

(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  
2017年11月23日(23.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/199935 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01F 27/24 (2006.01) H01F 7/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/018301
- (22) 国際出願日: 2017年5月16日(16.05.2017)
- (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 2016-101504 2016年5月20日(20.05.2016) JP  
特願 2016-200368 2016年10月11日(11.10.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所 (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫

県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 Hyogo (JP).

- (72) 発明者: 在原 広敏 (ARIHARA Hirotoshi). 藤岡 輝明 (FUJIOKA Komei). 亀山 裕樹 (KAMEYAMA Yuki).
- (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所(EIKOH PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング10階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: MAGNETIC CORE

(54) 発明の名称: 磁心

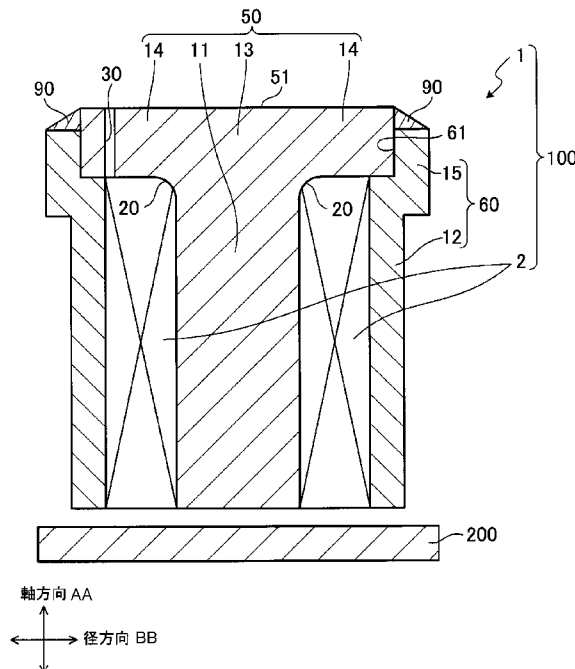


FIG. 1:  
AA Axial direction  
BB Radial direction

(57) **Abstract:** This magnetic core (1) comprises: a columnar core part (11) that is arranged inside a coil (2); and a tubular yoke part (12) that is arranged outside the coil (2). The core part (11) and the yoke part (12) overlap the arrangement region of the coil (2) in the axial direction. The entirety of the core part (11) is configured from a high magnetic flux density material that has a higher magnetic flux density than commonly used magnetic materials.

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)）

---

(57) 要約：磁心（１）は、コイル（２）の内側に配置される柱状のコア部（１１）と、コイル（２）の外側に配置される筒状のヨーク部（１２）とを有する。コア部（１１）及びヨーク部（１２）は、軸方向においてコイル（２）の配置領域と重なる。コア部（１１）の全体が、一般磁性材料よりも磁束密度が高い高磁束密度材料で構成されている。

## 明 細 書

発明の名称：磁心

技術分野

[0001] 本発明は、電磁石に用いられる磁心に関する。

背景技術

[0002] ソレノイドコア等の電磁石に用いられる磁心において、特許文献 1、2 のような技術が知られている。特許文献 1 には、大部分が圧縮成形体（表面に絶縁被膜を有する磁性粉末（軟質磁性粉末）からなる）で構成され、先端部分が磁性バルク体（Fe-Co 系合金からなる）で構成された磁心が示されている。特許文献 2 には、大部分が磁性複合材料（絶縁性材料で被覆された鉄系磁性粉末を加圧成形した圧粉材料等）で構成され、磁性複合材料部に挟設された高磁束密度材料部が設けられた磁心が示されている。特許文献 1 には、磁心を上記のような構成にすることで、高速応答性が良好でかつコア先端面への高精度な面加工が可能となることが示されている。特許文献 2 には、磁心を上記のような構成にすることで、磁束密度が高い状態を維持しつつ過電流が発生し難くなることが示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開 2002-235865 号公報

特許文献2：日本国特開 2005-150308 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本願発明者は、磁心についての研究開発を進める中で、特許文献 1、2 のような構成では、高周波領域（10kHz 以上）において高い磁束密度（即ち、高い磁気吸引力）が得られるものの、低周波領域（DC～数百Hz）において高い磁束密度（即ち、高い磁気吸引力）を得ることができないことを発見した。

[0005] なお、磁心のサイズを大きくすることで磁気吸引力を向上させることはできるが、配置スペースの問題等から、サイズを大きくすることなく磁気吸引力を向上させることが望まれる。

[0006] 本発明の目的は、サイズを大きくすることなく低周波領域における磁気吸引力を向上させることができる磁心を提供することである。

### 課題を解決するための手段

[0007] 本発明に係る磁心は、筒状のコイルの内側に配置され、軸方向において前記コイルの配置領域と重なる柱状のコア部と、前記コイルの外側に配置され、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重なる筒状のヨーク部とを備え、少なくとも前記コア部の全体が、一般磁性材料よりも磁束密度が高い高磁束密度材料で構成されていることを特徴とする。

[0008] 後に実施例で示すように、コア部は、低周波領域において、磁束密度が局所的に高くなり、磁気飽和し易い。本発明によれば、コア部の全体を高磁束密度材料で構成することにより、サイズを大きくすることなく低周波領域における磁気吸引力を向上させることができる。

[0009] 前記ヨーク部は、前記一般磁性材料で構成されてよい。後に実施例で示すように、コア部は、低周波領域において、磁束密度が局所的に高くなり、磁気飽和し易いのに対し、ヨーク部は、低周波領域において、磁束密度が高くなり、磁気飽和し難い。上記構成によれば、ヨーク部をも高磁束密度材料で構成する場合に比べ、高磁束密度材料の使用量を減らすことができ、低コスト化が可能である。また、歩留まりが良いコア部に高磁束密度材料を使用し、歩留まりが悪いヨーク部に一般磁性材料を使用することで、高磁束密度材料の歩留まりを改善することができる。

[0010] 前記高磁束密度材料は、Fe-C系合金であってよい。この場合、高磁束密度材料として、軟磁性体の中でも飽和磁束密度の高いFe-C系合金を用いることで、低周波領域において、より高い磁束密度が得られ、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0011] 本発明に係る磁心は、前記コア部に接続し、前記軸方向において前記コイ

ルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向する対向部と、前記対向部に接続し、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向しない非対向部とをさらに備え、前記コア部と前記非対向部とがなす角部がアール形状又は面取り形状であってよい。後に実施例で示すように、コア部と非対向部とがなす角部が直角形状であると、角部に磁束が集中し、角部において磁束密度が局所的に高くなって磁気飽和し易い。上記構成によれば、コア部と非対向部とがなす角部がアール形状又は面取り形状であることにより、角部への磁束の集中を抑制し、低周波領域における磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0012] 本発明に係る磁心は、前記コア部に接続し、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向する対向部をさらに備え、前記対向部が前記高磁束密度材料で構成されてよい。後に実施例で示すように、対向部は、低周波領域において、磁束密度が局所的に高くなり、磁気飽和し易い。上記構成によれば、コア部のみならず対向部を高磁束密度材料で構成することにより、低周波領域において、より高い磁束密度が得られ、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0013] 本発明に係る磁心は、前記コア部と前記対向部とからなる柱状のコア部材を有してよい。この場合、シンプルな形状のコア部材を高磁束密度材料で構成することで、磁心の製造が容易になる。また、非対向部をも高磁束密度材料で構成する場合に比べ、高磁束密度材料の使用量を減らすことができ、低コスト化が可能である。

[0014] 本発明に係る磁心は、前記対向部に接続し、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向しない非対向部をさらに備え、前記非対向部において少なくとも前記対向部に接続する内側部分が前記高磁束密度材料で構成されてよい。後に実施例で示すように、非対向部の内側部分は、低周波領域において、磁束密度が局所的に高くなり、磁気飽和し易い。上記構成によれば、コア部のみならず、対向部と、非対向部において少なくとも内側部分とを高磁束密度材料で構成することによ

り、低周波領域において、より高い磁束密度が得られ、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0015] 前記非対向部は、前記対向部に接続する内側部分と、前記内側部分よりも前記コイルの外側に配置される外側部分とを有し、前記内側部分が前記高磁束密度材料で構成されており、前記外側部分が前記一般磁性材料で構成されてよい。この場合、非対向部において内側部分及び外側部分の両方を高磁束密度材料で構成する場合に比べ、高磁束密度材料の使用量を減らすことができ、低コスト化が可能である。

[0016] 前記コイルの導線が貫挿される貫通孔が開口した表面に、溶接部が設けられていなくてよい。この場合、溶接時に貫通孔に溶湯が流れ込むことが回避され、溶湯により導線の被覆や導線本体が破損する問題や貫通孔が塞がる問題を防止することができる。

[0017] 前記コイルの導線が貫挿される貫通孔が、前記ヨーク部を構成するヨーク部材に設けられており、前記コア部を構成するコア部材に設けられていなくてよい。この場合、コア部材の位置決め精度の影響を受けずに導線を通すことができる。

[0018] 前記ヨーク部を構成するヨーク部材が、前記コア部を構成するコア部材と嵌合する嵌合部を有してよい。この場合、ヨーク部材とコア部材との組立位置のばらつきや熱変形による軸方向及び径方向のずれを防止することができる。ひいては、コア部が所定の位置から径方向にずれたり軸方向に対して傾いたりすることが抑制されることから、コイルの配置スペースを確実に確保でき、組立不良を防止することができる。また、コア部が軸方向に対して傾くと、コア部とヨーク部との間の径方向の間隔が軸方向において不均一になり、磁気吸引力が低下してしまうが、上記構成によれば当該問題を抑制することができる。さらには、ヨーク部材とコア部材との間の隙間をなくすることで、磁束を通過し易くし、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0019] 前記ヨーク部を構成するヨーク部材が、前記コア部を構成するコア部材に係止する係止部であって、前記コア部材の少なくとも一部の前記軸方向の外

側に配置された係止部を有してよい。例えば軸方向の外側が低圧・反対側が高圧の環境下において、係止部が設けられておらず、ヨーク部材とコア部材とが互いに溶接により固定されているだけの場合、コア部材が軸方向の外側に移動しようとする力が溶接部にかかり、溶接部が破断して、コア部材が軸方向の外側に抜け出す問題が生じ得る。これに対し、上記構成によれば、上記力を係止部で受けることにより、コア部材が軸方向の外側に抜け出す問題を効果的に防止することができる。

[0020] 前記コア部材の少なくとも一部が、前記軸方向に対して傾斜した第1傾斜面を有し、前記係止部が、前記第1傾斜面と接触するように前記軸方向に対して傾斜した第2傾斜面を有してよい。この場合、傾斜面同士の接触により係止を実現することで、軸方向において係止部がコア部材から突出しないようにすることができ、軸方向における磁心のサイズの大型化を回避することができる。

[0021] 前記コア部は、中実体であってよい。この場合、コア部が中実体でない（即ち、空洞を有する）場合に比べ、より高い磁束密度が得られ、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

### 発明の効果

[0022] 本発明によれば、コア部の全体を高磁束密度材料で構成することにより、サイズを大きくすることなく低周波領域における磁気吸引力を向上させることができる。

### 図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の第1実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る磁心の平面図である。

[図3]本発明の第2実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図4]本発明の第3実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図5]本発明の第4実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図6]本発明の第5実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図7]本発明の第6実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図8]本発明の第7実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図9]本発明の第8実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図10]本発明の第8実施形態に係る磁心の平面図である。

[図11]本発明の第9実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図12]本発明の第10実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図13]本発明の第11実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図14]本発明の第12実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図15]本発明の第13実施形態に係る磁心を用いた電磁石の軸方向に沿った断面図である。

[図16]本発明の比較例に係る磁心を用いた電磁石においてコイルに電流を印加した場合の磁束密度分布の解析結果を示す概略図である。

[図17]本発明の実施例に係る磁心を用いた電磁石においてコイルに電流を印加した場合の磁束密度分布の解析結果を示す概略図である。

[図18]本発明の実施例に係る磁心及び比較例1, 2に係る磁心の磁気吸引力の低周波領域における磁気吸引力を示すグラフである。

**発明を実施するための形態**

- [0024] 先ず、図 1 及び図 2 を参照し、本発明の第 1 実施形態に係る磁心 1 を用いた電磁石 100 について説明する。
- [0025] 電磁石 100 は、磁心 1 及びコイル 2 を有する。
- [0026] コイル 2 は、導線を複数回巻回することにより、円筒状に形成されている。
- [0027] 磁心 1 は、コア部材 50 及びヨーク部材 60 を有する。
- [0028] コア部材 50 は、コイル 2 の内側に配置される円柱状の中実体であるコア部 11 と、コア部 11 における軸方向（以下、コア部 11 の軸方向を単に「軸方向」という。）の一端に接続しかつ軸方向においてコア部 11 と対向する円柱状の対向部 13 と、対向部 13 の外縁（即ち、対向部 13 におけるコア部 11 の径方向（以下、コア部 11 の径方向を単に「径方向」という。）の端部）に接続しかつ軸方向においてコア部 11 と対向しない円筒状の非対向部 14 とを含む。非対向部 14 には、コイル 2 の導線が貫挿される貫通孔 30 が軸方向に沿って設けられている。コイル 2 の導線は、貫通孔 30 を介して磁心 1 の外側に引き出されている。
- [0029] ヨーク部材 60 は、コイル 2 の外側に配置される円筒状のヨーク部 12 と、ヨーク部 12 における軸方向の一端に接続しかつ当該一端から軸方向に延出した延出部 15 とを含む。
- [0030] コア部 11 及びヨーク部 12 は、軸方向においてコイル 2 の配置領域と重なる。対向部 13、非対向部 14 及び延出部 15 は、軸方向においてコイル 2 の配置領域と重ならない。
- [0031] コア部 11 と非対向部 14 とがなす角部 20 は、コア部 11 の軸周り全体において、アール形状となっている。また、ヨーク部材 60 には、コア部材 50 の非対向部 14 の外縁と嵌合する環状の凹部 61 が設けられている。
- [0032] 少なくともコア部材 50 は、一般磁性材料よりも磁束密度が高い高磁束密度材料で構成されている。ヨーク部材 60 は、一般磁性材料で構成されている。ここで、一般磁性材料とは、飽和磁束密度が 2.0 T（テスラ）以下の材料であり、例えば一般構造用圧延鋼材（SS400 等）や珪素鋼である。

高磁束密度材料とは、飽和磁束密度が2.0T（テスラ）を超える材料であり、例えば、Fe-C系合金、純鉄、窒化鉄、ビスマスを含有した電磁鋼材等である。Fe-C系合金の中でも、特に酸化アルミニウムを含有した材料、Fe-49Co-2V、Fe<sub>65</sub>Co<sub>35</sub>は、飽和磁束密度が高く、高磁束密度材料として適している。

[0033] 磁心1は、コア部材50及びヨーク部材60のそれぞれを作製した後、コア部材50及びヨーク部材60を圧入や溶接により一体に組み立てたもの（具体的には、コア部材50の非対向部14の外縁をヨーク部材60の凹部61に嵌合させ、非対向部14の外周面と延出部15における軸方向の一端面との間に形成される隅部に環状に溶接部90を設けることで、コア部材50及びヨーク部材60を一体にしたもの）である。コア部材50における対向部13及び非対向部14を構成する部分の表面であって、軸方向においてコア部11とは反対側の表面（貫通孔30が開口した表面）51には、溶接部90が設けられていない。

[0034] 磁心1は、磁気吸引力を作用させる相手材200に対向する端面（即ち、コア部11の軸方向の他端面及びヨーク部12の軸方向の他端面）と相手材200における磁心1に対向する表面との軸方向の間隔が均一になるように加工されていることが好ましい。例えば、相手材200の表面が平坦であれば磁心1の端面も平坦とし、相手材200の表面が湾曲形状又は凹凸形状であれば磁心1の端面も相手材200の表面に沿った湾曲形状又は凹凸形状とする。

[0035] このような磁心1を含む電磁石100は、特に低周波領域（DC～数百Hz）において高い磁気吸引力が得られるものであり、例えば、本願発明者の先願である日本国特開2014-102117号公報に記載の遠心式回転機械の動特性測定装置における磁力発生器として用いることができる。当該動特性測定装置の磁気磁力発生器として電磁石100を用いることで、ロータの動特性を高精度に測定することが可能となる。

[0036] 以上に述べたように、本実施形態によれば、コア部11の全体が、高磁束

密度材料で構成されている。後に実施例で示すように、コア部 11 は、低周波領域において、磁束密度が局所的に高くなり、磁気飽和し易い。本実施形態によれば、コア部 11 の全体を高磁束密度材料で構成することにより、サイズを大きくすることなく低周波領域における磁気吸引力を向上させることができる。

[0037] ヨーク部 12 は、一般磁性材料で構成されている。後に実施例で示すように、コア部 11 は、低周波領域において、磁束密度が局所的に高くなり、磁気飽和し易いのに対し、ヨーク部 12 は、低周波領域において、磁束密度が高くなり、磁気飽和し難い。上記構成によれば、ヨーク部 12 をも高磁束密度材料で構成する場合に比べ、高磁束密度材料の使用量を減らすことができ、低コスト化が可能である。また、歩留まりが良いコア部 11 に高磁束密度材料を使用し、歩留まりが悪いヨーク部 12 に一般磁性材料を使用することで、高磁束密度材料の歩留まりを改善することができる。

[0038] 高磁束密度材料は、Fe-C系合金であってよい。この場合、高磁束密度材料として、軟磁性体の中でも飽和磁束密度の高いFe-C系合金を用いることで、低周波領域において、より高い磁束密度が得られ、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0039] コア部 11 と非対向部 14 とがなす角部 20 が、アール形状である。後に実施例で示すように、角部 20 が直角形状であると、角部 20 に磁束が集中し、角部 20 において磁束密度が局所的に高くなって磁気飽和し易い。上記構成によれば、角部 20 がアール形状であることにより、角部 20 への磁束の集中を抑制し、低周波領域における磁気吸引力をより一層向上させることができる。なお、このような角部 20 の形状による効果は、角部 20 を構成する材料によらず（即ち、角部 20 が高磁束密度材料で構成されている場合及び角部 20 が一般磁性材料で構成されている場合のいずれにおいても）得ることができる。

[0040] 対向部 13 が、高磁束密度材料で構成されている。後に実施例で示すように、対向部 13 は、低周波領域において、磁束密度が局所的に高くなり、磁

気飽和し易い。上記構成によれば、コア部 11 のみならず対向部 13 を高磁束密度材料で構成することにより、低周波領域において、より高い磁束密度が得られ、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0041] 非対向部 14 において少なくとも対向部 13 に接続する内側部分（本実施形態では、非対向部 14 の全体）が高磁束密度材料で構成されている。後に実施例で示すように、非対向部 14 の内側部分は、低周波領域において、磁束密度が局所的に高くなり、磁気飽和し易い。上記構成によれば、コア部 11 のみならず、対向部 13 と、非対向部 14 において少なくとも内側部分とを高磁束密度材料で構成することにより、低周波領域において、より高い磁束密度が得られ、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0042] コイル 2 の導線が貫挿される貫通孔 30 が開口した表面 51 に、溶接部 90 が設けられていない。この場合、溶接時に貫通孔 30 に溶湯が流れ込むことが回避され、溶湯により導線の被覆や導線本体が破損する問題や貫通孔 30 が塞がる問題を防止することができる。

[0043] ヨーク部材 60 が、コア部材 50 と嵌合する凹部 61 を有する。この場合、ヨーク部材 60 とコア部材 50 との組立位置のばらつきや熱変形による軸方向及び径方向のずれを防止することができる。ひいては、コア部 11 が所定の位置から径方向にずれたり軸方向に対して傾いたりすることが抑制されることから、コイル 2 の配置スペースを確実に確保でき、組立不良を防止することができる。また、コア部 11 が軸方向に対して傾くと、コア部 11 とヨーク部 12 との間の径方向の間隔が軸方向において不均一になり、磁気吸引力が低下してしまうが、上記構成によれば当該問題を抑制することができる。さらには、ヨーク部材 60 とコア部材 50 との間の隙間をなくすことで、磁束を通過し易くし、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0044] コア部 11 は、中実体である。この場合、コア部 11 が中実体でない（即ち、空洞を有する）場合に比べ、より高い磁束密度が得られ、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0045] 次に、図 3 を参照し、本発明の第 2 実施形態について説明する。

- [0046] 第2実施形態に係る磁心1は、角部20がアール形状ではなく面取り形状となっている点、ヨーク部材60がヨーク部12のみを含み延出部15を含まない点、ヨーク部材60に凹部61が設けられていない点、溶接部90が非対向部14の外周面と延出部15における軸方向の一端面との間に形成される隅部ではなく非対向部14の外周面とヨーク部12における軸方向の一端面との間に形成される隅部に設けられている点を除き、第1実施形態に係る磁心1と同じ構成である。
- [0047] 第2実施形態によれば、第1実施形態と同様の構成による同様の効果に加え、以下のような効果を得ることができる。
- [0048] 第2実施形態では、コア部11と非対向部14とがなす角部20が、面取り形状である。後に実施例で示すように、角部20が直角形状であると、角部20に磁束が集中し、角部20において磁束密度が局所的に高くなって磁気飽和し易い。上記構成によれば、角部20が面取り形状であることにより、角部20への磁束の集中を抑制し、低周波領域における磁気吸引力をより一層向上させることができる。なお、このような角部20の形状による効果は、角部20を構成する材料によらず（即ち、角部20が高磁束密度材料で構成されている場合及び角部20が一般磁性材料で構成されている場合のいずれにおいても）得ることができる。
- [0049] 次に、図4を参照し、本発明の第3実施形態について説明する。
- [0050] 第3実施形態に係る磁心1は、角部20が直角形状である点、コア部材50における対向部13及び非対向部14を構成する部分の外径がヨーク部材60の外径と同じである（即ち、非対向部14の外周面とヨーク部12の外周面とが径方向において重なっている）点、溶接部90が非対向部14の外周面とヨーク部12における軸方向の一端面との間に形成される隅部ではなく非対向部14の外周面とヨーク部12の外周面との境界部に設けられている点を除き、第2実施形態に係る磁心1と同じ構成である。
- [0051] 第3実施形態によれば、第2実施形態と同様の構成による同様の効果を得ることができる。

[0052] 次に、図5を参照し、本発明の第4実施形態について説明する。

[0053] 第4実施形態に係る磁心1は、コア部材50における対向部13及び非対向部14を構成する部分の外径がヨーク部材60の外径よりも大きい（即ち、非対向部14の外周面がヨーク部12の外周面よりも径方向において外側にある）点、溶接部90が非対向部14の外周面とヨーク部12の外周面との境界部ではなく非対向部14における軸方向の他端面とヨーク部12の外周面との間に形成される隅部に設けられている点を除き、第3実施形態に係る磁心1と同じ構成である。

[0054] 第4実施形態によれば、第3実施形態と同様の構成による同様の効果を得ることができる。

[0055] 次に、図6を参照し、本発明の第5実施形態について説明する。

[0056] 第5実施形態に係る磁心1は、コア部材50がコア部11と対向部13とからなる柱状の部材であって非対向部14を含まない点、ヨーク部材60がヨーク部12のみではなく延出部15及び非対向部14を含む点を除き、第3実施形態に係る磁心1と同じ構成である。なお、図6には、溶接部90及び貫通孔30が示されていないが、例えば、溶接以外の方法（圧入等）でコア部材50及びヨーク部材60が一体に組み立てられてもよく、また、貫通孔30を設けなくてもよい。第5実施形態では、コア部11と対向部13とからなる柱状のコア部材50を高磁束密度材料で構成し、ヨーク部12及び非対向部14を含む有底円筒状の（底部にコア部材50の対向部13が嵌合される孔が形成された）ヨーク部材60を一般磁性材料で構成している。

[0057] 第5実施形態によれば、第3実施形態と同様の構成による同様の効果に加え、以下のような効果を得ることができる。

[0058] 第5実施形態に係る磁心1は、コア部11と対向部13とからなる柱状の部材であるコア部材50を有する。この場合、シンプルな形状（柱状）のコア部材50を高磁束密度材料で構成することで、磁心1の製造が容易になる。また、非対向部14をも高磁束密度材料で構成する場合に比べ、高磁束密度材料の使用量を減らすことができ、低コスト化が可能である。

[0059] 次に、図 7 を参照し、本発明の第 6 実施形態について説明する。

[0060] 第 6 実施形態に係る磁心 1 は、コア部材 50 がコア部 11 と対向部 13 とからなる柱状の部材ではなくコア部 11 と対向部 13 と非対向部 14 の一部（非対向部 14 において対向部 13 に接続する内側部分 14 a）とを含む点、ヨーク部材 60 がヨーク部 12 と非対向部 14 の全体とを含むのではなくヨーク部 12 と非対向部 14 の一部（非対向部 14 において内側部分 14 a よりもコイル 2 の外側に配置される外側部分 14 b）とを含む点を除き、第 5 実施形態に係る磁心 1 と同じ構成である。第 6 実施形態では、非対向部 14 がコア部材 50 に含まれる内側部分 14 a とヨーク部材 60 に含まれる外側部分 14 b とに分割されており、内側部分 14 a を高磁束密度材料で構成し、外側部分 14 b を一般磁性材料で構成している。

[0061] 第 6 実施形態によれば、第 5 実施形態と同様の構成による同様の効果に加え、以下のような効果を得ることができる。

[0062] 第 6 実施形態では、非対向部 14 が、対向部 13 に接続する内側部分 14 a と、内側部分 14 a よりもコイル 2 の外側に配置される外側部分 14 b とを有し、内側部分 14 a が高磁束密度材料で構成されており、外側部分 14 b が一般磁性材料で構成されている。この場合、非対向部 14 において内側部分 14 a 及び外側部分 14 b の両方を高磁束密度材料で構成する場合に比べ、高磁束密度材料の使用量を減らすことができ、低コスト化が可能である。

[0063] 次に、図 8 を参照し、本発明の第 7 実施形態について説明する。

[0064] 第 7 実施形態に係る磁心 1 は、コア部材 50 がコア部 11 と対向部 13 とからなる柱状の部材ではなくコア部 11 と対向部 13 と非対向部 14 とを含む点、ヨーク部材 60 がヨーク部 12 と非対向部 14 とを含むのではなくヨーク部 12 と延出部 15 とを含む点を除き、第 5 実施形態に係る磁心 1 と同じ構成である。

[0065] 第 7 実施形態によれば、第 5 実施形態と同様の構成による同様の効果を得ることができる。

[0066] 次に、図 9 及び図 10 を参照し、本発明の第 8 実施形態について説明する。

[0067] 第 8 実施形態に係る磁心 1 は、延出部 15 がさらに軸方向に延出し、延出部 15 の先端から径方向内側に突出した環状の係止部 16 が設けられている点、ヨーク部材 60 の凹部（ヨーク部 12 及び延出部 15 からなる円筒部と係止部 16 とで形成される凹部）62 にコア部材 50 の非対向部 14 の外縁が嵌合している点、貫通孔 30 がヨーク部材 60 の係止部 16 とコア部材 50 の非対向部 14 とに軸方向に沿って設けられている点を除き、第 7 実施形態に係る磁心 1 と同じ構成である。第 8 実施形態では、コア部材 50 の表面 51 とヨーク部材 60 の係止部 16 の内周側端面との間に形成される隅部に、環状に溶接部 90 が設けられている。ヨーク部材 60 の表面（軸方向においてヨーク部 12 とは反対側の表面（貫通孔 30 が開口した表面））65 には、溶接部 90 が設けられていない。

[0068] 第 8 実施形態によれば、第 7 実施形態と同様の構成による同様の効果に加え、以下のような効果を得ることができる。

[0069] 第 8 実施形態では、コイル 2 の導線が貫挿される貫通孔 30 が開口した表面 65 に、溶接部 90 が設けられていない。この場合、溶接時に貫通孔 30 に溶湯が流れ込むことが回避され、溶湯により導線の被覆や導線本体が破損する問題や貫通孔 30 が塞がる問題を防止することができる。

[0070] また、第 8 実施形態では、ヨーク部材 60 が、コア部材 50 と嵌合する凹部 62 を有する。この場合、ヨーク部材 60 とコア部材 50 との組立位置のばらつきや熱変形による軸方向及び径方向のずれを防止することができる。ひいては、コア部 11 が所定の位置から径方向にずれたり軸方向に対して傾いたりすることが抑制されることから、コイル 2 の配置スペースを確実に確保でき、組立不良を防止することができる。また、コア部 11 が軸方向に対して傾くと、コア部 11 とヨーク部 12 との間の径方向の間隔が軸方向において不均一になり、磁気吸引力が低下してしまうが、上記構成によれば当該問題を抑制することができる。さらには、ヨーク部材 60 とコア部材 50 と

の間の隙間をなくすことで、磁束を通過し易くし、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0071] また、第8実施形態では、ヨーク部材60が、コア部材50に係止する係止部16を有する。係止部16は、コア部材50の少なくとも一部（非対向部14）の軸方向の外側（図9において上側）に配置されている。例えば相手材200に対して軸方向の外側（磁心1が配置された空間）が大気圧等の低圧・反対側（相手材200が配置された空間）が高圧の環境下において、係止部16が設けられておらず、ヨーク部材60とコア部材50とが互いに溶接により固定されているだけの場合、コア部材50が軸方向の外側（図9において上側）に移動しようとする力が溶接部90にかかり、溶接部90が破断して、コア部材50が軸方向の外側に抜け出す問題が生じ得る。これに対し、上記構成によれば、上記力を係止部16で受けることにより、コア部材50が軸方向の外側に抜け出す問題を効果的に防止することができる。

[0072] 次に、図11を参照し、本発明の第9実施形態について説明する。

[0073] 第9実施形態に係る磁心1は、貫通孔30がヨーク部12に径方向に沿って設けられている点を除き、第8実施形態に係る磁心1と同じ構成である。ヨーク部材60におけるヨーク部12の表面（貫通孔30が開口した表面）66には、溶接部90が設けられていない。

[0074] 次に、図12を参照し、本発明の第10実施形態について説明する。

[0075] 第10実施形態に係る磁心1は、非対向部14の径方向の長さが短く、ヨーク部材60の凹部62に非対向部14の外縁が嵌合していない点、貫通孔30が非対向部14に設けられておらず係止部16に軸方向に沿って設けられている点を除き、第8実施形態に係る磁心1と同じ構成である。

[0076] 次に、図13を参照し、本発明の第11実施形態について説明する。

[0077] 第11実施形態に係る磁心1は、ヨーク部材60の延出部15が径方向内側に突出しており、ヨーク部材60の凹部（延出部15と係止部16とで形成される環状の凹部）63に、径方向の長さが短い非対向部14の外縁が嵌合している点、貫通孔30が非対向部14に設けられておらず延出部15に

おけるヨーク部 12 よりも径方向内側に突出した部分に軸方向に沿って設けられている点を除き、第 8 実施形態に係る磁心 1 と同じ構成である。

[0078] 第 9 ～第 11 実施形態によれば、第 8 実施形態と同様の構成による同様の効果に加え、以下のような効果を得ることができる。

[0079] 第 9 ～第 11 実施形態では、コイル 2 の導線が貫挿される貫通孔 30 が、ヨーク部材 60 に設けられており、コア部材 50 に設けられていない。この場合、コア部材 50 の位置決め精度の影響を受けずに導線を通すことができる。

[0080] 次に、図 14 を参照し、本発明の第 12 実施形態について説明する。

[0081] 第 12 実施形態に係る磁心 1 は、内側部分 14a と外側部分 14b とが軸方向に沿った面ではなく軸方向に対して傾斜した傾斜面 14x, 16x において接触している点、貫通孔 30 がヨーク部材 60 の外側部分 14b に軸方向に沿って設けられている点を除き、第 6 実施形態に係る磁心 1 と同じ構成である。第 12 実施形態では、外側部分 14b における径方向内側の先端が、コア部材 50 を係止する係止部 16 に該当する。係止部 16 は、コア部材 50 の少なくとも一部（内側部分 14a における径方向外側の先端）の軸方向の外側（図 14 において上側）に配置されている。係止部 16 は、内側部分 14a における径方向外側の先端に設けられた傾斜面 14x と接触する傾斜面 16x を有する。各傾斜面 14x, 16x は、軸方向の外側（図 14 において上側）に向かうにつれて径方向内側に向かうように傾斜している。傾斜面 16x は、コア部材 50 と嵌合する嵌合部にも該当する。また、第 12 実施形態では、コア部材 50 の表面 51 とヨーク部材 60 の表面 65 との間（即ち、内側部分 14a と外側部分 14b との間）に、環状に溶接部 90 が設けられている。

[0082] 第 12 実施形態によれば、第 6 実施形態と同様の構成による同様の効果に加え、以下のような効果を得ることができる。

[0083] 第 12 実施形態では、コイル 2 の導線が貫挿される貫通孔 30 が、ヨーク部材 60 に設けられており、コア部材 50 に設けられていない。この場合、

コア部材 50 の位置決め精度の影響を受けずに導線を通すことができる。

[0084] また、第 12 実施形態では、ヨーク部材 60 が、コア部材 50 と嵌合する嵌合部（傾斜面 16 x）を有する。この場合、ヨーク部材 60 とコア部材 50 との組立位置のばらつきや熱変形による軸方向及び径方向のずれを防止することができる。ひいては、コア部 11 が所定の位置から径方向にずれたり軸方向に対して傾いたりすることが抑制されることから、コイル 2 の配置スペースを確実に確保でき、組立不良を防止することができる。また、コア部 11 が軸方向に対して傾くと、コア部 11 とヨーク部 12 との間の径方向の間隔が軸方向において不均一になり、磁気吸引力が低下してしまうが、上記構成によれば当該問題を抑制することができる。さらには、ヨーク部材 60 とコア部材 50 との間の隙間をなくすことで、磁束を通過しやすくし、磁気吸引力をより一層向上させることができる。

[0085] また、第 12 実施形態では、ヨーク部材 60 が、コア部材 50 を係止する係止部 16 を有する。係止部 16 は、コア部材 50 の少なくとも一部（内側部分 14 a における径方向外側の先端）の軸方向の外側（図 14 において上側）に配置されている。例えば相手材 200 に対して軸方向の外側（磁心 1 が配置された空間）が大気圧等の低圧・反対側（相手材 200 が配置された空間）が高圧の環境下において、係止部 16 が設けられておらず、ヨーク部材 60 とコア部材 50 とが互いに溶接により固定されているだけの場合、コア部材 50 が軸方向の外側（図 14 において上側）に移動しようとする力が溶接部 90 にかかり、溶接部 90 が破断して、コア部材 50 が軸方向の外側に抜け出す問題が生じ得る。これに対し、上記構成によれば、上記力を係止部 16 で受けることにより、コア部材 50 が軸方向の外側に抜け出す問題を効果的に防止することができる。

[0086] また、コア部材 50 の少なくとも一部（内側部分 14 a における径方向外側の先端）が、軸方向に対して傾斜した傾斜面 14 x を有し、係止部 16 が、傾斜面 14 x と接触するように軸方向に対して傾斜した傾斜面 16 x を有する。この場合、傾斜面 14 x、16 x 同士の接触により係止を実現するこ

とで、軸方向において係止部 16 がコア部材 50 から突出しないようにすることができ、軸方向における磁心 1 のサイズの大型化を回避することができる。

[0087] 次に、図 15 を参照し、本発明の第 13 実施形態について説明する。

[0088] 第 13 実施形態に係る磁心 1 は、貫通孔 30 がヨーク部 12 に径方向に沿って設けられている点を除き、第 12 実施形態に係る磁心 1 と同じ構成である。ヨーク部材 60 におけるヨーク部 12 の表面（貫通孔 30 が開口した表面）66 には、溶接部 90 が設けられていない。

[0089] 第 13 実施形態によれば、第 12 実施形態と同様の構成による同様の効果に加え、以下のような効果を得ることができる。

[0090] 第 13 実施形態では、コイル 2 の導線が貫挿される貫通孔 30 が、ヨーク部材 60 に設けられており、コア部材 50 に設けられていない。この場合、コア部材 50 の位置決め精度の影響を受けずに導線を通すことができる。

## 実施例

[0091] 続いて、本発明を実施例により具体的に説明する。

[0092] 図 16 及び図 17 は、本発明の比較例及び実施例に係る磁心を用いた電磁石において、コイルに同一の電流（低周波領域（DC～数百 Hz）の電流）を印加した場合の磁束密度分布の解析結果を示す。

[0093] 図 16 の比較例は、第 5～第 7 実施形態（図 6～図 8 参照）と同様の形状の磁心 1 において、各部（コア部 11、ヨーク部 12、対向部 13、非対向部 14 等）を全て一般磁性材料で構成したものである。

[0094] 図 17 の実施例は、第 5～第 7 実施形態（図 6～図 8 参照）と同様の形状の磁心 1 において、各部（コア部 11、ヨーク部 12、対向部 13、非対向部 14 等）を全て高磁束密度材料で構成したものである。

[0095] 図 16 の比較例では、コア部 11 において、一定の磁束密度よりも上昇しない領域が存在することが分かる。即ち、コア部 11 は、一般磁性材料で構成されている場合、低周波領域において、磁束密度が局所的に高くなり、磁気飽和し易く、高い磁束密度（即ち、高い磁気吸引力）が得られない。

- [0096] 図 1 7 の実施例では、コア部 1 1 において、図 1 6 の比較例に比べ、高い磁束密度が得られることが分かる。即ち、コア部 1 1 は、全体を高磁束密度材料で構成することにより、低周波領域において、高い磁束密度が得られ、磁気吸引力を向上させることができる。
- [0097] なお、図 1 6 及び図 1 7 の例では、コイル 2 の内側と外側とでの磁心 1 の断面積（即ち、軸方向と直交する面におけるコア部 1 1 の断面積及びヨーク部 1 2 の断面積）を等しくしている。コイル 2 の内側と外側とでの磁心 1 の断面積が同一であれば、磁束密度が一樣になるはずであるが、解析により、コア部 1 1 において局所的に磁束密度が高くなることが分かった。
- [0098] 図 1 8 は、本発明の実施例に係る磁心及び比較例 1, 2 に係る磁心の磁気吸引力の低周波領域における磁気吸引力を示す。
- [0099] 図 1 8 の比較例 1 は、図 1 6 の比較例と同様、第 5 ～第 7 実施形態（図 6 ～図 8 参照）と同様の形状の磁心 1 において、各部（コア部 1 1、ヨーク部 1 2、対向部 1 3、非対向部 1 4 等）を全て一般磁性材料で構成したものである。
- [0100] 図 1 8 の比較例 2 は、第 5 ～第 7 実施形態（図 6 ～図 8 参照）と同様の形状の磁心 1 において、コア部 1 1 及びヨーク部 1 2 のそれぞれにおける相手材 2 0 0 と対向する端部近傍（即ち、コア部 1 1 の軸方向の他端近傍及びヨーク部 1 2 の軸方向の他端近傍）を高磁束密度材料で構成し、それ以外の部分を一般磁性材料で構成したものである。
- [0101] 図 1 8 の実施例は、図 1 7 の実施例と同様、第 5 ～第 7 実施形態（図 6 ～図 8 参照）と同様の形状の磁心 1 において、各部（コア部 1 1、ヨーク部 1 2、対向部 1 3、非対向部 1 4 等）を全て高磁束密度材料で構成したものである。
- [0102] 図 1 8 から、比較例 1 よりも比較例 2、比較例 2 よりも実施例の方が、低周波領域において高い磁気吸引力が得られることがわかる。比較例 2 は、比較例 1 に比べ、低周波領域における磁気吸引力が若干向上するが、高磁束密度材料がコア部 1 1 の一部に限定されるため、低周波領域における磁気吸引

力の向上効果は限定的であることが分かる。

[0103] 以上、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々な設計変更が可能なものである。

[0104] ・コア部は、円柱状に限定されず、角柱状等であってもよい。また、コア部は、中実体でなくてもよい（即ち、空洞を有してもよい）。

・ヨーク部は、円筒状に限定されず、角筒状等であってもよい。

・磁心の各部（コア部、ヨーク部、対向部、非対向部等）は、同じ部材で構成されてもよいし、異なる部材で構成されてもよい。

・コア部の全体が高磁束密度材料で構成されている限り、コア部以外の部分（ヨーク部、対向部、非対向部等）の材料は特に限定されず、上記の実施例のように磁心の全体が高磁束密度材料で構成されてもよい。

・嵌合部は、凹部に限定されず、凸部であってもよい。

・嵌合部は、非対向部と嵌合することに限定されず、コア部材におけるどの部分と嵌合してもよい。

・係止部は、非対向部を係止することに限定されず、コア部材におけるどの部分を係止してもよい。

・本発明に係る磁心は、遠心式回転機械の動特性測定装置における磁力発生器に用いられることに限定されず、任意の電磁石に用いられてよい。

[0105] 本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2016年5月20日出願の日本特許出願（特願2016-101504）、2016年10月11日出願の日本特許出願（特願2016-200368）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

## 産業上の利用可能性

[0106] 本発明によれば、電磁石の磁心のサイズを大きくすることなく磁気吸引力

を向上させることができることができる。

## 符号の説明

- [0107] 1 磁心
- 2 コイル
- 1 1 コア部
- 1 2 ヨーク部
- 1 3 対向部
- 1 4 非対向部
- 1 4 a 内側部分
- 1 4 b 外側部分
- 1 4 x 傾斜面（第1傾斜面）
- 1 6 係止部
- 1 6 x 傾斜面（第2傾斜面、嵌合部）
- 2 0 角部
- 3 0 貫通孔
- 5 0 コア部材
- 5 1 表面
- 6 0 ヨーク部材
- 6 1 凹部（嵌合部）
- 6 2 凹部（嵌合部）
- 6 3 凹部（嵌合部）
- 6 5 表面
- 6 6 表面
- 9 0 溶接部
- 1 0 0 電磁石
- 2 0 0 相手材

## 請求の範囲

- [請求項1] 筒状のコイルの内側に配置され、軸方向において前記コイルの配置領域と重なる柱状のコア部と、
- 前記コイルの外側に配置され、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重なる筒状のヨーク部とを備え、
- 少なくとも前記コア部の全体が、一般磁性材料よりも磁束密度が高い高磁束密度材料で構成されていることを特徴とする、磁心。
- [請求項2] 前記ヨーク部が前記一般磁性材料で構成されていることを特徴とする、請求項1に記載の磁心。
- [請求項3] 前記高磁束密度材料がFe-C系合金であることを特徴とする、請求項1又は2に記載の磁心。
- [請求項4] 前記コア部に接続し、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向する対向部と、
- 前記対向部に接続し、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向しない非対向部とをさらに備え、
- 前記コア部と前記非対向部とがなす角部がアール形状であることを特徴とする、請求項1に記載の磁心。
- [請求項5] 前記コア部に接続し、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向する対向部と、
- 前記対向部に接続し、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向しない非対向部とをさらに備え、
- 前記コア部と前記非対向部とがなす角部が面取り形状であることを特徴とする、請求項1に記載の磁心。
- [請求項6] 前記コア部に接続し、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向する対向部をさらに備え、

前記対向部が前記高磁束密度材料で構成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁心。

[請求項7] 前記コア部と前記対向部とからなる柱状のコア部材を有することを特徴とする、請求項 6 に記載の磁心。

[請求項8] 前記対向部に接続し、前記軸方向において前記コイルの配置領域と重ならず、前記軸方向において前記コア部と対向しない非対向部をさらに備え、

前記非対向部において少なくとも前記対向部に接続する内側部分が前記高磁束密度材料で構成されていることを特徴とする、請求項 6 に記載の磁心。

[請求項9] 前記非対向部は、前記対向部に接続する内側部分と、前記内側部分よりも前記コイルの外側に配置される外側部分とを有し、前記内側部分が前記高磁束密度材料で構成されており、前記外側部分が前記一般磁性材料で構成されていることを特徴とする、請求項 8 に記載の磁心。

[請求項10] 前記コイルの導線が貫挿される貫通孔が開口した表面に、溶接部が設けられていないことを特徴とする、請求項 1 に記載の磁心。

[請求項11] 前記コイルの導線が貫挿される貫通孔が、前記ヨーク部を構成するヨーク部材に設けられており、前記コア部を構成するコア部材に設けられていないことを特徴とする、請求項 1 に記載の磁心。

[請求項12] 前記ヨーク部を構成するヨーク部材が、前記コア部を構成するコア部材と嵌合する嵌合部を有することを特徴とする、請求項 1 に記載の磁心。

[請求項13] 前記ヨーク部を構成するヨーク部材が、前記コア部を構成するコア部材に係止する係止部であって、前記コア部材の少なくとも一部の前記軸方向の外側に配置された係止部を有することを特徴とする、請求項 1 に記載の磁心。

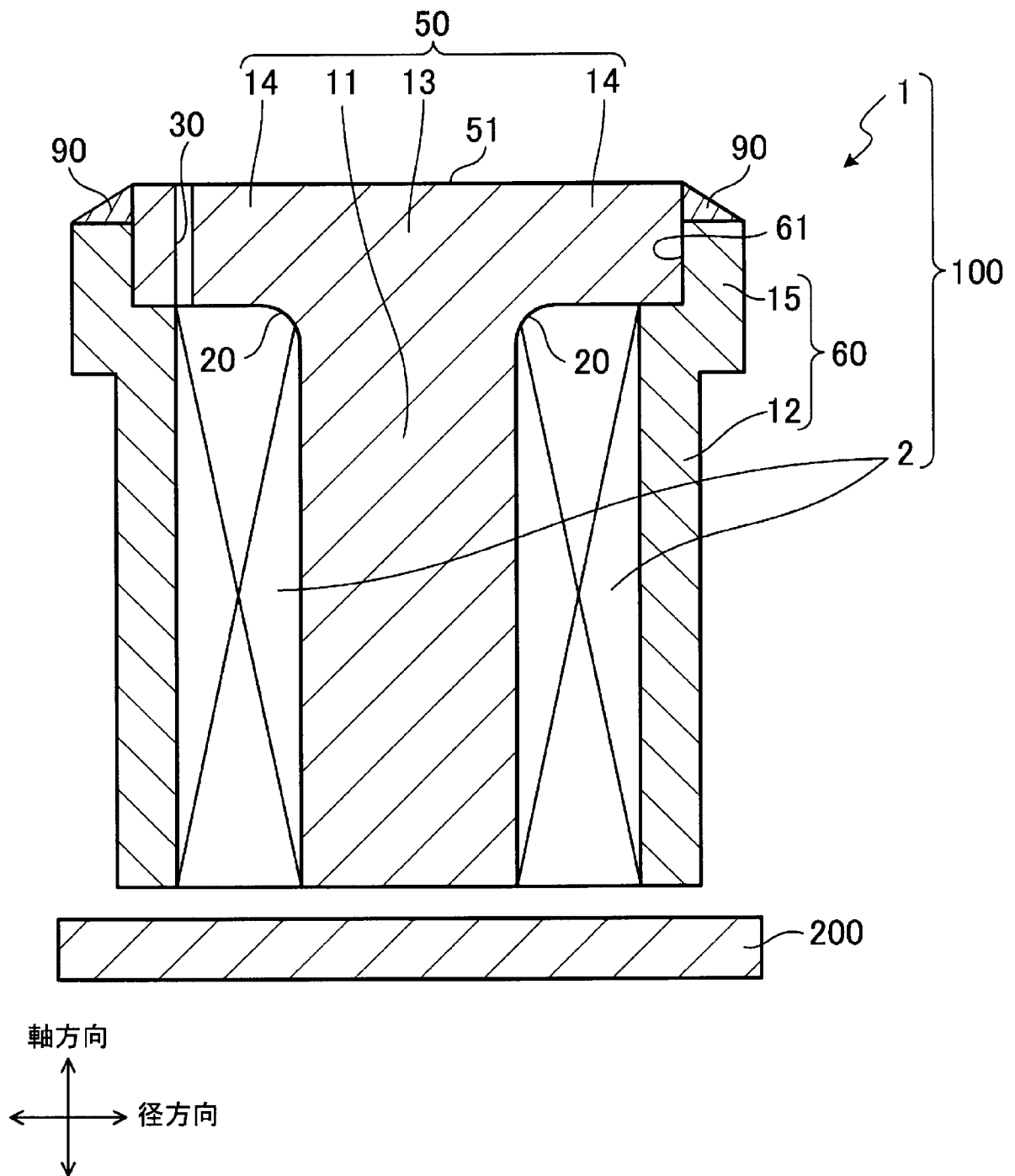
[請求項14] 前記コア部材の少なくとも一部が、前記軸方向に対して傾斜した第

1 傾斜面を有し、

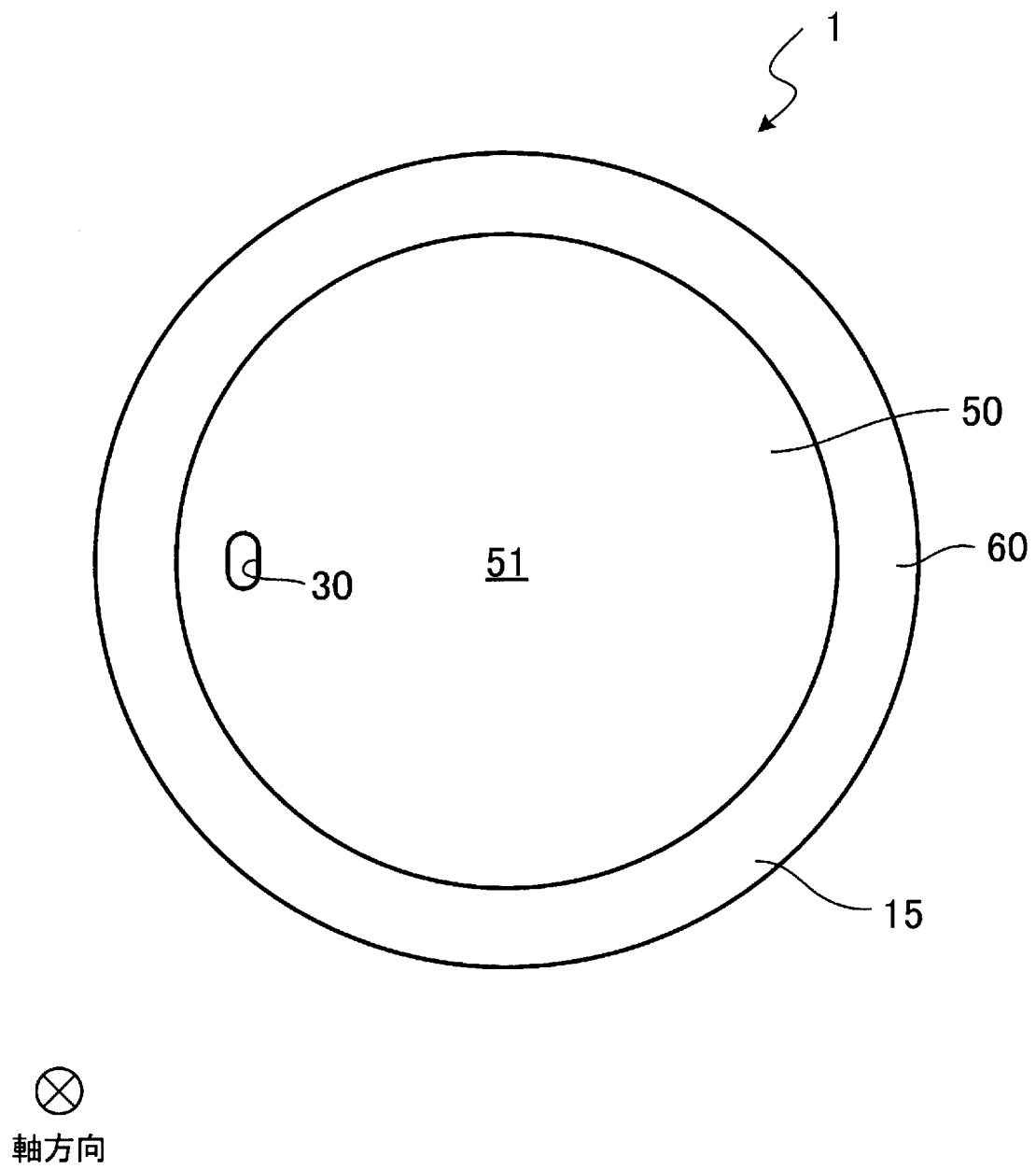
前記係止部が、前記第 1 傾斜面と接触するように前記軸方向に対して傾斜した第 2 傾斜面を有することを特徴とする、請求項 1 3 に記載の磁心。

[請求項15] 前記コア部が中実体であることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁心。

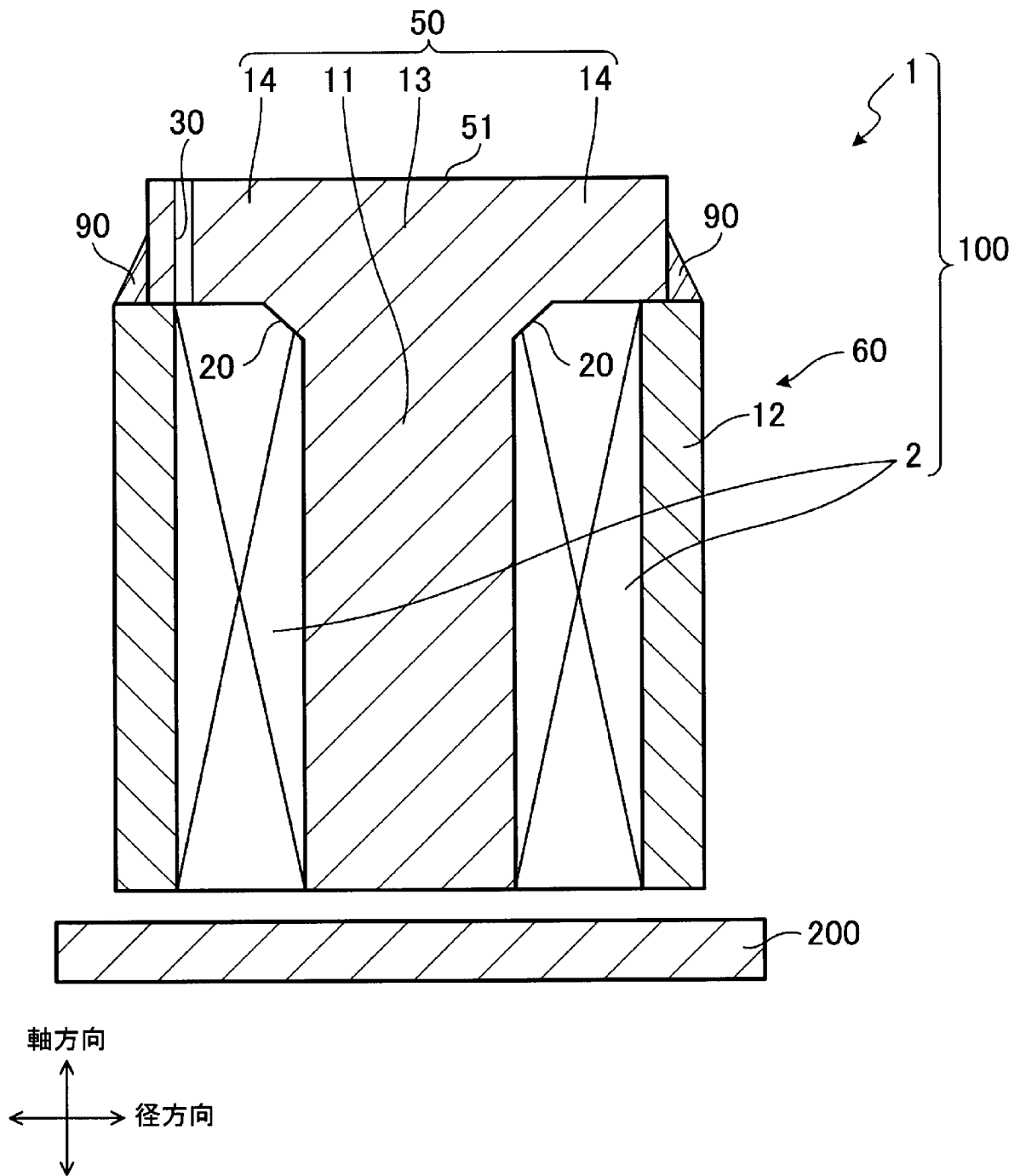
[図1]



[図2]

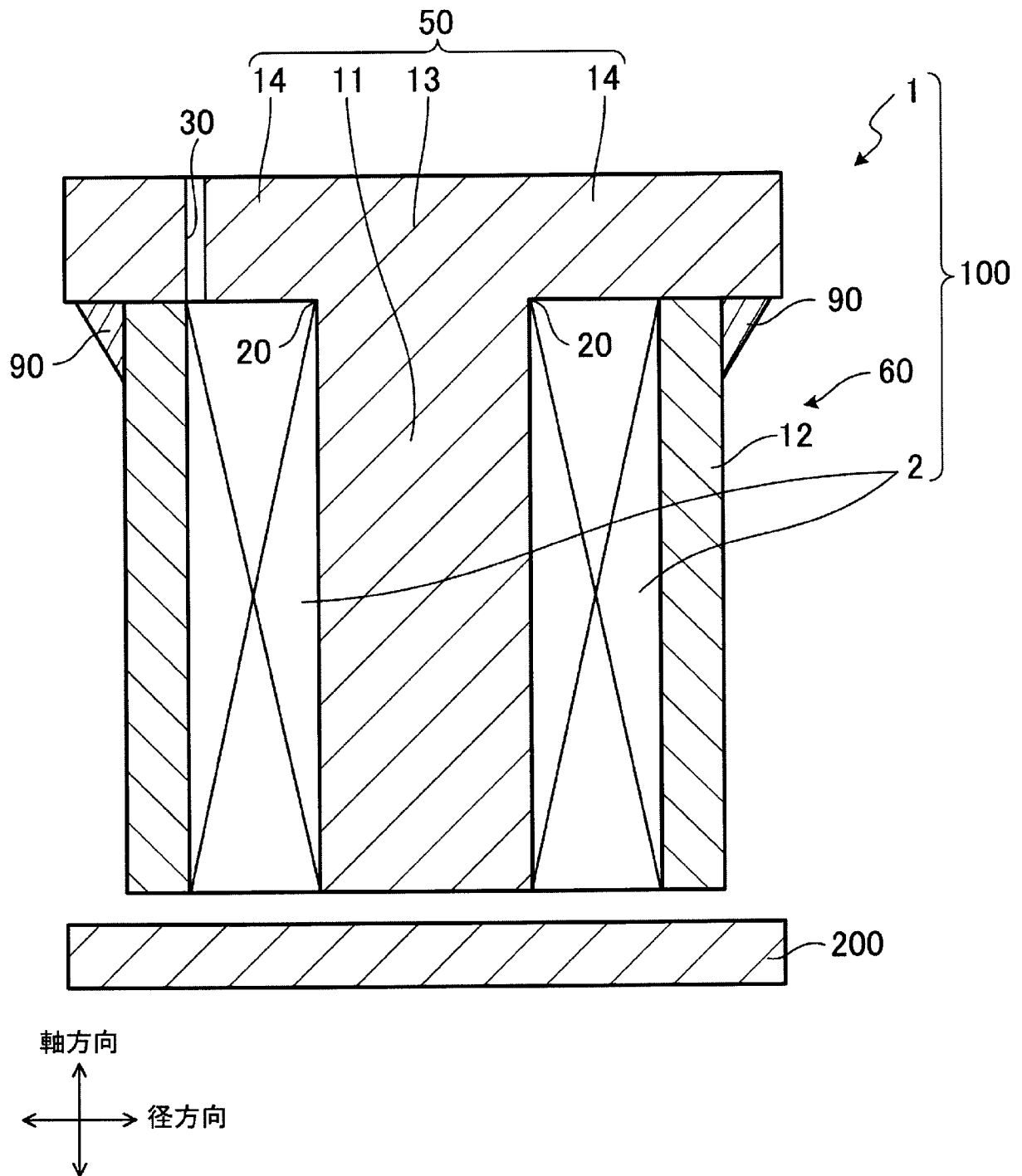


[図3]

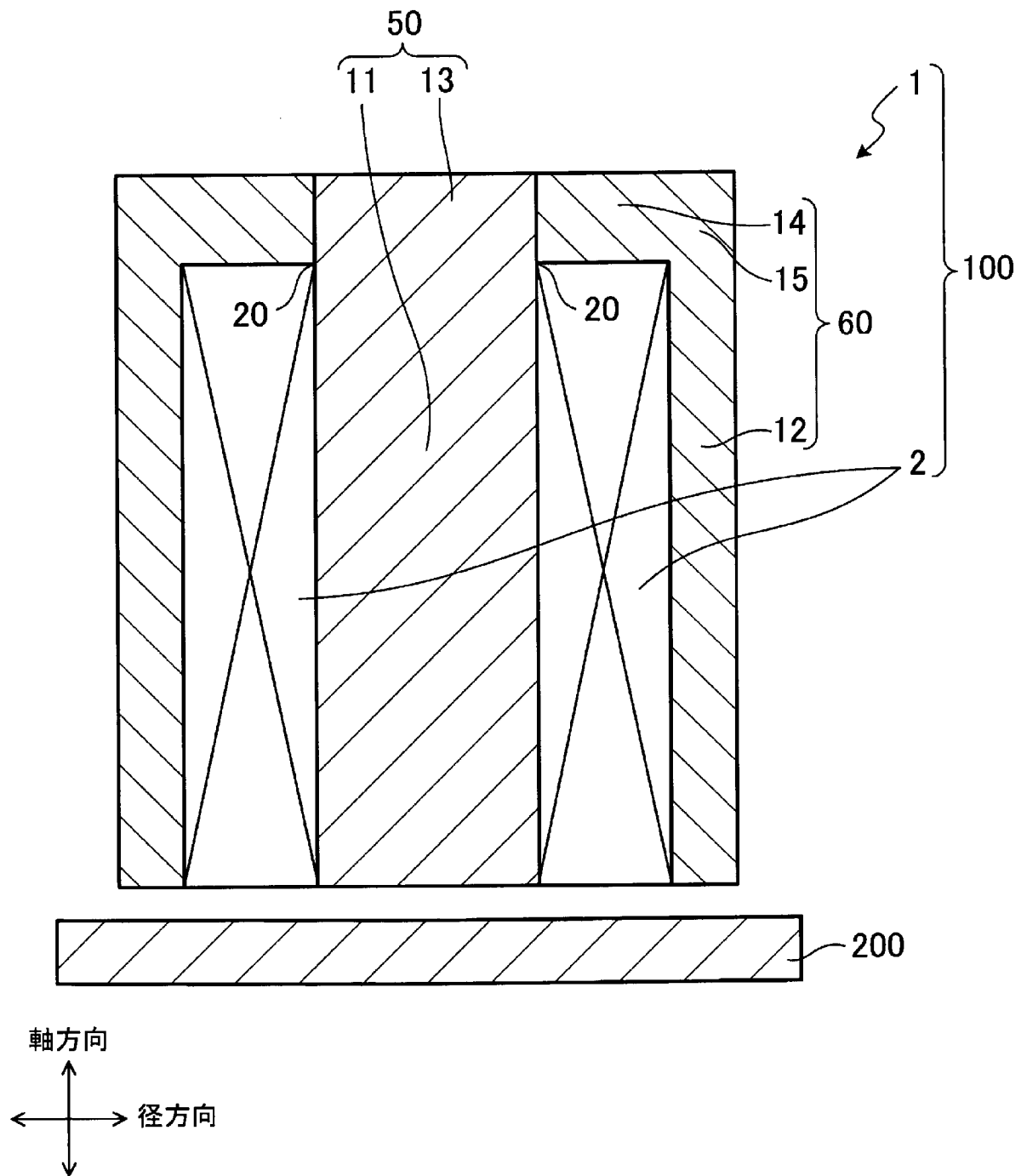




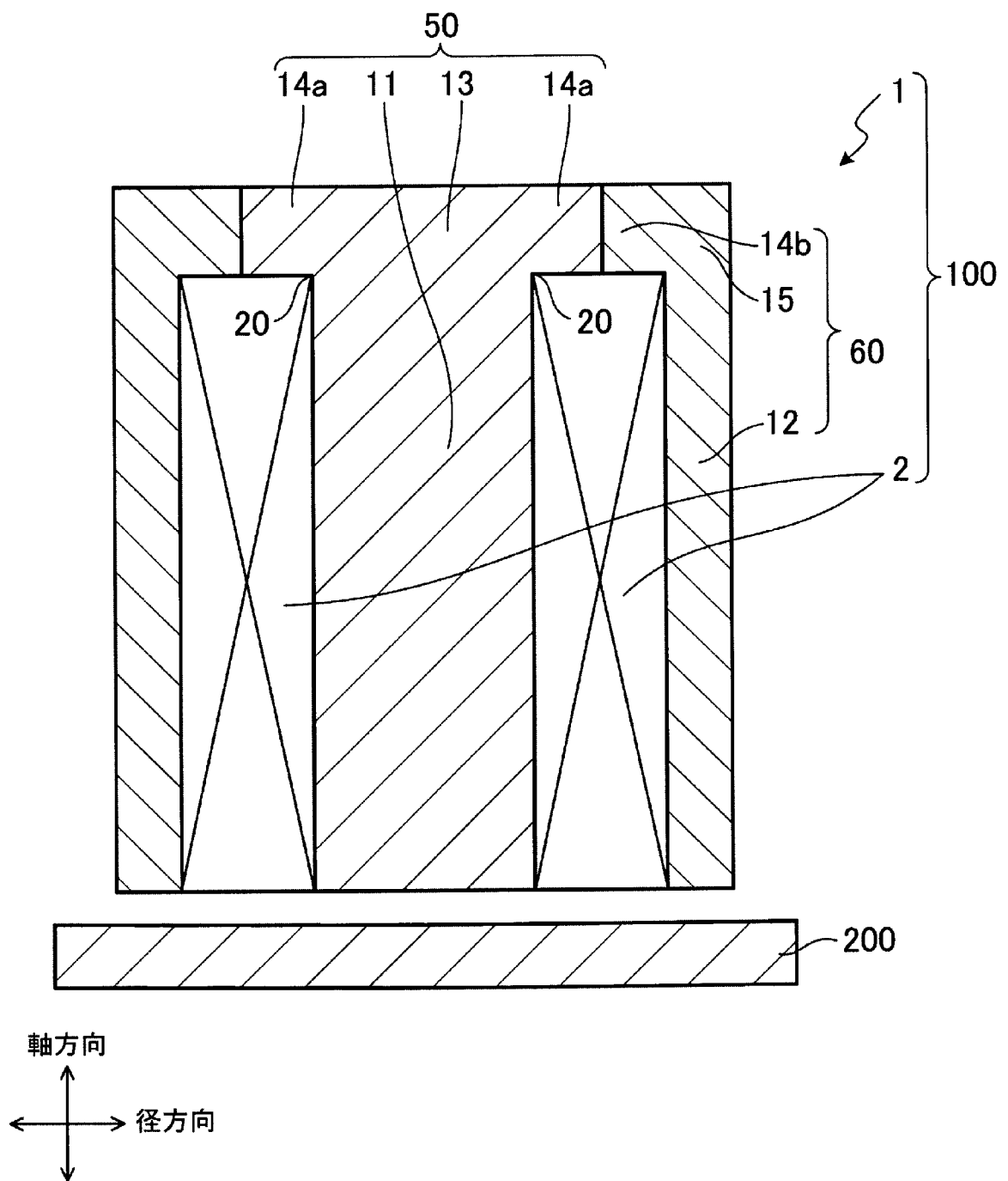
[図5]

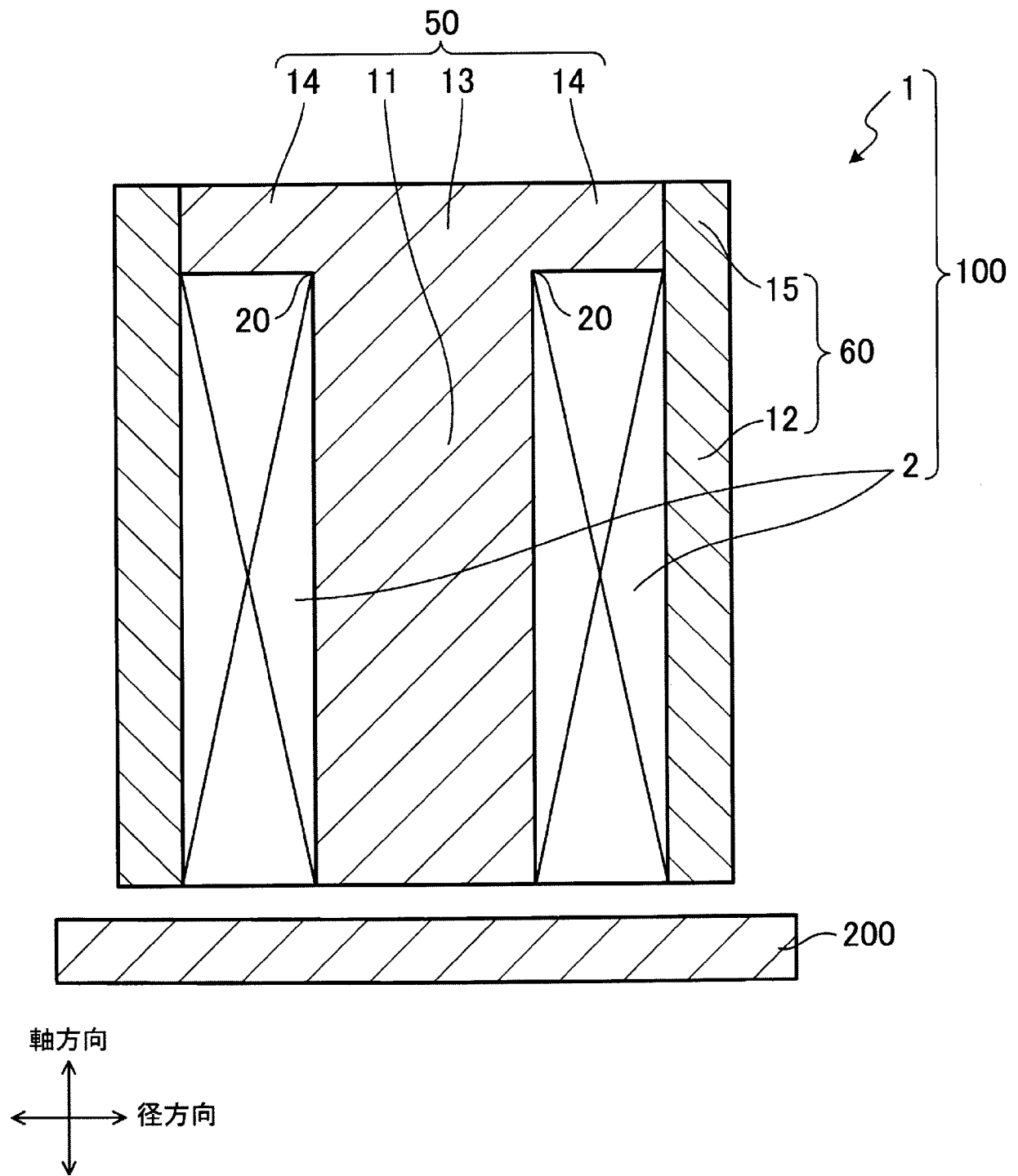


[図6]

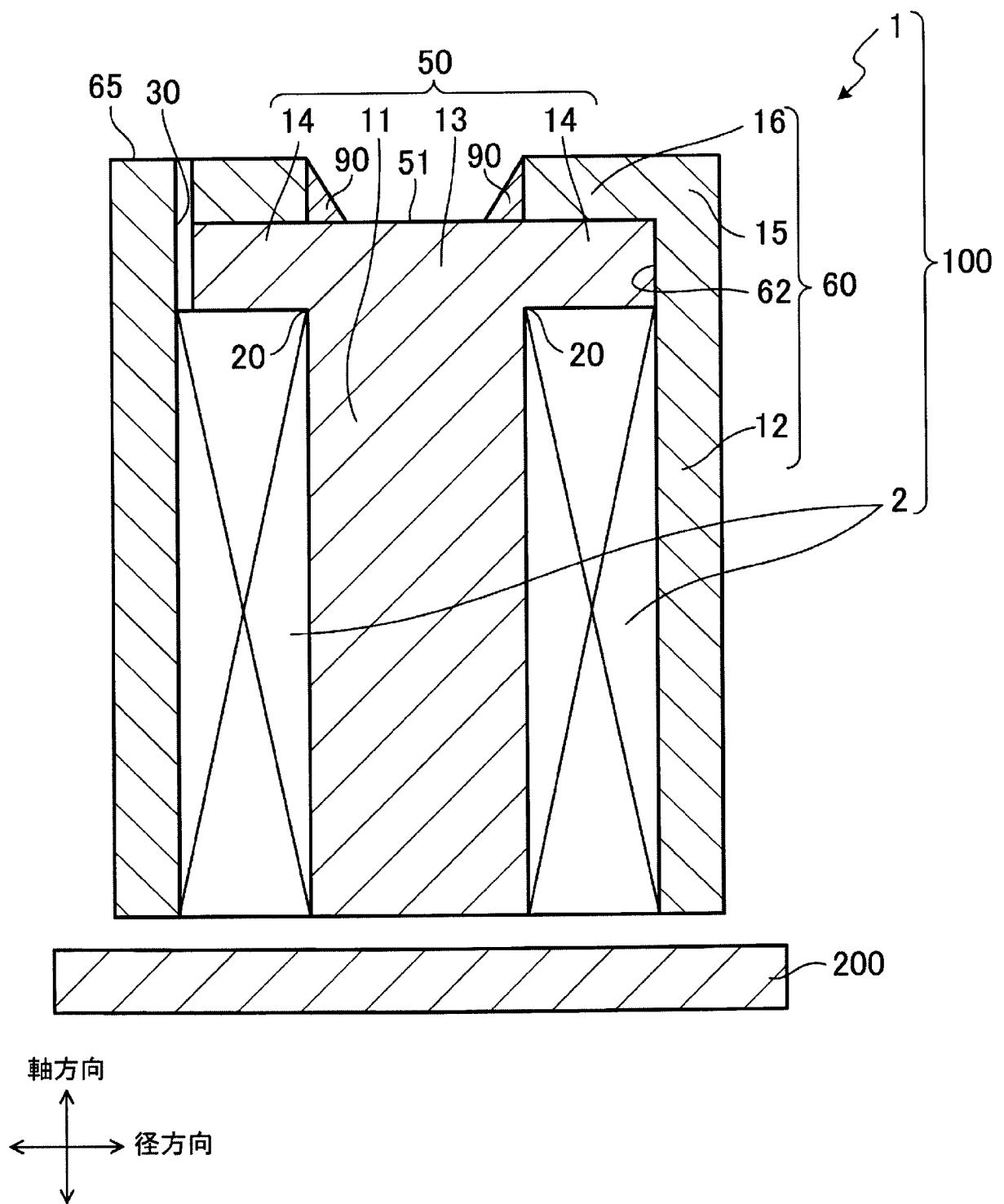


[図7]

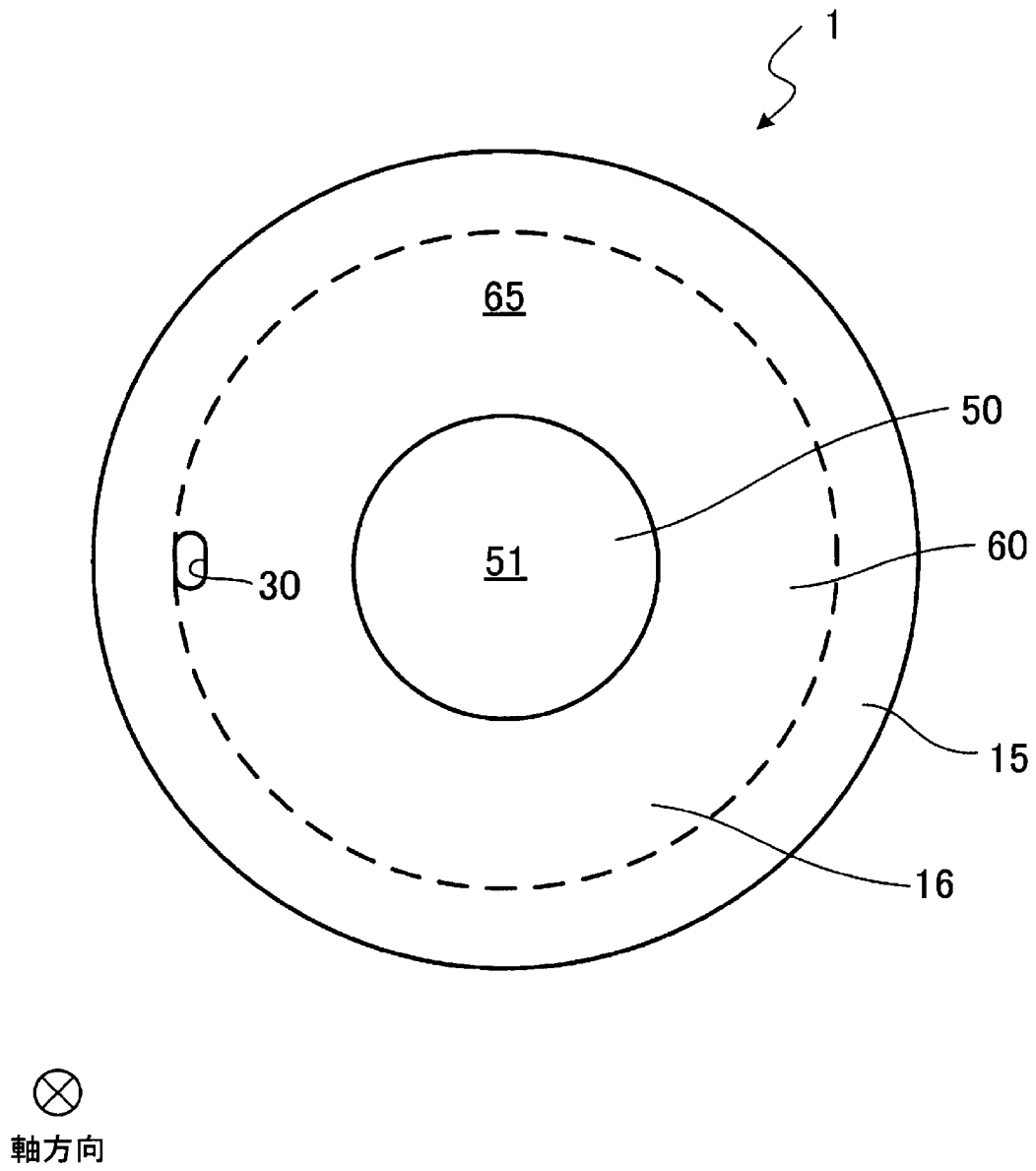




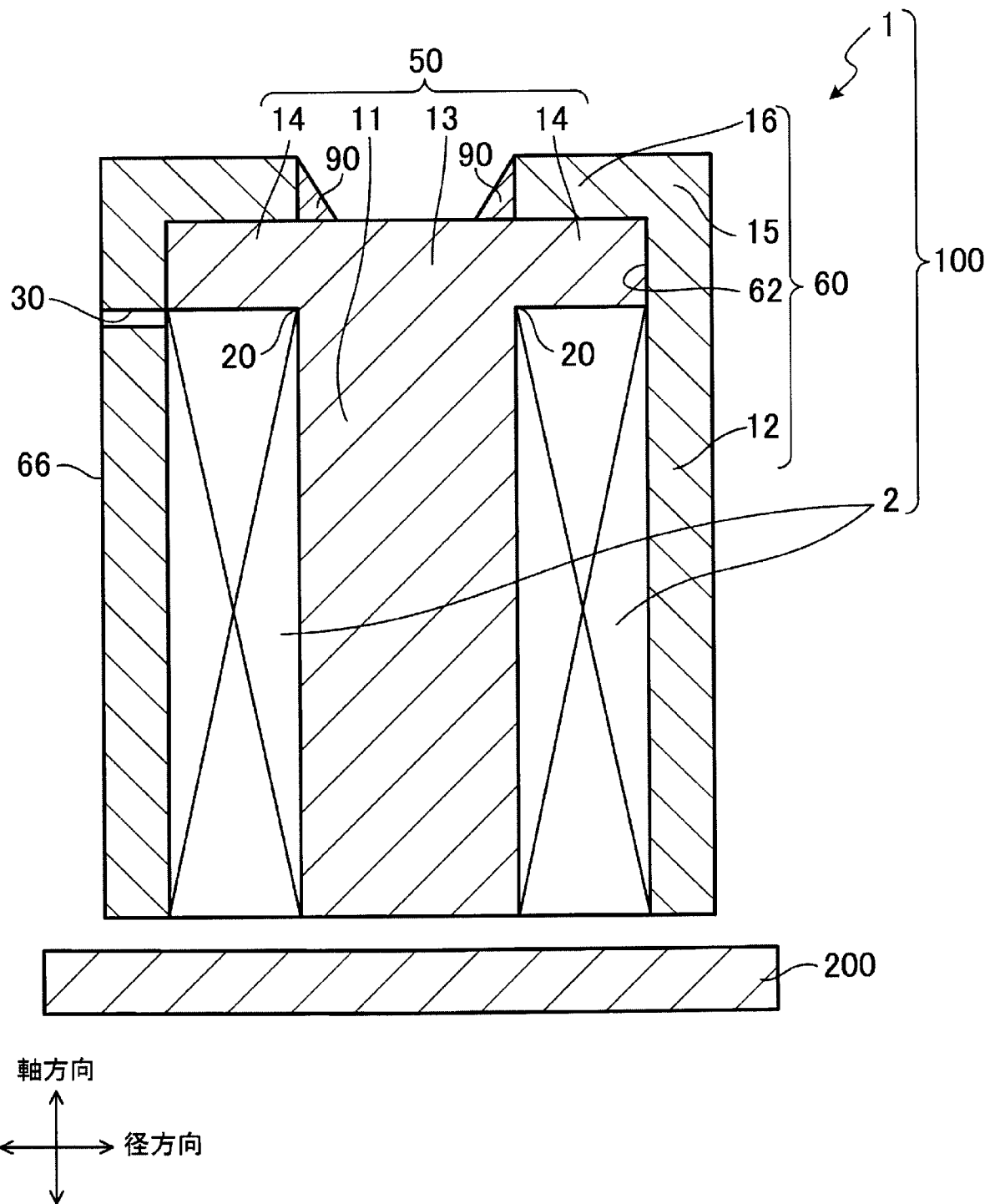
[図9]



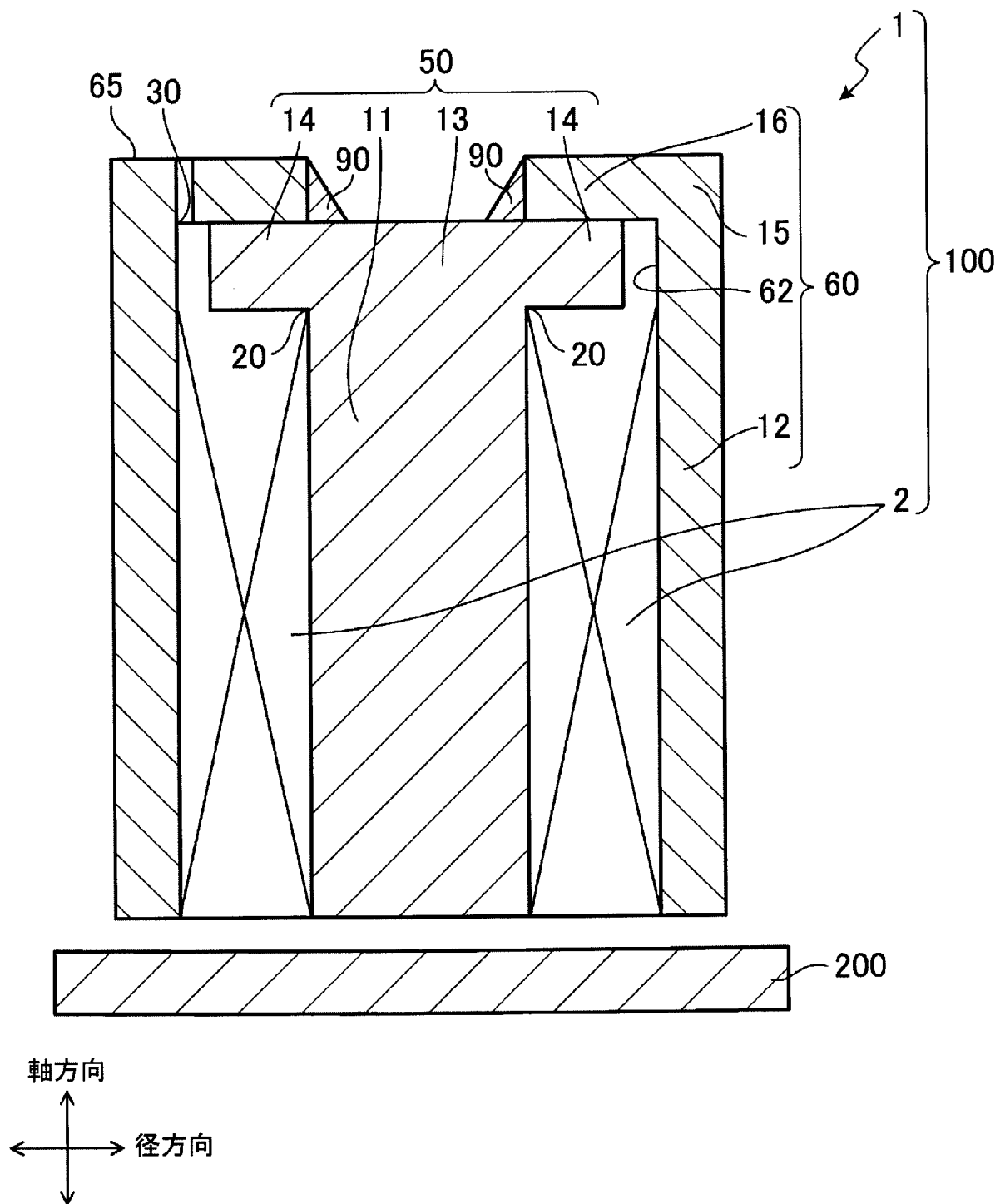
[図10]

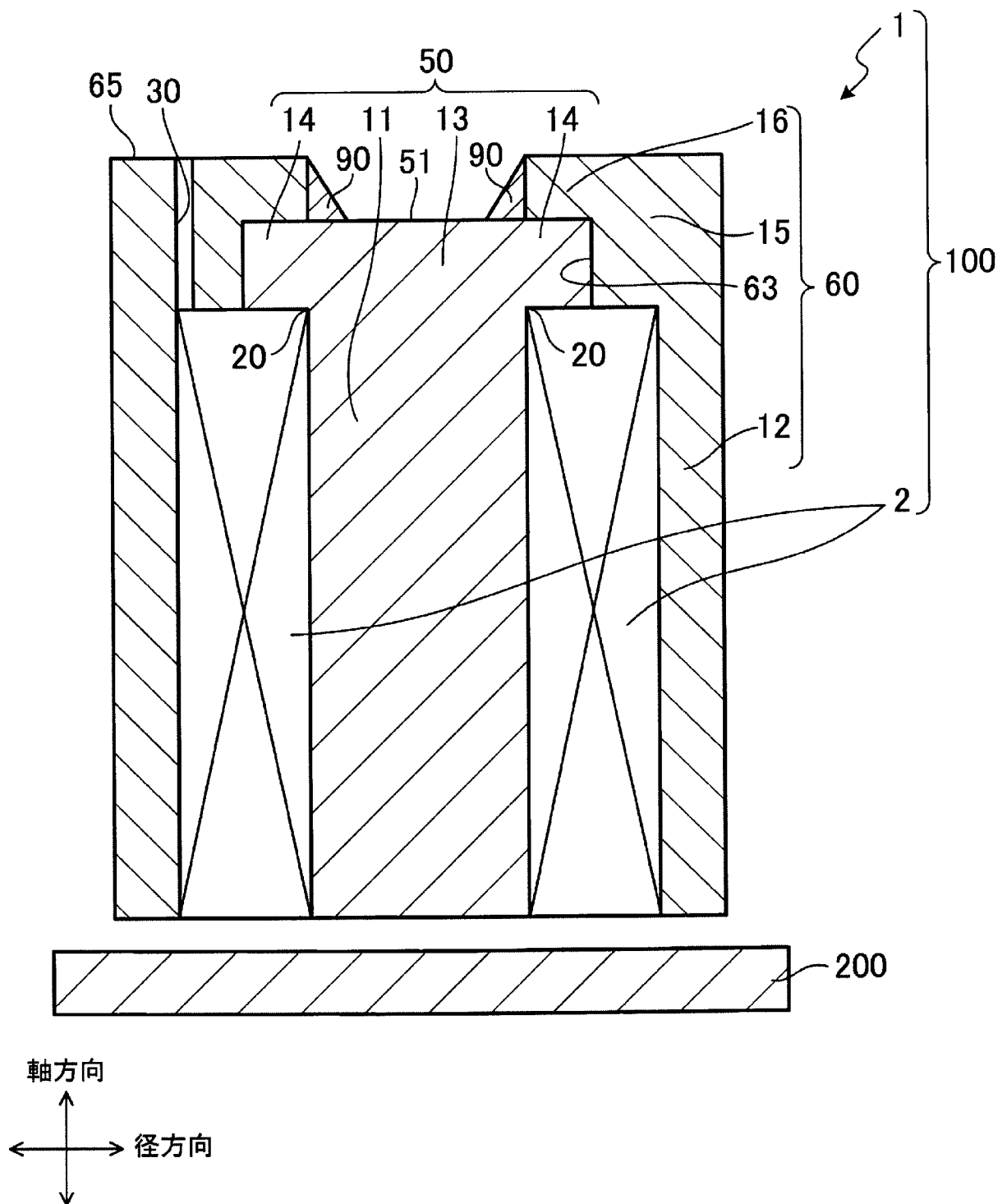


[図11]

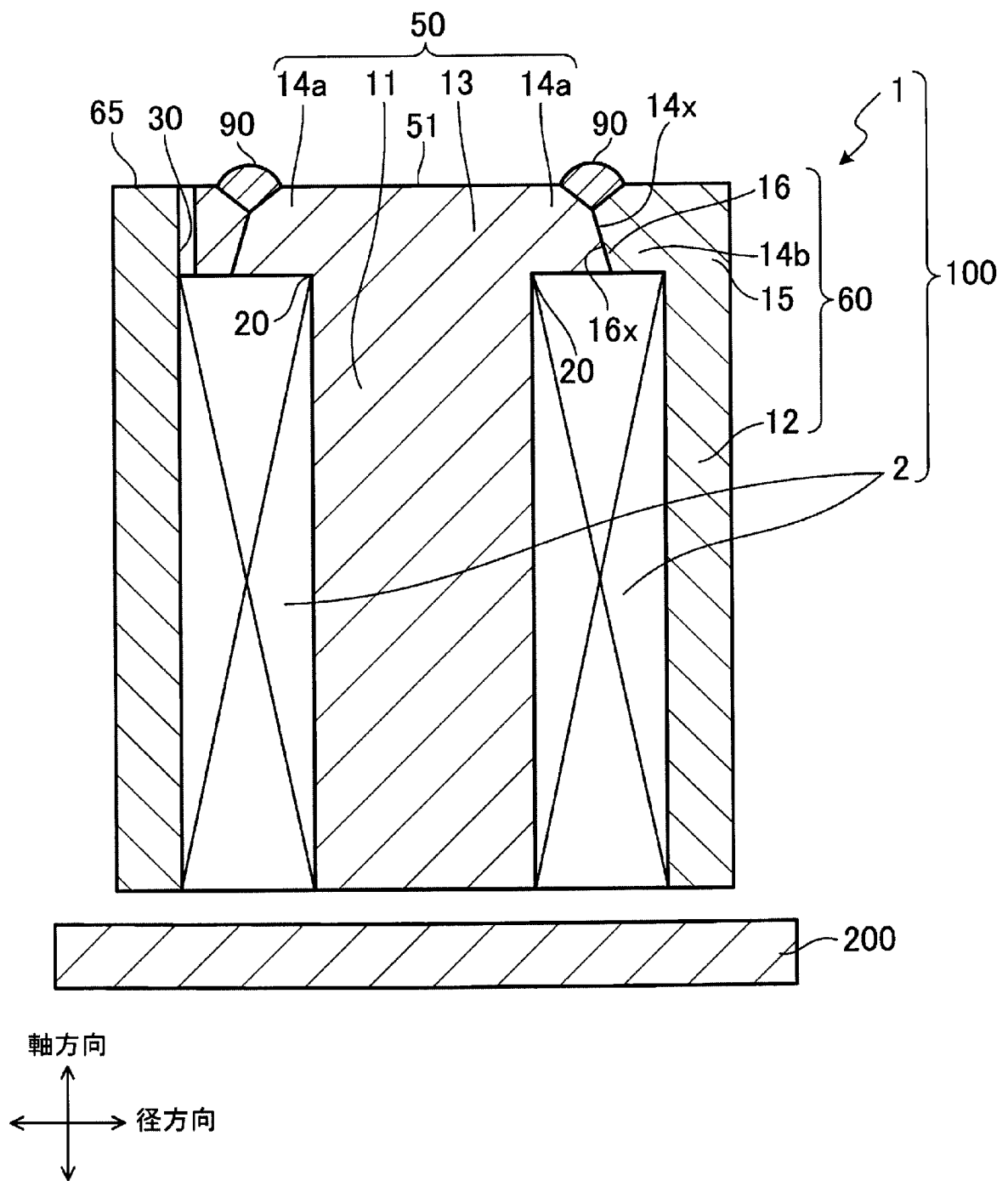


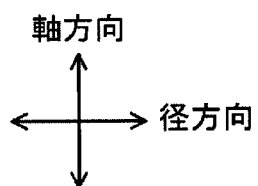
[図12]



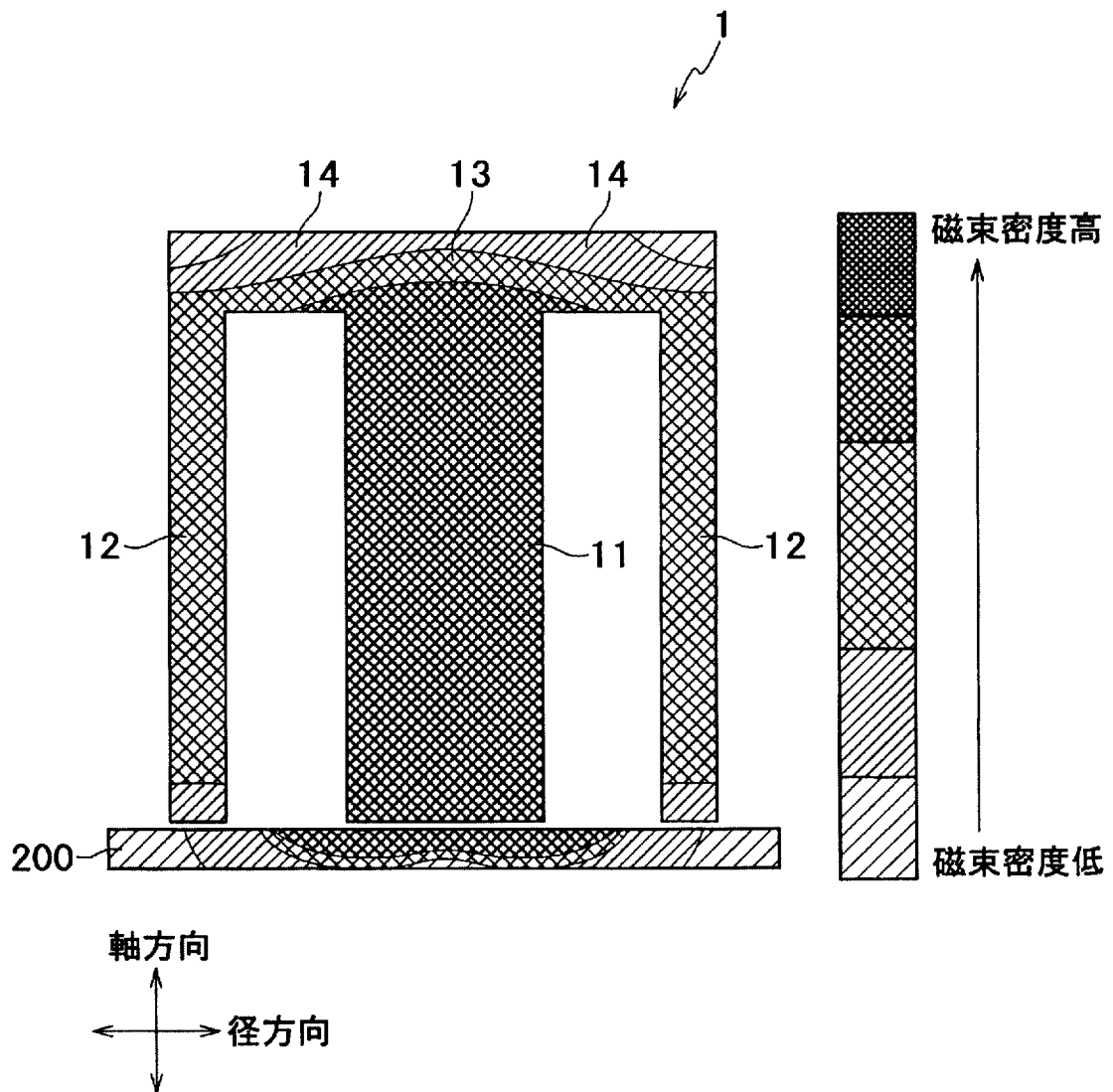


[図14]

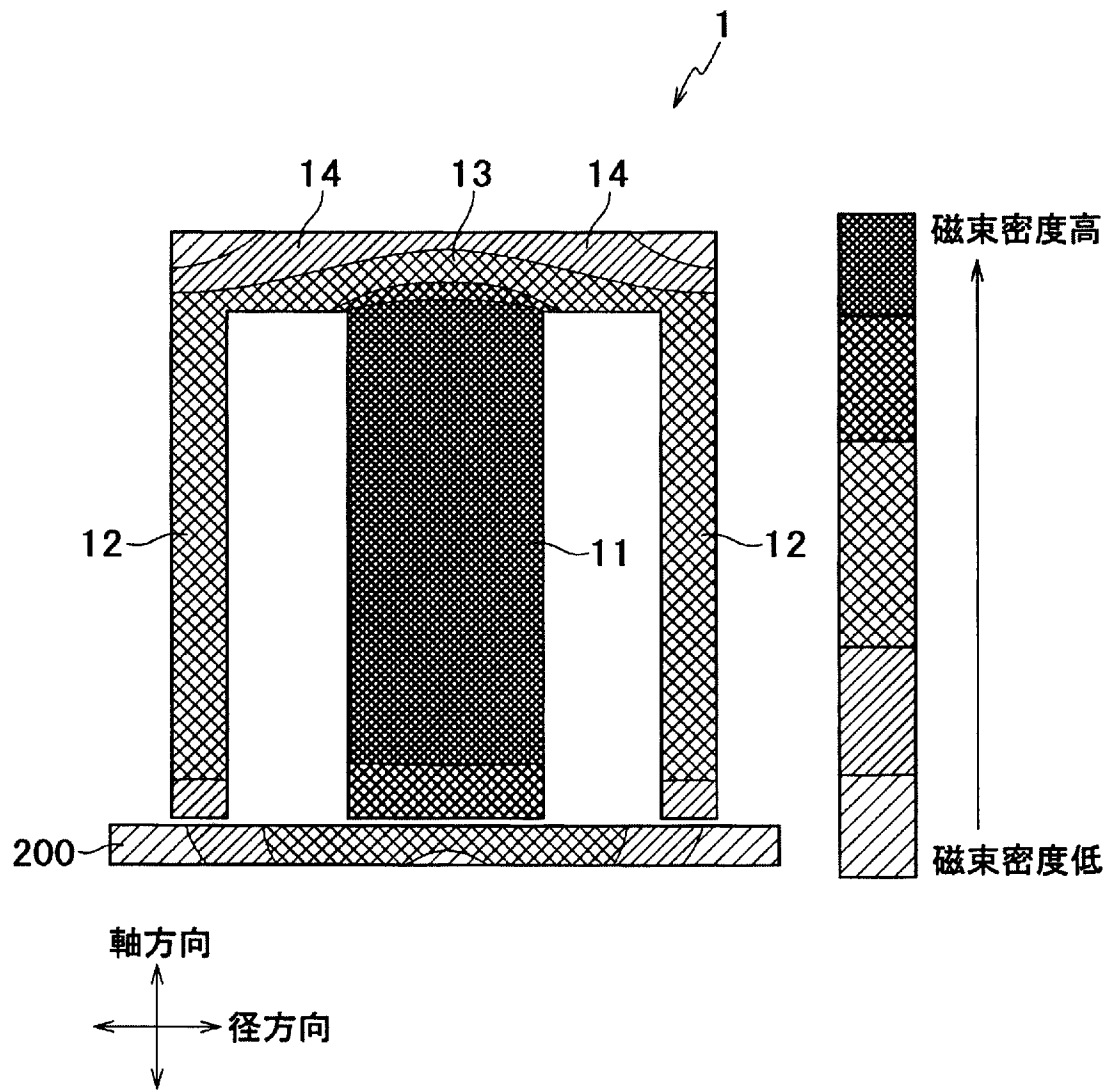




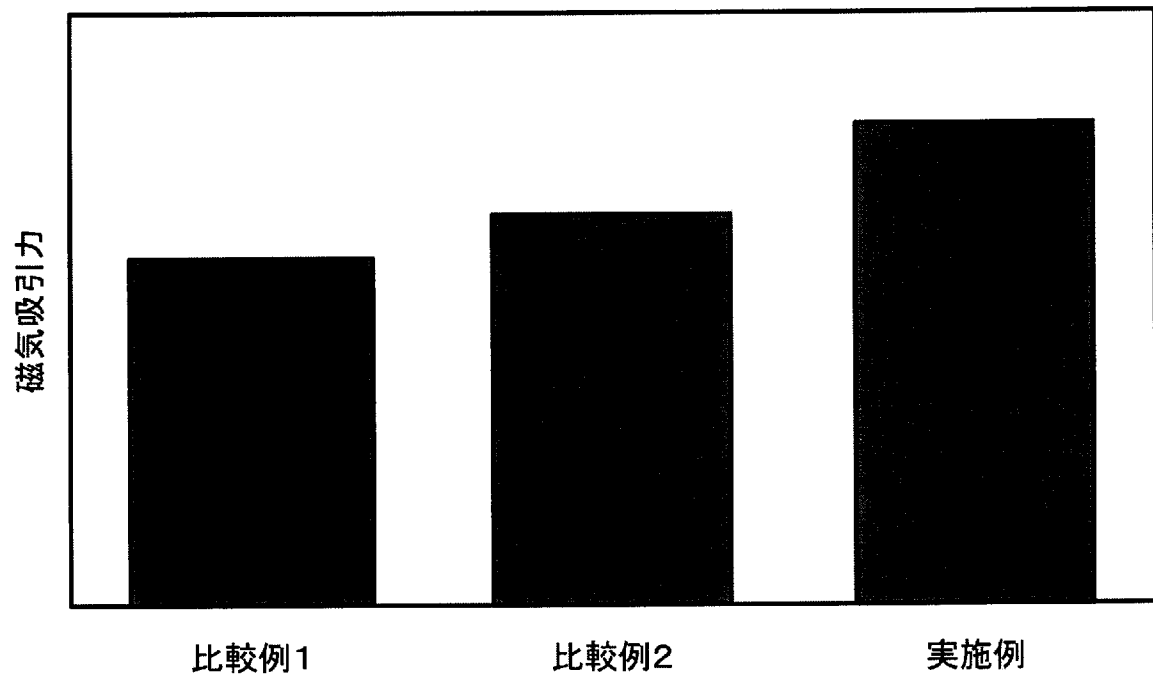
[図16]



[図17]



[図18]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/018301

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F27/24(2006.01)i, H01F7/16(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)

H01F27/24, H01F7/16

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 | 1996-2017 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2017 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2017 |

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         | JP 2015-185673 A (NTN Corp.),<br>22 October 2015 (22.10.2015),<br>paragraphs [0013], [0018], [0022], [0023]; fig.<br>1 to 2                                                                                           | 1-3, 6-9, 12,<br>15   |
| Y         | paragraphs [0013], [0018], [0022], [0023]; fig.<br>1 to 2                                                                                                                                                             | 3-5, 10, 11           |
| A         | paragraphs [0013], [0018], [0022], [0023]; fig.<br>1 to 2<br>& WO 2015/146739 A1 & EP 3125259 A1<br>& US 2017/0110233 A1<br>paragraphs [0027] to [0029], [0042], [0047] to<br>[0051]; fig. 1 to 2<br>& CN 106104718 A | 14                    |

☒ 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  
31 July 2017 (31.07.17)

Date of mailing of the international search report  
08 August 2017 (08.08.17)

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/JP2017/018301

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 2009-33051 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.),<br>12 February 2009 (12.02.2009),<br>paragraphs [0013], [0024], [0029], [0030]; fig. 1 to 2                 | 1-3, 15               |
| Y         | paragraphs [0013], [0024], [0029], [0030]; fig. 1 to 2                                                                                                            | 3-5, 10, 11           |
| A         | paragraphs [0013], [0024], [0029], [0030]; fig. 1 to 2<br>(Family: none)                                                                                          | 14                    |
| X         | JP 2013-162069 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.),<br>19 August 2013 (19.08.2013),<br>paragraphs [0007], [0052], [0058], [0069]; fig. 1 to 2                  | 1, 2, 6-8, 13, 15     |
| Y         | paragraphs [0007], [0052], [0058], [0069]; fig. 1 to 2                                                                                                            | 3-5, 10, 11           |
| A         | paragraphs [0007], [0052], [0058], [0069]; fig. 1 to 2<br>(Family: none)                                                                                          | 14                    |
| Y         | JP 2009-44941 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.),<br>26 February 2009 (26.02.2009),<br>paragraphs [0024] to [0026]; fig. 3                                    | 4, 5                  |
| A         | paragraphs [0024] to [0026]; fig. 3<br>(Family: none)                                                                                                             | 14                    |
| Y         | JP 49-121165 A (Hitachi, Ltd.),<br>19 November 1974 (19.11.1974),<br>page 2, upper left column, lines 14 to 18; page 2, upper right column, lines 6 to 11; fig. 2 | 10, 11                |
| A         | page 2, upper left column, lines 14 to 18; page 2, upper right column, lines 6 to 11; fig. 2<br>(Family: none)                                                    | 14                    |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01F27/24(2006.01)i, H01F7/16(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. H01F27/24, H01F7/16

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 | 1971-2017年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017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<br>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<br>請求項の番号      |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| X               | J P 2015-185673 A (NTN株式会社)<br>2015. 10. 22,<br>段落【0013】【0018】【0022】【0023】、第1-2図 | 1-3, 6-9, 12,<br>15 |
| Y               | 段落【0013】【0018】【0022】【0023】、第1-2図                                                 | 3-5, 10, 11         |
| A               | 段落【0013】【0018】【0022】【0023】、第1-2図<br>& WO 2015/146739 A1<br>& EP 3125259 A1       | 14                  |

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

31. 07. 2017

国際調査報告の発送日

08. 08. 2017

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）

五貫 昭一

5 D

9368

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<br>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<br>請求項の番号       |
|                       | & US 2017/0110233 A1,<br>段落 [0027] – [0029] [0042]<br>[0047] – [0051],<br>第1 – 2図<br>& CN 106104718 A |                      |
| X                     | JP 2009-33051 A (住友電気工業株式会社)<br>2009. 02. 12,<br>段落【0013】【0024】【0029】【0030】, 第1 – 2図                  | 1-3, 15              |
| Y                     | 段落【0013】【0024】【0029】【0030】, 第1 – 2図                                                                   | 3-5, 10, 11          |
| A                     | 段落【0013】【0024】【0029】【0030】, 第1 – 2図<br>(ファミリーなし)                                                      | 14                   |
| X                     | JP 2013-162069 A (住友電気工業株式会社)<br>2013. 08. 19,<br>段落【0007】【0052】【0058】【0069】, 第1 – 2図                 | 1, 2, 6-8, 13,<br>15 |
| Y                     | 段落【0007】【0052】【0058】【0069】, 第1 – 2図                                                                   | 3-5, 10, 11          |
| A                     | 段落【0007】【0052】【0058】【0069】, 第1 – 2図<br>(ファミリーなし)                                                      | 14                   |
| Y                     | JP 2009-44941 A (住友電気工業株式会社)<br>2009. 02. 26,<br>段落【0024】 – 【0026】, 第3図                               | 4, 5                 |
| A                     | 段落【0024】 – 【0026】, 第3図<br>(ファミリーなし)                                                                   | 14                   |
| Y                     | JP 49-121165 A (株式会社日立製作所)<br>1974. 11. 19,<br>第2頁左上欄第14行 – 第18行, 第2頁右上欄第6行 – 第11行,<br>第2図            | 10, 11               |
| A                     | 第2頁左上欄第14行 – 第18行, 第2頁右上欄第6行 – 第11行,<br>第2図<br>(ファミリーなし)                                              | 14                   |