

(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
2023年11月23日(23.11.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/223428 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 15/18 (2006.01) *G01R 19/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/020541
- (22) 国際出願日: 2022年5月17日(17.05.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 井上 和 式 (INOUE, Kazunori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 中

田 宗樹 (NAKADA, Muneki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

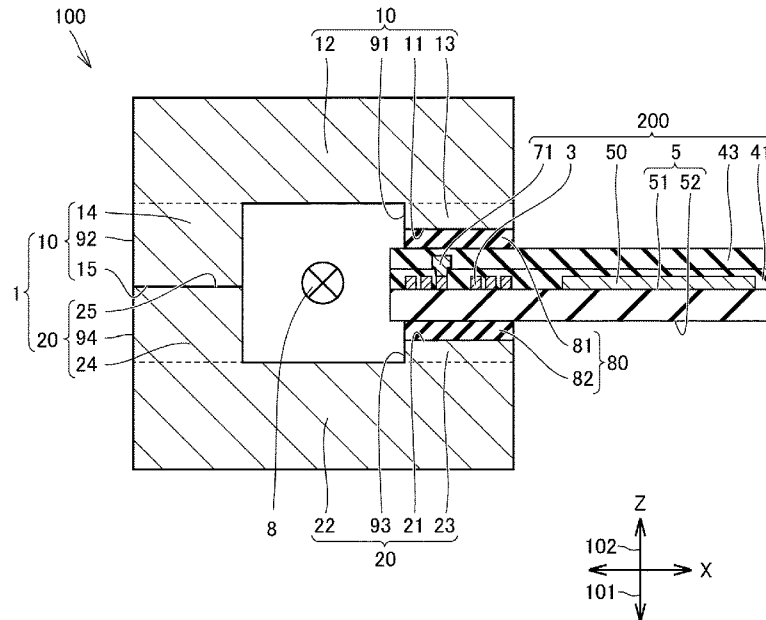
(74) 代理人: 弁理士法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: ELECTRIC CURRENT SENSOR

(54) 発明の名称: 電流センサ

[図3]



(57) Abstract: An electric current sensor (100) comprises an electric current line (8), a magnetic core (1), and a main substrate (5). A gap (2) is provided in the magnetic core (1). The main substrate (5) is disposed in the gap (2). The magnetic core (1) has a first surface (11) and a second surface (21). The second surface (21) faces the first surface (11). The gap (2) is formed between the first surface (11) and the second surface (21). The magnetic core (1) and the gap (2) surround the electric current line (8). A first element (3) is provided on the main substrate (5). The first element (3) detects magnetic

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, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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))

flux generated by electric current flowing through the electric current line (8). When viewed in a direction from the first surface (11) to the second surface (21), the first element (3) overlaps each of the first and second surfaces (11) and (21). The main substrate (5) is composed of a translucent material.

(57) 要約：電流センサ（100）は、電流線（8）と、磁気コア（1）と、主基板（5）とを有している。磁気コア（1）において、ギャップ（2）が設けられている。主基板（5）は、ギャップ（2）に配置されている。磁気コア（1）は、第1面（11）と、第2面（21）とを有している。第2面（21）は、第1面（11）に対面している。ギャップ（2）は、第1面（11）と第2面（21）との間に形成されている。磁気コア（1）とギャップ（2）とは、電流線（8）を取り囲んでいる。主基板（5）において、第1素子（3）が設けられている。第1素子（3）は、電流線（8）に流れる電流によって生じる磁束を検出する。第1面（11）から第2面（21）に向かう方向に見て、第1素子（3）は、第1面（11）および第2面（21）の各々と重なっている。主基板（5）は、透光性の材料によって構成されている。

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] 電流線に流れる大電流を測定するための安価な電流センサとして、変流器（カレントトランス。CT: Current Transformer）方式を用いた電流センサがある。CT方式を用いた電流センサによれば、磁気コアに検出コイル（2次電流線）が巻き付けられている。磁気コアは、電流線（1次電流線）を取り囲んでいる。電流線に流れる電流に起因して、磁気コア内において磁束変化が生じる。これによって検出コイルにおいて誘導電圧が生じる。誘導電圧を測定することによって、電流センサは、電流線に流れる電流の電流値を測定する。しかしながら、検出コイルが磁気コアに直接巻き付けられている場合、電流線に大電流が流された際に、電流センサは、磁気コアにおける磁気飽和の影響を直接的に受けやすい。このため、電流センサにおける電流値の測定誤差が大きくなる。そこで、磁気コアの一部にギャップを設け、ギャップ内に配置されたコイルパターン等の素子を用いて、ギャップにおける漏れ磁束に起因する誘導電圧を測定する電流センサが考案されている。このような電流センサの一例として、特開2010-48755号公報（特許文献1）には、主基板と、コイルパターンとを有している電流センサが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-48755号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記電流センサでは、ギャップを形成する磁気コアの面の内、コイルパタ

ーンと対面する磁気コアの面と、コイルパターンとの間で位置合わせが行われる。しかしながら、主基板に対してコイルパターンの反対側にある磁気コアの面とコイルパターンとの間の位置合わせを行うことが困難である。このため、ギャップを形成する面と、コイルパターンとの間で位置ずれが生じることがある。位置ずれが生じた場合、電流センサの検出感度が低下するおそれがある。

[0005] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであり、その目的は、検出感度の高い電流センサを提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係る電流センサは、電流線と、磁気コアと、主基板とを備えている。磁気コアにおいて、ギャップが設けられている。主基板は、ギャップに配置されている。磁気コアは、第1面と、第2面とを有している。第2面は、第1面に対面している。ギャップは、第1面と第2面との間に形成されている。磁気コアとギャップとは、電流線を取り囲んでいる。主基板において、第1素子が設けられている。第1素子は、電流線に流れる電流によって生じる磁束を検出する。第1面から第2面に向かう方向に見て、第1素子は、第1面および第2面の各々と重なっている。主基板は、透光性の材料によって構成されている。

発明の効果

[0007] 本開示に係る電流センサによれば、主基板は透光性の材料によって構成されている。このため、主基板に対して第1素子の反対側にある磁気コアの面と第1素子との間の位置合わせを行うことができる。これによって、検出感度の高い電流センサを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1に係る電流センサの構成を概略的に示す斜視模式図である。

[図2]実施の形態1に係る磁気コアおよび電流線の各々の構成を概略的に示す正面模式図である。

[図3]実施の形態1に係る電流センサの構成を概略的に示す断面模式図である。

[図4]実施の形態1に係る電流センサの構成を概略的に示す第1平面模式図である。

[図5]実施の形態1に係る電流センサの構成を概略的に示す第2平面模式図である。

[図6]実施の形態1に係る基板構造体の構成を概略的に示す拡大平面模式図である。

[図7]図6のVⅠⅠ－VⅠⅠ線に沿う拡大断面模式図である。

[図8]実施の形態1に係る電流センサの製造方法を概略的に示すフロー図である。

[図9]実施の形態1に係る基板構造体作製工程を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図10]実施の形態1に係る組立工程を概略的に示す断面模式図である。

[図11]実施の形態1に係る電流センサの電流線に電流が流れている状態を概略的に示す断面模式図である。

[図12]実施の形態1の変形例に係る電流センサの構成を概略的に示す断面模式図である。

[図13]実施の形態2に係る電流センサの構成を概略的に示す拡大平面模式図である。

[図14]実施の形態3に係る電流センサの構成を概略的に示す斜視模式図である。

[図15]実施の形態3に係る電流センサの構成を概略的に示す平面模式図である。

[図16]図15のXⅤⅠ－XⅤⅠ線に沿う断面模式図である。

[図17]実施の形態4に係る電流センサの構成を概略的に示す断面模式図である。

[図18]実施の形態5に係る電流センサの構成を概略的に示す断面模式図であ

る。

[図19]実施の形態5に係る基板構造体の構成を概略的に示す拡大平面模式図である。

[図20]実施の形態5に係る基板構造体における第1素子と第2素子との間の位置関係を概略的に示す拡大平面模式図である。

[図21]図19のXXI-XXI線に沿う拡大断面模式図である。

[図22]図19のXXII-XXII線に沿う拡大断面模式図である。

[図23]実施の形態6に係る電流センサの構成を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図24]実施の形態4に係る電流センサにおける電流線に電流が流れている状態を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図25]実施の形態6に係る電流センサにおける電流線に電流が流れている状態を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図26]実施の形態6の第1変形例に係る電流センサの構成を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図27]実施の形態6の第2変形例に係る電流センサの構成を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図28]実施の形態6の第3変形例に係る電流センサの構成を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図29]実施の形態6の第4変形例に係る電流センサの構成を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図30]実施の形態7に係る電流センサの構成を概略的に示す斜視模式図である。

[図31]実施の形態7に係る磁気コアおよび電流線の各々の構成を概略的に示す正面模式図である。

[図32]実施の形態7に係る電流センサの構成を概略的に示す断面模式図である。

[図33]実施の形態7に係る電流センサの構成を概略的に示す第1平面模式図

である。

[図34]実施の形態7に係る電流センサの構成を概略的に示す第2平面模式図である。

[図35]実施の形態7に係る基板構造体の構成を概略的に示す拡大平面模式図である。

[図36]図35のXXXVⅠーXXXVⅠ線に沿う拡大断面模式図である。

[図37]図35のXXXVⅠⅠーXXXVⅠⅠ線に沿う拡大断面模式図である。

[図38]実施の形態7に係る電流センサの電流線に電流が流れている際の基板構造体の状態を概略的に示す拡大平面模式図である。

[図39]実施の形態8に係る基板構造体の構成を概略的に示す拡大平面模式図である。

[図40]実施の形態8に係る基板構造体における第1コイルパターン部と第2コイルパターン部との間の位置関係を概略的に示す平面模式図である。

[図41]図39のXXXXⅠーXXXXⅠ線に沿う拡大断面模式図である。

[図42]図39のXXXXⅠⅠーXXXXⅠⅠ線に沿う拡大断面模式図である。

[図43]実施の形態8に係る電流センサの構成を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図44]実施の形態9に係る電流センサの構成を概略的に示す拡大断面模式図である。

[図45]実施の形態9に係る第2素子の構成を概略的に示す平面模式図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下に本開示の実施の形態について、図面を参照して説明する。本開示は以下の説明に限定されるものではなく、磁気コアの形状、第1素子および接続配線の形状、主基板における第1素子、接続配線および測定回路の配設位置等は、一例であってこれらに限定されるものではない。また、図面に示さ

れている各構成要素の大きさ（縦横比）、数（巻線の巻数）、位置関係（上下左右）および範囲等は、わかりやすくするために、実際の大きさ、数、位置関係および範囲等を正確に表していない場合がある。したがって、本開示は、必ずしも図面に示されている各構成要素の大きさ、数、位置関係および範囲等に限定されるものではない。

[0010] なお、本開示の全ての図面において、同一部分や実質的に同一の機能を有する部分の構成要素には、原則として同一の符号を付している。また、本開示の図面は電流センサの主構成である電流検出部を示したものであり、本開示の全ての図面において、実際の用途に応じて実装される部材およびパッケージ筐体等は省略されている。

[0011] 実施の形態１．

（電流センサの構成）

図１から図５を参照して、実施の形態１に係る電流センサ１００の構成について説明する。

[0012] 図１に示されるように、電流センサ１００は、磁気コア１と、基板構造体２００と、電流線８と、基板固定部８０とを主に有している。電流線８は、電流の流路としての機能を有している。以下、電流線８に流される電流を被測定電流とも称する。磁気コア１は、被測定電流によって生じる磁束を増幅させる。基板構造体２００は、被測定電流によって生じる磁束に基づいて、被測定電流の電流値または被測定電流の電力量を計測する。基板固定部８０は、基板構造体２００を固定している。

[0013] 磁気コア１は、たとえば第１コア部１０と、第２コア部２０とによって構成されている。第１コア部１０は、第２コア部２０上にある。第１コア部１０と第２コア部２０とは、基板固定部８０および基板構造体２００を挟んでいる。

[0014] 電流線８は、第１コア部１０と第２コア部２０との間にある。電流線８は、第１コア部１０および第２コア部２０の各々から離間している。電流線８の延在する方向は、前後方向Ｙとされる。

- [0015] 基板構造体200は、主基板5と、第1絶縁膜41と、第3絶縁膜43と、第1素子3と、測定回路50と、接続配線7とを有している。第1絶縁膜41は、主基板5上に設けられている。第3絶縁膜43は、第1絶縁膜41上に設けられている。基板構造体200の内部において、第1素子3と、接続配線7と、測定回路50とが設けられている。
- [0016] 第1素子3は、電流線8に流れる電流によって生じる磁束を検出する。具体的には、第1素子3に囲まれた空間における磁束密度の時間変化によって、誘導起電力が電圧信号として第1素子3に生じる。接続配線7は、第1素子3に接続されている。測定回路50は、接続配線7に接続されている。測定回路50は、接続配線7を介して第1素子3に接続されている。測定回路50は、第1素子3から送られた信号を処理する。具体的には、接続配線7を介して第1素子3から測定回路50へ、電圧信号が送られる。測定回路50は、電圧信号に基づいて、被測定電流の電流値または被測定電流の電力量を計測する。
- [0017] 接続配線7は、第1配線部71と、第2配線部72とを有している。第2配線部72は、第1配線部71から離間している。第1配線部71および第2配線部72の各々は、第1素子3と測定回路50とを電氣的に接続している。
- [0018] 図2に示されるように、磁気コア1において、ギャップ2が設けられている。ギャップ2は、第1コア部10と第2コア部20との間に形成されている。磁気コア1とギャップ2とは、電流線8を取り囲んでいる。別の観点から言えば、磁気コア1とギャップ2によって構成される環状領域は、電流線8を取り囲んでいる。第1コア部10から第2コア部20に向かう方向に平行な方向は、上下方向Zとされる。上下方向Zは、前後方向Yに垂直な方向である。第1コア部10から第2コア部20に向かう方向は、第1方向101とされる。第2コア部20から第1コア部10に向かう方向は、第2方向102とされる。
- [0019] 第1コア部10は、第1コア部材12と、第1凸部13と、第2凸部14

とによって構成されている。第1コア部材12の形状は、たとえば直方体状である。第1コア部材12の延在する方向は、左右方向Xとされる。左右方向Xは、上下方向Zおよび前後方向Yの各々に垂直な方向である。

[0020] 第1凸部13は、第1コア部材12に連なっている。第1凸部13は、第1コア部材12から第1方向101に延びている。第2凸部14は、第1コア部材12に連なっている。第2凸部14は、第1凸部13から離間している。第2凸部14は、第1コア部材12から第1方向101に延びている。

[0021] 第2コア部20は、第2コア部材22と、第3凸部23と、第4凸部24とを有している。第2コア部材22の形状は、たとえば直方体状である。第2コア部材22の延在する方向は、第1コア部材12の延在する方向と実質的に平行であってもよい。

[0022] 第3凸部23は、第2コア部材22に連なっている。第3凸部23は、第2コア部材22から第2方向102に延びている。第3凸部23は、第1凸部13と対面している。第3凸部23は、第1凸部13から離間している。第4凸部24は、第2コア部材22に連なっている。第4凸部24は、第3凸部23から離間している。第4凸部24は、第2コア部材22から第2方向102に延びている。第4凸部24は、第2凸部14に接している。

[0023] 第1コア部10は、第1面11と、第1外周面91と、第1接着面15と、第2外周面92とを有している。第1面11および第1外周面91の各々は、第1凸部13によって形成されている。第1面11は、第2コア部20に対面している。第1面11は、たとえば上下方向Zに垂直な方向に沿って延在している。第1外周面91は、第1面11に連なっている。第1外周面91は、たとえば上下方向Zに沿って延在している。

[0024] 第1接着面15および第2外周面92の各々は、第2凸部14によって形成されている。第1接着面15において、第1コア部10と第2コア部20とは接している。第1接着面15は、たとえば上下方向Zに垂直な方向に沿って延在している。上下方向Zにおいて、第1接着面15は、第1面11に対して第1方向101側にある。第2外周面92は、第1接着面15に連な

っている。第2外周面92は、たとえば上下方向Zに沿って延在している。

[0025] 第2コア部20は、第2面21と、第3外周面93と、第2接着面25と、第4外周面94とを有している。第2面21および第3外周面93の各々は、第3凸部23によって形成されている。第2面21は、第1面11に対面している。第1面11から第2面21に向かう方向は、第1方向101である。第2面21から第1面11に向かう方向は、第2方向102である。第2面21は、たとえば上下方向Zに垂直な方向に沿って延在している。第1面11と第2面21との間において、ギャップ2が形成されている。第3外周面93は、第2面21に連なっている。第3外周面93は、たとえば上下方向Zに沿って延在している。

[0026] 第2接着面25および第4外周面94の各々は、第4凸部24によって形成されている。第2接着面25において、第1コア部10と第2コア部20とは接している。第2接着面25は、たとえば上下方向Zに垂直な方向に沿って延在している。上下方向Zにおいて、第2接着面25は、第2面21に対して第2方向102側にある。第4外周面94は、第2接着面25に連なっている。第4外周面94は、たとえば上下方向Zに沿って延在している。

[0027] 第1接着面15と第2接着面25との間において、第1コア部10と第2コア部20とは、図示されていない接着剤によって接着されていてもよい。具体的には、第1接着面15と第2接着面25とが互いに接しつつ、第1接着面15と第2接着面25との間の微少な隙間に接着剤が入り込むことによって、第1コア部10と第2コア部20とが接着されていてもよい。言い換えれば、第1接着面15と第2接着面25との間に接着剤が設けられていてもよい。接着剤は、たとえば樹脂系接着剤である。

[0028] 第1コア部10および第2コア部20の各々は、酸化鉄(Fe_2O_3)系材料等の軟磁性体材料によって構成されている。具体的には、第1コア部10および第2コア部20の各々は、たとえばスピネル型のマンガン亜鉛(MnZn)フェライトによって構成されている。第1コア部10および第2コア部20の各々は、互いに同じ材料によって構成されていることが好ましい。磁

気コア 1 の比透磁率 (μ_r) は、たとえば 10 以上 5000 以下である。磁気コア 1 の比透磁率は、好ましくは 100 以上である。磁気コア 1 の飽和磁束密度 (B_s) は、たとえば 0.4 T 以上 0.6 T 以下である。

[0029] 図 3 は、上下方向 Z および左右方向 X の各々に平行であり且つ第 1 素子 3 に交差する断面を示す断面模式図である。図 3 に示されるように、基板固定部 80 は、第 1 基板固定部材 81 と、第 2 基板固定部材 82 とを有している。第 1 基板固定部材 81 は、第 1 面 11 と第 2 面 21 との間にある。言い換えれば、第 1 基板固定部材 81 は、ギャップ 2 (図 2 参照) に配置されている。第 1 基板固定部材 81 は、第 1 面 11 に接していてもよい。上下方向 Z に垂直な方向において、第 1 基板固定部材 81 は、第 1 面 11 の外縁に沿っている。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 1 基板固定部材 81 は、第 1 外周面 91 に沿っている。上下方向 Z に垂直な方向において、第 1 基板固定部材 81 は、第 1 面 11 の外縁の内側にあってもよい。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 1 基板固定部材 81 は、第 1 外周面 91 の内側にあってもよい。

[0030] 第 2 基板固定部材 82 は、第 1 基板固定部材 81 と第 2 面 21 との間にある。言い換えれば、第 2 基板固定部材 82 は、ギャップ 2 (図 2 参照) に配置されている。第 2 基板固定部材 82 は、第 2 面 21 に接していてもよい。第 2 基板固定部材 82 は、第 1 基板固定部材 81 に対面している。上下方向 Z に垂直な方向において、第 2 基板固定部材 82 は、第 2 面 21 の外縁に沿っている。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 2 基板固定部材 82 は、第 3 外周面 93 に沿っている。上下方向 Z に垂直な方向において、第 2 基板固定部材 82 は、第 2 面 21 の外縁の内側にあってもよい。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 2 基板固定部材 82 は、第 3 外周面 93 の内側にあってもよい。

[0031] 第 1 基板固定部材 81 および第 2 基板固定部材 82 の各々は、非磁性体材料によって構成されている。第 1 基板固定部材 81 および第 2 基板固定部材 82 の各々は、透光性を有していてもよい。具体的には、第 1 基板固定部材

８１および第２基板固定部材８２の各々は、ガラスまたはプラスチック等の透光性材料によって構成されていてもよい。第１基板固定部材８１および第２基板固定部材８２の各々は透明であってもよい。

[0032] 図３に示されるように、上下方向Ｚにおいて、基板構造体２００は、第１基板固定部材８１と第２基板固定部材８２との間にある。言い換えれば、基板構造体２００は、ギャップ２（図２参照）に配置されている。別の観点から言えば、主基板５は、ギャップ２に配置されている。主基板５は、第２基板固定部材８２に接している。主基板５は、第１主面５１と、第２主面５２とを有している。第１主面５１は、主基板５の表面である。第２主面５２は、第１主面５１の反対側にある。第２主面５２は、主基板５の裏面である。第２主面５２において、主基板５は、第２基板固定部材８２に接している。主基板５は、上下方向Ｚに垂直な方向に延在している。

[0033] 主基板５は、透光性の材料によって構成されている。主基板５は、たとえばガラスによって構成されている。具体的には、主基板５は、アルカリ金属元素を含まないガラスによって構成されている。より具体的には、主基板５は、たとえば非晶質の無アルカリガラスまたはホウ珪酸ガラスによって構成されている。主基板５は透明であってもよい。

[0034] 主基板５において、第１素子３が設けられている。具体的には、主基板５の第１主面５１上において、第１素子３が設けられている。第１素子３は、第１主面５１に接している。第１素子３は、第１基板固定部材８１と第２基板固定部材８２との間にある。第１素子３は、第１面１１と第２面２１との間にある。第１素子３は、ギャップ２（図２参照）にある。

[0035] 主基板５において、測定回路５０が設けられている。具体的には、主基板５の第１主面５１上において、測定回路５０が設けられている。測定回路５０は、第１主面５１に接している。第１配線部７１は、第１素子３に接している。上下方向Ｚにおいて、第１配線部７１は、第１素子３と第１基板固定部材８１との間にある。

[0036] 第１絶縁膜４１は、第１主面５１、第１素子３、測定回路５０および第１

配線部 7 1 の各々に接している。第 1 素子 3 は、主基板 5 と第 1 絶縁膜 4 1 との間にある。測定回路 5 0 は、主基板 5 と第 1 絶縁膜 4 1 との間にある。上下方向 Z において、第 1 絶縁膜 4 1 は、主基板 5 と第 1 基板固定部材 8 1 との間にある。第 1 絶縁膜 4 1 は、透光性の材料によって構成されている。第 1 絶縁膜 4 1 は、透明であってもよい。

[0037] 第 3 絶縁膜 4 3 は、第 1 絶縁膜 4 1 に対して主基板 5 の反対側にある。別の観点から言えば、第 1 絶縁膜 4 1 は、主基板 5 と第 3 絶縁膜 4 3 との間にある。第 3 絶縁膜 4 3 は、第 1 絶縁膜 4 1、第 1 配線部 7 1 および第 1 基板固定部材 8 1 の各々に接している。上下方向 Z において、第 3 絶縁膜 4 3 は、第 1 絶縁膜 4 1 と第 1 基板固定部材 8 1 との間にある。第 3 絶縁膜 4 3 は、透光性の材料によって構成されている。第 3 絶縁膜 4 3 は、透明であってもよい。第 3 絶縁膜 4 3 は、たとえば第 1 絶縁膜 4 1 と同じ材料によって構成されている。

[0038] 図 4 は、第 1 方向 1 0 1 に見た電流センサ 1 0 0 の構成を示す第 1 平面模式図である。説明の便宜のため、図 4 において、第 1 絶縁膜 4 1、第 3 絶縁膜 4 3 および基板固定部 8 0 の各々は図示されていない。図 5 は、第 1 方向 1 0 1 に見た電流センサ 1 0 0 の構成を概略的に示す第 2 平面模式図である。説明の便宜のため、図 5 において、第 1 コア部 1 0、基板固定部 8 0、第 1 絶縁膜 4 1 および第 3 絶縁膜 4 3 の各々は図示されていない。

[0039] 図 4 および図 5 に示されるように、第 1 素子 3 は、たとえばコイルパターンである。第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子 3 は、スパイラル状に設けられている。具体的には、第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子 3 の形状は、同一平面上に形成されている渦巻き形状である。図 4 および図 5 の各々において、斜線が付されている部分は、第 1 素子 3 を示している。第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子 3 は、第 1 コア部 1 0 の第 1 面 1 1 および第 2 コア部 2 0 の第 2 面 2 1 の各々に重なっている。第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子 3 は、第 1 面 1 1 および第 2 面 2 1 の各々の外縁の内側にあることが好ましい。別の観点から言えば、第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子 3 は、第 1 外周面 9 1 お

よび第3外周面93の各々の内側にあることが好ましい。第1方向101に見て、第1素子3の中心は、第1面11および第2面21の各々の中心と実質的に一致していることが好ましい。

[0040] 図4および図5に示されるように、第1方向101に見て、測定回路50は、第1面11および第2面21の各々の外側にある。別の観点から言えば、第1方向101に見て、測定回路50は、ギャップ2（図2参照）の外側にある。第1方向101に見て、測定回路50は、第1外周面91および第3外周面93の各々の外側にある。

[0041] 図4および図5に示されるように、主基板5は、検出領域85と、外周領域86とを有している。検出領域85は、第1方向101に見て第2面21の外縁の内側にある主基板5の領域である。外周領域86は、検出領域85に連なっている。外周領域86は、第1方向101に見て第2面21の外側にある主基板5の領域である。第1方向101に見て、第1素子3は、検出領域85内にある。第1方向101に見て、測定回路50は、外周領域86内にある。

[0042] 左右方向Xにおいて、主基板5の端部は、第1外周面91よりも第2外周面92側に位置していてもよい。左右方向Xにおいて、主基板5の端部は、第3外周面93よりも第4外周面94側に位置していてもよい。

[0043] （基板構造体の構成）

次に、図6および図7を参照して、実施の形態1に係る基板構造体200の構成について説明する。なお、説明の便宜のため、図6において、第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々は図示されていない。

[0044] 図6に示されるように、第1素子3は、第1コイルパターン部17と、第1外周端部19と、第1内周端部18とを有している。第1方向101に見て、第1コイルパターン部17は、スパイラル状に設けられている。具体的には、第1方向101に見て、第1コイルパターン部17の形状は、同一平面上に形成されている渦巻き形状である。第1外周端部19は、第1コイルパターン部17に連なっている。第1内周端部18は、第1コイルパターン

部 1 7 に連なっている。第 1 内周端部 1 8 は、第 1 コイルパターン部 1 7 に取り囲まれている。

[0045] 第 1 素子 3 は、たとえば銅 (Cu)、アルミニウム (Al)、Cu を主成分とする合金または Al を主成分とする合金によって構成されている。なお、本明細書において、主成分とは、合金に含まれる元素の内、最も重量が大きい元素を意味している。第 1 素子 3 は、磁束を吸収しないように、常磁性または非磁性の材料によって構成されていることが好ましい。第 1 素子 3 は、電気抵抗の低い導電材料によって構成されていることが好ましい。第 1 素子 3 の比抵抗値は、たとえば $5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下である。

[0046] 図 6 に示されるように、第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 配線部 7 1 の一部は、第 1 素子 3 と重なっている。第 1 配線部 7 1 は、第 1 素子 3 の第 1 内周端部 1 8 に接続されている。第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 配線部 7 1 は、第 1 素子 3 と交差している。具体的には、第 1 配線部 7 1 は、第 1 素子 3 の上方において、第 1 内周端部 1 8 から、主基板 5 の外周領域 8 6 に向かって延びている。

[0047] 第 1 配線部 7 1 は、たとえば導電性を有し且つ透光性を有している材料によって構成されている。具体的には、第 1 配線部 7 1 は、たとえば多結晶酸化インジウムスズ (ITO: Indium Tin Oxide) によって構成されている。言い換えれば、第 1 配線部 7 1 は、たとえば酸化インジウム (In_2O_3) と酸化スズ (SnO_2) とによって構成されている。第 1 配線部 7 1 において、第 1 配線部 7 1 全体の重量に対する In_2O_3 の重量の比率は、たとえば 90% である。第 1 配線部 7 1 において、第 1 配線部 7 1 全体の重量に対する SnO_2 の重量の比率は、たとえば 10% である。第 1 配線部 7 1 の比抵抗値は、たとえば $200 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ である。第 1 配線部 7 1 の可視光に対する透光性は、たとえば 80% 以上である。

[0048] 第 2 配線部 7 2 は、第 1 素子 3 の第 1 外周端部 1 9 に連なっている。第 2 配線部 7 2 は、たとえば第 1 素子 3 と同じ材料によって構成されている。

[0049] 図 7 は、上下方向 Z および左右方向 X に平行であり且つ第 1 素子 3 と交差

する断面を示す拡大断面模式図である。図7に示されるように、上下方向Zにおける主基板5の厚みは、厚みHとされる。厚みHは、たとえば0.6mmである。厚みHは、たとえば0.1mm以上であってもよいし、0.3mm以上であってもよいし、0.4mm以上であってもよい。厚みHの上限は、ウエハプロセス上の制約または電流センサ100の寸法上の制約に基づいて、適宜設定される。具体的には、厚みHの上限は、たとえば2mm以下である。上下方向Zにおける第1素子3の厚みは、たとえば200nmである。

[0050] 第1配線部71は、第1接続部材112と、第1配線部材111とを有している。第1接続部材112は、第1絶縁膜41および第1素子3の第1内周端部18の各々に接している。上下方向Zにおける第1接続部材112の厚みは、たとえば200nmである。第1配線部材111は、第1接続部材112に連なっている。第1接続部材112は、第1配線部材111と第1内周端部18との間にある。上下方向Zにおける第1配線部材111の厚みは、たとえば100nmである。第2配線部72は、主基板5の第1主面51上に設けられている。

[0051] 第1絶縁膜41は、第1素子3を保護している。第1絶縁膜41は、たとえば酸化シリコン(SiO_2)または窒化シリコン(Si_3N_4)によって構成されている。第1素子3を保護するという点において、第1絶縁膜41は、緻密性および被覆性能の高い Si_3N_4 によって構成されていることが好ましい。第1絶縁膜41は、 SiO_2 膜と Si_3N_4 膜との積層構造を有していてもよい。上下方向Zにおける第1絶縁膜41の厚みは、たとえば400nmである。

[0052] 図7に示されるように、第1絶縁膜41は、第1内周面141を有している。第1内周面141において、第1絶縁膜41は、第1接続部材112に接している。第1内周面141は、第1接続部材112を取り囲んでいる。第1内周面141に囲まれた空間において、第1素子3の第1内周端部18は、第1絶縁膜41から露出している。言い換えれば、第1内周面141は、コンタクトホールを形成している。

[0053] 第3絶縁膜43は、第1配線部71を保護している。第3絶縁膜43は、たとえば第1絶縁膜41と同じ材料によって構成されている。上下方向Zにおける第3絶縁膜43の厚みは、たとえば400nmである。

[0054] (電流センサの製造方法)

次に、図8から図10を参照して、電流センサ100の製造方法について説明する。

[0055] 図8に示されるように、実施の形態1に係る電流センサ100の製造方法は、基板構造体作製工程(S10)と、組立工程(S20)とを主に有している。

[0056] まず、基板構造体作製工程(S10)が実施される。図9は、主基板5上に第1素子3および第1絶縁膜41の各々が形成されている状態を示す断面模式図である。図9に示される断面模式図は、図7に示される断面模式図に対応している。主基板5が洗浄される。スパッタリング法を用いて、主基板5の第1主面51上に第1導電膜が形成される。第1導電膜は、たとえばCuによって構成されている。スパッタリング法において、たとえばアルゴン(Ar)ガスが用いられる。上下方向Zにおける第1導電膜の厚みは、たとえば200nmとされる。第1導電膜の比抵抗値は、たとえば $2.2\mu\Omega\cdot\text{cm}$ とされる。

[0057] 写真製版技術を用いて、第1導電膜上にフォトレジストパターンが形成される。フォトレジストパターンは、第1導電膜をエッチングする際のマスクとしての機能を有している。たとえばイオンビームエッチング(IBE: Ion Beam Etching)法を用いて、第1導電膜がエッチングされる。フォトレジストパターンが除去される。以上のように、第1導電膜がエッチングされることによって、主基板5の第1主面51上に、第1素子3および第2配線部72の各々が形成される。

[0058] 化学気相蒸着(CVD: Chemical Vapor Deposition)法を用いて、第1素子3、第2配線部72および主基板5の第1主面51の各々の上に、第1絶縁膜41が形成される。次に、第1絶縁膜41

がエッチングされる。第1絶縁膜41のエッチングにおいて、反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)法が用いられる。RIE法におけるエッチングガスとして、たとえばフッ素(F)、六フッ化硫黄(SF₆)または四フッ化炭素(CF₄)等を含むガスが用いられる。これによって、第1内周面141が形成される。図9に示されるように、第1内周面141は、コンタクトホール99を形成している。コンタクトホール99において、第1素子3の第1内周端部18が露出している。

[0059] スパッタリング法を用いて、第1素子3の第1内周端部18および第1絶縁膜41の各々の上に、第2導電膜が形成される。第2導電膜を形成するスパッタリング法においては、たとえばArおよび水素原子(H)を含むガスが用いられる。具体的には、水素(H₂)ガスまたは水蒸気(H₂O)とArとを混合したガスが、スパッタリング法に用いられる。第2導電膜は、たとえば非晶質状態のITOによって構成されている。言い換えれば、第2導電膜は、アモルファスITOによって構成されている。

[0060] 次に、第2導電膜がエッチングされる。第2導電膜のエッチングにおいて、たとえばウエットエッチング法が用いられる。ウエットエッチング法における薬液として、シュウ酸溶液が用いられる。シュウ酸溶液は弱酸性である。このため、シュウ酸溶液は、CuおよびCuを主成分とする合金をエッチングしない。これによって、第1絶縁膜41においてピンホール等が形成されている場合においても、第1素子3がエッチングされることを抑制することができる。この結果、電流センサ100の不良の発生を抑制することができる。

[0061] 主基板5、第1素子3、第1絶縁膜41および第2導電膜は熱処理される。熱処理における第2導電膜の温度は、たとえば150℃以上200℃以下とされる。熱処理における雰囲気は、たとえば大気、真空、Arガスまたは窒素(N₂)ガスによって満たされる。熱処理によって、第2導電膜を構成しているアモルファスITOは多結晶化する。これによって、第1配線部71が形成される。

- [0062] CVD法を用いて、第1絶縁膜41および第1配線部71の各々の上に、第3絶縁膜43が形成される。第1絶縁膜41、第3絶縁膜43および第1配線部71の各々が透光性を有する材料によって構成されているため、第1絶縁膜41、第3絶縁膜43および第1配線部71を介して第1素子3の形状を良好に視認することができる。
- [0063] 以上のようにして、図6および図7に示される基板構造体200が作製される。なお、基板構造体作製工程(S10)は、上記の工程の他に、測定回路50を作製する工程を有していてもよい。主基板5がアルカリ金属元素を含まないガラスによって構成されている場合、アルカリイオンによる半導体材料の汚染を抑制することができる。このため、第1素子3の形成と同時に、半導体材料を含む測定回路50の形成を行うことができる。
- [0064] 次に、組立工程(S20)が実施される。図10は、実施の形態1に係る組立工程における第1コア部10上に第2基板固定部材82と基板構造体200とが配置された状態を示す断面模式図である。図10に示される断面模式図は、図3に示される断面模式図に対応している。
- [0065] 図10に示されるように、第2コア部20の第2面21上に、第2基板固定部材82が配置される。第2基板固定部材82上に、基板構造体200が配置される。具体的には、第1方向101に見て、第1素子3の中心が第2面21の中心と一致するように、基板構造体200が配置される。
- [0066] 第1基板固定部材81が、基板構造体200上に配置される。第2コア部20および第1基板固定部材81上に、第1コア部10が配置される。第1接着面15および第2接着面25の少なくとも一方において、接着剤が塗布される。第1コア部10の第1接着面15は、第2コア部20の第2接着面25に接する。第1コア部10の第1面11は、第1基板固定部材81に接する。接着剤によって、第1コア部10と第2コア部20とが接着される。用途に応じてパッケージ筐体(図示せず)等が取り付けられる。第1コア部10と第2コア部20との間において、電流線8が配置される。以上のようにして、図1から図5に示される電流センサ100が作製される。

[0067] 次に、実施の形態 1 に係る電流センサ 100 の作用効果について説明する。

図 11 は、電流線 8 に電流が流された際に生じる磁束を模式的に視覚化して示す断面模式図である。図 11 に示される断面模式図は、図 3 に示される断面模式図に対応している。図 11 に示されるように、電流線 8 に被測定電流が流されることによって、磁気コア 1 内に磁束信号 108 が生じる。本明細書において、第 1 矢印 108 は、磁束信号 108 を模式的に視覚化して示している。磁束信号 108 の方向は、被測定電流の流れる方向に見て、時計回りの方向である。磁束信号 108 の磁束密度は、被測定電流の電流値に比例する。

[0068] ギャップ 2 において、磁束信号 108 は磁気コア 1 から漏れ出す。これによって、漏れ磁束 109 が生じる。本明細書において、第 2 矢印 109 は、漏れ磁束 109 の流れを模式的に視覚化して示している。漏れ磁束 109 の方向は、たとえば上下方向 Z に沿う方向である。第 1 素子 3 は、漏れ磁束 109 を取り囲む。別の観点から言えば、漏れ磁束 109 は、第 1 素子 3 に囲まれた空間を貫通する。言い換えれば、漏れ磁束 109 は、第 1 素子 3 と鎖交する。

[0069] 第 1 素子 3 において、電圧信号が生じる。具体的には、漏れ磁束 109 の磁束密度の時間変化によって、第 1 素子 3 において誘導起電力が生じる。言い換えれば、第 1 素子 3 に囲まれた空間における磁束密度の時間変化によって、第 1 素子 3 において誘導起電力が生じる。第 1 素子 3 において生じる誘導起電力の大きさは、漏れ磁束 109 の磁束密度の時間変化の大きさに比例する。測定回路 50 は、第 1 素子 3 において生じた電圧信号に基づいて、被測定電流の電流値または被測定電流の電力量を測定する。以上のようにして、電流センサ 100 は、被測定電流の電流値または被測定電流の電力量を測定する。

[0070] 磁気コア 1 の第 1 面 11 および第 2 面 21 の各々と、第 1 素子 3 との間で位置ずれが生じている場合、位置ずれが生じていない場合と比較して、第 1

素子3に生じる誘導起電力が小さくなる。このため、電流センサ100の検出精度および検出感度が変化することがある。言い換えれば、電流センサ100の検出精度および検出感度のばらつきが生じることがある。これによって、電流センサ100の信頼性が低下するおそれがある。

[0071] 実施の形態1に係る電流センサ100によれば、主基板5は透光性材料によって構成されている。このため、組立工程(S20)において、主基板5を通して、磁気コアの第1面11および第2面21の各々の外縁と、第1素子3とを同時に視認することができる。これによって、第1面11および第2面21の各々と第1素子3との正確な位置合わせを容易に行うことができる。この結果、電流センサ100の検出感度を向上することができる。さらに、電流センサ100の検出精度を向上することができる。これによって、電流センサ100の信頼性を向上することができる。

[0072] 実施の形態1に係る電流センサ100によれば、主基板5において、測定回路50が設けられている。このため、第1素子3と測定回路50とを接続するための構成要素を削減することができる。これによって、電流センサ100の検出精度および検出感度における外部ノイズによる影響を抑制することができる。

[0073] また、測定回路50を設けるための主基板5以外の基板を削減することができる。これによって、電流センサ100のサイズおよびコストの各々を低減することができる。

[0074] 主基板5が変形しやすい場合、組立時または使用時に主基板5に負荷される力によって、主基板5が変形することがある。具体的には、組立時に主基板5に負荷される応力、電流測定時に第1素子3に生じる熱による熱応力、実使用時の電流センサ100の姿勢によって変化する重力、使用環境における道路の交通状況による振動、またはその他の振動源による振動等によって、主基板5が変形することがある。これによって、第1素子3が、磁気コア1の第1面11および第2面21の各々に対して傾くおそれがある。この場合、第1素子3が、第1面11および第2面21の各々に対して傾いていな

い場合と比較して、第1素子3を貫通する漏れ磁束109の磁束密度が低下する。このため、電流センサ100の信頼性が低下するおそれがある。

[0075] 実施の形態1に係る電流センサ100によれば、主基板5は、ガラスによって構成されている。ガラスは、チタン酸バリウム (BaTiO_3)、アルミナ (Al_2O_3) および窒化ホウ素 (BN) などのファインセラミックスと同程度に固く変形しにくい。このため、主基板5の変形を抑制することができる。この結果、電流センサ100の信頼性の低下を抑制することができる。

[0076] また、ガラスは、 BaTiO_3 、 Al_2O_3 および BN 等のファインセラミックスよりも低コストで製造できる。これによって、電流センサ100のコストを低減することができる。

[0077] 通常、ウエハプロセス等の電流センサ100の製造工程において、主基板5に応力が加えられる。また、電流センサ100の実使用環境下において、主基板5に外力が加えられる。実施の形態1に係る電流センサ100によれば、主基板5はガラスによって構成されている。このため、上下方向Zにおける主基板5の厚みHが0.3mm以上である場合、電流センサ100の製造工程および電流センサ100の実使用環境下の各々において、主基板5の変形を十分に抑制することができる。また、上下方向Zにおける主基板5の厚みHが0.4mm以上である場合、電流センサ100の製造工程および電流センサ100の実使用環境下の各々において、主基板5の変形をより効果的に抑制することができる。

[0078] 通常、ガラスエポキシ等によって構成されているプリント基板上に、コイルパターンを形成する場合、スクリーン印刷、フレキソ印刷、インクジェット印刷等の印刷法が用いられる。印刷法を用いた場合、コイルパターンの細線化およびコイルパターンの狭ピッチ化が困難になる。

[0079] 実施の形態1に係る電流センサ100によれば、主基板5は、ガラスによって構成されている。ガラスは、プリント基板よりも高い耐熱性を有している。このため、第1素子3等の形成において、写真製版工程をベースとした半導体製造工程（ウエハプロセス）を用いることができる。これによって、

印刷法を用いて第1素子3を形成する場合と比較して、第1素子3の微細化が可能になる。言い換えれば、第1素子3の第1コイルパターン部17の巻き数を増加し、且つ第1コイルパターン部17の形状および位置の各々の精度を向上することができる。この結果、電流センサ100の検出精度および検出感度を向上することができる。

[0080] 上下方向Zに垂直な方向において、第1面11および第2面21の各々の外側に位置する漏れ磁束109は、外部環境の影響を受けやすい。このため、第1素子3が、第1面11および第2面21の各々の外側に位置する漏れ磁束109を検出する場合、電流センサ100の信頼性が低下するおそれがある。実施の形態1に係る電流センサ100によれば、第1方向101に見て、第1素子3は、第1面11および第2面21の各々の外縁の内側にある。このため、電流センサ100の信頼性の低下を抑制することができる。

[0081] (実施の形態1の変形例)

なお、上記において、実施の形態1に係る電流センサ100の構成について説明したが、本開示は上記構成に限定されない。具体的には、たとえば電流センサ100は、基板固定部80を有していなくてもよい。図12を参照して、実施の形態1の変形例に係る電流センサ100の構成について説明する。図12に示される断面模式図は、図3に示される断面模式図に対応している。

[0082] 図12に示されるように、基板構造体200は、磁気コア1に直接挟み込まれていてもよい。別の観点から言えば、磁気コア1の第1面11および第2面21の各々において、基板構造体200は磁気コア1に接していてもよい。主基板5の第2主面52は、第2面21に接していてもよい。第1面11において、第3絶縁膜43は、磁気コア1に接していてもよい。この場合、上下方向Zにおける第1面11と第2面21との間の距離を小さくすることができる。これによって、漏れ磁束109（図11参照）の拡散を抑制することができる。言い換えれば、上下方向Zに垂直な方向において、第1面11および第2面21の各々の外側に散逸する漏れ磁束109の量を低減す

ることができる。この結果、電流センサ 100 の信頼性を向上することができる。

[0083] 主基板 5 は、たとえば石英ガラス、結晶化ガラスまたは非晶質のソーダライムガラス、によって構成されていてもよい。主基板 5 は、たとえばアクリルまたはプラスチック等によって構成されていてもよい。主基板 5 は、主基板 5 の外周領域 86 において、図示されていない固定部材によって固定されていてもよい。

[0084] 磁気コア 1 は、一つの部品によって構成されていてもよい。言い換えれば、第 1 コア部 10 と第 2 コア部 20 とは、互いに連なっている一つの部品であってもよい。

[0085] 磁気コア 1 の第 1 コア部 10 および第 2 コア部 20 の各々は、ガーネット型フェライトによって構成されていてもよい。磁気コア 1 は、鉄 (Fe)、コバルト (Co) およびニッケル (Ni) のいずれか 1 種類以上の強磁性元素を含む金属材料によって構成されていてもよい。

[0086] 第 1 基板固定部材 81 および第 2 基板固定部材 82 の各々は、たとえば主基板 5 と同じ材料によって構成されていてもよい。第 1 基板固定部材 81 および第 2 基板固定部材 82 の各々は、たとえば BaTiO_3 、 Al_2O_3 または BN 等のファインセラミックスによって構成されていてもよい。

[0087] 第 1 素子 3 は、たとえば、添加元素を含む Cu 合金によって構成されていてもよい。添加元素は、たとえばチタン (Ti)、バナジウム (V)、クロム (Cr)、マンガン (Mn) およびモリブデン (Mo) からなる群から選択される少なくとも一つ以上の金属元素である。Cu 合金における添加元素の量は、0.1 原子パーセント以上 20 原子パーセント未満であることが好ましい。この場合は、第 1 素子 3 の比抵抗値は、 $5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 未満とすることができる。また、第 1 素子 3 と主基板 5 との間の密着性を向上することができる。さらに、第 1 素子 3 における耐食性および耐酸化性を向上することができる。第 1 素子 3 は、ホール素子または磁気抵抗 (MR) 素子であってもよい。

- [0088] 第1素子3および第1絶縁膜41の各々と主基板5との間において、下地膜が設けられていてもよい。下地膜は、たとえば SiO_2 または Si_3N_4 によって構成されている。これによって、主基板5と第1素子3との間の密着性を向上することができる。下地膜は、たとえばスパッタリング法またはCVD法を用いて形成される。
- [0089] 第1素子3は、酸素原子を含んでいてもよい。これによって、主基板5と第1素子3との間の密着性を向上することができる。基板構造体作製工程（S10）の第1導電膜を形成するスパッタリング法において、Arと酸素（ O_2 ）との混合ガスを用いることによって、酸素原子を含む第1素子3を形成することができる。この場合、混合ガスの圧力に対する O_2 ガスの分圧の比率は、0.1%以上5%未満であることが好ましい。混合ガスの圧力に対する O_2 ガスの分圧の比率が0.1%未満である場合、主基板5と第1素子3との間の密着性が十分に向上しないことがある。混合ガスの圧力に対する O_2 ガスの分圧の比率が5%以上である場合、第1素子3の比抵抗値が増大するおそれがある。
- [0090] 主基板5の直径が6インチ以上である場合、または主基板5の一辺が150cmを超える場合においては、IBE法を用いて第1導電膜の全面を均一にエッチングすることが困難になる。このため、上記のように主基板5のサイズが大きい場合、薬液浸漬または薬液スプレー噴射等のウェットエッチング法を用いることが好ましい。薬液として、硝酸第2セリウムアンモニウム（CAN）系薬液、または過酸化水素（ H_2O_2 ）系薬液を用いることが好ましい。
- [0091] 第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々は、スピノングラス（SG: Spin On Glass）法を用いて形成されてもよい。第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々は、エポキシ系樹脂またはアクリル系樹脂によって構成されていてもよい。この場合、第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々は、たとえば塗布法を用いて形成される。
- [0092] 基板構造体200は、第3絶縁膜43を有していなくてもよい。別の観点

から言えば、第1配線部71は露出していてもよい。多結晶ITOは、高い化学的安定性を有している。具体的には、多結晶ITOは、王水系薬液以外のほとんどの酸薬液に溶けることはない程の高い薬液耐性を有している。このため、第1配線部71が露出している場合においても、第1配線部71における不良の発生を抑制することができる。

[0093] 第1配線部71は、透光性を有しない材料によって構成されていてもよい。具体的には、第1配線部71は、たとえばCu、Al、Cu合金またはAl合金によって構成されていてもよい。

[0094] 実施の形態2.

次に、図13を参照して、実施の形態2に係る電流センサ100の構成について説明する。実施の形態2に係る電流センサ100の構成は、主に、電流センサ100が第1アライメントマーク61と第2アライメントマーク62と第3アライメントマーク63とを有している点において、実施の形態1に係る電流センサ100の構成と異なっており、その他の点については、実施の形態1に係る電流センサ100の構成と実質的に同一である。以下、実施の形態1に係る電流センサ100の構成と異なる点を中心に説明する。

[0095] (電流センサの構成)

図13は、電流センサ100における第1素子3の周辺を拡大した拡大平面模式図である。説明の便宜のため、図13において、第1コア部10、基板固定部80、第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々は図示されていない。図13において、斜線が付されている部分は、第1素子3を示している。図13に示されるように、基板構造体200は、第1アライメントマーク61と、第2アライメントマーク62とをさらに有していてもよい。電流センサ100は、第3アライメントマーク63をさらに有していてもよい。第1アライメントマーク61、第2アライメントマーク62および第3アライメントマーク63の各々は、主基板5と、磁気コア1とを位置合わせするために用いられる。

[0096] 主基板5において、第1アライメントマーク61が設けられている。第1

方向１０１に見て、第１アライメントマーク６１の形状は、たとえば十字状である。第１アライメントマーク６１は、主基板５の検出領域８５の角にある。第１アライメントマーク６１は、第２面２１に位置合わせされている。具体的には、第１方向１０１に見て、第１アライメントマーク６１は、第２コア部２０の第２面２１の角にある。言い換えれば、第１方向１０１に見て、第１アライメントマーク６１は、第２コア部２０の第３外周面９３と重なっている。第１アライメントマーク６１は、第１コア部１０の第１面１１（図３および図４参照）に位置合わせされていてもよい。別の観点から言えば、第１アライメントマーク６１は、第１面１１および第２面２１の少なくとも一方と位置合わせされている。第１アライメントマーク６１は、たとえば第１素子３と同じ材料によって構成されている。

[0097] 主基板５において、第２アライメントマーク６２が設けられている。第１方向１０１に見て、第２アライメントマーク６２は、主基板５の検出領域８５の内側にある。第１方向１０１に見て、第２アライメントマーク６２は、たとえば検出領域８５の中心にある。第２アライメントマーク６２は、第１素子３に取り囲まれている。第１方向１０１に見て、第２アライメントマーク６２は、第２面２１に重なっている。第１方向１０１に見て、第２アライメントマーク６２の形状は、たとえば長方形である。第２アライメントマーク６２は、たとえば第１素子３と同じ材料によって構成されている。

[0098] 第２面２１において、第３アライメントマーク６３が設けられていてもよい。第２アライメントマーク６２は、第３アライメントマーク６３に位置合わせされている。具体的には、第１方向１０１に見て、第３アライメントマーク６３は、第２アライメントマーク６２を取り囲んでいる。第１方向１０１に見て、第３アライメントマーク６３は、第１素子３に取り囲まれている。第１方向１０１に見て、第３アライメントマーク６３の形状は、たとえば環状である。

[0099] （電流センサの製造方法）

次に、実施の形態２に係る電流センサ１００の製造方法について説明する

。

[0100] 基板構造体作製工程（S10）において、第1アライメントマーク61および第2アライメントマーク62の各々は、第1素子3と同時に形成される。具体的には、基板構造体作製工程（S10）において、第1導電膜をエッチングすることによって、第1アライメントマーク61および第2アライメントマーク62の各々が形成される。

[0101] 次に、実施の形態2に係る電流センサ100の作用効果について説明する。

実施の形態2に係る電流センサ100によれば、主基板5において、第1アライメントマーク61が形成されている。第1アライメントマーク61は、第1面11および第2面21の少なくとも一方と位置合わせされる。このため、組立工程（S20）において、主基板5と、第1面11および第2面21の少なくとも一方との位置合わせをより正確に行うことができる。これによって、第1素子3と、第1面11および第2面21の少なくとも一方との位置合わせをより正確に行うことができる。

[0102] 実施の形態2に係る電流センサ100によれば、主基板5において、第2アライメントマーク62が形成されている。第2面21において第3アライメントマーク63が形成されている。第2アライメントマーク62は、第3アライメントマーク63に位置合わせされる。このため、組立工程（S20）において、第2アライメントマーク62と第3アライメントマーク63とを位置合わせすることによって、主基板5と第2面21とをより正確に位置合わせすることができる。これによって、第1素子3と第2面21との位置合わせをより正確に行うことができる。

[0103] （実施の形態2の変形例）

なお、上記においては、第2面21において、第3アライメントマーク63が設けられている構成について説明したが、本開示は、上記構成に限定されない。具体的には、たとえば第2基板固定部材82において、第3アライメントマーク63が設けられていてもよい。第1方向101に見て、第2基

板固定部材 8 2 と第 2 面 2 1 とは、位置合わせされていてもよい。これによって、第 2 基板固定部材 8 2 が透光性を有していない場合においても、第 2 アライメントマーク 6 2 と第 3 アライメントマーク 6 3 との位置合わせを行うことができる。この結果、第 1 素子 3 と第 2 面 2 1 との位置合わせをより正確に行うことができる。

[0104] 磁気コア 1 が一つの部品によって構成されている場合、第 1 面 1 1、第 2 面 2 1 および第 1 素子 3 の各々を斜めから視認しつつ、第 1 面 1 1 および第 2 面 2 1 の各々と第 1 素子 3 との位置合わせが行われる。このように斜めから視認しつつ位置合わせが行われる場合であっても、主基板 5 または磁気コア 1 に形成されたアライメントマークを用いることによって、第 1 面 1 1 および第 2 面 2 1 の各々と第 1 素子 3 との間における位置ずれを抑制することができる。

[0105] 実施の形態 3.

次に、図 1 4 から図 1 6 を参照して、実施の形態 3 に係る電流センサ 1 0 0 の構成について説明する。実施の形態 3 に係る電流センサ 1 0 0 は、主に、フレキシブルプリント回路 9 を有している点において、実施の形態 2 に係る電流センサ 1 0 0 の構成と異なっており、その他の点については、実施の形態 2 に係る電流センサ 1 0 0 の構成と実質的に同一である。以下、実施の形態 2 に係る電流センサ 1 0 0 の構成と異なる点を中心に説明する。

[0106] なお、説明の便宜のため、図 1 4 において、第 1 絶縁膜 4 1、第 3 絶縁膜 4 3、測定回路 5 0 および基板固定部 8 0 の各々は図示されていない。図 1 6 に示される断面模式図は、図 3 に示される断面模式図に対応している。

[0107] (電流センサの構成)

図 1 4、図 1 5 および図 1 6 に示されるように、基板構造体 2 0 0 は、フレキシブルプリント回路 9 を有していてもよい。フレキシブルプリント回路 9 は、主基板 5 に接している。具体的には、フレキシブルプリント回路 9 は、主基板 5 の外周領域 8 6 において、主基板 5 に接している。第 1 素子 3 とフレキシブルプリント回路 9 とは、接続配線 7 によって電氣的に接続されて

いる。フレキシブルプリント回路 9 において、図示されていない測定回路 50 が設けられていてもよい。フレキシブルプリント回路 9 は変形可能である。

[0108] 実施の形態 3 に係る電流センサ 100 は、フレキシブルプリント回路 9 を有している。フレキシブルプリント回路 9 において、測定回路 50 が設けられている。このため、第 1 方向 101 に見た主基板 5 のサイズを低減することができる。この結果、主基板 5 に力が加わった場合における主基板 5 の変形を抑制することができる。

[0109] また、フレキシブルプリント回路 9 は変形可能である。このため、フレキシブルプリント回路 9 に力が負荷された際に、フレキシブルプリント回路 9 から主基板 5 への力の伝達を抑制することができる。これによって、主基板 5 の変形を抑制することができる。

[0110] 実施の形態 3 に係る電流センサ 100 によれば、第 1 方向 101 に見た主基板 5 のサイズを低減することができる。このため、主基板 5 の厚み H（図 7 参照）が薄い場合であっても、主基板 5 の変形を十分に抑制することができる。具体的には、厚み H は、たとえば 0.3 mm 未満であってもよい。このため、上下方向 Z における磁気コア 1 の第 1 面 11 と第 2 面 21 との間の距離を短くすることができる。これによって、漏れ磁束 109 における第 1 素子 3 の外側への拡散を抑制することができる。この結果、電流センサ 100 の検出精度および検出感度をより効果的に向上することができる。

[0111] 主基板 5 がガラスによって構成されている場合、主基板 5 上に第 1 素子 3 を形成した後に、フッ素酸（HF）系薬液を用いたウエットエッチング法によって、主基板 5 をエッチングすることができる。これによって、主基板 5 の厚み H が 0.1 mm 程度となるように薄板化加工をすることができる。

[0112] （実施の形態 3 の変形例）

なお、上記において、実施の形態 3 に係る電流センサ 100 の構成について説明したが、本開示は上記構成に限定されない。基板構造体 200 は、図示されていないプリント基板をさらに有していてもよい。プリント基板は、

フレキシブルプリント回路 9 を介して主基板 5 に接続されていてもよい。プリント基板において、測定回路 50 が設けられていてもよい。測定回路 50 は、フレキシブルプリント回路 9 と接続配線 7 とを介して第 1 素子 3 に接続されていてもよい。

[0113] 実施の形態 4.

次に、図 17 を参照して、実施の形態 4 に係る電流センサ 100 の構成について説明する。実施の形態 4 に係る電流センサ 100 は、主に、基板構造体 200 が補助基板 6 を有している点において、実施の形態 2 に係る電流センサ 100 の構成と異なっており、その他の点については、実施の形態 2 に係る電流センサ 100 の構成と実質的に同一である。以下、実施の形態 2 に係る電流センサ 100 の構成と異なる点を中心に説明する。なお、図 17 に示される断面模式図は、図 3 に示される断面模式図に対応している。

[0114] (電流センサの構成)

図 17 に示されるように、基板構造体 200 は、補助基板 6 と、接着部 83 とをさらに有している。補助基板 6 は、磁気コア 1 の第 1 面 11 と第 2 面 21 との間にある。言い換えれば、補助基板 6 は、ギャップ 2 (図 2 参照) にある。補助基板 6 は、第 1 素子 3 を保護している。

[0115] 補助基板 6 は、第 3 絶縁膜 43 上に設けられている。補助基板 6 は、第 1 素子 3 を覆っている。左右方向 X において、補助基板 6 の端部は、第 1 外周面 91 よりも電流線 8 側に位置していてもよい。左右方向 X において、補助基板 6 の端部は、第 3 外周面 93 よりも電流線 8 側に位置していてもよい。

[0116] 主基板 5 は、露出領域 87 を有していてもよい。露出領域 87 は、補助基板 6 に覆われていない主基板 5 の領域である。別の観点から言えば、上下方向 Z に垂直な方向において、露出領域 87 は、補助基板 6 の外側にある。露出領域 87 において、図示されていないフレキシブルプリント回路 9 または集積回路部品等の外部実装基板が、主基板 5 に取り付けられていてもよい。

[0117] 補助基板 6 は、透光性の材料によって構成されている。補助基板 6 は、透明であってもよい。補助基板 6 は、たとえば主基板 5 と同じ材料によって構

成されている。補助基板 6 は、第 3 主面 5 3 と、第 4 主面 5 4 とを有している。第 3 主面 5 3 は、主基板 5 の第 1 主面 5 1 に対面している。第 3 主面 5 3 において、補助基板 6 は、第 3 絶縁膜 4 3 に接している。第 4 主面 5 4 は、第 3 主面 5 3 の反対側にある。第 4 主面 5 4 において、補助基板 6 は、第 1 基板固定部材 8 1 に接している。

[0118] 接着部 8 3 は、主基板 5 と補助基板 6 とを接着している。具体的には、接着部 8 3 は、主基板 5 の第 1 主面 5 1 と、補助基板 6 の第 3 主面 5 3 とを接着している。接着部 8 3 は、たとえば熱硬化型の樹脂によって構成されている。接着部 8 3 は、たとえば紫外線硬化型の樹脂によって構成されていてもよい。

[0119] 次に、実施の形態 4 に係る電流センサ 1 0 0 の作用効果について説明する。

実施の形態 4 に係る電流センサ 1 0 0 は、補助基板 6 を有している。補助基板 6 は、第 1 素子 3 を覆っている。このため、主基板 5 に応力または外力が負荷された場合において、主基板 5 と補助基板 6 とが一体となることによって、主基板 5 の変形および振動を抑制することができる。これによって、磁気コア 1 の第 1 面 1 1 および第 2 面 2 1 の各々と、第 1 素子 3 との間の位置ずれをより効果的に抑制することができる。この結果、電流センサ 1 0 0 の検出感度および検出精度をより向上することができる。

[0120] 実施の形態 5.

次に、図 1 8 から図 2 2 を参照して、実施の形態 5 に係る電流センサ 1 0 0 の構成について説明する。実施の形態 5 に係る電流センサ 1 0 0 の構成は、主に、補助基板 6 において第 2 素子 4 が設けられている点において、実施の形態 4 に係る電流センサ 1 0 0 の構成と異なっており、その他の点については、実施の形態 4 に係る電流センサ 1 0 0 の構成と実質的に同一である。以下、実施の形態 4 に係る電流センサ 1 0 0 の構成と異なる点を中心に説明する。

[0121] なお、図 1 8 に示される断面模式図は、図 1 7 に示される断面模式図に対

応している。説明の便宜のため、図 19 において、補助基板 6、第 1 絶縁膜 41 および第 2 絶縁膜 42 の各々は図示されていない。図 20 において、第 1 絶縁膜 41、第 2 絶縁膜 42、第 1 導電材 75 および第 2 導電材 76 の各々は図示されていない。図 21 に示される拡大断面模式図は、図 7 に示される拡大断面模式図に対応している。図 22 に示される断面は、上下方向 Z および左右方向 X の各々に平行であり且つ第 1 配線部 71 および第 2 配線部 72 の各々と交差する断面である。

[0122] (電流センサの構成)

図 18 に示されるように、基板構造体 200 は、第 2 素子 4 と、第 2 絶縁膜 42 と、第 1 導電材 75 とをさらに有している。補助基板 6 において、第 2 素子 4 が設けられている。具体的には、補助基板 6 の第 3 主面 53 において、第 2 素子 4 が設けられている。第 2 素子 4 は、第 1 素子 3 に対面している。第 2 素子 4 は、電流線 8 に流れる電流によって生じる磁束を検出する。具体的には、第 2 素子 4 に囲まれた空間における磁束密度の時間変化によって、誘導起電力が電圧信号として第 2 素子 4 に生じる。第 2 素子 4 は、たとえばコイルパターンである。第 2 素子 4 は、たとえば第 1 素子 3 と同じ材料によって構成されている。

[0123] 補助基板 6 において、第 2 絶縁膜 42 が設けられている。第 2 絶縁膜 42 は、第 2 素子 4 を保護している。上下方向 Z において、第 2 絶縁膜 42 は、補助基板 6 と第 1 絶縁膜 41 との間にある。第 2 絶縁膜 42 は、第 3 主面 53、第 2 素子 4 および第 1 絶縁膜 41 の各々に接している。第 2 素子 4 は、補助基板 6 と、第 2 絶縁膜 42 との間にある。第 2 絶縁膜 42 は、たとえば第 1 絶縁膜 41 と同じ材料によって構成されている。上下方向 Z における第 2 絶縁膜 42 の厚みは、たとえば 400 nm である。

[0124] 第 1 導電材 75 は、第 1 素子 3、第 2 素子 4、第 1 絶縁膜 41 および第 2 絶縁膜 42 の各々に接している。第 1 導電材 75 は、第 1 素子 3 と第 2 素子 4 とを電氣的に接続している。

[0125] 図 19 に示されるように、第 1 方向 101 に見て、第 2 素子 4 は、第 1 素

子3に重なっている。第1方向101に見て、第2素子4は、主基板5の検出領域85内にある。別の観点から言えば、第1方向101に見て、第2素子4は、第1面11（図18参照）および第2面21（図18参照）の各々に重なっている。第1方向101に見て、接着部83は、主基板5の外周領域86内にある。

[0126] 図20は、補助基板6の位置をずらした状態を示す拡大平面模式図である。図20に示される矢印は、矢印の根元にある基板構造体200の部分が、矢印の先端の位置に配置されることを示している。

[0127] 図19および図20に示されるように、基板構造体200は、第4アライメントマーク64と、第5アライメントマーク65とをさらに有している。第4アライメントマーク64および第5アライメントマーク65の各々は、主基板5と補助基板6とを位置合わせするために用いられる。主基板5において、第4アライメントマーク64が設けられている。補助基板6において、第5アライメントマーク65が設けられている。第1方向101に見て、第5アライメントマーク65は、第4アライメントマーク64に位置合わせされている。

[0128] 第2素子4は、第3コイルパターン部37と、第3外周端部39と、第3内周端部38とを有している。第1方向101に見て、第3コイルパターン部37は、スパイラル状に設けられている。具体的には、第1方向101に見て、第3コイルパターン部37の形状は、同一平面上に形成されている渦巻き形状である。第1方向101に見て、第3コイルパターン部37の巻き方向は、第1コイルパターン部17の巻き方向と反対である。具体的には、第1方向101に見て、第1コイルパターン部17は、たとえば中心から外側に向かって時計回りのスパイラル状である。第1方向101に見て、第3コイルパターン部37は、たとえば中心から外側に向かって反時計回りのスパイラル状である。

[0129] 第3外周端部39は、第3コイルパターン部37に連なっている。第1方向101に見て、第3外周端部39は、第1配線部71に重なっている。第

第3外周端部39は、第1配線部71と電氣的に接続されている。第3内周端部38は、第3コイルパターン部37に連なっている。第3内周端部38は、第3コイルパターン部37に取り囲まれている。第1方向101に見て、第3内周端部38は、第1内周端部18に重なっている。第3内周端部38は、第1内周端部18と電氣的に接続されている。

[0130] 第1素子3と第2素子4とは、電氣的に直列に接続されている。具体的には、第1素子3および第2素子4の各々において生じた誘導電流が同じ方向に流れるように、第1素子3と第2素子4とは接続されている。より具体的には、第1素子3および第2素子4の各々において生じた誘導電流は、たとえば第2配線部72から第1配線部71に向かう方向に流れる。

[0131] 図19および図21に示されるように、第1導電材75は、第1素子3の第1内周端部18と、第2素子4の第3内周端部38とを電氣的に接続している。第1導電材75は、第1内周端部18、第3内周端部38、第1絶縁膜41および第2絶縁膜42の各々に接している。

[0132] 第2絶縁膜42は、第2内周面142を有している。第1内周面141および第2内周面142の各々は、第1導電材75を取り囲んでいる。第2内周面142に囲まれた空間において、第2素子4の第3内周端部38は、第2絶縁膜42から露出している。言い換えれば、第2内周面142は、コンタクトホールを形成している。

[0133] 図19および図22に示されるように、基板構造体200は、第2導電材76をさらに有している。第2導電材76は、第2素子4の第3外周端部39と、第1配線部71とを電氣的に接続している。主基板5の第1主面51において、第1配線部71は設けられている。第1配線部71は、たとえば第1素子3と同じ材料によって構成されている。

[0134] 第1絶縁膜41は、第3内周面143を有している。第3内周面143は、第2導電材76を取り囲んでいる。第3内周面143に囲まれた空間において、第1配線部71は、第1絶縁膜41から露出している。言い換えれば、第3内周面143は、コンタクトホールを形成している。

[0135] 第2絶縁膜42は、第4内周面144を有している。第4内周面144は、第2導電材76を取り囲んでいる。第4内周面144に囲まれた空間において、第3外周端部39は、第2絶縁膜42から露出している。言い換えれば、第4内周面144は、コンタクトホールを形成している。

[0136] (電流センサの製造方法)

次に、実施の形態5に係る電流センサ100の製造方法について説明する。

[0137] 基板構造体作製工程(S10)において、第1配線部71は、第1素子3と同時に形成される。第2素子4は、第1素子3と実質的に同一の工程によって形成される。具体的には、たとえば写真製版工程およびエッチング法を用いて、補助基板6の第3主面53において、第2素子4が形成される。第2絶縁膜42は、第1絶縁膜41と実質的に同一の工程によって形成される。具体的には、たとえばCVD法を用いて、補助基板6の第3主面53において、第2絶縁膜42が形成される。第1絶縁膜41の第1内周面141に囲まれた空間に第1導電材75が配置される。第1絶縁膜41の第3内周面143に囲まれた空間に第2導電材76が配置される。

[0138] 印刷法を用いて、主基板5の第1主面51上に接着部83を形成する。補助基板6が主基板5上に配置される。接着部83が熱硬化型の樹脂である場合、接着部83が100℃以上150℃以下の温度で加熱される。接着部83が紫外線型の樹脂である場合、接着部83に対して紫外線が照射される。これによって、主基板5と補助基板6とは接着される。以上のようにして、基板構造体200が形成される。

[0139] 次に、実施の形態5に係る電流センサ100の作用効果について説明する。

実施の形態5に係る電流センサ100によれば、補助基板6において、第2素子4が設けられている。第1方向101に見て、第2素子4は、第1面11および第2面21の各々と重なっている。第1素子3と第2素子4とは、電氣的に直列に接続されている。このため、基板構造体200におけるコ

イルパターンの巻き数を増加させることができる。これによって、電流センサ 100 の検出精度および検出感度をより効果的に向上することができる。

[0140] (実施の形態 5 の変形例)

なお、上記において、実施の形態 5 に係る電流センサ 100 の構成について説明したが、本開示は上記構成に限定されない。具体的には、接着部 83 は、主基板 5 と第 2 絶縁膜 42 とを接着していてもよい。接着部 83 は、第 1 絶縁膜 41 と補助基板 6 とを接着していてもよい。接着部 83 は、第 1 絶縁膜 41 と第 2 絶縁膜 42 とを接着していてもよい。第 2 素子 4 は、ホール素子または磁気抵抗 (MR) 素子であってもよい。

[0141] 実施の形態 6.

次に、図 23 を参照して、実施の形態 6 に係る電流センサ 100 の構成について説明する。実施の形態 6 に係る電流センサ 100 は、主に、磁性体 60 を有している点において、実施の形態 4 に係る電流センサ 100 の構成と異なっており、その他の点については、実施の形態 4 に係る電流センサ 100 の構成と実質的に同一である。以下、実施の形態 4 に係る電流センサ 100 の構成と異なる点を中心に説明する。

[0142] (電流センサの構成)

図 23 は、実施の形態 6 に係る電流センサ 100 における第 1 素子 3 の周辺を拡大した拡大断面模式図である。図 23 に示される断面は、上下方向 Z および左右方向 X の各々に平行であり且つ第 1 素子 3 と交差する断面である。図 23 に示されるように、電流センサ 100 は、磁性体 60 をさらに有している。磁性体 60 は、第 1 磁性体部 78 と、第 2 磁性体部 79 とを有している。

[0143] 第 1 磁性体部 78 は、第 1 基板固定部材 81 と磁気コア 1 の第 1 面 11 との間にある。第 1 磁性体部 78 は、第 1 面 11 と第 1 素子 3 との間にある。第 1 磁性体部 78 は、第 1 基板固定部材 81 および第 1 面 11 の各々に接している。第 1 磁性体部 78 は、たとえば図示されていない接着剤によって、第 1 面 11 に接着されている。

- [0144] 上下方向Zに垂直な方向において、第1磁性体部78は、第1面11および第2面21の各々の外縁の内側にある。言い換えれば、上下方向Zに垂直な方向において、第1磁性体部78は、磁気コア1の第1外周面91および第3外周面93の各々の外縁の内側にある。上下方向Zに垂直な方向において、第1磁性体部78は、第1素子3に囲まれた領域の内側にあることが好ましい。
- [0145] 第1磁性体部78は、たとえば第1平板部材161と、アライメントマーク部材163とによって構成されている。アライメントマーク部材163は、第1平板部材161から離間している。アライメントマーク部材163は、主基板5と、磁気コア1とを位置合わせするために用いられる。アライメントマーク部材163は、第3アライメントマーク63（図13参照）を形成していてもよい。上下方向Zにおける第1磁性体部78の厚みは、たとえば1 μm 以上であることが好ましい。
- [0146] 第2磁性体部79は、第2基板固定部材82と磁気コア1の第2面21との間にある。第2磁性体部79は、第2面21と第1素子3との間にある。別の観点から言えば、磁性体60は、第1面11と第1素子3との間および第2面21と第1素子3との間の少なくとも一方にある。第2磁性体部79は、第2面21および第2基板固定部材82の各々に接している。第2磁性体部79は、たとえば図示されていない接着剤によって、第2面21に接着されている。
- [0147] 上下方向Zに垂直な方向において、第2磁性体部79は、第1面11および第2面21の各々の外縁の内側にある。言い換えれば、上下方向Zに垂直な方向において、第2磁性体部79は、磁気コア1の第1外周面91および第3外周面93の各々の外縁の内側にある。上下方向Zに垂直な方向において、第2磁性体部79は、第1素子3に囲まれた領域の内側にあることが好ましい。
- [0148] 第2磁性体部79は、第2平板部材162と、アライメントマーク部材163とによって構成されている。アライメントマーク部材163は、第2平

板部材 162 から離間している。上下方向 Z における第 2 磁性体部 79 の厚みは、たとえば $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

[0149] 磁性体 60 の飽和磁束密度は、磁気コア 1 の飽和磁束密度よりも高い。磁性体 60 の比透磁率は、磁気コア 1 の比透磁率よりも高いことが好ましい。磁性体 60 は、たとえば Fe、Co および Ni からなる群から選択される少なくとも一つ以上の金属元素によって構成されていてもよい。磁性体 60 は、たとえば Fe、Co および Ni からなる群から選択される少なくとも一つ以上の金属元素を主成分とする合金によって構成されていてもよい。具体的には、磁性体 60 は、たとえば Fe—Si（珪素）合金（珪素鋼）、Fe—Al—Si 合金（通称センダスト（商標））、Ni—Fe 合金（通称パーマロイ）、Ni—Fe—Mo 合金（通称スーパーマロイ）、Fe—Co—V 合金（通称パーメンジュール）等の多結晶合金材料によって構成されていてもよい。磁性体 60 は、たとえば Fe—Si—B（ホウ素）合金、Fe—Co—Si—B 合金、Fe—Zr（ジルコニウム）合金、Fe—Co—Zr 合金、Co—Zr—Nb（ニオブ）合金等のアモルファス軟磁性材料によって構成されていてもよい。

[0150] 磁性体 60 は、たとえば Fe—Al—Si 合金によって構成されている。磁性体 60 における Al の添加量は、たとえば 4 原子パーセント以上 6 原子パーセント以下である。磁性体 60 における Si の添加量は、たとえば 8 原子パーセント以上 10 原子パーセント以下である。磁性体 60 の飽和磁束密度は、たとえば 1.0 T 以上 1.3 T 以下である。磁性体 60 の比透磁率は、たとえば 5000 以上 10000 以下である。

[0151] （電流センサの製造方法）

次に、実施の形態 6 に係る電流センサ 100 の製造方法について説明する。磁性体 60 は、たとえば Fe—Al—Si 合金のインゴットまたは Fe—Al—Si 合金の薄帯から切り出されることによって形成される。Fe—Al—Si 合金のインゴットは、たとえば溶解法または焼結法等を用いて作製される。Fe—Al—Si 合金の薄帯は、たとえば急冷法等を用いて作製さ

れる。上下方向Zにおける磁性体60の厚みが20 μ m未満である場合は、スパッタリング法や蒸着法等の真空成膜法を用いて、第1面11および第2面21の各々に磁性体60が形成されていてもよい。

[0152] 急冷法または真空成膜法を用いて磁性体60が形成された場合、磁性体60は、アモルファス状態の合金によって形成される。アモルファス状態の磁性合金は、結晶構造に由来する結晶磁気異方性エネルギーがほとんど無い。このため、急冷法または真空成膜法を用いて磁性体60が形成された場合、磁性体60の比透磁率を向上することができる。

[0153] 次に、実施の形態6に係る電流センサ100の作用効果について説明する。

図24に示されるように、実施の形態4に係る電流センサ100によれば、漏れ磁束109の一部は、磁気コア1の外側に拡散する。具体的には、上下方向Zに垂直な方向において、漏れ磁束109の一部は、磁気コア1の第1面11および第2面21の各々の外側を通る。別の観点から言えば、漏れ磁束109の一部は、第1素子3の外側を通る。

[0154] 実施の形態6に係る電流センサ100は、磁性体60を有している。磁性体60は、第1面11と第1素子3との間および第2面21と第1素子3との間の少なくとも一方にある。磁性体60の飽和磁束密度は、磁気コア1の飽和磁束密度よりも高い。このため、図25に示されるように、磁束信号108は、磁性体60に向かって集中する。漏れ磁束109は、第1磁性体部78と第2磁性体部79との間において生じる。このため、第1素子3に囲まれた空間を貫通する漏れ磁束109の磁束密度を高めることができる。これによって、磁束の時間変化に対する第1素子3の感度をより効果的に高めることができる。この結果、電流センサ100の検出精度および検出感度を向上することができる。

[0155] 実施の形態6に係る電流センサ100によれば、磁性体60の比透磁率は、磁気コア1の比透磁率よりも高い。このため、磁束信号108を磁性体60に高効率で集めることができる。言い換えれば、磁性体60内を通る磁束

の磁束密度の低下を抑制することができる。このため、漏れ磁束 109 の磁束密度の低下を抑制することができる。これによって、電流センサ 100 の検出精度および検出感度を向上することができる。

[0156] (実施の形態 6 の変形例)

なお、上記において、実施の形態 6 に係る電流センサ 100 の構成について説明したが、本開示は上記構成に限定されない。図 26 から図 29 を参照して実施の形態 6 の変形例に係る電流センサ 100 の構成について説明する。なお、図 26 から図 29 の各々に示される拡大断面模式図は、図 23 に示される拡大断面模式図に対応している。説明の便宜のため、図 27 および図 29 の各々において、第 1 基板固定部材 81 および第 2 基板固定部材 82 の各々は、破線によって示されている。説明の便宜のため、図 28 において基板構造体 200 は、破線によって示されている。

[0157] まず、実施の形態 6 の第 1 変形例に係る電流センサ 100 の構成について説明する。図 26 に示されるように、第 1 磁性体部 78 と第 2 磁性体部 79 との間に基板構造体 200 が挟み込まれていてもよい。言い換えれば、磁性体 60 は、基板構造体 200 を固定していてもよい。第 4 主面 54 において、第 1 磁性体部 78 は、補助基板 6 に接していてもよい。第 2 主面 52 において、第 2 磁性体部 79 は、主基板 5 に接していてもよい。

[0158] 次に、実施の形態 6 の第 2 変形例に係る電流センサ 100 の構成について説明する。図 27 に示されるように、補助基板 6 の第 4 主面 54 において、第 1 磁性体部 78 が設けられていてもよい。主基板 5 の第 2 主面 52 において、第 2 磁性体部 79 が設けられていてもよい。

[0159] 主基板 5 の第 2 主面 52 および補助基板 6 の第 4 主面 54 の各々において、図示されていない絶縁膜が形成されていてもよい。絶縁膜は、第 1 磁性体部 78 および第 2 磁性体部 79 の各々を覆っている。絶縁膜は、第 1 磁性体部 78 および第 2 磁性体部 79 の各々を保護している。絶縁膜は、透過性を有している。絶縁膜は、たとえば SiO_2 または Si_3N_4 によって構成されている。

- [0160] 次に、実施の形態6の第2変形例に係る電流センサ100の製造方法について説明する。スパッタリング法を用いて、主基板5の第2主面52においてFe-Al-Si合金膜が形成される。Fe-Al-Si合金膜がエッチングされることによって、第2磁性体部79が形成される。Fe-Al-Si合金膜のエッチングにおいては、たとえば塩化第二鉄（ FeCl_3 ）を含む薬液を用いた浸漬ウエットエッチング法が用いられる。同様の工程を用いて、補助基板6の第4主面54において、第1磁性体部78が形成される。
- [0161] 次に、実施の形態6の第2変形例に係る電流センサ100の作用効果について説明する。実施の形態6の第2変形例に係る電流センサ100によれば、上下方向Zにおける第1磁性体部78と第2磁性体部79との間の距離を短くすることができる。この結果、第1磁性体部78と第2磁性体部79との間における漏れ磁束109の拡散をより効果的に抑制することができる。これによって、磁束の時間変化に対する第1素子3の感度をより効果的に高めることができる。
- [0162] 次に、実施の形態6の第3変形例に係る電流センサ100の構成について説明する。図28に示されるように、第1基板固定部材81において、第1磁性体部78が設けられていてもよい。第1磁性体部78は、第1基板固定部材81と第2基板固定部材82の間にあってもよい。第2基板固定部材82において、第2磁性体部79が設けられていてもよい。第2磁性体部79は、第1基板固定部材81と第2基板固定部材82の間にあってもよい。
- [0163] 次に、実施の形態6の第4変形例に係る電流センサ100の構成について説明する。図29に示されるように、第1磁性体部78および第2磁性体部79の各々は、複数の島状パターンによって構成されていてもよい。具体的には、第1磁性体部78および第2磁性体部79の各々は、複数の個片部164によって構成されていてもよい。複数の個片部164の各々は、互いに離間している。実施の形態6の第2変形例に係る電流センサ100と同様に、主基板5の第2主面52および補助基板6の第4主面54の各々において、図示されていない絶縁膜が形成されていてもよい。

[0164] 次に、実施の形態6の第4変形例に係る電流センサ100の作用効果について説明する。磁性体60が磁気コア1から離間している場合、上下方向Zにおける磁性体60の両端面において生じる表面磁極に起因して、磁性体60内において反磁界が生じる。これによって、磁性体60が十分に磁化されないことがある。この結果、磁性体60による漏れ磁束109を集中させる効果が十分に得られないおそれがある。通常、反磁界の影響の大きさは、磁性体60の形状に依存する。具体的には、上下方向Zにおける磁性体60の厚みに対する磁性体60の両端面の表面積の比率が大きくなるにつれて、反磁界の影響は大きくなる。

[0165] 実施の形態6の第4変形例に係る電流センサ100によれば、第1磁性体部78および第2磁性体部79の各々は、複数の島状パターンによって構成されている。このため、上下方向Zにおける磁性体60の厚みに対する磁性体60の両端面の表面積の比率を小さくすることができる。これによって、より効果的に漏れ磁束109を第1素子3が囲まれた空間に集中させることができる。この結果、電流センサ100の検出精度および検出感度を向上することができる。

[0166] なお、上記においては、実施の形態6に係る電流センサ100および実施の形態6の第1から第4変形例に係る電流センサ100の各々は、第1面11と第1素子3との間および第2面21と第1素子3との間の各々において、磁性体60を有している構成について説明した。しかしながら、本開示は上記構成に限定されない。具体的には、電流センサ100は、第1面11と第1素子3との間および第2面21と第1素子3との間のいずれか一方のみにおいて、磁性体60を有していてもよい。言い換えれば、電流センサ100は、第1磁性体部78および第2磁性体部79のいずれか一方のみを有していてもよい。

[0167] 磁性体60の材質によっては、ウエットエッチングにおける選択的エッチングが困難な場合がある。具体的には、ウエットエッチング法を用いて第1素子3を形成する際に、磁性体60がエッチングされるおそれがある。この

場合、第1素子3を形成する際に、ドライエッチングを用いることが好ましい。

[0168] 実施の形態7.

次に、図30から図34を参照して、実施の形態7に係る電流センサ100の構成について説明する。実施の形態7に係る電流センサ100は、主に、磁気コア1のギャップ2が第1ギャップ部171と第2ギャップ部172とを有している点において、実施の形態1に係る電流センサ100の構成と異なっており、その他の点については、実施の形態1に係る電流センサ100の構成と実質的に同一である。以下、実施の形態1に係る電流センサ100の構成と異なる点を中心に説明する。

[0169] なお、説明の便宜のため、図30においては、基板固定部80、第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々は図示されていない。図32に示される断面模式図は、図3に示される断面模式図に対応している。説明の便宜のため、図33において、基板固定部80、第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々は図示されていない。説明の便宜のため、図34において、第1コア部10、基板固定部80、第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々は図示されていない。

[0170] 図30に示されるように、第1コア部10は、第2コア部20から離間している。上下方向Zにおいて、主基板5は、第1コア部10と第2コア部20との間にある。ギャップ2は、第1ギャップ部171と、第2ギャップ部172とを有している。第2ギャップ部172は、第1ギャップ部171から離間している。第1素子3は、第1素子部31と、第2素子部32とを有している。第1素子部31は、第1ギャップ部171にある。第2素子部32は、第1素子部31から離間している。第2素子部32は、第2ギャップ部172にある。

[0171] 接続配線7は、第3配線部73を有している。第3配線部73は、第1配線部71および第2配線部72の各々から離間している。第3配線部73は、第1素子部31と第2素子部32とを電氣的に接続している。第1配線部

7 1 は、第 2 素子部 3 2 と、測定回路 5 0 とを電氣的に接続している。第 2 配線部 7 2 は、第 1 素子部 3 1 と、測定回路 5 0 とを電氣的に接続している。第 2 配線部 7 2 は、たとえば I T O によって構成されていてもよい。第 3 配線部 7 3 は、たとえば第 1 配線部 7 1 および第 2 配線部 7 2 のいずれかと同じ材料によって構成されていてもよい。

[0172] 図 3 1 に示されるように、第 1 ギャップ部 1 7 1 および第 2 ギャップ部 1 7 2 の各々は、第 1 コア部 1 0 と第 2 コア部 2 0 との間に形成されている。磁気コア 1 と第 1 ギャップ部 1 7 1 と第 2 ギャップ部 1 7 2 とによって構成される環状領域は、電流線 8 を取り囲んでいる。

[0173] 第 1 面 1 1 は、第 1 部分 9 5 と、第 2 部分 9 6 とを有している。第 1 部分 9 5 は、第 1 コア部 1 0 の第 1 凸部 1 3 によって形成されている。第 1 部分 9 5 は、第 1 外周面 9 1 に連なっている。第 2 部分 9 6 は、第 1 コア部 1 0 の第 2 凸部 1 4 によって形成されている。第 2 部分 9 6 は、第 2 外周面 9 2 に連なっている。第 2 部分 9 6 は、第 1 部分 9 5 から離間している。第 2 部分 9 6 は、第 1 部分 9 5 と実質的に平行であってもよい。第 1 部分 9 5 と第 2 部分 9 6 とは、実質的に同一平面上にあってもよい。

[0174] 第 2 面 2 1 は、第 3 部分 9 7 と、第 4 部分 9 8 とを有している。第 3 部分 9 7 は、第 2 コア部 2 0 の第 3 凸部 2 3 によって形成されている。第 3 部分 9 7 は、第 3 外周面 9 3 に連なっている。第 3 部分 9 7 は、第 1 部分 9 5 に対面している。第 1 部分 9 5 から第 3 部分 9 7 に向かう方向は、第 1 方向 1 0 1 である。第 3 部分 9 7 は、第 1 部分 9 5 と実質的に平行であってもよい。

[0175] 第 4 部分 9 8 は、第 2 コア部 2 0 の第 4 凸部 2 4 によって形成されている。第 4 部分 9 8 は、第 4 外周面 9 4 に連なっている。第 4 部分 9 8 は、第 3 部分 9 7 から離間している。第 4 部分 9 8 は、第 2 部分 9 6 に対面している。第 2 部分 9 6 から第 4 部分 9 8 に向かう方向は、第 1 方向 1 0 1 である。第 4 部分 9 8 は、第 2 部分 9 6 と実質的に平行であってもよい。第 4 部分 9 8 は、第 3 部分 9 7 と実質的に平行であってもよい。第 3 部分 9 7 と第 4 部

分 9 8 とは、実質的に同一平面上にあってもよい。

[0176] 第 1 ギャップ部 1 7 1 は、第 1 部分 9 5 と、第 3 部分 9 7 との間に形成されている。第 2 ギャップ部 1 7 2 は、第 2 部分 9 6 と、第 4 部分 9 8 との間に形成されている。

[0177] 図 3 2 に示されるように、第 1 基板固定部材 8 1 は、第 1 部材 1 8 1 と、第 2 部材 1 8 2 とを有している。第 1 部材 1 8 1 は、第 1 面 1 1 の第 1 部分 9 5 と、第 2 面 2 1 の第 3 部分 9 7 との間にある。言い換えれば、第 1 部材 1 8 1 は、第 1 ギャップ部 1 7 1（図 3 1 参照）にある。第 1 部材 1 8 1 は、第 1 部分 9 5 および第 3 絶縁膜 4 3 の各々に接している。

[0178] 上下方向 Z に垂直な方向において、第 1 部材 1 8 1 は、第 1 部分 9 5 の外縁に沿っている。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 1 部材 1 8 1 は、第 1 外周面 9 1 に沿っている。上下方向 Z に垂直な方向において、第 1 部材 1 8 1 は、第 1 部分 9 5 の内側にあってもよい。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 1 部材 1 8 1 は、第 1 外周面 9 1 の内側にあってもよい。

[0179] 第 2 部材 1 8 2 は、第 1 部材 1 8 1 から離間している。第 2 部材 1 8 2 は、第 1 面 1 1 の第 2 部分 9 6 と、第 2 面 2 1 の第 4 部分 9 8 との間にある。言い換えれば、第 2 部材 1 8 2 は、第 2 ギャップ部 1 7 2（図 3 1 参照）にある。第 2 部材 1 8 2 は、第 2 部分 9 6 および第 3 絶縁膜 4 3 の各々に接している。

[0180] 上下方向 Z に垂直な方向において、第 2 部材 1 8 2 は、第 2 部分 9 6 の外縁に沿っている。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 2 部材 1 8 2 は、第 2 外周面 9 2 に沿っている。上下方向 Z に垂直な方向において、第 2 部材 1 8 2 は、第 2 部分 9 6 の内側にあってもよい。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 2 部材 1 8 2 は、第 2 外周面 9 2 の内側にあってもよい。

[0181] 第 2 基板固定部材 8 2 は、第 3 部材 1 8 3 と、第 4 部材 1 8 4 とを有している。第 3 部材 1 8 3 は、第 1 面 1 1 の第 1 部分 9 5 と、第 2 面 2 1 の第 3

部分 9 7 との間にある。言い換えれば、第 3 部材 1 8 3 は、第 1 ギャップ部 1 7 1（図 3 1 参照）にある。第 3 部材 1 8 3 は、第 3 部分 9 7 および主基板 5 の各々に接している。

[0182] 上下方向 Z に垂直な方向において、第 3 部材 1 8 3 は、第 3 部分 9 7 の外縁に沿っている。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 3 部材 1 8 3 は、第 3 外周面 9 3 に沿っている。上下方向 Z に垂直な方向において、第 3 部材 1 8 3 は、第 3 部分 9 7 の内側にあってもよい。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 3 部材 1 8 3 は、第 3 外周面 9 3 の内側にあってもよい。

[0183] 第 4 部材 1 8 4 は、第 3 部材 1 8 3 から離間している。第 4 部材 1 8 4 は、第 1 面 1 1 の第 2 部分 9 6 と、第 2 面 2 1 の第 4 部分 9 8 との間にある。言い換えれば、第 4 部材 1 8 4 は、第 2 ギャップ部 1 7 2（図 3 1 参照）にある。第 4 部材 1 8 4 は、第 4 部分 9 8 および主基板 5 の各々に接している。

[0184] 上下方向 Z に垂直な方向において、第 4 部材 1 8 4 は、第 4 部分 9 8 の外縁に沿っている。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 4 部材 1 8 4 は、第 4 外周面 9 4 に沿っている。上下方向 Z に垂直な方向において、第 4 部材 1 8 4 は、第 4 部分 9 8 の内側にあってもよい。言い換えれば、上下方向 Z に垂直な方向において、第 4 部材 1 8 4 は、第 4 外周面 9 4 の内側にあってもよい。

[0185] 主基板 5 において、第 1 素子 3 の第 1 素子部 3 1 および第 2 素子部 3 2 の各々が設けられている。第 1 素子部 3 1 は、第 1 面 1 1 の第 1 部分 9 5 と、第 2 面 2 1 の第 3 部分 9 7 との間にある。言い換えれば、第 1 素子部 3 1 は、第 1 ギャップ部 1 7 1（図 3 1 参照）にある。第 2 素子部 3 2 は、第 1 面 1 1 の第 2 部分 9 6 と、第 2 面 2 1 の第 4 部分 9 8 との間にある。言い換えれば、第 2 素子部 3 2 は、第 2 ギャップ部 1 7 2（図 3 1 参照）にある。上下方向 Z において、電流線 8 は、主基板 5 と第 2 コア部 2 0 との間にある。

[0186] 図 3 3 および図 3 4 に示されるように、第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子

部 3 1 は、スパイラル状に設けられている。具体的には、第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子部 3 1 の形状は、同一平面上に形成されている渦巻き形状である。第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子部 3 1 は、第 1 面 1 1 の第 1 部分 9 5 および第 2 面 2 1 の第 3 部分 9 7 の各々と重なっている。言い換えれば、第 1 部分 9 5 から第 3 部分 9 7 に向かう方向に見て、第 1 素子部 3 1 は、第 1 面 1 1 の第 1 部分 9 5 および第 2 面 2 1 の第 3 部分 9 7 の各々と重なっている。

[0187] 第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子部 3 1 は、第 1 部分 9 5 および第 3 部分 9 7 の各々の外縁の内側にあることが好ましい。別の観点から言えば、第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子部 3 1 は、第 1 外周面 9 1 および第 3 外周面 9 3 の各々の内側にあることが好ましい。第 1 方向 1 0 1 に見て、第 1 素子部 3 1 の中心は、第 1 部分 9 5 および第 3 部分 9 7 の各々の中心と実質的に一致していることが好ましい。

[0188] 図 3 3 および図 3 4 に示されるように、第 1 方向 1 0 1 に見て、第 2 素子部 3 2 は、スパイラル状に設けられている。具体的には、第 1 方向 1 0 1 に見て、第 2 素子部 3 2 の形状は、同一平面上に形成されている渦巻き形状である。第 1 方向 1 0 1 に見て、第 2 素子部 3 2 は、第 1 面 1 1 の第 2 部分 9 6 および第 2 面 2 1 の第 4 部分 9 8 の各々と重なっている。言い換えれば、第 2 部分 9 6 から第 4 部分 9 8 に向かう方向に見て、第 2 素子部 3 2 は、第 1 面 1 1 の第 2 部分 9 6 および第 2 面 2 1 の第 4 部分 9 8 の各々と重なっている。

[0189] 第 1 方向 1 0 1 に見て、第 2 素子部 3 2 は、第 2 部分 9 6 および第 4 部分 9 8 の各々の外縁の内側にあることが好ましい。別の観点から言えば、第 1 方向 1 0 1 に見て、第 2 素子部 3 2 は、第 2 外周面 9 2 および第 4 外周面 9 4 の各々の内側にあることが好ましい。第 1 方向 1 0 1 に見て、第 2 素子部 3 2 の中心は、第 2 部分 9 6 および第 4 部分 9 8 の各々の中心と実質的に一致していることが好ましい。

[0190] 図 3 3 および図 3 4 に示されるように、検出領域 8 5 は、第 1 検出部 8 8

と、第2検出部89とを有している。第1検出部88は、第1方向101に見て、第2面21の第3部分97の外縁の内側にある主基板5の領域である。第1方向101に見て、第1素子部31は、第1検出部88内にある。第2検出部89は、第1方向101に見て、第2面21の第4部分98の外縁の内側にある主基板5の領域である。第2検出部89は、第1検出部88から離間している。第1方向101に見て、第2素子部32は、第2検出部89にある。

[0191] 図33に示されるように、第1方向101に見て、第1コア部10は主基板5の外縁の内側にあってもよい。図34に示されるように、第1方向101に見て、第2コア部20は、主基板5の外縁の内側にあってもよい。

[0192] (基板構造体の構成)

次に、図35から図37を参照して、実施の形態7に係る基板構造体200の構成について説明する。なお、説明の便宜のため、図35において、第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々は図示されていない。図35において、斜線が付されている部分は、第1素子3を示している。図36に示される断面は、上下方向Zおよび左右方向Xの各々に平行であり且つ第1配線部71および第2配線部72の各々と交差する断面である。図37に示される断面は、上下方向Zおよび左右方向Xの各々に平行であり且つ第3配線部73と交差する断面である。

[0193] 図35に示されるように、第1素子部31は、第5コイルパターン部57と、第5外周端部59と、第5内周端部58とを有している。第1方向101に見て、第5コイルパターン部57は、スパイラル状に設けられている。具体的には、第1方向101に見て、第5コイルパターン部57の形状は、同一平面上に形成されている渦巻き形状である。第1方向101に見て、第5コイルパターン部57は、たとえば中心から外側に向かって時計回りのスパイラル状である。第5外周端部59は、第5コイルパターン部57に連なっている。第5内周端部58は、第5コイルパターン部57に連なっている。第5内周端部58は、第5コイルパターン部57に取り囲まれている。

- [0194] 第2素子部32は、第6コイルパターン部67と、第6外周端部69と、第6内周端部68とを有している。第1方向101に見て、第6コイルパターン部67は、スパイラル状に設けられている。具体的には、第1方向101に見て、第6コイルパターン部67の形状は、同一平面上に形成されている渦巻き形状である。第1方向101に見て、第6コイルパターン部67の巻き方向は、第5コイルパターン部57の巻き方向と同じである。具体的には、第1方向101に見て、第6コイルパターン部67は、たとえば中心から外側に向かって時計回りのスパイラル状である。第6外周端部69は、第6コイルパターン部67に連なっている。第6内周端部68は、第6コイルパターン部67に連なっている。第6内周端部68は、第6コイルパターン部67に取り囲まれている。
- [0195] 第1方向101に見て、第1配線部71の一部は、第2素子部32と重なっている。第1方向101に見て、第2配線部72の一部は、第1素子部31と重なっている。第1方向101に見て、第3配線部73は、第1素子部31および第2素子部32の各々と交差している。
- [0196] 第1素子部31と第2素子部32とは、電氣的に直列に接続されている。具体的には、第1素子部31および第2素子部32の各々において生じた誘導電流が同じ方向に流れるように、第1素子部31と第2素子部32とは接続されている。より具体的には、第1素子部31および第2素子部32の各々において生じた誘導電流は、たとえば第2配線部72から第1配線部71に向かう方向に流れる。
- [0197] 図36に示されるように、第2配線部72は、第2配線部材121と、第2接続部材122とを有している。第2配線部材121は、第1絶縁膜41および第3絶縁膜43の各々に接している。第2接続部材122は、第2配線部材121に連なっている。第2接続部材122は、第1素子部31の第5外周端部59および第1絶縁膜41の各々に接している。第2接続部材122は、第2配線部材121と第5外周端部59との間にある。
- [0198] 第1配線部71の第1接続部材112は、第2素子部32の第6外周端部

6 9 および第 1 絶縁膜 4 1 の各々に接している。第 1 接続部材 1 1 2 は、第 1 配線部材 1 1 1 と第 6 外周端部 6 9 との間にある。

[0199] 第 1 絶縁膜 4 1 は、第 5 内周面 1 4 5 と、第 6 内周面 1 4 6 とを有している。第 5 内周面 1 4 5 は、第 1 接続部材 1 1 2 を取り囲んでいる。第 5 内周面 1 4 5 に囲まれた空間において、第 2 素子部 3 2 の第 6 外周端部 6 9 は、第 1 絶縁膜 4 1 から露出している。言い換えれば、第 5 内周面 1 4 5 は、コンタクトホールを形成している。

[0200] 第 6 内周面 1 4 6 は、第 2 接続部材 1 2 2 を取り囲んでいる。第 6 内周面 1 4 6 に囲まれた空間において、第 1 素子部 3 1 の第 5 外周端部 5 9 は、第 1 絶縁膜 4 1 から露出している。言い換えれば、第 6 内周面 1 4 6 は、コンタクトホールを形成している。

[0201] 図 3 7 に示されるように、第 3 配線部 7 3 は、第 3 配線部材 1 3 1 と、第 3 接続部材 1 3 2 と、第 4 接続部材 1 3 3 とを有している。第 3 配線部材 1 3 1 は、第 1 絶縁膜 4 1 および第 3 絶縁膜 4 3 の各々に接している。第 3 接続部材 1 3 2 は、第 3 配線部材 1 3 1 に連なっている。第 3 接続部材 1 3 2 は、第 1 素子部 3 1 の第 5 内周端部 5 8 および第 1 絶縁膜 4 1 の各々に接している。第 3 接続部材 1 3 2 は、第 3 配線部材 1 3 1 と第 5 内周端部 5 8 との間にある。

[0202] 第 4 接続部材 1 3 3 は、第 3 配線部材 1 3 1 に連なっている。第 4 接続部材 1 3 3 は、第 2 素子部 3 2 の第 6 内周端部 6 8 および第 1 絶縁膜 4 1 の各々に接している。第 4 接続部材 1 3 3 は、第 3 接続部材 1 3 2 から離間している。第 4 接続部材 1 3 3 は、第 3 配線部材 1 3 1 と第 6 内周端部 6 8 との間にある。

[0203] 第 1 絶縁膜 4 1 は、第 7 内周面 1 4 7 と、第 8 内周面 1 4 8 とを有している。第 7 内周面 1 4 7 は、第 3 接続部材 1 3 2 を取り囲んでいる。第 7 内周面 1 4 7 に囲まれた空間において、第 1 素子部 3 1 の第 5 内周端部 5 8 は、第 1 絶縁膜 4 1 から露出している。言い換えれば、第 7 内周面 1 4 7 は、コンタクトホールを形成している。

[0204] 第8内周面148は、第4接続部材133を取り囲んでいる。第8内周面148に囲まれた空間において、第2素子部32の第6内周端部68は、第1絶縁膜41から露出している。言い換えれば、第8内周面148は、コンタクトホールを形成している。

[0205] 次に、図38を参照して、実施の形態7に係る電流センサ100の作用効果について説明する。なお、図38において、斜線が付されている部分は、第1素子3を示している。

[0206] 図38に示されるように、第1検出部88および第2検出部89において、漏れ磁束109が生じる。第1検出部88における漏れ磁束109の方向は、第2検出部89における漏れ磁束109の方向と反対である。具体的には、第1検出部88における漏れ磁束109の方向は、たとえば第1方向101である。第2検出部89における漏れ磁束109の方向は、たとえば第2方向102である。第1方向101に見て、第1素子部31に生じる誘導電流の流れる方向は、たとえば反時計回りである。第2素子部32において生じる誘導電流の流れる方向は、たとえば時計回りである。なお、図38において、矢印は、基板構造体200における誘導電流の流れる方向を模式的に視覚化して示している。

[0207] 第1素子部31の第5内周端部58と、第2素子部32の第6内周端部68とは接続されている。このため、第1素子部31に生じる誘導電流と、第2素子部32において生じる誘導電流とは、第2配線部72から第1配線部71に向かう方向に流れる。これによって、第1素子部31において生じた誘導起電力と、第2素子部32において生じた誘導起電力とは足し合わされる。足し合わされた誘導起電力が、電圧信号として測定回路50に送られる。別の観点から言えば、第1素子3における磁束密度の時間変化に対する感度を向上することができる。この結果、電流センサ100の検出精度および検出感度をより効果的に向上することができる。

[0208] 実施の形態8.

次に、図39から図43を参照して、実施の形態8に係る電流センサ10

0の構成について説明する。実施の形態8に係る電流センサ100の構成は、主に、第1素子3が第2コイルパターン部27を有している点において、実施の形態1に係る電流センサ100の構成と異なっており、その他の点については、実施の形態1に係る電流センサ100の構成と実質的に同一である。以下、実施の形態1に係る電流センサ100の構成と異なる点を中心に説明する。

[0209] なお、図40は、第2コイルパターン部27、第2内周端部28および第2外周端部29の位置をずらした状態を示す平面模式図である。図40に示される矢印は、矢印の根元にある第2コイルパターン部27、第2内周端部28および第2外周端部29の各々の部分が、矢印の先端の位置に配置されることを示している。図39および図40の各々において、斜線が付されている部分は、第1コイルパターン部17、第1内周端部18および第1外周端部19を示している。

[0210] 図39および図40に示されるように、第1素子3は、第2コイルパターン部27と、第2内周端部28と、第2外周端部29とをさらに有している。第1方向101に見て、第2コイルパターン部27は、スパイラル状に設けられている。具体的には、第1方向101に見て、第2コイルパターン部27の形状は、同一平面上に形成されている渦巻き形状である。第1方向101に見て、第2コイルパターン部27の巻き方向は、第1コイルパターン部17の巻き方向と反対である。第1方向101に見て、第2コイルパターン部27は、たとえば中心から外側に向かって反時計回りのスパイラル状である。

[0211] 第1方向101に見て、第2コイルパターン部27は、第1コイルパターン部17と重なっていない部分を有している。第1方向101に見て、第2コイルパターン部27全体の面積に対する第1コイルパターン部17と重なっていない第2コイルパターン部27の部分の面積の比率は、たとえば90%以上である。

[0212] 第2外周端部29は、第2コイルパターン部27に連なっている。第1方

向１０１に見て、第２外周端部２９は、第１配線部７１に重なっている。第２外周端部２９は、第１配線部７１と電氣的に接続されている。第２内周端部２８は、第２コイルパターン部２７に連なっている。第２内周端部２８は、第２コイルパターン部２７に取り囲まれている。第１方向１０１に見て、第２内周端部２８は、第１内周端部１８に重なっている。第２内周端部２８は、第１内周端部１８と電氣的に接続されている。

[0213] 図３９および図４１に示されるように、第１素子３は、第１接続部２６を有している。第１接続部２６は、第１コイルパターン部１７と、第２コイルパターン部２７とを電氣的に直列に接続している。第１接続部２６は、第２内周端部２８に連なっている。第１接続部２６は、第１内周端部１８、第１絶縁膜４１の各々に接している。第１接続部２６は、第１内周端部１８と第２内周端部２８との間にある。第１接続部２６は、第１内周面１４１に取り囲まれている。

[0214] 第２コイルパターン部２７は、第１絶縁膜４１および第３絶縁膜４３の各々に接している。第１コイルパターン部１７と第２コイルパターン部２７との間に、第１絶縁膜４１はある。別の観点から言えば、第１絶縁膜４１は、第１コイルパターン部１７と第２コイルパターン部２７とを隔てている。第３絶縁膜４３上において、第４絶縁膜４４が設けられている。第４絶縁膜４４は、たとえば第１絶縁膜４１と同じ材料によって構成されている。

[0215] 図４２に示されるように、第１絶縁膜４１は、第９内周面１４９を有している。第９内周面１４９は、第２接続部材１２２を取り囲んでいる。第９内周面１４９に囲まれた空間において、第１素子３の第１外周端部１９は、第１絶縁膜４１から露出している。言い換えれば、第９内周面１４９は、コンタクトホールを形成している。

[0216] 第３絶縁膜４３は、第１０内周面１５０と、第１１内周面１５１とを有している。第１０内周面１５０は、第２接続部材１２２を取り囲んでいる。第１０内周面１５０に囲まれた空間において、第２配線部材１２１は、第３絶縁膜４３から露出している。言い換えれば、第１０内周面１５０は、コンタ

クトホールを形成している。

[0217] 第11内周面151は、第1接続部材112を取り囲んでいる。第11内周面151に囲まれた空間において、第1素子3の第2外周端部29は、第3絶縁膜43から露出している。言い換えれば、第11内周面151は、コンタクトホールを形成している。第4絶縁膜44は、第1配線部71および第2配線部72の各々を覆っている。

[0218] 図43は、実施の形態8に係る電流センサ100の第1素子3の周辺を拡大した拡大断面模式図である。図43に示される断面は、上下方向Zおよび左右方向Xの各々に平行であり且つ第1コイルパターン部17および第2コイルパターン部27の各々と交差する断面である。図43に示されるように、第2コイルパターン部27は、第1コイルパターン部17と、第1面11との間にある。第1コイルパターン部17は、第2コイルパターン部27と第2面21との間にある。

[0219] 第2コイルパターン部27、第2内周端部28および第2外周端部29の各々は、たとえば写真製版工程を用いて形成される。主基板5がガラスによって構成されているため、写真製版工程を用いて、第2コイルパターン部27、第2内周端部28および第2外周端部29を容易に形成することができる。

[0220] 次に、実施の形態8に係る電流センサ100の作用効果について説明する。

実施の形態8に係る電流センサ100によれば、第1絶縁膜41は、第1コイルパターン部17と第2コイルパターン部27とを隔てている。第1方向101に見て、第2コイルパターン部27は、第1コイルパターン部17と重なっていない部分を有している。このため、第1コイルパターン部17と重なっている第2コイルパターン部27の部分と比較して、第1コイルパターン部17と重なっていない第2コイルパターン部27の部分は、第1コイルパターン部17からの距離が大きい。このため、第1コイルパターン部17と第2コイルパターン部27の間の絶縁性を向上することができる。こ

れによって、電流センサ１００の不良率を低減することができる。

[0221] なお、上記において、第１素子３が第１コイルパターン部１７と第２コイルパターン部２７との２層構造を有している構成について説明した。しかしながら、本開示は上記構成に限定されない。具体的には、たとえば第１素子３は、３層以上の多層コイルパターンを有していてもよい。実施の形態２から実施の形態７の各々に係る電流センサ１００の第１素子３が、多層コイルパターンを有していてもよい。

[0222] 実施の形態９．

次に、図４４および図４５を参照して、実施の形態９に係る電流センサ１００の構成について説明する。実施の形態９に係る電流センサ１００は、主に、第２素子４が、第４コイルパターン部４７を有している点において、実施の形態５に係る電流センサ１００の構成と異なっており、その他の点については、実施の形態５に係る電流センサ１００の構成と実質的に同一である。以下、実施の形態５に係る電流センサ１００の構成と異なる点を中心に説明する。

[0223] 図４４は、実施の形態９に係る電流センサ１００の第１素子３の周辺を拡大した拡大断面模式図である。図４４に示される断面は、上下方向Ｚおよび左右方向Ｘの各々に平行であり且つ第１素子３および第２素子４の各々と交差する断面である。図４４に示されるように、基板構造体２００は、第５絶縁膜４５を有している。第５絶縁膜４５は、第２絶縁膜４２および第３絶縁膜４３の各々に接している。第２素子４は、第４コイルパターン部４７と、第４内周端部４８と、第２接続部４６とを有している。

[0224] 第４コイルパターン部４７は、第３コイルパターン部３７と、第２面２１との間にある。第４コイルパターン部４７は、第２絶縁膜４２および第５絶縁膜４５の各々に接している。第３コイルパターン部３７と第４コイルパターン部４７との間に、第２絶縁膜４２はある。別の観点から言えば、第２絶縁膜４２は、第３コイルパターン部３７と第４コイルパターン部４７とを隔てている。第５絶縁膜４５は、第４コイルパターン部４７を覆っている。第

1 素子 3 の構成は、実施の形態 8 に係る電流センサ 100 の第 1 素子 3 の構成と実質的に同一である。

[0225] 図 4 5 は、第 1 方向 101 に見た第 2 素子 4 の構成を概略的に示す平面模式図である。図 4 5 において、斜線が付されている部分は、第 4 コイルパターン部 47、第 4 外周端部 49 および第 4 内周端部 48 を示している。

[0226] 図 4 4 および図 4 5 に示されるように、第 2 接続部 46 は、第 3 コイルパターン部 37 と第 4 コイルパターン部 47 とを電氣的に直列に接続している。第 2 接続部 46 は、第 4 内周端部 48 に連なっている。第 2 接続部 46 は、第 3 内周端部 38 に接している。

[0227] 第 2 素子 4 は、第 4 外周端部 49 を有している。第 4 外周端部 49 は、第 4 コイルパターン部 47 に連なっている。第 4 内周端部 48 は、第 4 コイルパターン部 47 に連なっている。第 1 方向 101 に見て、第 4 コイルパターン部 47 は、第 3 コイルパターン部 37 と重なっていない部分を有している。第 1 方向 101 に見て、第 4 コイルパターン部 47 全体の面積に対する第 3 コイルパターン部 37 と重なっていない第 4 コイルパターン部 47 の部分の面積の比率は、たとえば 90% 以上である。

[0228] 次に、実施の形態 9 に係る電流センサ 100 の作用効果について説明する。

実施の形態 9 に係る電流センサ 100 によれば、第 2 絶縁膜 42 は、第 3 コイルパターン部 37 と第 4 コイルパターン部 47 とを隔てている。第 1 方向 101 に見て、第 4 コイルパターン部 47 は、第 3 コイルパターン部 37 と重なっていない部分を有している。このため、第 3 コイルパターン部 37 と重なっている第 4 コイルパターン部 47 の部分と比較して、第 3 コイルパターン部 37 と重なっていない第 4 コイルパターン部 47 の部分は、第 3 コイルパターン部 37 からの距離が大きい。このため、第 3 コイルパターン部 37 と第 4 コイルパターン部 47 の間の絶縁性を向上することができる。これによって、電流センサ 100 の不良率を低減することができる。

[0229] 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制

限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0230] 1 磁気コア、2 ギャップ、3 第1素子、4 第2素子、5 主基板、6 補助基板、7 接続配線、8 電流線、9 フレキシブルプリント回路、10 第1コア部、11 第1面、12 第1コア部材、13 第1凸部、14 第2凸部、15 第1接着面、17 第1コイルパターン部、18 第1内周端部、19 第1外周端部、20 第2コア部、21 第2面、22 第2コア部材、23 第3凸部、24 第4凸部、25 第2接着面、26 第1接続部、27 第2コイルパターン部、28 第2内周端部、29 第2外周端部、31 第1素子部、32 第2素子部、37 第3コイルパターン部、38 第3内周端部、39 第3外周端部、41 第1絶縁膜、42 第2絶縁膜、43 第3絶縁膜、44 第4絶縁膜、45 第5絶縁膜、46 第2接続部、47 第4コイルパターン部、48 第4内周端部、49 第4外周端部、50 測定回路、51 第1主面、52 第2主面、53 第3主面、54 第4主面、57 第5コイルパターン部、58 第5内周端部、59 第5外周端部、60 磁性体、61 第1アライメントマーク、62 第2アライメントマーク、63 第3アライメントマーク、64 第4アライメントマーク、65 第5アライメントマーク、67 第6コイルパターン部、68 第6内周端部、69 第6外周端部、71 第1配線部、72 第2配線部、73 第3配線部、75 第1導電材、76 第2導電材、78 第1磁性体部、79 第2磁性体部、80 基板固定部、81 第1基板固定部材、82 第2基板固定部材、83 接着部、85 検出領域、86 外周領域、87 露出領域、88 第1検出部、89 第2検出部、91 第1外周面、92 第2外周面、93 第3外周面、94 第4外周面、95 第1部分、96 第2部分、97 第3部分、98 第4部分、99 コンタクトホール、100 電流センサ、

101 第1方向、102 第2方向、108 磁束信号（第1矢印）、109 漏れ磁束（第2矢印）、111 第1配線部材、112 第1接続部材、121 第2配線部材、122 第2接続部材、131 第3配線部材、132 第3接続部材、133 第4接続部材、141 第1内周面、142 第2内周面、143 第3内周面、144 第4内周面、145 第5内周面、146 第6内周面、147 第7内周面、148 第8内周面、149 第9内周面、150 第10内周面、151 第11内周面、161 第1平板部材、162 第2平板部材、163 アライメントマーク部材、164 個片部、171 第1ギャップ部、172 第2ギャップ部、181 第1部材、182 第2部材、183 第3部材、184 第4部材、200 基板構造体、H 厚み、X 左右方向、Y 前後方向、Z 上下方向。

請求の範囲

- [請求項1] 電流線と、
ギャップが設けられている磁気コアと、
前記ギャップに配置されている主基板とを備え、
前記磁気コアは、第1面と、前記第1面に対面する第2面とを有しており、
前記ギャップは、前記第1面と前記第2面との間に形成されており、
前記磁気コアと前記ギャップとは、前記電流線を取り囲んでおり、
前記主基板において、前記電流線に流れる電流によって生じる磁束を検出する第1素子が設けられており、
前記第1面から前記第2面に向かう方向に見て、前記第1素子は、前記第1面および前記第2面の各々と重なっており、
前記主基板は、透光性の材料によって構成されている、電流センサ。
- [請求項2] 前記主基板において、前記第1素子から送られた信号を処理する測定回路がさらに設けられており、
前記第1面から前記第2面に向かう方向に見て、前記測定回路は、前記ギャップの外側にある、請求項1に記載の電流センサ。
- [請求項3] 前記主基板において、前記第1面および前記第2面の少なくとも一方と位置合わせされているアライメントマークがさらに設けられている、請求項1または請求項2に記載の電流センサ。
- [請求項4] 前記第1面と前記第1素子との間および前記第2面と前記第1素子との間の少なくとも一方にある磁性体をさらに備え、
前記磁性体の飽和磁束密度は、前記磁気コアの飽和磁束密度よりも高い、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の電流センサ。
- [請求項5] 前記磁性体の比透磁率は、前記磁気コアの比透磁率よりも高い、請求項4に記載の電流センサ。

- [請求項6] 前記第1素子は、
 第1コイルパターン部と、
 前記第1コイルパターン部と前記第1面との間にある第2コイルパターン部と、
 前記第1コイルパターン部と前記第2コイルパターン部とを電氣的に直列に接続している第1接続部とを有しており、
 前記主基板において、前記第1コイルパターン部と前記第2コイルパターン部とを隔てている第1絶縁膜が設けられており、
 前記第1面から前記第2面に向かう方向に見て、前記第2コイルパターン部は、前記第1コイルパターン部と重なっていない部分を有している、請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の電流センサ。
- [請求項7] 前記第1素子を覆っている補助基板をさらに備え、
 前記補助基板は、透光性の材料によって構成されている、請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の電流センサ。
- [請求項8] 前記補助基板において、前記電流線に流れる電流によって生じる磁束を検出する第2素子が設けられており、
 前記第1面から前記第2面に向かう方向に見て、前記第2素子は、前記第1面および前記第2面の各々と重なっており、
 前記第1素子と前記第2素子とは、電氣的に直列に接続されている、請求項7に記載の電流センサ。
- [請求項9] 前記第2素子は、
 第3コイルパターン部と、
 前記第3コイルパターン部と前記第2面との間にある第4コイルパターン部と、
 前記第3コイルパターン部と前記第4コイルパターン部とを電氣的に直列に接続している第2接続部とを有しており、
 前記補助基板において、前記第3コイルパターン部と前記第4コイルパターン部とを隔てている第2絶縁膜が設けられており、

前記第 1 面から前記第 2 面に向かう方向に見て、前記第 4 コイルパターン部は、前記第 3 コイルパターン部と重なっていない部分を有している、請求項 8 に記載の電流センサ。

[請求項 10] 前記第 1 面は、第 1 部分と、前記第 1 部分から離間している第 2 部分とを有し、

前記第 2 面は、前記第 1 部分に対面する第 3 部分と、前記第 2 部分に対面し且つ前記第 3 部分から離間している第 4 部分とを有し、

前記ギャップは、前記第 1 部分と前記第 3 部分との間に形成されている第 1 ギャップ部と、前記第 2 部分と前記第 4 部分との間に形成されている第 2 ギャップ部とを有し、

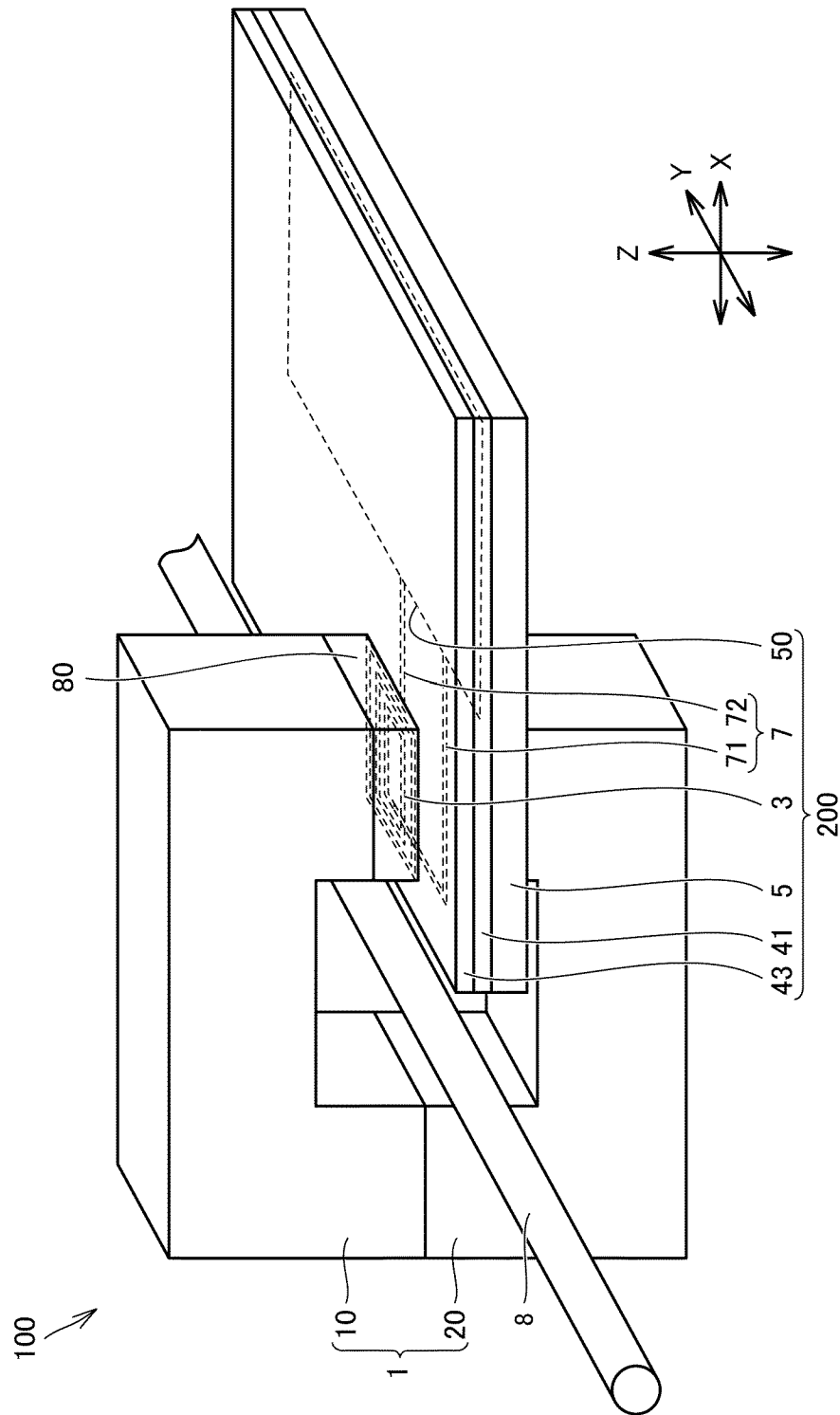
前記第 1 素子は、第 1 素子部と、前記第 1 素子部と電氣的に直列に接続されている第 2 素子部とを有し、

前記第 1 部分から前記第 3 部分に向かう方向に見て、前記第 1 素子部は、前記第 1 部分および前記第 3 部分の各々と重なっており、

前記第 2 部分から前記第 4 部分に向かう方向に見て、前記第 2 素子部は、前記第 2 部分および前記第 4 部分の各々と重なっている、請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の電流センサ。

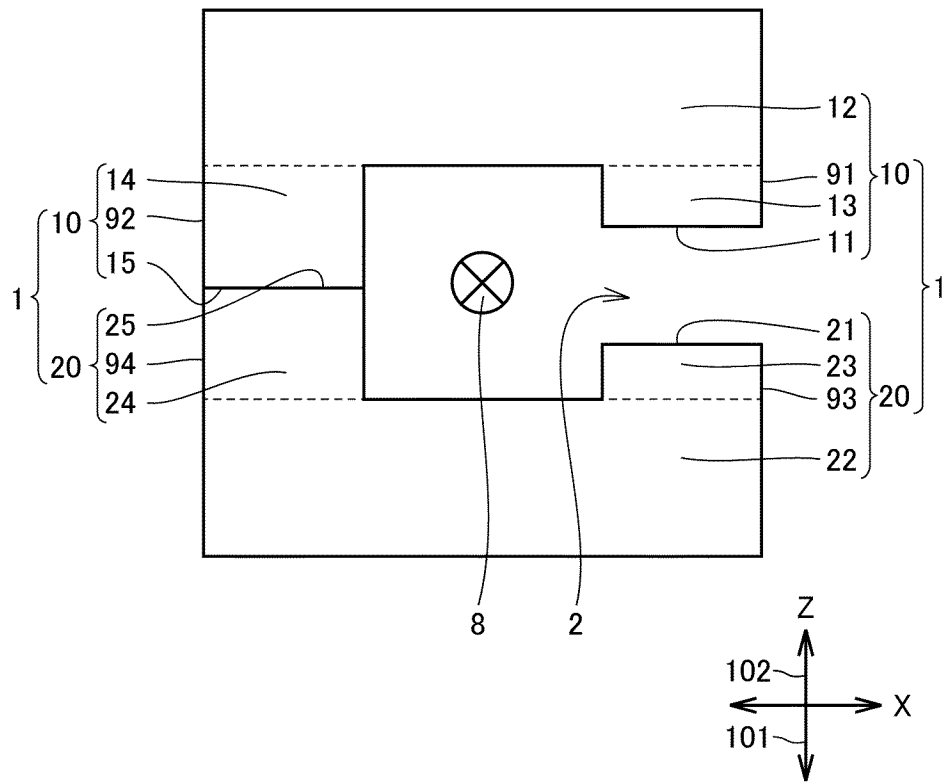
[図1]

図1



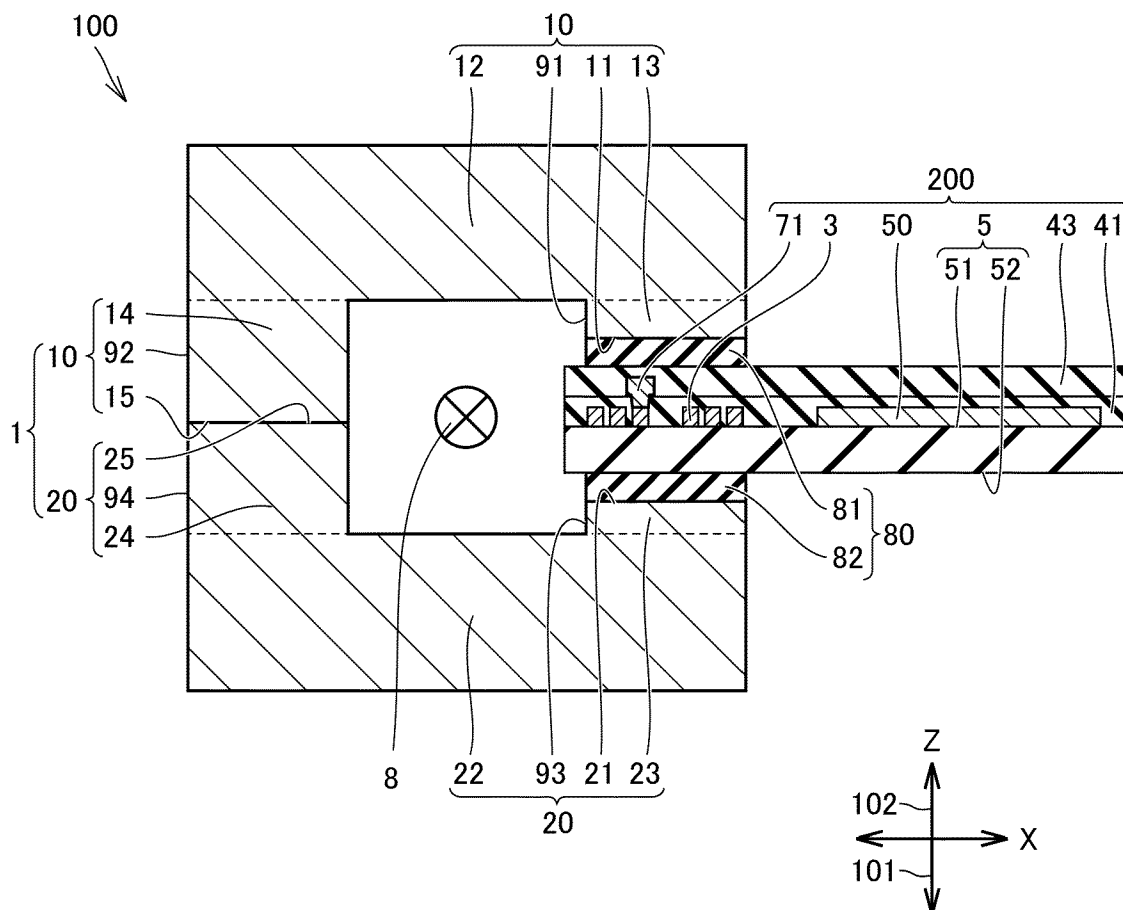
[図2]

図2



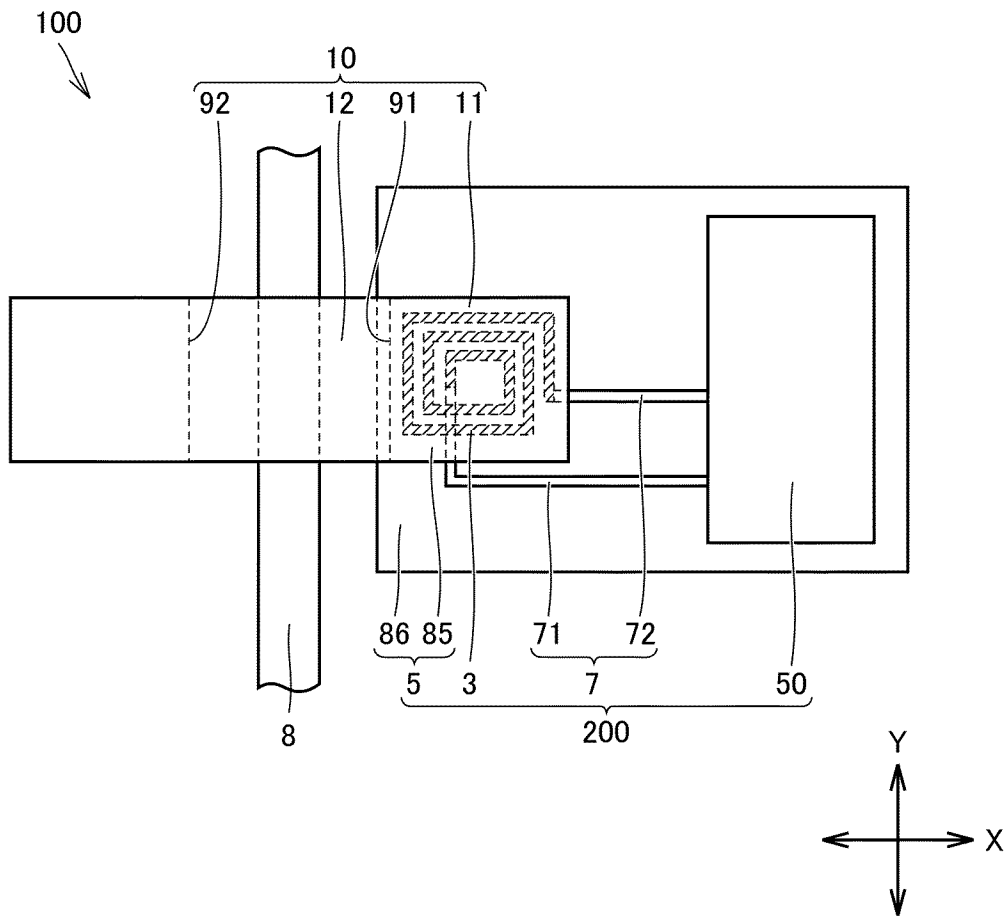
[図3]

図3



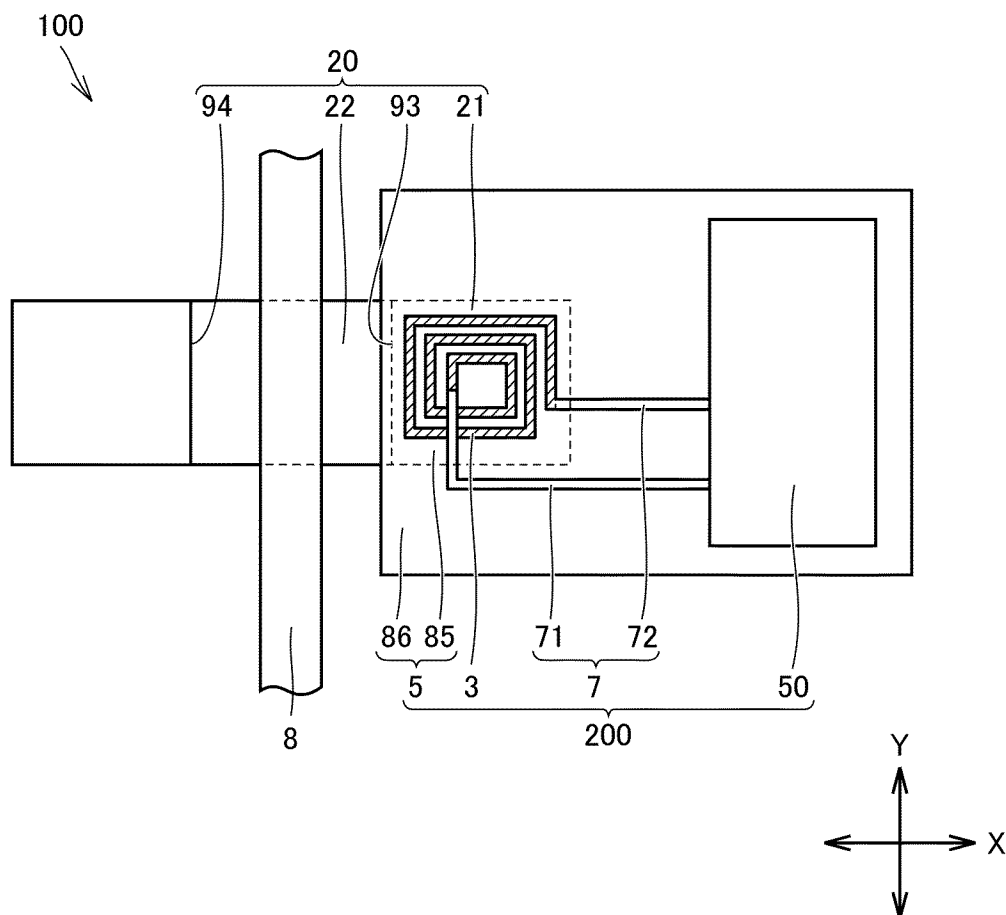
[図4]

図4



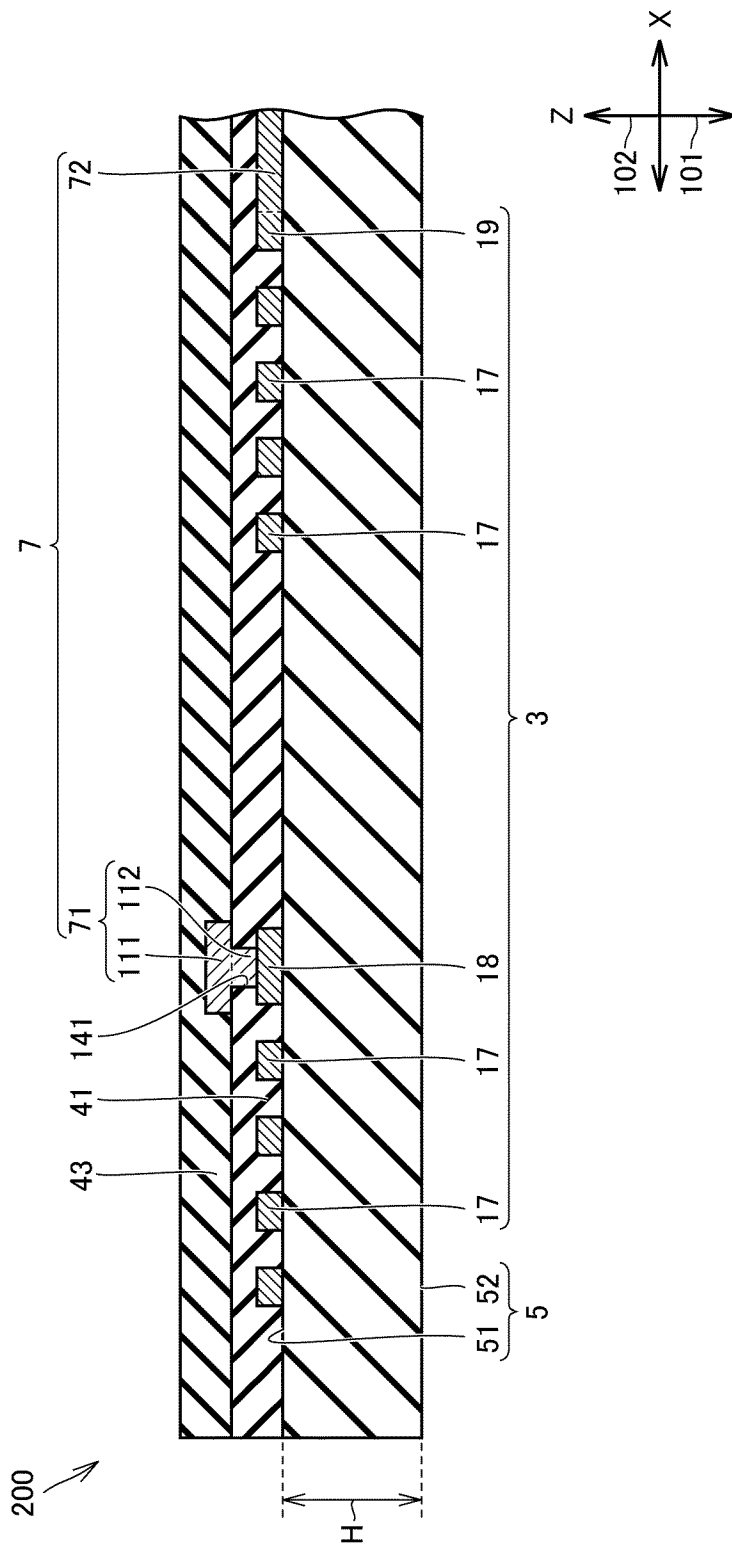
[図5]

図5



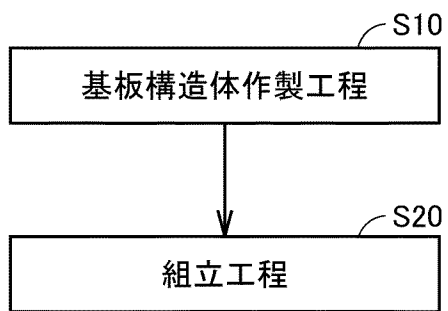
[図7]

図7



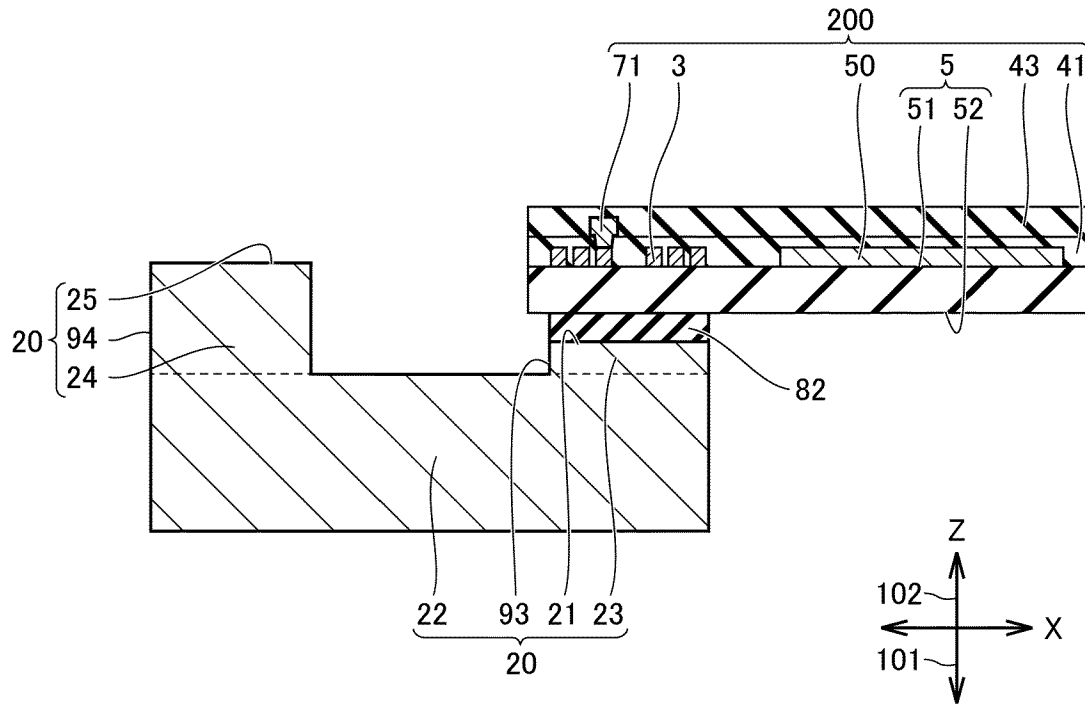
[図8]

図8



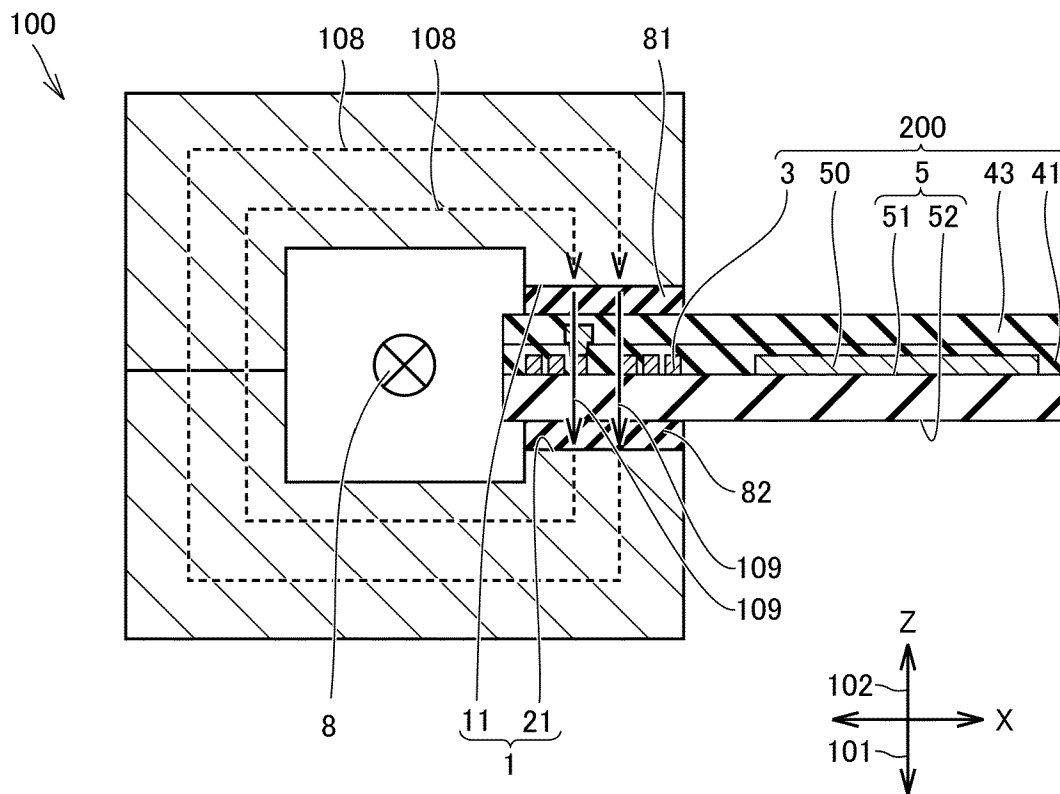
[図10]

図10

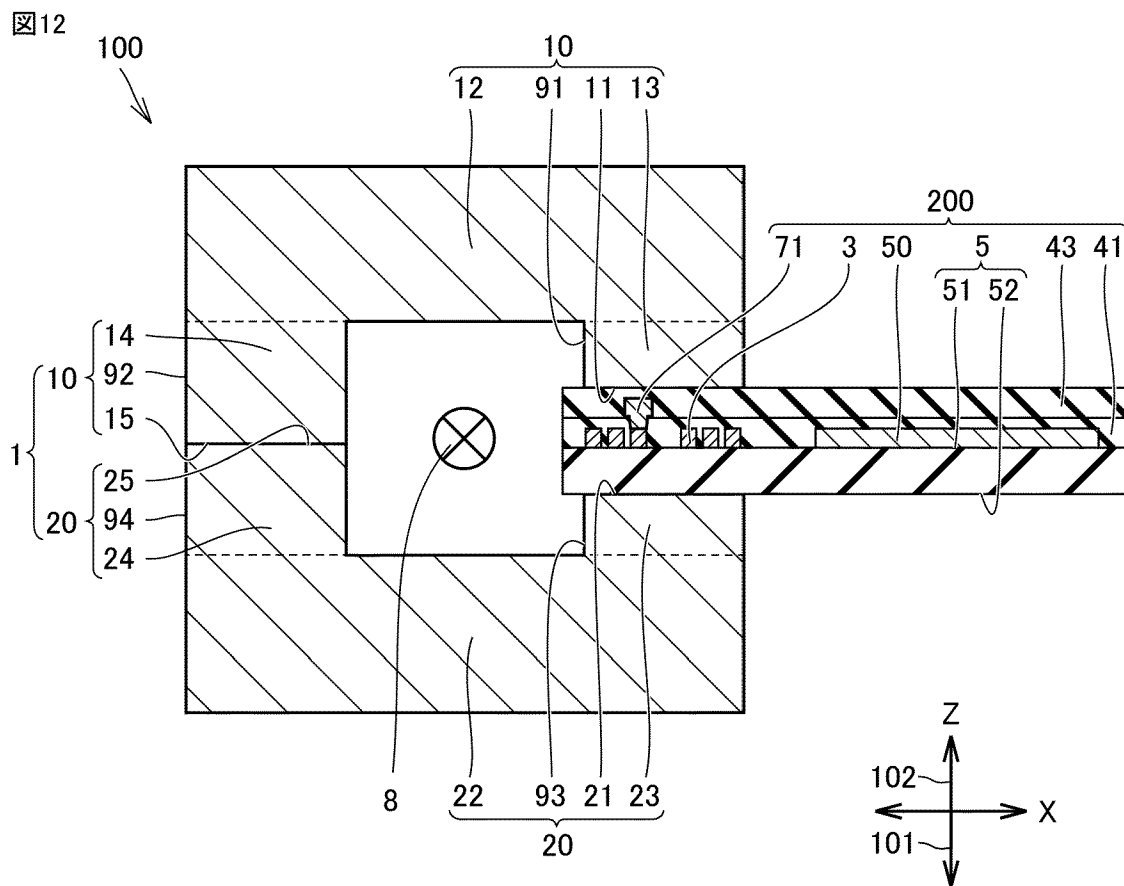


[図11]

図11

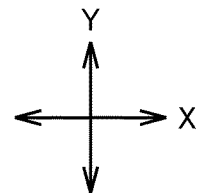
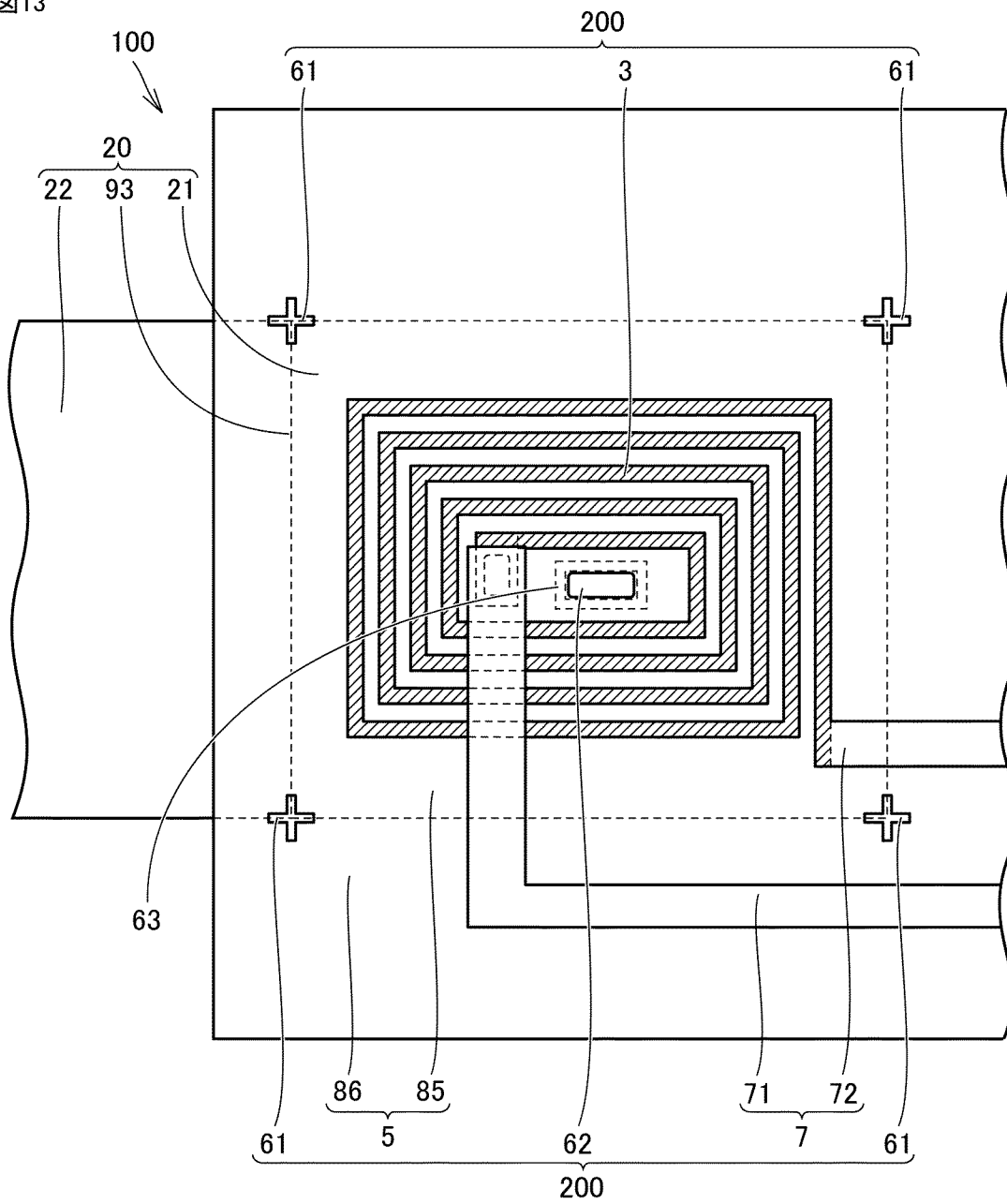


[図12]



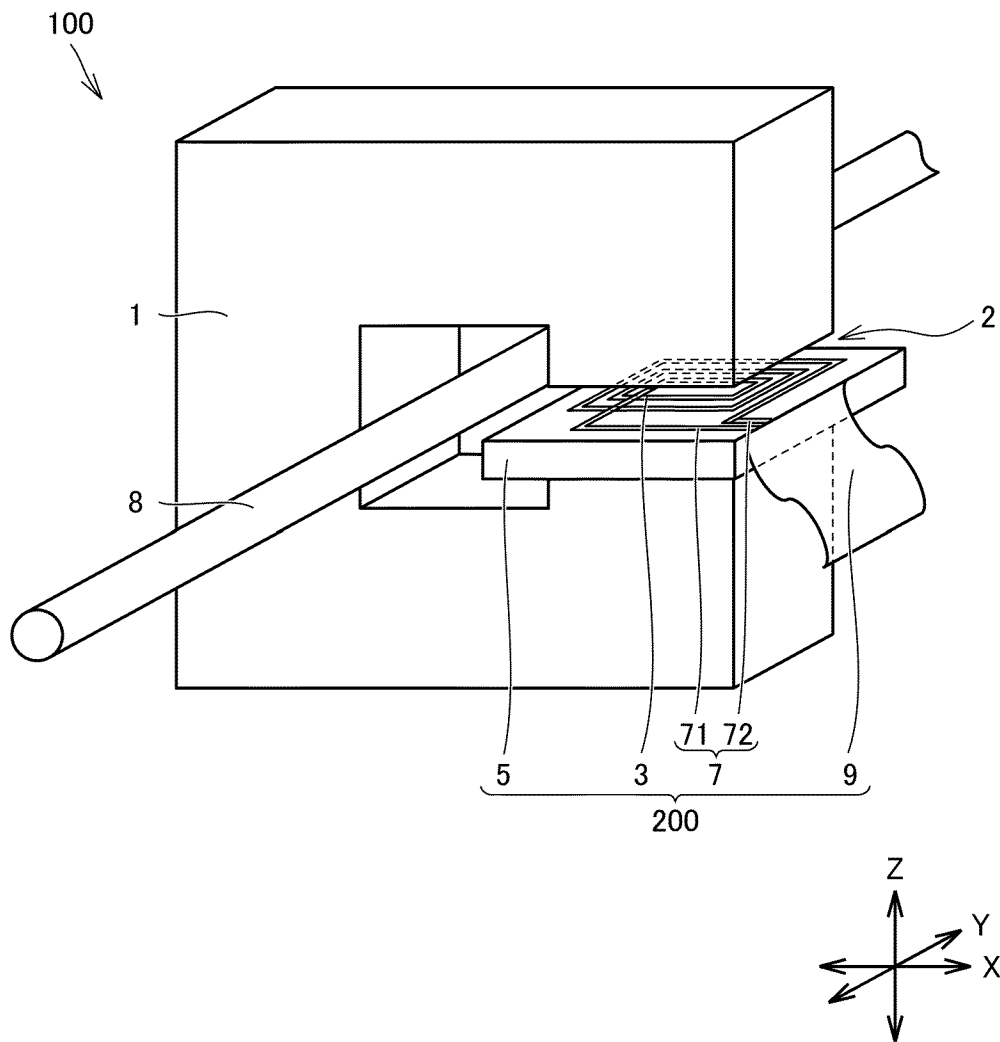
[図13]

図13



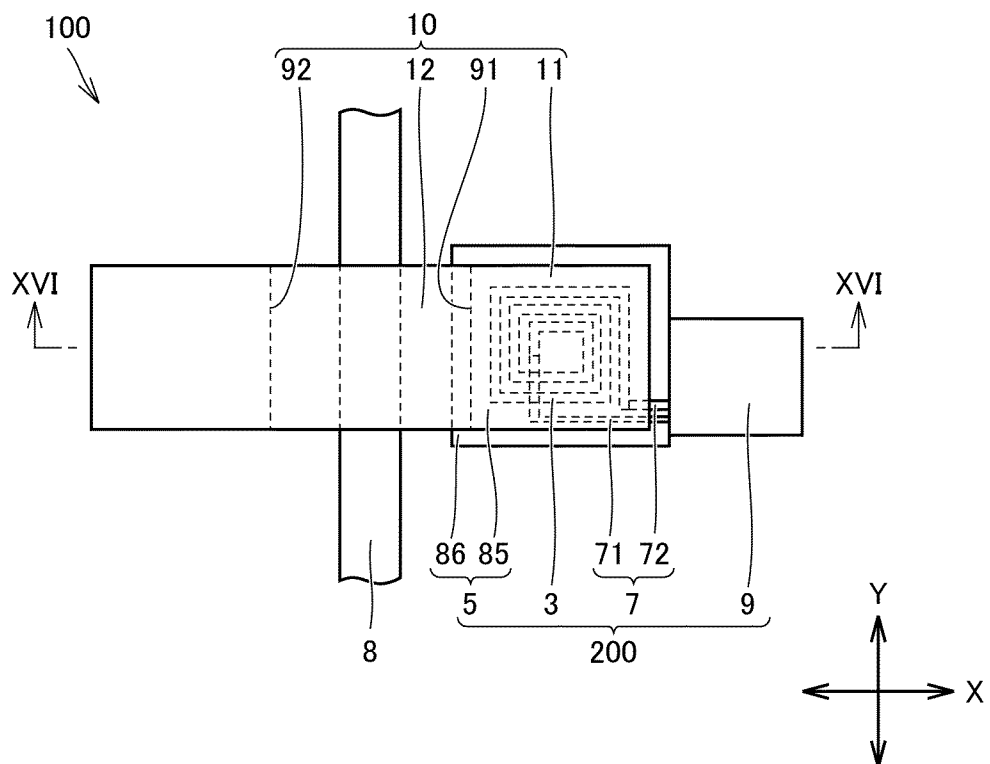
[図14]

図14



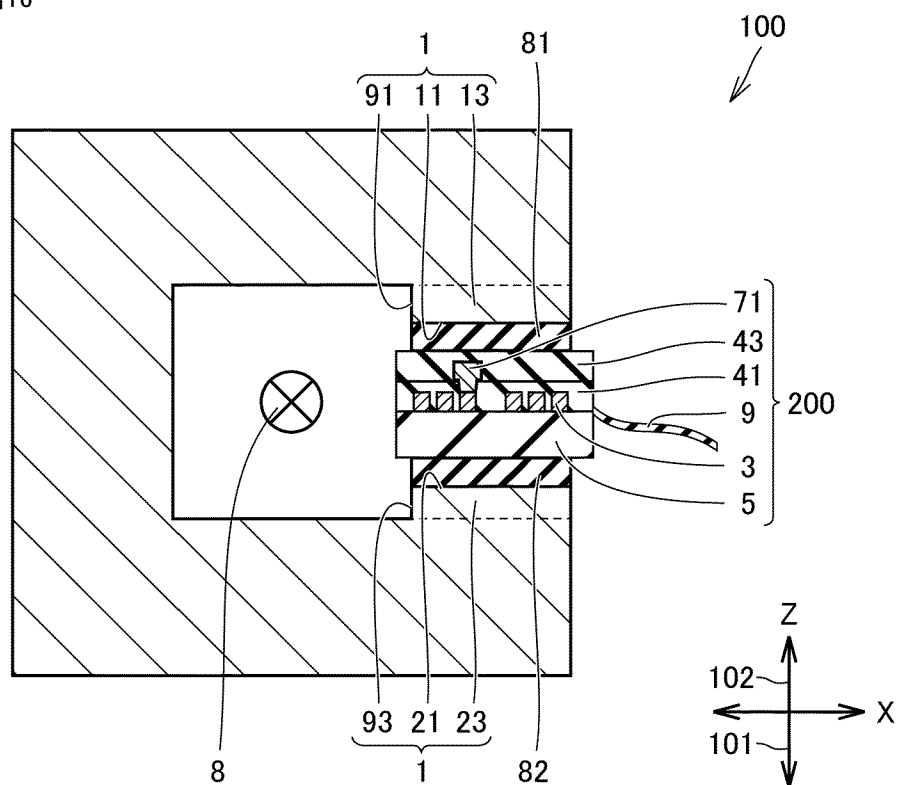
[図15]

図15



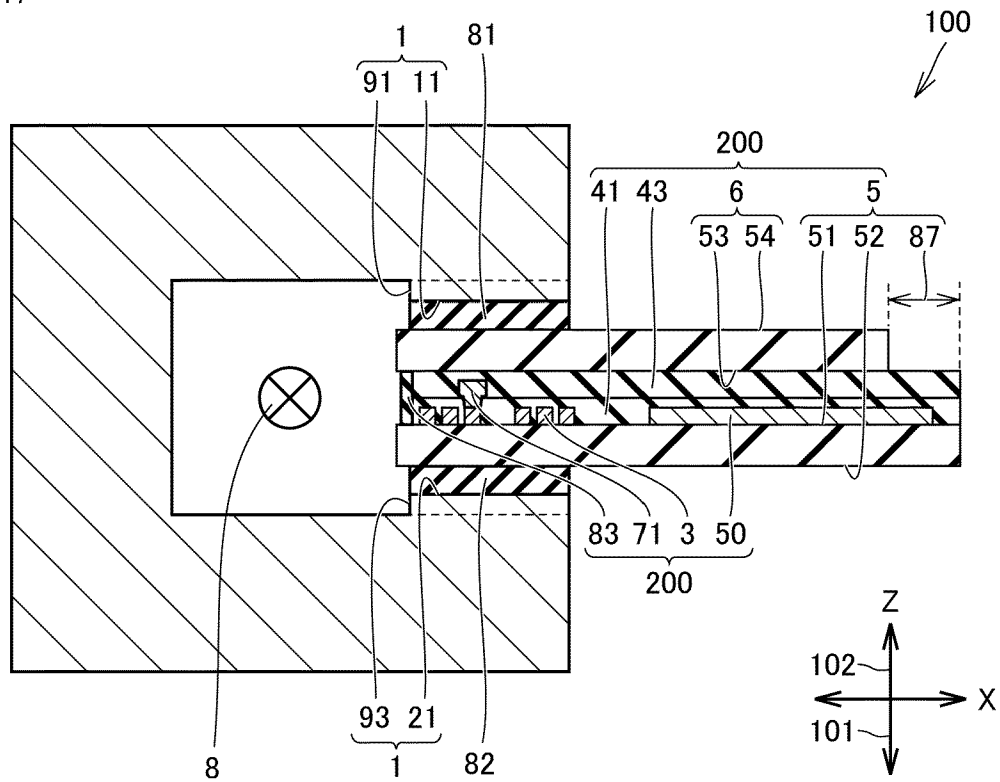
[図16]

図16



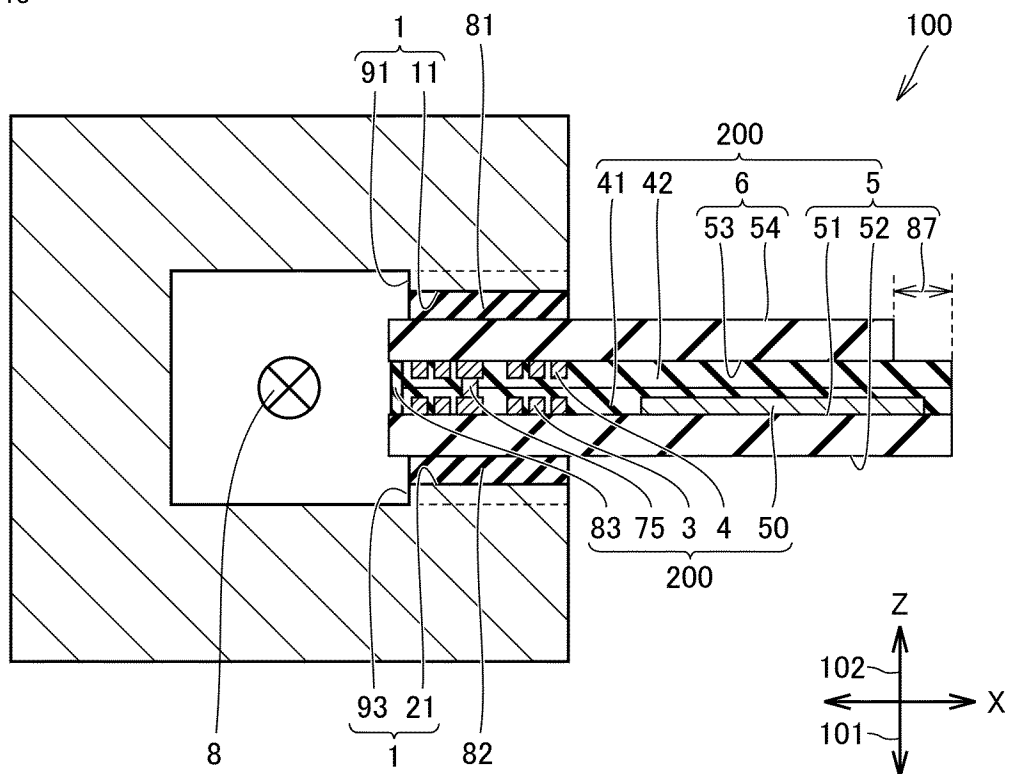
[図17]

図17



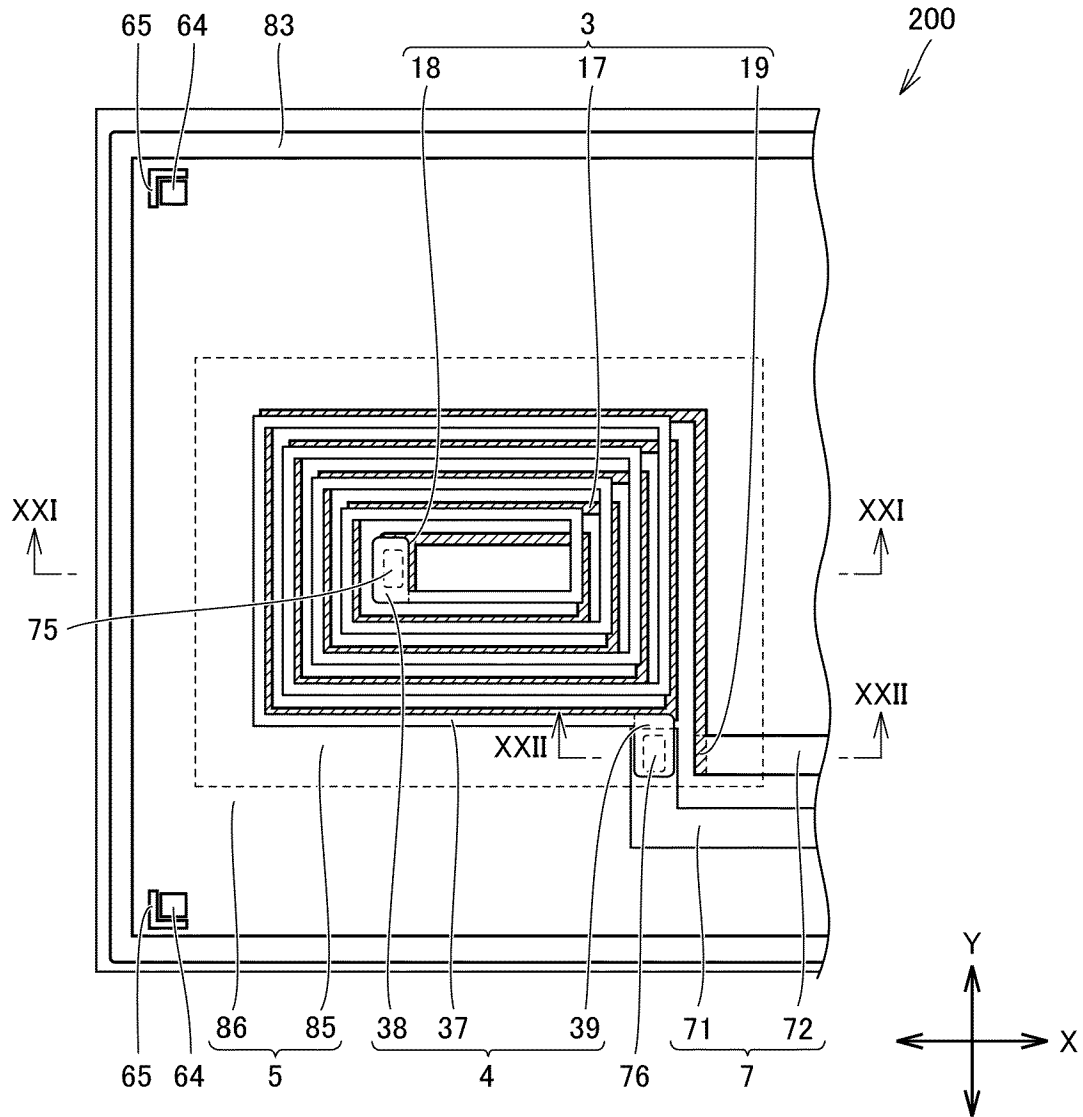
[図18]

図18



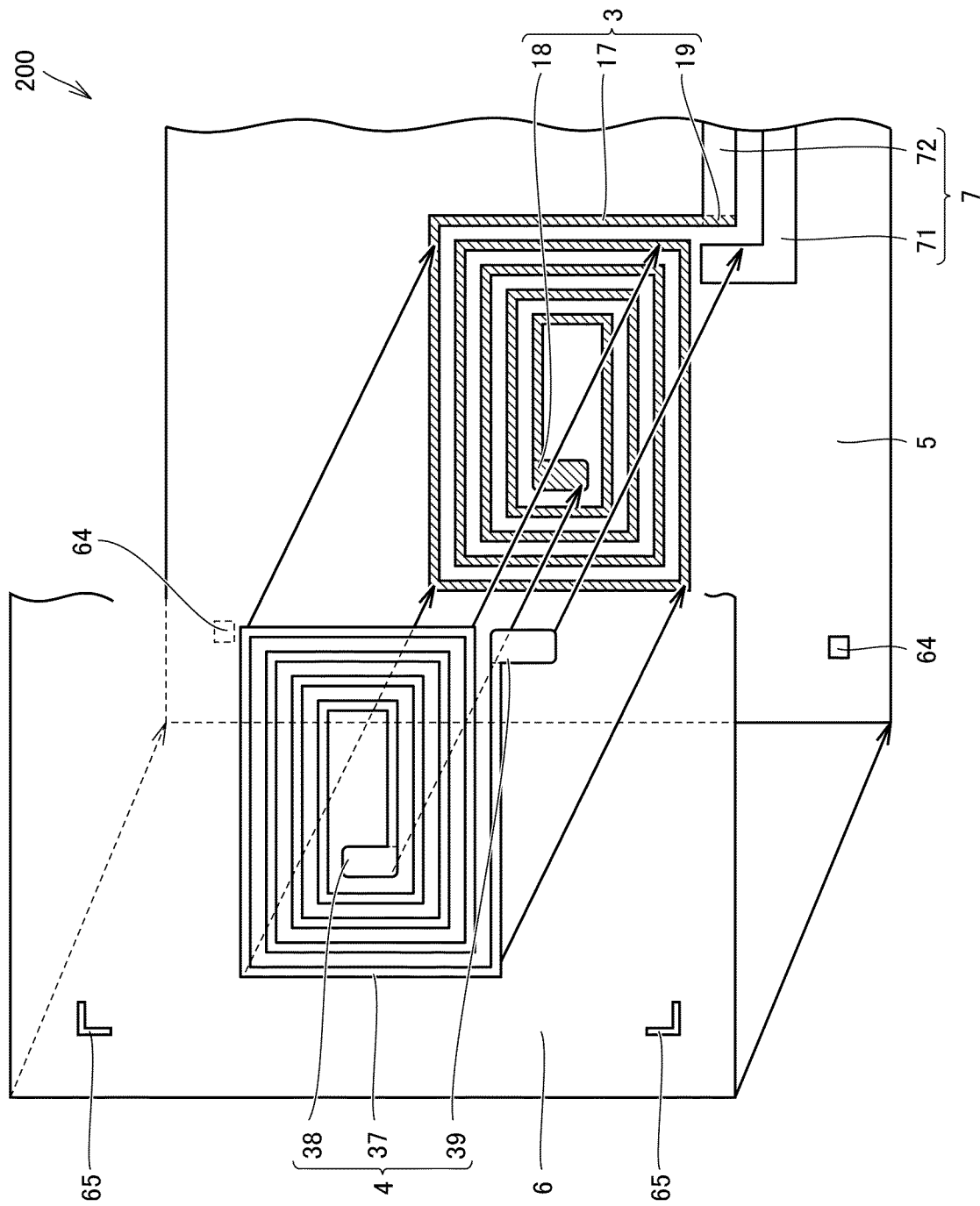
[図19]

図19



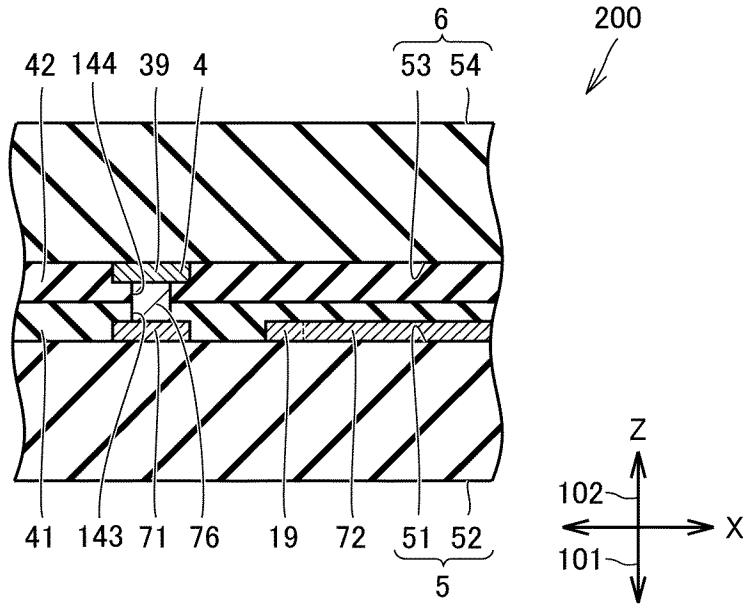
[図20]

図20



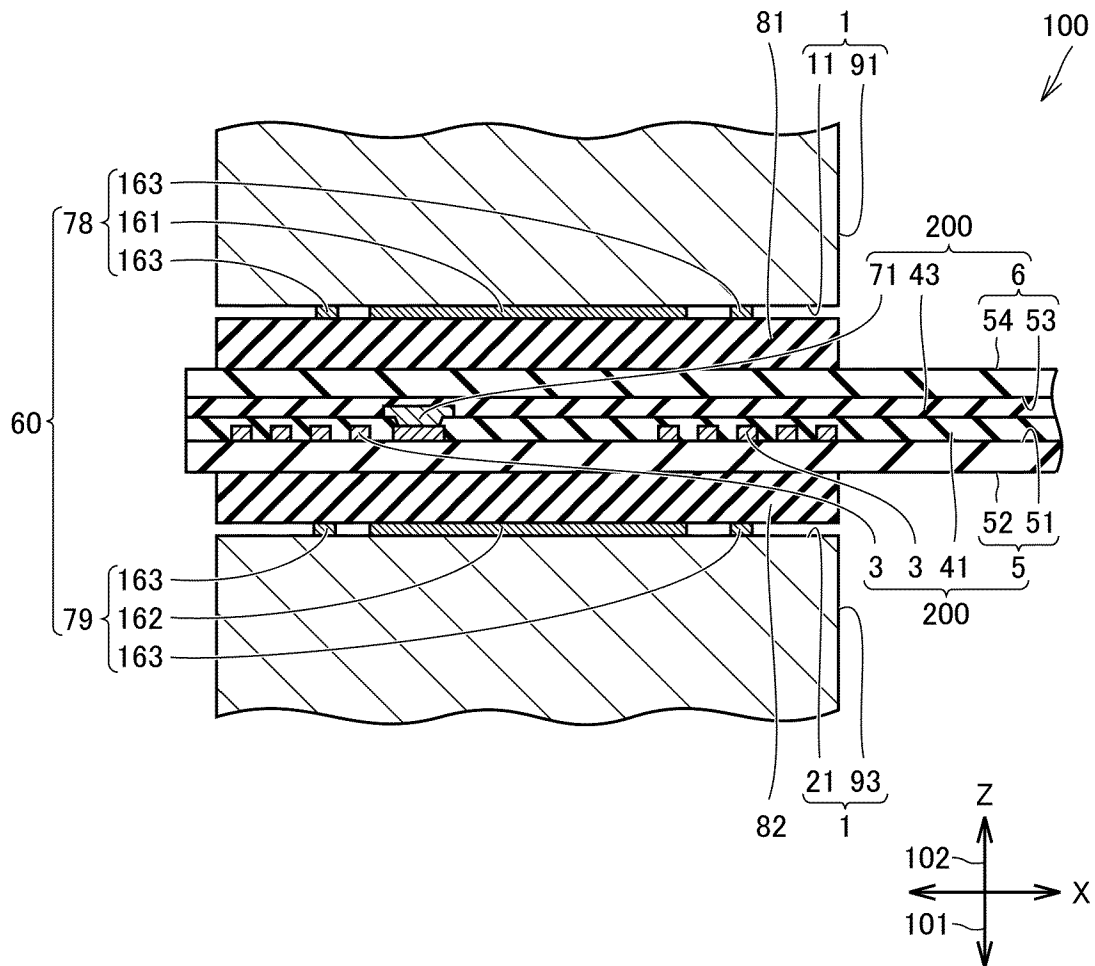
[図22]

図22



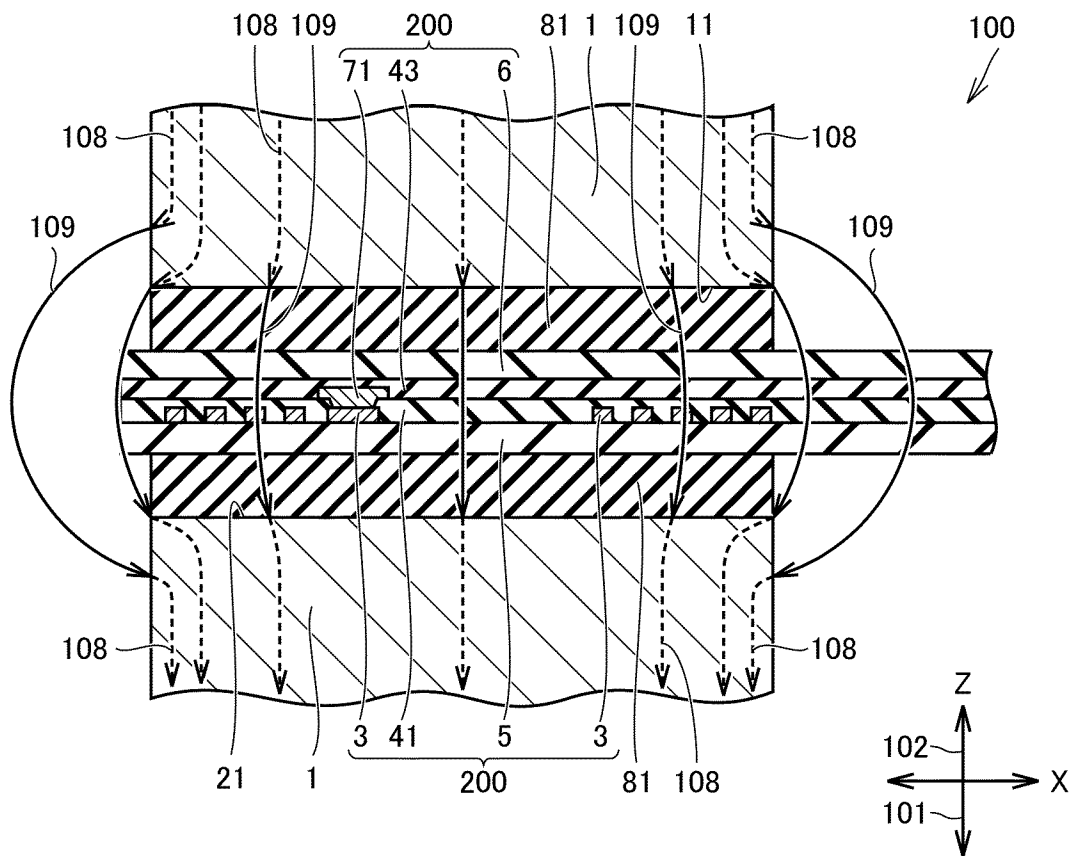
[図23]

図23



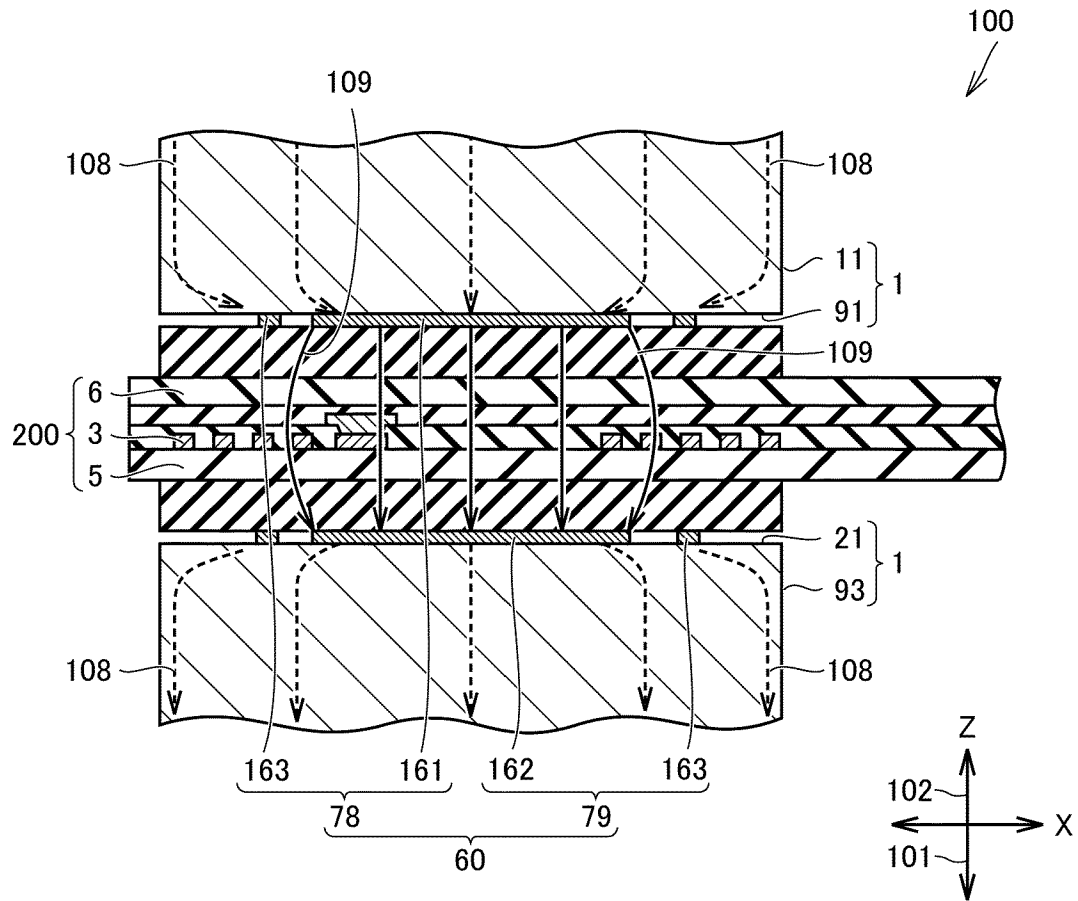
[図24]

図24



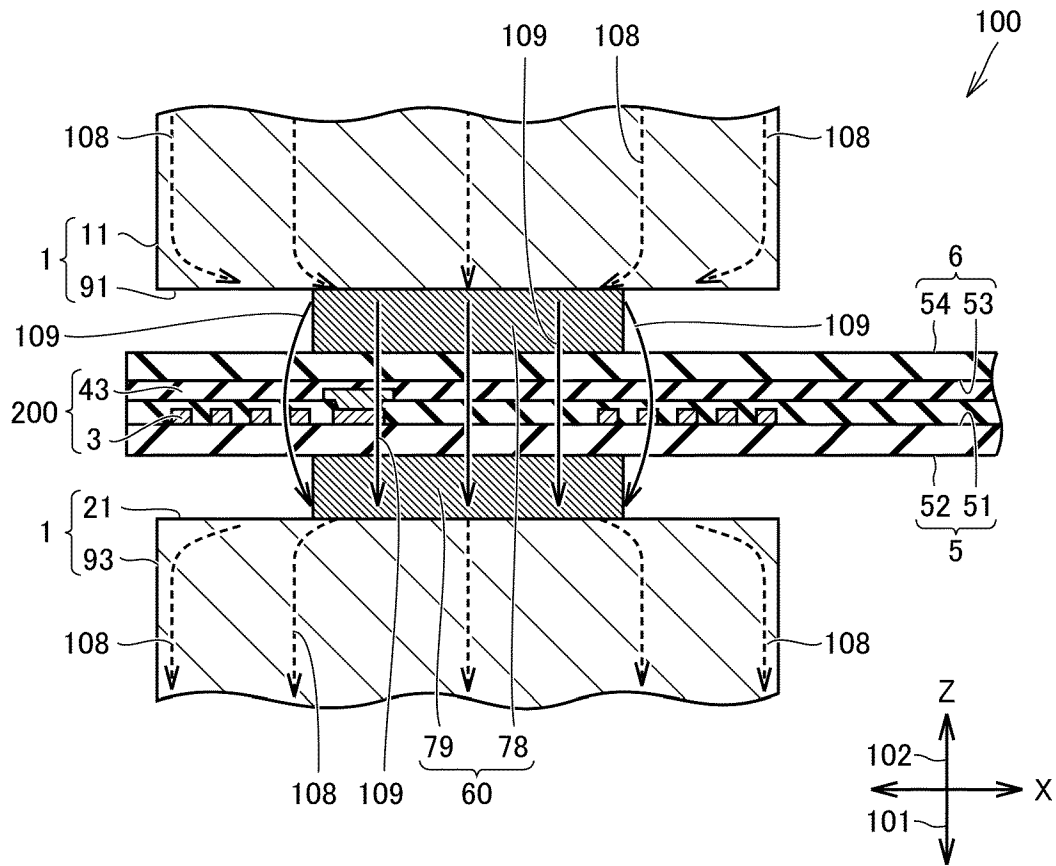
[図25]

図25



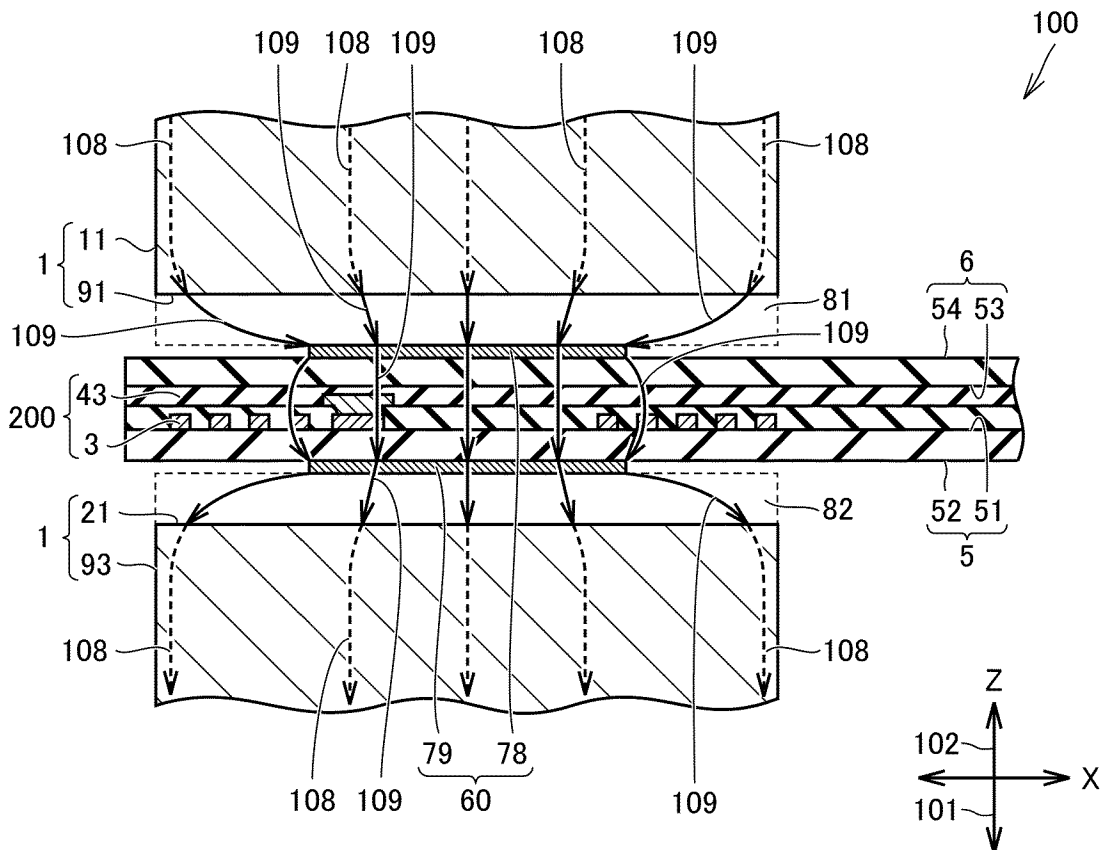
[図26]

図26



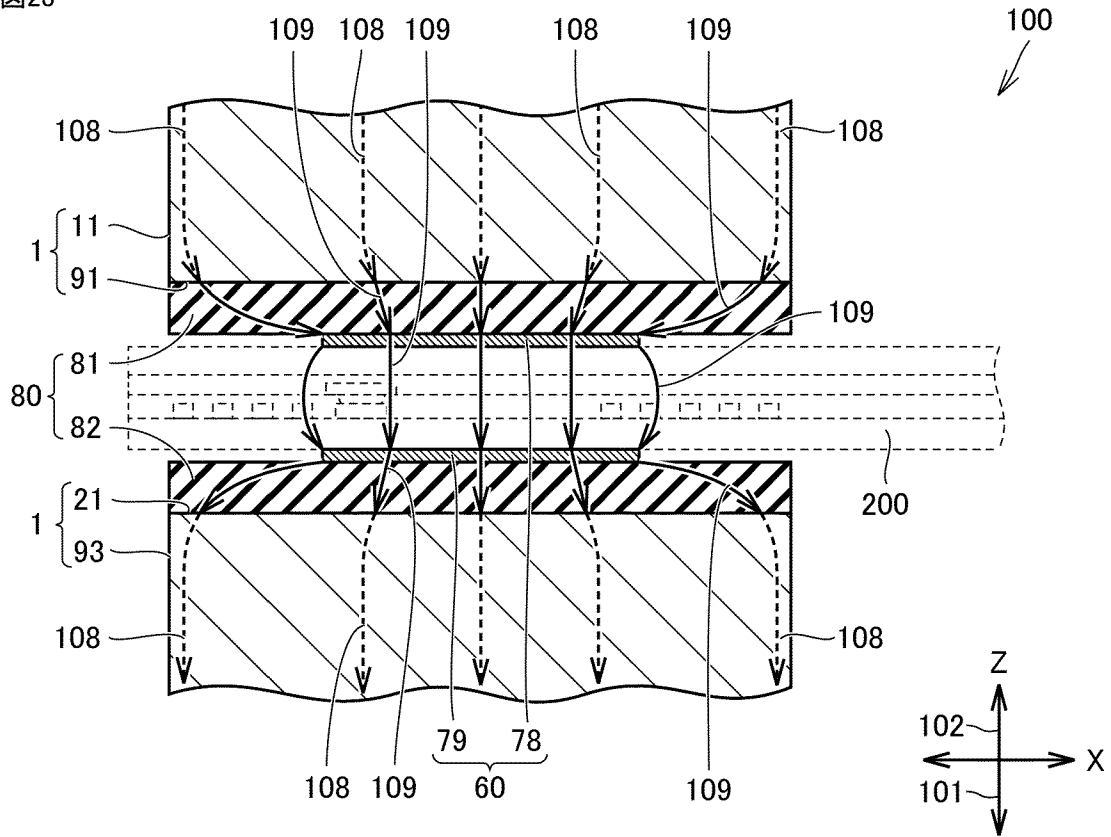
[図27]

図27



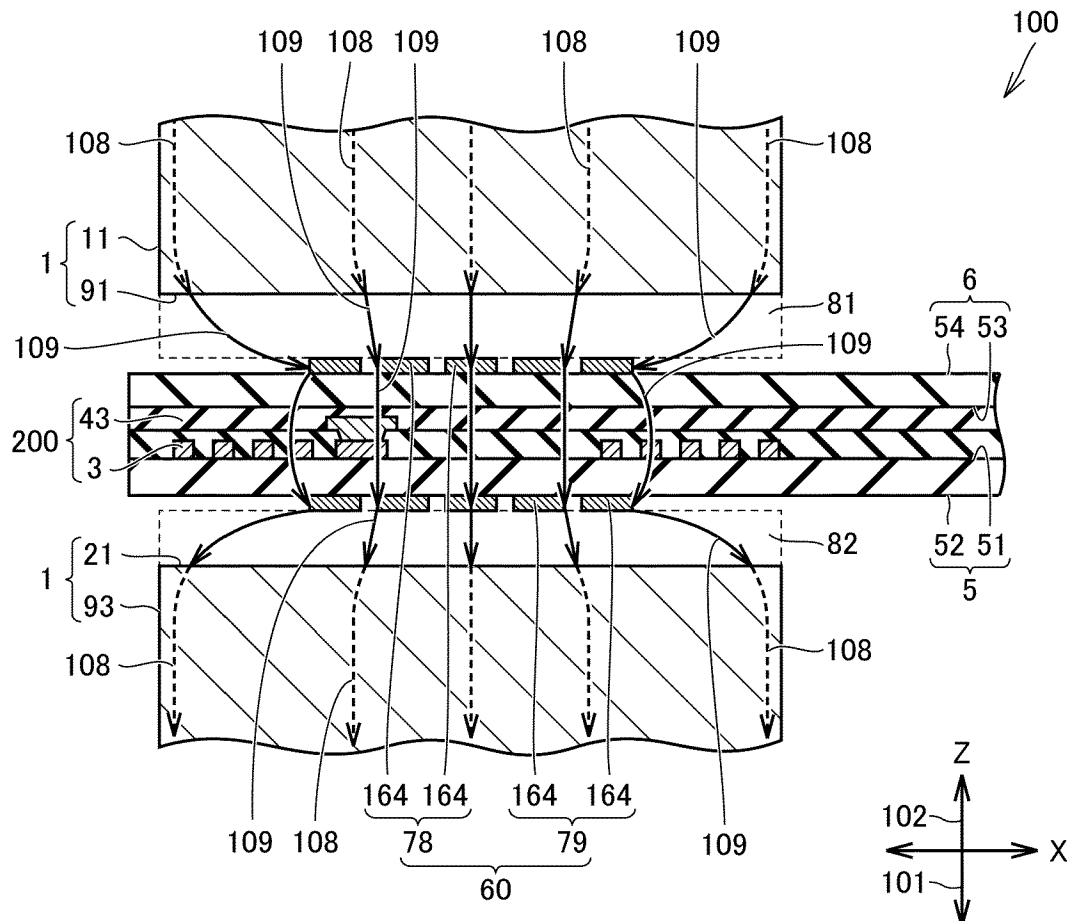
[図28]

図28



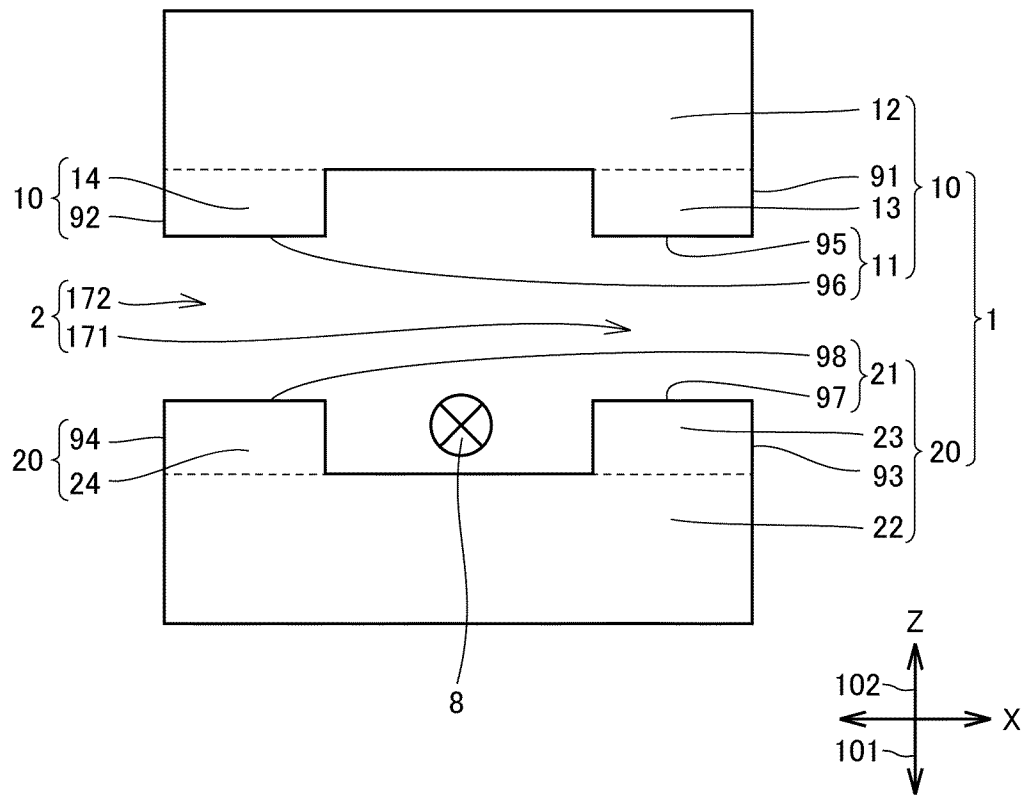
[図29]

図29



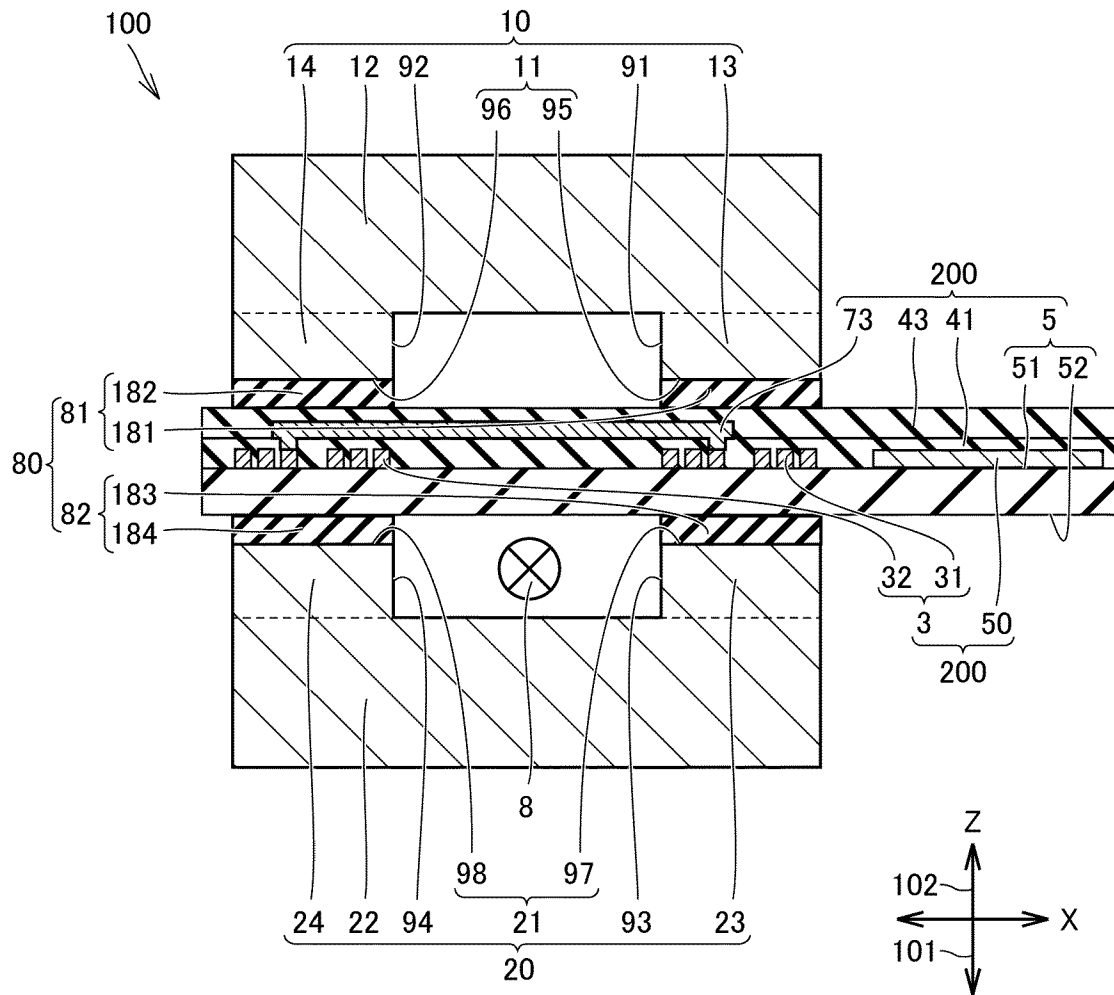
[図31]

図31



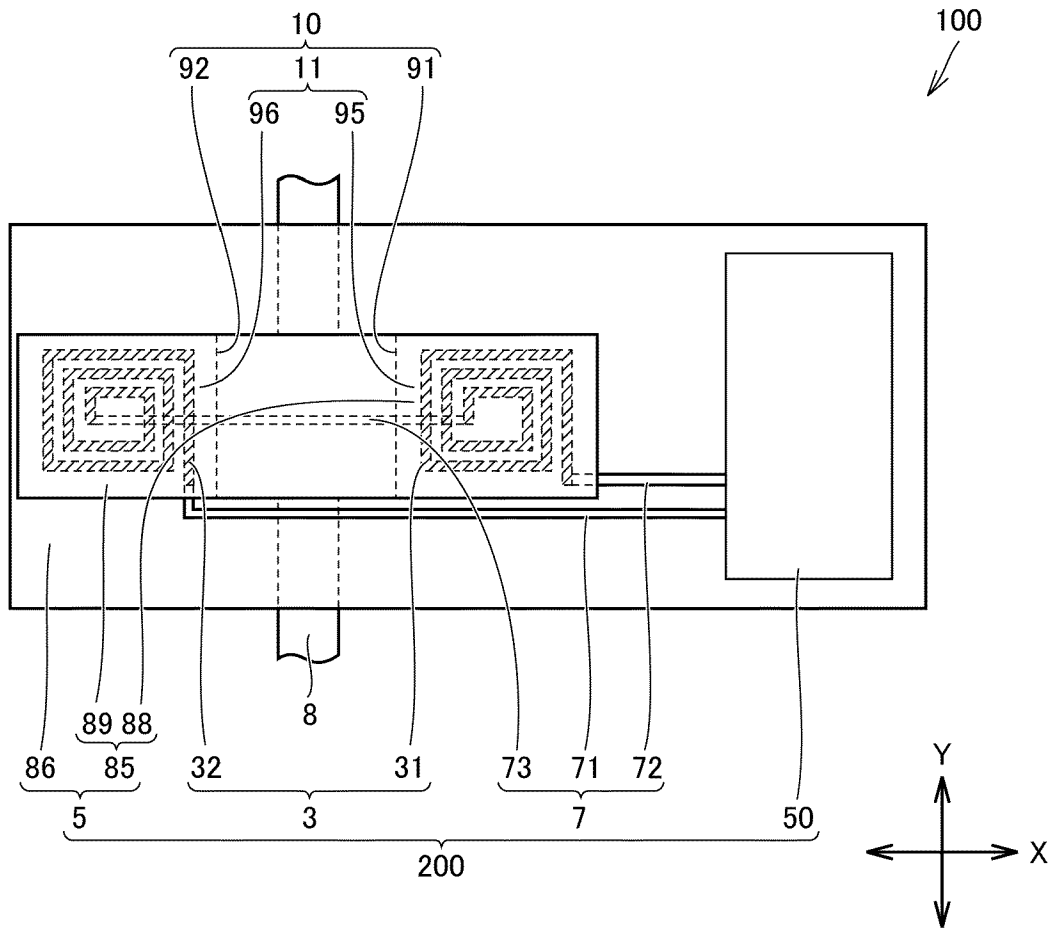
[図32]

図32



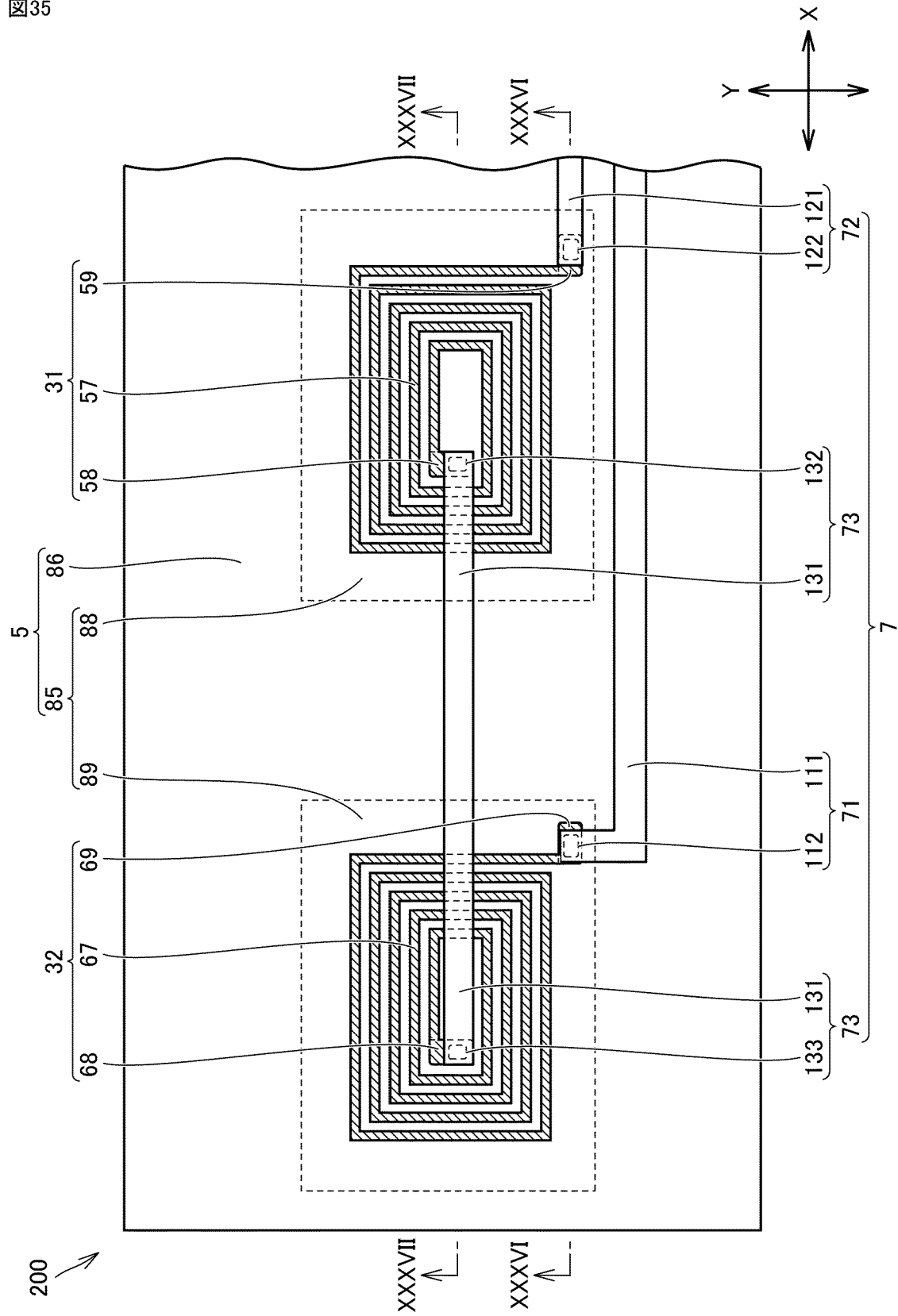
[図33]

図33



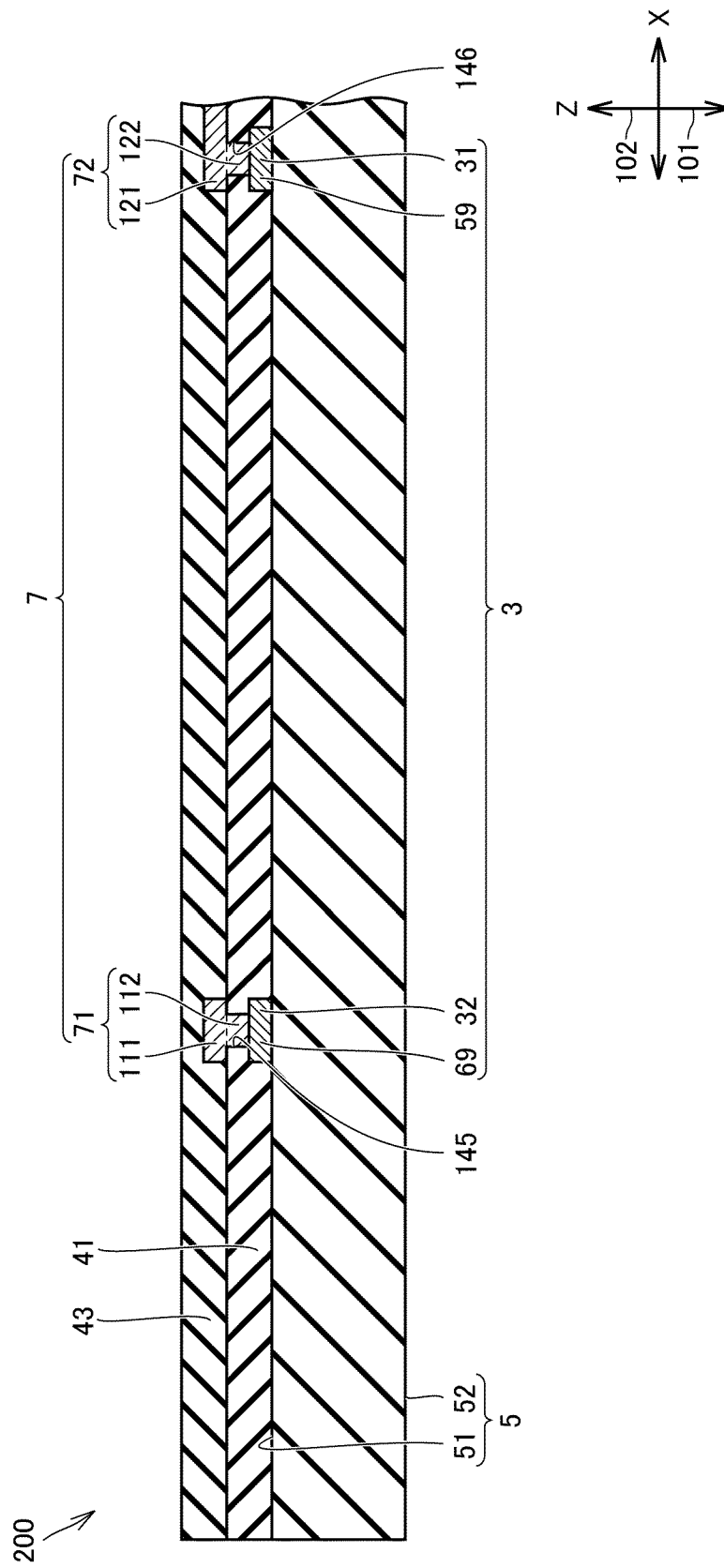
[図35]

図35



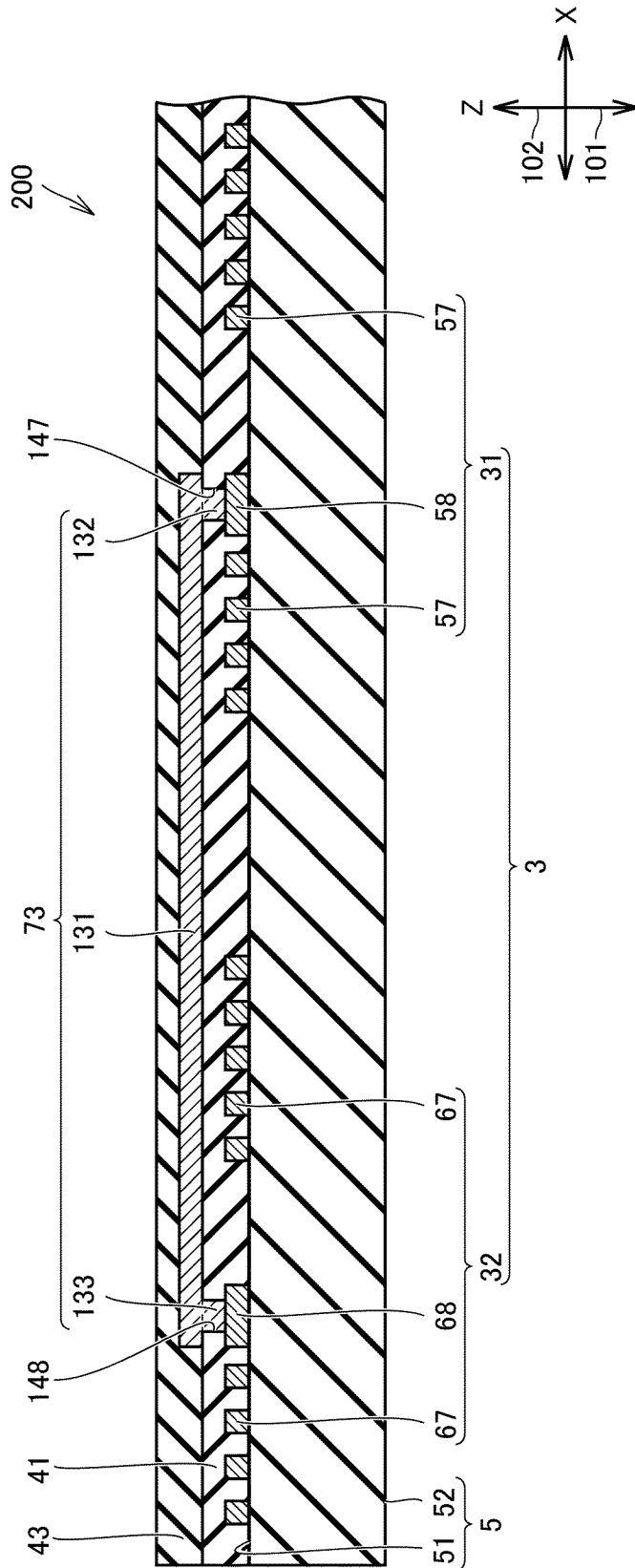
[図36]

図36



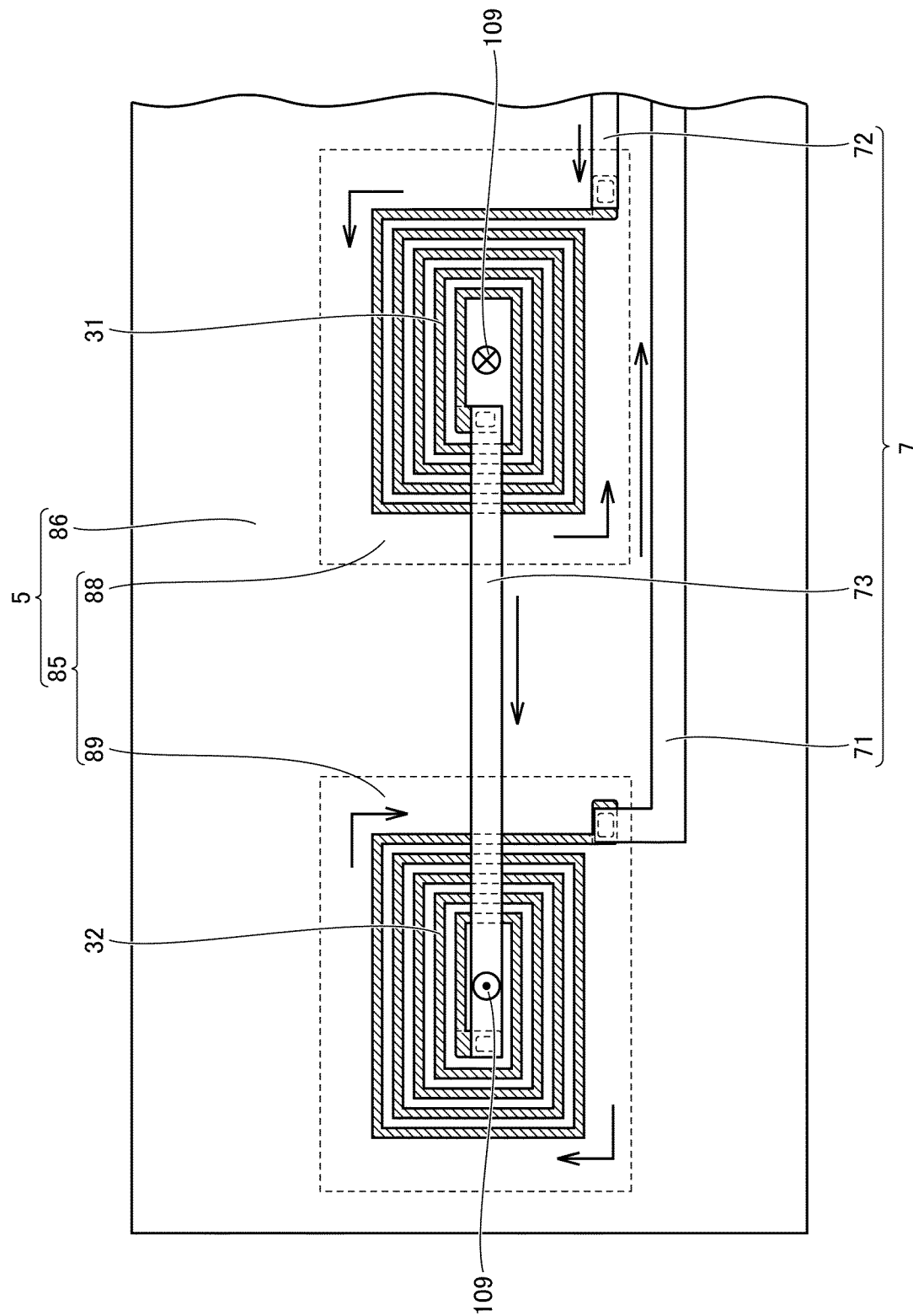
[図37]

図37



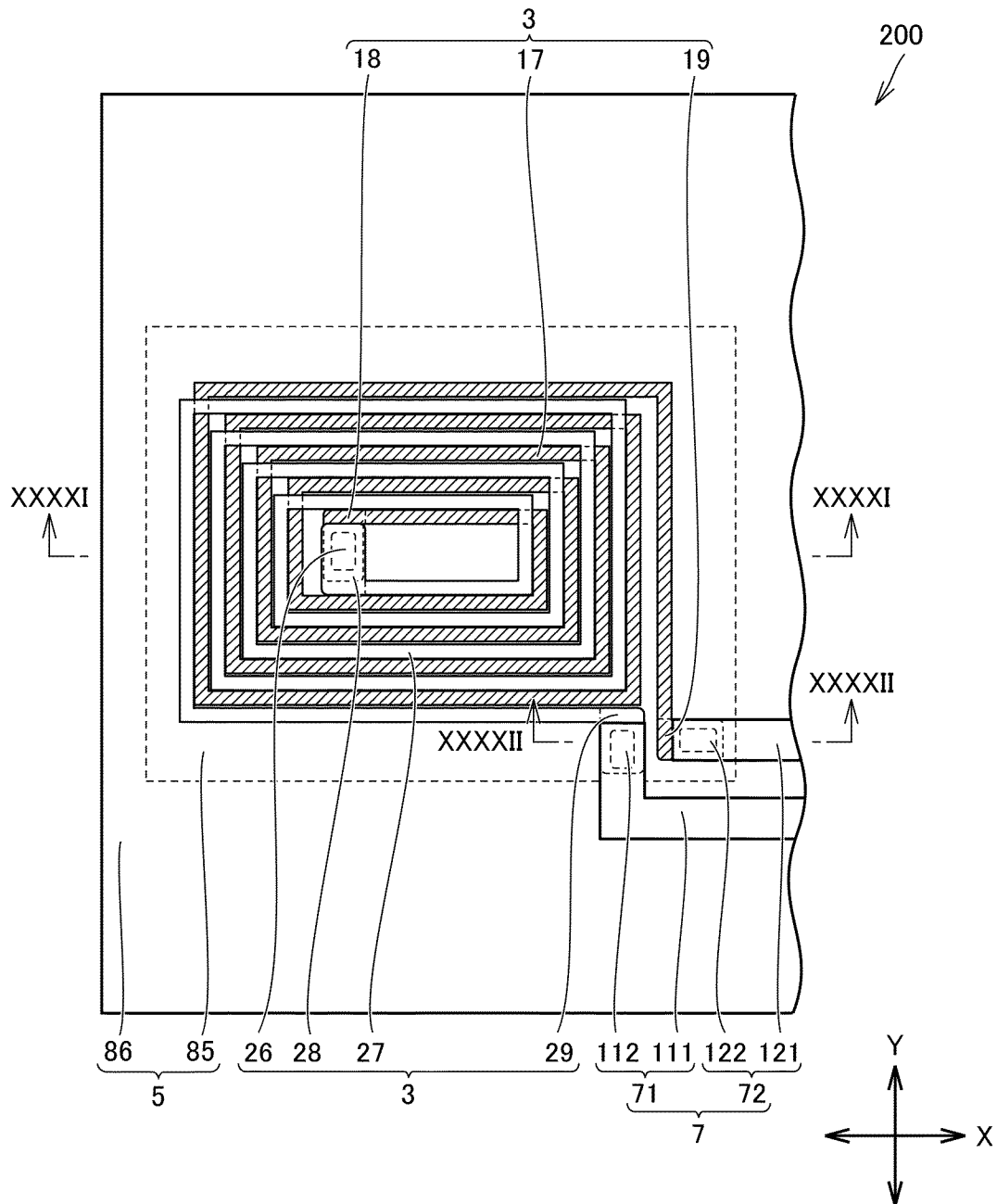
[図38]

図38



[図39]

図39



[図40]

図40

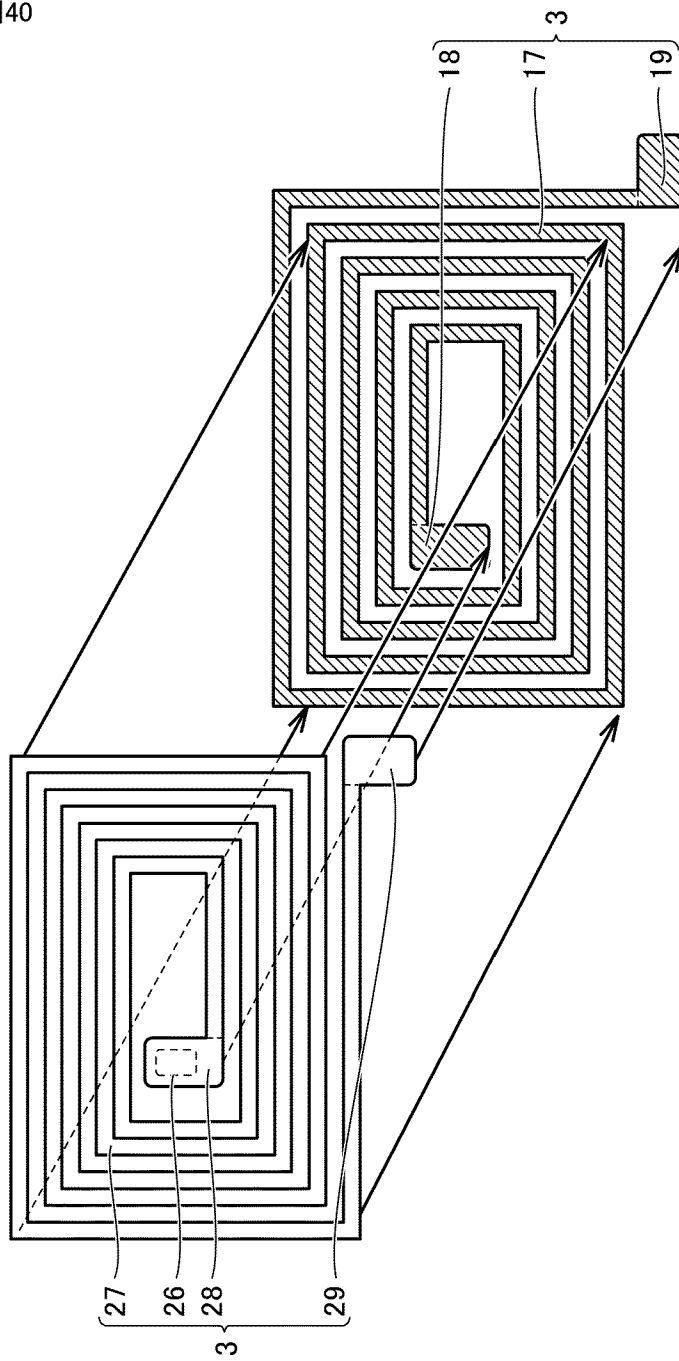
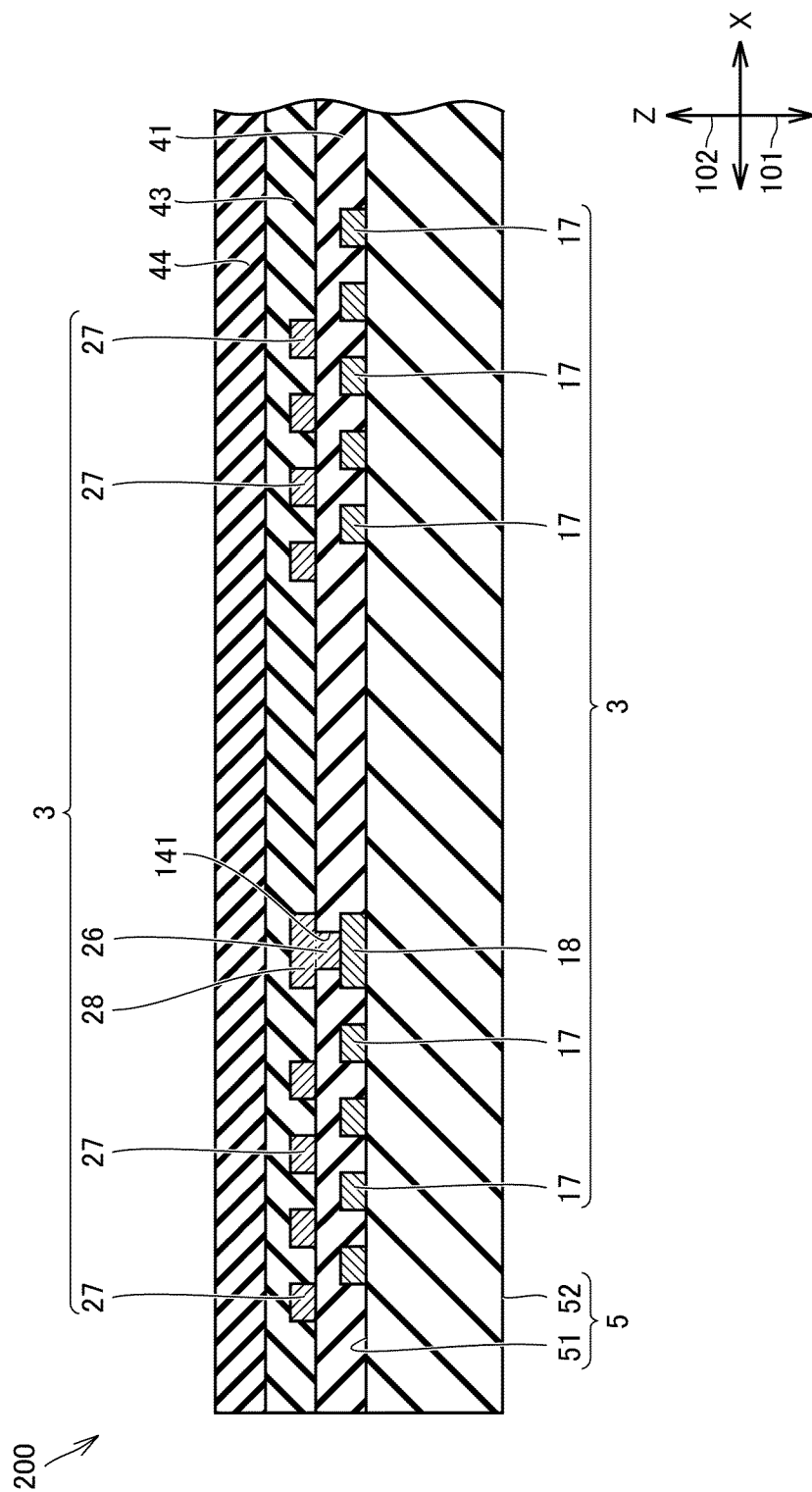
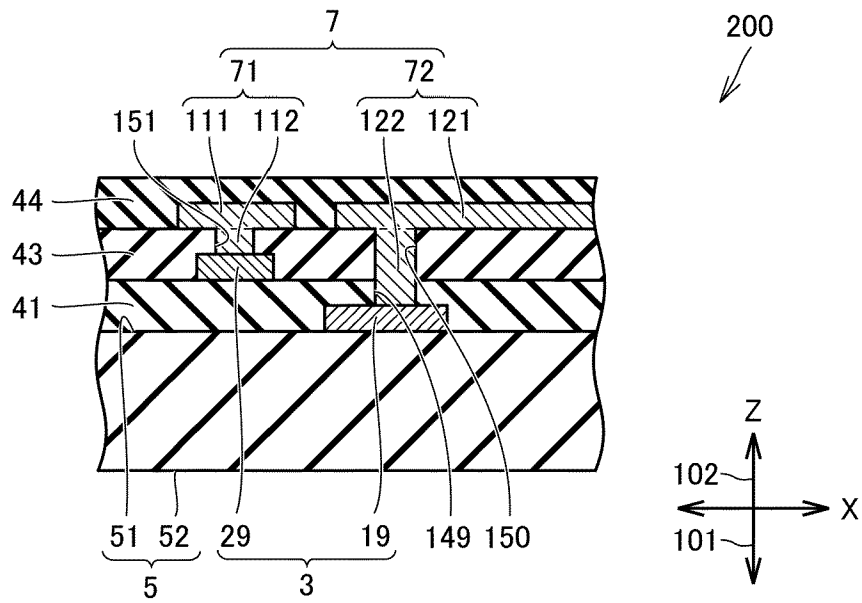


图41



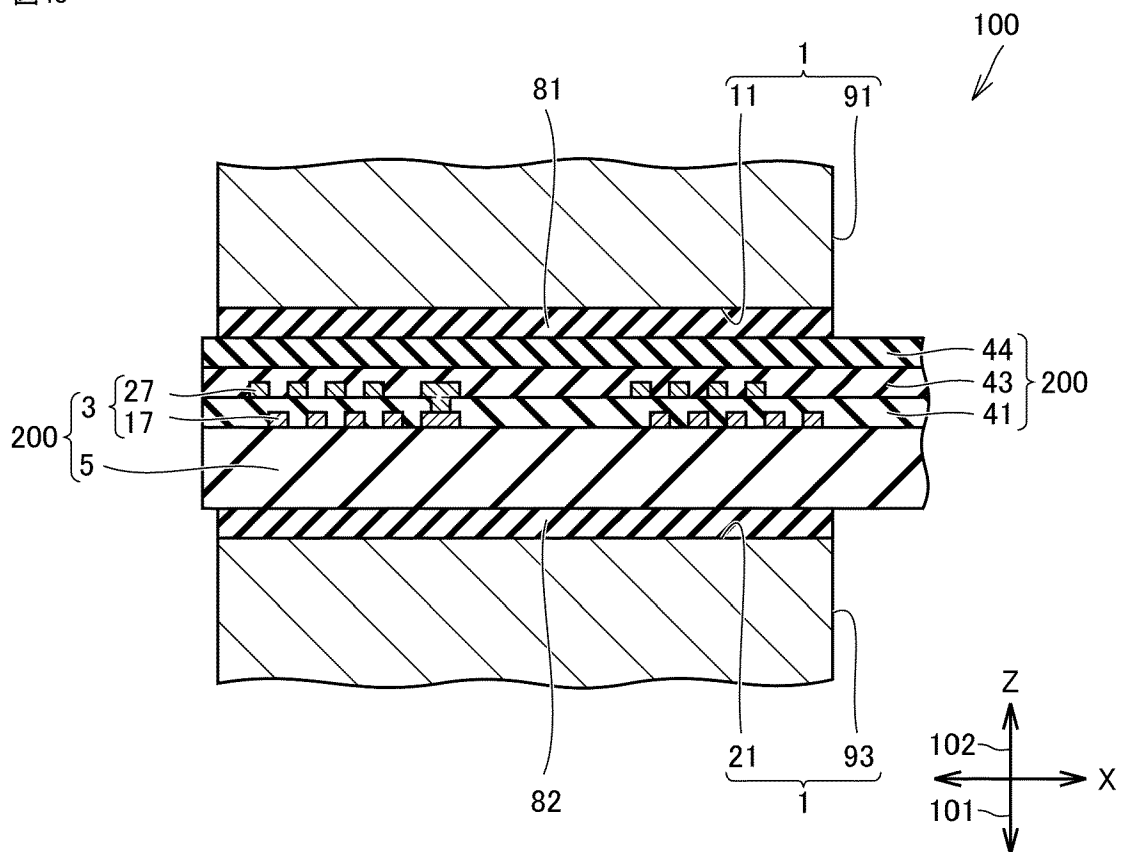
[図42]

図42



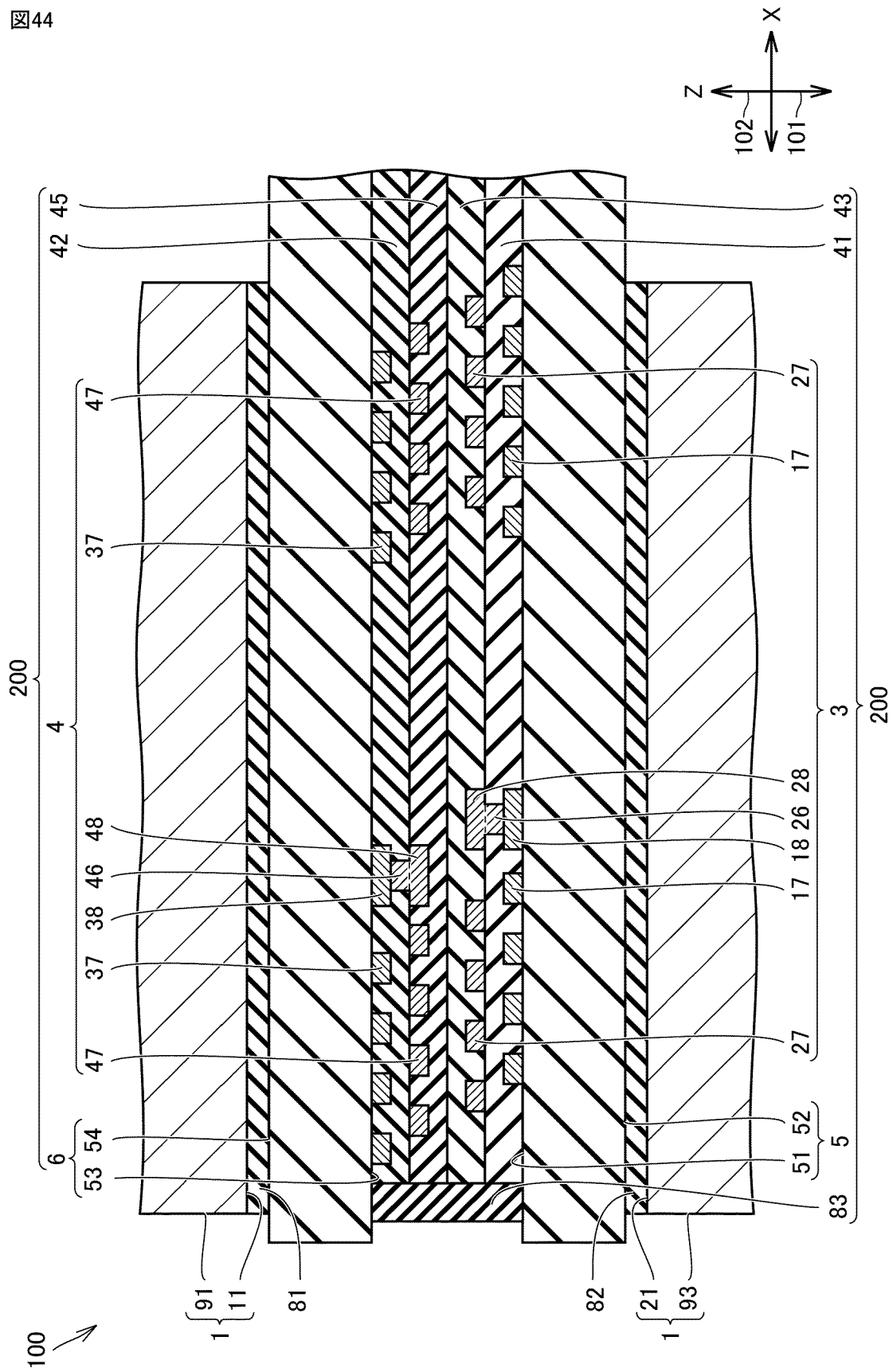
[図43]

図43



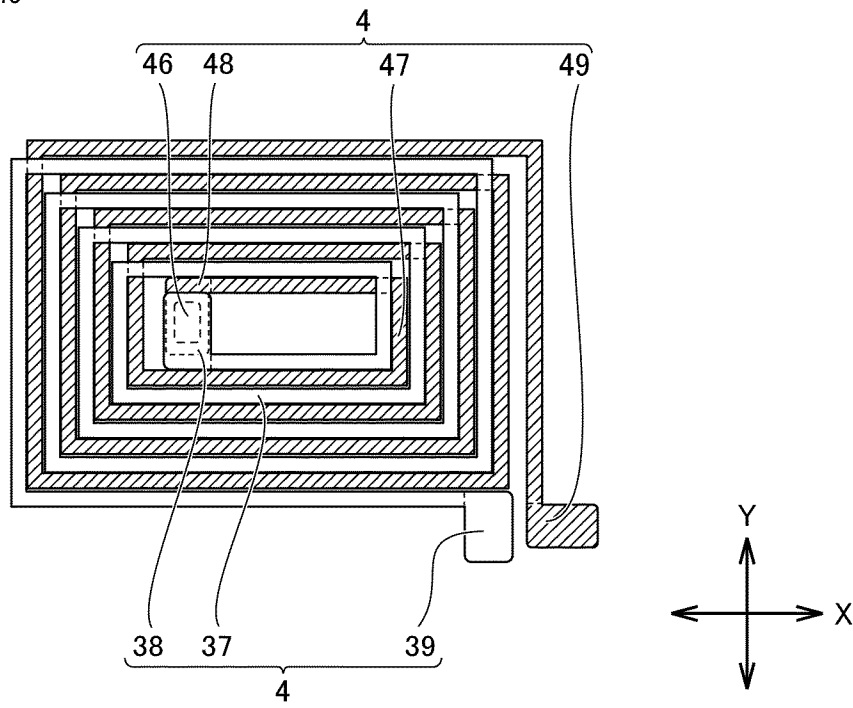
[図44]

図44



[図45]

図45



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/020541

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01R 15/18**(2006.01)i; **G01R 19/00**(2006.01)i

FI: G01R15/18 B; G01R19/00 Z

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)

G01R15/18; G01R19/00

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	JP 2019-152558 A (FUJI ELECTRIC METER CO LTD) 12 September 2019 (2019-09-12) paragraphs [0019]-[0023], [0029], fig. 1-3, 8-9	1-4, 6-10 5
Y	JP 2018-146388 A (FUJI ELECTRIC METER CO LTD) 20 September 2018 (2018-09-20) paragraphs [0005]-[0006]	1-4, 6-10
Y	JP 2016-109601 A (TOKAI RIKI CO LTD) 20 June 2016 (2016-06-20) paragraphs [0006]-[0007], [0055]	1-4, 6-10
Y	JP 8-233864 A (YAZAKI CORP) 13 September 1996 (1996-09-13) paragraph [0005]	1-4, 6-10
Y	WO 2018/198901 A1 (KONICA MINOLTA INC) 01 November 2018 (2018-11-01) paragraph [0033]	1-4, 6-10
Y	JP 2011-128095 A (YAMAHA CORP) 30 June 2011 (2011-06-30) paragraphs [0025]-[0026]	3

☒ 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

21 June 2022

Date of mailing of the international search report

05 July 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/020541

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-214272 A (YAZAKI CORP) 31 July 2002 (2002-07-31) paragraph [0030]	4
Y	JP 8-304467 A (FUJI ELELCTROCHEM CO LTD) 22 November 1996 (1996-11-22) paragraphs [0050]-[0051], fig. 9-11	6, 9
Y	JP 2008-2876 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO LTD) 10 January 2008 (2008-01-10) paragraph [0017], fig. 1	10
A	JP 2002-286764 A (CANON ELECTRONICS INC) 03 October 2002 (2002-10-03) entire text, all drawings	1-10
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 106786/1987 (Laid-open No. 15970/1989) (TOHOKU METAL INDUSTRY CO., LTD.) 26 January 1989 (1989-01-26), entire text, all drawings	1-10
A	JP 2009-204415 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO LTD) 10 September 2009 (2009-09-10) entire text, all drawings	4-5
A	JP 3-170071 A (TOKIN CORP) 23 July 1991 (1991-07-23) p. 3, upper left column, fig. 1	4-5
A	US 2012/0032674 A1 (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.) 09 February 2012 (2012-02-09) entire text, all drawings	1-10
A	US 2018/0306841 A1 (HARTING ELECTRIC GMBH & CO. KG) 25 October 2018 (2018-10-25) entire text, all drawings	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/020541

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-152558	A	12 September 2019	(Family: none)	
JP	2018-146388	A	20 September 2018	(Family: none)	
JP	2016-109601	A	20 June 2016	WO 2016/093059 A1 paragraphs [0006]-[0007], [0055]	
JP	8-233864	A	13 September 1996	(Family: none)	
WO	2018/198901	A1	01 November 2018	JP 2020-106270 A paragraph [0033]	
JP	2011-128095	A	30 June 2011	(Family: none)	
JP	2002-214272	A	31 July 2002	(Family: none)	
JP	8-304467	A	22 November 1996	(Family: none)	
JP	2008-2876	A	10 January 2008	(Family: none)	
JP	2002-286764	A	03 October 2002	(Family: none)	
JP	64-15970	U1	26 January 1989	(Family: none)	
JP	2009-204415	A	10 September 2009	(Family: none)	
JP	3-170071	A	23 July 1991	(Family: none)	
US	2012/0032674	A1	09 February 2012	(Family: none)	
US	2018/0306841	A1	25 October 2018	WO 2017/063947 A1 entire text, all drawings DE 102015117651 A1 KR 10-2018-0070648 A CN 108369248 A	

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; G01R 19/00(2006.01)i FI: G01R15/18 B; G01R19/00 Z		
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; G01R19/00		
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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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	JP 2019-152558 A（富士電機メーター株式会社）12.09.2019（2019-09-12） 段落0019-0023, 0029, 図1-3, 8-9	1-4, 6-10 5
Y	JP 2018-146388 A（富士電機メーター株式会社）20.09.2018（2018-09-20） 段落0005-0006	1-4, 6-10
Y	JP 2016-109601 A（株式会社東海理化電機製作所）20.06.2016（2016-06-20） 段落0006-0007, 0055	1-4, 6-10
Y	JP 8-233864 A（矢崎総業株式会社）13.09.1996（1996-09-13） 段落0005	1-4, 6-10
Y	WO 2018/198901 A1（コニカミノルタ株式会社）01.11.2018（2018-11-01） 段落0033	1-4, 6-10
Y	JP 2011-128095 A（ヤマハ株式会社）30.06.2011（2011-06-30） 段落0025-0026	3
Y	JP 2002-214272 A（矢崎総業株式会社）31.07.2002（2002-07-31） 段落0030	4
☒ 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、一般的な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 21.06.2022		国際調査報告の発送日 05.07.2022
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） 島▲崎▼ 純一 2S 9107 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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	JP 8-304467 A (富士電気化学株式会社) 22.11.1996 (1996 - 11 - 22) 段落 0 0 5 0 - 0 0 5 1, 図 9 - 1 1	6, 9
Y	JP 2008-2876 A (富士電機システムズ株式会社) 10.01.2008 (2008 - 01 - 10) 段落 0 0 1 7, 図 1	10
A	JP 2002-286764 A (キャノン電子株式会社) 03.10.2002 (2002 - 10 - 03) 全文, 全図	1-10
A	日本国実用新案登録出願62-106786号(日本国実用新案登録出願公開64-15970号)の願 書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (東北金属工業株式 会社) 26.01.1989 (1989-01-26) 全文, 全図	1-10
A	JP 2009-204415 A (富士電機システムズ株式会社) 10.09.2009 (2009 - 09 - 10) 全文, 全図	4-5
A	JP 3-170071 A (株式会社トーキン) 23.07.1991 (1991 - 07 - 23) 第 3 頁左上欄, 第 1 図	4-5
A	US 2012/0032674 A1 (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.) 09.02.2012 (2012 - 02 - 09) 全文, 全図	1-10
A	US 2018/0306841 A1 (HARTING ELECTRIC GMBH & CO. KG) 25.10.2018 (2018 - 10 - 25) 全文, 全図	1-10

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/JP2022/020541

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-152558	A	12.09.2019	(ファミリーなし)	
JP	2018-146388	A	20.09.2018	(ファミリーなし)	
JP	2016-109601	A	20.06.2016	WO 2016/093059 A1	
				段落 0 0 0 6 - 0 0 0 7, 0 0 5 5	
JP	8-233864	A	13.09.1996	(ファミリーなし)	
WO	2018/198901	A1	01.11.2018	JP 2020-106270 A	
				段落 0 0 3 3	
JP	2011-128095	A	30.06.2011	(ファミリーなし)	
JP	2002-214272	A	31.07.2002	(ファミリーなし)	
JP	8-304467	A	22.11.1996	(ファミリーなし)	
JP	2008-2876	A	10.01.2008	(ファミリーなし)	
JP	2002-286764	A	03.10.2002	(ファミリーなし)	
JP	64-15970	U1	26.01.1989	(ファミリーなし)	
JP	2009-204415	A	10.09.2009	(ファミリーなし)	
JP	3-170071	A	23.07.1991	(ファミリーなし)	
US	2012/0032674	A1	09.02.2012	(ファミリーなし)	
US	2018/0306841	A1	25.10.2018	WO 2017/063947 A1	
				全文, 全図	
				DE 102015117651 A1	
				KR 10-2018-0070648 A	
				CN 108369248 A	