004-31647	A	29 January 2004	(Family: none)	
JP	2006-186195	A	13 July 2006	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01F 37/00(2006.01)i; H01F 27/24(2006.01)i; H01F 27/255(2006.01)i FI: H01F37/00 A; H01F27/24 J; H01F27/24 K; H01F27/255; H01F37/00 M; H01F37/00 R		
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）） 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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 2021-141122 A（株式会社オートネットワーク技術研究所）16.09.2021（2021 - 09 - 16） 段落[0091]-[0106], [0112]-[0127], [0138]-[0142], 図4-5, 7-8	1-11
A	JP 2012-23090 A（株式会社豊田中央研究所）02.02.2012（2012 - 02 - 02） 段落[0042]-[0046], [0049]-[0051], 図1-2, 4, 8	1-11
A	JP 2004-31647 A（スミダコーポレーション株式会社）29.01.2004（2004 - 01 - 29） 段落[0011]-[0022], 図1-6	1-11
A	JP 2006-186195 A（JFEスチール株式会社）13.07.2006（2006 - 07 - 13） 段落[0011], [0017], 図2-3	1-11
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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抵触するものではなく、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 12. 03. 2024	国際調査報告の発送日 26. 03. 2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 久保田 昌晴 5D 4230 電話番号 03-3581-1101 内線 3551	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/044031

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2021-141122	A	16.09.2021	US 2023/0100669 A1 段落[0119]-[0137], [0146]- [0172], [0188]-[0193], 図 4-5, 7-8 WO 2021/177189 A1 CN 115210831 A	
JP	2012-23090	A	02.02.2012	(ファミリーなし)	
JP	2004-31647	A	29.01.2004	(ファミリーなし)	
JP	2006-186195	A	13.07.2006	(ファミリーなし)	