

(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
2015年7月30日(30.07.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/111408 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/000283
- (22) 国際出願日: 2015年1月22日(22.01.2015)
- (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 2014-010659 2014年1月23日(23.01.2014) JP
特願 2014-070021 2014年3月28日(28.03.2014) JP
特願 2015-007086 2015年1月16日(16.01.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP). 国立大学法人九州大学(KYUSHU UNIVERSITY, NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION) [JP/JP]; 〒8128581 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: 野村 江介(NOMURA, Kousuke); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 酒井 亮輔(SAKAI, Ryosuke); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 高島 正樹(TAKASHIMA, Masaki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi

(JP). 笹田 一郎(SASADA, Ichiro); 〒8128581 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号国立大学法人九州大学内 Fukuoka (JP).

(74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6階 Aichi (JP).

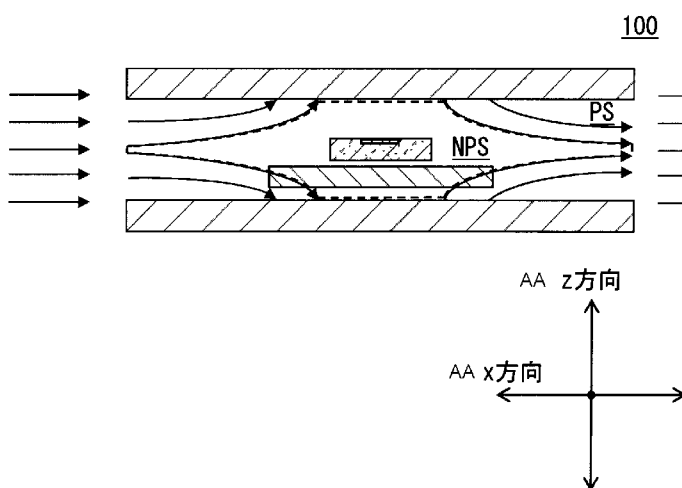
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,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

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: ELECTRICAL CURRENT DETECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 電流検出システム



AA Direction

(57) Abstract: This electrical current detection system has: first and second magnetic plates (10, 20) arranged in parallel with prescribed spacing therebetween; a bus bar (30) through which an electrical current flows; and a magnetoelectric conversion element (41) for converting the lateral direction component of measured magnetic flux produced by the electrical current flowing through the bus bar, to an electrical signal. When an external magnetic flux along the lateral direction attempts to permeate a storage space (SS) defined between the first magnetic plate and the second magnetic plate, the trajectory thereof is deflected by the first magnetic plate, and the storage space is divided into a permeation space (PS) that is permeated by the external magnetic flux, and a non-permeation space (NPS) that is not permeated by the external magnetic flux. The bus bar is situated within the storage space, and the magnetoelectric conversion element is situated within the non-permeation space. The bus bar and the magnetoelectric conversion element are arranged to line up in the height direction.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/111408 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

電流検出システムは、所定の間隔を空けて並列配置された第 1、第 2 磁性板 (10、20) と、電流が流れるバスバー (30) と、前記バスバーを流れる電流によって生じる被測定磁束の横方向の成分を電気信号に変換する磁電変換素子 (41) と、を有する。前記横方向に沿う外部磁束が前記第 1 磁性板と前記第 2 磁性板との間に構成された収納空間 (SS) を透過しようとした際、前記第 1 磁性板と前記第 2 磁性板とによってその軌道が曲げられ、前記収納空間が前記外部磁束の透過する透過空間 (PS)、および、前記外部磁束の透過しない非透過空間 (NPS) に分けられる。前記バスバーは前記収納空間に設けられ、前記磁電変換素子は前記非透過空間に設けられている。前記バスバーと前記磁電変換素子とは高さ方向に並んで配置されている。

明 細 書

発明の名称：電流検出システム

関連出願の相互参照

[0001] 本開示は、2014年1月23日に出願された日本出願番号2014-10659号と、2014年3月28日に出願された日本出願番号2014-70021号と、2015年1月16日に出願された日本出願番号2015-7086号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、磁性板と、バスバーと、磁電変換素子と、を有する電流検出システムに関するものである。

背景技術

[0003] 従来、例えば特許文献1に示されるように、磁気遮蔽された領域を構成する磁気遮蔽体と、磁気遮蔽された領域内に設けられた磁気検出素子と、を有し、導電体に流れる電流の値を磁気検出素子によって検出する電流検出装置が提案されている。磁気遮蔽体は同一寸法を有する一对の磁性板であり、導電体は幅広板状のバスバーである。一对の磁性板はバスバーの幅方向の両側縁を外側から挟むような状態でy方向に対向配置されている。そして磁気検出素子がバスバーの幅方向の中央部に臨んで設置され、バスバーと磁気検出素子とがy方向に直交するz方向に並んでいる。磁気検出素子は、z方向に直交する方向（例えばy方向）に沿う磁束を検出する。

[0004] 上記したように特許文献1に示される電流検出装置では、一对の磁性板がy方向に並んでいる。この構成において、一对の磁性体にz方向に沿う外部磁束が印加された場合、その外部磁束是一对の磁性体それぞれによって曲げられ、一对の磁性板の間に磁気遮蔽された領域が形成される。しかしながら、一对の磁性体にy方向に沿う外部磁束が印加された場合、その外部磁束是一对の磁性体それぞれによってあまり曲げられず、一对の磁性板の間に磁気遮蔽された領域が形成されない。これに対して磁気検出素子はz方向に直交

する方向（例えばy方向）に沿う磁束を検出する。したがってy方向に沿う外部磁束が印加された場合、磁気検出素子はバスバーを流れる電流に応じた磁束だけではなく、外部磁束をも検出してしまう。この結果、バスバーを流れる電流の検出精度が低下する虞がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-113631号公報

発明の概要

[0006] そこで本開示は、電流の検出精度の低下が抑制された電流検出システムを提供することを目的とする。

[0007] 本開示の一態様に従って、電流検出システムは、高さ方向に所定の間隔を空けて並列配置された第1磁性板および第2磁性板と、前記高さ方向に直交する奥行き方向に電流が流れるバスバーと、前記バスバーを流れる電流によって生じる被測定磁束の前記高さ方向と前記奥行き方向それぞれに直交する横方向の成分を電気信号に変換する磁電変換素子と、を有する。前記横方向に沿う外部磁束が前記第1磁性板と前記第2磁性板との間に構成された収納空間を透過しようとした際、前記第1磁性板と前記第2磁性板とによってその軌道が曲げられ、前記収納空間が前記外部磁束の透過する透過空間、および、前記外部磁束の透過しない非透過空間に分けられる。前記バスバーは前記収納空間に設けられる。前記磁電変換素子は前記非透過空間に設けられている。前記バスバーと前記磁電変換素子とは前記高さ方向に並んで配置されている。

[0008] このように、第1磁性板と第2磁性板とが高さ方向に並んでいる。この構成の場合、高さ方向に直交する横方向の磁束は第1磁性板と第2磁性板とによってその軌道が曲げられ、主として外部磁束の透過しない非透過空間が形成される。しかしながら高さ方向に沿う磁束の場合、その軌道は磁性板によってあまり曲げられず、高さ方向の成分が一定に保たれる。

[0009] したがって上記のシステムとは異なり、収納空間においてバスバーと磁電

変換素子とが横方向に並んで配置され、磁電変換素子が被測定磁束における高さ方向の成分を検出する構成の場合、高さ方向に沿う外部磁束を磁電変換素子が検出するために、バスバーを流れる電流を高精度に検出することがかなわない。これに対して上記のシステムでは、収納空間においてバスバーと磁電変換素子とが高さ方向に並んで配置され、磁電変換素子は被測定磁束の横方向の成分を検出する。したがって、上記した比較構成とは異なり、磁電変換素子は高さ方向に沿う外部磁束を検出しないので、バスバーを流れる電流の検出精度の低下が抑制される。

図面の簡単な説明

- [0010] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
- [図1]図1は、第1実施形態に係る電流検出システムの概略構成を示す断面図であり、
- [図2]図2は、透過空間と非透過空間を説明するための断面図であり、
- [図3]図3は、電流検出システムの変形例を示す断面図であり、
- [図4]図4は、電流検出システムの変形例を示す断面図であり、
- [図5]図5は、図3に示す電流検出システムの変形例を示す断面図であり、
- [図6]図6は、図4に示す電流検出システムの変形例を示す断面図であり、
- [図7]図7は、磁性板の変形例を示す斜視図であり、
- [図8]図8は、離間距離を変化させた場合の遮蔽レベルとアスペクト比の関係を示すグラフであり、
- [図9]図9は、透磁率を変化させた場合の遮蔽レベルとアスペクト比の関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、本開示の実施の形態を図に基づいて説明する。

(第1実施形態)

図1および図2に基づいて、本実施形態に係る電流検出システムを説明する。なお、図2においては、煩雑と成ることを避けるために透過空間P Sと

非透過空間 N P S 以外の符号を省略している。

[0012] 以下においては互いに直交の関係にある 3 方向を、 x 方向、 y 方向、 z 方向と示す。そして、 x 方向と y 方向とによって規定される平面を $x - y$ 平面、 y 方向と z 方向とによって規定される平面を $y - z$ 平面、 z 方向と x 方向とによって規定される平面を $z - x$ 平面と示す。 x 方向は横方向に相当し、 y 方向は奥行き方向に相当し、 z 方向は高さ方向に相当する。

[0013] 図 1 に示すように、電流検出システム 100 は、第 1 磁性板 10 と、第 2 磁性板 20 と、バスバー 30 と、半導体基板 40 と、を有する。磁性板 10, 20 は、 z 方向に所定の間隔を空けて並列配置され、その間に収納空間 S S を構成している。この収納空間 S S 内にバスバー 30 と半導体基板 40 とが収納されている。バスバー 30 は y 方向に電流を流し、これによって被測定磁束が形成される。半導体基板 40 には磁束を電気信号に変換する磁電変換素子 41 が形成されており、この磁電変換素子 41 によって被測定磁束が電気信号に変換される。

[0014] 磁性板 10, 20 それぞれは、空気よりも透磁率の高い材料から成り、収納空間 S S への外部磁束の侵入を抑制するものである。磁性板 10, 20 それぞれは主面が $x - y$ 平面に沿う平板形状を成し、 $z - x$ 平面での断面形状が矩形を成している。そして図 1 および図 2 に示すように矩形の短手方向が z 方向に沿い、その長手方向が x 方向に沿っている。また磁性板 10, 20 それぞれの主面（内面）10a, 20a の z 方向における離間距離が一定となり、平行の関係と成っている。したがって収納空間 S S における $z - x$ 平面での断面形状も矩形を成している。

[0015] バスバー 30 には被測定電流が流れる。バスバー 30 は y 方向に延びた棒形状を成し、図 1 および図 2 に示すように $z - x$ 平面での断面形状が矩形を成している。そしてその短手方向が z 方向に沿い、その長手方向が x 方向に沿っている。上記したように被測定電流は y 方向に流れる。そのため被測定電流の流動によって、 $y - z$ 平面を貫く被測定磁束が形成される。この被測定磁束の x 成分が磁電変換素子 41 によって電気信号に変換される。

[0016] 半導体基板40における第1磁性板10との対向面40aに磁電変換素子41が形成されている。磁電変換素子41は被測定磁束のx方向の成分を電気信号に変換する機能を有する。本実施形態に係る磁電変換素子41は、x方向だけではなく、x-y平面に沿う被測定磁束を電気信号に変換する機能を有する。本実施形態に係る磁電変換素子41は磁束の印加によって抵抗値が変動する磁気抵抗効果素子である。磁電変換素子41は、磁化方向が固定されたピン層と、磁化方向が印加磁界に応じて変動する自由層と、ピン層と自由層との間に設けられた、非磁性の中間層と、を有する。磁電変換素子41はピン層と自由層それぞれの磁化方向の成す角度に応じてその抵抗値が変動する性質を有する。ピン層の磁化方向はx-y平面に沿う一方向に沿っており、自由層の磁化方向はx-y平面でその向きが変動する性質を有する。中間層が導電性を有する場合、磁電変換素子41は巨大磁気抵抗効果素子（GMR）であり、中間層が絶縁性を有する場合、磁電変換素子41はトンネル磁気抵抗効果素子（TMR）である。もちろん、これらに代えて異方性磁気抵抗効果素子（AMR）を採用することもできる。なお、上記した対向面40aが形成面に相当する。

[0017] 次に電流検出システム100の特徴点を説明する。上記したように磁性板10、20は、z方向に所定の間隔を空けて並列配置され、その間に構成された収納空間SS内にバスバー30と半導体基板40とが収納されている。図2に示すように、x方向に沿う外部磁束が収納空間SSを透過しようとした際、磁性板10、20によってその軌道が曲げられる。そのため収納空間SSは、主として外部磁束の透過する透過空間PS、および、主として外部磁束の透過しない非透過空間NPS（破線で囲まれた空間）に分けられる。ここで、主として外部磁束の透過しない非透過空間NPSの大きさおよびその遮蔽レベルは、どの程度外部磁束を遮蔽するか、という設計者の意向によって定められる。非透過空間NPSの大きさは磁性板10、20それぞれの形成材料、横幅、および、両者のz方向における離間距離（ギャップ）に比例する。そのため、設計者はこれらパラメータを適宜調整することで、所

望の遮蔽レベルと大きさを有する非透過空間N P Sを設計することができる。本実施形態では、非透過空間N P Sにおける外部磁束の遮蔽レベルが99%以下となるように設定される。その程度の遮蔽が実現されるために、形成材料としてパーマロイ、横幅として20mm、ギャップとして5mmが設定される。なお、上記したように磁性板10, 20それぞれは主面がx-y平面に沿う平板形状を成しているので、x方向に沿う外部磁束だけではなく、x-y平面に沿う外部磁束を遮蔽する機能も果たす。

[0018] 上記した非透過空間N P Sに磁電変換素子41が設けられ、バスバー30とz方向にて並んで配置されている。そして収納空間S Sの中心C Pが非透過空間N P Sの中心に位置しており、その中心をx方向に貫く基準線B L（図1に示す一点鎖線）上に、磁電変換素子41の中心が位置している。また、磁電変換素子41およびバスバー30それぞれの幾何学的中心と、磁性板10, 20それぞれの幾何学的中心とが、z方向に沿う中心線C L（図1に示す破線）によって貫かれている。さらに言えば、x方向において磁性板10, 20それぞれの2つの端部とバスバー30の幾何学的中心との距離が相等しく、磁性板10, 20それぞれの2つの端部と磁電変換素子41の幾何学的中心との距離が相等しくなっている。最後に、半導体基板40における磁電変換素子41の形成された対向面40aと第1磁性板10の内面10aとがz方向において互いに対向し、対向面40aと内面10aとの離間距離が一定で、平行の関係になっている。同じく、バスバー30の対向面30aと第2磁性板20の内面20aとの離間距離が一定で、平行の関係となっている。以上により、電流検出システム100はz-x平面において中心線C Lを介して線対称の形状を成している。

[0019] 次に本実施形態に係る電流検出システム100の作用効果を説明する。上記したように、第1磁性板10と第2磁性板20とがz方向に並んでいる。この構成の場合、z方向に直交するx方向の磁束は第1磁性板10と第2磁性板20とによってその軌道が曲げられ、主として外部磁束の透過しない非透過空間N P Sが形成される。しかしながらz方向に沿う磁束の場合、その

軌道は磁性板によってあまり曲げられず、 z 方向の成分が一定に保たれる。

[0020] したがって本実施形態で示した電流検出システム100とは異なり、収納空間においてバスバーと磁電変換素子とが x 方向に並んで配置され、磁電変換素子が被測定磁束における z 方向の成分を検出する構成の場合、 z 方向に沿う外部磁束を磁電変換素子が検出するために、バスバーを流れる電流を高精度に検出することがかなわなくなる。これに対して電流検出システム100では、収納空間SSにおいてバスバー30と磁電変換素子41とが z 方向に並んで配置され、磁電変換素子41は被測定磁束の x 方向の成分を検出する。したがって、上記した比較構成とは異なり、磁電変換素子41は z 方向に沿う外部磁束を検出しないので、バスバー30を流れる電流の検出精度の低下が抑制される。

[0021] 本実施形態では磁電変換素子41が磁気抵抗効果素子である例を示した。しかしながら磁電変換素子41としては上記例に限定されず、磁気信号を電気信号に変換できるものであれば適宜採用することができる。例えば磁電変換素子41としては、 x 方向に沿う磁束をホール効果によって電圧に変換するホール素子を採用することができる。

[0022] 本実施形態では、非透過空間NPSにおける外部磁束の遮蔽レベルが99%以下となるように設定される例を示した。しかしながら本実施形態で記したように、外部磁束をどの程度遮蔽するのは設計者によって決定される事項であって、上記例に限定されない。例えば、遮蔽レベルを90%に採用してもよい。

[0023] 本実施形態では磁性板10, 20それぞれの形成材料がパーマロイ、横幅が20mm、両者の間のギャップが5mmに設定される例を示した。しかしながら磁性板10, 20それぞれの形成材料、横幅、および、ギャップそれぞれは遮蔽レベルに応じて適宜変更することができる。磁性板10, 20の形成材料としては電磁鋼板、横幅としては30mm、ギャップとしては5mmを採用することもできる。この組み合わせであっても、外部磁束を99%以下に抑えることができる。

- [0024] 本実施形態では磁性板 10, 20 それぞれの厚さ (z 方向の長さ) を規定していなかった。磁性板 10, 20 それぞれの厚さは外部磁束や被測定磁束によって磁性板 10, 20 それぞれの内部の磁束が飽和されないように適宜決定される。磁性板 10, 20 それぞれが飽和しなければ、厚さは透過空間 P S、非透過空間 N P S それぞれの形成に依存しない。
- [0025] 本実施形態では磁性板 10, 20 それぞれが、x 方向に沿う外部磁束だけではなく、x-y 平面に沿う外部磁束を遮蔽する例を示した。しかしながら磁電変換素子 41 が x 方向に沿う磁束のみを電気信号に変換する機能を果たす場合、磁性板 10, 20 は x 方向に沿う外部磁束のみを遮蔽する機能を果たすだけでも良い。
- [0026] 本実施形態では収納空間 S S の中心 C P が非透過空間 N P S の中心に位置している例を示した。しかしながら両者の中心は一致していなくとも良い。
- [0027] 本実施形態では収納空間 S S の中心 C P を x 方向に貫く基準線 B L 上に磁電変換素子 41 の中心が位置している例を示した。しかしながら基準線 B L 上に磁電変換素子 41 の中心が位置していなくとも良い。
- [0028] 本実施形態では磁電変換素子 41 およびバスバー 30 それぞれの幾何学的中心と、磁性板 10, 20 それぞれの幾何学的中心とが、中心線 C L によって貫かれている例を示した。しかしながら磁電変換素子 41、バスバー 30、および、磁性板 10, 20 それぞれの幾何学的中心が、中心線 C L によって貫かれていなくとも良く、z 方向において並んでいなくとも良い。
- [0029] 本実施形態では、x 方向において、磁性板 10, 20 それぞれの 2 つの端部とバスバー 30 の幾何学的中心との距離が相等しく、磁性板 10, 20 それぞれの 2 つの端部と磁電変換素子 41 の幾何学的中心との距離が相等しくなっている例を示した。しかしながら、x 方向において、磁性板 10, 20 それぞれの 2 つの端部とバスバー 30 の幾何学的中心との距離が相異なり、磁性板 10, 20 それぞれの 2 つの端部と磁電変換素子 41 の幾何学的中心との距離が相異なっても良い。
- [0030] 本実施形態では半導体基板 40 の対向面 40 a と第 1 磁性板 10 の内面 1

0 a との離間距離が一定で、平行の関係になっている例を示した。しかしながら対向面 4 0 a と内面 1 0 a との離間距離が不定で、平行の関係になっていなくとも良い。

[0031] 本実施形態ではバスバー 3 0 の対向面 3 0 a と第 2 磁性板 2 0 の内面 2 0 a との離間距離が一定で、平行の関係となっている例を示した。しかしながら対向面 3 0 a と内面 2 0 a との離間距離が不定で、平行の関係になっていなくとも良い。

[0032] 本実施形態では電流検出システム 1 0 0 が $z-x$ 平面において中心線 CL を介して線対称の形状を成している例を示した。しかしながら電流検出システム 1 0 0 は中心線 CL を介して線対称の形状を成していなくとも良い。

[0033] 本実施形態では電流検出システム 1 0 0 が 1 組の磁性板 1 0, 2 0、これらに対応する 1 つのバスバー 3 0、および、1 つの半導体基板 4 0 を有する例を示した。しかしながら磁性板 1 0, 2 0、バスバー 3 0、半導体基板 4 0 それぞれの数は限定されない。例えば図 3 に示すように、電流検出システム 1 0 0 が 2 組の磁性板 1 0, 2 0、これらに対応する 2 つのバスバー 3 0、および、2 つの半導体基板 4 0 を有していても良い。また図 4 に示すように、電流検出システム 1 0 0 が 3 組の磁性板 1 0, 2 0、これらに対応する 3 つのバスバー 3 0、および、3 つの半導体基板 4 0 を有していても良い。さらに言えば図 5 に示すように、電流検出システム 1 0 0 が 1 組の磁性板 1 0, 2 0、これらに対応する 2 つのバスバー 3 0、および、2 つの半導体基板 4 0 を有していても良い。最後に図 6 に示すように、電流検出システム 1 0 0 が 1 組の磁性板 1 0, 2 0、これらに対応する 3 つのバスバー 3 0、および、3 つの半導体基板 4 0 を有していても良い。これにより、部品点数の削減および小型化が可能となる。

[0034] 本実施形態では磁性板 1 0, 2 0 それぞれの $x-y$ 平面の形状（以下、平面形状と示す）を特に限定しなかった。磁性板 1 0, 2 0 それぞれの平面形状としては特に限定されず、非透過空間 NPS を形成できる形状であれば良い。例えばその平面形状としては矩形などの多角形状や円形を採用すること

ができる。図 7 に、磁性板 10、20 の平面形状が八角形である例を示す。このように平面形状を円形に近づけることで、 $x-y$ 平面における外部磁束の遮蔽レベルが均一化される。

[0035] 上記した各形態において、磁性板 10、20 それぞれの横幅と離間距離の関係について特に述べていなかった。しかしながら、図 1 に示すように第 1 磁性板 10 における磁電変換素子 41 と一部が対向する内面 10a と、第 2 磁性板 20 におけるバスバー 30 と一部が対向する内面 20a との z 方向における離間距離が一定で平行の関係となっている場合、下記に示す関係を満たすと良い。すなわち、内面 10a と内面 20a との z 方向における離間距離を h 、 x 方向における第 1 磁性板 10 および第 2 磁性板 20 それぞれの横幅（最長長さ）を w とすると、図 8 および図 9 に示すように、離間距離 h と横幅 w のアスペクト比 w/h が 4 以上である構成が好ましい。

[0036] 図 8 は磁性板 10、20 の離間距離 h を 3.8～5.6 mm まで変えた場合の遮蔽レベルとアスペクト比 w/h との関係を示している。そして図 9 は磁性板 10、20 の透磁率をおよそ 500～100000 Wb まで変えた場合の遮蔽レベルとアスペクト比 w/h との関係を示している。図 8 に示すように遮蔽レベルは離間距離 h に依存せずアスペクト比 w/h に依存する。そして図 9 に示すように遮蔽レベルは透磁率（磁性板 10、20 の形成材料）によってその値が上下するが、その振る舞いはアスペクト比 w/h に依存する。

[0037] 図 8 および図 9 に示すように遮蔽レベルはアスペクト比 w/h が 4 の時に最大となり、そこからアスペクト比 w/h が増えるにしたがって徐々に下がる。したがって、上記したようにアスペクト比 w/h が 4 以上の構成が好ましい。なお、外部磁束の遮蔽レベルを例えば 88% 以上に抑えたい場合、図 8 および図 9 に基づくと、アスペクト比 w/h を 4 以上 15 以下に設定すればよい。アスペクト比 w/h の下限値は 4 で定まるが、上限値はどの程度の遮蔽レベルにするか、という設計者の意向によって決定される。このようにアスペクト比 w/h の上限値は設計者の意向によって決定される事項であっ

て、適宜選択可能である。

[0038] なお、上記した横幅 w は、例えば磁性板10, 20の平面形状が円形である場合、その中心を通る直径に相当する。そして、透磁率がおおよそ500の材料としてはNi-Znフェライトがあり、透磁率がおおよそ1000の材料としては軟鉄がある。また、透磁率がおおよそ10000の材料としては電磁鋼板があり、透磁率がおおよそ100000の材料としては45%Niパーマロイがある。これら材料の透磁率は作成しているメーカーやそのグレードによって様々に異なる。そのため上記のように、おおよそ、と記載している。

[0039] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 高さ方向に所定の間隔を空けて並列配置された第1磁性板（10）および第2磁性板（20）と、
- 前記高さ方向に直交する奥行き方向に電流が流れるバスバー（30）と、
- 前記バスバーを流れる電流によって生じる被測定磁束の前記高さ方向と前記奥行き方向それぞれに直交する横方向の成分を電気信号に変換する磁電変換素子（41）と、を有し、
- 前記横方向に沿う外部磁束が前記第1磁性板と前記第2磁性板との間に構成された収納空間（SS）を透過しようとした際、前記第1磁性板と前記第2磁性板とによってその軌道が曲げられ、前記収納空間が前記外部磁束の透過する透過空間（PS）、および、前記外部磁束の透過しない非透過空間（NPS）に分けられ、
- 前記バスバーは前記収納空間に設けられ、
- 前記磁電変換素子は前記非透過空間に設けられており、
- 前記バスバーと前記磁電変換素子とは前記高さ方向に並んで配置されている電流検出システム。
- [請求項2] 前記収納空間の中心（CP）を前記横方向に貫く基準線上に、前記磁電変換素子の中心が位置している請求項1に記載の電流検出システム。
- [請求項3] 前記バスバーおよび前記磁電変換素子それぞれの幾何学的中心と、前記第1磁性板および前記第2磁性板それぞれの幾何学的中心とが、前記高さ方向に沿う中心線（CL）によって貫かれている請求項1または請求項2に記載の電流検出システム。
- [請求項4] 前記横方向において、前記第1磁性板および前記第2磁性板それぞれの2つの端部と前記バスバーの幾何学的中心との距離が相等しく、前記第1磁性板および前記第2磁性板それぞれの2つの端部と前記磁電変換素子の幾何学的中心との距離が相等しくなっている請求項3に

記載の電流検出システム。

[請求項5] 前記磁電変換素子が形成された半導体基板（40）を有し、
前記半導体基板における前記磁電変換素子の形成面（40a）と前記第1磁性板の内面（10a）とが前記高さ方向において互いに対向しており、

前記半導体基板の形成面と前記第1磁性板の内面との離間距離が一定であり、前記形成面と前記内面とが平行の関係になっている請求項4に記載の電流検出システム。

[請求項6] 前記バスバーと前記第2磁性板とが前記高さ方向において互いに対向しており、

前記バスバーにおける前記第2磁性板との対向面（30a）と前記第2磁性板における前記バスバーとの対向面（20a）との離間距離が一定であり、2つの前記対向面が平行の関係となっている請求項4または請求項5に記載の電流検出システム。

[請求項7] 前記バスバーにおける前記高さ方向と前記横方向とによって規定される平面の断面形状が矩形を成し、その長手方向が前記横方向に沿い、その短手方向が前記高さ方向に沿っている請求項1～6いずれか1項に記載の電流検出システム。

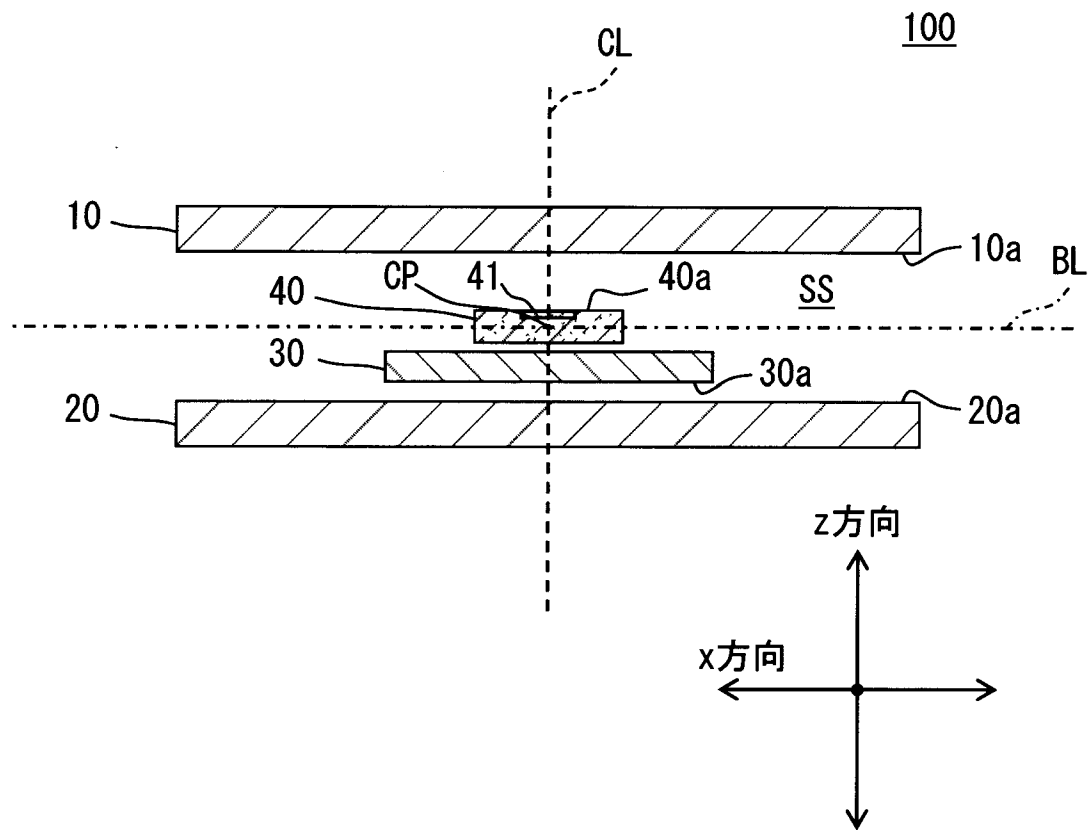
[請求項8] 前記第1磁性板における前記磁電変換素子と一部が対向する内面（10a）と、前記第2磁性板における前記バスバーと一部が対向する対向面（20a）との前記高さ方向における離間距離が一定で平行の関係となっており、

前記第1磁性板の前記内面と前記第2磁性板の対向面との前記高さ方向における離間距離を h 、前記横方向における前記第1磁性板および前記第2磁性板それぞれの最長長さを w とすると、前記離間距離 h と前記最長長さ w のアスペクト比 w/h が4以上である請求項1～7いずれか1項に記載の電流検出システム。

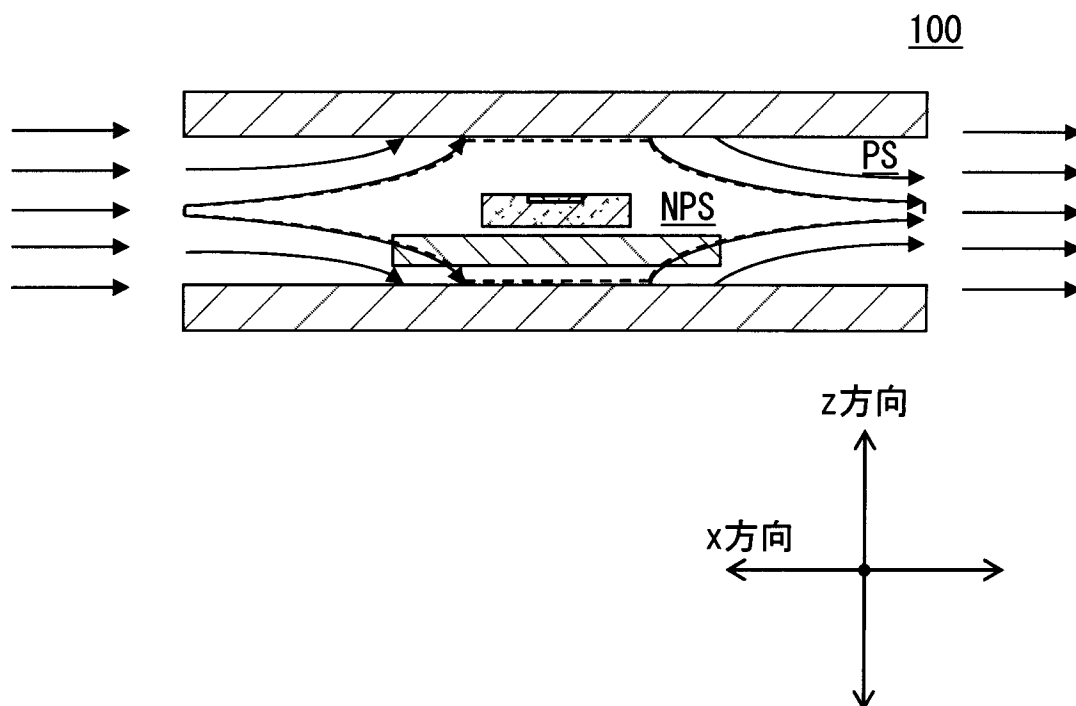
[請求項9] 前記バスバーは、複数のバスバー部材を有し、

前記磁電変換素子は、複数の磁電変換素子部材を有し、
各バスバー部材には、一つの磁電変換素子部材が対応している請求
項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の電流検出システム。

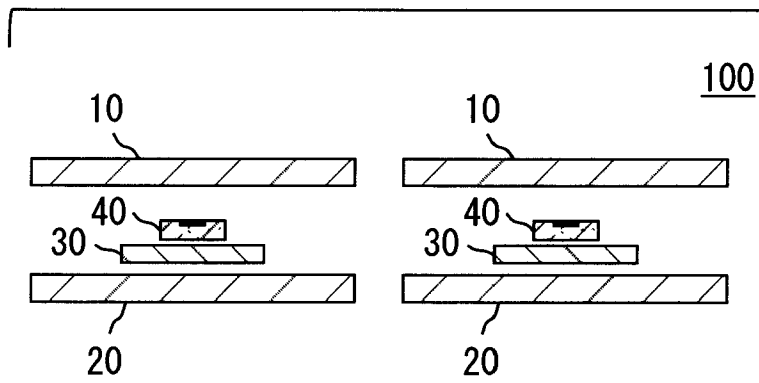
[図1]



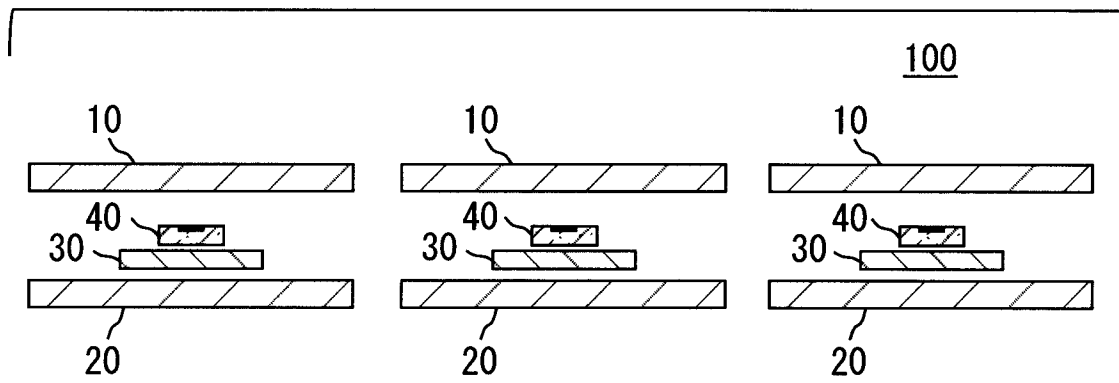
[図2]



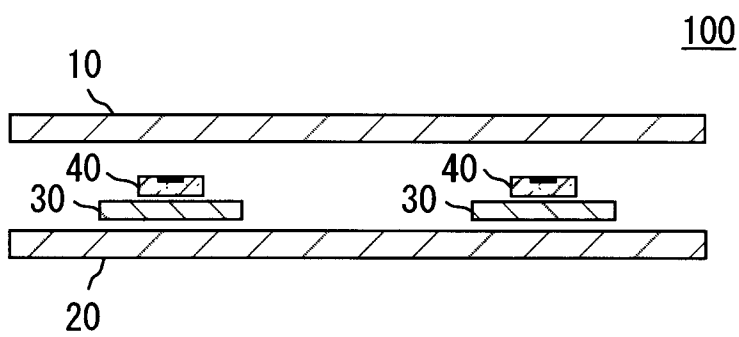
[図3]



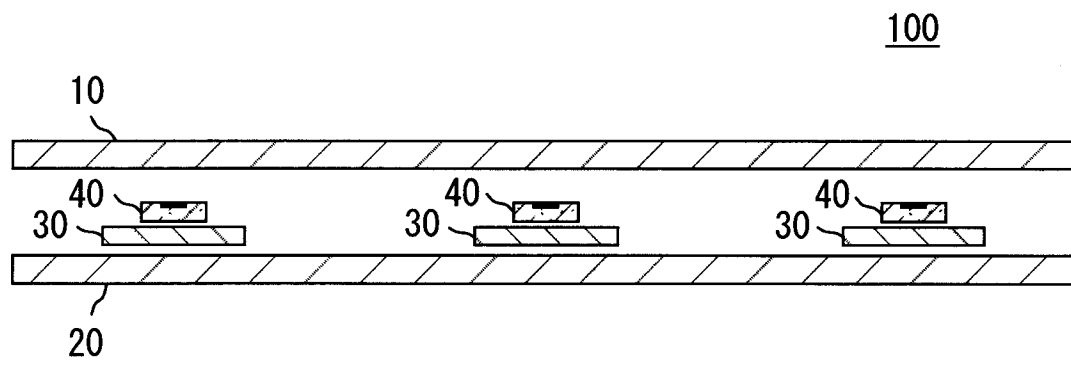
[図4]



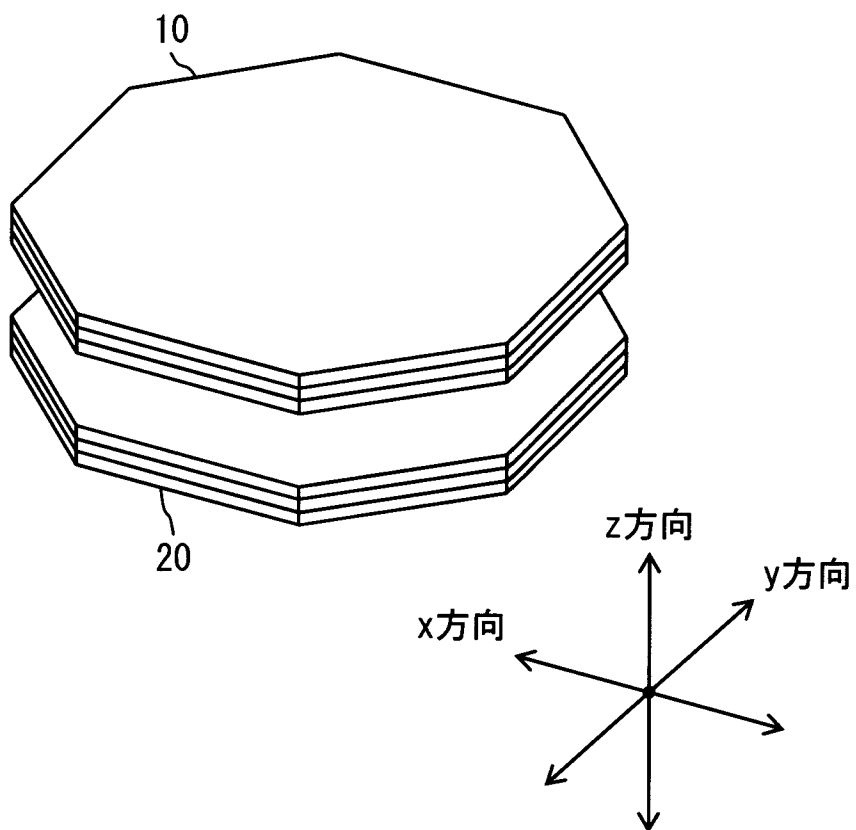
[図5]



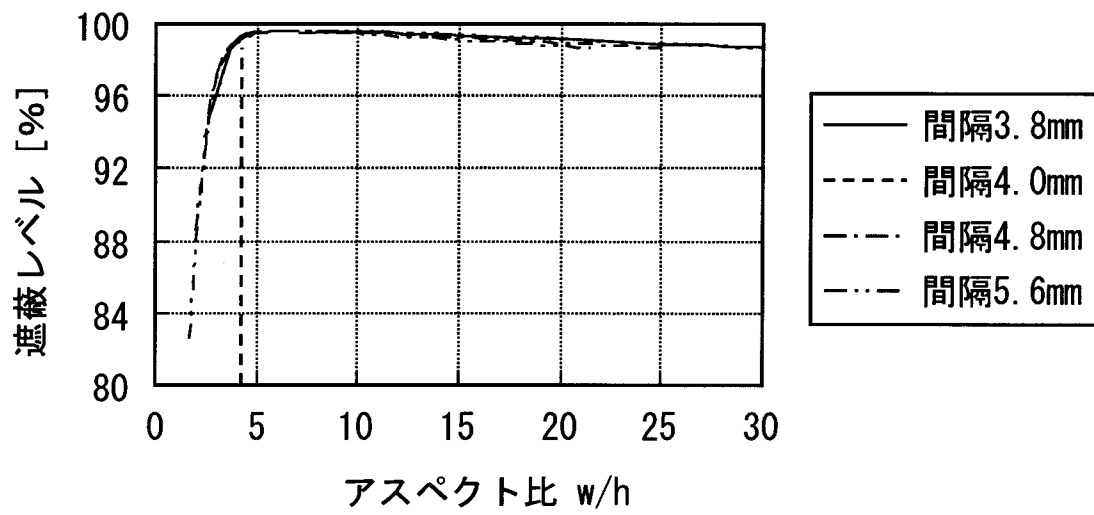
[図6]



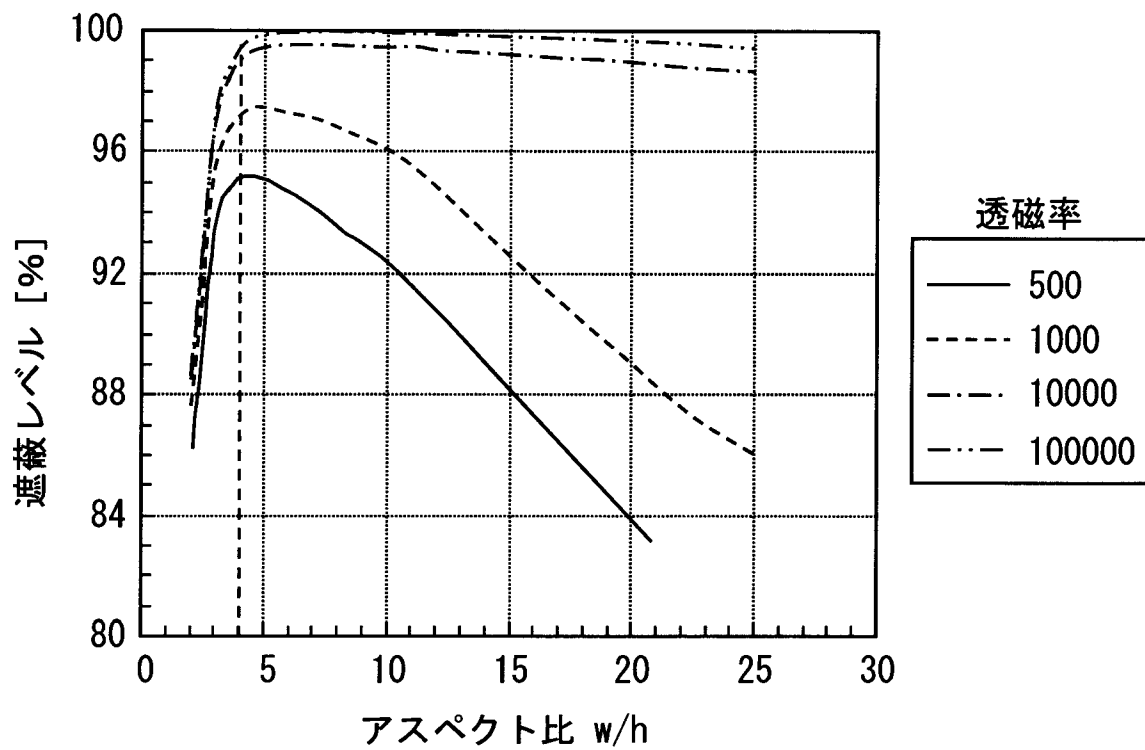
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/000283

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R15/20(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)

G01R15/20

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 03/038452 A1 (Asahi Kasei Corp.), 08 May 2003 (08.05.2003), fig. 6B, 8B, 9, 10, 16 & US 2005/0030018 A1 & JP 4579538 B & EP 1443332 A1 & CN 1578912 A	1-8 9
X Y	WO 2013/176271 A1 (Fujikura Ltd.), 28 November 2013 (28.11.2013), claim 2; paragraphs [0022] to [0023]; fig. 1, 31, 32 (Family: none)	1-8 9
Y	JP 2005-49185 A (Fuji Electric Holdings Co., Ltd.), 24 February 2005 (24.02.2005), fig. 3 (Family: none)	9

☐ 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
09 April 2015 (09.04.15)

Date of mailing of the international search report
21 April 2015 (21.04.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01R15/20(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01R15/20

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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	WO 03/038452 A1（旭化成株式会社）2003.05.08, FIG. 6B, 8B, 9, 10, 16 & US 2005/0030018 A1 & JP 4579538 B & EP 1443332 A1 & CN 1578912 A	1-8 9
X Y	WO 2013/176271 A1（株式会社フジクラ）2013.11.28, 請求項 2, [0022]-[0023], 図 1, 31, 32（ファミリーなし）	1-8 9
Y	JP 2005-49185 A（富士電機ホールディングス株式会社）2005.02.24, 図 3（ファ ミリーなし）	9

☐ 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

09.04.2015

国際調査報告の発送日

21.04.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）
郵便番号 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）

越川 康弘

2 S

9605

電話番号 03-3581-1101 内線 3258