

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年10月29日(29.10.2020)



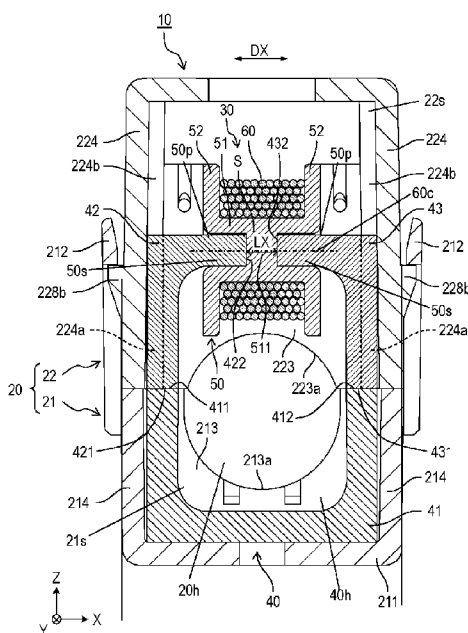
(10) 国際公開番号

WO 2020/217837 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 15/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/013545
- (22) 国際出願日: 2020年3月26日(26.03.2020)
- (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 2019-082973 2019年4月24日(24.04.2019) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番6-1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 裕太 (SATO Yuta). 市橋 弘英 (ICHIHASHI Hirohide). 富田 満 (TOMITA Mitsuru). 小林 昌一 (KOBAYASHI Masakazu).
- (74) 代理人: 鎌田 健司, 外 (KAMATA Kenji et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番6-1号 パナソニックIPマネジメント株式会社内 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: CURRENT SENSOR

(54) 発明の名称: 電流センサ



(57) Abstract: This current sensor detects current flowing through an electrical conductor. The current sensor comprises a core having a hollow part configured so as to allow an electrical conductor to pass therethrough and a coil wrapped around the core. The core essentially has a C shape having a gap connected to the hollow part. The core has a pair of end surfaces that oppose each other across the gap in an opposition direction. The core comprises a plurality of split cores that are joined to each other. Pairs of adjacent split cores from among the plurality of split cores have joining surfaces that are parallel to the opposition direction. This current sensor is capable of achieving a desired sensitivity characteristic.

(57) 要約: 電流センサは、電気導体に流れる電流を検出する。この電流センサは、電気導体が貫通されるように構成された中空部を有するコアと、コアに巻き付けられたコイルとを備える。コアは、中空部に繋がる隙間を有するC字形状を実質的に有する。コアは隙間を介して対向方向で互いに対向する一対の端面を有する。コアは互いに接合された複数の分割コアを有する。複数の分割コアのうちの互いに隣接するそれぞれの対の分割コアは対向方向に平行な接合面をそれぞれ有する。この電流センサは、所望の感度特性を実現することが可能である。

WO 2020/217837 A1

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)）

明 細 書

発明の名称：電流センサ

技術分野

[0001] 本開示は、電流センサに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1は、一部にコイルが巻かれた環状のコアを貫通するように電気導体を配置した従来の電流センサを開示している。この電流センサにおいては、環状のコア内に電気導体を配置しやすくするために、環状のコアが分割されている。組立時においては、分割されたコアにまず電気導体が配置され、その後、コアが組み立てられることで、環状のコア内に電気導体が貫通するように配置される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平9-166625号公報

発明の概要

[0004] 電流センサは、電気導体に流れる電流を検出する。この電流センサは、電気導体が貫通されるように構成された中空部を有するコアと、コアに巻き付けられたコイルとを備える。コアは、中空部に繋がる隙間を有するC字形状を実質的に有する。コアは隙間を介して対向方向で互いに対向する一对の端面を有する。コアは互いに接合された複数の分割コアを有する。複数の分割コアのうちの互いに隣接するそれぞれの対の分割コアは対向方向に平行な接合面をそれぞれ有する。

[0005] この電流センサは、所望の感度特性を実現することが可能である。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、実施の形態に係る電流センサの斜視図である。

[図2]図2は、実施の形態に係る電流センサの分解斜視図である。

[図3]図3は、図1に示す電流センサの線1-1-1における断面図であ

る。

[図4]図4は、実施の形態に係る電流センサのセンサユニットの斜視図である。

[図5]図5は、実施の形態に係るセンサユニットの分解斜視図である。

[図6]図6は、実施の形態に係るセンサユニットの平面図である。

[図7]図7は、実施の形態に係るコアの材料であるフェライトのBH曲線を示すグラフである。

[図8]図8は、実施の形態に係るコアと、比較例のコアとの出力波形を比較した説明図である。

[図9]図9は、実施の形態に係る電流センサのコアの隙間と出力の関係を示すグラフである。

[図10A]図10Aは、実施の形態に係る他のコアの正面図である。

[図10B]図10Bは、図10Aに示すコアの側面図である。

[図11]図11は、実施の形態に係るコアにおける電流と出力を表すグラフである。

[図12]図12は、実施の形態に係るさらに他のコアの平面図である。

[図13]図13は、実施の形態に係るさらに他のコアの平面図である。

[図14A]図14Aは、変形例1のコアの電気導体の影響を示す説明図である。

[図14B]図14Bは、変形例2のコアの電気導体の影響を示す説明図である。

[図14C]図14Cは、実施の形態に係るコアの電気導体の影響を示す説明図である。

[図15]図15は、実施の形態に係る電流センサのコアと出力とを示す説明図である。

[図16]図16は、実施の形態に係る電流センサのコアと出力グラフとを示す説明図である。

[図17]図17は、実施の形態に係る電流センサのコアと出力とを示す説明図である。

[図18]図18は、実施の形態に係る他の電流センサの斜視図である。

t Transformer (CT) 方式の電流センサである。電流センサ 10 は、筐体 20 と、筐体 20 に收容されたセンサユニット 30 とを備えている。

[0010] 筐体 20 は、例えば非磁性体の樹脂により、全体として略直方体状に形成されている。筐体 20 は、厚み（Y 軸方向での長さ）が全体として一定である。筐体 20 は、筐体 21、22 に Z 軸方向で二分割されており、Z 軸のマイナス側の方向の部位が筐体 21 であり、Z 軸のプラス側の方向部位が筐体 22 である。

[0011] 筐体 21 は、Z 軸のプラス側の方向が開放された空間 21s を有する箱形状を有する本体部 211 と、筐体 22 に係止される一対の係止部 212 とを備えている。本体部 211 は、Y 軸方向で互いに対向する一対の下壁部 213 と、X 軸方向で互いに対向する一対の下壁部 214 と、底板部 219 とを有する。下壁部 213、214 は互いに繋がっており底板部 219 から Z 軸のプラス側に延びる。下壁部 213、214 と底板部 219 とは空間 21s を囲む。また、筐体 21 の内部には、下壁部 213 と平行な一対の内壁部 215 が設けられている。一対の内壁部 215 は、Y 軸方向で所定の間隔をあけて配置されている。一対の内壁部 215 の間には、センサユニット 30 の一部が嵌め込まれ、固定される。また、一対の下壁部 213 には、半円弧形状を有する切欠き部 213a が形成されている、一対の内壁部 215 には、半円弧状の切欠き部 215a が形成されている。

[0012] 一対の係止部 212 は、一対の下壁部 214 の外側面から Z 軸のプラス側の方向に延在する。一対の係止部 212 は、略 U 字形状を有する。一対の係止部 212 のそれぞれは、筐体 22 の複数の係合突起 228a、228b に係合することで、筐体 21 と筐体 22 とを一体化して互いに固定する。

[0013] 筐体 22 は、Z 軸のマイナス側の方向が開放された空間 22s を有する箱形状を有する。筐体 22 は、Y 軸方向で互いに対向する一対の上壁部 223 と、X 軸方向で互いに対向する一対の上壁部 224 と、床板部 229 とを有する。上壁部 223、224 は互いに繋がっており底板部 229 から Z 軸の

マイナス側に延びる。上壁部 223、224 と底板部 229 とは空間 22s を囲む。

- [0014] 一対の上壁部 223 のそれぞれには半円弧状の切欠き部 223a が形成されている。切欠き部 223a は、筐体 21 と筐体 22 とが組み立てられた状態では、筐体 21 の切欠き部 213a とともに図 1 に示す貫通孔 20h を形成する。貫通孔 20h 内に電気導体 W が挿通される。この状態では、筐体 21 の一対の内壁部 215 の切欠き部 215a 内にも電気導体 W が収容される。切欠き部 213a、215a、223a は、電気導体 W を支持する支持部としても機能する。
- [0015] 一対の上壁部 224 の内面には、センサユニット 30 を Y 軸方向で挟む一対の突起 224a がそれぞれ形成されている。図 3 では、一対の突起 224a のうち、Y 軸のプラス側の方向の突起 224a のみを図示している。一対の突起 224a は Z 軸方向に延在している。一対の突起 224a は、Y 軸方向に互いに所定の間隔をあけて配置されている。一対の突起 224a の間にはセンサユニット 30 の一部が嵌め込まれ、固定されている。
- [0016] また、一対の上壁部 224 の内面には、センサユニット 30 の上下方向の位置ずれを規制する規制凸部 224b がそれぞれ設けられている。規制凸部 224b は、一対の突起 224a の間に配置されており、Z 軸方向に延在している。規制凸部 224b の下端面が、センサユニット 30 の上端面に当接することで、センサユニット 30 の上下方向 Z の筐体 20 に対する位置ずれを規制する。
- [0017] 一対の上壁部 224 のそれぞれの外側面には、三つの係合突起 228a、228b が設けられている。三つの係合突起 228a、228 のうち、二つの係合突起 228b は上壁部 224 の下端に設けられ、Y 軸方向に互いに所定の間隔をあけて配置されている。二つの係合突起 228b は、筐体 21 の係止部 212 を Y 軸方向で挟持する。一方、残りの一つの係合突起 228a は、二つの係合突起 228b の Y 軸方向の中央付近の上方に配置されている。係合突起 228b は、筐体 21 の係止部 212 の上部を下方から支持する

。三つの係合突起 228 a、228 b がこのような状態で係止部 212 に係合することで、筐体 21 と筐体 22 との相対的な位置ずれを規制し、両者を一体化して互いに固定している。

[0018] 次に、センサユニット 30 について説明する。図 4 は、実施の形態に係るセンサユニット 30 の概略構成を示す斜視図である。図 5 は、実施の形態に係るセンサユニット 30 の分解斜視図である。図 6 は、実施の形態に係るセンサユニット 30 の平面図である。

[0019] 図 4 から図 6 に示すように、センサユニット 30 は、コア 40 と、ボビン 50 と、コイル 60 とを備えている。

[0020] コア 40 は、例えばフェライトなどの磁性体によりなり、中空部 40 h と、中空部 40 h に繋がる隙間 S とを有する C 字形状を実質的に有する。具体的には、コア 40 は、平面視で矩形枠形状を有する。隙間 S は、矩形枠形状の上枠部の中央に設けられている。コア 40 の外側の四隅の断面は、先端が尖った角部であり、内側の四隅の断面は円弧形状の角部である。なお、外側の四隅の断面は円弧形状を有していてもよいし、内側の四隅の断面が先端の尖った角部であってもよい。また、コア 40 の外形は、矩形枠形状でなくとも、その他の多角枠形状、円形枠形状、長円枠形状、楕円枠形状等の他の枠形状を有していてもよい。

[0021] コア 40 は、互いに接合された複数の分割コア 41、42、43 よりなる。具体的には、分割コア 41 は、コア 40 の下部をなし、分割コア 42、43 はコア 40 の上部をなす。

[0022] 分割コア 41 は、上方が開放された略 U 字形状を有する。分割コア 41 の一对の先端面は、上方を向いた姿勢に形成されており、他の分割コア 42、43 と接合される接合面 411、412 である。一对の接合面 411、412 は、X 軸と Y 軸とを含む X Y 平面に平行な平面である。接合面 411 は、X 軸のマイナス側の方向に配置されており、接合面 412 は、X 軸のプラス側の方向に配置されている。

[0023] 分割コア 42 は、略 L 字形状を有する。分割コア 42 の一端面は、分割コ

ア41の接合面411に接合される接合面421である。分割コア42の接合面421は、XY面に平行な平面である。分割コア42の他端面422が、X軸のプラス側の方向を向く姿勢で、分割コア41の接合面411に接合されている。分割コア42の他端面422は、Y軸とZ軸とを含むYZ平面に平行な平面である。

[0024] 分割コア43は、略L形状を有する。分割コア43は、分割コア42と同じ部材である。分割コア43の一端面は、分割コア41の接合面412に接合される接合面431である。分割コア43の接合面431は、XY面に平行な平面である。分割コア43の他端面432が、X軸のマイナス側の方向を向く姿勢で、分割コア41の接合面412に接合されている。分割コア43の他端面432は、YZ平面に平行な平面である。

[0025] 複数の分割コア41、42、43のうちの互いに隣接するそれぞれの対の分割コアは対向方向DXに平行な接合面をそれぞれ有する。詳細には、分割コア42の他端面422は、分割コア43の他端面432とX軸と平行な対向方向DXで対向している。コア40において分割コア42の他端面422と分割コア43の他端面432との間には隙間Sが形成されている。すなわち、コア42の他端面422は隙間Sを介して分割コア43の他端面432と対向方向DXで対向する。隙間Sの対向方向DXの間隔LX（X軸方向の長さ）は、電流センサ10の組立前に調整しておくことで、所望の感度特性を実現することが可能である。上述したように、分割コア41の接合面411と、分割コア42の接合面412の双方は、XY平面に平行な平面である。このため、分割コア41、42の接合面411、421同士をスライドさせて、分割コア42を移動することで分割コア42の他端面422の位置をX軸の方向に沿って調整する、つまり、隙間Sの間隔LXを調整することができる。これは、分割コア41の接合面412と、分割コア43の接合面431との関係においても同様である。本実施の形態では、一对の分割コア42、43の外側面が、分割コア41の外側面と面一となった状態で隙間Sの間隔LXが、所望の感度特性を実現する。なお、所望の感度特性を実現する

ためには、隙間S内に導電性の部材を配置しないことが望ましい。

- [0026] 分割されたコアよりなる環状のコアには、組立により境界部分が生じている。この境界部分には、僅かなギャップがあるために、当該境界部分が電流検出に影響を与え、感度が低下することがある。
- [0027] 実施の形態における電流センサ10では、前述のように、所望の感度特性を実現することが可能である。
- [0028] 実施の形態では、分割コア41の接合面411と、分割コア42の接合面421の双方がXY平面に平行な平面である。しかしながら、分割コア41の接合面411と、分割コア42の接合面421の双方は、X軸の方向に平行に延設されつつ、Y軸の方向に対して傾斜していてもよい。この場合においても、分割コア41、42の接合面411、421同士をスライドさせて、分割コア42を移動させれば当該分割コア42の他端面422の位置をX軸方向に沿って調整することができる。分割コア41の接合面411と、分割コア42の接合面421の双方は、相互に面接触する限り湾曲面であってもよい。
- [0029] ボビン50は、樹脂等の非磁性体からなる。具体的には、ボビン50は、角筒状のボビン本体51と、ボビン本体51のX軸の方向の両端部から張り出した一对の鏝部52とを備えている。一对の鏝部52は、ボビン本体51の上記両端部からX軸に直角の方向の全周にわたって張り出している。ボビン本体51は、X軸の方向に延びる。ボビン本体51の外周には、X軸の方向に延びる巻回軸60cを中心にコイル60がボビン本体51に巻きつけられている。巻きつけられたコイル60は、一对の鏝部52の間に収容されている。ボビン50すなわちボビン本体51には、巻線軸60cに沿って一对の内部空間50sが設けられている。
- [0030] 図3に示すように、ボビン本体51の内部の中央には、ボビン本体51の一对の内部空間50sを互いに遮断する内底部53が設けられている。ボビン本体51の一对の内部空間50sが開口する一对の開口50pには、分割コア42の端面422を含む端部と分割コア43の端面432を含む端部と

が内底部53に付き当てられた状態でボビン本体部51に当接するようにそれぞれ嵌め込まれる。つまり、ボビン50は、コア40の一对の他端面422、432を係止し、かつ隙間Sを囲むように設けられている。これにより、分割コア42の他端面422と分割コア43の他端面432との間の隙間Sが内底部53によって規定される。内底部53における厚み（X軸方向の長さ）は、隙間Sの間隔LXに対応した値となっている。つまり、所望の感度特性を実現できる間隔LXとなるように、内底部53の厚みを予め調整する。

[0031] コイル60は、導電性の配線であり、ボビン本体51に対して、多重に巻きつけられている。前述したように、ボビン本体51の一对の内部空間50s内には分割コア42の端部と分割コア43の端部とがそれぞれ圧入されて嵌め込まれているので、コア40の一对の他端面422、432は、コイル60の内方に配置されている。

[0032] 電流センサ10の動作を以下に説明する。電気導体Wに流れる交流電流によってコア40内に磁束が発生すると、コイル60には、当該磁束を打ち消すように交流電流が流れる。コイル60の両端部には、計測装置が接続されており、計測装置が、コイル60を流れる交流電流に基づいて、電気導体Wを流れる交流電流を検出し計測することができる。

[0033] [電流センサの組立方法]

次に、電流センサ10の組立方法について説明する。電流センサ10の組立は、作業員または組立装置で行うことができるが、ここでは作業員が組み立てる場合について説明する。

[0034] まず作業員は、ボビン本体51に所定の巻き数だけコイル60が巻き付けられたボビン50を準備する。作業員は、ボビン本体51の一对の開口50pに分割コア42の端部と分割コア43の端部とをそれぞれ嵌め込む。この際、作業員は、分割コア42の端面422及び分割コア43の端面432を内底部53に突き当てる。これにより、他端面422、432が間隔LXの隙間Sをあけて互いに対向する。

[0035] その後、作業者は、筐体 2 2 に、一对の分割コア 4 2、4 3 及びボビン 5 0 を組み付ける。具体的には、作業者は、一体化された一对の分割コア 4 2、4 3 及びボビン 5 0 を、筐体 2 2 の下方から一对の突起 2 2 4 a の間に嵌め込む。このとき、作業者は、一对の分割コア 4 2、4 3 の上端面が、筐体 2 2 の規制凸部 2 2 4 b に当接するまで、一对の分割コア 4 2、4 3 及びボビン 5 0 を、筐体 2 2 に対してスライドさせる。これにより、一对の分割コア 4 2、4 3 及びボビン 5 0 が筐体 2 2 内で固定される。分割コア 4 2、4 3 はボビン 5 0 の内底部 5 3 に付き当たるように、かつボビン本体 5 1 に当接するように空間 5 0 s に圧入されて嵌め込まれてボビン 5 0 に強固に固定されている。したがって、筐体 2 2 に対してボビン 5 0 と分割コア 4 2、4 3 を容易に固定することができる。

[0036] 一方、作業者は、筐体 2 1 に分割コア 4 1 を組み付ける。具体的には、作業者は、分割コア 4 1 を、筐体 2 1 の上方から一对の内壁部 2 1 5 の間に嵌め込む。このとき、作業者は、分割コア 4 1 の下端面が、筐体 2 1 の内底面に当接するまで、分割コア 4 1 を、筐体 2 1 に対してスライドさせる。これにより、分割コア 4 1 が筐体 2 1 内で固定される。

[0037] 次いで、作業者は、筐体 2 1 と分割コア 4 1 に電気導体 W を組み付ける。具体的には、作業者は、電気導体 W を筐体 2 1 の切欠き部 2 1 3 a、2 1 5 a、2 2 3 a 内に收容する。これにより、電気導体 W は、切欠き部 2 1 3 a、2 1 5 a、2 2 3 a によって支持されて、分割コア 4 1 の開放端部側に配置された状態となる。

[0038] 次いで、作業者は、電気導体 W を支持した状態の筐体 2 1 に筐体 2 2 を組み付ける。組み付け時においては、作業者は、筐体 2 2 の各上壁部 2 2 4 に備わる複数の係合突起 2 2 8 a、2 2 8 b に、筐体 2 1 の係止部 2 1 2 を係合させる。これにより、筐体 2 1 と筐体 2 2 とが一体化される。筐体 2 1 と筐体 2 2 との内部では、分割コア 4 1 の接合面 4 1 1 に分割コア 4 2 の接合面 4 2 1 が接合され、分割コア 4 1 の接合面 4 1 2 に分割コア 4 3 の接合面 4 3 1 が接合されている。これにより、電流センサ 1 0 の組立が完了する。

[0039] 電流センサ10では、落下や運搬等の機械的な衝撃が加わって筐体21、22が互いに相対的に位置ずれすると、接着されておらずに互いに当接している分割コア41の接合面411、412と分割コア42、43の接合面421、431で分割コア41、42、43が割れて欠ける場合がある。電流センサ10では、前述のように三つの係合突起228a、228bに係止部212に係合することで、筐体21と筐体22との相対的な位置ずれを規制し、両者を一体化して互いに固定し、結果として分割コア41、42、43の相対的な変位を防止して分割コア41、42、43が欠けることを防止する。

[0040] なお、本実施の形態では、接合面を接着せずに単に当接させていることで接合面が接合されているが、磁性を有する接着剤で接合面同士を接着してもよいし、接合面同士を溶着してもよい。接着後あるいは溶着後であっても、接着痕あるいは溶着痕を解析することで、接着前あるいは溶着前の接合面同士を特定することが可能である。なお、接合面同士を単に当接させている場合であれば、分割コアの分離によりコアを容易に分解でき、例えばメンテナンス時の作業性を高めることができる。

[0041] [効果など]

以上のように、本実施の形態に係る電流センサ10は、電気導体Wが貫通されるコア40と、コア40の周囲に巻きつけられるように配置されたコイル60とを備える。コア40は、複数の分割コア41、42、43が接合されることで、一部に隙間Sを有するC字形状を有する。複数の分割コア41、42、43の一对の接合面411、412、421、431（具体的には、接合面411及び接合面421の対、接合面412及び接合面431の対）は、隙間Sをなすコア40の一对の端面である他端面422、432が対向する対向方向DXに平行である。

[0042] 本発明者は、鋭意検討を重ねて、複数の分割コア41、42、43の境界部分よりも極度に大きな隙間Sをコア40の一部に設けることで、境界部分を見出すことができることを見出した。図7は、実施の形態に係るコア40の材料の

一例であるフェライトのBH曲線を示すグラフである。

[0043] ここで、隙間Sのない比較例のコアを準備する。比較例のコアは、隙間Sがない以外は、本実施の形態に係るコア40と同等の構成である。比較例のコアの磁束密度は455～465 mTの範囲の値L21を有する。この範囲では、BHカーブが曲線的に変化しており、BH曲線の接線L22の傾きは小さい。このため、比較例のコアでは、磁束密度が0.5 T程度で磁気飽和するおそれがある。

[0044] 一方、本実施の形態に係る隙間Sを有するコア40の磁束密度は、180～190 mTの範囲の値L23となる。このため、コア40では、BH曲線が直線的であり大きな傾きを有する領域R1で磁束密度が変化する。これにより、コア40では磁気飽和の発生を抑制することができる。

[0045] 図8は、実施の形態に係るコア40の出力V40と、比較例のコアの出力V1とを比較した説明図である。なお、出力V40、V1の波形は、電気導体Wに正弦波の電流（振幅15 A、周波数5 kHz）を流したときの波形である。図8に示すように、比較例のコアの出力では、波形のピークが大きく歪んでいる。これは磁気飽和が発生しているためである。一方、実施の形態に係るコア40の出力V40では、波形のピークに歪みが発生していない。つまり、実施の形態に係るコア40では、比較例のコアと比べて磁気飽和が抑制されていることが分かる。

[0046] また、本実施の形態に係る電流センサ10では、コア40をなす複数の分割コア41、42、43の一对の接合面411、412、421、431が、コア40の隙間Sをなす一对の他端面422、432の対向方向DXに平行である。これにより、複数の分割コア41、42、43の一对の接合面411、412、421、431を互いにスライドさせることで、隙間Sの対向方向DXの間隔LXを調整することができる。

[0047] 図9は、実施の形態に係る電流センサ10のコア40の隙間Sと出力V40の関係を示すグラフである。図9に示すように、隙間Sの間隔LXが大きくなると、感度は低下していく傾向ではあるが、ある程度の大きさの間隔以

上になると感度の低下が飽和している。つまり、隙間Sの間隔L Xを調整するだけで、複数の分割コア4 1、4 2、4 3の境界部分の微少な隙間に影響されることなく、所望の感度特性を実現できる。

[0048] 以上のことから、本実施の形態に係る電流センサ1 0は、コア4 0に境界部分があったとしても、所望の感度特性を実現することができる。

[0049] また、同一種のコア4 0であっても、隙間Sの間隔L Xを調整すれば多様な感度特性を得ることができるので、他の種類の電流センサでの部品を共通化することも可能である。

[0050] 隙間Sを調整したことによって、分割コア4 2及び分割コア4 3の少なくとも一方が分割コア4 1に対して段差を持ってずれて配置される場合がある。図1 0 Aと図1 0 Bは、実施の形態に係るコア4 0の分割コア4 2及び分割コア4 3の少なくとも一方が分割コア4 1に対して段差を持ってずれて配置された状態を示す説明図である。具体的には、図1 0 Aでは、分割コア4 2及び分割コア4 3の両者が、分割コア4 1に対して幅方向Xにずれている。また、図1 0 Bでは、分割コア4 2及び分割コア4 3の両者が、分割コア4 1に対して厚み方向Yにずれている。本発明者は、分割コア4 2及び分割コア4 3の両者が、分割コア4 1に対するずれているずれ量を変更して、それぞれの電流－出力線を求めた。図1 1は、本実施の形態に係るコア4 0におけるずれ量のそれぞれでの電流－出力線を表す。ここでは、コア4 0にずれがない場合の出力V 4 1と、分割コア4 2及び分割コア4 3の両者が分割コア4 1に対して幅方向Xに0. 5 mmずれた場合の出力V 4 2と、1. 0 mmずれた場合の出力V 4 3とを示す。図1 1は、分割コア4 2及び分割コア4 3の両者が分割コア4 1に対して厚さ方向Yに0. 5 mmずれた場合の出力V 4 4と、厚さ方向Yに1. 0 mmずれた場合の出力V 4 5とをさらに示す。図1 1に示すように、いずれの場合においても、電流－出力線は概ね同一となっている。つまり、隙間Sを調整したことによって、分割コア4 2及び分割コア4 3の少なくとも一方が、分割コア4 1に対して段差を持ってずれて配置されたとしても、電流センサ1 0の感度特性に影響を及ぼさない

- 。
- [0051] なお、隙間Sの間隔L Xは、コア40の各種のパラメータを基準として決定することも可能である。隙間Sの間隔L Xを決める基準となるパラメータとしては、例えば、電気導体Wの巻き数、電気導体Wの断面積、コア40の形状、電気導体Wからコア40までの距離、コア40の材質などが挙げられる。フェライト以外のコア40の材質としては、Ni-Zn系、Mn-Zn系、鉄系等が挙げられる。
- [0052] また、複数の分割コア41、42、43の数は3以上であり、各対の分割コアにおける一对の接合面411、412、421、431は、対向方向DXに平行である。
- [0053] 複数の分割コア41、42、43の数が3以上であるので、組立時に、C字形状のコア40の内部を大きく開放することができる。このため、電気導体Wを、C字状のコア40内に容易に配置することができる。
- [0054] また、各対の分割コア（分割コア41及び分割コア42の対、分割コア41と分割コア43の対）における一对の接合面411、412、421、431が、対向方向DXに平行なので、いずれの対の分割コアにおいても、その一对の接合面411、412、421、431を互いにスライドさせれば、隙間Sの間隔L Xを調整することができる。
- [0055] また、電流センサ10は、コイル60が巻き付けられる非磁性体のボビン50を有する。ボビン50は、コア40の一对の端面（他端面422、432）に係止し、かつ隙間Sを囲むように設けられている。
- [0056] これによれば、コイル60が巻きつけられた非磁性体のボビン50によって、コア40の一对の端面に係止されているので、調整後の隙間Sを安定して保持することができる。つまり、隙間Sの間隔L Xを保持するための専用の部材が不要となり、部品点数の増加を抑制することができる。さらに、ボビン50は、非磁性体であるため、電流検出に対して影響も与えない。
- [0057] ここで、隙間Sを囲むように、コア40に対してコイル60を直接巻き付ける場合には、隙間Sがあるがゆえに巻き付け作業が困難となる。しかしな

がら、非磁性体のボビン50に対してコイル60を巻き付け、ボビン50によって隙間Sを囲むことにより、その作業性を高めることができる。

[0058] また、電流センサ10は、複数の分割コア41、42、43のうち、一つの分割コア41を收容する筐体21と、複数の分割コア41、42、43のうち、他の1つ以上の分割コア42、43を收容する筐体22とを備える。筐体21と、筐体22とが一体化されることで、一つの分割コア41が、他の分割コア42、43と固定されている。

[0059] これにより、筐体21及び筐体22内で複数の分割コア41、42、43が組立後に互いに位置ずれしにくくなる。したがって、コア40の隙間Sの間隔LXが長期的に安定化されるため、電流センサ10の感度特性を長期的に維持することができる。

[0060] また、コア40は、複数の分割コア41、42、43が接合されることで形成されている。

[0061] これにより、組立時においては、電気導体Wを囲むように複数の分割コア41、42、43を組み立ててコア40を形成することで、C字形状のコア40内に電気導体Wを貫通するように容易に配置することができる。

[0062] [変形例]

なお、コアの構成は、上記実施の形態で説明された構成に限定されない。そこで、以下に、コアについての変形例を上記実施の形態との差分を中心に説明する。以降の説明では、上記実施の形態と同一部分については同一の符号を付してその説明を省略する場合がある。

[0063] (変形例1)

上記実施の形態では、電流センサ10は3つの分割コア41、42、43からなるコア40を備える。変形例1の電流センサは、二つの分割コア44、45からなるコア40Aを備える。図12は、変形例1に係るコア40Aの平面図である。図12は、図6に対応する。

[0064] 図12に示すように、コア40Aは、二つの分割コア44、45から構成されている。分割コア44は、矩形枠形状のX軸のプラス側の方向の下部部

分に隙間S aが設けられている。分割コア4 4の一对の先端面4 4 1、4 4 2のうち、一方の先端面4 4 1は、X軸のプラス側の方向を向き、他方の先端面4 4 2は、下方すなわちZ軸のマイナス側の方向を向いている。一方の先端面4 4 1はYZ平面に平行な平面である。他方の先端面4 4 2はXY平面に平行な平面である。一方の先端面4 4 1は、他方の分割コア4 5と接合される接合面である。

[0065] 分割コア4 5は、略L形状を有する。分割コア4 5の一端面4 5 1は、分割コア4 4の先端面4 4 1に接合される接合面である。分割コア4 5の一端面4 5 1は、YZ面に平行な平面である。分割コア4 5の他端面4 5 2が上方を向く姿勢で、分割コア4 4の先端面4 4 1に接合されている。分割コア4 5の他端面4 5 2は、XY平面に平行な平面である。

[0066] 分割コア4 4の先端面4 4 2と、分割コア4 5の他端面4 5 2との間には隙間S aが形成されている。隙間S aをなす一对の端面（先端面4 4 2、他端面4 5 2）とは隙間S aを介してZ軸の対向方向D Zで互いに対向する。隙間S aの間隔L Z（Z軸方向の長さ）は、組立前に調整しておくことで、所望の感度特性を実現することが可能である。上述したように、分割コア4 4の先端面4 4 1と、分割コア4 5の一端面4 5 1の双方は、YZ平面に平行な平面である。このため、分割コア4 4、4 5の接合面（先端面4 4 1、一端面4 5 1）を互いにスライドさせて、分割コア4 5を移動することで分割コア4 5の他端面4 5 2の位置をZ軸の方向に沿って調整することができ、隙間S aの間隔L Zを調整することができる。

[0067] また、変形例1に係るコア4 0 Aでは、分割コア4 5の上部の周囲にコイル6 0が巻き付けられている。コイル6 0は、分割コア4 5の上部に直接的に巻き付けられていてもよいし、分割コア4 5の上部にボビンを通じて間接的に巻き付けられていてもよい。

[0068] （変形例2）

上記実施の形態では、電流センサ1 0は隙間Sが枠形状の上枠部の中央に設けられたコア4 0を備える。変形例2における電流センサは、隙間S bが

枠形状の下枠部の中央に設けられたコア40Bを備える。図13は、変形例2に係るコア40Bの平面図である。図13は、図6に対応する。

[0069] コア40Bは、平面視で矩形枠形状の下枠部の中央に位置する隙間Sbを有するC字形状を有する。具体的には、コア40Bは、コア40を上下で反転させた構造であり、コア40と同等の構造体である。また、変形例2に係るコア40Bでは、分割コア41の上部の周囲にコイル60が巻き付けられている。コイル60は、分割コア41の上部に直接的に巻き付けられていてもよいし、分割コア41の上部にボビンを介して間接的に巻き付けられていてもよい。

[0070] [コイルの位置]

電流センサ10において、電気導体Wとは異なる他の電気導体がコア40の外方に存在する場合がある。他の電気導体が存在することにより、電気導体Wに対する電流検出の正確性が低下するおそれがある。しかし、コア40に対してコイル60を適切な位置に配置することで、他の電気導体の影響を抑制し、電気導体Wに対する電流検出の正確性を高めることが可能である。

[0071] 図14Aは、変形例1のコア40Aに対する他の電気導体W2、W3、W4、W5の影響を示す説明図である。図14Bは、変形例2のコア40Bに対する他の電気導体W2、W3、W4、W5の影響を示す説明図である。図14Cは、実施の形態に係るコア40に対する他の電気導体W2、W3、W4、W5の影響を示す説明図である。図14Aから図14Cに示すように、他の電気導体W2は、コア40、40A、40Bの上方に配置されている。他の電気導体W3は、コア40、40A、40BのX軸のプラス側の方向に配置されている。他の電気導体W4は、コア40、40A、40Bの下方に配置されている。他の電気導体W5は、コア40、40A、40BのX軸のマイナス側の方向に配置されている。

[0072] 図14Aから図14Cに示す各グラフでは、隙間S、Sa、Sbを0~3mmで変動させた場合の、他の電気導体W2~W5が、電気導体Wを流れる電流の検出に及ぼす影響を示している。なお、変形例2及び実施の形態では

、他の電気導体W5の影響は、他の電気導体W3と同等なので省略している。センサ出力が -20 dB よりも大きくなっているものは、他の電気導体の影響が顕著に現れていることを示している。

[0073] 変形例1では、他の電気導体W5以外の電気導体W2~W4が、 -20 dB よりも大きくなっており、電気導体Wの電流の検出に影響が生じていることがわかる。変形例2では、他の電気導体W3以外の電気導体W2、W4が、 -20 dB よりも大きくなっており、電気導体Wの電流の検出に影響が生じていることがわかる。これらの影響は、隙間Sa、Sbに対して外部の電気導体W2~W5からの磁束が侵入することに起因すると推測される。

[0074] 一方、実施の形態では、他の電気導体W2~W4の全てで、出力は -20 dB 以下であり、変動も小さいことがわかる。これは、コア40の隙間Sを囲む位置にコイル60が巻き付けられているので、外部の電気導体W2~W5から隙間Sに向かう磁束を、コイル60が遮ることとなり、当該磁束の影響を抑制することができる。つまり、実施の形態に係るコア40は、他の電気導体W2~W5からの影響を抑制するうえで好ましい。

[0075] 次に、変形例1、2及び実施の形態に係るコア40、40A、40Bのそれぞれに対して、異なる位置にコイル60を配置した場合の、他の電気導体W2、W3、W4、W5の影響について検証する。

[0076] 図15から図17は、各検証ケースのコア40、40A、40Bの状況と、各検証ケースのセンサの出力とを示す説明図である。各検証ケースのセンサの出力では、他の電気導体W2~W4が、電気導体Wに流れる電流の検出に及ぼす影響を示している。センサの出力を示すグラフでは、出力が小さいほど（棒グラフが長いほど）、電気導体Wの電流の検出に及ぼす影響が小さいことを示している。

[0077] 図15に示すように、ケースAでは、変形例2に係るコア40Bの上部にコイル60が巻き付けられている。ケースBでは、実施の形態に係るコア40の上部にコイル60が巻き付けられている。ケースCでは、変形例1に係るコア40Aの上部にコイル60が巻き付けられている。つまり、ケースA

、Cでは隙間S_a、S_bが全体的にコイル60から露出しているが、ケースBでは隙間Sがコイル60によって全体的に覆われている。

[0078] 図15に示すように、ケースBは、ケースA、Cよりも、他の電気導体W₂、W₃、W₄のいずれの影響が小さいことがわかる。

[0079] 図16に示すように、ケースDでは、変形例2に係るコア40Bの下部にコイル60が巻き付けられている。ケースEでは、実施の形態に係るコア40の下部にコイル60が巻き付けられている。ケースFでは、変形例1に係るコア40Aの下部にコイル60が巻き付けられている。つまり、ケースE、Fでは隙間S、S_bが全体的にコイル60から露出しているが、ケースDでは隙間S_aがコイル60によって全体的に覆われている。

[0080] 図16に示すように、ケースDは、ケースEと比較すると他の電気導体W₃の影響が大きいものの、その他の電気導体W₂、W₄の影響は小さい。また、ケースDは、ケースFに対しては、全ての他の電気導体W₂、W₃、W₄の影響が小さいことがわかる。ケースDは、総合的に見るとケースE、Fよりも他の電気導体W₂、W₃、W₄の影響が小さいと言える。

[0081] 図17に示すように、ケースGでは、変形例2に係るコア40BのX軸のプラス側の中央部分にコイル60が巻き付けられている。ケースHでは、実施の形態に係るコア40のX軸のプラス側の中央部分にコイル60が巻き付けられている。ケースIでは、変形例1に係るコア40AのX軸のプラス側の中央部分にコイル60が巻き付けられている。つまり、ケースG、Hでは隙間S、S_aが全体的にコイル60から露出しているが、ケースIでは隙間S_bがコイル60によって全体的に覆われている。

[0082] 図17に示すように、ケースIは、ケースG、Hよりも、他の電気導体W₂、W₃、W₄のいずれの影響が小さいことがわかる。

[0083] 実施の形態に係るコア40に関するケースB、E、Hに着目する。隙間Sがコイル60によって囲まれたケースBは、ケースEと比較すると他の電気導体W₃の影響が大きいものの、その他の電気導体W₂、W₄の影響は小さい。また、ケースBは、ケースHと比較して、全ての他の電気導体W₂、W

3、W4の影響が小さいことがわかる。ケースBは、総合的に見るとケースE、Hよりも他の電気導体W2、W3、W4の影響が小さいと言える。

[0084] 変形例1に係るコア40Aに関するケースA、D、Gに着目する。隙間S_aがコイル60によって囲まれたケースDは、ケースA、Gよりも、他の電気導体W2、W3、W4のいずれの影響が小さいことがわかる。

[0085] また、変形例2に係るコア40Bに関するケースC、F、Iに着目する。隙間S_bがコイル60によって囲まれたケースIは、ケースCと比較すると他の電気導体W3の影響が大きいものの、その他の電気導体W2、W4の影響は小さい。また、ケースIは、ケースFと比較して、全ての他の電気導体W2、W3、W4の影響が小さいことがわかる。ケースIは、総合的に見るとケースC、Fよりも他の電気導体W2、W3、W4の影響が小さいと言える。

[0086] このように、電流センサ10は、電気導体Wが貫通されるコア40（40B、40B）と、コア40（40A、40B）の周囲に巻きつけられるように配置されたコイル60とを備える。コア40（40A、40B）は、一部に隙間S、S_a、S_bを有するC字形状を有する。コイル60は、隙間S（S_a、S_b）を囲む位置に巻き付けられている。

[0087] コア40（40A、40B）の隙間S（S_a、S_b）を囲む位置にコイル60が巻き付けられているので、外部の電気導体W2～W5から隙間S（S_a、S_b）に向かう磁束をコイル60が遮ることとなり、当該磁束の影響すなわち外部ノイズの影響を抑制することができる。

[0088] また、隙間S（S_a、S_b）をなすコア40（40A、40B）の一对の端面（他端面422、432、先端面442、他端面452）は、コイル60内に配置されている。

[0089] これにより、隙間S（S_a、S_b）の両端部がコイル60によって覆われることとなる。これにより、外部の電気導体W2～W5から隙間S（S_a、S_b）に向かう磁束を、コイル60がより確実に遮ることとなる。したがって、外部の電気導体W2～W5からの磁束の影響をより確実に抑制すること

ができる。

[0090] [他の実施の形態]

図18は、実施の形態に係る他の電流センサ510の斜視図である。図19は、図18に示す電流センサ510の線X-X-Xにおける断面図である。図20は、図18に示す電流センサ510の線X-X-Xにおける断面図である。図18から図20において、図1から図5に示す電流センサ10と実質的に同じ部分には同じ参照番号を付す。電流センサ510は、筐体520と、筐体520に收容されたセンサユニット530とを備える。

[0091] 図21は筐体520の斜視図である。図21において、図1と図2に示す電流センサ10の筐体と実質的に同じ部分には同じ参照番号を付す。筐体520は、筐体520は、Z軸方向で二分割された筐体21、22と、筐体21を筐体22に繋ぐヒンジ551とを有する。詳細には、ヒンジ551は筐体21の本体部211の一对の下壁部214の一方を筐体22の本体部221の一对の上壁部224の一方に繋ぐ。

[0092] 筐体21は、Z軸のプラス側の方向が開放された空間21sを有する箱形状を有する本体部211と、筐体22に係止される係止部212とを備えている。係止部212はヒンジ551の反対側に位置する。詳細には、係止部212は、筐体21の本体部211の一对の下壁部214の他方に設けられている。内壁部215の間には、センサユニット530の一部である分割コア41が嵌め込まれ、固定される。

[0093] 筐体22は、Z軸のマイナス側の方向が開放された空間22sを有する箱形状を有する。筐体22は、Y軸方向で互いに対向する一对の上壁部223と、X軸方向で互いに対向する一对の上壁部224と、床板部229とを有する。上壁部223、224は互いに繋がっており底板部229からZ軸のマイナス側に延びる。上壁部223、224と底板部229とは空間22sを囲む。

[0094] 筐体22の一对の上壁部224の他方の外側面には係合突起228aが設けられている。

- [0095] 筐体 2 1 の係止部 2 1 2 は、下壁部 2 1 4 の外側面から Z 軸のプラス側の方向に延在する。係止部 2 1 2 は、略 U 字形状を有する。ヒンジ 5 5 1 を中心に筐体 2 1 を筐体 2 2 に対して相対的に回転させることにより係止部 2 1 2 は筐体 2 2 の係合突起 2 2 8 a に係合し、筐体 2 1 と筐体 2 2 とを一体化して互いに固定する。
- [0096] 図 3 に示す電流センサ 1 0 では、分割コア 4 2、4 3 はボビン 5 0 の内底部 5 3 に付き当たるように、かつボビン本体 5 1 の空間 5 0 s に圧入されてボビン 5 0 に強固に固定されている。電流センサ 5 1 0 では、図 1 9 に示すように、分割コア 4 2、4 3 は内底部 5 3 に突き当たっているものの、ボビン本体部 5 1 から隙間 5 0 t を空けて空間 5 0 s 内に收容されている。このように、筐体 2 2 に收容する前では分割コア 4 2、4 3 はボビン 5 0 に固定されていないが、センサユニット 5 3 0 の形状を維持するために分割コア 4 2 と分割コア 4 3 とボビン 5 0 とのそれぞれが筐体 2 2 に位置決めされて強固に固定される。
- [0097] 図 1 8 から図 2 0 に示すように、と図電流センサ 5 1 0 では、筐体 2 2 の開口においてボビン 5 0 を覆う内蓋 5 3 1 が設けられている。内蓋 5 3 1 は筐体 2 2 内に導電性または磁性を有する異物が入ることを防止し、コイル 6 0 を保護してかつ電流センサ 5 3 0 の検出精度が影響されることを防止できる。
- [0098] 電流センサ 5 1 0 では、図 1 9 と図 2 1 に示すように、筐体 2 2 は、本体部 2 2 1 から空間 2 2 s に向かって突出して分割コア 4 1 (4 2) を位置決めするリブ 6 1 0 を有する。リブ 6 1 0 により分割コア 4 1、4 2 が筐体 2 2 とボビン 5 0 に対して位置決めされる。電流センサ 5 1 0 の組み立てでは、ボビン 5 0 と、ボビン 5 0 の空間 5 0 s に挿入された分割コア 4 1、4 2 とを筐体 2 2 圧入するように挿入することで分割コア 4 2 と分割コア 4 3 とボビン 5 0 とのそれぞれが筐体 2 2 に位置決めされて強固に固定される。その挿入の際に、分割コア 4 1、4 2 が筐体 2 2 を削って削りくずが発生し、リブ 6 1 0 の対向面 6 1 2 a と分割コア 4 1 (4 2) との間に挟まれるおそ

れがある。削りくずが発生リブ610の対向面612aと分割コア41（42）との間に挟まれると、リブ610に対する分割コア41、（42）の位置がずれてコア40の形状を維持できない、もしくは筐体21の係止部212が筐体22の係合突起228aに届かずに係合できなくなる懸念がある。

[0099] 電流センサ510では、上記懸念を払拭するために、リブ610は、本体部221から空間22sに向かって突出する基部611と、基部611から分割コア41（42）に向かって延びる位置決め部612とを有する。位置決め部612は、分割コア41（42）に対向して当接する対向面612aを有する。位置決め部612は、対向面612aから延びるスリット613を介して本体部221から離れている。この構成により、分割コア41、42を筐体22に挿入する際に発生する削りくずがスリット613を通過して移動するので、リブ610の対向面612aと分割コア41（42）との間に残ることを防止する。

[0100] 電流センサ510では、筐体21は、筐体21が筐体22と一体化されることで筐体22の本体部221に当接するように空間22s内に嵌合されるように構成された突起部230a、230bを有する。突起部230aは筐体21のヒンジ部551が設けられておらずヒンジ部551の反対側の下壁部214から突出する。突起部230bは筐体21の底板部219から延びている。突起部230a、230bは、筐体21が筐体22と一体化されることで筐体22の本体部221の特に上壁部223に当接する。これにより、筐体21、22の相対的な互いの変位、特にヒンジ551を中心として筐体21、22が相対的な互いに反対方向に回転することを防止できる。この構成により、電流センサ10と同様、落下や運搬等の機械的な衝撃が加わっても筐体21、22を一体化して互いに固定し、結果として分割コア41、42、43の相対的な変位を防止し、分割コア41、42、43が欠けることを防止する。

[0101] 図23は、図19に示す電流センサ510の拡大断面図である。電流センサ510は、筐体21の本体部211と分割コア41との間に設けられたク

ッション541をさらに備えることが好ましい。クッション541は本体部211の特に下壁部214と分割コア41との間で下壁部214と分割コア41とに当接する。これにより、分割コア41を筐体21に対して確実に位置決めして筐体21に固定することができ、分割コア41、42、43の割れを防止する。

[0102] 図23は、電流センサ510の他のセンサユニット530の斜視図である。図23において図4に示すセンサユニット30と実質的に同じ部分には同じ参照番号を付す。筐体21が筐体22と一体化されることで、分割コア41の接合面411は分割コア42の接合面421に接合し、分割コア41の接合面412は分割コア43の接合面431に接合する。分割コア41の接合面411のY軸の方向の両端411aは面取りされている。両端411aのうちの一方は面取りされていなくてもよい。分割コア41の接合面412のY軸の方向の両端412aは面取りされている。両端412aのうちの一方は面取りされていなくてもよい。これにより、落下や運搬等の機械的な衝撃が加わっても、分割コア41、42、43の角が互いに直接接触することを回避し、分割コア41、42、43が欠けることを防止する。

[0103] 図24は、電流センサ510のさらに他のセンサユニット630の斜視図である。図24において図23に示すセンサユニット530と実質的に同じ部分には同じ参照番号を付す。分割コア42の接合面421のY軸の方向の両端421aは面取りされている。両端421aのうちの一方は面取りされていなくてもよい。分割コア43の接合面431のY軸の方向の両端431aは面取りされている。両端431aのうちの一方は面取りされていなくてもよい。これにより、落下や運搬等の機械的な衝撃が加わっても、分割コア41、42、43の角が互いに直接接触することを回避し、分割コア41、42、43が欠けることを防止する。

[0104] [その他]

以上、本開示に係る電流センサについて、上記実施の形態及び各変形例に基づいて説明したが、本開示は、上記の実施の形態及び各変形例に限定され

るものではない。

[0105] 上記実施の形態では、コアの分割数が二つあるいは三つである場合を例示したが、コアの分割数は四つ以上であってもよい。また、他の電気導体W2～W5からの影響を抑制する点のみを考慮する場合、つまり、隙間Sの間隔LXの調整を考慮しない場合であれば、コアは分割されていなくてもよい。

[0106] その他、実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で実施の形態及び各変形例における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本開示に含まれる。

符号の説明

- [0107] 10 電流センサ
- 20 筐体
- 21 筐体（第一筐体）
- 22 筐体（第二筐体）
- 30 センサユニット
- 40, 40A, 40B コア
- 41, 42, 43, 44, 45 分割コア
- 50 ボビン
- 51 ボビン本体
- 52 鏢部
- 53 内底部
- 60 コイル
- 211 本体部
- 212 係止部
- 213 下壁部
- 213a, 215a, 223a 切欠き部
- 214 下壁部
- 215 内壁部

2 2 1	本体部	
2 2 3	上壁部	
2 2 4	上壁部	
2 2 4 a	突起	
2 2 4 b	規制凸部	
2 2 8 a, 2 2 8 b	係合突起	
4 1 1, 4 1 2, 4 2 1, 4 3 1	接合面	
4 2 2, 4 3 2, 4 5 2	端面	
4 4 1, 4 4 2	先端面	
4 5 1	一端面	
5 1 0	電流センサ	
5 2 0	筐体	
5 3 0	センサユニット	
6 3 0	センサユニット	
W	電気導体	

請求の範囲

- [請求項1] 電気導体に流れる電流を検出する電流センサであって、
前記電気導体が貫通されるように構成された中空部を有するコアと、
前記コアに巻き付けられたコイルと、
を備え、
前記コアは、前記中空部に繋がる隙間を有するC字形状を実質的に有し、
前記コアは前記隙間を介して対向方向で互いに対向する一対の端面を有し、
前記コアは互いに接合された複数の分割コアを有し、
前記複数の分割コアのうちの互いに隣接するそれぞれの対の分割コアは前記対向方向に平行な接合面をそれぞれ有する、電流センサ。
- [請求項2] 前記複数の分割コアの数は3つ以上であり、
前記複数の分割コアのうちの互いに隣接するそれぞれの対の分割コアは前記対向方向に平行な接合面をそれぞれ有する、請求項1に記載の電流センサ。
- [請求項3] 前記コイルが巻きつけられた非磁性体のボビンをさらに備え、
前記ボビンは、前記コアの前記一対の端面に係止し、かつ前記隙間を囲むように設けられている、請求項1または2に記載の電流センサ。
- [請求項4] 前記複数の分割コアのうちの第一分割コアを収容する空間を有する第一本体部を有する第一筐体と、
前記複数の分割コアのうちの第二分割コアを収容する空間を有する第二本体部を有する第二筐体と、
をさらに備え、
前記第一筐体と前記第二筐体とが一体化されることで、前記第一分割コアと前記第二分割コアとが互いに固定されている、請求項1から3のいずれか一項に記載の電流センサ。
- [請求項5] 前記第二筐体は、前記第二本体部から空間に向かって突出して前記第

二分割コアを位置決めするリブをさらに有し、
前記リブは、

前記第二本体部から前記空間に向かって突出する基部と、

前記基部から前記第二分割コアに向かって延び、前記第二分割コアに対向する対向面を有して前記第二分割コアを位置決めする位置決め部と、

を有し、

前記リブの前記位置決め部は、前記位置決め部の前記対向面から延びるスリットを介して前記第二本体部から離れている、請求項4に記載の電流センサ。

[請求項6] 前記筐体は、前記第一筐体を前記第二筐体に接続するヒンジをさらに有する、請求項5に記載の電流センサ。

[請求項7] 前記第一筐体は、前記第一筐体が前記第二筐体と一体化されることで前記第二筐体の前記第二本体部に当接するように前記第二本体部の前記空間内に嵌合されるように構成された突起部を有する、請求項5または6に記載の電流センサ。

[請求項8] 前記第一本体部と前記第一分割コアとの間に設けられたクッションをさらに備えた、請求項4から7のいずれか一項に記載の電流センサ。

[請求項9] 前記第一筐体が前記第二筐体と一体化されることで、前記第一分割コアの接合面は前記第二分割コアの接合面に接合し、
前記第一分割コアの前記接合面の端は面取りされている、請求項4から8のいずれか一項に記載の電流センサ。

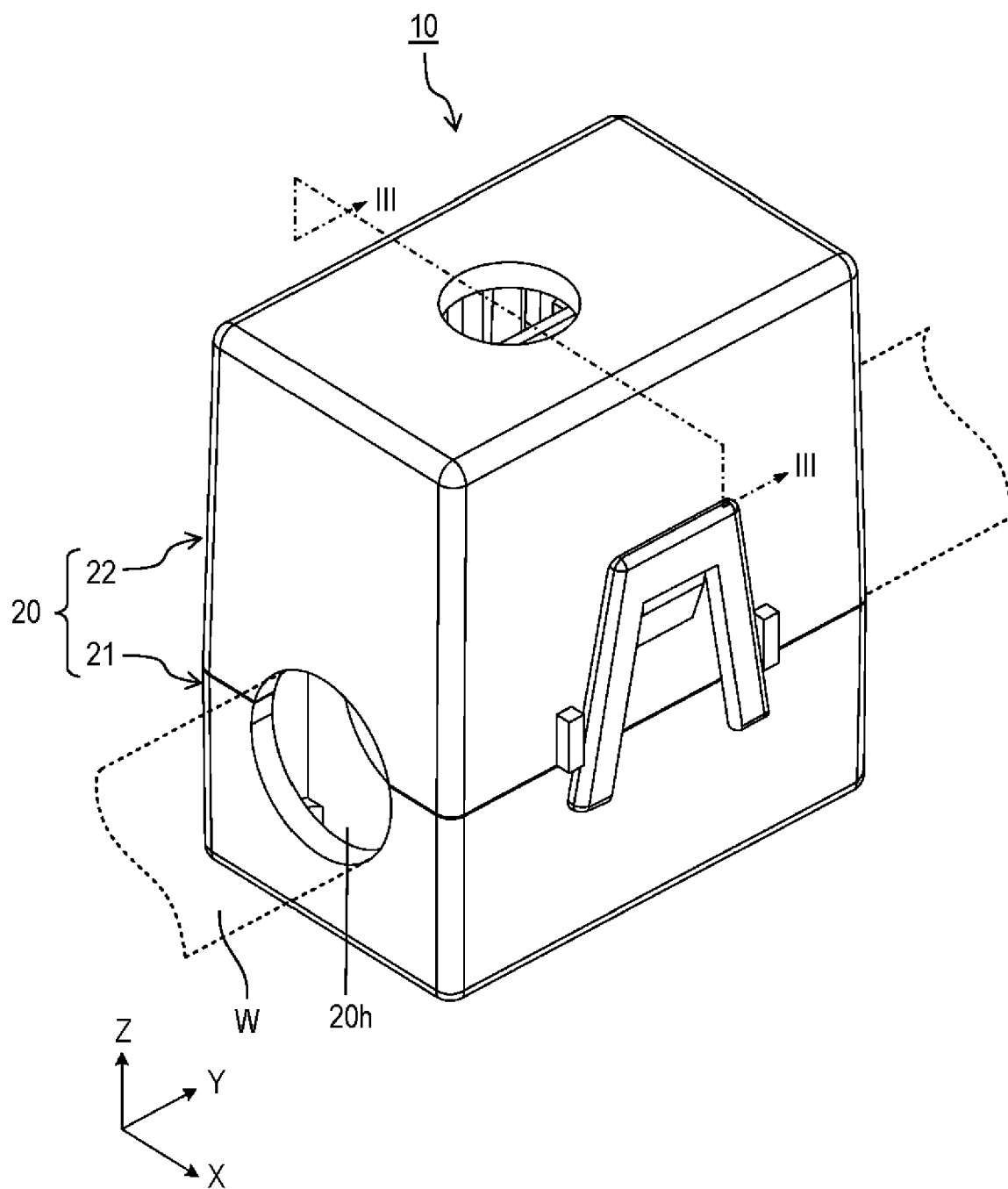
[請求項10] 前記第一分割コアの前記接合面の両端は面取りされている、請求項9に記載の電流センサ。

[請求項11] 前記第二分割コアの前記接合面の端は面取りされている、請求項9または10に記載の電流センサ。

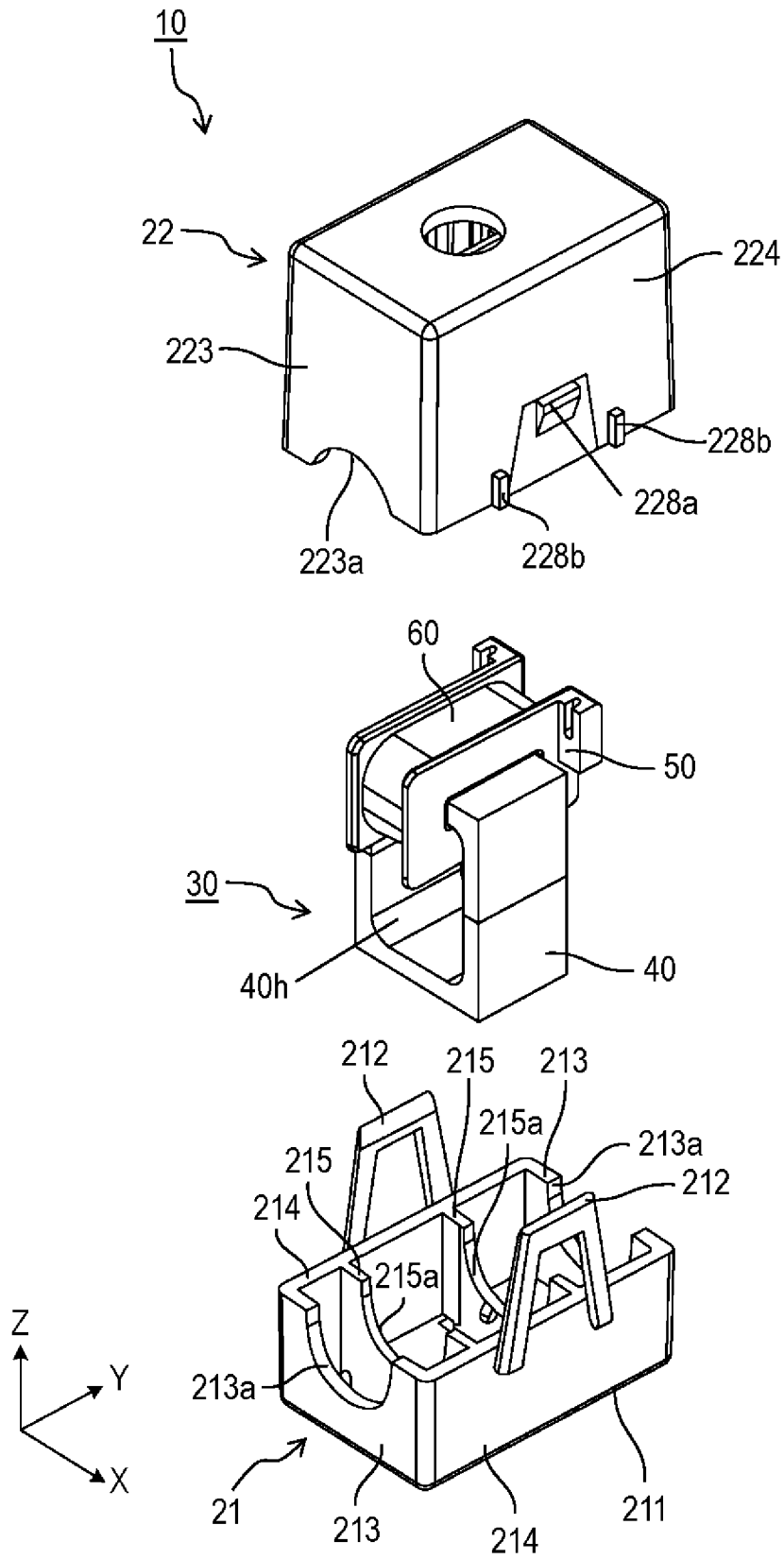
[請求項12] 前記第二分割コアの前記接合面の両端は面取りされている、請求項11に記載の電流センサ。

[請求項13] 前記第一分割コアの前記接合面は前記対向方向に平行である、請求項7から12のいずれか一項に記載の電流センサ。

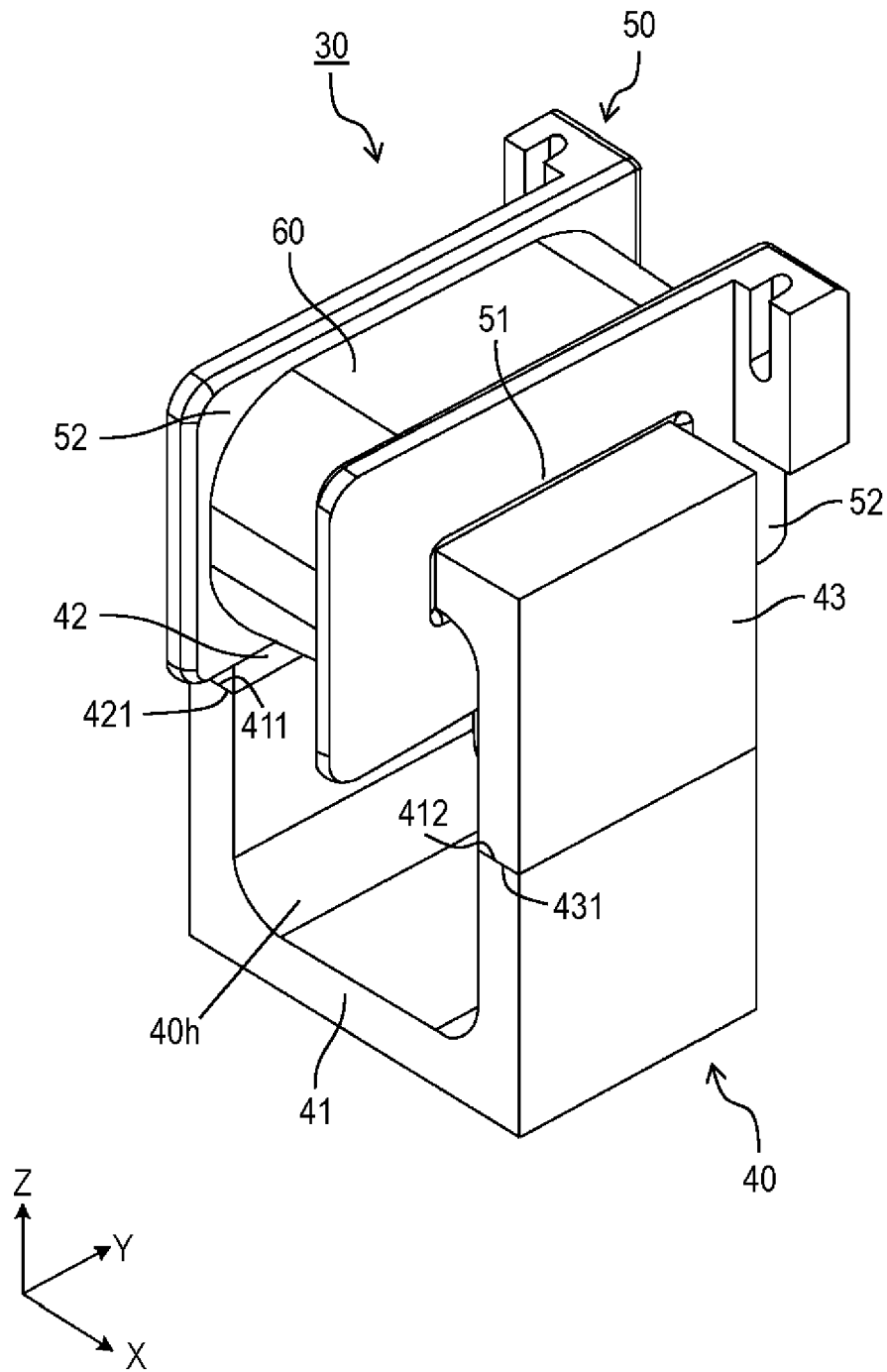
[図1]



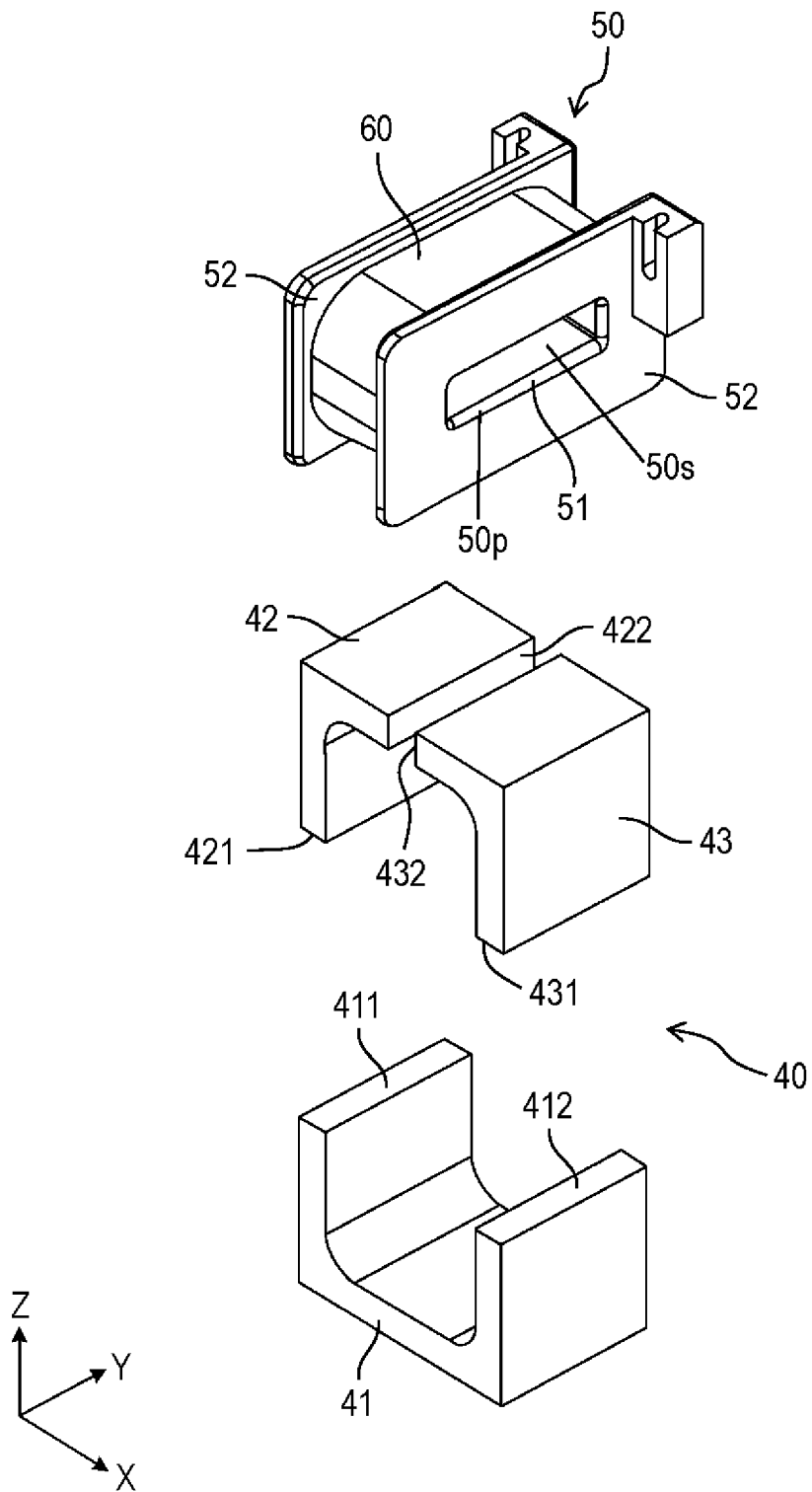
[図2]



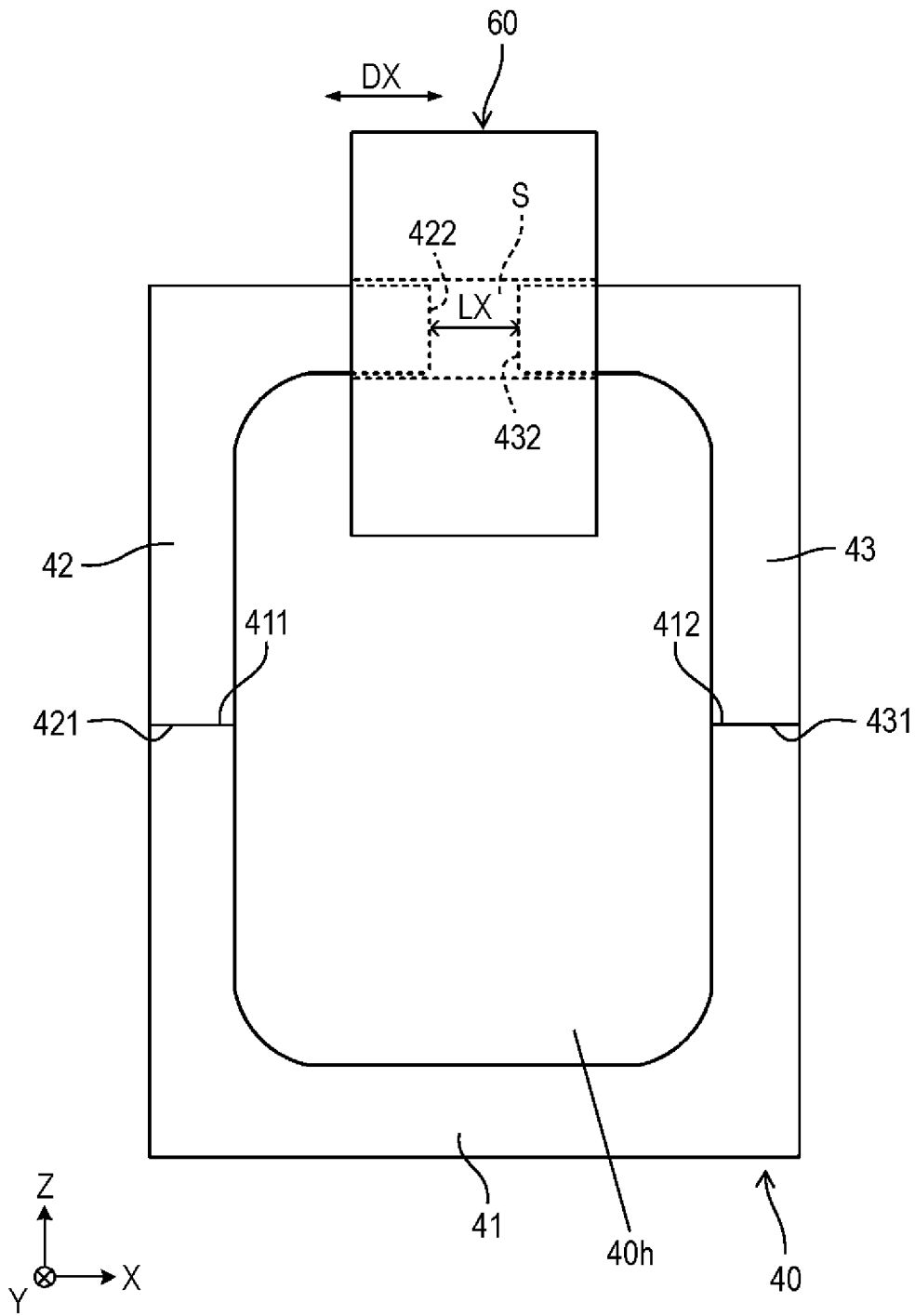
[図4]



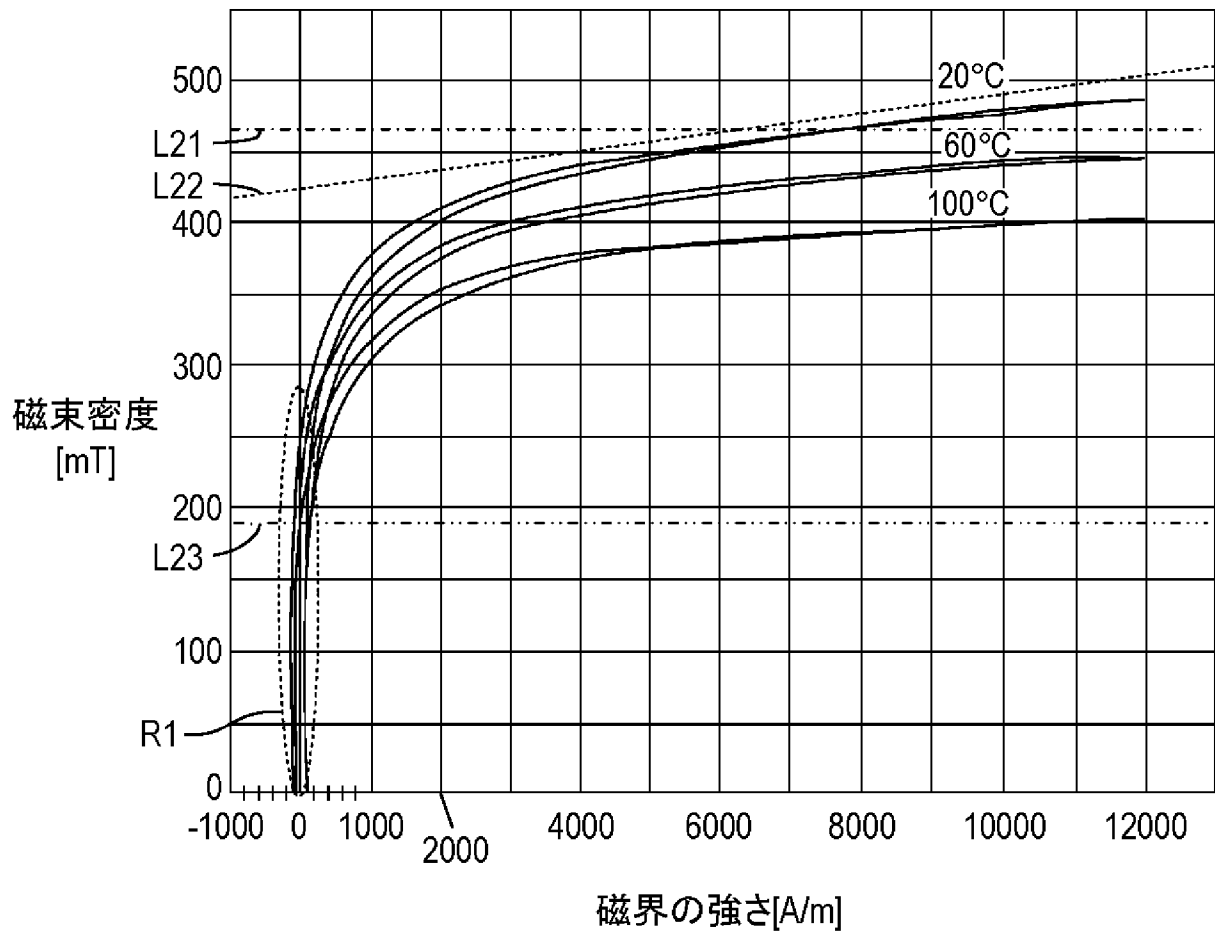
[図5]



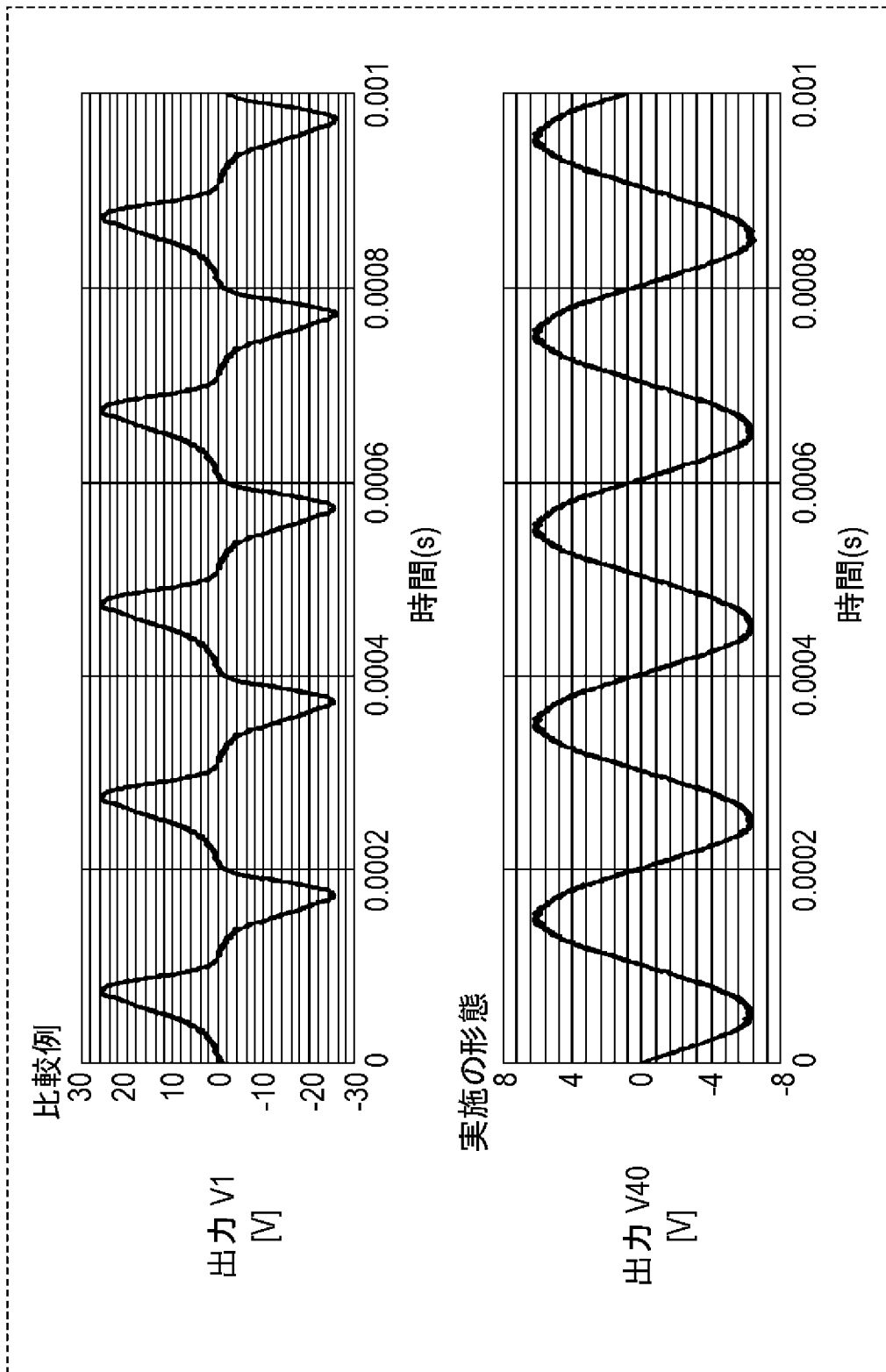
[図6]



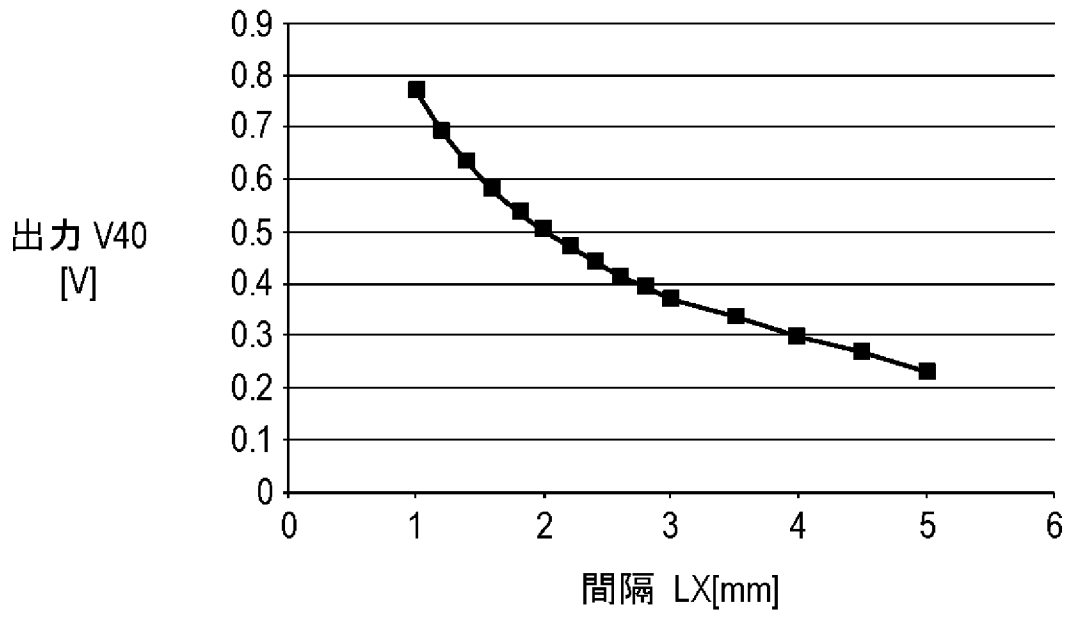
[図7]



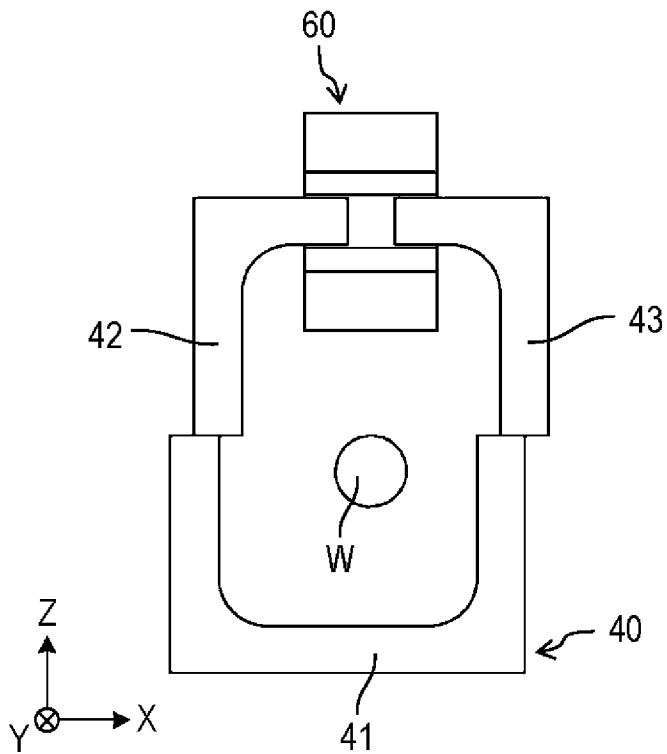
[図8]



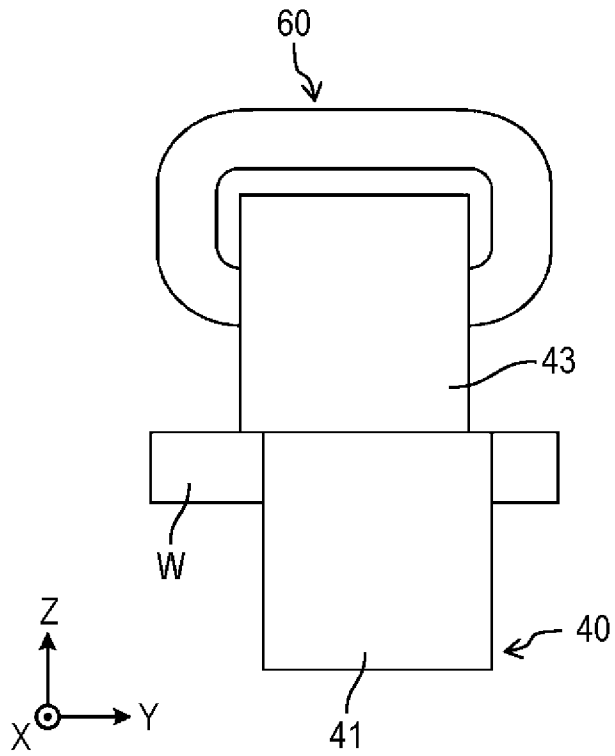
[図9]



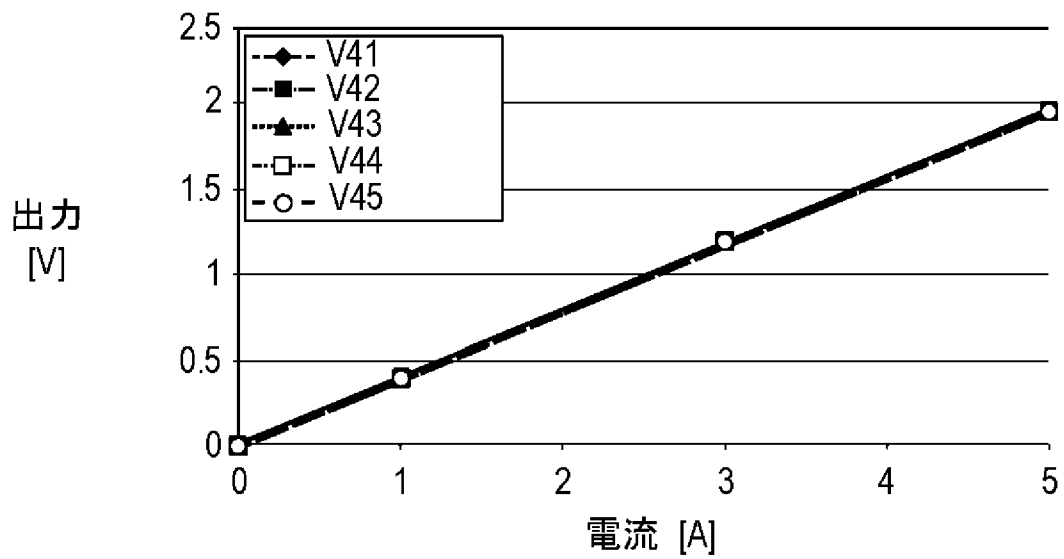
[図10A]



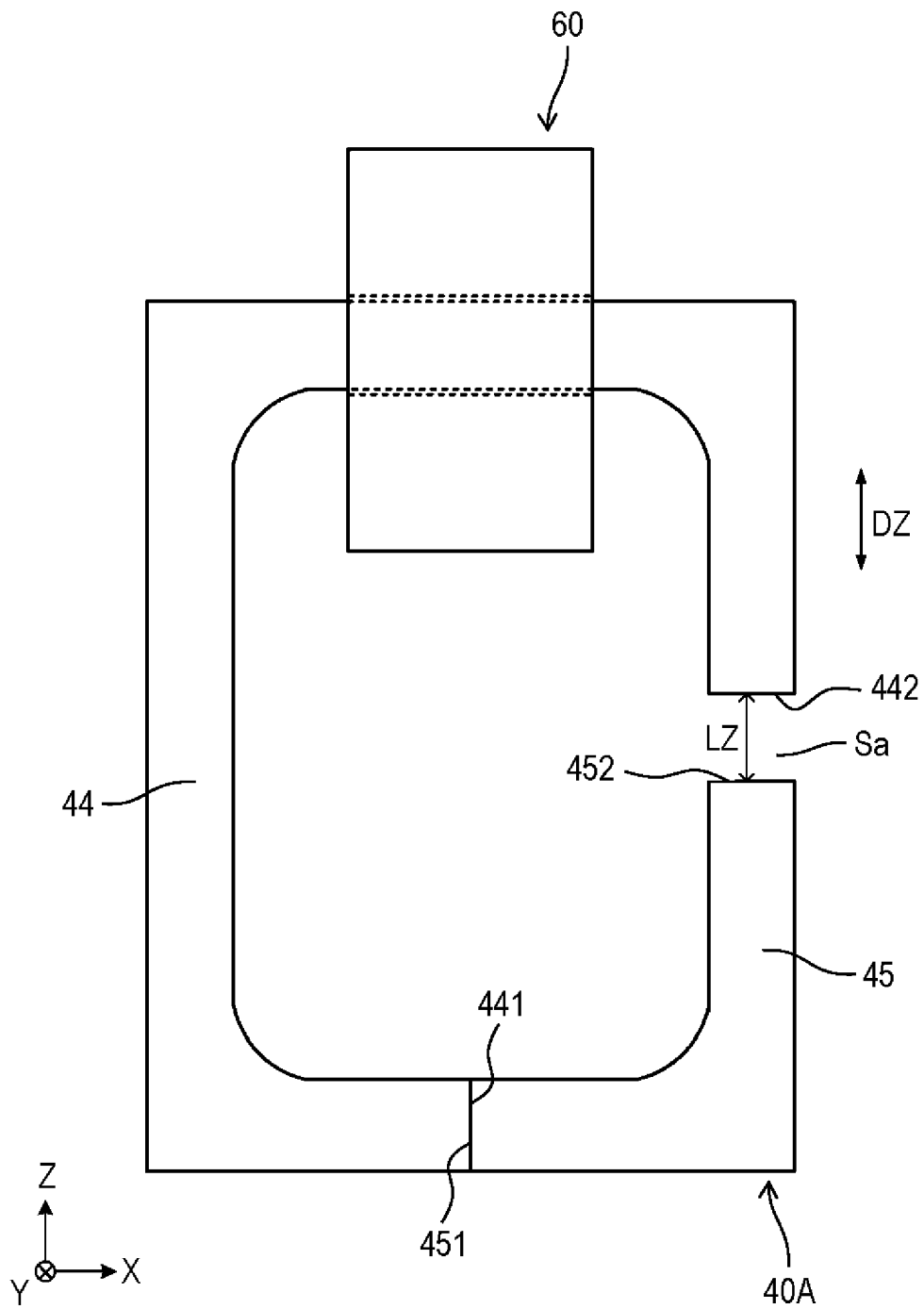
[図10B]



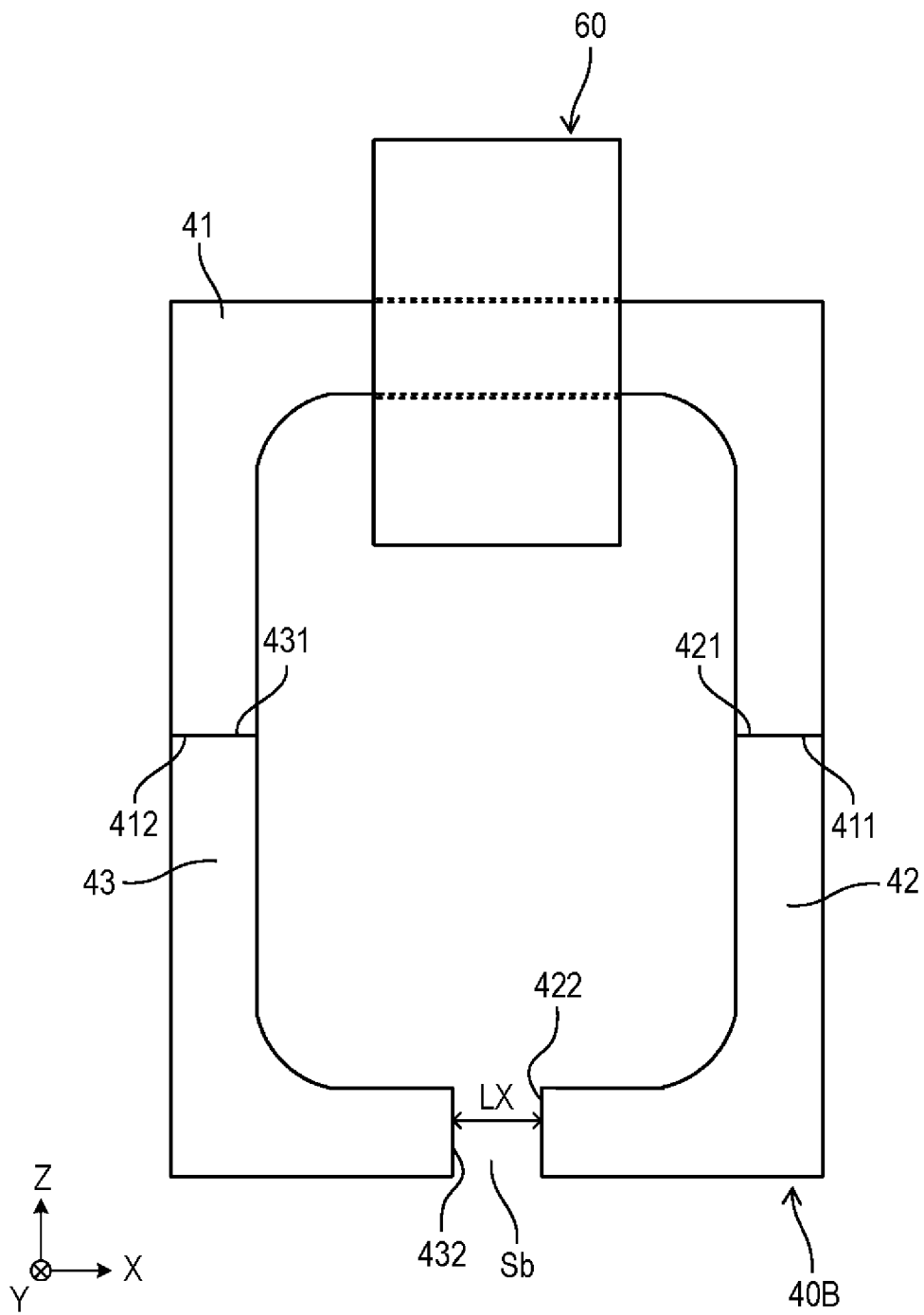
[図11]



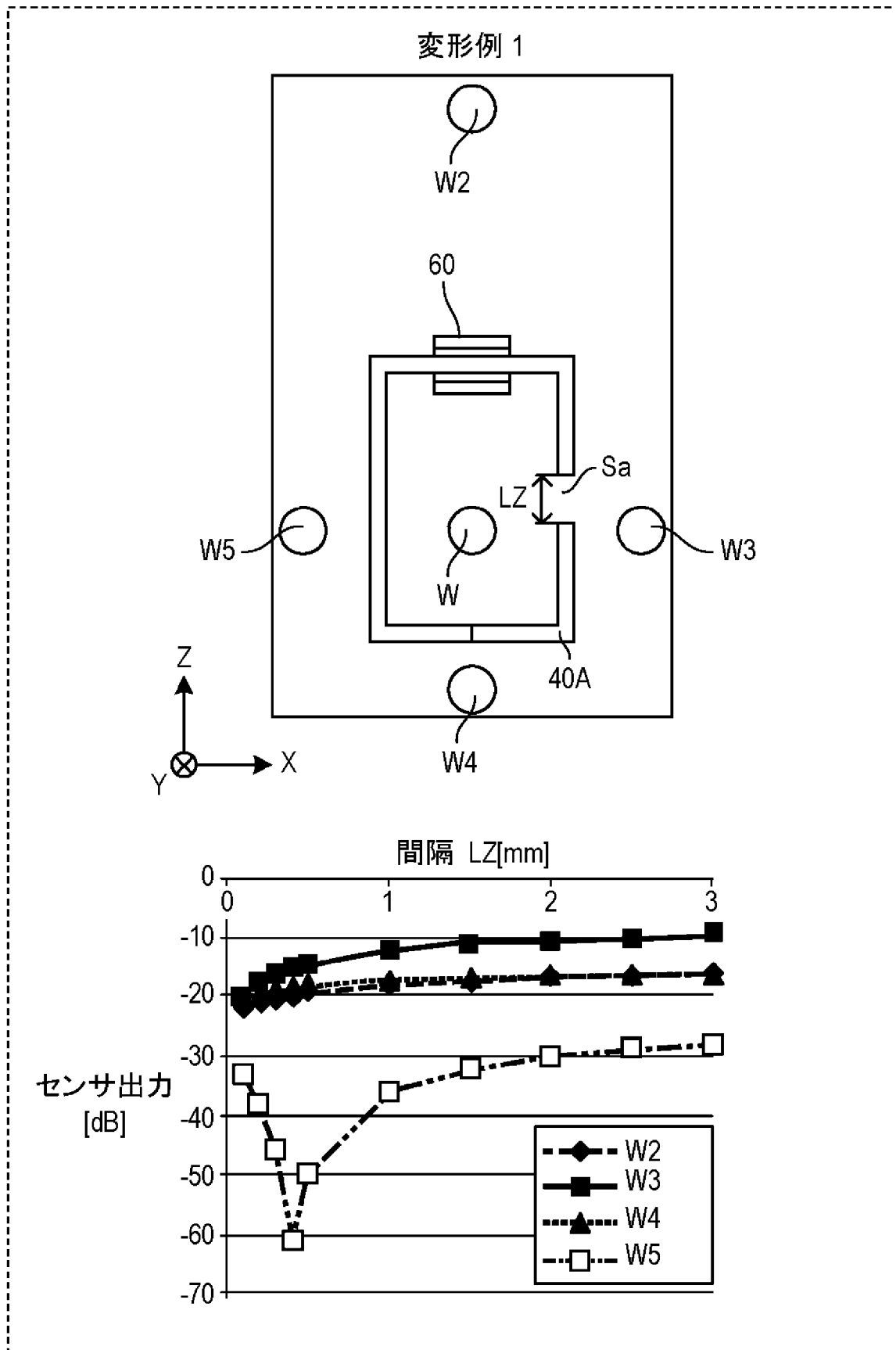
[図12]



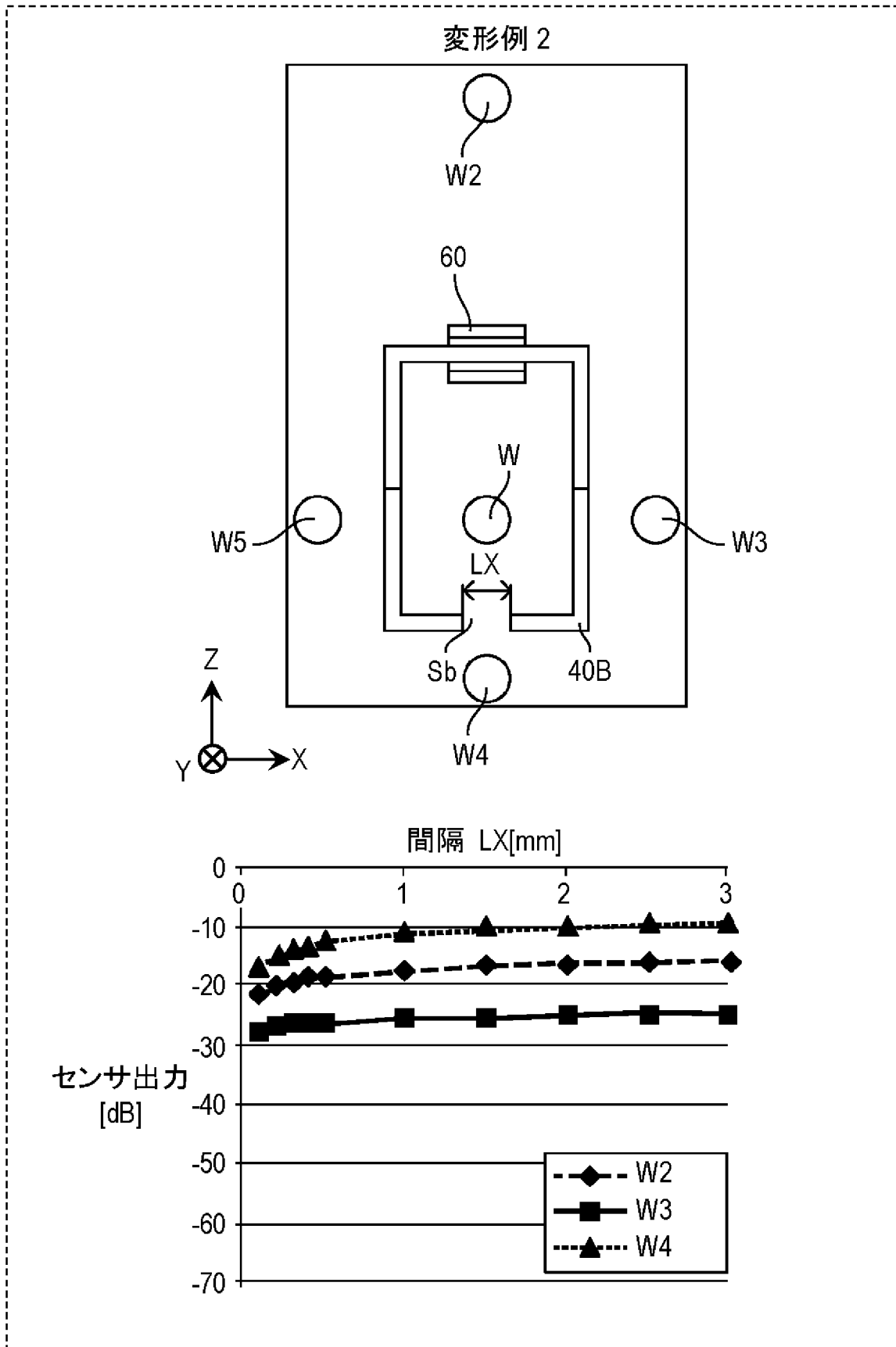
[図13]



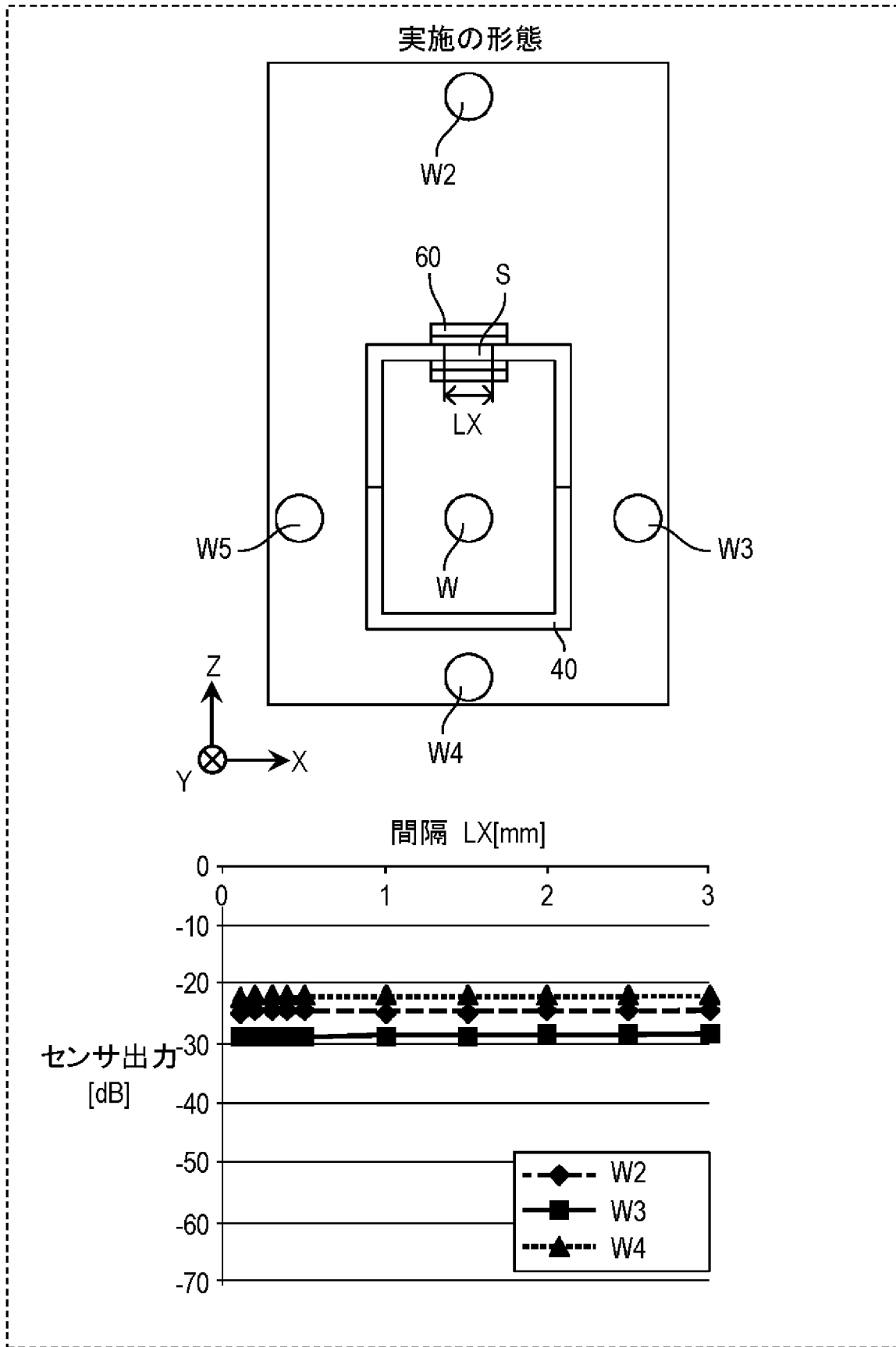
[図14A]



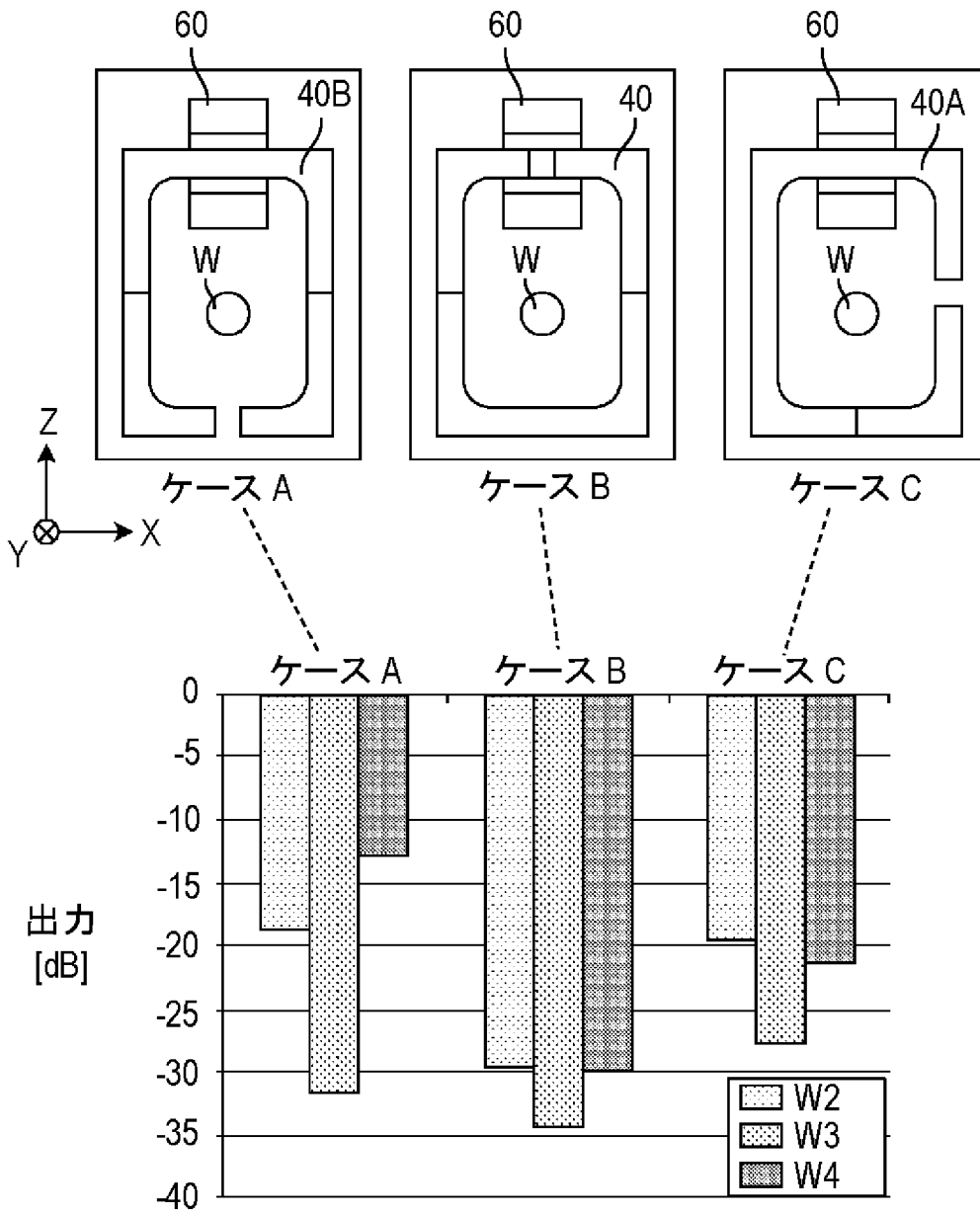
[図14B]



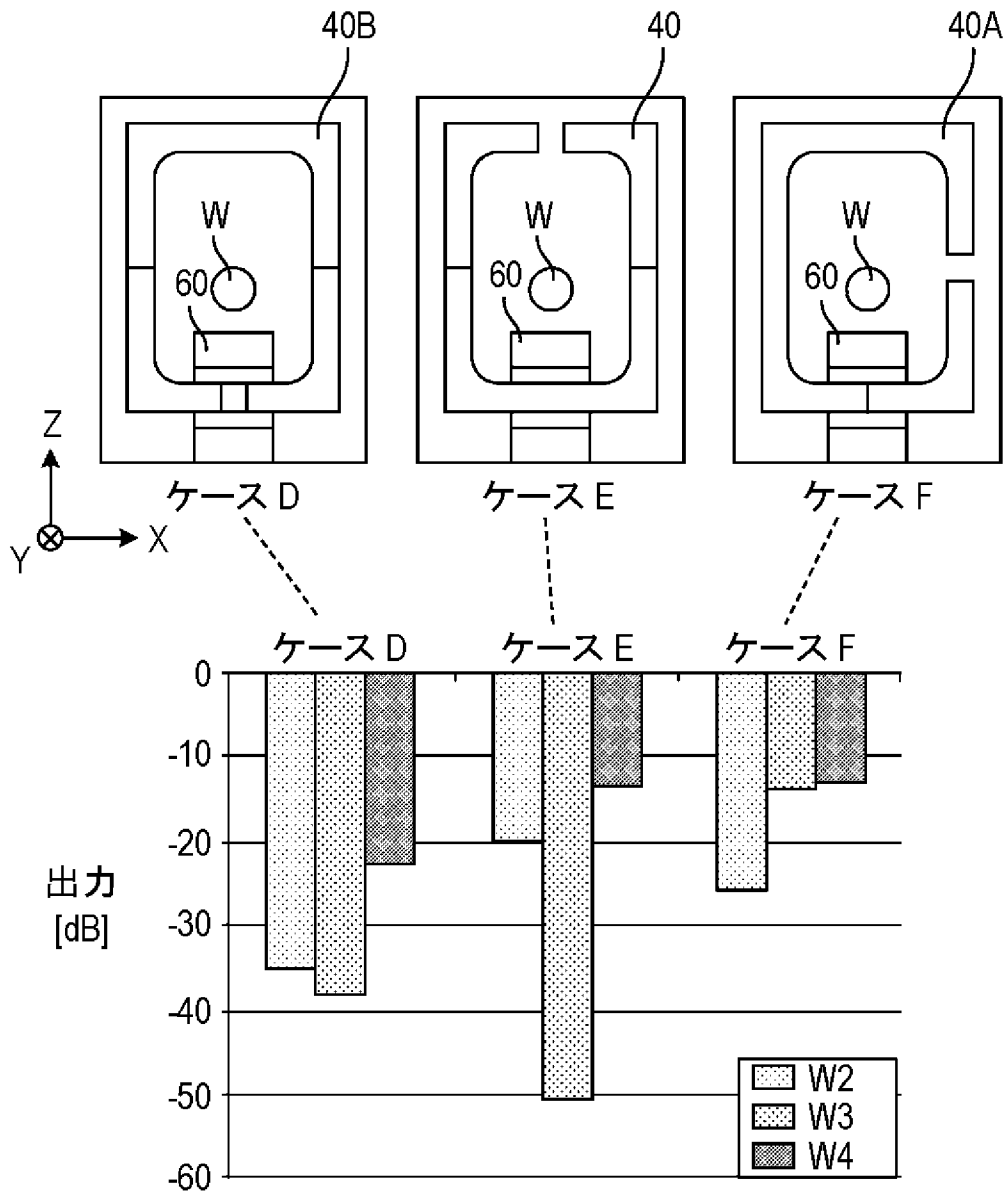
[図14C]



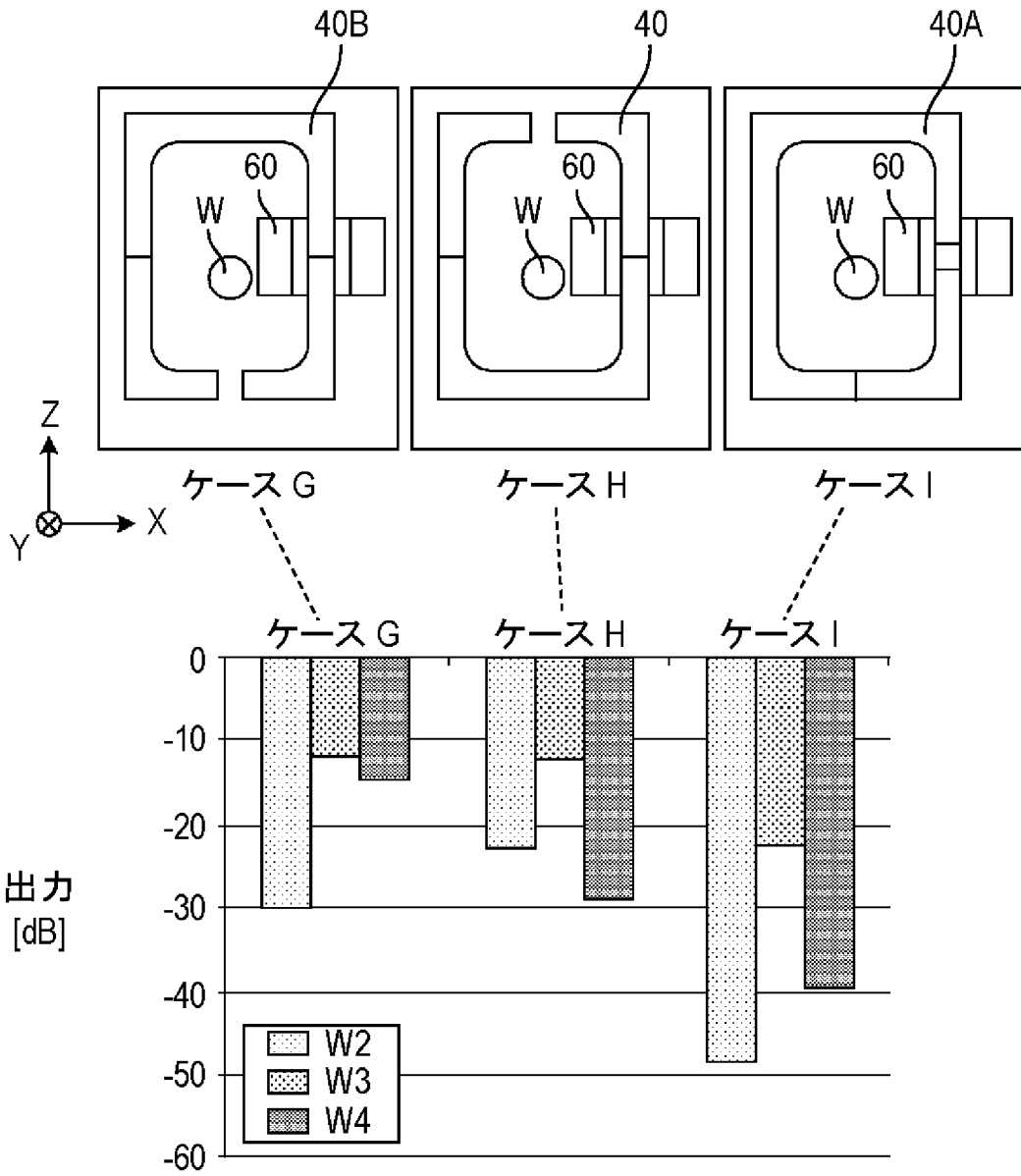
[図15]



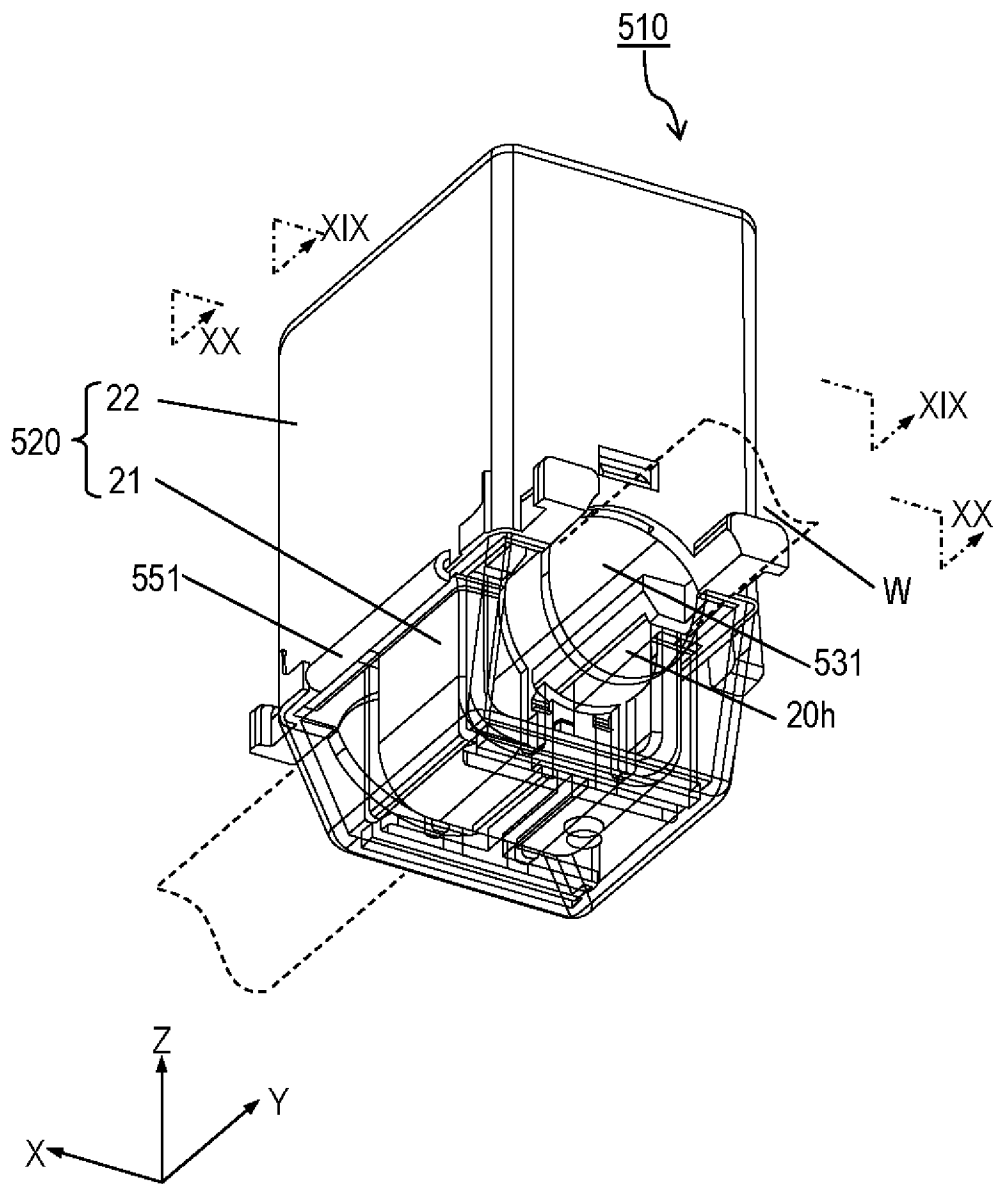
[図16]



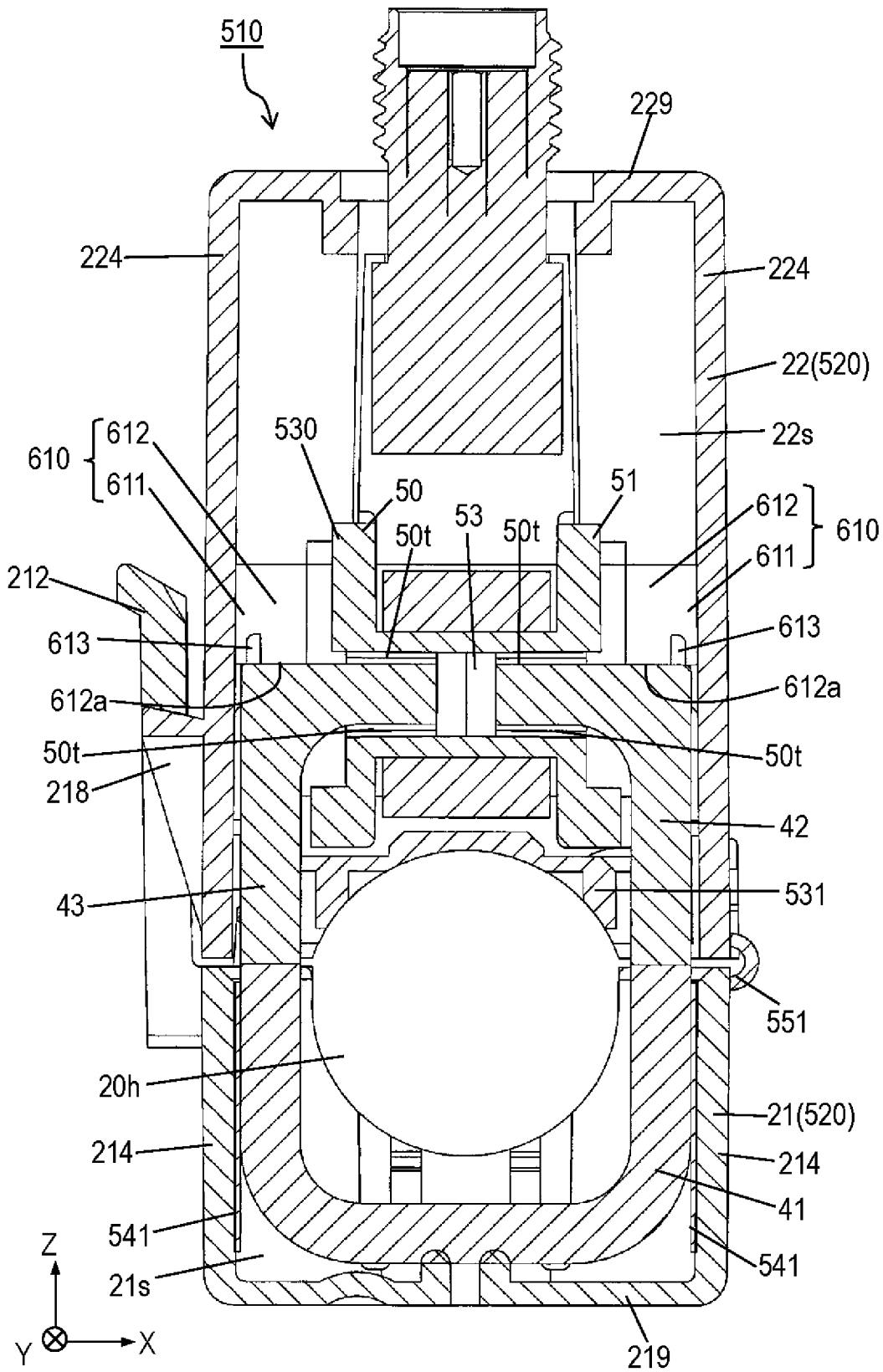
[図17]



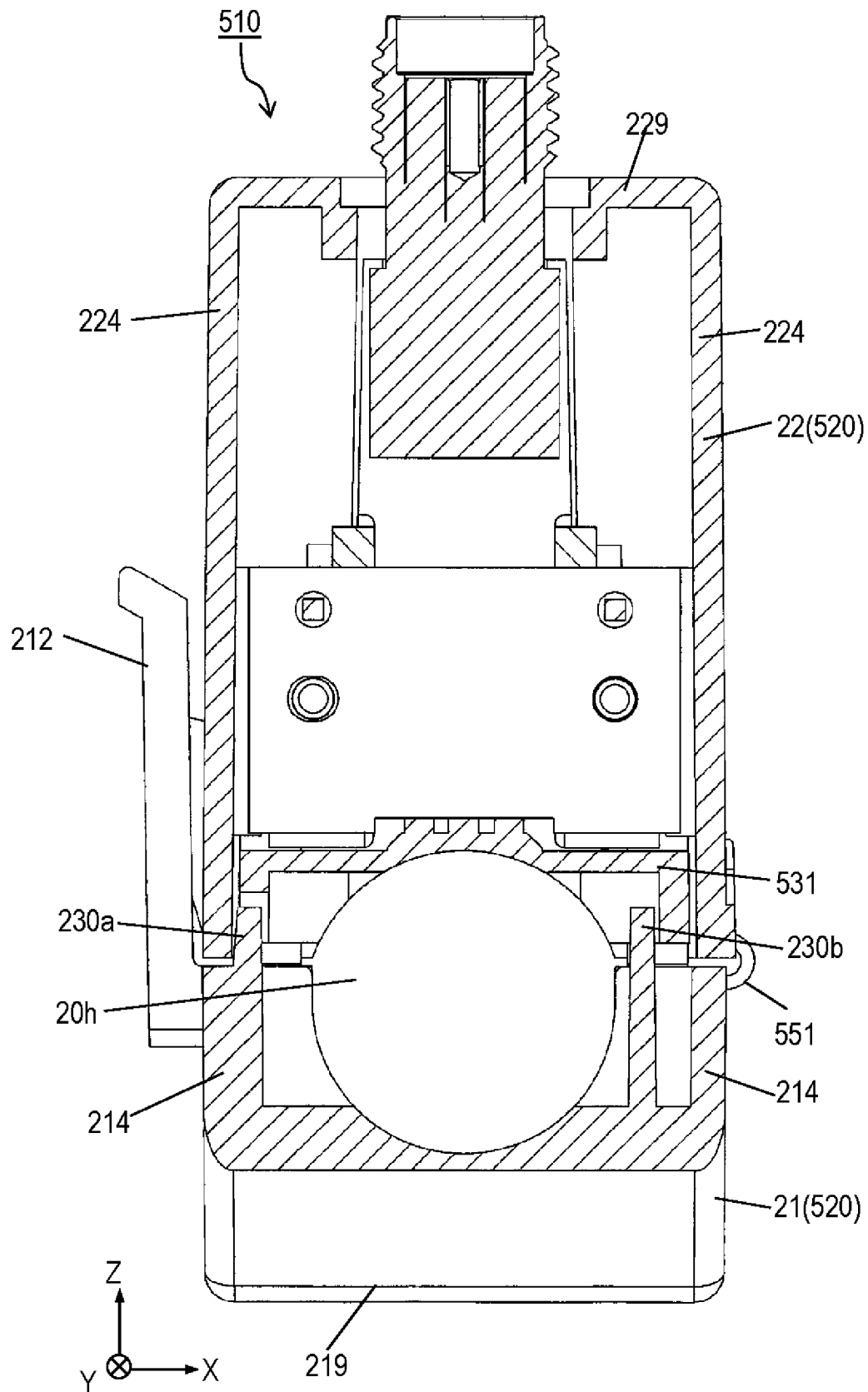
[図18]



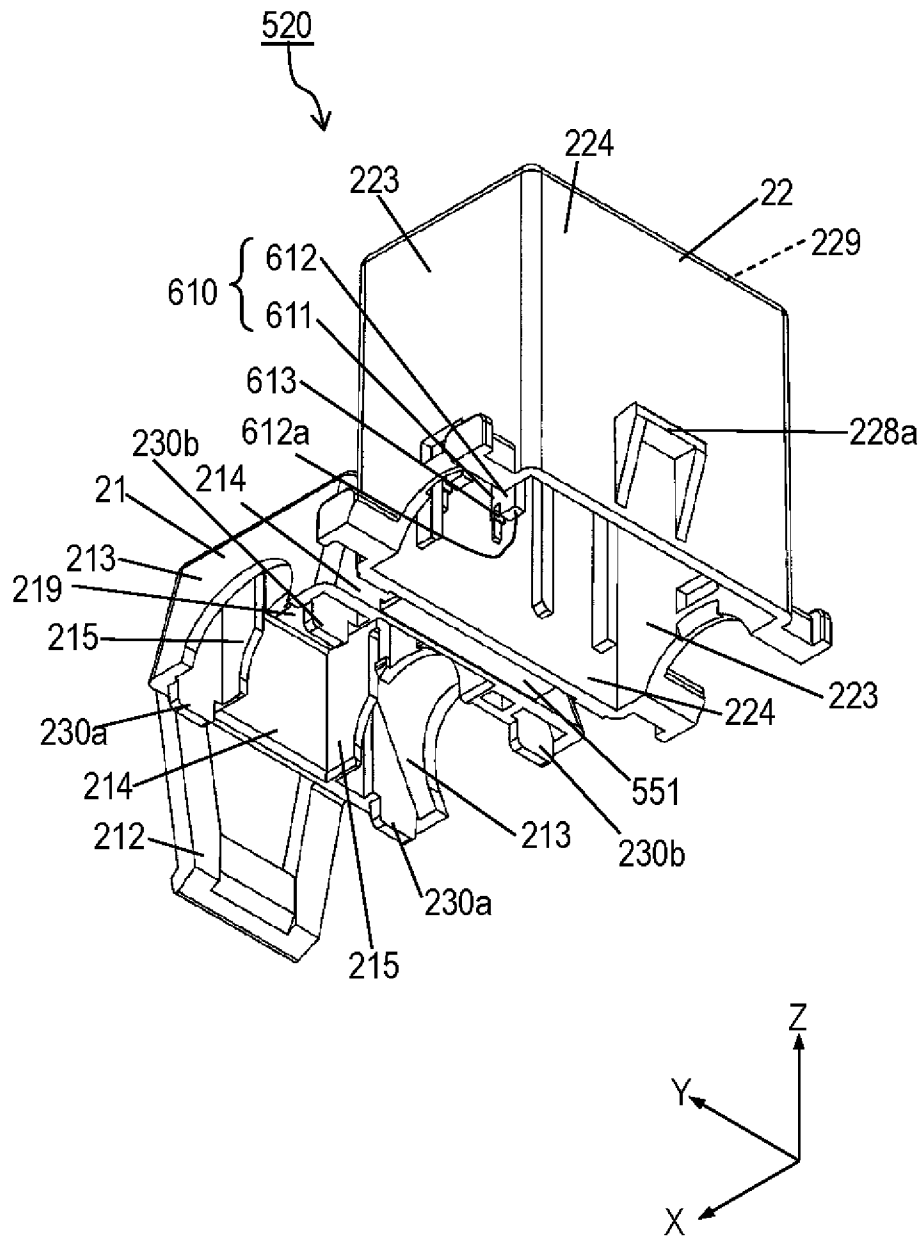
[図19]



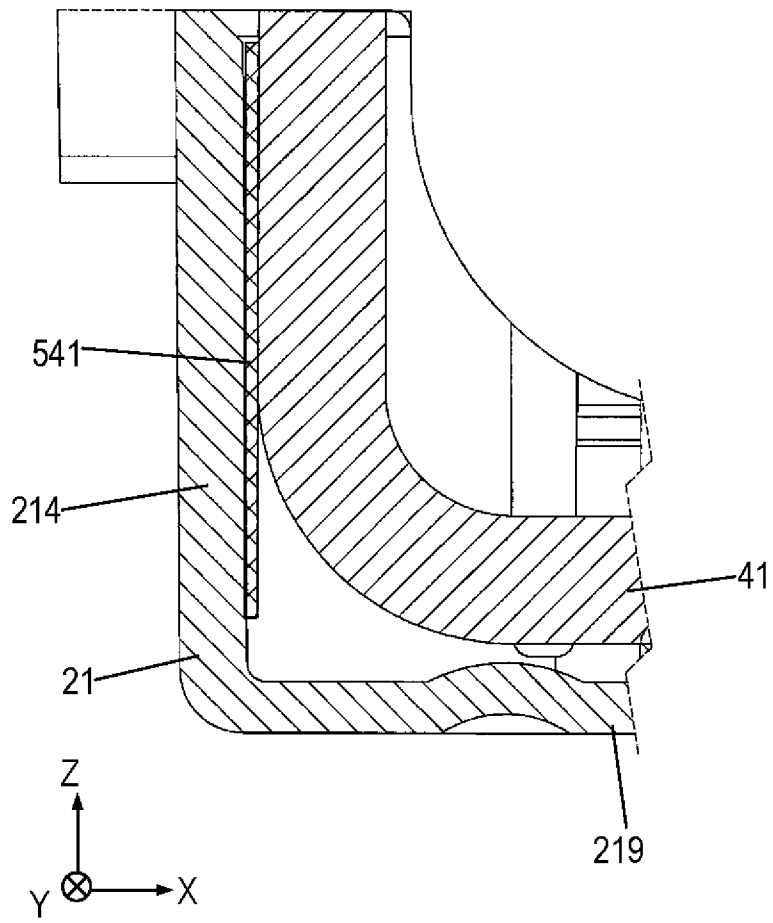
[図20]



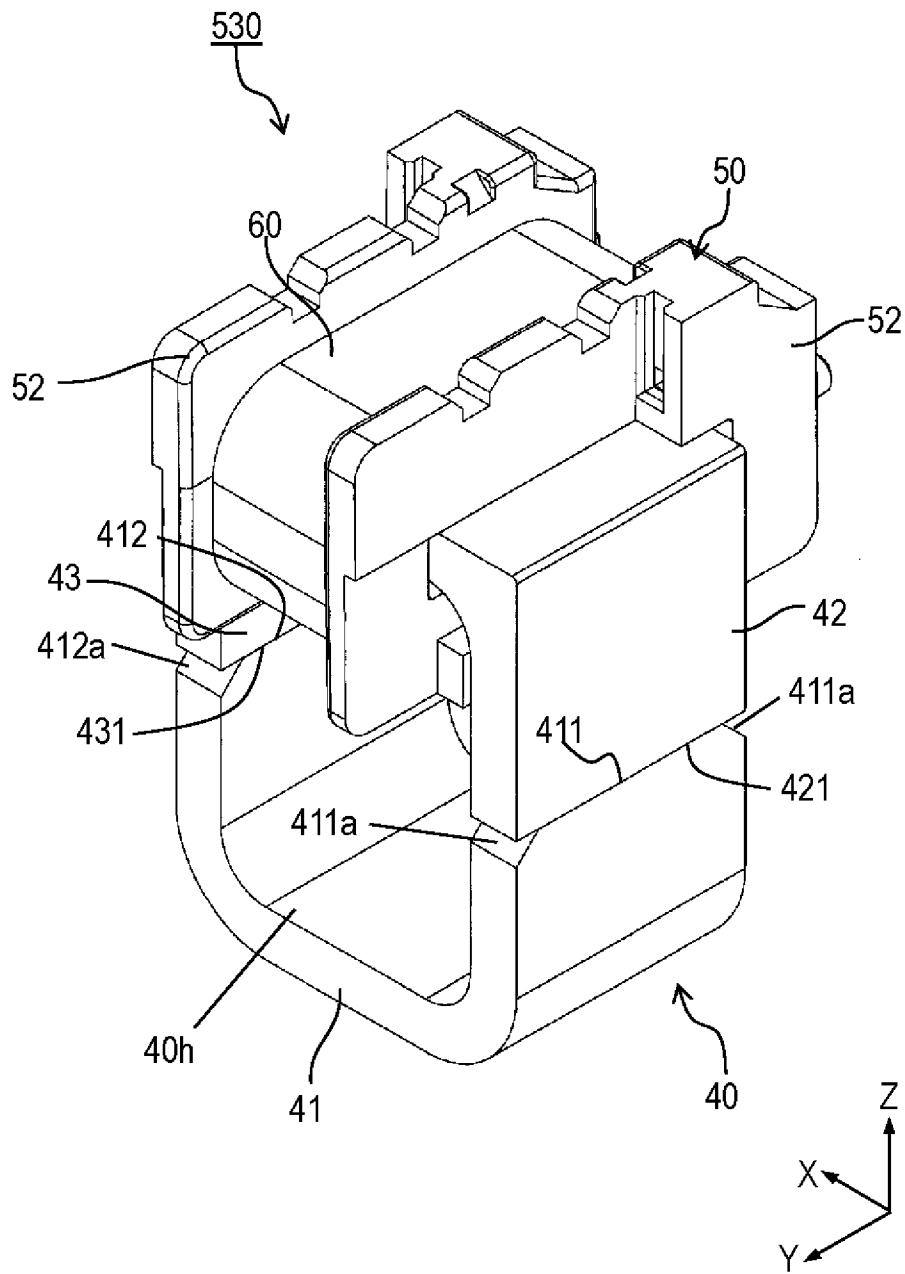
[図21]



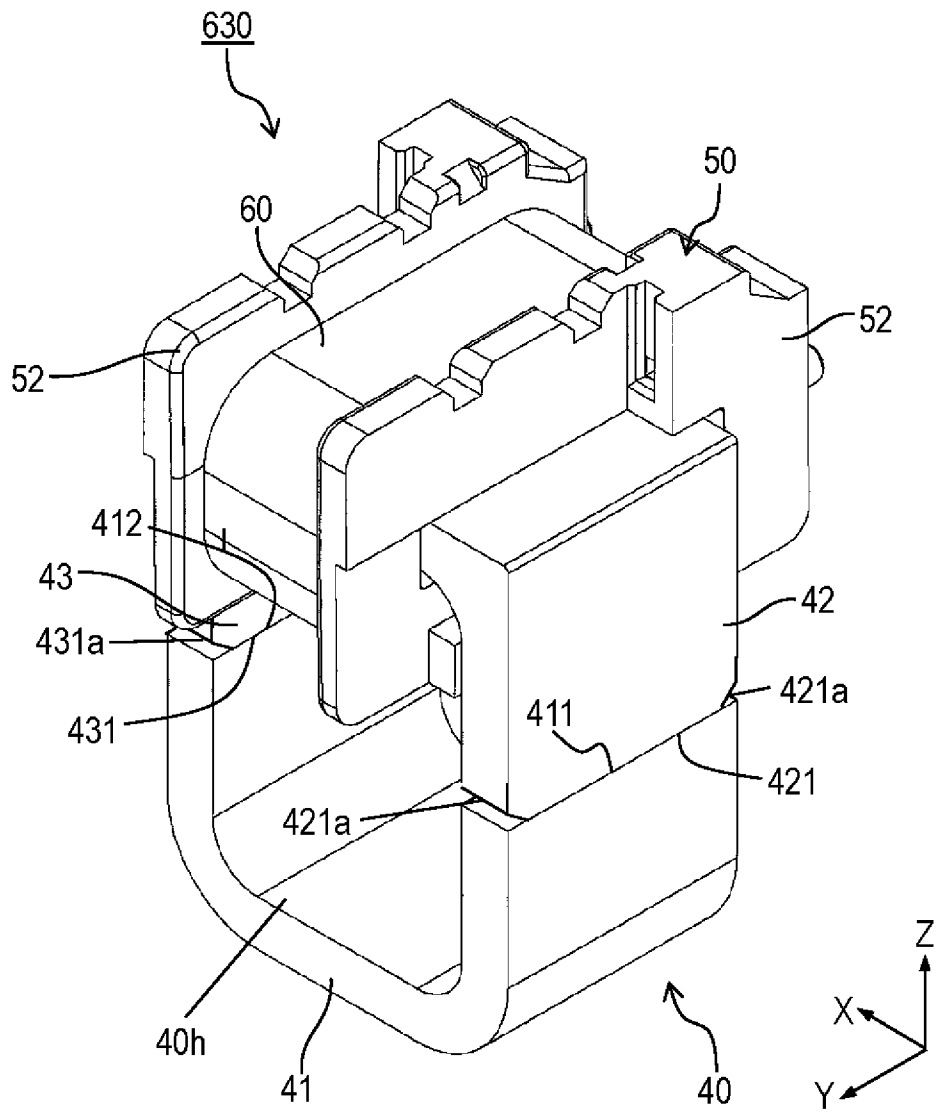
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/013545

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01R15/18 (2006.01) i

FI: G01R15/18 D

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. G01R15/18

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 2009/0115403 A1 (BERNKLAU, James) 07 May 2009, paragraphs [0015]-[0036], fig. 1-7	1-4, 6-13 5
Y	US 2013/0002236 A1 (MOLITON, Vivien) 03 January 2013, paragraphs [0035]-[0055], fig. 1-14	1-4, 6-13
Y	US 2010/0308797 A1 (ZIMMERMANN, Rudolf) 09 December 2010, fig. 1, 2	7
Y	JP 2012-98305 A (LIAISONS ELECTRONIQUES MECH LEM SA) 24 May 2012, paragraph [0034]	9-12
A	JP 2014-70914 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 21 April 2014	1-13

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
08.06.2020

Date of mailing of the international search report
23.06.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2020/013545

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-2736 A (FDK CORP.) 08 January 2009	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/013545

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2009/0115403 A1	07.05.2009	CA 2609611 A1	
US 2013/0002236 A1	03.01.2013	EP 2541260 A1 FR 2977323 A1 CN 102854363 A	
US 2010/0308797 A1	09.12.2010	WO 2009/026945 A1 KR 10-2010-0057848 A CN 101784902 A	
JP 2012-98305 A	24.05.2012	US 2010/0301852 A1 paragraph [0044] WO 2009/093178 A1 EP 2083277 A1 CN 101925825 A	
JP 2014-70914 A	21.04.2014	(Family: none)	
JP 2009-2736 A	08.01.2009	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01R 15/18(2006.01)i FI: G01R15/18 D		
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）） G01R15/18 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	US 2009/0115403 A1 (BERNKLAU James) 07.05.2009 (2009-05-07) 第0015-0036段落, 第1-7図	1-4, 6-13 5
Y	US 2013/0002236 A1 (MOLITON Vivien) 03.01.2013 (2013-01-03) 第0035-0055段落, 第1-14図	1-4, 6-13
Y	US 2010/0308797 A1 (ZIMMERMANN Rudolf) 09.12.2010 (2010-12-09) 第1-2図	7
Y	JP 2012-98305 A (リエゾン、エレクトロニックメカニク、エルウエム、ソシエテ、アノニム) 24.05.2012 (2012-05-24) 第0034段落等	9-12
A	JP 2014-70914 A (住友電気工業株式会社) 21.04.2014 (2014-04-21)	1-13
A	JP 2009-2736 A (FDK株式会社) 08.01.2009 (2009-01-08)	1-13
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 08.06.2020		国際調査報告の発送日 23.06.2020
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） 青木 洋平 2S 3104 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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/JP2020/013545

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 2009/0115403 A1	07.05.2009	CA 2609611 A1	
US 2013/0002236 A1	03.01.2013	EP 2541260 A1	
		FR 2977323 A1	
		CN 102854363 A	
US 2010/0308797 A1	09.12.2010	WO 2009/026945 A1	
		KR 10-2010-0057848 A	
		CN 101784902 A	
JP 2012-98305 A	24.05.2012	US 2010/0301852 A1	
		第0044段落等	
		WO 2009/093178 A1	
		EP 2083277 A1	
		CN 101925825 A	
JP 2014-70914 A	21.04.2014	(ファミリーなし)	
JP 2009-2736 A	08.01.2009	(ファミリーなし)	