

(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
2014 年 12 月 24 日(24.12.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/203809 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/JP2014/065696
- (22) 国際出願日: 2014 年 6 月 13 日(13.06.2014)
- (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 2013-126801 2013 年 6 月 17 日(17.06.2013) JP
特願 2014-097216 2014 年 5 月 8 日(08.05.2014) JP
- (71) 出願人: 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 3 号 Osaka (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 1 4 号 Mie (JP). 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 1 4 号 Mie (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 淳 (SATO, Atsushi); 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内 Hyogo (JP). 草別 和嗣

(KUSAWAKE, Kazushi); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 稲葉 和宏 (INABA, Kazuhiro); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 栢田 茂樹 (MASUDA, Shigeki); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 瀧川 貴稔 (TAKIKAWA, Takatoshi); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人サンクレスト国際特許事務所 (SUNCREST PATENT AND TRADEMARK ATTORNEYS); 〒6500023 兵庫県神戸市中央区栄町通四丁目 1 番 1 1 号 Hyogo (JP).

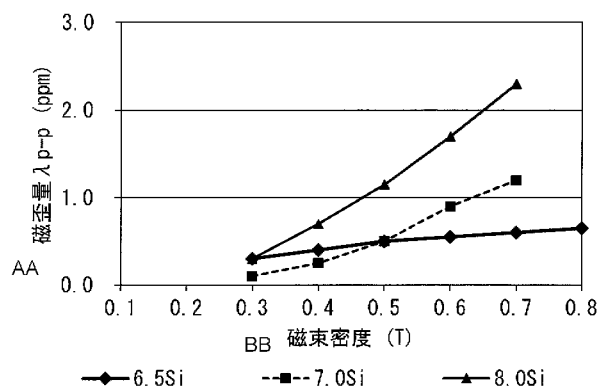
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG,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

[続葉有]

(54) Title: INDUCTOR, MAGNETIC BODY, CONVERTER, AND POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: リアクトル、磁性体、コンバータ、および電力変換装置

【図7】



AA Amount of magnetostriction ($\Delta p-p$) (ppm)
BB Flux density (T)

(57) Abstract: This inductor is provided with an assembly combining a coil and a magnetic core having a portion inserted within the coil, wherein at least a portion of the magnetic core is a magnetic body resulting from a plurality of Fe-Si alloy soft magnetic metal particles dispersed in a resin, the content of the soft magnetic metal particles in the magnetic body is 50-85 vol% inclusive, the average particle size (d_{50}) of the soft magnetic metal particles is 20-100 μm inclusive, the Si content of the soft magnetic metal particles is at least 4.5 mass% and less than 8.0 mass%, and the amount of magnetostriction ($\Delta p-p$) of the magnetic bodies in an alternating magnetic field having a frequency of 500 Hz and a flux density of 0.6 T is no greater than 0.9 ppm.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/203809 A1



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, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

コイルと、前記コイルの内部に挿通される部分を有する磁性コアと、を組み合わせた組合体を備えるリアクトルであって、前記磁性コアの少なくとも一部が、Fe-Si合金の複数の軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体であり、前記磁性体に占める前記軟磁性金属粒子の含有量が、50体積%以上、85体積%以下、前記軟磁性金属粒子の平均粒径d50が、20μm以上、100μm以下、前記軟磁性金属粒子におけるSi含有量が、4.5質量%以上、8.0質量%未満であり、磁束密度=0.6T、周波数=500Hzの交番磁界下における前記磁性体の磁歪量λ_{p-p}が0.9ppm以下であるリアクトル。

明 細 書

発明の名称：

リアクトル、磁性体、コンバータ、および電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明は、電磁部品を構成する磁性コアなどに利用される磁性体、磁性体を用いたリアクトル、リアクトルを用いたコンバータ、コンバータを用いた電力変換装置に関するものである。

背景技術

[0002] 電圧の昇圧動作や降圧動作を行う回路の部品の一つに、リアクトルがある。リアクトルは、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に利用される。そのリアクトルは、コイルと、コイルの内部に挿通される部分を有する磁性コアと、を組み合わせた組合体を備える。磁性コアは通常、コイルの内部に挿通させる部分を備える必要性から、複数のコア片を組み合わせ構成される。

[0003] 特許文献1には、巻線を巻回してなるコイル、およびこのコイルに挿通される磁性コアを備えるリアクトルが開示されており、その磁性コアは、複数のコア片を組み合わせ構成されている。また、特許文献1には、漏れ磁束を低減するために、各コア片の比透磁率を異ならせることが開示されており、コア片としては、軟磁性粉末を加圧成形してなる圧粉成形体、軟磁性粉末と樹脂とを含む成形硬化体、電磁鋼板を積層した積層体などを挙げている。

[0004] 特許文献2には、FeやFe-Si合金などの軟磁性金属粉末とこの粉末を分散した状態で内包する樹脂とを有する軟磁性複合材料が開示され、樹脂としてはポリアミドなどが挙げられている。また、軟磁性粉末の充填率は30体積%以上70体積%以下であり、軟磁性粉末の平均粒径は $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ が好ましいことが開示されている。

[0005] 特許文献3にはFe-Si合金を用いた低磁歪の圧粉成形体が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-33055号公報

特許文献2：特開2008-147403号公報

特許文献3：特開2006-332328号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記リアクトルは、交流の通電を受けて動作する。そのため、交流の通電に伴う交番磁界が、リアクトルを構成する磁性コア（磁性体）に作用する。この交番磁界下の磁性体には磁歪と呼ばれる微小な伸縮現象が生じる。そのため、磁歪が生じる磁性体をリアクトルの磁性コアに利用した場合、磁歪に伴ってリアクトルが振動し、リアクトルの構成部材同士が衝突するなどして騒音が発生する。このような事情から磁歪の生じ難い磁性体を用いた低騒音のリアクトルの開発が望まれている。

[0008] 特許文献1に開示されている成形硬化体や特許文献2に開示されている軟磁性複合材料は、混合比率を広範囲に設定でき、圧粉成形体と比べて成形圧力が低く、作製が比較的容易で、比透磁率なども比較的容易に変化させることができる。しかし、特許文献1や特許文献2には成形硬化体や軟磁性複合材料の磁歪を小さくすることについては全く記載が無い。

[0009] 特許文献3では圧粉成形体を用いた低磁歪体が開示されているが、圧粉成形体に比べて樹脂含有量が多い成形硬化体等での低磁歪体については全く記載されていない。したがって、圧粉成形体ではない材料において、無限に近い構成の中から、低磁歪となる材料を探し出すことは極めて困難である。

[0010] そこで、上記事情に鑑み、低磁歪の磁性体を備える低騒音のリアクトルを提供する。また、軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体であって、低騒音のリアクトルを作製することができる低磁歪の磁性体を提供する。さらに、低騒音のリアクトルを用いたコンバータ、およびそのコンバータを利用

した電力変換装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明の一態様に係るリアクトルは、コイルと、コイルの内部に挿通される部分を有する磁性コアと、を組み合わせた組合体を備えるリアクトルであって、磁性コアの少なくとも一部が、Fe-Si合金の複数の軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体であるリアクトルである。この本発明の一態様に係るリアクトルでは、磁性体に占める軟磁性金属粒子の含有量が、50体積%以上、85体積%以下、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} （質量基準）が、 $20\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以下、軟磁性金属粒子におけるSi含有量が、4.5質量%以上、8.0質量%未満である。さらに、本発明の一態様に係るリアクトルでは、磁束密度=0.6T、周波数=500Hzの交番磁界下における磁性体の磁歪量 λ_p-p が0.9ppm以下である。

発明の効果

[0012] 上記によれば、静粛性に優れるリアクトルを提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施形態に記載されるリアクトルの概略斜視図である。

[図2]実施形態に記載されるリアクトルの概略分解斜視図である。

[図3]図2とは異なるリアクトルの概略分解斜視図である。

[図4]ハイブリッド自動車の電源系統を模式的に示す概略構成図である。

[図5]コンバータを備える電力変換装置の一例を示す概略回路である。

[図6]試験例の磁性体の磁歪量 λ_p-p の測定方法の概略説明図である。

[図7]磁歪量 λ_p-p に及ぼす軟磁性金属粒子中のSi含有量の影響を示すグラフである。

[図8]磁歪量 λ_p-p に及ぼす軟磁性金属粒子の平均粒径の影響を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] [本発明の実施形態の説明]

最初に本発明に係る実施形態の内容を列記して説明する。

[0015] <1>実施形態のリアクトルは、コイルと、コイルの内部に挿通される部分を有する磁性コアと、を組み合わせた組合体を備えるリアクトルであって、磁性コアの少なくとも一部が、Fe-Si合金の複数の軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体であるリアクトルである。このリアクトルでは、磁性体に占める軟磁性金属粒子の含有量が、50体積%以上、85体積%以下、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} （質量基準）が、 $20\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以下、軟磁性金属粒子におけるSi含有量が、4.5質量%以上、8.0質量%未満である。さらに、このリアクトルでは、磁束密度=0.6T、周波数=500Hzの交番磁界下における磁性体の磁歪量 λ_p-p が0.9ppm以下である。

[0016] 上記実施形態のリアクトルは、使用時に発生する騒音が小さいリアクトル、即ち静粛性に優れるリアクトルである。それは、リアクトルの磁性コアの少なくとも一部が、後述する実施形態の磁性体で構成されており、その磁性体の磁歪量 λ_p-p が小さいからである。通常、リアクトルの磁性コアは複数のコア片を組み合わせるため、各コア片の磁歪量 λ_p-p が大きいと、騒音が発生し易い。これに対して、磁歪量 λ_p-p の小さい実施形態の磁性体を用いて磁性コアのコア片を構成すれば、リアクトルの使用時に発生する騒音を低減することができる。

[0017] ここで、実施形態の磁性体の磁歪量 λ_p-p が小さいのは、全体に占める軟磁性金属粒子の含有量、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} 、および軟磁性金属粒子のSi含有量の三つのパラメーターが所定範囲内にあるからである。この点に関しては後述する。

[0018] <2>実施形態のリアクトルとして、磁性体における軟磁性金属粒子の含有量が、55体積%以上、65体積%以下、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} が、 $55\mu\text{m}$ 以上、 $90\mu\text{m}$ 以下、軟磁性金属粒子におけるSi含有量が、6.0質量%以上、7.0質量%未満である形態を挙げることができる。さらに、このリアクトルでは、磁束密度=0.6T、周波数=500Hzの交

番磁界下における磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ が 0.5 ppm 以下である。

[0019] 上記構成に示すように、磁性体に係る三つのパラメーターをさらに限定することで、磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ をさらに低い値にすることができる。

[0020] <3>実施形態の磁性体は、Fe-Si合金の複数の軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体であって、全体に占める軟磁性金属粒子の含有量が、50体積%以上、85体積%以下であり、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} (質量基準) が、 $20 \mu\text{m}$ 以上、 $100 \mu\text{m}$ 以下、軟磁性金属粒子におけるSi含有量が、4.5質量%以上、8.0質量%未満である。さらに、磁束密度 = 0.6 T 、周波数 = 500 Hz の交番磁界下におけるこの磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ は 0.9 ppm 以下である。

[0021] 上記構成に示すように、全体に占める軟磁性金属粒子の含有量、軟磁性金属粒子の平均粒径、および軟磁性金属粒子のSi含有量の三つのパラメーターが所定範囲内にある場合、磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ が非常に低い値になる。具体的には、磁束密度 = 0.6 T 、周波数 = 500 Hz の交番磁界における本実施形態の磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ は、 0.9 ppm 以下となる。

[0022] <4>実施形態のコンバータは、上記実施形態のリアクトルを備える。

[0023] 上記コンバータは、静粛性に優れる。それは、静粛性に優れる実施形態のリアクトルを備えるからである。この実施形態のコンバータを、例えばハイブリッド自動車に適用することで、ハイブリッド自動車の静粛性を高めることができる。

[0024] <5>実施形態の電力変換装置は、上記実施形態のコンバータを備える。

[0025] 上記電力変換装置は、静粛性に優れる。それは、静粛性に優れる実施形態のコンバータを備えるからである。この実施形態の電力変換装置を、例えばハイブリッド自動車に適用することで、ハイブリッド自動車の静粛性を高めることができる。

[0026] [本発明の実施形態の詳細]

以下、実施形態に係る磁性体を説明し、次いでその磁性体を用いたリアクトルを説明する。なお、本発明はこれらの例示に限定されるわけではなく、

特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内の全ての変更が含まれることを意図する。

[0027] <磁性体>

本実施形態の磁性体は、Fe-Si合金の複数の軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体である。その最も特徴とするところは、磁性体における軟磁性金属粒子の含有量、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} 、および軟磁性金属粒子におけるSi含有量の三つのパラメーターが下記所定範囲に限定されていることである。その結果として、本実施形態の磁性体の磁歪量 λ_{p-p} は、非常に低い値に抑えられる。三つのパラメーターのいずれか一つであっても下記所定範囲を外れると、磁性体の磁歪量 λ_{p-p} は、高い値になる傾向にある。

[0028] <<軟磁性金属粒子>>

本実施形態における磁性体では、軟磁性金属粒子の材質として、Fe-Si合金を利用する。そのFe-Si合金におけるSi含有量は、4.5質量%以上、8.0質量%未満とする。好ましいSi含有量は、6.0質量%以上、8.0質量%未満であり、より好ましいSi含有量は、6.0質量%以上、7.0質量%以下であり、さらに好ましいSi含有量は、6.0質量%以上、7.0質量%未満である。

[0029] 軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} （質量基準）は、 $20\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以下とする。好ましい平均粒径は、 $55\mu\text{m}$ 以上、 $90\mu\text{m}$ 以下である。なお、磁性体における軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} は、光学的手法（例えば、光学顕微鏡による観察）による画像をもとに、画像処理を行ない、粒径の分布を特定することで求めると良い。

[0030] 軟磁性金属粒子の表面には、絶縁被膜が形成されていてもよい。絶縁被膜を形成することで、磁性体における軟磁性金属粒子同士の絶縁を確保し易い。その結果、磁性体を例えばリアクトルの磁性コアに利用した際、磁性コアに生じる渦電流損を効果的に抑制することができる。絶縁被膜としては、リン酸化合物、珪素化合物（シリコンを含む）、ジルコニウム化合物、アル

ミニウム化合物、あるいは硼素化合物などでできた絶縁被膜を挙げることができる。リン酸化合物としては、リン酸鉄やリン酸マンガン、リン酸亜鉛、リン酸カルシウムなどのリン酸金属塩を利用することができる。

[0031] 絶縁被膜の平均厚さは、10 nm以上、500 nm以下とすることが好ましい。絶縁被膜の平均厚さを10 nm以上とすることで、軟磁性金属粒子間の絶縁を十分に確保することができる。一方、絶縁被膜の平均厚さを500 nm以下とすることで、磁性体における軟磁性金属粒子の含有量が低下することを回避することができる。

[0032] 《樹脂》

軟磁性金属粒子が分散される樹脂としては、熱硬化性樹脂、光（紫外線）硬化性樹脂、電子線硬化性樹脂、湿気硬化性樹脂、熱可塑性樹脂などが利用できる可能性がある。

[0033] 熱硬化性樹脂としては、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ポリウレタン、ジアリルフタレート樹脂、シリコーン樹脂などが挙げられる。

[0034] 光硬化性樹脂のオリゴマーとしては、ウレタンアクリレート系、エポキシアクリレート系、エステルアクリレート系、アクリレート系、エポキシ系、ビニルエーテル系の樹脂が挙げられる。

[0035] 電子線硬化性樹脂のオリゴマーとしては、不飽和ポリエステル、不飽和アクリル、エポキシアクリレート、ウレタンアクリレート、ポリエステルアクリレート、ポリエーテルアクリレート、ポリエン／ポリチオールなどが挙げられる。

[0036] 湿気硬化性樹脂としては、湿気硬化型エポキシ樹脂や湿気硬化型ポリウレタン樹脂などが挙げられる。

[0037] 熱可塑性樹脂としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリエチレンテレフタレート、アクリロニトリルブタジエン共重合樹脂、ポリブチレンテレフタレート、ポリ塩化ビニリデン、ポリカーボネート、ポリアミド、ポリアセタール、ポリイミド、メタクリル樹脂、

フッ素樹脂、ポリフェニレンサルファイドなどが挙げられる。

[0038] 《軟磁性金属粒子の割合》

磁性体における軟磁性金属粒子の含有量は、50体積%以上、85体積%以下とする。好ましい軟磁性金属粒子の含有量は、50体積%以上、75体積%以下であり、より好ましい軟磁性金属粒子の含有量は、55体積%以上、65体積%以下である。磁性体における軟磁性金属粒子以外の部分は、基本的に樹脂で構成されていると考えて良いが、微量であれば、フィラーなどの樹脂以外の物を含んでいても良い。

[0039] 《磁性体に係る三つのパラメーターの組合せ》

磁性体に係る三つのパラメーターは、上述した所定範囲内で適宜選択することができる。例えば、下記磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ は、磁束密度=0.6 T、周波数=500 Hzの交番磁界下で0.9 ppm以下となる。

- ・軟磁性金属粒子の含有量=50体積%以上、85体積%以下
- ・軟磁性金属粒子のSi含有量=4.5質量%以上、8.0質量%未満
- ・軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} =20 μ m以上、100 μ m以下

[0040] また、下記磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ は、磁束密度=0.6 T、周波数=500 Hzの交番磁界下で0.9 ppm以下となる。

- ・軟磁性金属粒子の含有量=50体積%以上、75体積%以下
- ・軟磁性金属粒子のSi含有量=6.0質量%以上、8.0質量%未満
- ・軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} =20 μ m以上、100 μ m以下

[0041] また、下記磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ は、磁束密度=0.6 T、周波数=500 Hzの交番磁界下で0.5 ppm以下となる。

- ・軟磁性金属粒子の含有量=55体積%以上、65体積%以下
- ・軟磁性金属粒子のSi含有量=6.0質量%以上、7.0質量%未満
- ・軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} =55 μ m以上、90 μ m以下

[0042] さらに、下記磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ は、磁束密度=0.6 T、周波数=500 Hzの交番磁界下で0.35 ppm以下となる。

- ・軟磁性金属粒子の含有量=60体積%以上、65体積%以下

- ・軟磁性金属粒子のSi含有量＝6.0質量%以上、7.0質量%未満
- ・軟磁性金属粒子の平均粒径 $d_{50}=80\mu\text{m}$ 以上、 $90\mu\text{m}$ 以下

[0043] 《磁性体の製造方法》

上記磁性体を作製するには、例えば射出成形を利用することができる。例えば、ポリアミド樹脂などの熱可塑性樹脂を加熱し、軟化した熱可塑性樹脂と軟磁性金属粉末（軟磁性金属粒子の集合体）とを混合する。その混合物を金型内に射出することで上記磁性体を得ることができる。その他、上記磁性体は、混合物を金型内で圧縮する圧縮成形や、混合物をダイから押し出す押出成形によって得ることができる可能性がある。

[0044] <本実施形態の磁性体の適用例>

次に、本実施形態の磁性体をリアクトルの磁性コアに適用した例を図1～3に基づいて説明する。図1はリアクトル1の概略斜視図、図2はリアクトル1に備わる組合体10の概略分解斜視図、図3は磁性コア3の構成が図2とは異なる組合体10'の概略分解斜視図である。まず、図1、2を参照してリアクトル1を説明する。なお、図1～3を用いて説明するリアクトル1、1'とその構成部材の形状はあくまで一例に過ぎず、このような形状に限定されるわけではない。

[0045] 《リアクトルの全体構成》

図1に示すリアクトル1は、コイル2と磁性コア3との組合体10である。リアクトル1は、組合体10を収納するケースを備える構成であっても良く、その場合にはケース内に配置される組合体10を封止する封止樹脂を設けても良い。このリアクトル1のコイル2は一对のコイル素子2A、2Bを有し、磁性コア3は一对の内側コア部31、31と一对の外側コア部32、32とを備える（特に図2を参照）。

[0046] 《コイル》

組合体10（リアクトル1）に備わるコイル2は、図2に示すように、一对のコイル素子2A、2Bと、両コイル素子2A、2Bを連結するコイル素子連結部2rと、を備える。コイル2は、銅やアルミニウム、その合金とい

った導電性材料からなる平角線や丸線などの導体の外周に、絶縁性材料からなる絶縁被膜を備える被覆線を好適に利用できる。

[0047] コイル2の両端部2 a, 2 bは、ターン形成部分から引き延ばされて、図示しない端子部材に接続される。この端子部材を介して、コイル2に電力供給を行なう電源などの外部装置（図示せず）が接続される。

[0048] 《磁性コア》

組合体10（リアクトル1）に備わる磁性コア3は、各コイル素子2 A, 2 Bの内部に挿入される一对の内側コア部3 1, 3 1と、コイル素子2 A, 2 Bから露出し、内側コア部3 1, 3 1をその両側から挟み込む一对の外側コア部3 2, 3 2とを備える。本例では、内側コア部3 1, 3 1は略直方体となっており、外側コア部3 2, 3 2は上面と下面が略ドーム形状の柱状体となっている（もちろん、この形状に限定されるわけではない）。内側コア部3 1はさらに複数のコア片から構成されていても良く、その場合、各コア片の間にギャップ材を介在させても良い。ギャップ材を介在させることで磁性コア3のインダクタンスを調整することができる。

[0049] 内側コア部3 1の外周には、ボビン部材5 1（ボビン5）を配置することができる。また、外側コア部3 2と内側コア部3 1との間には、枠状ボビン5 2（ボビン5）を配置することができる。これらボビン部材5 1および枠状ボビン5 2を用いることで、磁性コア3とコイル2との間の絶縁性を確保しやすくなる。

[0050] ここで、本実施形態の磁性体は、上記内側コア部3 1と外側コア部3 2のどちらに適用しても構わない。もちろん、両方のコア部3 1, 3 2を本実施形態の磁性体としても良い。但し、内側コア部3 1の比透磁率と外側コア部3 2の比透磁率とを異ならせることで、磁性コア3全体の比透磁率を調整し、磁性コア3を磁気飽和し難くできる。本実施形態の磁性体における樹脂の割合は比較的高いため、本実施形態の磁性体の比透磁率は低い傾向にある。そこで、本実施形態の磁性体で内側コア部3 1を構成し、比透磁率が比較的高い傾向にある圧粉成形体で外側コア部3 2を構成する、あるいはその逆の

構成とするなどして、磁性コア 3 全体の比透磁率を調整する。なお、圧粉成形体とは、軟磁性金属粒子を圧縮成形することで得られた磁性体である。

[0051] 《別構成のリアクトル》

図 2 を用いて説明した組合体 1 0 とは磁性コアの分割形状とボビンの形状が異なる組合体 1 0' を備えるリアクトル 1' を図 3 に基づいて説明する。なお、図 3 のリアクトル 1' に備わるコイル 2 は、図 2 のコイル 2 と全く同じ構成を備えるため、その説明は省略する。また、リアクトル 1' の外観は、図 1 に示すリアクトル 1 とほぼ同じである。

[0052] 《磁性コア》

図 3 に示すリアクトル 1' の磁性コア 3 は、上方から見たときに概略 U 字状の二つの分割コア片 3 5, 3 5 を組み合わせて構成される。各分割コア片 3 5 は、基部 3 5 A と、基部 3 5 A からコイル 2 に向かって延びる一対の張出部 3 5 B, 3 5 B と、を備える。

[0053] 上記基部 3 5 A は、図 2 の外側コア部 3 2 に相当する部分である。この基部 3 5 A の上端面は張出部 3 5 B, 3 5 B の上端面と面一になっているが、基部 3 5 A の下端面は張出部 3 5 B, 3 5 B の下端面よりも低くなっている。そのため、分割コア片 3 5, 3 5 をコイル 2 に組み付けたとき、分割コア片 3 5 の基部 3 5 A の下端面がコイル 2 の下端面と面一になる。

[0054] 一方、張出部 3 5 B, 3 5 B はそれぞれ、コイル素子 2 A, 2 B の約半分の長さを有する部分である。そのため、二つの分割コア片 3 5, 3 5 をそれぞれ、コイル素子 2 A, 2 B の両端側からコイル素子 2 A, 2 B の内部に挿入したとき、一方の分割コア片 3 5 の張出部 3 5 B と、他方の分割コア片 3 5 の張出部 3 5 B とで、図 2 の内側コア部 3 1 に相当する部分が形成される。

[0055] 《ボビン》

図 3 のボビン 5 は、一対のボビン部材 5 5, 5 6 で構成されている。両ボビン部材 5 5, 5 6 は共に、枠状部 5 6 0 と一対の筒状部 5 6 1, 5 6 1 とを備える。枠状部 5 6 0 は、図 2 の枠状ボビン 5 2 と同様の役割を果たし、

筒状部 561 は、図 2 のボビン部材 51 と同様の役割を果たす。

[0056] 《リアクトルの効果》

以上説明したリアクトル 1 は、動作時の騒音が小さいリアクトル 1 となる（後述する試験例 2 を参照）。それは、磁歪量 $\lambda_p - p$ が小さい本実施形態の磁性体で内側コア 31 を構成しているからである。

[0057] 《リアクトルの用途》

上記構成を備えるリアクトル 1 は、通電条件が、例えば、最大電流（直流）：100A～1000A 程度、平均電圧：100V～1000V 程度、使用周波数：5kHz～100kHz 程度である用途、代表的には電気自動車やハイブリッド自動車などの車載用電力変換装置の構成部品に好適に利用することができる。この用途では、直流通電が 0A のときのインダクタンスが、10 μ H 以上 2mH 以下、最大電流通電時のインダクタンスが、0A のときのインダクタンスの 10% 以上を満たすものが好適に利用できると期待される。

[0058] 上記リアクトル 1 を、ハイブリッド自動車や電気自動車といった車両に載置される電力変換装置の構成部品に利用した例を、図 4 と図 5 に基づいて説明する。

[0059] ハイブリッド自動車や電気自動車などの車両 1200 は、図 4 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（負荷）1220 とを備える。モータ 1220 は、代表的には、3 相交流モータであり、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 に加えてエンジンを備える。なお、図 4 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しても良い。

[0060] 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～３００Ｖ程度のメインバッテリー１２１０の直流電圧（入力電圧）を４００Ｖ～７００Ｖ程度にまで昇圧して、インバータ１１２０に給電する。また、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直流電圧（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。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。

[0061] コンバータ１１１０は、図５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Ｌとを備え、ＯＮ／ＯＦＦの繰り返し（スイッチング動作）により入力電圧の変換（ここでは昇降圧）を行う。スイッチング素子１１１１には、ＦＥＴ、ＩＧＢＴなどのパワーデバイスが利用される。リアクトルＬ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。このリアクトルＬとして、上記実施形態に記載のリアクトルを用いる。静粛性に優れるこれらリアクトルを用いることで、電力変換装置１１００（コンバータ１１１０を含む）の静粛性を向上させることができる。

[0062] ここで、上記車両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、上記実施形態のリアクトルなどと同様の構成を備え、適宜、大きさや形状などを変更したリアクトルを利用することができる。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や降圧のみを行うコンバータに、上記実施形態のリアクトルなどを利用することもできる。

[0063] <試験例 1>

全体に占める軟磁性金属粒子の含有量、軟磁性金属粒子の平均粒径、および軟磁性金属粒子における S i 含有量の少なくとも一つが異なる複数の磁性体（試料 1 ～ 10）を実際に作製し、それら磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ を測定した。

[0064] <<磁性体の作製>>

軟磁性金属粒子の含有量、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} 、および軟磁性金属粒子における S i 含有量のいずれかが異なる複数のペレットを用意した。ペレットは、ポリアミド樹脂（株式会社クラレ製のポリアミド 9T）に、Fe-S i 合金の軟磁性金属粒子を分散させたものである。軟磁性金属粒子の含有量、S i 含有量、および平均粒径については、後述する表 1 に示す。なお、磁性体における軟磁性金属粒子の含有量、および軟磁性金属粒子における S i 含有量は、ICP 発光分析（Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry）で測定した。また、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} は、光学的手法による画像をもとに、画像処理を行なうことで求めた。

[0065] 用意したペレットを用いて射出成形を行ない、短冊状の試料 1 ～ 10 の磁性体を作製した。磁性体の長さ、幅、および厚さはそれぞれ、60 mm ～ 90 mm、10 mm ～ 13 mm、および 2 mm ～ 5 mm とすれば良く、このような寸法の磁性体であれば磁歪量 $\lambda_p - p$ の測定に好適である。射出成形の条件は以下の通りであった。

- ・ 磁性体ペレットの温度… 320 °C
- ・ 金型の温度… 150 °C

・ 射出圧力… 1 0 0 M P a

[0066] 《磁歪量の測定》

レーザ・ドップラー計を用いて、磁束密度 = 0.6 T、周波数 = 500 Hz の交番磁界下における試料 1 ~ 10 の磁歪量 λ_{p-p} (ppm) を測定した。具体的には、まず図 6 の説明図に示すように、試料 1 ~ 10 の磁性体で構成された測定サンプル 6 の側面にアルミ製の一对の反射板 61, 62 を取り付け付けた試験部材を作製した。図 6 における紙面左右方向が磁性体（測定サンプル 6）の長さ方向、奥行き方向が磁性体の幅方向、上下方向が磁性体の厚さ方向である。次に、その測定サンプル 6 を、一对の U 字型のヨーク 71, 72 で挟み込むと共に、測定サンプル 6 の外周を取り囲むように励磁コイル（図示せず）を配置した。つまり、励磁コイルによって生じる交番磁界の方向が磁性体の長さ方向に一致するようにした。そして、励磁コイルによって交番磁界を発生させつつ、測定サンプル 6 の各反射板 61, 62 の変位をレーザ・ドップラー計（株式会社電子技研製 V100-S）81, 82 で測定し、両反射板 61, 62 の変位の測定結果に基づいて測定サンプル 6 の磁歪量 λ_{p-p} を求めた。各試料の測定結果を表 1 に示す。

[0067] [表1]

試料 No.	磁歪 λ_{p-p} @0.6T・500Hz (ppm)	平均粒径 d 50 (μm)	Si の 含有量 (wt%)	軟磁性金属粒子 の含有量 (vol%)
1	0.19	85	6.50	62
2	0.31	90	6.50	65
3	0.37	55	6.50	60
4	0.42	85	6.50	57
5	0.57	55	6.50	70
6	0.89	90	7.00	67
7	1.60	90	0.05	60
8	1.62	90	3.00	70
9	1.54	90	4.20	70
10	1.69	90	8.00	67

[0068] 表 1 に示すように、軟磁性金属粒子の含有量が 50 体積%以上、85 体積%以下で、軟磁性金属粒子の Si 含有量が 4.5 質量%以上、8.0 質量%未満で、かつ軟磁性金属粒子の平均粒径が $20\ \mu\text{m}$ 以上、 $100\ \mu\text{m}$ 以下である試料 1～6 の磁歪量 $\lambda_p - p$ は、 $0.9\ \text{ppm}$ 以下であった。また、軟磁性金属粒子の含有量が 55 体積%以上、65 体積%以下で、軟磁性金属粒子の Si 含有量が 6.0 質量%以上、7.0 質量%未満で、かつ軟磁性金属粒子の平均粒径が $55\ \mu\text{m}$ 以上、 $90\ \mu\text{m}$ 以下である試料 1～4 の磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ は、 $0.5\ \text{ppm}$ 以下であった。特に、軟磁性金属粒子の含有量が 60 体積%以上、65 体積%以下で、軟磁性金属粒子の Si 含有量が 6.0 質量%以上、7.0 質量%未満で、かつ軟磁性金属粒子の平均粒径が $80\ \mu\text{m}$ 以上、 $90\ \mu\text{m}$ 以下である試料 1, 2 の磁歪量 $\lambda_p - p$ は $0.35\ \text{ppm}$ 以下であった。

[0069] 特に、軟磁性金属粒子の Si 含有量に着目して試料 6～10 を比較すると、磁束密度 = $0.6\ \text{T}$ 、周波数 = $500\ \text{Hz}$ の交番磁界下における試料 6 の磁歪量 $\lambda_p - p$ は、試料 7～10 の磁歪量 $\lambda_p - p$ よりも有意に小さいことが明らかになった。従って、ここで設定した軟磁性金属粒子の平均粒径と含有量においては、Si 含有量を 4.5 質量%以上、8.0 質量%未満とすることで、磁歪量 $\lambda_p - p$ が非常に小さくなることが見出された。

[0070] 以上のことから、磁性体に係る三つのパラメーターを所定範囲内に調整することで、磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ を低減できることが判った。

[0071] <試験例 2>

試験例 2 では、特に、磁歪量 $\lambda_p - p$ に及ぼす Si 含有量の影響を調べた。具体的には、Si 含有量が 6.5 質量%、7.0 質量%、あるいは 8.0 質量%の軟磁性金属粒子を用いて三種類の磁性体を作製した。各磁性体における軟磁性金属粒子の含有量はいずれも 67 体積%、軟磁性金属粒子の平均粒径はいずれも $60\ \mu\text{m}$ であった。それら磁性体を交番磁界中に配置して、磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ をレーザ・ドップラー計で測定した（測定装置の構成は図 6 と同様である）。交番磁界の周波数は $500\ \text{Hz}$ で固定し、交番磁

界の磁束密度は0.3 T～0.8 Tの間で変化させた。その結果を図7に示す。

[0072] 図7の結果から、Si含有量が6.5質量%（6.0質量%以上、7.0質量%未満）の磁性体の磁歪量 λ_{p-p} の絶対値が、交番磁界の磁束密度を0.3 Tから0.8 Tに増加させても、殆ど変化しなかった。これに対して、Si含有量が7.0質量%、あるいは8.0質量%の磁性体の磁歪量 λ_{p-p} の絶対値は、交番磁界の磁束密度の増加に伴い、増加する傾向にあった。

[0073] <試験例3>

試験例3では、特に、磁歪量 λ_{p-p} に及ぼす軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} の影響を調べた。具体的には、平均粒径 d_{50} が $60\mu\text{m}$ でSi含有量が6.5質量%の軟磁性金属粒子の粉末を用意した。その粉末を二つに分け、一方の粉末を利用して磁性体を作製した。他方の粉末は、 $44\mu\text{m}$ 以下の軟磁性金属粒子からなる粉末となるように分級し、その分級粉末を利用して磁性体を作製した。分級しなかった粉末の軟磁性金属粒子の最大粒径は約 $212\mu\text{m}$ である。一方、分級粉末の最大粒径は $44\mu\text{m}$ であり、平均粒径 d_{50} は $20\mu\text{m}$ であった。両磁性体における軟磁性金属粒子の含有量はいずれも67体積%であった。それら磁性体を交番磁界中に配置して、磁性体の磁歪量 λ_{p-p} をレーザ・ドップラー計で測定した（測定装置の構成は図6と同様である）。交番磁界の周波数は500 Hzで固定し、交番磁界の磁束密度は0.3 T～0.8 Tの間で変化させた。その結果を図8に示す。

[0074] 図8の結果から、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} が $60\mu\text{m}$ である磁性体（分級なし）では、交番磁界の磁束密度の増加に伴う磁歪量 λ_{p-p} の増加割合が小さい傾向にあることが判った。これに対して、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} が $20\mu\text{m}$ である磁性体（分級あり）では、磁歪量 λ_{p-p} が0.9 ppm以下であるものの、磁束密度の増加に伴って磁歪量 λ_{p-p} が徐々に増加する傾向にあった。以上のことから、軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} を本発明の実施形態に規定する範囲内で大きめに設定することによ

って、磁歪量 $\lambda_p - p$ が低減する傾向が見出された。

[0075] <試験例 4>

試験例 1 の試料 2, 7 の磁性体を図 1, 2 に示す内側コア部 31 に利用したリアクトル 1 を作製した。そして、作製したリアクトルを、磁束密度 = 0.1 T、周波数 = 3 kHz (3000 Hz) の交番磁界中に載置し、リアクトルの騒音を測定した。暗騒音 (バックグラウンドの騒音) は 55 dB であった。その結果、試料 7 の磁性体を備えるリアクトルでは 76 dB の騒音が生じた。これに対して、試料 2 の磁性体を備えるリアクトルの騒音は 70 dB であった。このように、軟磁性金属粒子の含有量、軟磁性金属粒子の平均粒径、および軟磁性金属粒子における Si 含有量を所定量に調節した磁性体は、リアクトルの静粛性の向上に大きく貢献することが判った。

[0076] <付記>

以上説明した本発明に係る実施形態に関連して、更に以下の付記を開示する。

[0077] <<付記 1>>

コイルと、前記コイルの内部に挿通される部分を有する磁性コアと、を組み合わせた組合体を備えるリアクトルであって、

前記磁性コアの少なくとも一部が、Fe-Si 合金の複数の軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体であり、

前記磁性体に占める前記軟磁性金属粒子の含有量が、50 体積%以上、85 体積%以下、

前記軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} が、 $20 \mu\text{m}$ 以上、 $100 \mu\text{m}$ 以下、

前記軟磁性金属粒子における Si 含有量が、3.0 質量%以上、8.0 質量%以下であり、

磁束密度 = 0.6 T、周波数 = 500 Hz の交番磁界下における前記磁性体の磁歪量 $\lambda_p - p$ が 2.0 ppm 以下であるリアクトル。

[0078] 付記に係るリアクトルは、使用時に発生する騒音が小さいリアクトル、即

ち静粛性に優れるリアクトルである。それは、リアクトルの磁性コアの少なくとも一部を構成する磁性体の磁歪量 λ_{p-p} が小さいからである。通常、リアクトルの磁性コアは複数のコア片を組み合わせてなるため、各コア片の磁歪量 λ_{p-p} が大きいと、騒音が発生し易い。これに対して、磁歪量 λ_{p-p} の小さい磁性体を用いて磁性コアのコア片を構成すれば、リアクトルの使用時に発生する騒音を低減することができる。

[0079] 《付記2》

Fe-Si合金の複数の軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体であって、

全体に占める前記軟磁性金属粒子の含有量が、50体積%以上、85体積%以下であり、

前記軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} が、 $20\mu m$ 以上、 $100\mu m$ 以下で、

前記軟磁性金属粒子におけるSi含有量が、3.0質量%以上、8.0質量%以下であり、

磁束密度 $=0.6T$ 、周波数 $=500Hz$ の交番磁界下における磁歪量 λ_{p-p} が $2.0ppm$ 以下である磁性体。

[0080] 上記構成に示すように、全体に占める軟磁性金属粒子の含有量、軟磁性金属粒子の平均粒径、および軟磁性金属粒子のSi含有量の三つのパラメーターが所定範囲内にある場合、磁性体の磁歪量 λ_{p-p} は $2.0ppm$ 以下となる。そのため、この磁性体を用いれば、リアクトルの静粛性を向上させることができる。

[0081] 付記1に係るリアクトル、および付記2に係る磁性体におけるSi含有量は3.0質量%超であることがより好ましく、3.5質量%以上であることがさらに好ましく、4.0質量%以上であることがさらに好ましい。また、磁性体の磁歪量 λ_{p-p} は $1.7ppm$ 以下であることがより好ましく、 $1.6ppm$ 以下であることがさらに好ましく、 $1.55ppm$ 以下であることがさらに好ましい。

産業上の利用可能性

[0082] 本発明の磁性体は、ハイブリッド自動車や電気自動車、燃料電池自動車といった車両に搭載される双方向DC-DCコンバータといった電力変換装置の構成部品であるリアクトルに利用することができる。その他、本発明の磁性体は、トランスやチョークコイルに利用することもできる。

符号の説明

[0083] 1, 1' リアクトル
10, 10' 組合体
2 コイル
2A, 2B コイル素子 2r コイル素子連結部
2a, 2b 端部
3 磁性コア
31 内側コア部 32 外側コア部
35 分割コア片 35A 基部 35B 張出部
5 ボビン
51 ボビン部材 52 枠状ボビン
55, 56 ボビン部材 560 枠状体 561 筒状体
6 測定サンプル 61, 62 反射板
71, 72 ヨーク
81, 82 レーザ・ドップラー計
1100 電力変換装置
1110 コンバータ 1111 スwitching素子 1112 駆動回路
L リアクトル
1120 インバータ
1150 給電装置用コンバータ 1160 補機電源用コンバータ
1200 車両
1210 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

請求の範囲

- [請求項1] コイルと、前記コイルの内部に挿通される部分を有する磁性コアと、を組み合わせた組合体を備えるリアクトルであって、
- 前記磁性コアの少なくとも一部が、Fe-Si合金の複数の軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体であり、
- 前記磁性体に占める前記軟磁性金属粒子の含有量が、50体積%以上、85体積%以下、
- 前記軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} が、 $20\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以下、
- 前記軟磁性金属粒子におけるSi含有量が、4.5質量%以上、8.0質量%未満であり、
- 磁束密度=0.6T、周波数=500Hzの交番磁界下における前記磁性体の磁歪量 λ_p-p が0.9ppm以下であるリアクトル。
- [請求項2] 前記磁性体における前記軟磁性金属粒子の含有量が、55体積%以上、65体積%以下、
- 前記軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} が、 $55\mu\text{m}$ 以上、 $90\mu\text{m}$ 以下、
- 前記軟磁性金属粒子におけるSi含有量が、6.0質量%以上、7.0質量%未満であり、
- 磁束密度=0.6T、周波数=500Hzの交番磁界下における前記磁性体の磁歪量 λ_p-p が0.5ppm以下である請求項1に記載のリアクトル。
- [請求項3] Fe-Si合金の複数の軟磁性金属粒子が樹脂中に分散された磁性体であって、
- 全体に占める前記軟磁性金属粒子の含有量が、50体積%以上、85体積%以下であり、
- 前記軟磁性金属粒子の平均粒径 d_{50} が、 $20\mu\text{m}$ 以上、 $100\mu\text{m}$ 以下で、

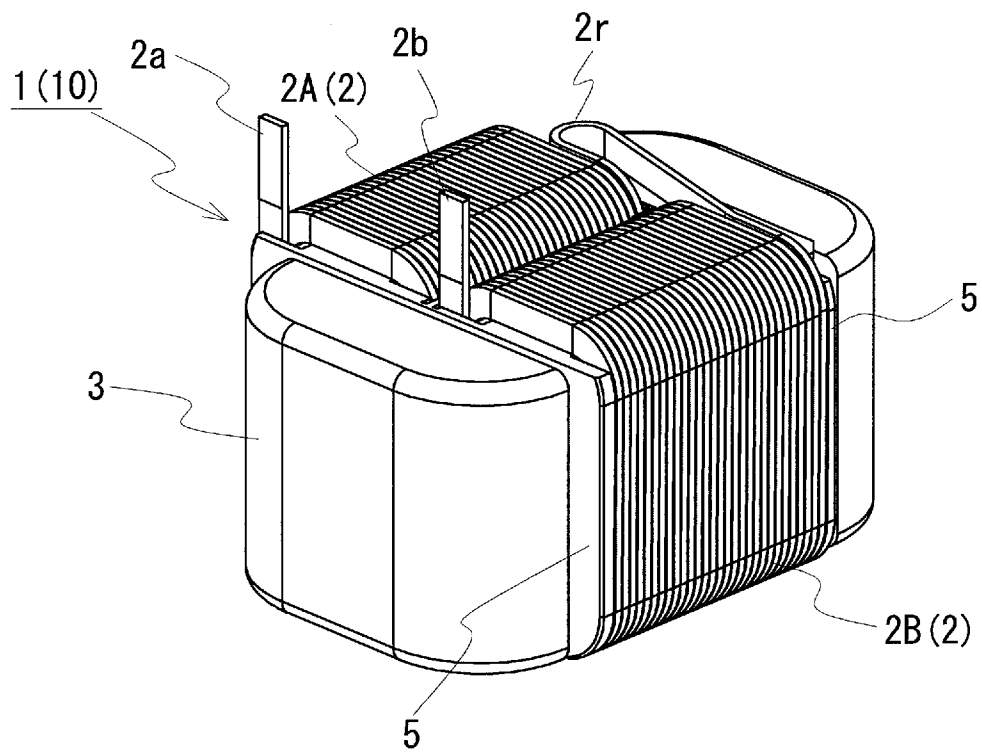
前記軟磁性金属粒子における Si 含有量が、4.5 質量%以上、8.0 質量%未満であり、

磁束密度 = 0.6 T、周波数 = 500 Hz の交番磁界下における磁歪量 $\lambda_p - p$ が 0.9 ppm 以下である磁性体。

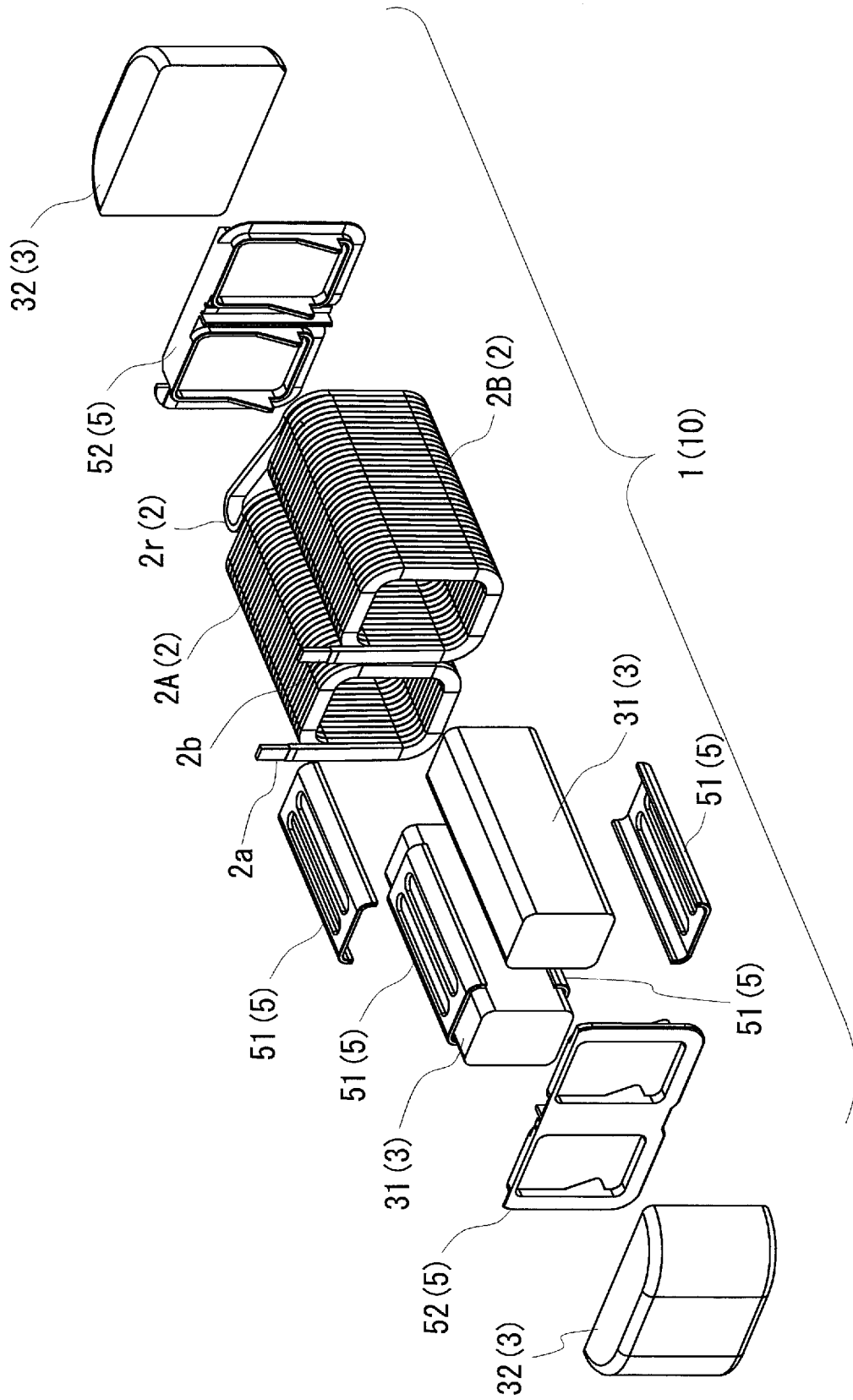
[請求項4] 請求項 1 に記載のリアクトルを備えるコンバータ。

[請求項5] 請求項 4 に記載のコンバータを備える電力変換装置。

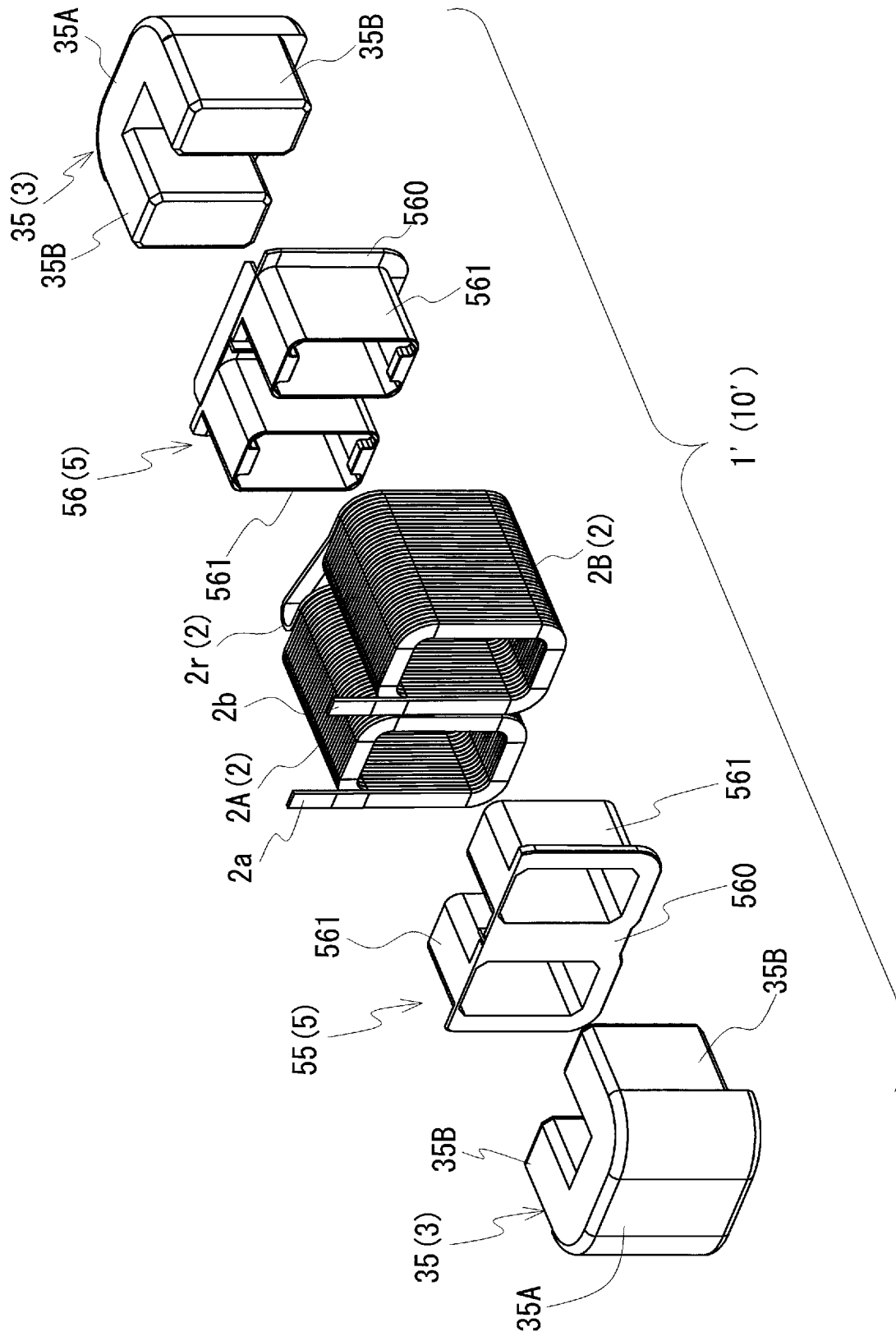
[図1]



[図2]



[図3]



1240 1120 1230

補機類

サブバッテリー

コンバータ

1160

モータ

インバータ

コンバータ

メインバッテリー

1210

エンジン

1110 1100

コンバータ

1150

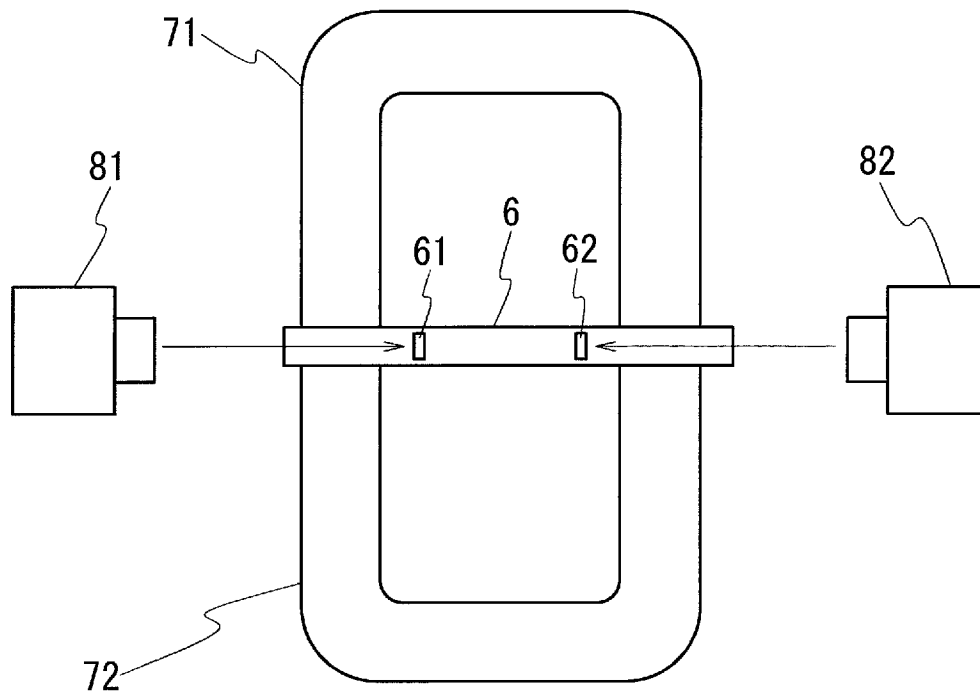
1220

1250

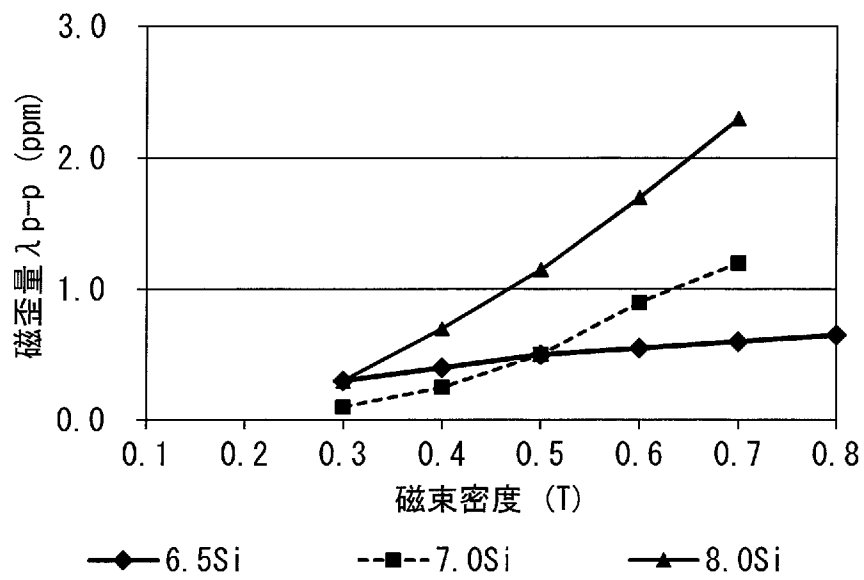
1200

The diagram shows a power supply system 1100. It consists of a battery 1210 connected to an inductor L. The inductor L is connected to a device driving circuit (デバイス駆動回路). The device driving circuit is connected to a switching circuit (1111). The switching circuit (1111) is connected to a capacitor. The capacitor is connected to an inverter (インバータ). The inverter (インバータ) is connected to a motor (モータ 1220). The battery 1210, inductor L, device driving circuit, and switching circuit (1111) are enclosed in a dashed box 1112. The capacitor and inverter (インバータ) are enclosed in a dashed box 1110. The motor (モータ 1220) is outside the dashed boxes.

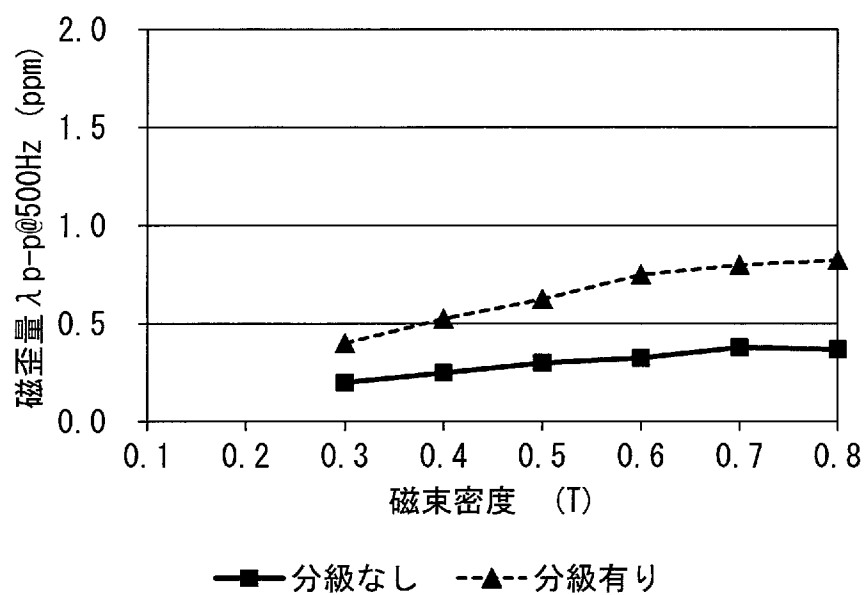
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/065696

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

H01F37/00, H01F27/24, H01F27/255

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
X Y	WO 2011/118507 A1 (Daido Steel Co., Ltd.), 29 September 2011 (29.09.2011), entire text; all drawings & JP 2011-238716 A & JP 2011-199082 A & JP 2011-199081 A & JP 2011-199080 A & US 2013/0008890 A1 & EP 2551863 A1 & CA 2793830 A & CN 102822918 A & KR 10-2013-0006459 A	1-5 1-5
X Y	JP 2006-261331 A (NEC Tokin Corp.), 28 September 2006 (28.09.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-5 1-5

☒ 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
08 September, 2014 (08.09.14)

Date of mailing of the international search report
22 September, 2014 (22.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/065696

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 2008-98292 A (Hitachi Metals, Ltd.), 24 April 2008 (24.04.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
X	JP 2007-27687 A (Daido Steel Co., Ltd.), 01 February 2007 (01.02.2007), entire text; all drawings (Family: none)	3
A	JP 2006-332328 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 07 December 2006 (07.12.2006), entire text; all drawings & US 2009/0220372 A1 & EP 1887585 A1 & WO 2006/126553 A1 & KR 10-2008-0010442 A & CN 101185144 A & KR 10-0964731 B1	1-5
A	JP 2013-8762 A (Panasonic Corp.), 10 January 2013 (10.01.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2005-510049 A (Vacuumschmelze GmbH & Co. KG), 14 April 2005 (14.04.2005), entire text; all drawings & US 2004/0074564 A1 & EP 1444706 A & WO 2003/043033 A1 & DE 10155898 A & DE 50213224 D	1-5
A	JP 4514031 B2 (Denso Corp.), 21 May 2010 (21.05.2010), entire text; all drawings & JP 2006-4957 A & JP 2006-4958 A & US 2005/0007232 A1 & US 2005/0012581 A1 & EP 1486991 A1 & EP 1486993 A1 & DE 602004005103 D & KR 10-2004-0107408 A & KR 10-2004-0107409 A & CN 1574122 A & CN 1574125 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

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（I P C））

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
X Y	WO 2011/118507 A1（大同特殊鋼株式会社）2011.09.29, 全文、全図 & JP 2011-238716 A & JP 2011-199082 A & JP 2011-199081 A & JP 2011-199080 A & US 2013/0008890 A1 & EP 2551863 A1 & CA 2793830 A & CN 102822918 A & KR 10-2013-0006459 A	1 - 5 1 - 5
X Y	JP 2006-261331 A（NECトーキン株式会社）2006.09.28, 全文、 全図（ファミリーなし）	1 - 5 1 - 5

☒ 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

0 8 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

井上 健一

5 D

9 3 7 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1

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	JP 2008-98292 A (日立金属株式会社) 2008.04.24, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
X	JP 2007-27687 A (大同特殊鋼株式会社) 2007.02.01, 全文、全図 (ファミリーなし)	3
A	JP 2006-332328 A (株式会社豊田中央研究所) 2006.12.07, 全文、 全図 & US 2009/0220372 A1 & EP 1887585 A1 & WO 2006/126553 A1 & KR 10-2008-0010442 A & CN 101185144 A & KR 10-0964731 B1	1-5
A	JP 2013-8762 A (パナソニック株式会社) 2013.01.10, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2005-510049 A (バクームシュメルツェ ゲゼルシャフト ミッ ト ベシュレンクテル ハフツング ウント コンパニ コマンデ ィートゲゼルシャフト) 2005.04.14, 全文、全図 & US 2004/0074564 A1 & EP 1444706 A & WO 2003/043033 A1 & DE 10155898 A & DE 50213224 D	1-5
A	JP 4514031 B2 (株式会社デンソー) 2010.05.21, 全文、全図 & JP 2006-4957 A & JP 2006-4958 A & US 2005/0007232 A1 & US 2005/0012581 A1 & EP 1486991 A1 & EP 1486993 A1 & DE 602004005103 D & KR 10-2004-0107408 A & KR 10-2004-0107409 A & CN 1574122 A & CN 1574125 A	1-5