

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7641796号
(P7641796)

(45)発行日 令和7年3月7日(2025.3.7)

(24)登録日 令和7年2月27日(2025.2.27)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 R 33/07 (2006.01)

G 0 1 R 33/07

G 0 1 R 31/28 (2006.01)

G 0 1 R 31/28

W

請求項の数 3 (全14頁)

(21)出願番号	特願2021-56349(P2021-56349)	(73)特許権者	715010864
(22)出願日	令和3年3月30日(2021.3.30)		エイブリック株式会社
(65)公開番号	特開2022-153693(P2022-153693 A)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1 0 6 番地 7 3
(43)公開日	令和4年10月13日(2022.10.13)	(72)発明者	挽地 友生
審査請求日	令和6年2月13日(2024.2.13)		東京都港区三田三丁目 9 番 6 号 エイブ リック株式会社内
		審査官	田口 孝明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 センサ装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

動作電流が供給される動作期間と、動作電流が遮断される休止期間との合計が一定値である駆動周期で動作するセンサ装置であって、

所定の物理量を電気信号に変換するセンサ素子と、

前記センサ素子に駆動信号を供給する駆動回路と、

前記センサ素子から出力される前記電気信号を 2 値化した 2 値結果信号を出力する処理回路と、

前記駆動周期ごとに、前記 2 値結果信号を複数回取り込み、前記 2 値結果信号を取り込んだ回数を最大回数として前記 2 値結果信号ごとに前記センサ素子による検出又は非検出を判定する個別判定を 1 回以上行い、前記 1 回以上の個別判定の結果に基づいて前記検出であるか前記非検出であるかを示す一個の判定結果を得る多数回判定処理を行う判定回路と、

前記判定回路による前記一個の判定結果を示す 2 値出力信号を取り込むとともに、論理値を持つ電圧を出力するラッチ回路と、

前記ラッチ回路から出力される前記電圧の論理値に応じて、前記駆動回路及び前記処理回路のうち少なくとも一方を、前記駆動周期で繰り返すよう間欠制御する制御信号を出力する制御回路と、を備え、

同一駆動周期における前記個別判定の結果に基づき、前記多数回判定処理の前記最大回数よりも少ない個別判定の回数で当該駆動周期における前記一個の判定結果が得られると、当該駆動周期における動作期間を中断し、前記動作期間に続く休止期間に遷移することを

特徴とするセンサ装置。

【請求項 2】

前記センサ素子は、磁気センサ素子であることを特徴とする請求項 1 に記載のセンサ装置。

【請求項 3】

前記磁気センサ素子は、ホール素子であることを特徴とする請求項 2 に記載のセンサ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、センサ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ホール素子は、磁気センサとして非接触での位置や角度の検出が可能であることから様々な用途に用いられている。ホール素子の用途の一例としては、磁気スイッチがある。磁気スイッチは、例えば、ホール素子と、増幅器や比較器を含む周辺回路とを有し、ホール素子及び周辺回路が半導体チップの上に集積化されて形成されている。磁気スイッチは、磁気検出方法に着目した分類として、S 極と N 極との両極の磁界を検出可能な両極磁界検出型や、時間経過と共に S 極と N 極とが交互に変わる交番磁界を検出可能な交番磁界検出型があることが知られている。

【0003】

一般にセンサ素子は熱雑音に代表される雑音を内在する。雑音に起因する動作点や復帰点（磁電変換スイッチング特性）の再現性が低く、揺らぎが大きい場合、機構の検出位置に代表される被検出量の揺らぎに繋がる。被検出量の揺らぎを低減させて、センサ素子の検出精度を高めるため、センサ出力を多数回読み込んで判定処理を行う技術が提案されている（例えば特許文献 1 参照）。

【0004】

また、一般にセンサ素子は、感度を高くして信号（S）レベルを上げるとともに上述の雑音（N）レベルを下げて良好な S/N 比（信号対雑音比）を得るためには、多くの駆動電流を必要とする。一方でセンサ装置がバッテリー駆動の携帯機器に搭載されるような場合、低消費電流であることが求められる。そこで、センサ装置全体としての平均消費電流を削減するために、検出動作を行う短い動作期間（アウェイク期間）と、計時動作のみを行う長い休止期間（スリープ期間）とを交互に反復する間欠駆動技術が広く用いられている（例えば、特許文献 2 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開平 3 2 5 2 5 2 6 号公報

【文献】特開 2 0 1 8 - 3 6 2 5 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献 1 に記載されるような多数回判定技術を、特許文献 2 に記載されるような間欠駆動技術と組み合わせた場合、（単位信号処理期間）×（判定回数）で規定されるより長い動作期間が必要となる。動作期間が長くなるほど、駆動周期全体に対する動作期間の割合、すなわちデューティ比を増大させ、平均消費電流削減の効果を弱めてしまう。

【0007】

本発明は、上述した事情に鑑み、スイッチング特性の再現性改善と間欠駆動による平均消費電流の削減とを両立可能なセンサ装置を提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係るセンサ装置は、動作電流が供給される動作期間と、動作電流が遮断される休止期間との合計が一定値である駆動周期で動作するセンサ装置であって、所定の物理量を電気信号に変換するセンサ素子と、前記センサ素子に駆動信号を供給する駆動回路と、前記センサ素子から出力される前記電気信号を2値化した2値結果信号を出力する処理回路と、前記駆動周期ごとに、前記2値結果信号を複数回取り込み、前記2値結果信号を取り込んだ回数を最大回数として前記2値結果信号ごとに前記センサ素子による検出又は非検出を判定する個別判定を1回以上行い、前記1回以上の個別判定の結果に基づいて前記検出であるか前記非検出であるかを示す一個の判定結果を得る多数回判定処理を行う判定回路と、前記判定回路による前記判定結果を示す2値出力信号を取り込むとともに、論理値を持つ電圧を出力するラッチ回路と、前記ラッチ回路から出力される前記電圧の論理値に応じて、前記駆動回路及び前記処理回路のうち少なくとも一方を、前記駆動周期で繰り返すよう間欠制御する制御信号を出力する制御回路と、を備え、同一駆動周期における前記個別判定の結果に基づき、前記多数回判定処理の前記最大回数よりも少ない個別判定の回数で当該駆動周期における前記一個の判定結果が得られると、当該駆動周期における動作期間を中断し、前記動作期間に続く休止期間に遷移することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、スイッチング特性の再現性改善と間欠駆動による平均消費電流の削減を両立することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施形態に係るセンサ装置のブロック図である。

【図2】(a)は本実施形態に係るセンサ装置の印加磁束密度に対する増幅信号及び比較基準電圧の関係を示す関係図、(b)及び(c)は、それぞれ、 $V_{OUT} = "H"$ 及び $V_{OUT} = "L"$ の場合における、本実施形態に係るセンサ装置の印加磁束密度に対する処理回路の出力電圧を示す関係図、(d)は本実施形態に係るセンサ装置の印加磁束密度に対するラッチ回路の出力電圧を示す関係図である。

【図3】本実施形態に係るセンサ装置の弱磁場 強磁場 弱磁場で遷移する場合のタイミング図である。

30

【図4】本実施形態に係るセンサ装置の弱磁場 動作点にほぼ等しい印加磁束密度が印加された場合のタイミング図である。

【図5】(a)乃至(c)は本発明の実施形態に係るセンサ装置における印加磁束密度対平均消費電流の関係を示す関係図、(d)は従来技術のセンサ装置における印加磁束密度対平均消費電流の関係を示す関係図である。

【図6】(a)は本実施形態に係るセンサ装置における一致判定回数に対する動作点及び復帰点の再現性の関係を示す関係図、(b)は本実施形態に係るセンサ装置における一致判定回数に対する平均消費電流の関係を示す関係図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0011】

以下、本発明の実施形態に係るセンサ装置を、図面を参照して説明する。実施形態に係るセンサ装置は、半導体基板に設けられた磁気スイッチを備えている。なお、説明に際し、半導体基板に作用する磁束密度からアナログ信号への変換特性を「磁電変換特性」と呼称し、当該磁束密度から論理信号への変換特性を「磁電変換スイッチング特性」と呼称する。また、乗算記号として「 $*$ 」を用いて表記する。例えば、後述する「 $A * V_{SIG}$ 」は、 A と V_{SIG} との積を意味している。

【0012】

図1は、本発明の実施形態に係るセンサ装置1の構成例を示す概略図である。

センサ装置1は、半導体基板2に設けられている。センサ装置1は、ホール素子10、

50

駆動回路 20、処理回路 30、制御回路 50、判定回路 60、ラッチ回路 70、出力端子 80を備えている。

【0013】

ホール素子 10は、ホール素子駆動電流 I_{DRV} と、半導体基板 2 に対して垂直方向に印加される磁束密度（以下、「印加磁束密度」とする） B とに比例するホール素子出力信号 V_{SIG} を出力する磁気検出可能なセンサ素子、すなわち磁気センサ素子である。

【0014】

駆動回路 20は、センサ素子としてのホール素子 10に、駆動信号としてのホール素子駆動電流 I_{DRV} を供給する回路である。駆動回路 20は、入力された駆動制御信号 51の論理値に応じてホール素子 10を駆動するホール素子駆動電流 I_{DRV} をオン/オフ制御するように構成される。ここで、ホール素子駆動電流 I_{DRV} を供給する、すなわちオンした状態を「駆動回路 20の動作状態」と呼称し、ホール素子駆動電流 I_{DRV} を供給しない、すなわちオフした状態を「駆動回路 20の休止状態」と呼称する。

10

【0015】

処理回路 30は、入力された駆動制御信号 51の論理値に応じて、動作状態/休止状態が切り換えられるように構成される。処理回路 30は、例えば、入力される電気信号としてのホール素子出力信号 V_{SIG} を増幅する増幅器と、増幅されたホール素子出力信号 V_{SIG} と基準電圧との大小関係に応じた 2 値結果信号 31を出力する比較器と、を有して構成されている。

【0016】

20

処理回路 30は、動作状態においては、入力されるホール素子出力信号 V_{SIG} を増幅率 A ($A > 0$) 倍に増幅して所定の基準電圧と比較することによって、印加磁束密度 B の大きさを判定し、判定結果を示す 2 値結果信号 31を出力するように構成される。所定の基準電圧は、出力論理信号 71に応じて、互いに異なる 2 個の基準電圧の何れか一方、すなわち第 1 の基準電圧又は第 2 の基準電圧（第 1 の基準電圧）に切り換えられ、いわゆるヒステリシス特性を備えるように構成される。また、処理回路 30は、休止状態においては、その増幅及び比較動作に必要な動作電流を遮断して消費電流を削減するとともに、印加磁束密度 B の大小に関わらず、2 値結果信号 31はローレベル（ $\underline{V_{CMP}} = "L"$ ）を出力するように構成される。

【0017】

30

制御回路 50は、ラッチ回路 70から出力される出力論理信号 71の論理値に応じて、制御信号としての駆動制御信号 51を出力し、駆動回路 20及び処理回路 30を、動作状態又は休止状態に切り換えるとともに、判定回路 60が動作期間中に 2 値結果信号 31を複数回取り込むためのレジスタクロック信号 52及び動作期間から休止期間への遷移時にラッチ回路 70が多数回判定の結果を示す判定結果信号 61を取り込むためのラッチクロック信号 53を出力するように構成される。

【0018】

判定回路 60は、レジスタクロック信号 52に同期して 2 値結果信号 31をシリアルデータとして取り込み、所定の多数回判定処理を行い、多数回判定処理の結果を示す 2 値出力信号としての判定結果信号 61を出力するように構成される。本実施形態において、所定の多数回判定処理は、全回一致判定処理を用いている。後述する全回一致判定処理は、2 値結果信号 31を 4 回以上取り込み、4 回連続で判定結果が一致した場合に検出状態と解除状態とを遷移させる例である。

40

【0019】

ラッチ回路 70は、ラッチクロック信号 53に同期して判定結果信号 61をラッチし、出力論理信号 71である電圧 V_{OUT} を出力するように構成される。電圧 V_{OUT} は、出力端子 80へ供給されるとともに、処理回路 30及び制御回路 50へそれぞれ供給（フィードバック）される。

【0020】

続いて、本発明の実施形態に係るセンサ装置 1 の磁電変換特性について、図を用いて説

50

明する。

【 0 0 2 1 】

図 2 (a) ~ 図 2 (d) は、センサ装置 1 の磁電変換特性を示す磁電変換特性図である。詳細に説明すれば、図 2 (a) は印加磁束密度 B に対する、処理回路 3 0 内部の増幅信号 ($A * V_{SIG}$)、比較基準電圧 V_{BOP} 及び比較基準電圧 V_{BRP} の関係を示す関係図である。

【 0 0 2 2 】

増幅信号 ($A * V_{SIG}$) は、印加磁束密度 B に対して比例関係を有している。ここで、磁電変換特性における動作点となる印加磁束密度 B を動作点 B_{OP} 、磁電変換特性における復帰点となる印加磁束密度 B を復帰点 B_{RP} と定義する。この場合、動作点 B_{OP} 、復帰点 B_{RP} における増幅信号 ($A * V_{SIG}$) は、それぞれ、比較基準電圧 V_{BOP} 、 V_{BRP} である。動作点 B_{OP} と復帰点 B_{RP} との差はヒステリシス幅 B_{HYS} 、比較基準電圧 V_{BOP} と比較基準電圧 V_{BRP} との差は、比較基準ヒステリシス電圧 V_{BHYS} である。

10

【 0 0 2 3 】

図 2 (b) は、電圧 V_{OUT} がハイレベル ($V_{OUT} = "H"$) の場合の印加磁束密度 B に対する 2 値結果信号 3 1 である電圧 V_{CMP} を示している。 $B < B_{OP}$ のとき、電圧 V_{CMP} はローレベル ($V_{CMP} = "L"$)、 $B > B_{OP}$ のとき、電圧 V_{CMP} はハイレベル ($V_{CMP} = "H"$) となる。この磁電変換特性自体は動作点 B_{OP} 一点のみを閾値としており、ヒステリシス特性を有しない。

【 0 0 2 4 】

20

図 2 (c) は、電圧 V_{OUT} がローレベル ($V_{OUT} = "L"$) の場合の印加磁束密度 B に対する 2 値結果信号 3 1 である電圧 V_{CMP} を示している。 $B < B_{RP}$ のとき、電圧 V_{CMP} はハイレベル ($V_{CMP} = "H"$) となり、 $B > B_{RP}$ のとき、電圧 V_{CMP} はローレベル ($V_{CMP} = "L"$) となる。図 2 (c) の図 2 (b) との違いは、閾値が動作点 B_{OP} ではなく復帰点 B_{RP} である点と、閾値との大小関係と対応する電圧 V_{CMP} の論理が逆である点である。図 2 (b) 同様、この磁電変換特性自体は、復帰点 B_{RP} 一点のみを閾値としており、ヒステリシス特性を有しない。

【 0 0 2 5 】

図 2 (d) は印加磁束密度 B に対する電圧 V_{OUT} の関係を示す関係図である。この磁電変換特性は、“ H ” “ L ” 遷移は動作点 B_{OP} を閾値とし、“ L ” “ H ” 遷移は復帰点 B_{RP} を閾値とし、2 点の閾値を有するヒステリシス特性を有する。

【 0 0 2 6 】

このように、以降の説明に先立って、印加磁束密度 B に対し、各部の信号電圧を規定する。次に図を用いて、センサ装置 1 の動作について説明する。

【 0 0 2 7 】

続いて、センサ装置 1 における弱磁場 強磁場 弱磁場遷移時の動作について説明する。

図 3 は、センサ装置 1 における弱磁場 強磁場 弱磁場で遷移する場合の動作タイミングを示すタイミング図である。

【 0 0 2 8 】

瞬時消費電流 I_{DD} は、動作期間中に所定の動作電流 I_{DDA} となり、休止期間中に所定の休止電流 I_{DD0} となる。休止期間には制御回路 5 0 内部の基準クロック回路 (図示せず) など、最低限の機能のみが動作しており、休止電流は低く抑えられている。動作期間 T_{AW} 、休止期間 T_{SL} が規定され、動作期間と休止期間の合計である駆動周期 T_{CYC} が規定されている。駆動周期 T_{CYC} は一定値に固定されており、動作期間 T_{AW} 、休止期間 T_{SL} の和が駆動周期 T_{CYC} となる。

40

【 0 0 2 9 】

動作期間 T_{AW} は所定の処理期間 T_{SP} の自然数倍で規定される。本実施形態では、動作期間 T_{AWn} は T_{SP} から $4 * T_{SP}$ の間の期間をとり得る。すなわち、次式 (1) で表される。

$$T_{AWn} = n * T_{SP} \quad (n = 1, 2, 3, 4)$$

(1)

50

【 0 0 3 0 】

動作期間 T_{AWn} が各期間で表されるときの 1 周期分の平均消費電流は、次式 (2) で表される。

$$I_{DDn} = I_{DD0} + I_{DDA} * n * T_{SP} / T_{CYC} \quad (n = 1, 2, 3, 4) \quad (2)$$

【 0 0 3 1 】

このとき、休止期間 T_{SLn} はそれぞれ、次式 (3) で表される。

$$T_{SLn} = T_{CYC} - T_{AWn} = T_{CYC} - n * T_{SP} \quad (n = 1, 2, 3, 4) \quad (3)$$

【 0 0 3 2 】

時刻 $t = 0$ において、駆動制御信号 5 1 は “ L ” であり、センサ装置 1 は休止状態である。また、印加磁束密度 B は、 $B = B_w < B_{RP}$ を満たす領域にあり、 $V_{OUT} = “ H ”$ 、すなわち弱磁場 B_w となっている。2 値結果信号 3 1 は、センサ装置 1 が休止状態のため強制的に “ L ” に固定されている。 10

【 0 0 3 3 】

時刻 $t = t_{31}$ で、駆動制御信号 5 1 は “ L ” から “ H ” に遷移し、センサ装置 1 は休止状態から動作状態に遷移する。印加磁束密度 B は、動作点 B_{OP} を超えて、 $B > B_{OP}$ に増加しており、時刻 $t = t_{32}$ で 2 値結果信号 3 1 が 1 回目の “ H ” となり、時刻 $t = t_{33}$ の時点で 2 値結果信号 3 1 が 2 回目の “ H ” となり、時刻 $t = t_{34}$ の時点で 2 値結果信号 3 1 が 3 回目の “ H ” となり、時刻 $t = t_{35}$ の時点で 4 回目の 2 値結果信号 3 1 が “ H ” となる。このように 2 値結果信号 3 1 が “ H ” であり続ける限りは、所定の上限回数まで動作状態が継続される。この所定の上限回数は、全回一致判定処理との関係でいえば、一致が要求される回数以上に設定される。 20

【 0 0 3 4 】

1 回目から 4 回目の 2 値結果信号 3 1 が “ H ” であったため、判定結果信号 6 1 は “ H ” となり、 $t = t_{35}$ におけるラッチクロック信号 5 3 の立上りエッジによってラッチ回路 7 0 にラッチされ、 $V_{OUT} = “ L ”$ 、すなわちセンサ装置 1 は、強磁場 $B_s (> B_{OP})$ を検出していることを示す検出状態に遷移するとともに、駆動制御信号 5 1 が “ L ” に遷移し、センサ装置 1 は動作状態から休止状態へと遷移する。

【 0 0 3 5 】

続いて、時刻 $t = t_{36}$ 直前まで休止状態が継続されており、印加磁束密度 B は $B > B_{OP}$ を保っている。 $t = t_{36}$ の時点で、再び駆動制御信号 5 1 は “ H ” に遷移し、センサ装置 1 は動作状態となる。ここで 1 回目の 2 値結果信号 3 1 は “ L ” であるので、 $t = t_{37}$ において、駆動制御信号 5 1 は “ L ” に遷移し、センサ装置 1 は即座に休止状態へと遷移する。 $t = t_{37} \sim t_{310}$ の期間は、動作状態が打ち切られた休止状態としてセンサ装置 1 が動作する。 30

【 0 0 3 6 】

続いて、時刻 $t = t_{311}$ 直前まで休止状態が継続されており、 $t_{310} \sim t_{311}$ の期間において、印加磁束密度 B は、強磁場 B_s から減少し、弱磁場 $B_w (< B_{RP})$ となっている。時刻 $t = t_{311}$ の時点で、再び駆動制御信号 5 1 は “ H ” に遷移し、センサ装置 1 は休止状態から動作状態へ遷移する。時刻 $t = t_{312}$ の時点で 1 回目の 2 値結果信号 3 1 が “ H ” となり、時刻 $t = t_{313}$ の時点で 2 回目の 2 値結果信号 3 1 が “ H ” となり、時刻 $t = t_{314}$ の時点で 3 回目の 2 値結果信号 3 1 が “ H ” となり、時刻 $t = t_{315}$ の時点で 4 回目の 2 値結果信号 3 1 が “ H ” となる。このように 2 値結果信号 3 1 が “ H ” であり続ける限り、センサ装置 1 は、所定の上限回数まで動作状態が継続される。 40

【 0 0 3 7 】

1 回目から 4 回目の 2 値結果信号 3 1 が “ H ” であったため、判定結果信号 6 1 は “ H ” となり、 $t = t_{315}$ におけるラッチクロック信号 5 3 の立上りエッジによってラッチ回路 7 0 にラッチされ、 $V_{OUT} = “ H ”$ すなわちセンサ装置 1 は、弱磁場 B_w を検出していることを示す解除状態に遷移するとともに、駆動制御信号 5 1 が “ L ” に遷移し、センサ装置 1 は動作状態から休止状態へと遷移する。

【 0 0 3 8 】

次に、印加磁束密度 B が閾値、すなわち動作点 B_{OP} 及び復帰点 B_{RP} にほぼ等しい場合の動作について説明する。本実施形態では、増幅信号 ($A * V_{SIG}$) と比較基準電圧 V_{BOP} との差分が雑音レベル以下である印加磁束密度 B を、「動作点 B_{OP} にほぼ等しい」印加磁束密度 B と呼称する。また、増幅信号 ($A * V_{SIG}$) と比較基準電圧 V_{BRP} との差分が雑音レベル以下である印加磁束密度 B を、「復帰点 B_{RP} にほぼ等しい」印加磁束密度 B と呼称する。

【0039】

図4は、センサ装置1における弱磁場 動作点にほぼ等しい印加磁束密度が印加される際の動作タイミング図である。

【0040】

図4の図3との違いは主に印加磁束密度 B が閾値である動作点 B_{OP} に対して十分大きい（強磁場）または閾値である復帰点 B_{RP} に対して十分小さい（弱磁場）状態になく、雑音による影響を受けやすい点である。本発明の実施形態において、弱磁場 ($B = B_w$) 動作点 B_{OP} にほぼ等しい印加磁束密度 B ($B = B_{OP}$) が印加される際の動作について、図を用いて説明する。

【0041】

時刻 $t = 0$ において、駆動制御信号 51 は“L”であり、センサ装置1は休止状態である。印加磁束密度 B は、復帰点 B_{RP} を下回った状態 ($B < B_{RP}$) であり、 $V_{OUT} = “H”$ すなわち弱磁場状態となっている。2値結果信号 31 は、センサ装置1が休止期間のため強制的にローレベル、すなわち電圧 $V_{CMP} = “L”$ に固定されている。

【0042】

時刻 $t = t_{41}$ の時点で、駆動制御信号 51 は“H”に遷移し、センサ装置1は動作状態となる。印加磁束密度 B は $B = B_{OP}$ となっており、雑音の影響により2値結果信号 31 はランダムに閾値電圧 V_{TH} を超過する／しない状態となり、“H”または“L”を取り得る。時刻 $t = t_{42}$ の時点で1回目の2値結果信号 31 が“H”となり、時刻 $t = t_{43}$ の時点で2回目の2値結果信号 31 が“H”となり、時刻 $t = t_{44}$ の時点で3回目の2値結果信号 31 が“L”となり、2値結果信号 31 が“L”を出力したため、動作状態は規定回数上限値まで継続されず、駆動制御信号 51 が“L”に遷移し、センサ装置1は動作状態を中断し、休止状態へと遷移する。 $t = t_{45}$ においてラッチクロック信号 53 は出力されず、ラッチ回路 70 は現論理を保持し、 $V_{OUT} = “H”$ すなわち解除状態を保持する。

【0043】

続いて、時刻 $t = t_{46}$ 直前まで休止状態が継続されており、印加磁束密度 B は $B = B_{OP}$ を保っている。 $t = t_{46}$ の時点で、再び駆動制御信号 51 は“H”に遷移し、センサ装置1は動作状態となる。ここでは1回目の2値結果信号 31 が“L”であり、 $t = t_{47}$ において、駆動制御信号 51 は“L”に遷移し、センサ装置1は即座に休止状態へと遷移する。 $t = t_{47} \sim t_{410}$ の期間は、動作状態が打ち切られた休止状態としてセンサ装置1が動作する。 $t = t_{410}$ においてラッチクロック信号 53 は出力されず、ラッチ回路 70 は現論理を保持し、 $V_{OUT} = “H”$ すなわち解除状態を保持する。

【0044】

続いて、時刻 $t = t_{411}$ 直前まで休止状態が継続されており、 $t_{410} \sim t_{411}$ の期間においても印加磁束密度 B は $B = B_{OP}$ を保っている。時刻 $t = t_{411}$ の時点で、再び駆動制御信号 51 は“H”に遷移し、センサ装置1は動作状態となる。時刻 $t = t_{412}$ の時点で1回目の2値結果信号 31 が“H”となり、時刻 $t = t_{413}$ の時点で2回目の2値結果信号 31 が“H”となり、時刻 $t = t_{414}$ の時点で3回目の2値結果信号 31 が“H”となり、時刻 $t = t_{415}$ の時点で4回目の2値結果信号 31 が“H”となる。このように2値結果信号 31 が“H”であり続ける限りは、所定の上限回数まで動作状態が継続される。

【0045】

1回目から4回目の2値結果信号 31 が“H”であったため、判定結果信号 61 は“H”となり、 $t = t_{415}$ におけるラッチクロック信号 53 の立上りエッジによってラッチ回路 70 にラッチされ、 $V_{OUT} = “L”$ すなわち検出状態に遷移するとともに、駆動制御信号 5

10

20

30

40

50

1 が “ L ” に遷移し、センサ装置 1 は休止状態へと遷移する。

【 0 0 4 6 】

このように、図 4 では、印加磁束密度 B が動作点 BOP にほぼ等しくなり、雑音の影響によって複数の動作期間を経てセンサ装置 1 が検出状態となる動作について示した。この例は、1 回目の動作期間で 2 回一致、2 回目の動作期間で 2 回一致、3 回目の動作期間で 4 回一致となって検出状態に遷移する例である。雑音はランダムに生起されるため、 m 回目の動作期間で n 回一致する確率は確率論的に決まる。従って、4 回一致を経て検出状態へと遷移するまでの間は、2 回一致（非検出）、1 回一致、2 回一致、3 回一致の各状態が、動作期間ごとに一定の重みをもって生じることとなる。

【 0 0 4 7 】

各状態が生じた際の平均消費電流は、2 回一致時に $IDD1$ 、1 回一致時に $IDD2$ 、2 回一致時に $IDD3$ 、3 回一致時に $IDD4$ となる。次に、磁気センサ装置 1 における印加磁束密度 B と消費電流 IDD との関係について説明する。

【 0 0 4 8 】

本発明の実施形態及び従来技術における印加磁束密度 B に対する平均消費電流 IDD の違いについて説明する。図 5 (a) 乃至 (c) は、センサ装置 1 における印加磁束密度 B に対する平均消費電流 IDD 、図 5 (d) は従来技術のセンサ装置 200 における印加磁束密度 B に対する平均消費電流 IDD における説明図である。

【 0 0 4 9 】

図 5 (a) において、印加磁束密度 B が復帰点 BRP よりも弱い ($B < BRP$) 領域は、例えば図中の磁性物品 100 が取り付けられる機器カバー 103 と、センサ装置 1 が内蔵される機器筐体 102 とを、ヒンジ 101 で接続して開閉可能に構成された開閉検出機構 104 においては、十分な「開」位置に対応し、印加磁束密度 B が動作点 BOP よりも強い ($B > BOP$) 領域は、十分な「閉」位置に対応する。十分な「開」位置と十分な「閉」位置の中間が $BRP < B < BOP$ の領域に相当する。

【 0 0 5 0 】

図 5 (a) に示すように、開閉検出機構 104 が十分な「開」位置や十分な「閉」位置に置かれた状況下では、2 値結果信号 31 は常に “ L ” であり、センサ装置 1 の出力論理信号 71 は変化しない。また、開閉検出機構 104 はその動作中の大半の期間は、上述のような「開」位置や「閉」位置となっていることが多い。「開」位置や「閉」位置では、1 回目の判定処理で閾値を超過せずに動作期間は打ち切れ、動作期間中に複数回の判定処理が実行されることはなく、動作期間 $TAW = TSP$ となるので、平均消費電流は $IDD1$ となる。動作点 BOP や復帰点 BRP はセンサ装置 1 に内在する雑音の影響によって、その閾値には例えば標準偏差 B で表されるような揺らぎが存在する。よって動作点 BOP 及び復帰点 BRP は、有限の繰り返し再現性 B を有し、発生頻度のヒストグラムとして表現可能である。

【 0 0 5 1 】

図 5 (b) において、本発明における「開」「閉」状態遷移時の平均消費電流について説明する。縦軸はセンサ装置 1 の平均消費電流を表している。 $IDD1$ 乃至 $IDD4$ は図 3 及び図 4 中の電流値と対応している。

【 0 0 5 2 】

機器カバー 103 が十分開いている「開」状態では、印加磁束密度 B が十分小さく、 $B = Bw < BOP$ であり、センサ装置 1 は解除状態すなわち $VOUT = "H"$ である。このとき、処理回路 30 は図 2 (c) の磁電変換特性で動作している。

【 0 0 5 3 】

機器カバー 103 が徐々に閉じると、印加磁束密度 B が増加し、やがて $B = BRP$ となる。この段階では判定回路 60 では 1 回検出されることもなく、平均消費電流は $IDD1$ である。

【 0 0 5 4 】

機器カバー 103 がさらに閉じると、図 5 (a) に示される動作点 BOP の繰り返し再現

10

20

30

40

50

性のヒストグラムの左側の裾野に到達することとなる。機器カバー 103 がさらに閉じて $B = BOP$ に近づくにつれて判定回路 60 での多数回判定処理において、1 回検出、2 回一致、3 回一致、のように連続で検出判定される確率が高くなり、平均消費電流は $IDD1$ から増加し、徐々に $IDD4$ に近づく。

【0055】

機器カバー 103 がさらに閉じて $B = BOP$ に到達すると、判定回路 60 では 4 回一致判定がなされ、センサ装置 1 が検出状態すなわち $VOUT = "L"$ となり、処理回路 30 は図 2 (b) の磁電変換特性での動作に切り替わり、平均消費電流は $IDD1$ まで低下することとなる。

【0056】

その後、機器カバー 103 がさらに閉じて完全に「閉」状態、印加磁束密度 B は十分大きく $B = Bs >> BOP$ となる。この状態では、依然として処理回路 30 は図 2 (b) の磁電変換特性で動作しているため、平均消費電流は $IDD1$ を維持する。

【0057】

図 5 (c) において、本発明における「閉」「開」状態遷移時の平均消費電流について説明する。縦軸はセンサ装置 1 の平均消費電流を表している。図 5 (b) 同様に $IDD1$ 乃至 $IDD4$ は図 3 及び図 4 中の電流値と対応している。

【0058】

機器カバー 103 が十分閉じている「閉」状態では、印加磁束密度 B が十分大きく、 $B = Bs >> BOP$ であり、センサ装置 1 は検出状態、すなわち $VOUT = "L"$ である。このとき、処理回路 30 は図 2 (b) の磁電変換特性で動作している。

【0059】

機器カバー 103 が徐々に開くと、印加磁束密度 B が減少し、やがて $B = BOP$ となる。この段階では判定回路 60 では 1 回検出されることもなく、平均消費電流は $IDD1$ である。

【0060】

機器カバー 103 がさらに開くと、図 5 (a) で示した BRP の繰返し再現性のヒストグラムの右側の裾野に到達することとなる。機器カバー 103 がさらに開いて $B = BRP$ に近づくにつれて判定回路 60 での多数回判定処理において、1 回解除、2 回一致、3 回一致、のように連続で解除判定される確率が高くなり、平均消費電流は $IDD1$ から増加し、徐々に $IDD4$ に近づく。

【0061】

機器カバー 103 がさらに開いて、印加磁束密度 B が $B = BRP$ に到達すると、判定回路 60 では 4 回一致解除判定がなされ、センサ装置 1 が解除状態すなわち $VOUT = "H"$ となり、処理回路 30 は図 2 (c) の磁電変換特性での動作に切り替わり、平均消費電流は $IDD1$ まで低下することとなる。

【0062】

その後、機器カバー 103 がさらに開いて完全に「開」状態、印加磁束密度 B は十分小さく $B = Bw << BRP$ となる。この状態では、依然として処理回路 30 は図 2 (c) の磁電変換特性で動作しているため、平均消費電流は $IDD1$ を維持する。

【0063】

図 5 (d) において、開閉検出機構 204 は、開閉検出機構 104 (図 5 (a) 参照) に対して、センサ装置 1 (図 5 (a) 参照) の代わりにセンサ装置 200 を有する点で異なるが、その他の点は開閉検出機構 104 と実質的に同じ構成である。センサ装置 200 は、機器カバーの開閉状態、すなわち印加磁束密度 B によらず、動作期間中には多数回判定処理が 4 回実行されるため、動作期間は $TAW4 = 4 TSP$ であり、平均消費電流は一定値 $IDD4$ である。これは、動作中の大半の期間を占める「開」位置や「閉」位置でも同様であることを意味し、完全な「開」位置や「閉」位置では平均消費電流を $IDD1$ まで削減可能な、センサ装置 1 の平均消費電流に対して、センサ装置 200 の平均消費電流は大きい。

【0064】

10

20

30

40

50

次に、本実施形態に係る発明の効果、すなわちセンサ装置 1 におけるスイッチング点の再現性改善及び実効的な平均消費電流の削減について説明する。

【 0 0 6 5 】

図 6 (a) は、センサ装置 1 における一致判定回数 N_j に対する動作点 BOP の再現性 B の関係を示す関係図であり、図 6 (b) は、センサ装置 1 における一致判定回数 N_j に対する平均消費電流の関係を示す関係図である。ここで、図 6 (a) 及び図 6 (b) 中の一致判定回数 N_j は任意の自然数である。

【 0 0 6 6 】

図 6 (a) では、 $N_j = 1$ 、すなわち、1 回判定に基づく動作点 BOP 及び復帰点 BRP の再現性 B を B_0 と規定する。任意の一致判定回数 N_j に対する再現性 B は、一致判定回数 N_j と 1 回判定に基づく動作点 BOP 及び復帰点 BRP の再現性 B_0 とを用いて、次式 (4) で表すことができる。

$$B = B_0 / N_j \quad (4)$$

【 0 0 6 7 】

ここで、再現性 B は、理想的には零である望小特性である。上記式 (4) より、一致判定回数 N_j を大きくとるほど再現性 B は小さく改善されることがわかる。また、 B_0 が零ならば B は必ず零となり、動作点 BOP 及び復帰点 BRP が揺らぎを持たず、検出 / 解除動作の繰り返し再現性は完全となる。例えば、 $N_j = 4$ では $B = 0.25 * B_0$ 、 $N_j = 16$ では $B = 0.0625 * B_0$ 、 $N_j = 64$ では $B = 0.015625 * B_0$ のように抑圧される。一方で、一致判定回数 N_j を大きくとるほど判定回路 60 の回路規模が増大する。このため、一致判定回数 N_j を設定する際には、検出 / 解除動作の繰り返し再現性の要求仕様及び許容できる判定回路 60 の回路規模の少なくとも一方を適切に考慮することが好ましい。

【 0 0 6 8 】

続いて、図 6 (b) を参照して、平均消費電流について説明する。

図 6 (b) に示されている実線 L 1 は、センサ装置 1 において、印加磁束密度 B がスイッチング点となる動作点 BOP 及び復帰点 BRP に対し、十分に弱い ($B < B_{RP}$) 又は十分に強い ($B > B_{OP}$) 範囲にある場合の一致判定回数に対する平均消費電流の関係を示しており、破線 L 2 は、従来のセンサ装置 200 (図 5 (d) 参照) における一致判定回数 N_j に対する平均消費電流の関係 (比較例) を示している。

【 0 0 6 9 】

従来のセンサ装置 200 においては、印加磁束密度 B によらず一致判定回数 N_j に比例して平均消費電流 I_{DD} が増加するため、平均消費電流は $I_{DD} N_j$ となる。すなわち、従来のセンサ装置 200 の平均消費電流は、図 6 (b) において、破線 L 2 で示されている。

【 0 0 7 0 】

一方で、センサ装置 1 では、印加磁束密度 B によって平均消費電流が変化する。より具体的には、動作点 BOP 及び復帰点 BRP の少なくとも一方にほぼ等しいことを満たすスイッチング点 (BOP, BRP) に近い印加磁束密度 B (図 4 参照) においては、 I_{DD1} 以上 $I_{DD} N_j$ 未満の平均消費電流となり、スイッチング点に対し、十分に弱い ($B < B_{RP}$)、もしくは十分に強い ($B > B_{OP}$) 印加磁束密度 B (図 3 参照) においては、平均消費電流は I_{DD1} となる。従って、センサ装置 1 では、印加磁束密度 B の全範囲にわたって従来のセンサ装置 200 における平均消費電流 ($= I_{DD} N_j$) 以下に低減することができる。

【 0 0 7 1 】

以上、本発明においては、検出 / 解除動作の繰り返し再現性の要求仕様に応じて、一致判定回数 N_j を大きく設定したとしても、スイッチング点に対し、十分弱い / 強い印加磁束密度 B が与えられている条件下においては、平均消費電流 I_{DD} を十分小さく抑制できることを示した。

【 0 0 7 2 】

本発明によれば、多数回比較判定を用いてスイッチング点 (動作点及び復帰点) の再現性を改善するとともに、間欠駆動における動作期間を物理量検出結果に基づいて適切に中

10

20

30

40

50

断する、すなわち休止状態に遷移することによって、センサ装置への通電期間のうち大部分を占める、物理量検出結果に変化のない期間における平均消費電流を削減できる。本発明を適用することによって、バッテリー駆動機器の電池長寿命化、ひいては持続可能な社会の実現へ向けてエネルギー効率の改善を推進可能なセンサ装置を提供できる。

【0073】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、上述した実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階では、上述した例以外にも様々な形態で実施することが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更をすることができる。

【0074】

例えば、上述したセンサ装置1では、判定回路60における所定の多数回判定処理に全回一致判定処理を用いた例を示しているが、所定の多数回判定処理は全回一致判定処理に限定されない。所定の多数回判定処理は、1回のみの判定結果では揺らぎが大きい動作点の再現性を改善するための判定処理の一例である。すなわち、所定の多数回判定処理は、1回のみの判定結果では揺らぎが大きい動作点の再現性を改善できる判定処理であれば任意であって、例えば、多数決判定等の他の多数回判定処理を用いてもよい。

【0075】

上述したセンサ装置1は、いわゆる片極検出型の磁気スイッチ装置であるが、両極検出型や交番検出型の磁気スイッチ装置として構成されてもよい。センサ装置1が他の検出方式の磁気スイッチ装置として構成される場合、処理回路30の後段に適切な論理回路を追加して、状態遷移が適切に制御されるように構成すればよい。

【0076】

上述した実施形態において、駆動回路20及び処理回路30の両方を、動作状態と休止状態とを切り換え可能に構成された制御回路50を説明したが、これに限定されない。制御回路50は、駆動回路20を動作状態又は休止状態に切り換え可能に構成されていてもよいし、処理回路30を動作状態又は休止状態に切り換え可能に構成されていてもよい。

【0077】

上述した実施形態において、センサ装置1は、ホール素子10をセンサ素子とする磁気スイッチとして構成される例を説明しているが、センサ素子はホール素子に限定されない。センサ素子は、例えば、磁気抵抗(MR)素子、磁気インピーダンス(MI)素子、フラックスゲート型センサ等のホール素子以外の磁気センサ素子を含んで構成されていてもよい。また、センサ素子は、磁気に限らず、例えば、温度、湿度、圧力、赤外線強度、紫外線強度、可視光強度等の各種物理量のうち、少なくとも1つの物理量を検出するセンサ素子を適用してもよい。

【0078】

これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0079】

1：センサ装置

10：ホール素子（磁気センサ素子、センサ素子）

V SIG：ホール素子出力信号（電気信号）

20：駆動回路

30：処理回路

31：2値結果信号

50：制御回路

51：駆動制御信号

60：判定回路

70：ラッチ回路

71：出力論理信号

10

20

30

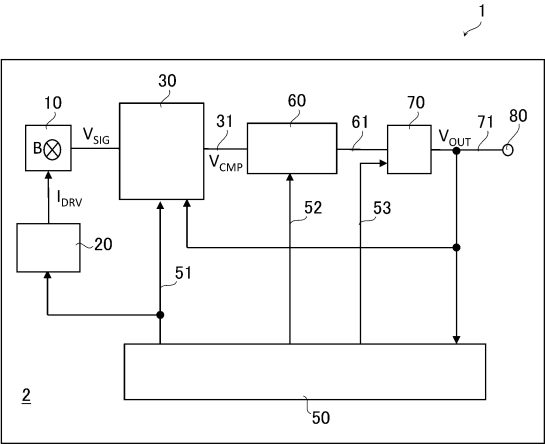
40

50

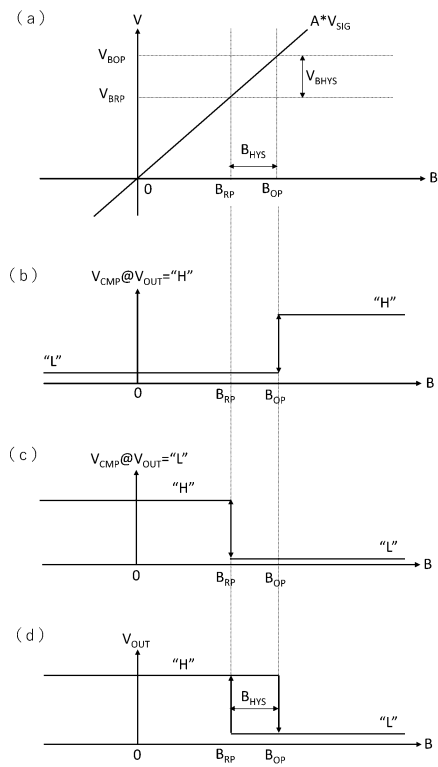
I DRV : 駆動電流 (駆動信号)

【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

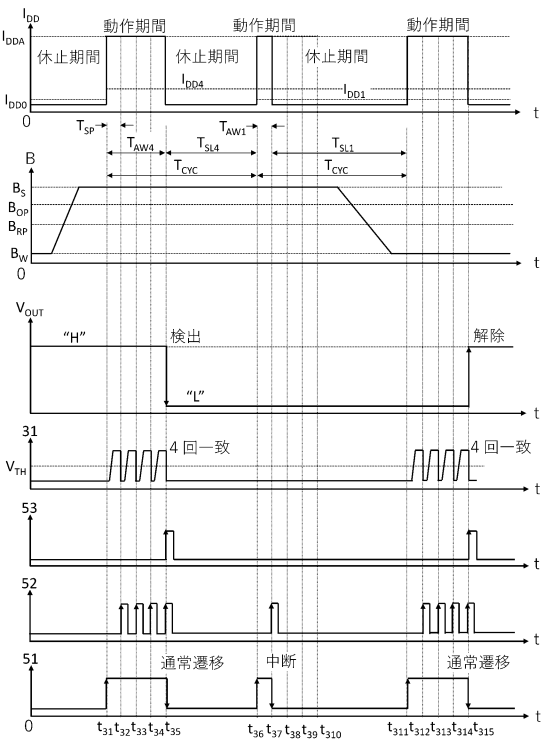
20

30

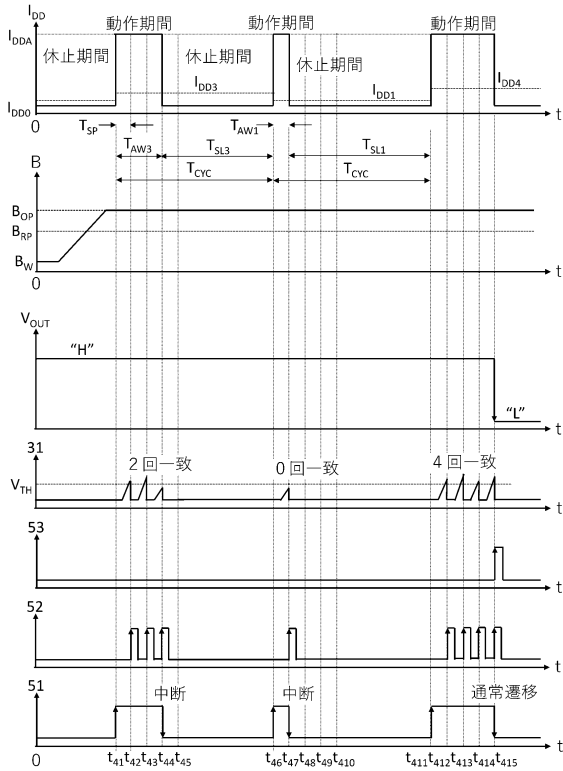
40

50

【図 3】



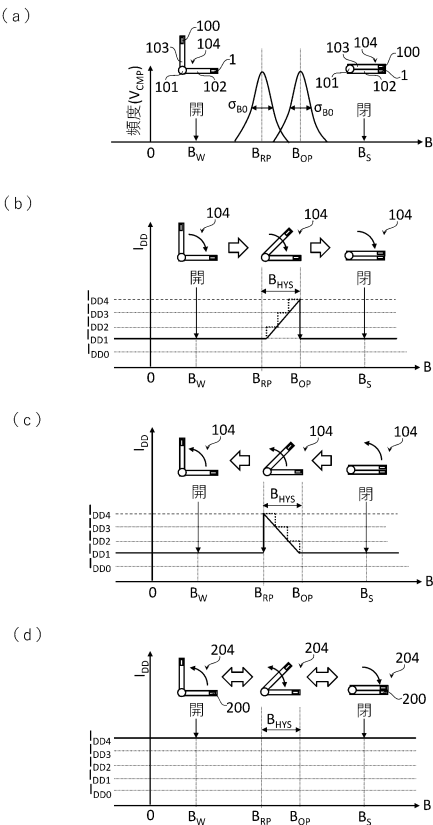
【図 4】



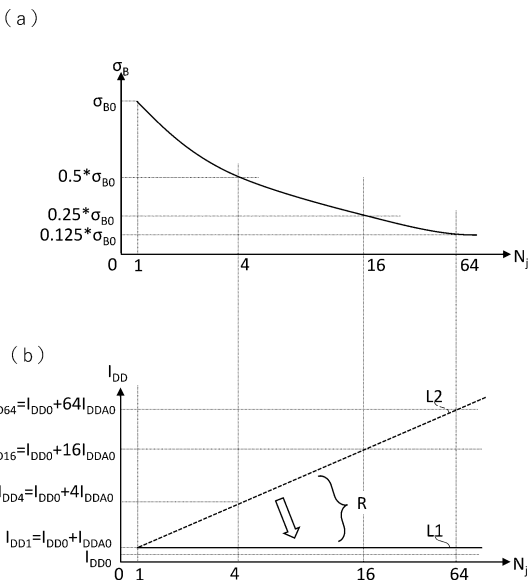
10

20

【図 5】



【図 6】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 7 4 4 1 5 (J P , A)
 特開 2 0 1 5 - 1 8 4 1 7 2 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 2 1 7 9 5 5 (U S , A 1)
 特開 2 0 1 3 - 2 5 3 8 8 6 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- I P C G 0 1 R 3 3 / 0 0 - 3 3 / 2 6 、
 3 1 / 2 8 - 3 1 / 3 1 9 3