

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4518947号
(P4518947)

(45) 発行日 平成22年8月4日(2010.8.4)

(24) 登録日 平成22年5月28日(2010.5.28)

(51) Int. Cl.		F I		
GO 1 R 15/20	(2006.01)	GO 1 R 15/02		A
GO 1 R 19/00	(2006.01)	GO 1 R 19/00		N
		GO 1 R 19/00		X

請求項の数 11 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-537636 (P2004-537636)	(73) 特許権者	501105602
(86) (22) 出願日	平成15年7月31日(2003.7.31)		アレグロ・マイクロシステムズ・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2006-500561 (P2006-500561A)		アメリカ合衆国マサチューセッツ州01615, ウスター, ノースイースト・カットオフ 115
(43) 公表日	平成18年1月5日(2006.1.5)	(74) 代理人	100089705
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/024008		弁理士 社本 一夫
(87) 国際公開番号	W02004/027436	(74) 代理人	100076691
(87) 国際公開日	平成16年4月1日(2004.4.1)		弁理士 増井 忠武
審査請求日	平成17年7月27日(2005.7.27)	(74) 代理人	100075270
(31) 優先権主張番号	10/251,007		弁理士 小林 泰
(32) 優先日	平成14年9月20日(2002.9.20)	(74) 代理人	100080137
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 集積電流センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の切欠部及び当該第1の切欠部と実質的に整列する第2の切欠部を有する導体と、少なくとも前記第1の切欠部に配置される一部を有する磁界変換器と、

中央領域を有するとともに当該中央領域から延在する実質的に平行な一対の脚部を有する磁気コアであって、前記中央領域の少なくとも一部は、前記第2の切欠部に配置され、各脚部の少なくとも一部は、前記磁界変換器の各面の少なくとも一部を覆う、磁気コアとを有する、電流センサ。

【請求項 2】

前記磁界変換器は、ホール効果素子及び磁気抵抗素子から選択された1つを含む、請求項1に記載の電流センサ。

【請求項 3】

前記第1の切欠部に配置された前記磁界変換器の前記一部の幅は、前記磁界変換器が前記導体に対して実質的に固定された位置になるように、前記第1の切欠部の幅に実質的に等しい、請求項1に記載の電流センサ。

【請求項 4】

前記第2の切欠部に配置された前記磁気コアの前記中央領域の幅は、前記磁気コアが前記導体に対して実質的に固定された位置になるように、前記第2の切欠部の幅に実質的に等しい、請求項1に記載の電流センサ。

【請求項 5】

10

20

前記磁気コアの前記脚部の各々は、前記磁界変換器の実質的に全面を覆う、請求項 1 に記載の電流センサ。

【請求項 6】

前記第 1 の切欠部及び前記第 2 の切欠部は、前記導体の中央領域に配置され、前記導体は、当該導体の端部領域に取り付け機構を含む、請求項 1 に記載の電流センサ。

【請求項 7】

前記導体は、第 1 の軸線に沿って延長され、前期磁界変換器は、前記第 1 の軸線と実質的に直角な第 2 の軸線に沿って延在する少なくとも 1 つの電氣的リードを有する、請求項 1 に記載の電流センサ。

【請求項 8】

前記磁気コアは、フェライト、鋼、鉄成分及びパーマロイを含む群から選択される材料から構成される、請求項 1 に記載の電流センサ。

【請求項 9】

前記磁界変換器と前記導体と前記磁気コアとの少なくとも一部を包囲する成型本体を含む、請求項 1 に記載の電流センサ。

【請求項 10】

前記実質的に平行な一対の脚部は、前記磁界変換器の厚さに実質的に等しい距離、間隔を置いている、請求項 1 に記載の電流センサ。

【請求項 11】

前記実質的に平行な一対の脚部は、前記磁界変換器の厚さより大きい距離、間隔を置いている、請求項 1 に記載の電流センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に電流センサに関し、さらに詳細には、集積導体を有する最小限の電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

この技術分野で知られるように、従来の電流センサの 1 つのタイプの電流センサは、電流搬送導体の近傍にホール効果電界変換器を使用している。ホール効果素子は、導体を通る電流によって誘導された磁界に比例した大きさを有する出力信号を発生する。このタイプの典型的な電流センサは、ギャップを有するトロイド（環状、ドーナツ状）磁束集中器を含み、ホール効果素子は、トロイドギャップ内に配置されている。ホール効果素子及びトロイドは、プリント回路基板の上に取り付けることのできるハウジング内に組み立てられる。使用に際し、ワイヤのような分離した電流搬送導体が、トロイドの中心を通過し、ワイヤの露出端をメッキされた貫通孔にハンダ付けすることによってプリント回路基板に溶接される。このようなデバイスは、高さや回路基板の双方について、大型化するという望ましくない傾向がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

感度及び線形性を含む種々のパラメータによって、電流検出用途のホール効果デバイスの性能が特徴づけられる感度は、導体を通る 1 アンペアの変化に対応するホール効果素子の出力信号の変化であり、線形性は、導体を通る電流に正比例して出力信号が変化する度合いである。ホール効果素子の使用における重要課題として、デバイス性能に対して漂遊磁界及び外部磁界ノイズの影響があることが含まれる。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明によれば、集積電流センサは、第 2 の切欠部（ノッチ）に実質的に整列した第 1 の切欠部を有する導体と、第 1 の切欠部内に配置された少なくとも一部を有する磁界変換

10

20

30

40

50

器と、磁気コアとを有する導体を備えている。磁気コアは、実質的にC形状であり、中央部分と、当該中央部分から延在する実質的に一对の平行な脚部を備えている。磁気コアの中央領域の少なくとも一部は、各脚部が磁界変換器の各面の少なくとも一部を覆うように第2の切欠部内に配置されている。この実施形態において、磁界変換器は、ホール効果素子を含むホール効果センサである。

【0005】

この構成によれば、ホール効果センサ、導体及び磁気コアは、基本的には第1と第2の切欠部によって及び素子の寸法的な特徴によって互いに対して所定の位置に固定される。素子の正確な機械的な位置決めの結果、電流センサの感度は、高度に反復可能であり、従って、厳密に制御される。磁気コアは、通常より、高い感度を提供し、実質的に均一であるホール効果素子の磁界を提供する。

10

【0006】

1つの実施形態において、磁気コアの脚部の各々は、ホール効果センサの実質的に全面を覆う。この構成は、C形状の磁気コアとの組み合わせにおいて、漂遊磁界と外部磁界ノイズを起こす可能性を低減し、感度を増大し、ホール効果素子の磁界の均一性を改良する。

【0007】

ホール効果センサ、導体及び磁気コアの少なくとも一部は、絶縁材料によって包囲される。導体は、貫通孔のようにプリント回路基板に電流センサを取り付けるための機構を備えており、この貫通孔は、プリント回路基板貫通孔に挿入するために又はパッドへの表面取り付け溶接のために、ハードウエア、リード線、タブを受け入れるようになっている。その結果、集積化された電流センサは、従来のギャップを有するトロイド構成に対して非常に小さい単一の部品を提供する。

20

【0008】

さらなる集積化を達成するために、ホール効果センサは、1つ又は複数の信号増幅器を含むホール効果素子の出力信号を処理するための回路を含む。好ましくは、回路は、感度及び静止(クイセント)オフセット電圧のような性能パラメータを調整するために制御することができるデジタルアナログ変換器及びカウンタのような追加された素子を含む。

【0009】

本発明の前述した特徴ならびに本発明自体は、図面の次の詳細な説明からさらに完全に説明される。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図1を参照すると、最小化された集積電流センサ10は、ホール効果センサ12と、電流伝送導体16及び磁気コア24の形態の磁界変換器を含む。導体16は、素子が互いに対して固定位置で維持されるようにホール効果センサ12及び磁気コア24の部分を受け入れるための機能を含む。図示した実施形態において、導体16は、第1の切欠部18a及び当該第1の切欠部と実質的に整列した第2の切欠部18bを有する。組み立てにおいて、ホール効果センサ12の少なくとも一部は、第1の切欠部18a内に配置される。磁気コア24は、実質的にC形状であり、中央領域24a及び当該中央領域から延在する実質的に平行な一对の脚部24b、24cを有する。組み立てにおいて、中央領域24aの少なくとも一部が各脚部24b、24cが、ホール効果センサ12の各表面の少なくとも一部を覆うように導体の第2の切欠部18b内に配置されている。

40

【0011】

ホール効果センサ12は、絶縁材料で囲まれるセンサダイ14を含む集積回路の形態で提供される。集積ホール効果センサ12は、1.6mm台の厚さを有するライン(SIP)の「K」シングルのような異なるパッケージタイプで提供することができる。有効なエアギャップは、パッケージの厚さに等しく、センサダイは、エアギャップの実質的に中央に載置している。

【0012】

50

ホール効果センサは、印刷回路基板（図示せず）に取り付けるようになっている導線 15 を有する。図 6 と関連して説明された導線 15 は、さらに、電源、即ち、 V_{cc} 、接続線、接地接続、及び導体 16 を通って電流に比例して出力信号を伝送するようになっている出力接続部を含む。出力信号は、電流又は電圧であるとよい。

【0013】

センサダイ 14 は、ホール効果素子 14a（図 1B 及び図 6）及びホール効果素子の出力信号を処理するためのホール回路 14b（図 1B 及び図 6）を含む。図示した実施形態において、ホール回路 14b は、増幅器、フィルタ、出力駆動部及びオフセット相殺回路を含む。ホール回路 14b 内には図示するように、及び図 6 に関連して以下に示すように感度及び静止作動電圧を調整するためのトリム（調製）制御回路が設けられている。この
10
のようなホール効果センサ 12 は、部品ナンバー A3525 として Allegro Microsystems, Inc.（マサチューセッツ州、Worcester）から市販されている。他の回路も、集積ホール効果センサ 12 内に設けられていることは当業者によって理解されるであろう。ホール効果センサ 12 の使用は、プリント基板に取り付けられている別々の部品によって別々に設けられている回路部品を組み込むことによって電流センサ 10 の集積化を向上させる。

【0014】

ホール効果センサ 12 は、図 1 の電流センサ 10 で使用されるが、代替案として異方性（非等方性）磁気抵抗（AMR）素子又は巨大磁気抵抗（GMR）素子を使用することができる。
20

【0015】

導体 16 は、銅のような種々の導電材料から構成され、測定電流を導体 16 に提供するプリント回路基板に取り付けるようになっている。この目的のために、回路基板バイアスに溶接するために適している屈曲導線即ちタブ 16a、16b（16b は図示せず）が、導体の端部に設けられている。ネジ端子及び関連するハードウェア又は平坦なリード線又は図 2 及び図 2A のタブ 52a、52b など屈曲タブ 16a、16b 以外の機構を用いて電流センサ 10 を回路基板に取り付けてもよい。別の実施形態において、電流センサ 10 を回路基板以外に取り付けることを可能にするために使用することができる。例えば、電流センサ 10 をワイヤで直列に接続することができるワイヤ結合（図示せず）を有する
30
ことができる。

【0016】

好ましくは、屈曲タブ 16a、16b を除く導体 16 は、プリント回路基板の電流センサ 10 の高さを増大する z 軸 21 内に延在する特徴部分を除いて、図示したように実質的に平坦である。使用において、導体 16 の平面は、プリント回路基板の平面に接近して配置され、小さい輪郭の電流センサを提供する。

【0017】

導体 16 の第 1 の切欠部 18a は、幅 w_1 を有するホール効果センサ 12 の少なくとも一部を受け入れるために選択された幅 w_2 を有する。好ましくは、幅 w_1 及び幅 w_2 は、組み立てにおいて x 軸内での導体 16 に対するホール効果センサ 12 の可能な移動が無視できるように実質的に同じである。さらに詳細には、公称幅 w_1 は、公称幅 w_2 よりわずかに、例えば 0.28 mm だけ小さく、最も低い公差において、最も大きな幅 w_1 は、最も小さい幅 w_2 より 0.4 mm 小さい。図示した実施形態において、公称幅 w_1 は、5.18 mm であり、公称幅 w_2 は、5.46 mm である。従って、幅 w_1 及び w_2 は、等しく
40
なるという特徴がある。

【0018】

導体の第 2 の切欠部 18b は、磁気コア 24 の少なくとも一部を受け入れるために選択された幅 w_3 を有する。好ましくは、磁気コアの中央領域 24a の幅 w_3 及び幅 w_4 は、組み立てにおいて、x 軸内での導体 16 に対する磁気コア 24 の可能な移動が無視できるように十分に似ている。さらに詳細には、公称幅 w_4 は、公称幅 w_3 よりわずかに、例えば 0.2 mm だけ小さく、最もよくない公差でも、最も低い幅 w_4 は、最も大きい幅 w_3
50

より0.34mm小さく、最も大きな幅w4は、最も小さい幅w3より0.08mm大きい。図示した実施形態において、公称幅w3は、5.46mmであり、公称幅w4は、5.25mmである。従って、幅w3及びw4は、実質的に等しいという特徴がある。

【0019】

磁気コア脚部24b、24cの間隔h3、導体16の厚さ即ち高さh2及びホール効果センサ12の厚さ即ち高さh1は、z軸21において互いに対する部品の可能な運動が制限されるようにすべて実質的に同様である。さらに詳細には、導体の公称高さh2及びセンサの高さh1は、公称高さh3よりわずかに、例えば0.1mmだけ小さく、最も低い公差の場合、最も低い高さh1及び高さh2は、最も高い高さh3より0.22mm低く、最も高い高さh1及び高さh2は、最も低い高さh3より0.01mm低い。図示した実施形態において、公称高さh1は、1.55mmであり、公称高さh2は、1.50mmであり、公称高さh3は、1.64mmである。

10

【0020】

しかしながら、他の実施形態において、間隔h3は、他の要因によって選択される。例えば、1つの他の実施形態において、間隔h3は、リラクタンスを増大するために、従って、電流センサ10を飽和させる搬送導体16を通る電流を増大するためにホール効果センサ12の高さh1より実質的に大きい。従って、この別の実施形態は、大きな電流搬送容量を有する。

【0021】

磁気コア24は、センサダイ14の磁界を調整し、これは、あるいは磁界集中器と称される。磁気コア24は、フェライト、鋼、鉄成分及びパーマロイを含むが、それには制限されない種々の材料からなる。磁気コア24の材料は、C形状の磁気コア24によって提供された最大測定電流及び所望量の磁気シールドのような要因に基づいて選択される。他の要因は、温度及びヒステリシス（残留磁気、リマネンス）上の相対的な透磁性の安定性を含む。例えば、低いヒステリシスは、導体16を通る小さい電流の場合、大きな精度を保證する。磁気コア24の材料及び寸法は、導体16を通る所望の最大規模の電流によって選択され、この場合、大きな飽和磁束密度（Bs at）を有する磁気コア材料は、導体16を流れる所望の電流の場合、小さいコアを使用できることを可能にする。図4を参照して明らかになるように、磁気コア24の使用は、磁界をそらすために電流センサ10の磁化率（感受性）を著しく低減する。

20

30

【0022】

磁気コア24は、脚部24b、24cの各々が、センサダイ14の各全面を実質的に覆うように深さd1を有する。この構成によって、センサダイ14に設けられたホール効果素子14a（図1B）に実質的に均一の磁界が提供され、それによって、装置の感度を増大し、磁界をそらす磁化率を低減する。

【0023】

従って、導体の切欠部18aは、導体から半径方向外側に延在しているタブ16d、16eによって形成される。切欠部18bは、導体から延在するタブ16f、16gとの組み合わせにおいて導体の狭い領域16cによって形成される。第1の切欠部18aと第2の切欠部18bとの間の狭い領域16cの幅w5は、導体16の最大電流搬送能力に基づいて選択される。ここで幅w5は、1.7mm台であり、導体16の電流搬送能力は、100アンペア台である。切欠部18a、18bは、狭い導体領域16cを提供することなく、半径タブ16d、16e及び16f、16gによって形成することができ、狭い領域16cの使用は、y軸20に沿って電流センサ10の全体寸法を最小限にする。また、狭い領域は、ホール効果センサ12にさらに接近させて導体16を通して電流を提供する。他の実施形態において、切欠部18a、18bは、タブ16d~16gを使用することなく形成され、狭い領域16cによってのみ提供される。

40

【0024】

図1Aを参照すると、同じ部品には同じ参照符号が付されている。組み立てられた一例としての電流センサ10が示されている。明らかなように、ホール効果センサ12の一部

50

は、同様の寸法の導体切欠部 18 a (図 1) に配置されており、磁気コア 24 の中央領域 24 a は、同様の寸法の導体切欠部 18 b (図 1) に配置されている。導線 15 は、プリント回路基板に電流センサ 10 の取り付けを容易にするために曲げられている。有利なことに、電流センサ 10 は、小さい輪郭の組立体であり、電流センサの高さは、成型本体 28 の厚さだけプリント回路基板から離れている。

【0025】

絶縁材料を含む成型本体 28 は、図示されている導体 16 の一部、ホール効果センサ 12 及び磁気コア 24 上に配置されている。さらに成型本体 28 は、x 軸 19、y 軸 20、z 軸 21 の方向にさらに移動することを防止することによって、互いに対して素子の運動を低減する。

10

【0026】

この構成によって、磁気コア 24、導体 16 及びホール効果センサ 12 は、互いに対して所定の位置で固定される。この機械的な「相互固定」の結果は、高度に反復可能であり、電流センサの性能を厳密に制御する。

【0027】

同じ部品に、図 1 及び図 1 A の参照符号と同様の符号が付された図 1 B を参照すると、センサダイ 14 は、x 軸 19 に沿った幅 w 7、y 軸 20 に沿った幅 w 8 及び中央標示部 14 c を有するホール効果センサ 14 a を含むように示されている。また、センサダイ 14 は、回路 14 b を含み、ホール効果素子 14 a に接続された代表的なブロックとして示されている。ホール効果素子 14 a 及び回路 14 b は、図 6 にさらに詳細に示されている。

20

【0028】

ホール効果素子 14 a 及び回路 14 b は、単一のダイの上に形成され、この単一のダイは、単一の集積回路ホール効果センサ 12 の形態で提供される。他の実施形態において、ホール効果素子 14 a 及び 14 b は、ワイヤボンダ等によって接続された分離した集積回路として形成することができる。ホール回路 14 b は、ホール効果センサ 12 の導線 15 (図 1、図 1 A) に電氣的に接続されている。

【0029】

図 2 及び図 2 A を参照すると、図 1 及び図 1 A の同様の素子は、同様の参照符号が付されている。別の例示的な回路センサ 50 は、ホール効果センサ 12、導体 52 及び磁気コア 54 を含む。図 1 及び図 1 A の導体 16 と同様の導体 52 は、第 1 の切欠部 60 a 及び第 1 の切欠部と整列した第 2 の切欠部 60 b を有する。第 1 の切欠部 60 a は、幅 w 2 を有し、これは、x 軸 19 の素子の相対運動を制限するように、ホール効果センサ 12 の幅 w 1 と非常に似ており、第 2 の切欠部 60 b は幅 w 3 を有し、これは、x 軸の部品の相対運動を制限するために磁気コア 54 の幅 w 4 と非常に類似している。

30

【0030】

磁気コア 54 は、幅 w 4 の中央領域 54 a と、中央領域から延在しており高さ h 3 により分離されている実質的に平行な一対の脚部 54 b、54 c を有する。磁気コア 54 の深さ d 2 は、脚部 54 b、54 c の各々がセンサダイ 14 の各表面全体を実質的に覆うように選択される。

【0031】

ホール効果センサ 12 の高さ h 1、導体 52 の高さ h 2 及び平行な脚部 54 b、54 c の分離 h 3 は、十分に類似しており、その結果、組み立てにおいて、脚部 54 b、54 c は、z 軸 21 に沿って部品の相対運動を阻止する。幅 w 1、w 2、w 3、w 4 及び高さ h 1、h 2 及び h 3 は、図 1 の電流センサ 10 で同様の寸法と実質的に同一である。

40

【0032】

組み立てにおいて、図 2 A に示すように、ホール効果センサ 12 の一部は、第 1 の切欠部 60 a 内に配置され、磁気コア 54 の一部は、図示したように第 2 の切欠部 60 b 内に配置される。この構成によって、磁気コア 54、導体 52 及びホール効果センサ 12 は、x 軸 19 及び z 軸 21 に沿って互いに対して移動することが防止される。成型本体 28 が、磁気コア 54、導体 52 及びホール効果センサ 12 の上に設けられ、x 軸 19、y 軸 2

50

0 及び z 軸 2 1 に沿って互いに対して部品の運動をさらに減少させる。

【0033】

電流センサ 5 0 は、導体 5 2 及び磁気コア 5 4 の特徴部分で一般的に図 1 及び図 1 A の電流センサ 1 0 と異なる。特に、導体 5 2 は、回路基板（図示せず）に導体 5 2 を取り付けするための取り付け機構として作用する平坦なリード即ちタブ 5 2 a、5 2 b を有する。使用において、プリント回路基板に孔又は凹部（窪み）が設けられる。成型本体 2 8 は、従来の表面取り付け技術によってタブ 5 2 a、5 2 b がハンダ付けされるめっきパッド上でプリント回路基板の表面上にタブ 5 2 a、5 2 b が平坦に載置するように孔又は凹部に配置される。

【0034】

導電体 5 2 は、第 1 の切欠部 6 0 a、6 0 b を分離する狭い領域 5 2 c を有する。ここで、切欠部 6 0 a は、導体から半径方向外側に延在するタブ 5 2 d、5 2 e によって形成され、切欠部 6 0 b は、半径方向タブ 5 2 f、5 2 g 及び領域 5 2 c の組み合わせによって形成される。狭い領域 5 2 c は、幅 w 6 を有し、この幅 w 6 は、狭い領域 1 6 c の幅 w 5 より大きい（図 1 及び図 1 A）。従って、切欠部 6 0 b は、切欠部 1 8 b より深くはない（図 1 及び図 1 A）。従って、狭い領域 5 2 c の電気抵抗は、図 1 の狭い領域 1 6 c の抵抗以下である。従って、狭い領域 5 2 c を通って流れるアンペア毎に、より小さい電力が消散される。狭い領域 5 2 c の幅 w 6 は、センサ 5 0 の最大電流搬送機能に関連するので、導体 5 2 は図 1 の導体 1 6 より大きい電流を伝達するようになっている。図示した実施形態において、幅 w 6 は、3 mm であり、導体 5 2 の最大電流搬送性能は、200 アンペアである。他の実施形態において、切欠部 6 0 a、6 0 b は、タブ 5 2 d ~ 5 2 g を用いないで形成され、狭い領域 5 2 c によってのみ提供される。

【0035】

磁気コア 5 4 は、中央領域 5 4 a が平行な脚部 5 4 b、5 4 c に対して湾曲しているという点で、図 1 及び図 1 A の磁気コア 2 4 と異なる。磁気コア 5 4 の形状、ここで C 形状は、磁気コア 5 4 の材料を含むが、それには制限されない種々の要因に従って選択される。コア 5 4 の材料を選択するために使用される要因は、図 1 の磁気コア 2 4 について上述した内容と同じである。1 つの例示的な実施形態において、コア 5 4 は、フェライトより大きい飽和磁束密度を有するシリコン鋼合金からなる。また、深さ d 2 は、図 1 の例示的な実施形態の深さ d 1 より深く、図 1 の実施形態の深さ w 5 より深い w 6 について適用される。

【0036】

図 3 を参照すると、グラフ 8 0 は、図 2 及び図 2 A の例示的な電流センサの導体 5 2 を 1 0 0 A が流れるとき、センサダイ 1 4 の x 軸 1 9 に沿った磁束密度を示す。センサダイ 1 4（図 1 B）内のホール効果素子 1 4 a の中心 1 4 c は、横座標 8 4 のゼロミリメートルに対応する。

【0037】

磁束曲線 8 6 は、基本的に平坦な中央部分 8 8 と、傾斜端部分 9 0 a、9 0 b とを有することを特徴としている。曲線 8 6 を考えることによって、磁束が中央部分 8 8 で一定であり、磁束が 4 mm 台の間隔で、ホール効果素子 1 4 a の素子の中心 1 4 c の周りに中心があることが分かる。x 軸 1 9 に沿ってホール効果の中心 1 4 c から 2 mm 以上の距離に配置されたホール効果素子 1 4 a の部分は、磁束密度が減少されている。図示したホール効果センサ素子 1 4 a は、典型的には、1.6 mm と 3 mm の寸法を有するセンサダイ 1 4 の中心に 0.2 mm 台の x 軸の幅 w 7 を有し、従って、ホール効果素子 1 4 a 全体は、中心部分 8 8 内にある。中央部分 8 8 の幅は、ホール効果素子 1 4 a の幅 w 7（図 1 B）より実質的大きく、ホール効果素子 1 4 a は、ホール効果素子 1 4 a が磁界の最も大きな量内にあることを保証するために中央部分 8 8 内に中心がある。

【0038】

ホール効果素子 1 4 a に対する磁気コア 5 4 の寸法は、x 軸 1 9 のホール効果素子 1 4 a の磁束密度の均一性に大きな影響を与えることは当業者には理解できるであろう。特に

10

20

30

40

50

、ホール効果素子 14 a の幅 w 7 に対して磁気コア 5 4 が広ければ広いほど（幅 w 4 が広ければ広いほど）、曲線 8 6 の中央部分 8 8 は長くなり、磁気コアは狭くなり、中央部分 8 8 は短くなる。

【 0 0 3 9 】

曲線 8 6 は、磁気コア 5 4 及びホール効果素子 14 a が、整列した導体の切欠部 6 0 a、6 0 b に対する固定された位置によって保証されるように x 軸 1 9 内で互いに対して中央になると仮定する。x 軸 1 9 に沿った磁気コア 5 4 に対するホール効果素子 14 a の運動は、曲線 8 6 が横座標 8 4 に沿って移動し、ホール効果素子 14 a の領域において、2 mm 以上その中心 1 4 c に接近し、十分な磁束密度を生じる。この効果は、ホール効果センサ 1 2 と磁気コア 5 4 との相対運動を制限することが望ましいことを強調している。さらに、ホール効果センサ 1 2 内でのセンサダイ 1 4 の場所及び関連するホール効果素子 14 a（図 1 B）に関連する公差があるので、磁気コア 5 4 に対するホール効果センサ 1 2 の位置を固定することは重要である。

10

【 0 0 4 0 】

また、図 3 A を参照すると、グラフ 1 0 0 は、図 2 及び図 2 A の例示的な電流センサ 5 0 の導体を 1 0 0 A が流れるとき、センサダイ 1 4 の y 軸 2 0 に沿った磁束密度を示している。ホール効果素子 14 a の中心 1 4 c は、横座標 8 4 の 0 ミリメートルに対応している。

【 0 0 4 1 】

磁束曲線 1 0 6 は、基本的には平坦な中央部分 1 0 8 と、傾斜端部分 1 1 0 a、1 1 0 b とを有することを特徴としている。曲線 1 0 6 を考えると、磁束は、中央部分 1 0 8 が実質的に一定であり、2.5 mm 台の幅を有し、ホール効果素子 14 a の中心 1 4 c の周りに中心があることがわかる。y 軸 2 0 に沿ってホール効果素子の中心 1 4 c から 1.25 mm 以上離れたホール効果素子 14 a の部分は、磁束密度が減少している。図示したホール効果素子 14 a の部分は、典型的には 1.6 mm と 3 mm の寸法を有するセンサダイ 1 4 の上に中心がある 0.2 mm 台の y 軸の幅 w 8 を有し、従って、ホール効果素子 14 a 全体は、中心部分 1 0 8 内にある。中心部分 1 0 8 の幅は、ホール効果素子 14 a の幅 w 8（図 1 B）よりかなり大きく、ホール効果素子 14 a は、ホール効果素子 14 a が大きな量の磁界内にあることを保証するために中央部分 1 0 8 内の十分な中心にある。

20

【 0 0 4 2 】

ホール効果素子 14 a に対する磁気コア 5 4 の寸法が、y 軸 2 0 のホール効果素子 14 a の磁束密度の均一性に大きな影響を与えることは当業者には理解できるであろう。特に、ホール効果素子 14 a の幅 w 8 に対する磁気コア 5 4 が深くなれば深くなるほど（即ち、図 2 における深さ d 2 が大きくなればなるほど）、曲線 1 0 6 の中央部分 1 0 8 は長くなる。それに対し、磁気コアが浅くなればなるほど、中央部分 1 0 8 は短くなる。

30

【 0 0 4 3 】

曲線 1 0 6 は、磁気コア 5 4 及びホール効果素子 14 a が整列された導体の切欠部 6 0 a、6 0 b に対する固定位置によって保証されると同様に、y 軸 2 0 で互いに対して中央にあることを仮定している。y 軸 2 0 に沿った磁気コア 5 4 に対するホール効果素子 14 a の動きは、曲線 1 0 6 が横軸 1 0 4 に沿って移動することを示し、従って、ホール効果素子 14 a の領域において、1.25 mm よりさらにその中央 1 4 c に接近し、十分低減された磁束密度を示す。この効果は、ホール効果センサ 1 2 と磁気コア 5 4 との相対運動を制限することが望ましいことを強調する。

40

【 0 0 4 4 】

図 4 を参照すると、グラフ 1 2 0 は、ストレイ即ち外部磁界の効果を低減する際に磁気コア 2 4（図 1、図 1 A）の重要性を示すものである。横座標 1 2 4 は、導体 1 6 を通過する電流によって発生する磁界に対して図 1 A の電流センサ 1 0 へ z 軸 2 1（図 1）に沿って加えられる外部磁界を表し、縦座標 1 2 2 は、電流センサ 1 0 によって検出された磁界を表している。曲線 1 2 8 は、図 1 及び図 1 A に示すタイプであり、C 形状の磁気コア 2 4 のないタイプの電流センサに対応するが、曲線 1 3 0 は、磁気コア 2 4 を有する電流

50

センサ 10 に対応する。曲線 128 は、ホール効果センサ 12 によって検出された磁界が、外部磁界と実質的に同じであり、それに対し、曲線 130 は、磁気コア 24 によって、電流センサ 10 によって検出された磁界が外部磁界より著しく小さいことを示している。

【0045】

図 5 を参照すると、グラフ 140 は、図 1 及び図 1A の電流センサ 10 の正確な性能を示す。その精度は、その理想的な値から実際のセンサ出力の最大変動を示している。導体 16 を通る電流は、横軸 144 に示されており、電流センサ出力信号の電圧は、縦軸 142 に示されている。

【0046】

導体と出力電圧との間の理想的な関係は、曲線 150、ここでは直線によって示されている。曲線 146a 及び 146b は、一定の温度範囲の電流を検出する精度境界を表す。さらに詳細には、曲線 146a 及び 146b は、-40 から +85 の温度範囲を通る電流を検出する精度境界を表す。曲線 148a 及び 148b は、25 の固定温度で電流を検出する精度境界を表す。

10

【0047】

図 6 を参照すると、図 1、図 1A 及び図 1B の例示的なホール効果センサ 10 の概略図は、回路基板取り付け機構 16a、16b を有するライン、トロイド（環状体）162 によって表される磁気コア 24 によって表される導体 16 を含む。図示したホール効果センサ 12 は、センサダイ 14、及び符号 15a、15b、及び 15c で表される導線 15 を含む。導線 15a は、ホール効果センサ 12 への電力接続を提供し、導線 15b は、電流センサ出力信号への接続を示し、導線 15c は、電流センサへの基準、又は設置接続を提供する。

20

【0048】

ホール効果素子 14a は、導体 16 内の電流によって誘導される磁界 164 を検出し、磁界 164 に比例する電圧を生成する。ホール効果素子 14a は、動的オフセット相殺回路 170 に接続されており、これは、ホール効果素子 14a に関連する DC 電圧エラー用の DC オフセット調整を行う。導体 16 を通る電流がゼロの場合、動的オフセット相殺回路 170 の出力は、ゼロに調整される。

【0049】

動的オフセット相殺回路 170 は、オフセット調整されたホール出力信号を増幅する増幅器 172 に接続される。増幅器 172 は、ローパスフィルタ、ハイパスフィルタ、バンドパスフィルタ及び/又は切欠部フィルタであり得るフィルタ 174 に接続されている。このフィルタは、所望の応答時間、ホール効果素子 14a に関連するノイズの周波数スペクトル、動的オフセット相殺回路 170 及び増幅器 172 を含むが、それには制限されない種々の要因に関連して選択される。1つの特定の実施形態において、フィルタ 174 は、ローパスフィルタである。フィルタ 174 は、他の電子素子（図示せず）への送信用の向上された電力出力を提供する出力駆動部 176 に接続されている。

30

【0050】

作動中、電力が提供される導線 15a にトリム制御回路 184 が接続されている。また、導線 15a は、典型的に製造中、種々の電流センサパラメータを調整することができる。この目的のために、トリム制御回路 184 は、導線 15a に加えられる適当な信号によって可能になる 1つ又は複数のカウンタを含む。

40

【0051】

トリム制御回路 184 は、静止出力電圧 (Qv_o) 回路 182 に接続される。静止出力電圧は、導体 16 を通る電流がゼロになるとき、出力導線 15b での電圧である。公称的には、ユニポーラ供給電圧 Qv_o の場合、 Qv_o は、 $V_{cc} / 2$ に等しい。 Qv_o は、トリム制御回路 184 内の第 1 のトリム制御回路カウンタに導線 15a を通して適当なトリム制御回路 184 を送ることによって調整することができ、調整制御回路は、 Qv_o 回路 182 内のデジタルアナログ回路を制御する。

【0052】

50

トリム制御回路 184 は、さらに、感度温度補償回路 178 に接続されている。感度調整回路 178 は、電流センサ 10 の感度を調整するために増幅器 172 の利得を調整することができる。感度は、トリム制御回路 184 内の第 2 のトリム制御回路カウンタに導線 15a を通して適当なトリム信号を加えることによって調整することができ、トリム調整回路 184 は、感度調整回路 178 内の DAC (デジタルアナログ変換器) を制御する。

【0053】

トリム制御回路 184 は、さらに感度温度補償回路 180 に接続される。感度温度補償回路 180 は、温度による利得の変化を補償するために増幅器 172 の利得の調整を可能にする。感度温度補償は、トリム制御回路 184 内の第 3 のトリム制御回路カウンタに導線 15a を通して適当なトリム信号を加えることによって調整することができ、トリム調整回路 184 は、感度調整回路 180 内の DAC を制御する。

10

【0054】

図 6 に示す回路は、図 1 のホール効果センサ 10 と同様に、ホール効果センサに関連し集積化された例示的な回路のみであることは当業者には理解できるであろう。他の実施形態において、追加の回路は、電流センサを「デジタルヒューズ」に変換するために提供され、この「デジタルヒューズ」は、導体 16 を通る電流によって誘導された磁界 164 が所定の閾値水準以上又は以下であるかどうか依存して高出力信号又は低出力信号を提供する。この他の実施形態のための追加の回路は、コンパレータ及び/又はラッチ及び/又はリレイを含むことができる。デジタルヒューズの例示的な実施形態が図 7 に示されている。

20

【0055】

さらに、導体接続 16a、16b は、電流センサ導線 15a、15b 及び 15c から絶縁されており、電流センサ 10 は、光絶縁器、変圧器のような他の絶縁技術を使用することなく電気的な絶縁を必要とするアプリケーションにおいて使用することができる。

【0056】

図 6 の同様な部品は、同じ符号を有する図 7 を参照すると、例示的なデジタルヒューズ回路 200 は、導体 16、コア 162、センサダイ 14' を含むホール効果センサ 12' を含む。ダイ 14' は、フィルタ 174 に接続されたシュミットトリガー 202 を含む。シュミットトリガーは、磁界 164 が第 1 の閾値の下にあるとき、第 1 のデジタル状態の出力信号を提供し、磁界 164 が第 2 の閾値の上にあるとき、第 2 のデジタル状態を提供する。第 1 のデジタル状態は、導体 16 を通る低い電流に対応する。第 2 のデジタル状態は、導体 16 を通る高い電流に対応する。シュミットトリガー出力信号は、制御信号をトランジスタ 206 に提供する制御回路 204 に提供される。制御信号は、シュミットトリガー出力信号が 2 つのデジタル状態の一方にあるときトランジスタ 206 を導通し、シュミットトリガー出力信号が 2 つのデジタル状態の他の一方にあるとき、トランジスタ 206 をオフにする。電流制限回路 210 と組み合わされた抵抗器 208 は、トランジスタ 206 を通る電流を制限する。

30

【0057】

出力導線 15b (図 1) は、負荷 212 に接続することができ、デジタルヒューズ回路 200 の部分ではなく、従って、付加 212 は、トランジスタ 206 の条件のオンオフに対応して電源 Vcc からの電流を受け入れる。例えば、1 つの実施形態において、負荷 212 は、磁界 164 が第 1 の閾値以下になるとき、導体 16 を通る低い電流に対応して全電流を受け、磁界 164 が第 2 の閾値以上にあるとき、導体を通る高い電流に対応してゼロ電流を受け入れる。トランジスタ 206 の状態をオン又はオフ条件のいずれかにラッチすることができるようにフリップフロップ又はラッチを含むことができることは当業者には理解できるであろう。

40

【0058】

図 8 を参照すると、集積電流センサ 250 が、ここでは、ホール効果センサ 252、電流搬送導体 254、及び磁気コア 256 の形態の磁界変換器を含む。磁気コア 256 は、図 1 に示す磁気コア 24 のタイプであり、ホール効果センサ 252 は、図 1 に示すセンサ

50

12のタイプである。この実施形態において、電流搬送導体254は、1つの切欠部258のみを有する。切欠部258は、図1の切欠部18bに比較することができ、同じ性能と利点を提供する。従って、切欠部258は、同様の寸法の磁気コア256の一部を受け、図1に関連して説明した方法と基本的には同様な方法で磁気コアに整列するようになっている。

【0059】

図1Aの成型本体28と同様の成型本体(図示せず)は、互いに関する部品の移動を低減するために提供される。導体254は、z軸方向中に延在する特徴部を有することなく、実質的に平坦である。使用において、導体は、プリント回路基板の表面に接近して配置され、従って、プリント回路基板の高さをさらに加えることを回避する。

10

【0060】

磁気コア256に関して1つの切欠部258を有する電流センサ250を示しているが、他の実施形態において、図1の切欠部18aと比較可能な別の電流センサは、切欠部(ノッチ)を1つだけ有し、同様の寸法のホール効果センサ(例えば、ホール効果センサ152)を受け入れるようになっている。

【0061】

図8と同じ部品には同じ参照符号を有する図8Aを参照すると、集積電流センサ300は、ここでは、ホール効果センサ252、電流搬送導体302、及び磁気コア256の形態の磁界変換器を含む。この実施形態において、電流搬送導体302は、センサ254及び/又はコア256の一部を受け入れるために図1の切欠部18a、18bに比較できる切欠部はない。むしろホール効果センサ252は、図示するように導体302の縁部に対して並置され、磁気コアは、コアの脚部の各々がホール効果センサの各表面の実質的な部分を覆うように、導体302の反対の縁部を跨ぐように配置される。導体302は、実質的に平坦である。

20

【0062】

図1Aの成型本体28と同様の成型本体(図示せず)は、互いに対して素子の動きを低減するために提供することができる。従って、この特定の実施形態は、この部品を実質的に固定された相対位置に保持するために成型本体に依存することができる。

【0063】

本発明の好ましい実施形態を説明したが、それらの概念を組み込んだ他の実施形態を使用することができることは当業者においては明らかになる。従って、これらの実施形態は開示された実施形態に制限されるべきではなく、特許請求の範囲の精神及び観点によってのみ制限されなければならない。ここの引用した文献は全体を参照することによってここに組み込まれている。

30

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】本発明による電流センサの等角分解図である。

【図1A】図1の組み立てられた電流センサの等角図である。

【図1B】図1Aのホール効果センサのセンサダイの平面図である。

【図2】本発明による他の電流センサの等角分解図である。

40

【図2A】図2の組み立てられた電流センサの等角図である。

【図3】ホール効果素子平面のx軸で測定された図1及び図2の電流センサ内に含まれるホール効果素子の磁界のグラフである。

【図3A】ホール効果素子平面のy軸で測定されたような図1及び図2の電流センサに含まれるホール効果素子の磁界のグラフである。

【図4】磁気コアを有するか、有しない図2のホール効果センサによって検出された磁界を示すグラフである。

【図5】図2の電流センサの精度を示すグラフである。

【図6】図1の電流センサのブロック図である。

【図7】コアと図1の導体を含むが、図面に示すような他のホール効果センサを含む図1

50

の電流センサと同じ形態に設けることができる1つの例示的なデジタルヒューズ回路のブロック図である。

【図8】本発明による電流センサの他の構成を示す平面図である。

【図8A】本発明による電流センサの他の変形例を示す平面図である。

【図1】

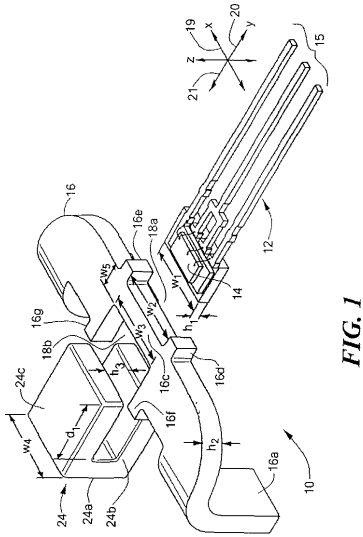


FIG. 1

【図1A】

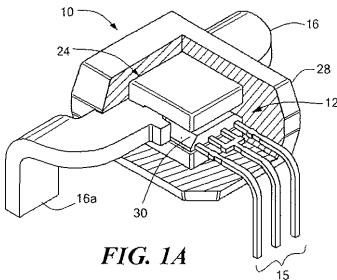


FIG. 1A

【図1B】

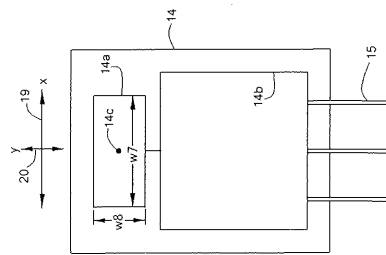


FIG. 1B

【図2】

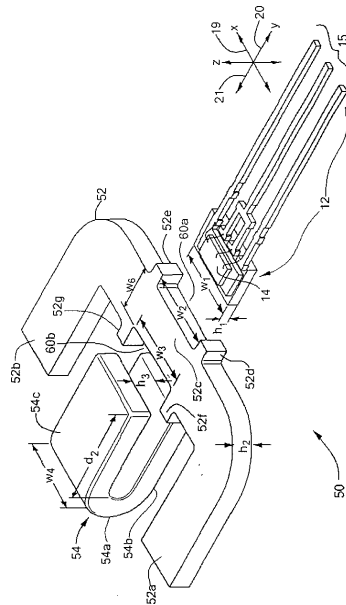


FIG. 2

【図2A】

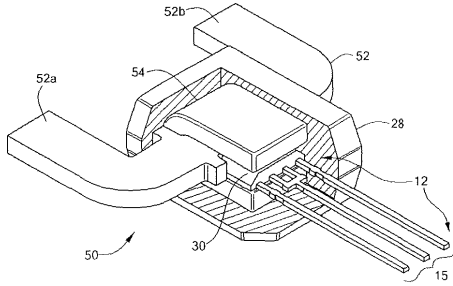


FIG. 2A

【図3】

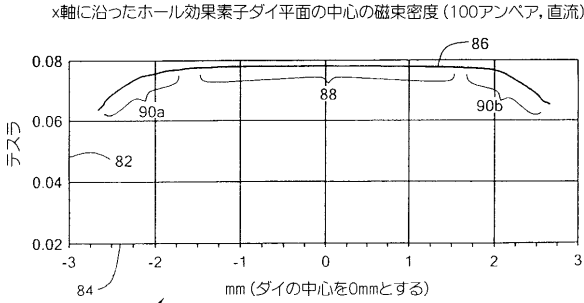


FIG. 3

【図3A】

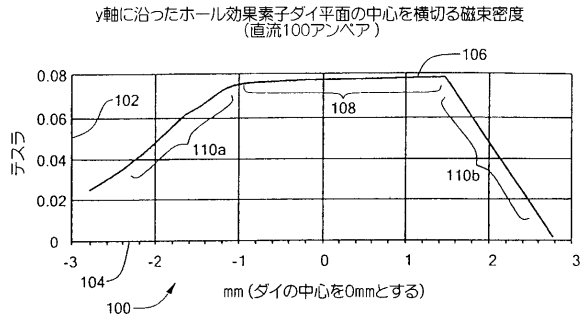


FIG. 3A

【図4】

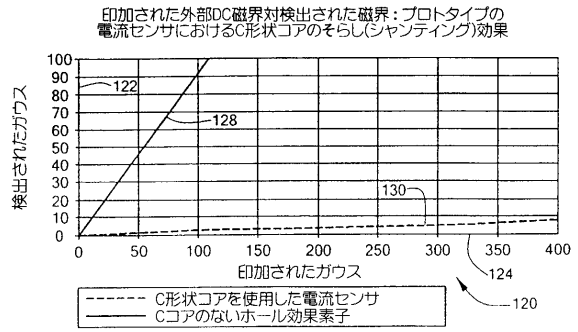


FIG. 4

【図5】

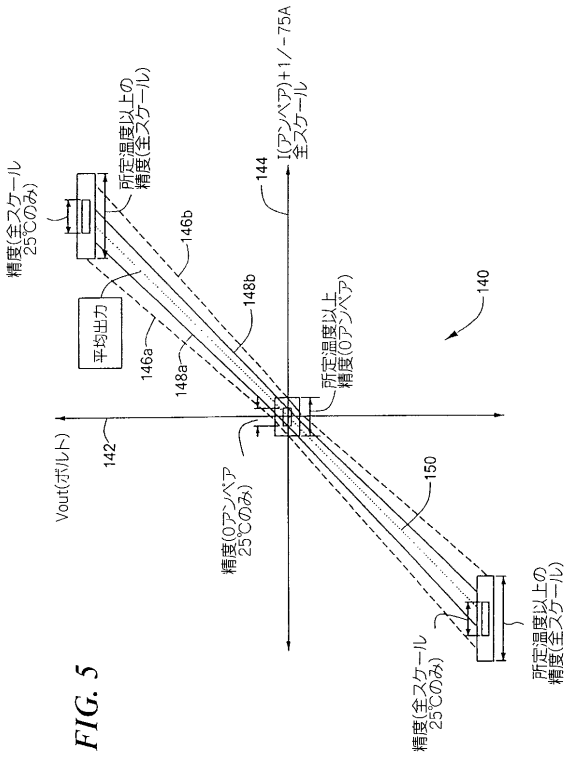


FIG. 5

【図6】

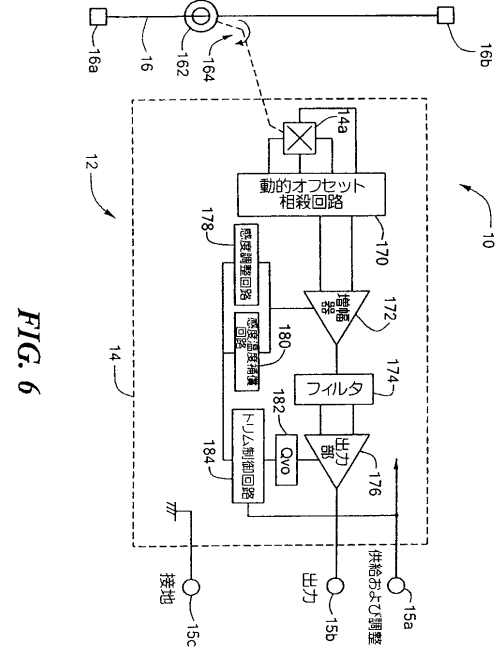


FIG. 6

フロントページの続き

- (74)代理人 100096013
弁理士 富田 博行
- (74)代理人 100101373
弁理士 竹内 茂雄
- (72)発明者 スタウス, ジェイソン
アメリカ合衆国ニューハンプシャー州03301, コンコード, エドワード・ストリート 21
- (72)発明者 ディッキンソン, リチャード
アメリカ合衆国ニューハンプシャー州03301, コンコード, モンロー・ストリート 9エイ
- (72)発明者 サウバー, ジョン
アメリカ合衆国マサチューセッツ州01527, ミルベリー, ウェスト・メイン・ストリート 235
- (72)発明者 エンゲル, レイ
アメリカ合衆国マサチューセッツ州01550, サウスブリッジ, レバノン・ヒル 782
- (72)発明者 パイネル, サンドラ
アメリカ合衆国ニューハンプシャー州03064, ナシュア, ボウビュー・アベニュー 39

審査官 堀 圭史

- (56)参考文献 特開平9 - 211034 (JP, A)
特開平6 - 130087 (JP, A)
特開平5 - 223849 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 15/20-26
G01R 19/00-32
G01R 21/00-14
H01F 40/00-14