

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年12月14日(14.12.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/213005 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 33/02 (2006.01) G01N 27/72 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/020331

(22) 国際出願日: 2017年5月31日(31.05.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-114993 2016年6月9日(09.06.2016) JP

(71) 出願人: 愛知製鋼株式会社 (AICHI STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 山本 道治 (YAMAMOTO Michiharu); 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 長尾 知彦 (NAGAO Tomohiko); 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人あいち国際特許事務所 (AICHI, TAKAHASHI, IWAKURA & ASSOCIATES); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅3丁目26番19号 名駅永田ビル Aichi (JP).

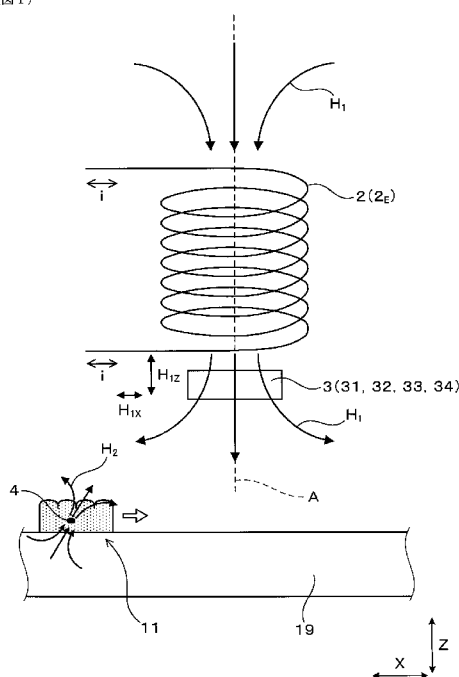
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,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

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: MAGNETIC FIELD MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 磁界測定装置

(図1)



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a magnetic field measurement device in which a magneto-impedance (MI) sensor does not readily become saturated, even if a magnetic field generated from a magnetic field generation unit is acting thereon. The present invention is provided with a magnetic field generation unit (2) and an MI sensor (3). The magnetic field generation unit (2) generates a magnetic field (H_1) for measurement which acts on an object (4) to be measured. Furthermore, the MI sensor (3) measures a magnetic field (H_2) to be measured generated from the object (4) to be measured. The MI sensor (3) is provided with a magneto-sensitive body (31), a detection coil (32), a measurement circuit (33), and a cancellation coil (34). The MI sensor (3) is provided in a position in which the magnetic field (H_1) for measurement acts on the magneto-sensitive body (31). The present invention is configured such that a component (H_{1x}) of the magnetic field (H_1) for measurement acting on the magneto-sensitive body (31), said component being in the magneto-sensitive direction of the magneto-sensitive body (31), is cancelled out by a magnetic field (H_3) generated by passing a current through the cancellation coil (34).



ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：磁界発生部から発生した磁界が作用しても、マグネトインピーダンスセンサが飽和しにくい磁界測定装置を提供すること。磁界発生部（2）と、MIセンサ（3）とを備える。磁界発生部（2）は、測定対象物（4）に作用する磁界である測定用磁界（ H_1 ）を発生する。また、MIセンサ（3）は、測定対象物（4）から発生した磁界である被測定磁界（ H_2 ）を測定する。MIセンサ（3）は、感磁体（31）と、検出コイル（32）と、測定回路（33）と、打消コイル（34）とを備える。MIセンサ（3）は、感磁体（31）に測定用磁界（ H_1 ）が作用する位置に配されている。打消コイル（34）への通電により発生した磁界（ H_3 ）により、感磁体（31）に作用する測定用磁界（ H_1 ）の、感磁体（31）の感磁方向における成分（ H_{1X} ）を打ち消すよう構成されている。

明 細 書

発明の名称：磁界測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、測定対象物に作用する磁界を発生する磁界発生部と、上記測定対象物から発生した磁界を測定するマグネトインピーダンスセンサとを備える磁界測定装置に関する。特に、磁界発生部から強い磁界がマグネトインピーダンスセンサに作用しても、測定対象物の磁界を高い精度で測定できる磁界測定装置に関する。

背景技術

[0002] 従来から、測定対象物に作用する磁界である測定用磁界を発生する磁界発生部と、マグネトインピーダンスセンサ（以下、MIセンサとも記す）とを備えた、磁気検査装置等の磁界測定装置が知られている（下記特許文献1参照）。この磁界測定装置では、上記測定用磁界を上記測定対象物に作用させ、この測定対象物を磁化させたり、測定対象物内に渦電流を流したりしている。これによって測定対象物の周囲に発生した磁界を、MIセンサによって測定することにより、測定対象物の有無等を検出するように構成されている。磁界測定装置は、例えば、食品等に含まれる、金属や磁性体からなる異物を検出する異物検出装置や、金属製の歯車（図8参照）の回転速度を算出する回転速度算出装置として用いられる。

[0003] MIセンサは、アモルファスワイヤからなる感磁体と、該感磁体に巻回した検出コイルとを備える。検出コイルは、感磁体に作用する磁界に対応した出力電圧を出力する。MIセンサは、この出力電圧を測定することにより、上記測定対象物から発生した磁界の強さを測定するよう構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-10902号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記磁界測定装置では、磁界発生部から比較的強い測定用磁界を発生しているため、この測定用磁界は、感磁体にも作用することとなる。M I センサは、感磁体の感磁方向（軸方向）に直交する方向へ強い磁界が作用しても、他の磁気センサとは異なり、センサの特性上、出力電圧は飽和しない。そのため、感磁体に直交する方向に強い測定用磁界が作用する状態であっても、M I センサを問題なく使用することが可能である。しかし、測定用磁界が、感磁方向に直交する方向に作用し、感磁方向には作用しないように、意識してM I センサを配置しても、何らかの調整のズレにより感磁方向に測定用磁界が作用してしまう場合が生じる。M I センサは、感磁方向に測定用磁界が作用すると、上記調整のズレ量が比較的小さくても、作用させている測定用磁界が強いため、出力電圧が飽和してしまうことがある。そのため、測定対象物から発生した磁界を正確に測定できなくなるおそれがある。

[0006] 本発明は、かかる背景に鑑みてなされたものであり、磁界発生部から発生した磁界がM I センサの感磁体の感磁方向に作用しても、M I センサの位置調整を行うことなく、M I センサの出力が飽和しないように調整可能な磁界測定装置を提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様は、測定対象物に作用する磁界である測定用磁界を発生する磁界発生部と、

上記測定用磁界が作用することによって上記測定対象物から発生した磁界である被測定磁界を測定するマグネトインピーダンスセンサとを備え、

該マグネトインピーダンスセンサは、感磁体と、該感磁体に巻回した検出コイルと、該検出コイルの出力電圧を測定する測定回路とを有し、

上記マグネトインピーダンスセンサは、上記感磁体に上記測定用磁界が作用する位置に配されており、

上記感磁体に打消コイルを巻回してあり、該打消コイルへの通電によって

発生した磁界により、上記感磁体に作用する上記測定用磁界の、上記感磁体の感磁方向における成分を打ち消すよう構成されていることを特徴とする磁界測定装置にある（請求項１）。

発明の効果

[0008] 上記磁界測定装置では、上記感磁体に、測定用磁界の感磁方向成分を所定量キャンセル可能な上記打消コイルを巻回してある。

そのため、感磁体に作用する上記測定用磁界の上記感磁方向における成分を、打消コイルへの通電によって発生した磁界により打ち消すことができる。したがって、感磁体に感磁方向へ磁界が作用しても、その作用分を打消コイルによってキャンセルすることにより、M I センサの位置を調整しなくても、M I センサの出力が飽和しないように、調整することができる。そのため、測定対象物から発生した磁界をM I センサによって正確に測定することが可能になる。なお、本発明で言う「打ち消す」とは、必ずしも完全に０にすることまでは意味しない。勿論完全に０にしても問題ないが、M I センサの出力が飽和しない程度に打ち消せば問題なく測定が可能となるからである。

[0009] 以上のごとく、本態様によれば、磁界発生部から発生した磁界がM I センサの感磁体の感磁方向に作用した場合であっても、M I センサの出力が飽和しないように調整可能な磁界測定装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施形態１における、磁界測定装置の概念図。

[図2]実施形態１における、マグネトインピーダンス素子の平面図。

[図3]実施形態１における、異物が混入していた場合の、検出コイルの出力電圧の時間変化を表したグラフ。

[図4]実施形態１における、電磁コイルに流す電流と、打消コイルに流す電流と、感磁体に流す電流と、検出コイルの出力電圧との時間変化を表したグラフ。

[図5]実施形態１における、感磁体に作用する磁界の感磁方向成分と、出力電

圧との関係を表したグラフ。

[図6]実施形態1における、磁界測定装置の概略回路図。

[図7]実施形態2における、磁界測定装置の概念図。

[図8]実施形態3における、磁界測定装置の概念図。

[図9]実施形態4における、マグネトインピーダンス素子の平面図。

[図10]実施形態5における、マグネトインピーダンス素子の平面図。

[図11]図10のXI-XI断面図。

[図12]実施形態6における、磁界測定装置の概念図。

[図13]実施形態7における、磁界測定装置の概念図。

発明を実施するための形態

[0011] 上記磁界測定装置では、上記感磁体に作用する上記測定用磁界の、上記感磁方向における成分が、該感磁方向に直交する方向における成分よりも小さくなるように、上記感磁体の向きが定められていることが好ましい（請求項2）。

上述のように、磁界測定装置では、本来は、測定用磁界が感磁方向に作用しないように、MIセンサを配置するのが基本である。しかし、本発明では打消コイルを設けているため、打消コイルに流す電流の強さの調整により、仮に、感磁方向に大きな測定用磁界が作用するようにMIセンサを配置した場合であっても、MIセンサの出力電圧が飽和しないように調整することは可能である。しかし、打消コイルに流す電流が大きいと、消費電力が大きくなるという問題がある。これに対し、請求項2の発明のように、感磁体に作用する測定用磁界を調整した場合には、感磁体に作用する測定用磁界の感磁方向成分が小さいため、打消コイルに大きな電流を流さなくても、この感磁方向成分を打ち消すことができる。そのため、磁界測定装置を省電力化することができる。

なお、上述したように、感磁体に、感磁方向に直交する方向へ強い磁界が作用しても、MIセンサの特性上、出力電圧は飽和しないため、特に大きな問題は生じない。

[0012] また、上記磁界発生部は電磁コイルであり、該電磁コイルに交流電流を流すよう構成され、該交流電流に同期した電流を上記打消コイルに流すよう構成されていることが好ましい（請求項3）。

この場合には、電磁コイルから交流磁界を発生できる。そのため、例えば測定対象物が非磁性体であり、かつ導電性材料である場合、この測定対象物に渦電流を流すことができ、これに伴って発生した磁界をMIセンサによって測定することが可能になる。そのため、測定対象物が磁性体でなくても、測定対象物から発生した磁界を測定することができる。

なお、この場合、感磁体には、電磁コイルから発生した交流磁界（測定用磁界）が作用することになる。つまり、感磁体に、時間的に変化する測定用磁界が作用することになる。しかしながら、上記磁界測定装置では、電磁コイルに流す交流電流と同期した電流を打消コイルに流しているため、感磁体に作用する測定用磁界の感磁方向成分が時間的に変化しても、これを正確に打ち消すことができる。

[0013] また、上記磁界発生部は永久磁石であることが好ましい（請求項4）。

この場合には、磁界発生部に電力を供給しなくても、磁界を発生することができる。そのため、磁界測定装置を省電力化できる。

[0014] また、上記検出コイルと上記打消コイルとを、上記感磁体に同心状に巻回してあることが好ましい（請求項5）

この場合には、検出コイルと打消コイルとを軸方向に隣り合う位置に形成した場合と比べて、感磁体の軸方向長さを短くすることができる。そのため、MIセンサの製造コストを低減することができる。

[0015] （実施形態1）

上記磁界測定装置に係る実施形態につき、図1～図6を用いて説明する。図1に示すごとく、本形態の磁界測定装置1は、磁界発生部2と、マグネトインピーダンスセンサ3（MIセンサ）とを備える。磁界発生部2は、測定対象物4に作用する磁界である測定用磁界 H_1 を発生する。MIセンサ3は、測定用磁界 H_1 が作用することにより測定対象物4から発生した磁界である被

測定磁界 H_2 を測定する。

[0016] MIセンサ3は、図2、図6に示すごとく、感磁体31と、検出コイル32と、測定回路33とを備える。検出コイル32は、感磁体31に巻回されている。測定回路33は、検出コイル32の出力電圧 V_o を測定する。

[0017] 図1に示すごとく、MIセンサ3は、感磁体31に測定用磁界 H_1 が作用する位置に配されている。MIセンサ3は、磁界発生部3の直下に配置されている。

図2に示すごとく、感磁体31に、打消コイル34を巻回してある。この打消コイル34への通電により発生した磁界 H_3 により、感磁体31に作用する測定用磁界 H_1 の、感磁体31の感磁方向（軸方向：X方向）における成分（以下、感磁方向成分 H_{1x} とも記す）を打ち消すよう構成されている。

[0018] 図1に示すごとく、本形態では、磁界発生部2として電磁コイル 2_E を用いている。電磁コイル2に交流電流 i を流すことにより、電磁コイル 2_E から、測定用磁界 H_1 （交流磁界）を発生している。そして、この測定用磁界 H_1 を、食品等の検査対象11に作用させている。検査対象11内に異物（測定対象物4）が混入している場合、測定対象物4の周囲に被測定磁界 H_2 が発生する。すなわち、例えば測定対象物4が磁性体である場合、測定用磁界 H_1 によって測定対象物4が磁化され、周囲に被測定磁界 H_2 が発生する。また、測定対象物4が金属である場合、測定対象物4に渦電流が流れ、その結果、渦電流に起因した磁界（被測定磁界 H_2 ）が周囲に発生する。この被測定磁界 H_2 をMIセンサ3によって測定することにより、検査対象11内に異物（測定対象物4）が混入しているか否かを判断するよう構成されている。

[0019] 本形態では、上記感磁体31を、電磁コイル 2_E の中心軸A上に配置してある。電磁コイル 2_E から発生する測定用磁界 H_1 は、電磁コイル 2_E の中心軸Aに関して完全に対称になることが望ましいが、完全な位置調整は難しい。そのため、感磁体31を中心軸A上に配置しても、微小なズレによって、上記感磁方向成分 H_{1x} は必ず発生する。また、磁界測定装置1を製造すると、感磁体31が中心軸Aからずれた位置に配されることもある。これも、上記感磁方

向成分 H_{1x} が発生する要因となる。本形態では、この感磁方向成分 H_{1x} を、上記打消コイル34の磁界 H_3 によって打ち消すことができる。

[0020] 図6に示すごとく、MIセンサ3は、マグネトインピーダンス素子30（以下、MI素子30とも記す）と、IC35と、これらを載置した配線基板39とを備える。MI素子30は、図2に示すごとく、感磁体31と、検出コイル32と、打消コイル34と、これらを載置したセンサ用基板301とを備える。感磁体31は、零磁歪のアモルファスワイヤからなる。

[0021] 図4に、電磁コイル2_Eに流す電流 i と、打消コイル34に流す電流 I と、感磁体31に流す電流 I_p と、検出コイル32の出力電圧 V_0 との、時間変化を表したグラフを示す。同図に示すごとく、電磁コイル2_Eに流す電流 i と、打消コイル34に流す電流 I とは、同期している。打消コイル34に電流 I を流すことにより、磁界 H_3 （図2参照）が発生させ、感磁体31に作用する測定用磁界 H_1 の感磁方向成分 H_{1x} を打ち消している。

[0022] また、図4に示すごとく、本形態では、感磁体31にパルス状の電流 I_p を流している。電流 I_p が立ち上がる時（時刻 t_u ）と立ち下がる時（時刻 t_d ）に、検出コイル32に、感磁体31に作用する被測定磁界 H_2 の強さに対応した出力電圧 V_0 が発生する。この出力電圧 V_0 を測定することにより、測定対象物4（異物）の有無を検査している。

[0023] 図1に示すごとく、ベルトコンベア19によって運ばれる検査対象11内に、測定対象物4（異物）が混入していた場合、検査対象11がMIセンサ3に近づくにつれて、MIセンサ3に作用する被測定磁界 H_2 の強度が高くなる。そのため、図3に示すごとく、出力電圧 V_0 は、所定の時刻 t_0 にピーク値となり、その後、低減する。MIセンサ3は、出力電圧 V_0 が予め定められた閾値 V_{th} を超えた場合、検査対象11内に測定対象物4（異物）が混入していると判断する。

[0024] 上述したように、本形態では、感磁体31に作用する測定用磁界 H_1 の感磁方向成分 H_{1x} を、打消コイル34への通電によって発生した磁界 H_3 によって打ち消している。そのため、被測定磁界 H_2 に起因する出力電圧 V_0 を正確に測定

することができる。すなわち、図5に示すごとく、M I センサ3の出力電圧 V_0 は、感磁体31に加わる磁界の感磁方向成分 H_x が小さい場合は、飽和しない。つまり、感磁方向成分 H_x に比例した出力電圧 V_0 を得ることができる。これに対して、感磁方向成分 H_x が高くなると、M I センサ3が飽和領域に入ってしまう、感磁方向成分 H_x に比例した出力電圧 V_0 を得ることができなくなる。本形態では上述したように、感磁体31に作用する測定用磁界 H_1 の感磁方向成分 H_{1x} を、打消コイル34によって打ち消しているため、M I センサ3を非飽和領域で使うことができる。したがって、測定対象物4から発生し感磁体31に作用する被測定磁界 H_2 の感磁方向成分を、正確に測定することができる。

[0025] 次に、図6を用いて、M I センサ3の構造をより詳細に説明する。上述したように、本形態のM I センサ3は、M I 素子30と、IC35と、配線基板39とを備える。IC35には、パルス発生回路351と、測定回路33と、同期回路36と、CPU353と、ROM354と、RAM355とが形成されている。パルス発生回路351は、感磁体31に接続している。パルス発生回路351から感磁体31にパルス波（電流 I_p ）を流している。また、測定回路33は、検出コイル32の出力電圧 V_0 を測定する。測定回路33は、出力電圧 V_0 を一定期間保持するサンプルホールド回路（図示しない）と、保持された出力電圧 V_0 をデジタル値に変換するA/Dコンバータ（図示しない）とを備える。

[0026] また、図6に示すごとく、電磁コイル2_Eは、駆動回路12に接続している。この駆動回路12から電磁コイル2_Eへ電流 i （交流電流）を流している。IC35内に形成された同期回路36は、電磁コイル2_Eに流す電流 i と同期した電流 I を、打消コイル34に流す。これにより、感磁体31に作用する測定用磁界 H_1 の感磁方向成分 H_{1x} を打ち消している。

[0027] また、ROM354には判断プログラム356が記憶されている。CPU353は、判断プログラム356を読み出して実行する。これにより、検査対象11（図1参照）に異物（測定対象物4）が混入しているか否かを判断

するよう構成されている。

[0028] 次に、本形態の作用効果について説明する。図2に示すごとく、本形態では、感磁体31に打消コイル34を巻回してある。

そのため、感磁体31に作用する測定用磁界 H_1 の感磁方向成分 H_{1x} を、打消コイル34への通電によって発生した磁界 H_3 により打ち消すことができる。したがって、感磁体31に感磁方向へ強い磁界が作用しても、その感磁方向成分をキャンセルすることで、MIセンサ3の出力が飽和しないように調整することができる。そのため、測定対象物4から発生した被測定磁界 H_2 を、MIセンサ3によって正確に測定することが可能になる。

[0029] また、本形態では図1に示すごとく、感磁体31に作用する測定用磁界 H_1 の、感磁方向における成分 H_{1x} が、できるだけ0に近づくように、MIセンサ3の位置および向きを調整している。これにより、感磁方向成分 H_{1x} が、感磁方向とは直交する方向（Z方向）における成分（直交方向成分 H_{1z} ）よりも小さくなるようにしている。

このようにすると、感磁体31に作用する測定用磁界 H_1 の感磁方向成分 H_{1x} が小さいため、打消コイル31に大きな電流を流さなくても、この感磁方向成分 H_{1x} を打ち消すことができる。そのため、磁界測定装置1を省電力化することができる。

なお、上述したように、感磁体31に、感磁方向に直交する方向へ強い磁界が作用しても、MIセンサ3の出力電圧 V_0 は飽和しないため、特に大きな問題は生じない。

[0030] また、図1に示すごとく、本形態の磁界発生部2は電磁コイル 2_E であり、該電磁コイル 2_E に交流電流 i を流すよう構成されている。そして、交流電流 i に同期した電流 I を打消コイル34に流すよう構成されている。

そのため、電磁コイル 2_E から交流磁界を発生できる。したがって、例えば測定対象物4が非磁性体であり、かつ導電性材料である場合、この測定対象物4に渦電流を流すことができ、これに伴って発生した磁界を、MIセンサ3によって測定することが可能になる。そのため、測定対象物4が磁性体で

なくとも、測定対象物4から発生した磁界を測定することができる。

なお、この場合、感磁体31には、電磁コイル2から発生した交流磁界（測定用磁界 H_1 ）が作用することになる。つまり、感磁体31に、時間的に変化する測定用磁界 H_1 が作用することになる。しかしながら、本形態では、電磁コイル2に流す交流電流 i と同期した電流 I を打消コイル34に流しているため、感磁体31に作用する測定用磁界 H_1 の感磁方向成分 H_{1x} が時間的に変化しても、これを正確に打ち消すことができる。

[0031] また、図2に示すごとく、本形態のM I素子30は、第1検出コイル32aと第2検出コイル32bとの、2個の検出コイル32を備える。これら2個の検出コイル32a、32bの間に、打消コイル34を形成してある。

そのため、打消コイル34を両側から挟む位置に2個の検出コイル32a、32bを配することができ、M I素子30の対称性を高めることができる。したがって、被測定磁界 H_2 の測定精度を高めることができる。

[0032] 以上のごとく、本形態によれば、磁界発生部から発生した磁界が作用しても、マグネトインピーダンスセンサの出力が飽和しにくい磁界測定装置を提供することができる。

[0033] 以下の実施形態においては、図面に用いた符号のうち、実施形態1において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、実施形態1と同様の構成要素等を表す。

[0034] （実施形態2）

本形態は、磁界発生部2の構成を変更した例である。図7に示すごとく、本形態では、磁界発生部2として永久磁石 2_p を用いている。この永久磁石 2_p から発生した測定用磁界 H_1 を検出対象11に作用させている。そして実施形態1と同様に、検出対象11内に存在する異物（測定対象物4）から発生する被測定磁界 H_2 を、M Iセンサ3によって測定している。これにより、検出対象11に異物が混入しているか否かを確認するよう構成されている。

[0035] 上記構成にすると、磁界発生部2として永久磁石 2_p を用いているため、磁界発生部2に電力を供給しなくとも、測定用磁界 H_1 を発生することができる。

。そのため、磁界測定装置 1 を省電力化することができる。

その他、実施形態 1 と同様の構成および作用効果を備える。

[0036] (実施形態 3)

本形態は、磁界測定装置 1 の使用方法を変更した例である。図 8 に示すごとく、本形態では、磁界測定装置 1 を、歯車 49 (測定対象物 4) の回転速度を測定する回転速度測定装置として用いている。歯車 49 は磁性体からなる。本形態では、磁界発生部 2 から発生した測定用磁界 H_1 を歯車 49 に作用させている。これにより、歯車 49 を磁化させ、歯車 49 から被測定磁界 H_2 を発生させている。歯車 49 が回転すると、歯車 49 の歯 48 から発生する被測定磁界 H_2 が、M I センサ 3 によって周期的に測定される。すなわち、歯車 49 の歯型の形状に応じて、M I センサ 3 の出力電圧 V_o が周期的に強くなったり弱くなったりする。この出力電圧 V_o の周期を測定することにより、歯車 49 の回転速度を検出するよう構成されている。

その他、実施形態 1 と同様の構成および作用効果を備える。

[0037] (実施形態 4)

本形態は、M I 素子 30 の構成を変更した例である。図 9 に示すごとく、本形態の M I 素子 30 は、第 1 打消コイル 34 a と第 2 打消コイル 34 b との、2 個の打消コイル 34 を備える。これら 2 個の打消コイル 34 a, 34 b の間に、検出コイル 32 を形成してある。

[0038] このようにすると、検出コイル 32 を両側から挟む位置に 2 個の打消コイル 34 a, 34 b が配置されるため、M I 素子 30 の対称性を高くすることができる。したがって、M I 素子 30 による、被測定磁界 H_2 の検出精度を高めることができる。

[0039] (実施形態 5)

本形態は、M I 素子 30 の構成を変更した例である。図 10、図 11 に示すごとく、本形態では、検出コイル 32 と打消コイル 34 とを、感磁体 31 に同心状に巻回してある。打消コイル 34 は、検出コイル 32 の外側に巻回されている。感磁体 31 と検出コイル 32 との間、および検出コイル 32 と

打消コイル 34 との間には、図示しない絶縁層が介在している。

[0040] 上記構成にすると、2つのコイル 32, 34 を X 方向に隣り合う位置に形成した場合（図 2 参照）と比べて、感磁体 31 の X 方向長さを短くすることができる。そのため、M I 素子 30 の製造コストを低減することができる。

また、上記構成にすると、実施形態 1（図 2 参照）と比べて、感磁体 31 の X 方向長さを長くすることなく、打消コイル 34 の巻数を増やすことができる。そのため、感磁体 31 の X 方向長さを長くすることなく、打消コイル 34 から発生する磁界 H_3 を強くすることができる。従って、感磁体 31 に、測定用磁界 H_1 の感磁方向成分 H_{1x} が強く作用しても、これを十分に打ち消すことができ、M I センサ 3 が飽和することを抑制できる。

その他、実施形態 1 と同様の構成および作用効果を備える。

[0041]（実施形態 6）

本形態は、M I センサ 3 の配置位置を変更した例である。図 12 に示すごとく、本形態では、M I センサ 3 を、磁界発生部 2 よりもベルトコンベア 19 に近い位置に配置してある。検査対象 11 が M I センサ 3 に最も接近したときには、M I センサ 3 から磁界発生部 2 までの距離よりも、M I センサ 3 から検出対象 11 までの距離の方が短くなる。

[0042] また、本形態では、M I センサ 3 を、電磁コイル 2_E の中心軸線 A の延長線上に配置してある。実施形態 1 と同様に、M I センサ 3 内の感磁体 31 に作用する、測定用磁界 H_1 の感磁方向成分 H_{1x} は、垂直方向成分 H_{1z} よりも小さい。

[0043] 本形態の作用効果について説明する。上記構成にすると、被測定物 4 から発生した被測定磁界 H_2 を、M I センサ 3 に強く作用させることができる。したがって、M I センサ 3 による、被測定磁界 H_2 の測定感度を高めることができる。

その他、実施形態 1 と同様の構成および作用効果を備える。

[0044]（実施形態 7）

本形態は、M I センサ 3 の配置位置を変更した例である。図 13 に示すご

とく、本形態ではM I センサ 3 を、電磁コイル 2_Eの中心軸線 A の延長線上から外れた位置に配置してある。本形態では、M I センサ 3 内の感磁体 3 1 に作用する測定用磁界 H₁の、感磁方向成分 H_{1X}が、垂直方向成分 H_{1Z}よりも大きくなっている。

[0045] 本形態の作用効果について説明する。上記構成にすると、M I センサ 3 の配置位置の自由度を高めることができる。そのため、磁界測定装置 1 を設計しやすくなる。なお、本形態では、実施形態 1 と同様に、感磁体 3 1 に打消コイル 3 4 を巻回してあるため、感磁体 3 1 に作用する測定用磁界 H₁の感磁方向成分 H_{1X}が大きくても、この感磁方向成分 H_{1X}を十分に打ち消すことができる。そのため、M I センサ 3 を任意の場所に配置することができる。

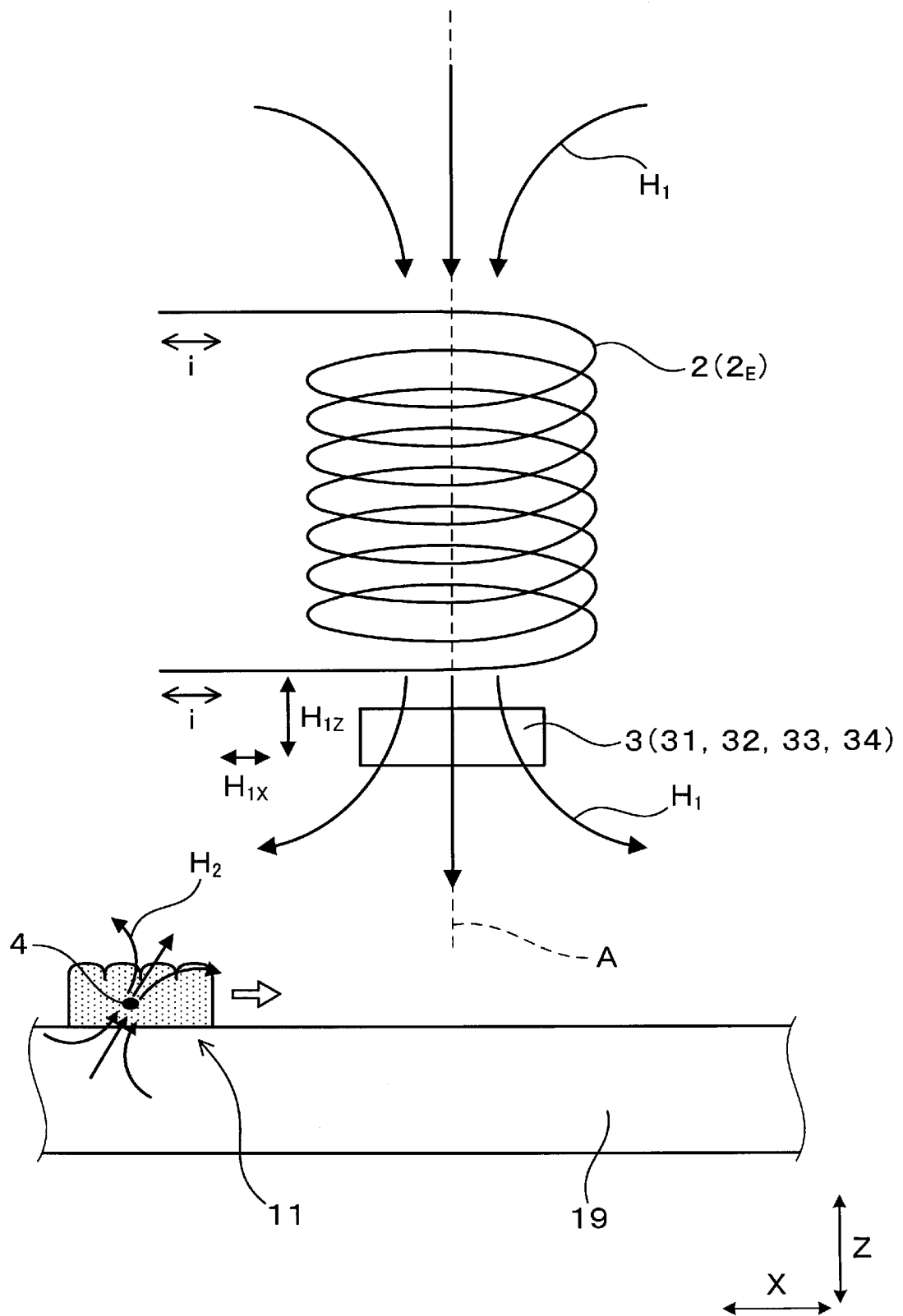
その他、実施形態 1 と同様の構成および作用効果を備える。

請求の範囲

- [請求項1] 測定対象物に作用する磁界である測定用磁界を発生する磁界発生部と、
- 上記測定用磁界が作用することによって上記測定対象物から発生した磁界である被測定磁界を測定するマグネトインピーダンスセンサとを備え、
- 該マグネトインピーダンスセンサは、感磁体と、該感磁体に巻回した検出コイルと、該検出コイルの出力電圧を測定する測定回路とを有し、
- 上記マグネトインピーダンスセンサは、上記感磁体に上記測定用磁界が作用する位置に配されており、
- 上記感磁体に打消コイルを巻回してあり、該打消コイルへの通電によって発生した磁界により、上記感磁体に作用する上記測定用磁界の、上記感磁体の感磁方向における成分を打ち消すよう構成されていることを特徴とする磁界測定装置。
- [請求項2] 上記感磁体に作用する上記測定用磁界の、上記感磁方向における成分が、該感磁方向に直交する方向における成分よりも小さくなるように、上記感磁体の向きが定められていることを特徴とする、請求項1に記載の磁界測定装置。
- [請求項3] 上記磁界発生部は電磁コイルであり、該電磁コイルに交流電流を流すよう構成され、該交流電流に同期した電流を上記打消コイルに流すよう構成されていることを特徴とする、請求項1又は2に記載の磁界測定装置。
- [請求項4] 上記磁界発生部は永久磁石であることを特徴とする請求項1又は2に記載の磁界測定装置。
- [請求項5] 上記検出コイルと上記打消コイルとを、上記感磁体に同心状に巻回してあることを特徴とする、請求項1～4のいずれか一項に記載の磁界測定装置。

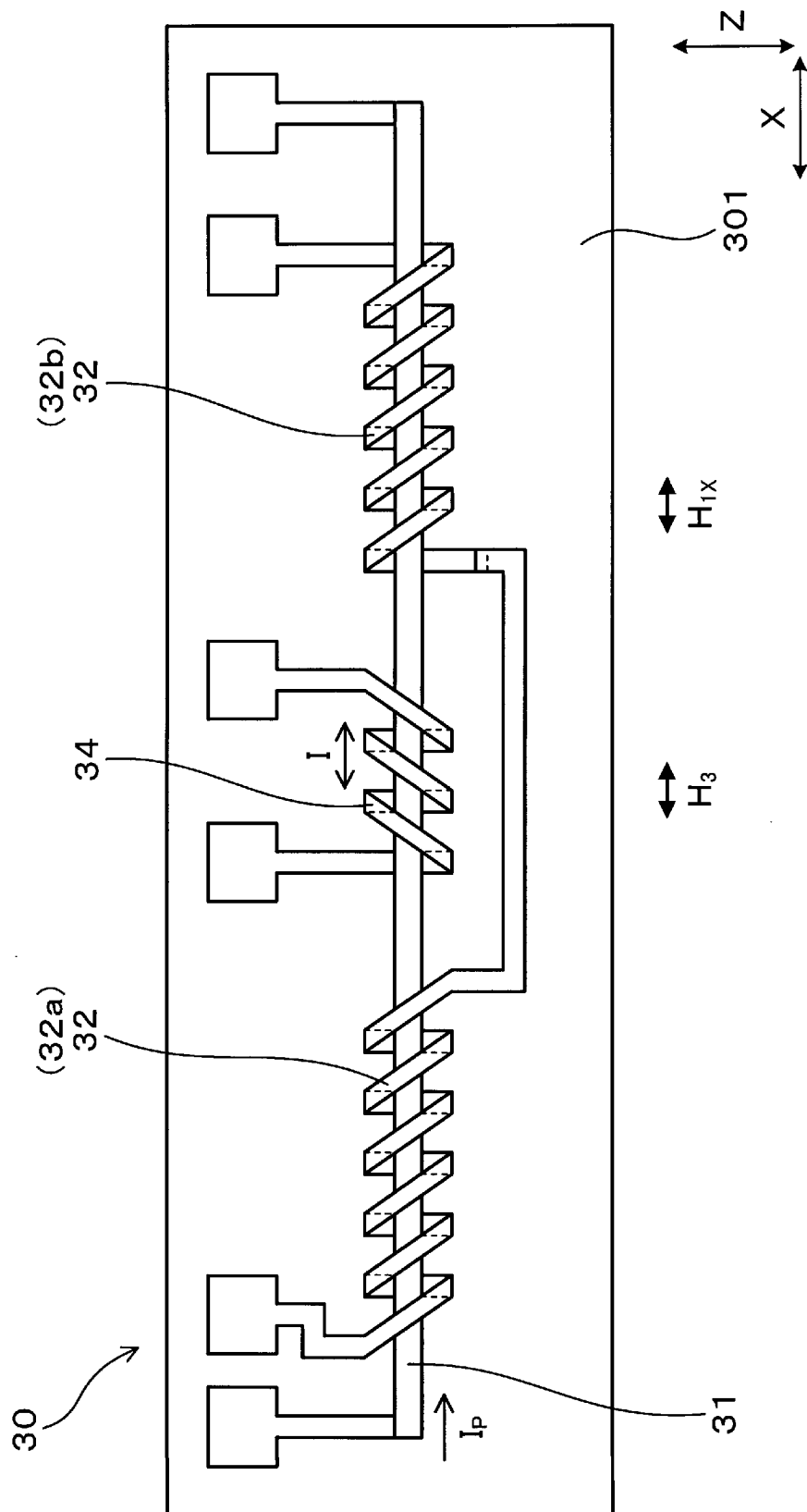
[図1]

(図1)



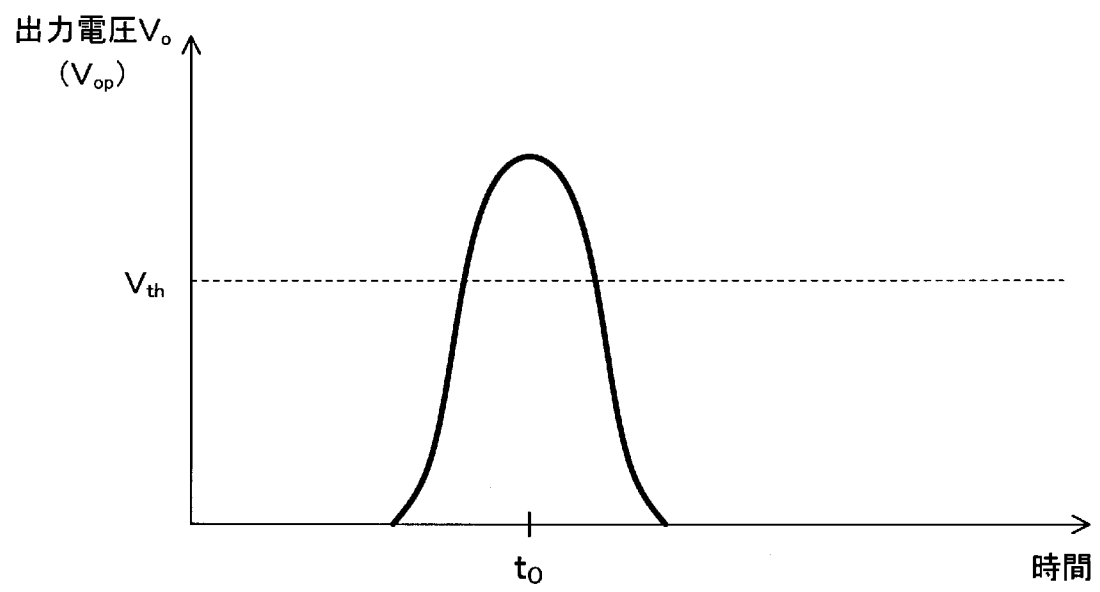
[図2]

(図 2)



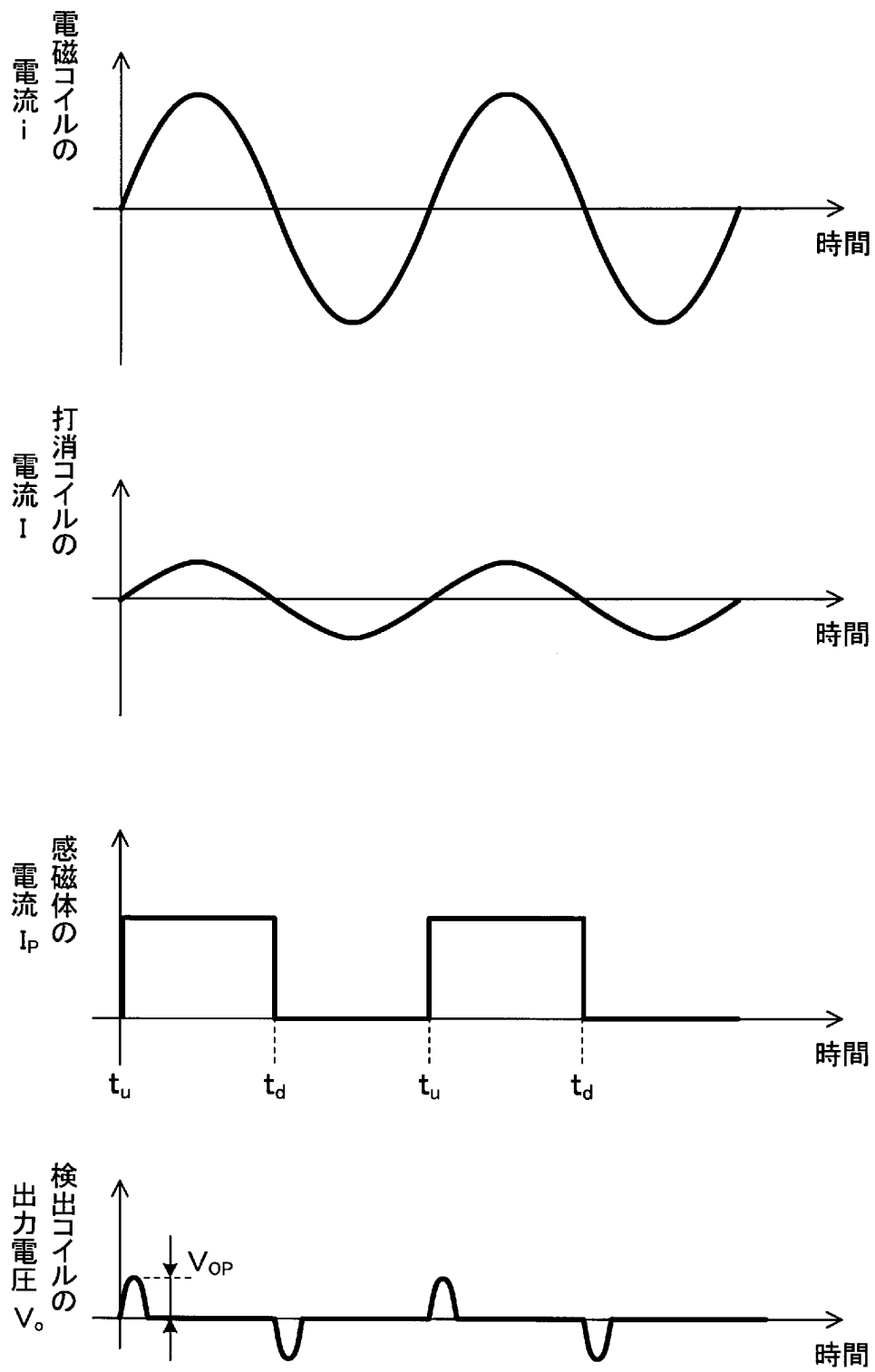
[図3]

(図 3)



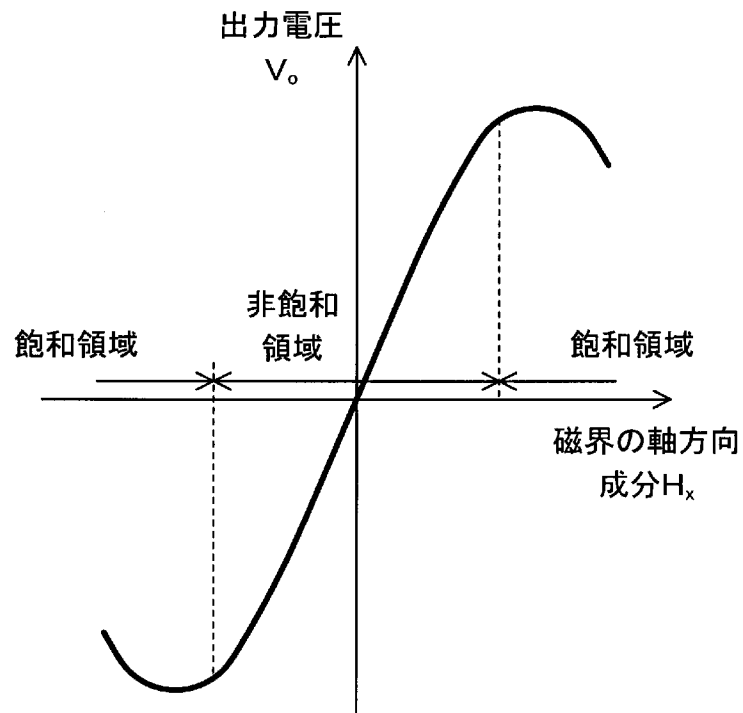
[図4]

(図 4)



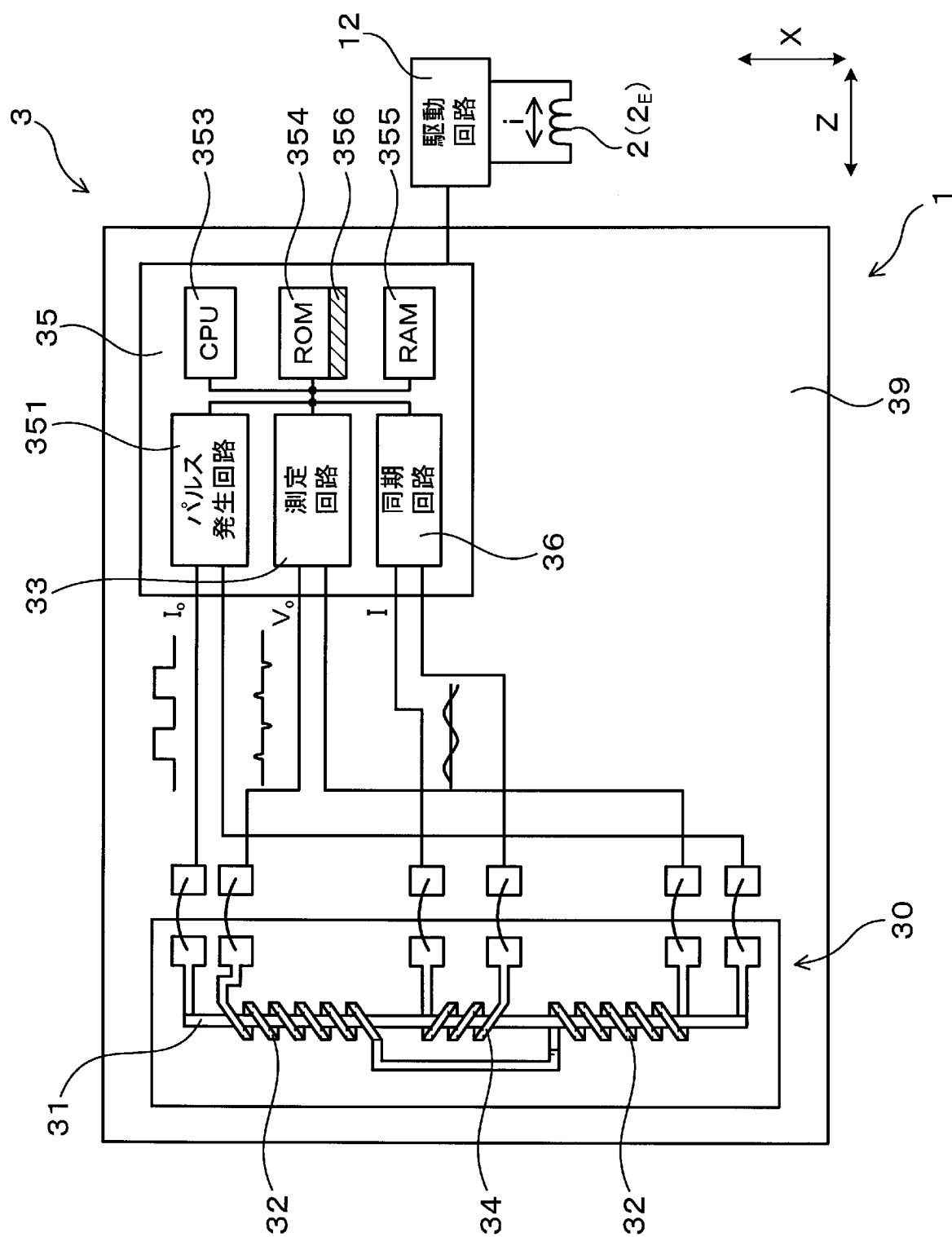
[図5]

(図 5)



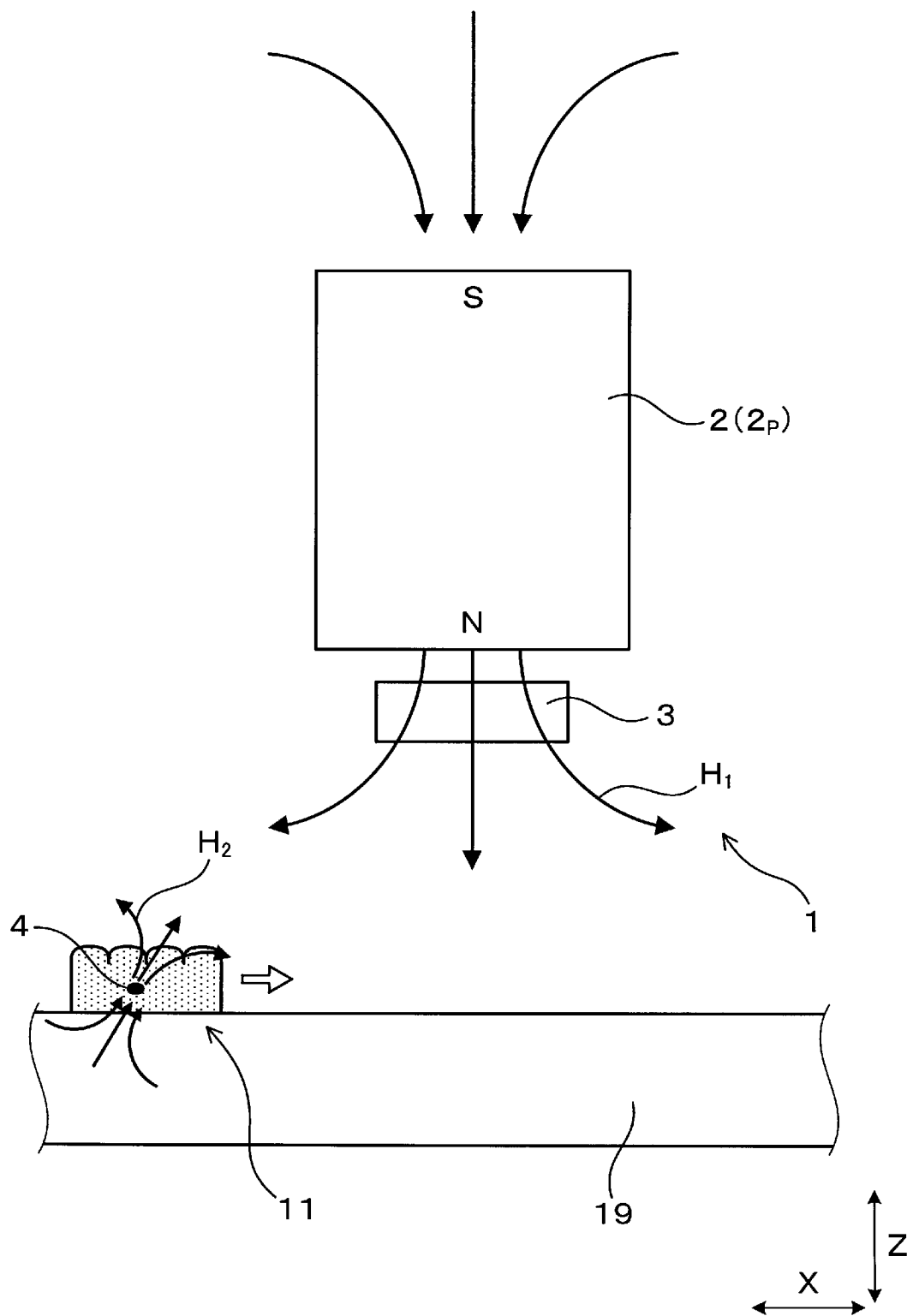
[図6]

(図 6)



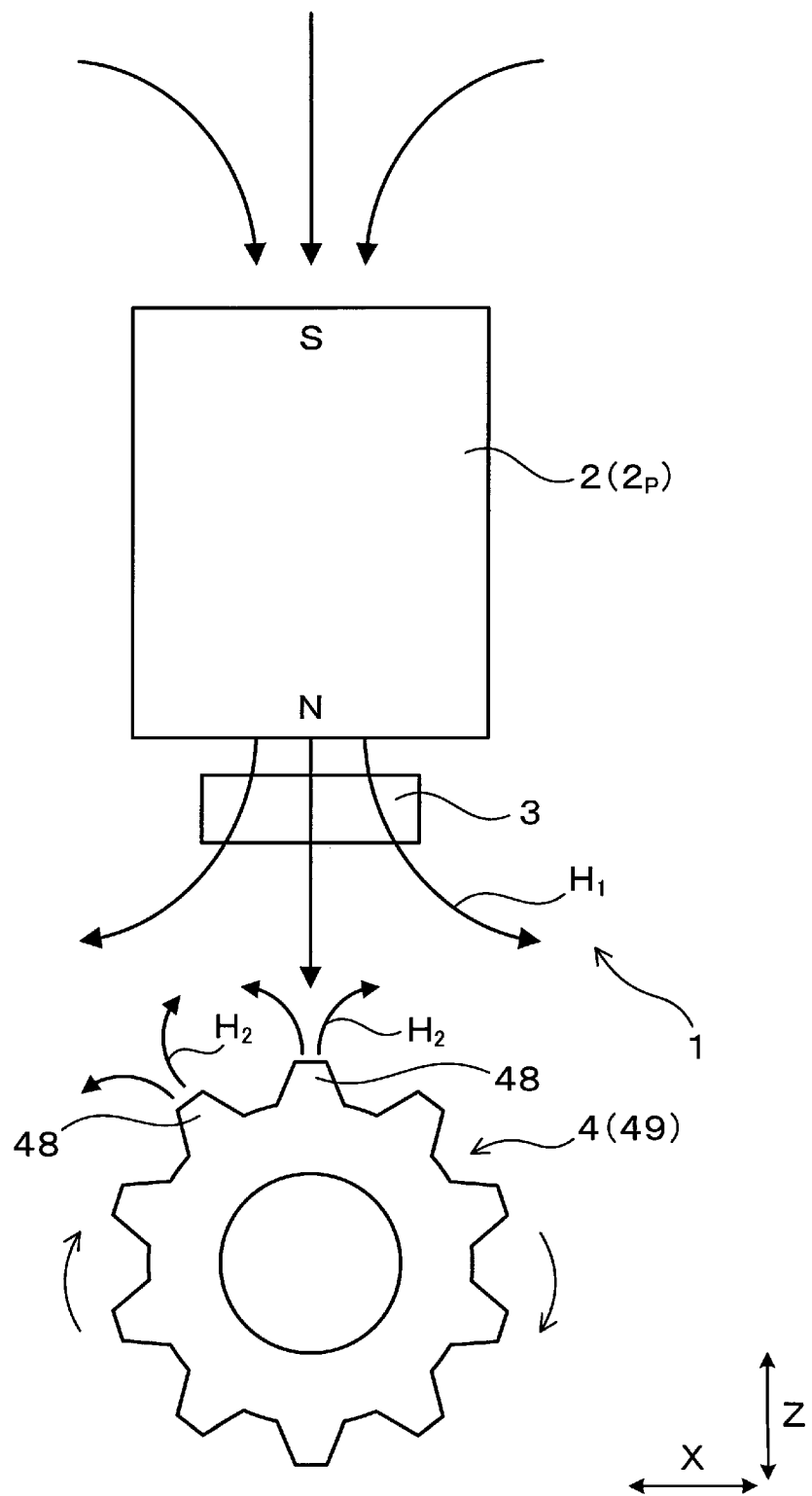
[図7]

(図 7)



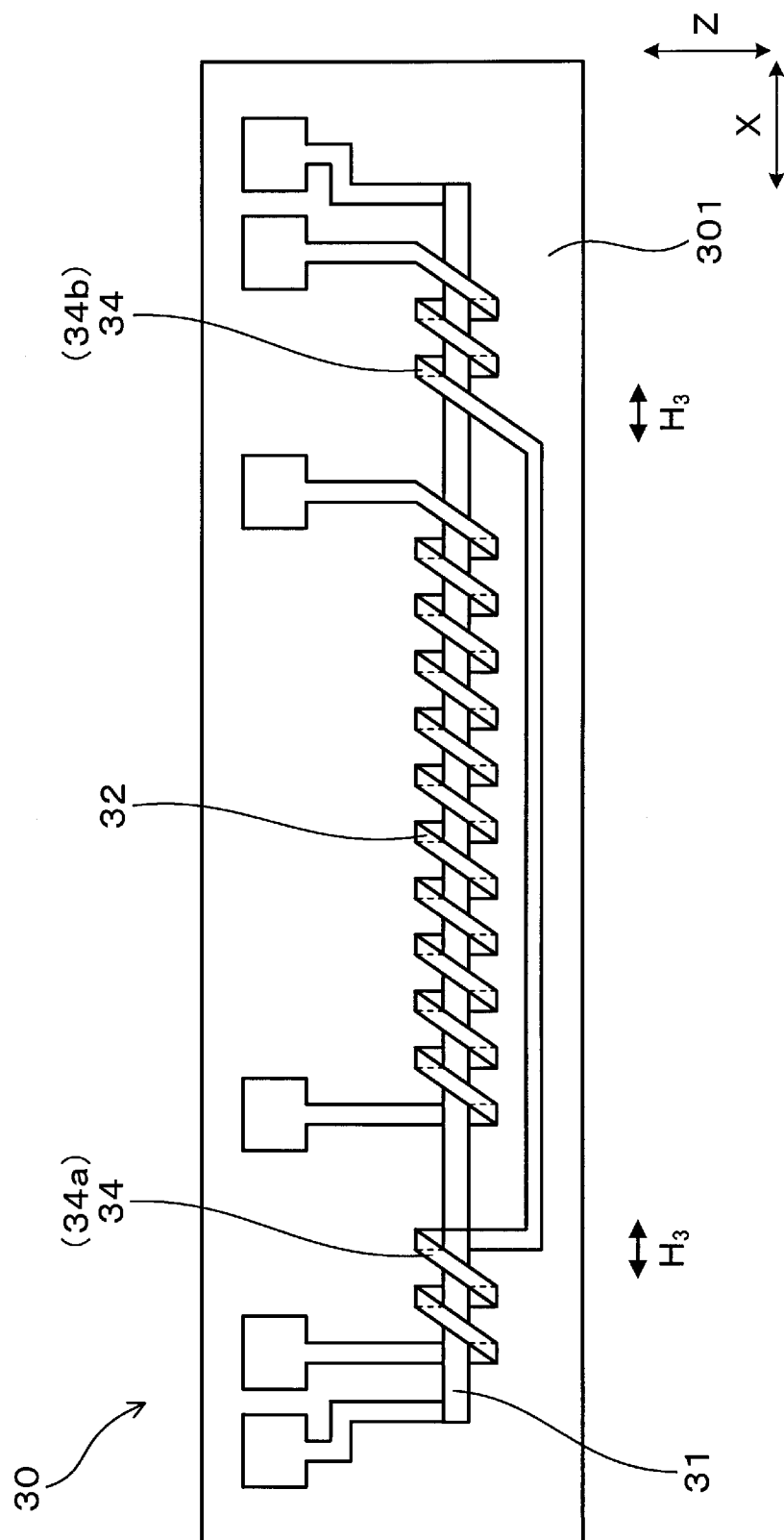
[図8]

(図8)



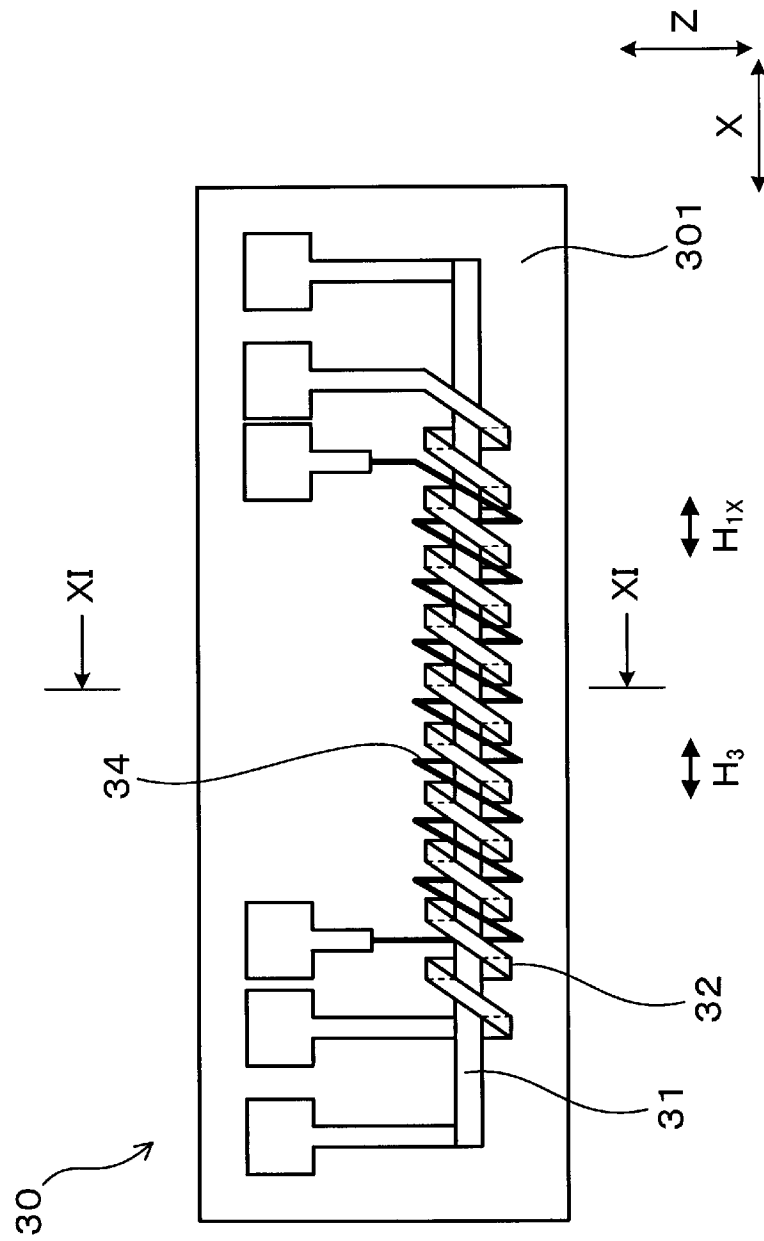
[図9]

(図 9)



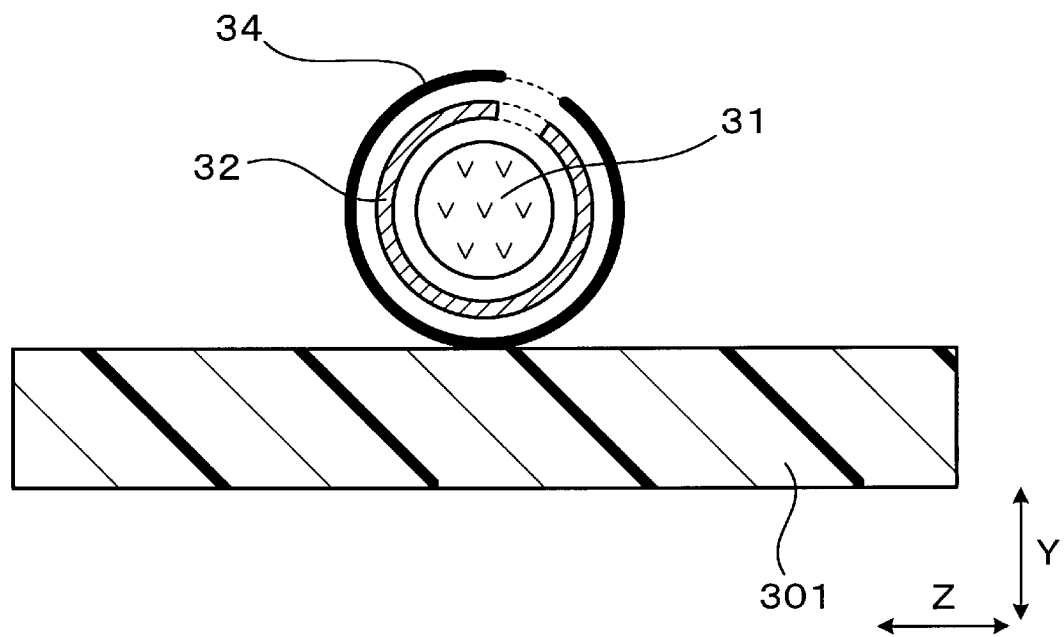
[図10]

(図10)



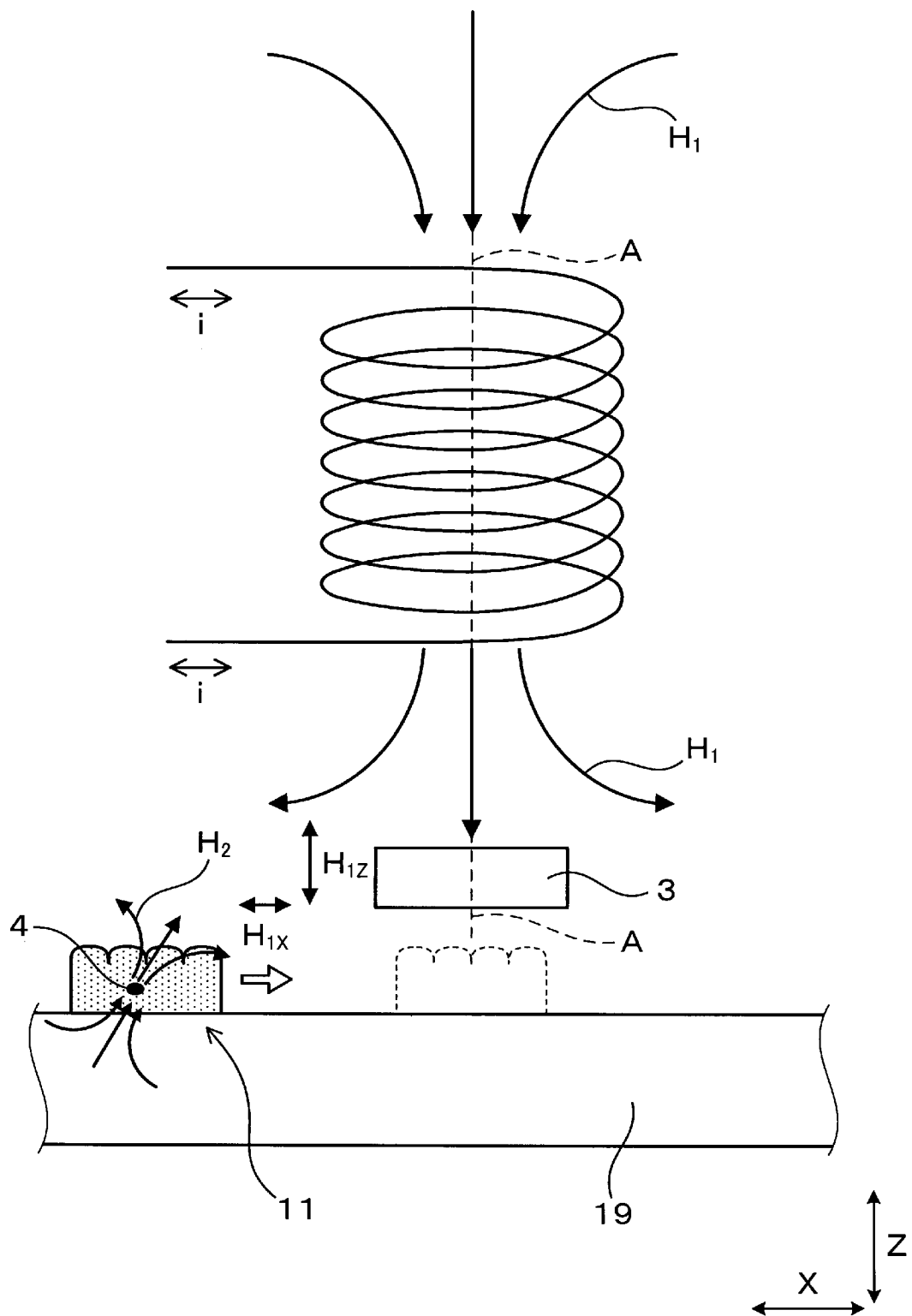
[図11]

(図 11)



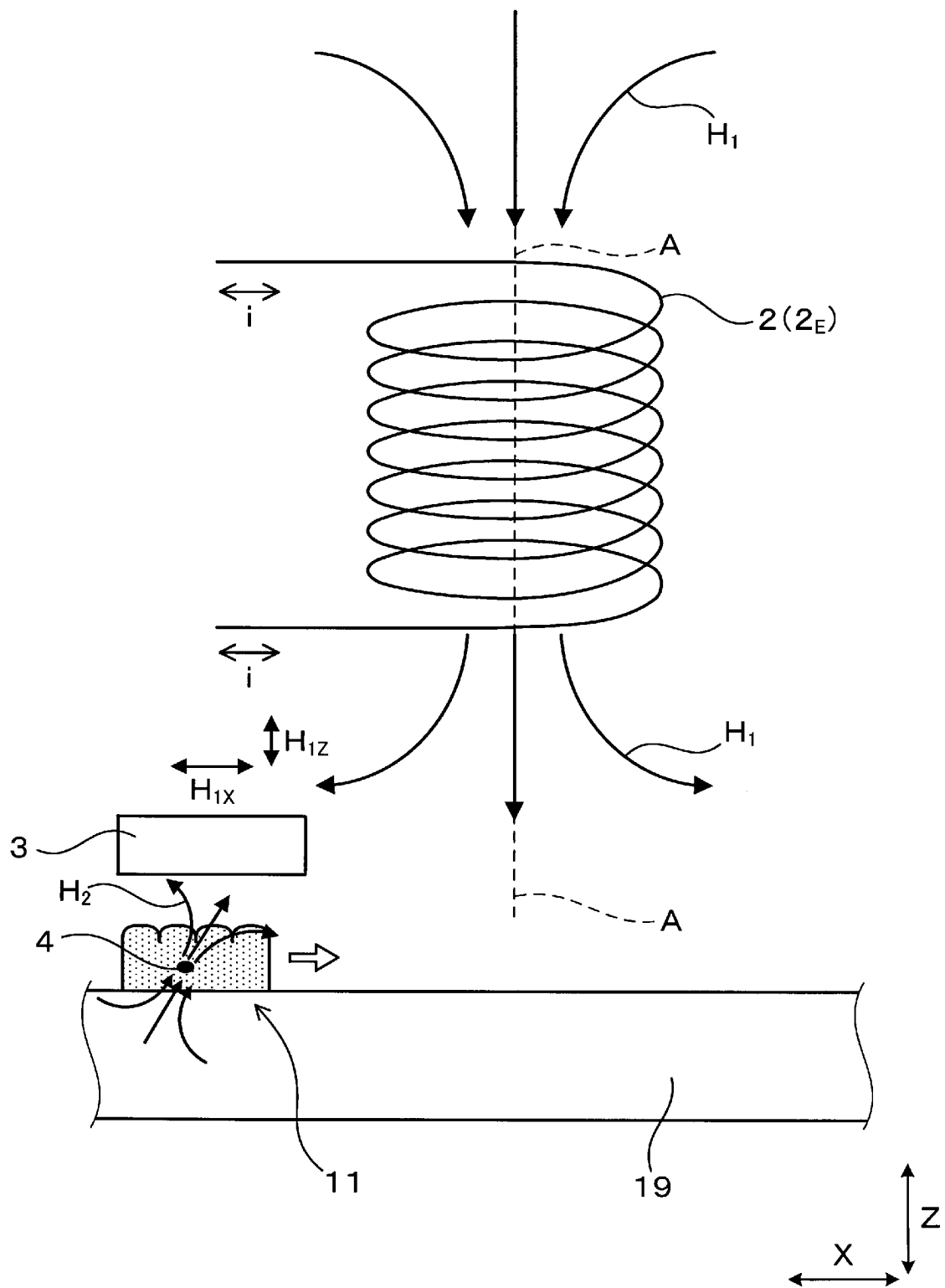
[図12]

(図 12)



[図13]

(図 13)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/020331

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R33/02(2006.01)i, G01N27/72(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B7/00, G01N27/72, G01R33/02, G01V1/00, G07D7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015-10902 A (Aichi Steel Works Ltd.), 19 January 2015 (19.01.2015), paragraphs [0017] to [0018], [0021], [0042]; fig. 4 (Family: none)	1-5
Y	JP 2001-27676 A (Tokin Corp.), 30 January 2001 (30.01.2001), paragraphs [0002] to [0003], [0015] to [0021]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 August 2017 (17.08.17)

Date of mailing of the international search report
29 August 2017 (29.08.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/020331

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 2015-102513 A (Yokogawa Electric Corp.), 04 June 2015 (04.06.2015), paragraphs [0006], [0018], [0022] to [0023]; fig. 1 to 2 & US 2015/0145509 A1 paragraphs [0009], [0035], [0041] to [0042]; fig. 1 to 2 & EP 2878945 A1 & CN 104677985 A & KR 10-2015-0061567 A	1-5
A	JP 7-198770 A (Tokyo Kogyo Kabushiki Kaisha), 01 August 1995 (01.08.1995), paragraphs [0031] to [0032]; fig. 2 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01R33/02(2006.01)i, G01N27/72(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01B7/00, G01N27/72, G01R33/02, G01V1/00, G07D7/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の 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 2015-10902 A（愛知製鋼株式会社）2015.01.19, 段落 0017-0018, 0021, 0042, 図4（ファミリーなし）	1-5
Y	JP 2001-27676 A（株式会社トーキン）2001.01.30, 段落 0002-0003, 0015-0021, 図1-2（ファミリーなし）	1-5
A	JP 2015-102513 A（横河電機株式会社）2015.06.04, 段落 0006, 0018, 0022-0023, 図1-2 & US 2015/0145509 A1, 段落 0009, 0035, 0041-0042, 図1-2 & EP 2878945 A1 & CN 104677985 A & KR	1-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.08.2017

国際調査報告の発送日

29.08.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

荒井 誠

2S

3203

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C（続き）． 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	10-2015-0061567 A JP 7-198770 A（東京工業株式会社） 1995. 08. 01, 段落 0031-0032, 図 2（ファミリーなし）	1-5