

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7673329号
(P7673329)

(45)発行日 令和7年5月8日(2025.5.8)

(24)登録日 令和7年4月25日(2025.4.25)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 F 3/046(2006.01)

G 0 6 F 3/041(2006.01)

G 0 6 F 3/046 A

G 0 6 F 3/041 5 6 0

G 0 6 F 3/041 5 2 2

請求項の数 15 (全40頁)

(21)出願番号	特願2024-526271(P2024-526271)	(73)特許権者	000139403
(86)(22)出願日	令和5年4月18日(2023.4.18)		株式会社ワコム
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/015528		埼玉県加須市豊野台2丁目510番地1
(87)国際公開番号	WO2023/238517	(74)代理人	110004277
(87)国際公開日	令和5年12月14日(2023.12.14)		弁理士法人そらとお
審査請求日	令和6年10月18日(2024.10.18)	(72)発明者	水橋 比呂志
(31)優先権主張番号	特願2022-91360(P2022-91360)		埼玉県加須市豊野台2丁目510番地1
(32)優先日	令和4年6月6日(2022.6.6)		株式会社ワコム内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	後藤 詞貴
			埼玉県加須市豊野台2丁目510番地1
			株式会社ワコム内
		(72)発明者	リ ジュフン
			埼玉県加須市豊野台2丁目510番地1
			株式会社ワコム内
		審査官	伊藤 昭治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 センサ装置、集積回路、及び、指示体を検出する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

指示体を検出するセンサ装置であって、
互いに平行に延設された線状電極群と、
前記線状電極群と交差する検出コイル群と、
前記線状電極群及び前記検出コイル群に接続された集積回路と、を備え、
前記集積回路は、
前記線状電極群から順次交番磁界を送出し、該交番磁界に応じて前記指示体が生成した交
番磁界を前記検出コイル群により検出し、該検出の結果に基づいて前記線状電極群の一部
からなる線状電極セットを決定し、
前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を複数回にわたり実行
し、それぞれの実行の結果として前記検出コイル群の少なくとも一部で検出された複数の
結果値を用いて前記指示体の2次元位置を導出し、
導出した前記2次元位置に応じて前記線状電極セットを更新し、
前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理は、前記線状電極セ
ットを構成する複数の線状電極の中から所定数の線状電極を選択し、該所定数の線状電極
の半数に第1の交流電流を、該所定数の線状電極の残数に前記第1の交流電流と異なる第
2の交流電流を、それぞれ同時に供給する処理であり、
前記第1の交流電流及び前記第2の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になる
という関係を満たすように生成される、

センサ装置。

【請求項 2】

前記集積回路は、前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を、前記所定数の線状電極のうち前記第 1 の交流電流を供給するものと、前記所定数の線状電極のうち前記第 2 の交流電流を供給するものとの組み合わせを変えながら複数回にわたり実行する、

請求項 1 に記載のセンサ装置。

【請求項 3】

指示体を検出するセンサ装置であって、

互いに平行に延設された線状電極群と、

前記線状電極群と交差する検出コイル群と、

前記線状電極群及び前記検出コイル群に接続された集積回路と、を備え、

前記集積回路は、

前記線状電極群から順次交番磁界を送出し、該交番磁界に応じて前記指示体が生成した交番磁界を前記検出コイル群により検出し、該検出の結果に基づいて前記線状電極群の一部からなる線状電極セットを決定し、

前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を複数回にわたり実行し、それぞれの実行の結果として前記検出コイル群の少なくとも一部で検出された複数の結果値を用いて前記指示体の 2 次元位置を導出し、

導出した前記 2 次元位置に応じて前記線状電極セットを更新し、

前記線状電極セットの少なくとも一部に交番磁界を発生させる処理は、前記線状電極セットを構成する複数の線状電極のうちの 1 つを選択し、選択中の線状電極を挟んで一方側に隣接する 1 本以上の線状電極に第 1 の交流電流を、他方側に隣接する 1 本以上の線状電極に前記第 1 の交流電流と異なる第 2 の交流電流を、それぞれ同時に供給する処理であり、前記第 1 の交流電流及び前記第 2 の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される、

センサ装置。

【請求項 4】

指示体を検出するセンサ装置であって、

互いに平行に延設された線状電極群と、

前記線状電極群と交差する検出コイル群と、

前記線状電極群及び前記検出コイル群に接続された集積回路と、を備え、

前記集積回路は、前記線状電極群の中の 1 以上の第 1 の線状電極の長手方向の一端に対して第 1 の交流電流を供給する一方、前記線状電極群の中の前記 1 以上の第 1 の線状電極とは異なる 1 以上の第 2 の線状電極の長手方向の前記一端に対して第 2 の交流電流を供給するよう構成され、

前記第 1 の交流電流及び前記第 2 の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される、

センサ装置。

【請求項 5】

前記関係は、

前記第 1 の交流電流の増加分が大きくなるに伴い前記第 2 電流の減少分が大きくなり、

前記第 1 の交流電流の減少分が大きくなるに伴い前記第 2 電流の増加分が大きくなる、

関係である、

請求項 4 に記載のセンサ装置。

【請求項 6】

前記関係は、前記 1 以上の第 1 の線状電極それぞれの長手方向の一端に対する他端の電位の増加分が大きくなるに伴い、前記 1 以上の第 2 の線状電極それぞれの長手方向の他端に対する一端の電位の増加分が大きくなる関係である、

請求項 4 に記載のセンサ装置。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

前記 1 以上の第 1 の線状電極は、前記線状電極群から選択される 1 本の線状電極の一方側に隣接する所定数本の線状電極であり、

前記 1 以上の第 2 の線状電極は、前記 1 本の線状電極の他方側に隣接する前記所定数本の線状電極である、

請求項 4 に記載のセンサ装置。

【請求項 8】

前記 1 以上の第 1 の線状電極それぞれの長手方向の他端の電位、及び、前記 1 以上の第 2 の線状電極それぞれの長手方向の他端の電位は、前記第 1 の電流によって前記 1 以上の第 1 の線状電極の前記一端に生ずる電位と、前記第 2 の電流によって前記 1 以上の第 2 の線状電極の前記一端に生ずる電位との midpoint の電位である、

請求項 4 に記載のセンサ装置。

【請求項 9】

前記 1 以上の第 1 の線状電極の電位が前記 midpoint より大きい場合、前記 1 以上の第 2 の線状電極の電位は前記 midpoint より小さい、

請求項 8 に記載のセンサ装置。

【請求項 10】

互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線状電極群と交差する検出コイル群に接続され、指示体を検出する集積回路であって、

前記線状電極群から順次交番磁界を送出し、該交番磁界に応じて前記指示体が生成した交番磁界を前記検出コイル群により検出し、該検出の結果に基づいて前記線状電極群の一部からなる線状電極セットを決定し、

前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を複数回にわたり実行し、それぞれの実行の結果として前記検出コイル群の少なくとも一部で検出された複数の結果値を用いて前記指示体の 2 次元位置を導出し、

導出した前記 2 次元位置に応じて前記線状電極セットを更新し、

前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理は、前記線状電極セットを構成する複数の線状電極の中から所定数の線状電極を選択し、該所定数の線状電極の半数に第 1 の交流電流を、該所定数の線状電極の残数に前記第 1 の交流電流と異なる第 2 の交流電流を、それぞれ同時に供給する処理であり、

前記第 1 の交流電流及び前記第 2 の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される、

集積回路。

【請求項 11】

互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線状電極群と交差する検出コイル群に接続され、指示体を検出する集積回路であって、

前記線状電極群から順次交番磁界を送出し、該交番磁界に応じて前記指示体が生成した交番磁界を前記検出コイル群により検出し、該検出の結果に基づいて前記線状電極群の一部からなる線状電極セットを決定し、

前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を複数回にわたり実行し、それぞれの実行の結果として前記検出コイル群の少なくとも一部で検出された複数の結果値を用いて前記指示体の 2 次元位置を導出し、

導出した前記 2 次元位置に応じて前記線状電極セットを更新し、

前記線状電極セットの少なくとも一部に交番磁界を発生させる処理は、前記線状電極セットを構成する複数の線状電極のうちの 1 つを選択し、選択中の線状電極を挟んで一方側に隣接する 1 本以上の線状電極に第 1 の交流電流を、他方側に隣接する 1 本以上の線状電極に前記第 1 の交流電流と異なる第 2 の交流電流を、それぞれ同時に供給する処理であり、前記第 1 の交流電流及び前記第 2 の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される、

集積回路。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線状電極群と交差する検出コイル群に接続され、指示体を検出する集積回路であって、

前記線状電極群の中の 1 以上の第 1 の線状電極の長手方向の一端に対して第 1 の交流電流を供給する一方、前記線状電極群の中の前記 1 以上の第 1 の線状電極とは異なる 1 以上の第 2 の線状電極の長手方向の前記一端に対して第 2 の交流電流を供給し、

前記第 1 の交流電流及び前記第 2 の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される、

集積回路。

【請求項 1 3】

互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線状電極群と交差する検出コイル群を用いて指示体を検出する方法であって、

前記線状電極群から順次交番磁界を送出し、該交番磁界に応じて前記指示体が生成した交番磁界を前記検出コイル群により検出し、該検出の結果に基づいて前記線状電極群の一部からなる線状電極セットを決定するステップと、

前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を複数回にわたり実行し、それぞれの実行の結果として前記検出コイル群の少なくとも一部で検出された複数の結果値を用いて前記指示体の 2 次元位置を導出するステップと、

導出した前記 2 次元位置に応じて前記線状電極セットを更新するステップと、を含み、
前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理は、前記線状電極セットを構成する複数の線状電極の中から所定数の線状電極を選択し、該所定数の線状電極の半数に第 1 の交流電流を、該所定数の線状電極の残数に前記第 1 の交流電流と異なる第 2 の交流電流を、それぞれ同時に供給する処理であり、

前記第 1 の交流電流及び前記第 2 の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される、

方法。

【請求項 1 4】

互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線状電極群と交差する検出コイル群を用いて指示体を検出する方法であって、

前記線状電極群から順次交番磁界を送出し、該交番磁界に応じて前記指示体が生成した交番磁界を前記検出コイル群により検出し、該検出の結果に基づいて前記線状電極群の一部からなる線状電極セットを決定するステップと、

前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を複数回にわたり実行し、それぞれの実行の結果として前記検出コイル群の少なくとも一部で検出された複数の結果値を用いて前記指示体の 2 次元位置を導出するステップと、

導出した前記 2 次元位置に応じて前記線状電極セットを更新するステップと、を含み、
前記線状電極セットの少なくとも一部に交番磁界を発生させる処理は、前記線状電極セットを構成する複数の線状電極のうちの 1 つを選択し、選択中の線状電極を挟んで一方側に隣接する 1 本以上の線状電極に第 1 の交流電流を、他方側に隣接する 1 本以上の線状電極に前記第 1 の交流電流と異なる第 2 の交流電流を、それぞれ同時に供給する処理であり、
前記第 1 の交流電流及び前記第 2 の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される、

方法。

【請求項 1 5】

互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線状電極群と交差する検出コイル群を用いて指示体を検出する方法であって、

それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たす第 1 の交流電流及び第 2 の交流電流を生成するステップと、

前記線状電極群の中の 1 以上の第 1 の線状電極の長手方向の一端に対して第 1 の交流電流を供給する一方、前記線状電極群の中の前記 1 以上の第 1 の線状電極とは異なる 1 以上

10

20

30

40

50

の第2の線状電極の長手方向の前記一端に対して第2の交流電流を供給するステップと、を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、センサ装置、集積回路、及び、指示体を検出する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

タブレット端末などのパネル面内における電磁誘導ペンの位置を検出するための方式の1つとして、電磁誘導方式（EMR方式）が知られている。EMR方式によるタブレット端末は、パネル面内に配置されたペン検出用のセンサ（以下「EMRセンサ」という）と、EMRセンサに接続されたセンサコントローラとを有している。EMRセンサは、y方向に並べて配置された複数のTxコイルと、x方向に並べて配置された複数のRxコイルとを含んで構成される。センサコントローラは、複数のTxコイルから順次交番磁界を送出し、その都度、各Rxコイルにて電磁誘導ペンが送信した反射信号（以下「ペン信号」という）を受信することにより、電磁誘導ペンの位置を検出するとともに、電磁誘導ペンが送信したデータを受信する。

10

【0003】

特許文献1には、EMRセンサの一例が開示されている。同文献に記載のEMRセンサは、価格の上昇を抑制するため、表示装置内の駆動電極（表示用の駆動信号が供給される線状電極）をTxコイルとして利用し、表示装置内の信号線（画像信号が供給される配線）をRxコイルとして利用するよう構成される。駆動電極による交番磁界の生成は、選択信号によって2本の駆動電極を選択し、一方の駆動電極の一端から他端にかけて電流を流す一方、他方の駆動電極には、他端から一端にかけて同じ電流を流すことによって実行される。同文献においては、表示装置内の駆動電極及び信号線はさらに、静電容量方式により指の検出を行うためのタッチ電極としても用いられる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第6698386号

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、EMRセンサのTxコイルには、必要な大きさの磁界を生成するために、表示用の駆動信号などと比べて大きな振幅の電流を流す必要がある。そのような大電流をTxコイルの代用としての線状電極に流すと、線状電極の直流抵抗が一般的なTxコイルに比べて大きいことから、消費電力が大きくなってしまふ。そこで、線状電極によりTxコイルを代用しつつも、消費電力の増大を防止できる技術が必要とされていた。

【0006】

したがって、本発明の目的の一つは、線状電極によりTxコイルを代用しつつも、消費電力の増大を防止できるセンサ装置を提供することにある。

40

【0007】

また、特許文献1に記載の発明のように、選択信号によって2本の線状電極を選択し、一方の線状電極の一端から他端にかけて電流を流しつつ、他方の線状電極の他端から一端にかけて同じ電流を流すことによって交番磁界を生成する場合、2本の線状電極の間で位相ずれが生じ、その結果としてRxコイルにより検出される磁界にノイズが重畳してしまうので、改善が必要とされていた。

【0008】

したがって、本発明の目的の他の一つは、線状電極によりTxコイルを代用する場合において、Rxコイルにより検出される磁界に重畳するノイズを低減できるセンサ装置、集

50

積回路、及び、指示体を検出する方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一側面によるセンサ装置は、指示体を検出するセンサ装置であって、互いに平行に延設された線状電極群と、前記線状電極群と交差する検出コイル群と、前記線状電極群及び前記検出コイル群に接続された集積回路と、を備え、前記集積回路は、前記線状電極群から順次交番磁界を送出し、該交番磁界に応じて前記指示体が生成した交番磁界を前記検出コイル群により検出し、該検出の結果に基づいて前記線状電極群の一部からなる線状電極セットを決定し、前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を複数回にわたり実行し、それぞれの実行の結果として前記検出コイル群の少なくとも一部で検出された複数の結果値を用いて前記指示体の２次元位置を導出し、導出した前記２次元位置に応じて前記線状電極セットを更新する、センサ装置である。

10

【0010】

本発明の一側面による集積回路は、互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線状電極群と交差する検出コイル群に接続され、指示体を検出する集積回路であって、前記線状電極群から順次交番磁界を送出し、該交番磁界に応じて前記指示体が生成した交番磁界を前記検出コイル群により検出し、該検出の結果に基づいて前記線状電極群の一部からなる線状電極セットを決定し、前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を複数回にわたり実行し、それぞれの実行の結果として前記検出コイル群の少なくとも一部で検出された複数の結果値を用いて前記指示体の２次元位置を導出し、導出した前記２次元位置に応じて前記線状電極セットを更新する、集積回路である。

20

【0011】

本発明の一側面による方法は、互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線状電極群と交差する検出コイル群を用いて指示体を検出する方法であって、前記線状電極群から順次交番磁界を送出し、該交番磁界に応じて前記指示体が生成した交番磁界を前記検出コイル群により検出し、該検出の結果に基づいて前記線状電極群の一部からなる線状電極セットを決定するステップと、前記線状電極セットの少なくとも一部から交番磁界を送出する処理を複数回にわたり実行し、それぞれの実行の結果として前記検出コイル群の少なくとも一部で検出された複数の結果値を用いて前記指示体の２次元位置を導出するステップと、導出した前記２次元位置に応じて前記線状電極セットを更新するステップと、を含む方法である。

30

【0012】

本発明の他の一側面によるセンサ装置は、指示体を検出するセンサ装置であって、互いに平行に延設された線状電極群と、前記線状電極群と交差する検出コイル群と、前記線状電極群及び前記検出コイル群に接続された集積回路と、を備え、前記集積回路は、前記線状電極群の中の１以上の第１の線状電極の長手方向の一端に対して第１の交流電流を供給する一方、前記線状電極群の中の前記第１の線状電極とは異なる１以上の第２の線状電極の長手方向の前記一端に対して第２の交流電流を供給するよう構成され、前記第１の交流電流及び前記第２の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される、センサ装置である。

40

【0013】

本発明の他の一側面による集積回路は、互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線状電極群と交差する検出コイル群に接続され、指示体を検出する集積回路であって、前記線状電極群の中の１以上の第１の線状電極の長手方向の一端に対して第１の交流電流を供給する一方、前記線状電極群の中の前記１以上の第１の線状電極とは異なる１以上の第２の線状電極の長手方向の前記一端に対して第２の交流電流を供給し、前記第１の交流電流及び前記第２の交流電流は、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される、集積回路である。

【0014】

本発明の他の一側面による方法は、互いに平行に延設された線状電極群、及び、前記線

50

状電極群と交差する検出コイル群を用いて指示体を検出する方法であって、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たす第1の交流電流及び第2の交流電流を生成するステップと、前記線状電極群の中の1以上の第1の線状電極の長手方向の一端に対して第1の交流電流を供給する一方、前記線状電極群の中の前記1以上の第1の線状電極とは異なる1以上の第2の線状電極の長手方向の前記一端に対して第2の交流電流を供給するステップと、を含む方法である。

【発明の効果】

【0015】

本発明の一側面によるセンサ装置、集積回路、及び、指示体を検出する方法によれば、一旦線状電極セットを特定した後は、線状電極セットを構成する所定本数の線状電極にのみ電流を供給することで指示体の2次元位置を導出可能となるので、線状電極によりTxコイルを代用しつつも、消費電力の増大を防止することが可能になる。

10

【0016】

本発明の他の一側面によるセンサ装置、集積回路、及び、指示体を検出する方法によれば、2本の線状電極の間で位相ずれが発生することを防止できるので、線状電極によりTxコイルを代用する場合において、Rxコイルにより検出される磁界に重畳するノイズを低減することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の第1の実施の形態による位置検出システム1の構成を示す図である。

20

【図2】図1に示したスイッチ部30の内部構成を示す図である。

【図3】センサコントローラ31が指Fの位置検出を行う場合におけるスイッチ部30の状態を示す図である。

【図4】センサコントローラ31が電磁誘導ペンPの位置検出を行う場合におけるスイッチ部30の状態を示す図である。

【図5】センサコントローラ31が電磁誘導ペンPの位置検出を行う場合におけるスイッチ部30の状態を示す図である。

【図6】センサコントローラ31が電磁誘導ペンPの位置検出を行う場合におけるスイッチ部30の状態を示す図である。

【図7】(a)は、本実施の形態における線状電極ELへの交流電流の供給方法を示す図であり、(b)は、比較例における交流電流の供給方法を示す図である。

30

【図8】(a)は、図7(a)に示したプロービング領域PA1において各線状電極ELに流れる電流を測定した結果を示す図であり、(b)は、図7(b)に示したプロービング領域PA2において各線状電極ELに流れる電流を測定した結果を示す図である。

【図9】(a)(b)は、トータル寄生容量が異なる複数の場合について、比較例における位相差 θ 、振幅A、振幅Bの測定結果をプロットしたものである。

【図10】(a)は、本実施の形態に関連する各種信号の波形を示す図であり、(b)は、比較例に関連する各種信号の供給方法を示す図である。

【図11】差動増幅器30iからセンサコントローラ31に供給される受信信号Rxを説明する図である。

40

【図12】第1の比較例による受信信号Rxを説明する図である。

【図13】第2の比較例による受信信号Rxを説明する図である。

【図14】電磁誘導ペンPがループコイルLCx_n上に位置している場合に、その近傍の各ループコイルLCxで受信されるペン信号のレベルをシミュレーションした結果を示す図である。

【図15】センサコントローラ31が実行する電磁誘導ペンPの位置検出の全体の流れを示すフロー図である。

【図16】センサコントローラ31が実行する電磁誘導ペンPの位置検出の全体の流れを示すフロー図である。

【図17】センサコントローラ31が実行する電磁誘導ペンPの位置検出の全体の流れを

50

示すフロー図である。

【図 18】本発明の第 2 の実施の形態による位置検出システム 1 を構成する位置検出装置 3 内に配置されるスイッチ部 30 の内部構成を示す図である。

【図 19】センサコントローラ 31 が電磁誘導ペン P の位置検出を行う場合におけるスイッチ部 30 の状態を示す図である。

【図 20】センサコントローラ 31 が電磁誘導ペン P の位置検出を行う場合におけるスイッチ部 30 の状態を示す図である。

【図 21】センサコントローラ 31 が電磁誘導ペン P の位置検出を行う場合におけるスイッチ部 30 の状態を示す図である。

【図 22】本発明の第 3 の実施の形態による位置検出システム 1 を構成する位置検出装置 3 内に配置されるスイッチ部 30 の内部構成を示す図である。

10

【図 23】センサコントローラ 31 が電磁誘導ペン P の位置検出を行う場合におけるスイッチ部 30 の状態を示す図である。

【図 24】センサコントローラ 31 が電磁誘導ペン P の位置検出を行う場合におけるスイッチ部 30 の状態を示す図である。

【図 25】センサコントローラ 31 が電磁誘導ペン P の位置検出を行う場合におけるスイッチ部 30 の状態を示す図である。

【図 26】(a) ~ (c) は、図 23 ~ 図 25 のそれぞれにおける交流電流の供給方法を模式的に示す図であり、(d) ~ (f) は、それぞれ (a) ~ (c) に示した方法で 6 本の線状電極 $E_{Lm} \sim E_{Lm+5}$ に交流電流 i_A , i_B を供給した場合の等価回路を示す図である。

20

【図 27】センサコントローラ 31 が実行する電磁誘導ペン P の位置検出の全体の流れを示すフロー図である。

【図 28】センサコントローラ 31 が実行する電磁誘導ペン P の位置検出の全体の流れを示すフロー図である。

【図 29】センサコントローラ 31 が実行する電磁誘導ペン P の位置検出の全体の流れを示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

30

【0019】

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態による位置検出システム 1 の構成を示す図である。同図に示すように、位置検出システム 1 は電磁誘導ペン P 及び位置検出装置 3 を有して構成される。このうち電磁誘導ペン P は、EMR 方式による位置検出に対応するペン（指示体）であり、内部にコイル及びコンデンサを含む共振回路を有して構成される。

【0020】

位置検出装置 3 は、EMR 方式による電磁誘導ペン P の位置検出に対応する装置（センサ装置）であり、複数のループコイル LC_x （検出コイル群）、複数の線状電極 EL （線状電極群）、スイッチ部 30、センサコントローラ 31、及びホストプロセッサ 32 を含んで構成される。典型的な例による位置検出装置 3 は、表示面がタッチ面を兼ねるタブレット端末又はノートパソコンであるが、表示面を有しないデジタイザなどにより位置検出装置 3 を構成してもよい。

40

【0021】

図示した x , y 方向はいずれもタッチ面内の方向であり、互いに直交している。複数のループコイル LC_x は、それぞれ y 方向（第 1 の方向）に延在するように形成され、 x 方向（第 2 の方向）に並べて配置される。一方、複数の線状電極 EL は、それぞれ x 方向に延在するように形成され、 y 方向に並べて配置される。各ループコイル LC_x 及び各線状電極 EL は、いずれも両端でスイッチ部 30 に接続される。

【0022】

スイッチ部 30 は、複数のループコイル LC_x 相互の接続を切り替えるとともに、複数

50

のループコイル LC_x 及び複数の線状電極 EL とセンサコントローラ 31 との間の接続を切り替えるための複数のスイッチにより構成されるスイッチの集合体である。スイッチ部 30 は、専用の回路基板又は集積回路内に設けられることとしてもよいし、センサコントローラ 31 と同じ集積回路内に設けられることとしてもよい。スイッチ部 30 の切り替え状態は、センサコントローラ 31 により制御される。

【0023】

図 2 は、スイッチ部 30 の内部構成を示す図である。簡単のため、同図には、ループコイル LC_x 及び線状電極 EL をそれぞれ 5 本ずつ（ループコイル $LC_{x_{n-2}} \sim LC_{x_{n+2}}$ 、線状電極 $EL_{m-2} \sim EL_{m+2}$ ）のみ図示している。この点は、後掲する図 3～図 6、図 18～図 21 についても同様である。図 2 に示すように、スイッチ部 30 は、5 種類のスイッチ 30a～30f と、駆動回路 30g と、配線部 30h と、差動増幅器 30i と、オペアンプ 30j とを含んで構成される。

【0024】

スイッチ 30a は、タッチ面上に交番磁界を発生させるための交流電流 T_x_EMR を複数の線状電極 EL に供給するための構成であり、駆動回路 30g に接続された 4 つの入力ピンと、線状電極 EL ごとに設けられる出力ピンとを有して構成される。各出力ピンは、対応する線状電極 EL の x 方向（長手方向）の一端に接続される。スイッチ 30a は、センサコントローラ 31 の制御に応じて、各入力ピンをいずれかの出力ピンに接続する役割を果たす。

【0025】

駆動回路 30g は、センサコントローラ 31 から供給される交流電流 T_x_EMR に応じて交流電流 i_A 、 i_B （図 4～図 6 を参照）を生成し、スイッチ 30a を介して線状電極 EL に供給する回路である。駆動回路 30g は、スイッチ 30a の 4 つの入力ピンのうちの 2 つに交流電流 i_A （第 1 の交流電流）を供給し、他の 2 つに交流電流 i_B （第 2 の交流電流）を供給するよう構成される。

【0026】

交流電流 i_A は、例えばバッファ回路を用いて交流電流 T_x_EMR を増幅することによって生成される電流である。一方、交流電流 i_B は、交流電流 i_A との間で、それぞれの時間微分が互いに逆相になるという関係を満たすように生成される電流である。この関係を数式で表現すると、以下の式（1）のようになる。式（1）の関係は、交流電流 i_A の増加分が大きくなるに伴い交流電流 i_B の減少分が大きくなり、交流電流 i_A の減少分が大きくなるに伴い交流電流 i_B の増加分が大きくなる関係であると言ってもよく、また、交流電流 i_A を供給する 1 以上の線状電極 EL それぞれの長手方向の一端に対する他端の電位の増加分が大きくなるに伴い、交流電流 i_B を供給する 1 以上の線状電極 EL それぞれの長手方向の他端に対する一端の電位の増加分が大きくなる関係であると言ってもよい。

【0027】

【数 1】

$$\frac{di_A(t)}{dt} = -\frac{di_B(t)}{dt} \quad \dots (1)$$

【0028】

式（1）の関係を満たす典型的な交流電流 i_B は、以下の式（2）で表される。ただし、 A は任意の定数である。 $A=0$ の場合、交流電流 i_B は交流電流 i_A の反転信号となる。この場合、交流電流 i_A と交流電流 i_B とは、互いに符号が異なることになる。一方、 A が交流電流 i_A の最大値より大きい場合、交流電流 i_A と交流電流 i_B とは、符号が同一であり、かつ、互いにレベルが異なる電流となる。なお、交流電流 i_A の反転信号は、例えば反転バッファ回路を用いて生成され得る。図 2 には、この反転バッファ回路を用いる

10

20

30

40

50

例を示している。

【0029】

【数2】

$$i_B(t) = -i_A(t) + A \quad \cdots (2)$$

【0030】

交流電流 i_A 、 i_B の供給を受ける各線状電極 E_L の他端の電位は、交流電流 i_A が供給された線状電極 E_L の一端に生ずる電位と、交流電流 i_B が供給された線状電極 E_L の一端に生ずる電位との中点の電位とすることが好ましい。 $A = 0$ の場合、この電位は0（すなわち接地電位）となる。

【0031】

スイッチ30bは、指Fの位置検出を行うためのタッチ検出用信号 T_x_TP を複数の線状電極 E_L に供給するための構成であり、線状電極 E_L ごとに設けられる入力ピンと出力ピンのセットを有して構成される。各入力ピンには、センサコントローラ31からタッチ検出用信号 T_x_TP が供給される。各出力ピンは、対応する線状電極 E_L に接続される。スイッチ30bは、センサコントローラ31の制御に応じて、各入力ピンを、対応する出力ピンに接続する役割を果たす。

【0032】

スイッチ30fは、線状電極 E_L のx方向（長手方向）の他端について、上述した中点の電位に接続される状態と、どこにも接続されないフローティング状態とを切り替えるための構成である。図2には上述した中点の電位が接地電位である場合を示しており、この場合のスイッチ30fは、図2に示すように、線状電極 E_L ごとに設けられる入力ピンと接地ピンのセットを有して構成される。以下では、上述した中点の電位が接地電位であることを前提として説明を続ける。

【0033】

スイッチ30fの各入力ピンは、対応する線状電極 E_L のx方向（長手方向）の他端に接続される。一方、スイッチ30fの各接地ピンは、接地電位が供給される接地端に接続される。スイッチ30fを設けているのは、センサコントローラ31が電磁誘導ペンPの位置検出を行う際には、上述したように各線状電極 E_L のx方向の他端を接地電位にすることが好ましい一方、センサコントローラ31が指Fの位置検出を行う際には、各線状電極 E_L のx方向の他端をフローティング状態にする必要があるためである。スイッチ30fは、センサコントローラ31の制御に応じて、各入力ピンと、対応する接地ピンとの間の接続状態を切り替える役割を果たす。

【0034】

スイッチ30c～30e及び配線部30hは、各ループコイル LC_x で受信されたペン信号（交流電流 T_x_EMR により発生した交番磁界に応じて電磁誘導ペンPが生成する交番磁界により示される信号）を差動増幅器30iに供給するとともに、各ループコイル LC_x で受信されたタッチ検出用信号 T_x_TP をオペアンプ30jに供給するための構成である。

【0035】

具体的に説明すると、まずスイッチ30cは、ループコイル LC_x の端部ごとに設けられる入力ピンと、入力ピンごとに設けられる4つの出力ピンとを有して構成される。スイッチ30cは、センサコントローラ31の制御に応じて、各入力ピンを、対応する4つの出力ピンのいずれかに接続する役割を果たす。

【0036】

配線部30hは、4本の配線 $L_1 \sim L_4$ を有して構成される。スイッチ30cの入力ピンごとの4つの出力ピンはこれら4本の配線 $L_1 \sim L_4$ に対応して設けられているもので

、それぞれ対応する配線に接続される。

【0037】

スイッチ30dは、センサコントローラ31の制御に応じて、配線L1を差動増幅器30iの非反転入力端子に、配線L2を差動増幅器30iの反転入力端子に、それぞれ接続するスイッチである。スイッチ30eは、センサコントローラ31の制御に応じて、配線L4をオペアンプ30jの入力端子に接続するスイッチである。スイッチ30d、30eの初期状態は、ともにオフ（非接続状態）である。

【0038】

差動増幅器30iは、配線L1に接続された非反転入力端子と、配線L2に接続された反転入力端子の間の電圧差を増幅することによって受信信号Rx__EMRを生成する回路であり、センサコントローラ31とともにペン信号の受信回路を構成する。また、オペアンプ30jは、入力端子と接地端子の間の電圧差を増幅することによって静電容量方式の受信信号Rx__TPを生成する回路であり、センサコントローラ31とともにタッチ検出用信号Tx__TPの受信回路を構成する。オペアンプ30jの入力端子は、スイッチ30eを介して配線部30hの配線L4に接続されており、これにより受信信号Rx__TPは、配線L4に現れた信号を増幅したものとなる。オペアンプ30jには、高周波ノイズを除去するための並列コンデンサが設けられる。差動増幅器30iにより生成された受信信号Rx__EMR、及び、オペアンプ30jにより生成された受信信号Rx__TPは、ともにセンサコントローラ31に供給される。

【0039】

図1に戻る。センサコントローラ31は、タッチ面内における電磁誘導ペンPの位置をEMR方式により検出する機能と、タッチ面における指Fの位置を静電容量方式により検出する機能とを有する集積回路である。電磁誘導ペンPに関してはさらに、電磁誘導ペンPが送信したペン信号を復調することにより、電磁誘導ペンPが送信したデータを取得する機能も有して構成される。電磁誘導ペンPの位置の検出及び電磁誘導ペンPからのデータの取得と、指Fの位置の検出とは、時分割で実行される。センサコントローラ31は、検出した位置及び取得したデータをホストプロセッサ32に逐次供給するよう構成される。

【0040】

ホストプロセッサ32は、センサコントローラ31から供給された位置及びデータを用いて、表示面に表示しているカーソルの移動、タッチ面内における電磁誘導ペンP又は指の軌跡を示すストロークデータの生成などの処理を行う。このうちストロークデータに関して、ホストプロセッサ32は、生成したストロークデータをレンダリングして表示する処理、生成したストロークデータを含むデジタルインクを生成して記録する処理、ユーザの指示に応じて、生成したデジタルインクを外部装置に送信する処理なども行う。

【0041】

以下、図3～図6を参照しながら、センサコントローラ31が行う電磁誘導ペンP及び指Fの位置検出の処理について、具体的に説明する。

【0042】

初めに、図3は、本実施の形態によるセンサコントローラ31が指Fの位置検出を行う場合におけるスイッチ部30の状態を示す図である。同図に示すように、この場合のセンサコントローラ31は、各入力ピンと対応する出力ピンとが接続されるようスイッチ30bを制御する。これにより、センサコントローラ31から各線状電極ELのx方向の一端に対し、タッチ検出用信号Tx__TPが供給されることになる。また、センサコントローラ31は、各入力ピンが対応する接地ピンから切り離されるようにスイッチ30fを制御することにより、各線状電極ELのx方向の他端をフローティング状態とする。

【0043】

センサコントローラ31によって生成されるタッチ検出用信号Tx__TPの具体的な内容は、以下の式(3)に示す行列Aによって表され得る。行列Aは、複数の線状電極ELと一対一に対応する複数の行を有する正方行列であり、行列Aの各要素(A₁₁など)に付している添え字の左側はセンサコントローラ31からの出力順を、右側は線状電極EL

10

20

30

40

50

の通番をそれぞれ示している。Mは、線状電極ELの総数である。各要素の具体的な値は、「1」又は「-1」のいずれかである。行列Aは直交行列であることが好ましいが、直交行列でなくてもよい。

【0044】

【数3】

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} & \cdots & A_{M1} \\ A_{12} & A_{22} & A_{32} & \cdots & A_{M2} \\ A_{13} & A_{23} & A_{33} & \cdots & A_{M3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ A_{1M} & A_{2M} & A_{3M} & \cdots & A_{MM} \end{pmatrix} \cdots (3) \quad 10$$

【0045】

センサコントローラ31は、行列Aの列ごとにタッチ検出用信号Tx__TPを生成し、各線状電極ELに供給する。典型的な例によるタッチ検出用信号Tx__TPは、対応する行列Aの要素が1である場合にハイ、-1である場合にローとなる2値のパルス信号である。以下では、行列Aの1つの列に対応するタッチ検出用信号Tx__TPを「部分タッチ検出用信号Tx__TP」と称する。

20

【0046】

センサコントローラ31は、1つの部分タッチ検出用信号Tx__TPを各線状電極ELに供給している間、スイッチ30eを接続状態に維持しつつ、各ループコイルLCxを順にオペアンプ30jに接続する処理を行う。具体的には、各ループコイルLCxが順に両端で配線L4に接続されることとなるよう、スイッチ30cを制御する。なお、図3には、ループコイルLCxnが配線L4に接続されている場合の例を示している。

【0047】

ここで、m番目の線状電極ELmと、n番目のループコイルLCxnとの間に形成される静電容量をCmnとすると、行列Aのx番目の列に対応する部分タッチ検出用信号Tx__TPが各線状電極ELに供給されており、かつ、n番目のループコイルLCxnがオペアンプ30jに接続されているとき、オペアンプ30jからセンサコントローラ31に供給される受信信号Rx__TPは、次の式(4)に示す値となる。

30

【0048】

【数4】

$$(A_{x1} \ A_{x2} \ A_{x3} \ \cdots \ A_{xM}) \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} \cdots (4) \quad 40$$

【0049】

したがって、行列Aの各列に対応する部分タッチ検出用信号Tx__TPの供給が実行される間にn番目のループコイルLCxnについて得られる受信信号Rx__TPは、全体として、次の式(5)に示すベクトルbで表されることになる。

【0050】

50

【数 5】

$$b = A \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} \cdots (5)$$

10

【0051】

センサコントローラ31は、このベクトルbに対して次の式(6)の左辺に示す演算を行うことにより、線状電極ELごとの静電容量 C_{mn} を分離取得する。ただし、式(6)の中に示す行列 A^{-1} は、行列Aの逆行列である。式(6)にも示すように行列Aに行列 A^{-1} を乗算すると単位行列Iになることから、センサコントローラ31は、この演算を行うことによって、式(6)の右辺に示すように、n番目のループコイル LC_{xn} について、各線状電極 EL_m との交点の静電容量 C_{mn} を分離取得することができることになる。

【0052】

【数 6】

20

$$A^{-1}b = A^{-1}A \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} = I \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} \cdots (6)$$

30

【0053】

センサコントローラ31は、式(6)と同様の演算を各ループコイル LC_x について実行することにより、線状電極ELとループコイル LC_x の各交点について静電容量 C_{mn} を導出する。そしてセンサコントローラ31は、導出した各静電容量 C_{mn} のタッチ面内における分布に基づき、位置を指Fの位置(2次元位置)を導出する。具体的には、分布の頂点に相当する位置を指Fの位置として導出すればよい。

【0054】

次に、図4～図6は、センサコントローラ31が電磁誘導ペンPの位置検出を行う場合におけるスイッチ部30の状態を示す図である。これらの図に示すように、センサコントローラ31は、1本の線状電極 EL_m を挟んで一方側に隣接する2本の線状電極 EL_{m-1} 、 EL_{m-2} (第1の線状電極)に交流電流 i_A が供給され、他方側に隣接する2本の線状電極 EL_{m+1} 、 EL_{m+2} (第2の線状電極)に交流電流 i_B が供給されることとなるよう、スイッチ30aを制御する。また、センサコントローラ31は、各入力ピンと、対応する接地ピンとが接続されるようにスイッチ30fを制御することにより、各線状電極ELのx方向の他端を接地状態とする。

40

【0055】

この制御により、線状電極 EL_m を中心とする擬似的なコイルが形成され、タッチ面上(特に線状電極 EL_m の上方)に交番磁界が生成されることになる。以下では、このようにして交番磁界を生成することを「線状電極 EL_m から交番磁界を送出する」という。センサコントローラ31は、全線状電極ELの両端に位置する4本の線状電極ELを除く線

50

状電極 E_L を順に線状電極 E_{L_m} として同様の処理を実行することにより、これらの線状電極 E_L から順次同様の交番磁界を送出するよう構成される。

【0056】

なお、タッチ面の全体で電磁誘導ペン P の位置検出を行うことができるよう、上記処理の実行から除かれる上記4本の線状電極 E_L は、タッチ面外の位置に配置されることが好ましい。また、本実施の形態では、交番磁界の送出行う線状電極 E_{L_m} の両側2本ずつの線状電極 E_L に交流電流を流しているが、1本以上の所定本数ずつの線状電極 E_L に交流電流を流せばよく、例えば、両側1本ずつや、両側3本以上ずつの線状電極 E_L に交流電流を流すこととしてもよい。

【0057】

ここで、図4～図6の記載からも理解されるように、駆動回路30gは各線状電極 E_L の長手方向の一端側に配置されており、交流電流 i_A 、 i_B はいずれも、線状電極 E_L の x 方向（長手方向）の一端（同じ側の端部）に供給される。以下、このような構成を採用することによって奏される効果について、比較例も参照しながら詳しく説明する。

【0058】

図7(a)は、本実施の形態における線状電極 E_L への交流電流の供給方法を示す図であり、図7(b)は、比較例における交流電流の供給方法を示す図である。まず図7(a)を参照すると、本実施の形態においては、線状電極 $E_{L_{m-1}}$ 、 $E_{L_{m-2}}$ に対しては長手方向一端に交流電流 i_A が供給される一方、線状電極 $E_{L_{m+1}}$ 、 $E_{L_{m+2}}$ に対しては長手方向一端に交流電流 i_B が供給される。これに対し、比較例においては、図7(b)に示すように、線状電極 $E_{L_{m-1}}$ 、 $E_{L_{m-2}}$ に対しては長手方向一端に交流電流 i_A が供給される一方、線状電極 $E_{L_{m+1}}$ 、 $E_{L_{m+2}}$ に対しては長手方向他端に交流電流 i_A が供給される。比較例に示す交流電流の供給方法は、例えば特許文献1に記載されているものである。

【0059】

図8(a)は、図7(a)に示したプロービング領域 PA_1 において各線状電極 E_L に流れる電流を測定した結果を示す図であり、図8(b)は、図7(b)に示したプロービング領域 PA_2 において各線状電極 E_L に流れる電流を測定した結果を示す図である。各図における横軸は時間であり、縦軸は電流値である。なお、図8(a)(b)においては、線状電極 $E_{L_{m+1}}$ 、 $E_{L_{m+2}}$ において測定された電流について、反転したうえで描画している。また、図8(a)(b)には、線状電極 E_L ごとの電流経路の寄生容量（以下「トータル寄生容量」という）が1800pFである場合を図示している。

【0060】

線状電極 E_{L_m} から最も効率的に交番磁界を送出できるのは、線状電極 $E_{L_{m-1}}$ 、 $E_{L_{m-2}}$ に流れる電流の振幅（図8(b)に示す振幅A）と線状電極 $E_{L_{m+1}}$ 、 $E_{L_{m+2}}$ に流れる電流の振幅（図8(b)に示す振幅B）とが等しく、かつ、線状電極 $E_{L_{m-1}}$ 、 $E_{L_{m-2}}$ に流れる電流と線状電極 $E_{L_{m+1}}$ 、 $E_{L_{m+2}}$ に流れる電流の反転信号との位相差（図8(b)に示す位相差 θ ）が 0° である場合である。この点、図8(a)から理解されるように、本実施の形態では $A=B$ 、 $\theta=0^\circ$ であり、交番磁界の送効率の観点で理想的な状態が実現されていると言える。一方、図8(b)に示すように、比較例では、 $A \neq B$ 、 $\theta \neq 0^\circ$ （具体的には約 32° ）となっている。したがって、本実施の形態によれば、比較例に比べ、線状電極 E_{L_m} からの交番磁界の送効率を実行できると言える。

【0061】

図9(a)(b)は、トータル寄生容量が異なる複数の場合について、比較例における位相差 θ 、振幅A、振幅Bの測定結果をプロットした図である。図9(a)(b)の横軸はトータル寄生容量であり、図9(a)の縦軸は位相差 θ であり、図9(b)の縦軸は振幅B／振幅Aを百分率で表した数値である。図9(a)(b)から理解されるように、比較例は、トータル寄生容量が大きいほど理想的な状態からずれていく。したがって、比較例を採用する場合には、トータル寄生容量が小さくなるように電流経路を工夫する必要がある。

10

20

30

40

50

あると言える。これに対し、本実施の形態では、トータル寄生容量によらず図 8 (a) のような理想的な状態が得られるので、トータル寄生容量が小さくなるように電流経路を工夫する必要は特にない。したがって、本実施の形態によれば、比較例に比べ、回路設計が容易になるという効果も得られることになる。

【0062】

図 10 (a) は、本実施の形態に関連する各種信号の波形を示す図であり、図 10 (b) は、比較例に関連する各種信号の供給方法を示す図である。これらの図には、線状電極 E_{Lm-1} 、 E_{Lm-2} に流れる電流の波形と、線状電極 E_{Lm+1} 、 E_{Lm+2} に流れる電流の波形と、電磁誘導ペン P の内部で発生する電圧 (ペン信号) の波形 (Pen 共振波形) と、電磁誘導ペン P に最も近いループコイル LC_x により検出される受信信号 R_x_EMR の波形とを示している。

10

【0063】

初めに図 10 (b) を参照すると、センサコントローラ 31 が線状電極 E_L に交流電流 i_A を供給している間 (図示した「交番磁界送出期間」)、電磁誘導ペン P の内部でペン信号が発生すること、そして、受信信号 R_x_EMR には、線状電極 E_L に生ずる交流電流 i_A と同様の波形が現れていることが理解される。この受信信号 R_x_EMR の波形は、電磁誘導ペン P から送出されたペン信号によりループコイル LC_x に誘導された電圧信号に対し、線状電極 E_L から送出された交番磁界によりループコイル LC_x に誘導された電圧信号が重畳することによって形成されているものである。センサコントローラ 31 が線状電極 E_L への交流電流 i_A の供給を終了すると、線状電極 E_L から送出された交番磁界により誘導された電圧信号の分が消失することから、受信信号 R_x_EMR には、ペン信号により誘導された電圧信号の分のみが残る。スケールの関係で見にくくなっているが、線状電極 E_L への交流電流 i_A の供給が終了した後の受信信号 R_x_EMR の波形は、ペン信号の波形と同様の波形となっている。そこで比較例によるセンサコントローラ 31 は、「交番磁界送出期間」後の期間を電磁誘導ペン P の位置導出及び電磁誘導ペン P が送信したデータの受信を行う「位置導出・データ受信期間」とし、この期間内に取得される受信信号 R_x_EMR に基づいて、電磁誘導ペン P の位置の導出と、電磁誘導ペン P が送信したデータの受信を行う。

20

【0064】

これに対し、図 10 (a) においては、受信信号 R_x_EMR の波形は、交番磁界送出期間を含む全期間にわたり、ペン信号と同様の波形となっている。これは、図 8 (a) に示したように、線状電極 E_{Lm-1} 、 E_{Lm-2} に流れる電流と線状電極 E_{Lm+1} 、 E_{Lm+2} に流れる電流との間で位相ずれが発生しないことから、これらが打ち消し合い、線状電極 E_{Lm} から送出される交番磁界によりループコイル LC_x に誘導される電圧信号が受信信号 R_x_EMR に重畳しないことによるものである。つまり、本実施の形態によれば、ループコイル LC_x により検出される交番磁界に重畳するノイズを低減することが実現されていると言える。本実施の形態によるセンサコントローラ 31 は、この効果を活かし、「交番磁界送出期間」を電磁誘導ペン P の位置導出を行う「位置導出期間」としても利用し、この期間内に、ループコイル LC_x に現れる電圧信号に基づいて、電磁誘導ペン P の位置の導出を行う。したがって、本実施の形態によれば、電磁誘導ペン P の位置導出のためのペン信号を受信する期間を比較例よりも長く確保することができることになるので、比較例に比べて、より高い精度で電磁誘導ペン P の位置を導出することが可能になる。

30

40

【0065】

なお、本実施の形態によるセンサコントローラ 31 が「交番磁界送出期間」内に電磁誘導ペン P が送信したデータの受信を行わないのは、「交番磁界送出期間」内においては、電磁誘導ペン P がデータを送信できないからである。詳しく説明すると、電磁誘導ペン P は、送信するデータの内容に応じて電磁誘導ペン P 内の共振回路の共振周波数を変更し、それによってペン信号の周波数を変調することによって、データの送信を行うよう構成される。位置検出装置 3 からの交番磁界が存在している場合、ペン信号の周波数は交番磁界の周波数に固定されてしまうので、電磁誘導ペン P 内で共振回路の共振周波数を変更して

50

も、その変更はペン信号の周波数に反映されない。したがって、電磁誘導ペンPは、「交番磁界送出期間」内にはデータを送信できないことになる。

【0066】

図4～図6に戻る。センサコントローラ31は、線状電極 E_{Lm} から交番磁界を送出している間、スイッチ30dを接続状態に維持しつつ、隣接する3本のループコイル LCx を1セットとして各セットを順に選択し、その都度、選択したセットを構成する3本のループコイル LCx が接続極性の異なる3通りの接続形態で差動増幅器30iに対して直列に接続されることとなるよう、スイッチ30cを制御する処理を行う。この処理により、差動増幅器30iは、直列に接続された3本のループコイル LCx からなる複合コイルの両端間の電位に基づいてペン信号のレベルを示す結果値を検出し、受信信号 Rx_EMR としてセンサコントローラ31に出力することになる。

10

【0067】

図4～図6は、上記3通りの接続形態での接続を示している。具体的に説明すると、図4の例では、差動増幅器30iの非反転入力端子から見て、ループコイル LCx_{n-1} を左回り（図中に「-1」と表記）で接続し、次にループコイル LCx_n を右回り（図中に「1」と表記）で接続し、最後にループコイル LCx_{n+1} を左周りで接続している。また、図5の例では、差動増幅器30iの非反転入力端子から見て、ループコイル LCx_{n-1} を右回りで接続し、次にループコイル LCx_n を左回りで接続し、最後にループコイル LCx_{n+1} を左周りで接続している。図6の例では、差動増幅器30iの非反転入力端子から見て、ループコイル LCx_{n-1} を左回りで接続し、次にループコイル LCx_n を左回りで接続し、最後にループコイル LCx_{n+1} を右周りで接続している。

20

【0068】

図11は、以上のような接続を行うことの結果として、差動増幅器30iからセンサコントローラ31に供給される受信信号 Rx_EMR を説明する図である。図示したペン信号検出期間 $T1 \sim T3$ は、それぞれ図4～図6の接続状態に対応している。なお、実際には、各ペン信号検出期間の前半に交番磁界送出期間（図10を参照）が配置されるが、図11では省略している。また、実際の受信信号 Rx_EMR は、図10に示したように時間とともに減衰していくが、理解を容易にするために、図11では減衰の描写をしていない。これらの点は、後掲する図12及び図13でも同様である。

【0069】

30

図11を参照すると、ペン信号検出期間 $T1$ において受信されるペン信号は、ループコイル LCx_n とループコイル LCx_{n-1} 、 LCx_{n+1} とで逆位相になることが理解される。これは、上述したように、ループコイル LCx_n が右回り、ループコイル LCx_{n-1} 、 LCx_{n+1} が左回りとなることによるものである。その結果、センサコントローラ31が線状電極 E_{Lm} において交番磁界を生成しているときにループコイル $LCx_{n-1} \sim LCx_{n+1}$ で受信されるペン信号のレベルをそれぞれレベル $E_{m, n-1} \sim E_{m, n+1}$ と記すことにすると、図11に示すように、ペン信号検出期間 $T1$ において差動増幅器30iからセンサコントローラ31に供給される受信信号 Rx_EMR （結果値）は、 $-E_{m, n-1} + E_{m, n} - E_{m, n+1}$ と表されることになる。ペン信号検出期間 $T2$ 、 $T3$ についても同様であり、それぞれ $+E_{m, n-1} - E_{m, n} + E_{m, n+1}$ 、 $-E_{m, n-1} - E_{m, n} + E_{m, n+1}$ と表されることになる。

40

【0070】

次の式（7）に示すベクトル d_{series} は、ペン信号検出期間 $T1 \sim T3$ のそれぞれで受信される受信信号 Rx_EMR をベクトル形式で記載したものである。ベクトル d_{series} は、式（7）の最終行に示すように、各ペン信号検出期間における接続極性を示す 3×3 の行列 F と、レベル $E_{m, n-1} \sim E_{m, n+1}$ を表すベクトルとの積の形に変形することができる。なお、式（7）に示す行列 F は、 3×3 のWalsh符号になっている。

【0071】

【数7】

50

$$\begin{aligned}
 d_{series} &= \begin{pmatrix} -E_{m,n-1} + E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ +E_{m,n-1} - E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ -E_{m,n-1} - E_{m,n} + E_{m,n+1} \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} = F \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad \dots (7)
 \end{aligned}$$

10

【0072】

センサコントローラ31は、ベクトル d_{series} に対して次の式(8)の左辺に示す演算を行うことにより、レベル $E_{m,n-1} \sim E_{m,n+1}$ を分離取得する。ただし、式(8)の中に示す行列 F^{-1} は行列 F の逆行列であり、したがって式(8)の左辺に示す演算は、上述した各接続形態におけるループコイル LCx の接続極性に応じた復元演算となっている。式(8)にも示すように行列 F に行列 F^{-1} を乗算すると単位行列 I になることから、センサコントローラ31は、この復元演算を行うことによって、式(8)の右辺に示すように、 m 番目の線状電極 EL_m から交番磁界を送出した場合にループコイル $LCx_{n-1} \sim LCx_{n+1}$ のそれぞれで受信されるペン信号のレベル $E_{m,n-1} \sim E_{m,n+1}$ を分離取得することができることになる。

20

【0073】

【数8】

$$F^{-1}d_{series} = F^{-1}F \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} = I \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad \dots (8)$$

30

【0074】

センサコントローラ31は、式(8)と同様の演算をループコイル LCx の各セットについて実行することにより、 m 番目の線状電極 EL_m から交番磁界を送出した場合に複数のループコイル LCx のそれぞれで受信されるペン信号のレベルを分離取得する。センサコントローラ31はまた、交番磁界を送出する線状電極 EL_m を変えながら同様の処理を行うことにより、複数の線状電極 EL_m のそれぞれから交番磁界を送出した場合に複数のループコイル LCx のそれぞれで受信されるペン信号のレベルを取得する。そしてセンサコントローラ31は、こうして取得したペン信号のレベルのタッチ面内における分布に基づいて、電磁誘導ペンPの位置(2次元位置)を導出する。具体的には、分布の頂点に相当する位置を電磁誘導ペンPの位置として導出すればよい。センサコントローラ31が実行する電磁誘導ペンPの位置検出の詳細については、後ほど図15～図17を参照しながら、より具体的に説明する。

40

【0075】

ここで、本実施の形態とは異なる方法でペン信号の受信を行う比較例を取り上げ、本実施の形態を用いることの効果の1つを説明する。

【0076】

図12は、第1の比較例による受信信号 Rx_EMR を説明する図である。本比較例によるセンサコントローラ31は、各ペン信号検出期間において、1つのループコイル LC

50

xを差動増幅器30iに接続する。この場合、各ペン信号検出期間において1つのループコイルLCxで受信されるペン信号のレベルが得られるので、センサコントローラ31は、上記のような演算を行うことなく、各ループコイルLCxで受信されるペン信号のレベルを取得できる。

【0077】

図13は、第2の比較例による受信信号Rx—EMRを説明する図である。本比較例によるセンサコントローラ31は、各ペン信号検出期間において、本実施の形態と同様、隣接する3本のループコイルLCxを直列に差動増幅器30iに接続する。ただし、本比較例によるセンサコントローラ31は、すべてのループコイルLCxを同じ向き（右回り又は左回り）で接続する。この場合、上記のような演算では各ループコイルLCxで受信されるペン信号のレベルを分離することはできないが、センサコントローラ31は、3本のループコイルLCxを通じて得られた受信信号Rxを3本のループコイルLCxの中心に位置するループコイルLCxで得られたものと看做して、電磁誘導ペンPの位置の導出を行うことができる。

【0078】

図14は、電磁誘導ペンPがループコイルLCxn上に位置している場合に、その近傍の各ループコイルLCxで受信されるペン信号のレベル（分離取得する場合には分離後のレベル）をシミュレーションした結果を示す図である。同図には、本実施の形態（図11）、第1の比較例（図12）、第2の比較例（図13）それぞれの結果を示している。同図に示すように、本実施の形態によるペン信号の受信方法によれば、第1及び第2の比較例に比べて、ペン信号の受信レベルが大幅に高くなるという効果を得ることができる。これは、本実施の形態によるペン信号の受信方法によれば、個々のループコイルLCxで受信されるペン信号を得るために用いることのできるペン信号検出期間が第1及び第2の比較例に比べて3倍になることによるものである。ここで、後述するように、センサコントローラ31におけるペン信号のペン信号検出期間がN倍になると、受信されるペン信号のレベルはN倍になる一方、受信されるノイズのレベルは $N^{1/2}$ 倍に留まる。したがって、本実施の形態によるペン信号の受信方法によれば、センサコントローラ31において受信されるペン信号のS/N比を向上させることが可能になると言える。

【0079】

加えて、本実施の形態によるペン信号の受信方法によれば、複数のループコイルLCxで受信されるペン信号を複数のペン信号検出期間のそれぞれにおいて1つの受信回路で同時に受信し、かつ、受信信号Rx—EMRをループコイルLCxごとの成分に分離することができるので、S/N比を向上させるためにペン信号の送信期間を長くする必要もなく、複数のループコイルLCxで並行してペン信号を受信するために受信回路を増設する必要もない。したがって、本実施の形態によるペン信号の受信方法によれば、位置検出の頻度を低下させることなく、かつ、センサコントローラ31の回路規模を増大させることなく、センサコントローラ31において受信されるペン信号のS/N比を向上させることが可能になると言える。

【0080】

以下、センサコントローラ31におけるペン信号のペン信号検出期間がN倍になったときにノイズのレベルが $N^{1/2}$ 倍に留まる点について、詳しく説明する。

【0081】

k回目のペン信号検出期間で取得される受信信号Rxを X_k とし、その分散を $V(X_k)$ と表すこととすると、分散の加法性により、1～N回目のペン信号検出期間で取得されるN回分の受信信号 $X_1 \sim X_N$ を加算してなる信号（以下、単に「加算信号」と称する）の分散 V_{TOTAL} は、次の式（9）に示すように、個々のペン信号検出期間における受信信号Rxの分散の合計で表される。

【0082】

【数9】

10

20

30

40

50

$$V_{TOTAL} = V(X_1) + V(X_2) + V(X_3) + \dots + V(X_N) \quad \dots (9)$$

【0083】

受信信号 R_x に含まれるノイズの成分のみに着目すると、すべてのペン信号検出期間でノイズは同じ値になると考えられることから、加算信号の分散 V_{TOTAL} は、さらに次の式 (10) のように表される。ただし、 V 、 σ はそれぞれ、個々のペン信号検出期間における分散及び標準偏差である。

10

【0084】

【数10】

$$V_{TOTAL} = V + V + V + \dots + V = N \cdot V = N \cdot \sigma^2 \quad \dots (10)$$

【0085】

加算信号に現れるノイズの量は、加算信号の標準偏差 σ_{TOTAL} により表される。式 (10) より、この標準偏差 σ_{TOTAL} は次の式 (11) のように表されることから、センサコントローラ 31 におけるペン信号のペン信号検出期間が N 倍になったときにノイズのレベルが $N^{1/2}$ 倍に留まることが理解される。

20

【0086】

【数11】

$$\sigma_{TOTAL} = \sqrt{V_{TOTAL}} = \sqrt{N} \sigma \quad \dots (11)$$

30

【0087】

次に、センサコントローラ 31 が実行する電磁誘導ペン P の位置検出について、フロー図を参照しながら、より具体的に説明する。

【0088】

図 15～図 17 は、センサコントローラ 31 が実行する電磁誘導ペン P の位置検出の全体の流れを示すフロー図である。初めに図 15 を参照すると、電磁誘導ペン P を検出する前のセンサコントローラ 31 は、両端各 2 本の線状電極 E_L を除く各線状電極 E_L を選択対象として決定したうえで (ステップ S1)、選択対象の線状電極 E_L のうち最も端にあるものを選択する (ステップ S2)。また、センサコントローラ 31 は、端から 3 本のループコイル L_Cx を選択し、スイッチ 30c～30e を制御することにより、選択した 3 本のループコイル L_Cx を 1 つ目の接続形態 (例えば、図 4 に示した接続形態) で差動増幅器 30i に接続する (ステップ S3)。

40

【0089】

続いてセンサコントローラ 31 は、選択中の線状電極 E_L から交番磁界の送出を開始する (ステップ S4)。具体的には、スイッチ 30a を制御することにより、図 4 に示したように、選択中の線状電極 E_L を挟んで一方側に隣接する 2 本の線状電極 E_L を駆動回路 30g 内の交流電流 i_A の出力端子 (バッファ回路の出力端子) に接続し、選択中の線状電極 E_L を挟んで他方側に隣接する 2 本の線状電極 E_L を駆動回路 30g 内の交流電流 i_B の出力端子 (反転バッファ回路の出力端子) に接続し、駆動回路 30g への交流電流 T_x_EMR の供給を開始する。そして、センサコントローラ 31 は、ステップ S4 で送出

50

した交番磁界に応じて差動増幅器 30 i から出力される受信信号 $R_x \text{---} EMR$ のレベルを一時的に記憶する（ステップ S 5）。ここで記憶する受信信号 $R_x \text{---} EMR$ のレベルは、例えば、図 10（a）に示した位置導出期間の全体（交番磁界送出期間である位置導出期間、及び、交番磁界送出期間後の位置導出期間を含む）における最大値であることとしてもよいし、交番磁界送出期間後の位置導出期間における最大値であることとしてもよい。

【0090】

次にセンサコントローラ 31 は、すべての接続形態でステップ S 4～S 5 の処理を試行したか否かを判定する（ステップ S 6）。具体的には、図 4～図 6 に示した 3 通りの接続形態のすべてでステップ S 4～S 5 の処理を試行したか否かを判定する。この判定において、試行していないと判定したセンサコントローラ 31 は、スイッチ 30 c～30 e を制御することにより、選択中の 3 本のループコイル LC_x を次の接続形態（例えば、図 4 に示した接続形態の次は図 5 に示した接続形態、図 5 に示した接続形態の次は図 6 に示した接続形態）で差動増幅器 30 i に接続し（ステップ S 7）、ステップ S 4 に戻る。

【0091】

一方、ステップ S 6 において試行したと判定したセンサコントローラ 31 は、複数回のステップ S 5 の試行により一時的に記憶した複数の受信信号 $R_x \text{---} EMR$ のレベルに基づいて、ループコイル LC_x ごとのペン信号のレベルを導出する（ステップ S 8）。具体的には、上述した式（8）に示した復元演算を行う。

【0092】

次にセンサコントローラ 31 は、すべてのループコイル LC_x の選択を終了したか否かを判定し（ステップ S 9）、終了していないと判定した場合には、前回選択した 3 本のループコイル LC_x （ステップ S 3 又はステップ S 10 で選択したもの）に隣接する 3 本のループコイル LC_x を選択し、スイッチ 30 c～30 e の制御によって 1 つ目の接続形態（例えば、図 4 に示した接続形態）で差動増幅器 30 i に接続した後（ステップ S 10）、ステップ S 4 に戻る。一方、ステップ S 9 において終了したと判定した場合、センサコントローラ 31 は、ステップ S 1 で選択対象として決定したすべての線状電極 EL の選択を終了したか否かを判定し（ステップ S 11）、終了していないと判定した場合には、前回選択した線状電極 EL （ステップ S 2 又はステップ S 12 で選択したもの）に隣接する線状電極 EL を選択し（ステップ S 12）、ステップ S 4 に戻る。

【0093】

ステップ S 11 において終了したと判定したセンサコントローラ 31 は、ステップ S 8 の繰り返しによって得られた、線状電極 EL 及びループコイル LC_x の組み合わせごとのペン信号のレベルに基づき、ペン信号を検出したか否かを判定する（図 16 のステップ S 13）。一例では、この判定の結果は、所定値を上回るレベルが存在した場合に肯定となり、それ以外の場合に否定となる。

【0094】

ステップ S 13 においてペン信号を検出していないと判定したセンサコントローラ 31 は、図 15 のステップ S 1 に戻って処理を続ける。一方、ペン信号を検出したと判定したセンサコントローラ 31 は、図 15 のステップ S 8 において導出した線状電極 EL 及びループコイル LC_x の組み合わせごとのペン信号のレベルに基づいて電磁誘導ペン P の位置を導出し、ホストプロセッサ 32 に出力する（ステップ S 14）。

【0095】

次にセンサコントローラ 31 は、ステップ S 14 において導出した位置（後述するステップ S 28 からの遷移である場合には、前回のステップ S 28 で導出した位置）に基づき、所定本数（図 15 のステップ S 1 で選択対象として決定した線状電極 EL の本数よりも少ない本数。典型的には 3 本又は 4 本）の線状電極 EL （線状電極セット）及び $3n$ 本（ n は自然数であり、典型的には $n = 1$ 。ただし、 $3n$ はループコイル LC_x の総数よりも小さい数とする）のループコイル LC_x を選択対象として決定（更新）する（ステップ S 15）。

【0096】

続いてセンサコントローラ31は、選択対象の線状電極ELのうち最も端にあるものを選択する(ステップS16)。そして、選択対象のループコイルLCxのうち端から3本のループコイルLCxを選択し、スイッチ30c~30eを制御することにより、選択した3本のループコイルLCxを1つ目の接続形態(例えば、図4に示した接続形態)で差動増幅器30iに接続する(ステップS17)。

【0097】

図17に移り、次にセンサコントローラ31は、図15及び図16のステップS4~S13と同様の処理を行う(ステップS18~S27)。ただし、ここでの処理は、ステップS5では受信信号Rx__EMRのレベルのみを一時的に記憶するのに対し、ステップS19では受信信号Rx__EMRを構成する一連のデジタル値(サンプリングによって得られるもの)も記憶する点、ステップS9ではすべてのループコイルLCxの選択を終了したか否かを判定するのに対し、ステップS23ではステップS15で選択対象として決定したすべてのループコイルLCxの選択を終了したか否かを判定する点、ステップS11ではステップS1で選択対象として決定したすべての線状電極ELの選択を終了したか否かを判定するのに対し、ステップS25ではステップS15で選択対象として決定したすべての線状電極ELの選択を終了したか否かを判定する点で、ステップS4~S14の処理と相違する。なお、ステップS19で記憶する一連のデジタル値は、図10(a)に示した位置導出・データ受信期間のもののみでよい。

【0098】

ステップS27においてペン信号を検出したと判定したセンサコントローラ31は、電磁誘導ペンPの位置を導出するとともに、電磁誘導ペンPが送信したデータを取得し、ホストプロセッサ32に出力する(ステップS28)。具体的に説明すると、センサコントローラ31は、ステップS22において導出した線状電極EL及びループコイルLCxの組み合わせごとのペン信号のレベルに基づいて、電磁誘導ペンPの位置を導出する。また、センサコントローラ31は、導出した位置に最も近い線状電極EL及びループコイルLCxの組み合わせに関して、ステップS19で記憶しておいた一連のデジタル値を復調することにより、電磁誘導ペンPが送信したデータを取得する。ステップS28が終了した後、センサコントローラ31は、ステップS15に戻って処理を続ける。

【0099】

以上のような処理を採用することにより、本実施の形態によるセンサコントローラ31によれば、図16のステップS15で一旦線状電極セットを特定した後は、線状電極セットを構成する所定本数の線状電極ELからのみ交番磁界を送出することで電磁誘導ペンPの2次元位置を更新していくことが可能となるので、線状電極ELによりTxコイルを代用しつつも、消費電力の増大を防止することが可能になる。

【0100】

以上説明したように、本実施の形態による位置検出システム1によれば、一旦線状電極セットを特定した後は、線状電極セットを構成する所定本数の線状電極ELからのみ交番磁界を送出することで電磁誘導ペンPの2次元位置を更新していくことが可能となるので、線状電極ELによりTxコイルを代用しつつも、消費電力の増大を防止することが可能になる。

【0101】

また、本実施の形態による位置検出システム1によれば、線状電極EL_{m-1}、EL_{m-2}に流れる電流と線状電極EL_{m+1}、EL_{m+2}に流れる電流との間で位相ずれが発生することを防止できるので、線状電極ELによりTxコイルを代用する場合において、Rxコイル(ループコイルLCx)により検出される交番磁界に重畳するノイズを低減することも可能になる。

【0102】

また、本実施の形態による位置検出システム1によれば、位置検出の頻度を低下させることなく、かつ、センサコントローラ31の回路規模を増大させることなく、センサコントローラ31において受信されるペン信号のS/N比を向上させることが可能になる。

【0103】

また、本実施の形態による位置検出システム1によれば、y方向に並べて配置された1組の線状電極ELと、x方向に並べて配置された1組のループコイルLCxとによって、EMRセンサとタッチセンサ（指Fによるタッチを静電容量方式により検出するためのセンサ）の両方を実現することができるので、1つの位置検出装置の中にEMRセンサとタッチセンサを個別に設ける場合に比べ、位置検出装置の軽量化及びコスト削減を実現することが可能になる。

【0104】

また、本実施の形態による位置検出システム1によれば、受信信号Rx__EMRを受信するために差動増幅器30iを用いているので、ループコイルLCx間で抵抗値がバラつ

10

【0105】

なお、本実施の形態においては、式（7）に示した行列Fが3×3のWalsh符号により表される行列である例を説明したが、OVSF符号、M系列符号、Baker符号など、Walsh符号以外の符号により表される行列も、行列Fとして好適に用いること（すなわち、行列Fがこれらの符号となるように、各ペン信号検出期間におけるループコイルLCxの接続形態を設定すること）が可能である。

【0106】

一般化して説明すると、同時にk本のループコイルLCxを差動増幅器30iに対して直列に接続する場合（すなわち、センサコントローラ31が、いずれかの線状電極ELから交番磁界を送出している間に、隣接するk本のループコイルLCxを1セットとして各セットを順に選択し、その都度、選択したセットを構成するk本のループコイルLCxが接続極性の異なるk通りの接続形態で差動増幅器30iに対して直列に接続されることとなるよう、スイッチ30cを制御する場合）、以下の式（12）により表される連立方程式の係数行列としての行列F（k行k列の行列）のランクがkに等しければ、その行列Fに基づいて、各ペン信号検出期間におけるループコイルLCxの接続形態を決定することができる。別の言い方をすれば、行列Fの各列ベクトルが互いに線形独立の関係にあれば、その行列Fに基づいて、各ペン信号検出期間におけるループコイルLCxの接続形態を決定することができる。いずれの場合においても、式（12）が必ず解を持つことになるためである。

20

【0107】

【数12】

$$F \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \\ E_{m,n+2} \\ \vdots \\ E_{m,n+k} \end{pmatrix} = d_{series} \quad \cdots (12)$$

30

40

【0108】

また、本実施の形態では、行列Fの逆行列F⁻¹を用いて復元演算を行う例を説明したが、逆行列でない行列を用いて復元演算を行うことも可能である。以下、式（7）に示したベクトルd_{series}が得られている場合を例に取り、行列Fの逆行列でない行列として行列Fそのものを用いる復元演算の一例を説明する。

【0109】

50

この例では、まず、復元用の行列 F と、ペン信号検出期間 $T_1 \sim T_3$ における受信信号 R_x のレベル $-E_{m,n-1} + E_{m,n} - E_{m,n+1}$ 、 $+E_{m,n-1} - E_{m,n} - E_{m,n+1}$ 、 $-E_{m,n-1} - E_{m,n} + E_{m,n+1}$ とを用いて、行列 F の列がすべて 1 である場合に相当する受信信号 R_x のレベルを導出する。具体的には、以下の式 (13) に示す連立方程式を解いて a 、 b 、 c を求め、 $a + b + c$ を導出することにより、行列 F の列がすべて 1 である場合に相当する受信信号 R_x のレベルを導出すればよい。こうして導出されるレベルは、 $+E_{m,n-1} + E_{m,n} + E_{m,n+1}$ となる。

【0 1 1 0】

【数 1 3】

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -E_{m,n-1} + E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ +E_{m,n-1} - E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ -E_{m,n-1} - E_{m,n} + E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad \cdots (13)$$

10

【0 1 1 1】

次に、以下の式 (14) に示すように、すべての要素の値が 1 である列を行列 F の先頭に加えるとともに、値が $+E_{m,n-1} + E_{m,n} + E_{m,n+1}$ である行をベクトル d_{series} の先頭に加えたうえで、行列 F をベクトル d_{series} に乗算すると、式 (8) の演算結果を線形 (具体的には 4 倍) に増幅してなる結果が得られる。

20

【0 1 1 2】

【数 1 4】

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +E_{m,n-1} + E_{m,n} + E_{m,n+1} \\ -E_{m,n-1} + E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ +E_{m,n-1} - E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ -E_{m,n-1} - E_{m,n} + E_{m,n+1} \end{pmatrix} \\ = 4 \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad \cdots (14)$$

30

【0 1 1 3】

このように、行列 F の逆行列 F^{-1} でない行列を用いて復元演算を行う場合には、行列 F の列がすべて 1 である場合に相当する受信信号 R_x のレベルを導出する必要があるものの、行列 F の逆行列 F^{-1} を用いて復元演算を行う場合と同様、レベル $E_{m,n-1} \sim E_{m,n+1}$ を分離取得することができる。

40

【0 1 1 4】

なお、式 (14) では、式 (8) の演算結果を 4 倍に増幅してなる結果が得られているが、このように演算結果が大きくなることは、後段の演算の精度が向上することにつながるもので、好ましいことである。行列 F の逆行列 F^{-1} を用いて復元演算を行う場合についても同様のことが言える。以下、具体的な例を挙げて説明する。

【0 1 1 5】

行列 F が 4×4 の Walsh 符号である場合のベクトル d_{series} は、次の式 (15) のように表される。ただし、ベクトル e は、4 本のループコイル LC_x のそれぞれで受

50

信されるペン信号のレベルを示すベクトルである。

【 0 1 1 6】

【数 1 5】

$$d_{series} = Fe = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} e \quad \dots (15)$$

10

【 0 1 1 7】

式 (15) に示す行列 F の逆行列 F^{-1} は、式 (16) のように表される。

【 0 1 1 8】

【数 1 6】

$$F^{-1} = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \quad \dots (16)$$

20

【 0 1 1 9】

したがって、ベクトル e の復元演算を行う際、以下の式 (17) に示すように逆行列 F^{-1} に 4 を乗算しておけば、逆行列 F^{-1} による復元演算を行いつつも、本来のベクトル e の 4 倍のレベルを有するベクトルを得ることが可能になる。

【 0 1 2 0】

【数 1 7】

$$\begin{aligned} 4F^{-1}d_{series} &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} d_{series} \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} e \\ &= 4e \quad \dots (17) \end{aligned}$$

40

【 0 1 2 1】

次に、本発明の第 2 の実施の形態による位置検出システム 1 について、説明する。

【 0 1 2 2】

50

図18は、本実施の形態による位置検出システム1を構成する位置検出装置3内に配置されるスイッチ部30の内部構成を示す図である。本実施の形態によるスイッチ部30は、配線部30hが配線L1, L2を有しておらず、スイッチ30cも配線L1, L2に対応する出力ピンを有しない点、差動増幅器30iに代えてオペアンプ30nを有する点で、第1の実施の形態によるスイッチ部30と相違する。本実施の形態によるスイッチ30dは、センサコントローラ31の制御に応じて、配線L4をオペアンプ30nの入力端子に、配線L3を接地端に、それぞれ接続する役割を果たす。また、本実施の形態によるセンサコントローラ31は、電磁誘導ペンPの位置検出を行うために、3本のループコイルLCxを、直列ではなく並列にオペアンプ30nに対して接続する点で、第1の実施の形態によるセンサコントローラ31と相違する。その他の点では、本実施の形態による位置検出システム1は第1の実施の形態による位置検出システム1と同様であるので、以下では、第1の実施の形態による位置検出システム1との相違点に着目して説明を続ける。

【0123】

図19～図21はそれぞれ、本実施の形態によるセンサコントローラ31が電磁誘導ペンPの位置検出を行う場合におけるスイッチ部30の状態を示す図である。本実施の形態によるセンサコントローラ31は、線状電極EL_mから交番磁界を送出している間、隣接する3本のループコイルLCxを1セットとして各セットを順に選択し、その都度、選択したセットを構成する3本のループコイルLCxが接続極性の異なる3通りの接続形態でオペアンプ30nに対して並列に接続されることとなるよう、スイッチ30cを制御する処理を行う。この処理により、オペアンプ30nは、並列に接続された3本のループコイルLCxからなる複合コイルの一端の電位（接地端に対する電位）に基づいてペン信号のレベルを示す結果値を検出し、受信信号Rx__EMRとしてセンサコントローラ31に出力することになる。

【0124】

図19～図21は、上記3通りの接続形態での接続を示している。具体的に説明すると、図19の例では、オペアンプ30nの入力端子から見て、ループコイルLCx_{n-1}, LCx_{n+1}を左回り（図中に「-1」と表記）で接続し、ループコイルLCx_nを右回り（図中に「1」と表記）で接続している。また、図20の例では、オペアンプ30nの入力端子から見て、ループコイルLCx_{n-1}を右回りで接続し、ループコイルLCx_n, LCx_{n+1}を左回りで接続している。図21の例では、オペアンプ30nの入力端子から見て、ループコイルLCx_{n-1}, LCx_nを左回りで接続し、ループコイルLCx_{n+1}を右回りで接続している。

【0125】

以上のような接続を行うことの結果として、オペアンプ30nからセンサコントローラ31に供給される受信信号Rx__EMRは、次の式(18)に示すベクトルd_{parallel}で表されることになる。式(18)の中に示すレベルE_{m, n-1}～E_{m, n+1}の意味は、第1の実施の形態で説明したとおりである。式(18)の最終行に示すように、ベクトルd_{parallel}も、第1の実施の形態で説明したベクトルd_{series}と同様に、各ペン信号検出期間における接続極性を示す3×3の行列Fと、レベルE_{m, n-1}～E_{m, n+1}を表すベクトルとの積の形に変形することができる。

【0126】

【数18】

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 d_{parallel} &= \begin{pmatrix} -E_{m,n-1} + E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ +E_{m,n-1} - E_{m,n} - E_{m,n+1} \\ -E_{m,n-1} - E_{m,n} + E_{m,n+1} \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} = F \begin{pmatrix} E_{m,n-1} \\ E_{m,n} \\ E_{m,n+1} \end{pmatrix} \quad \cdots (18)
 \end{aligned}$$

10

【0127】

ベクトル $d_{parallel}$ がベクトル d_{series} と同じ形になっていることから理解されるように、本実施の形態においてもセンサコントローラ31は、ベクトル $d_{parallel}$ に行列 F の逆行列 F^{-1} を乗算することによって、ループコイル $LCx_{n-1} \sim LCx_{n+1}$ のそれぞれで受信されるペン信号のレベル $E_{m,n-1} \sim E_{m,n+1}$ を分離取得することができる。したがって、本実施の形態によるペン信号の受信方法によっても、第1の実施の形態と同様の効果を得ることが可能となる。具体的には、線状電極 EL により Tx コイルを代用しつつも、消費電力の増大を防止することが可能になり、また、線状電極 EL により Tx コイルを代用する場合において、 Rx コイル（ループコイル LCx ）により検出される交番磁界に重畳するノイズを低減することも可能になる。さらに、位置検出の頻度を低下させることなく、かつ、センサコントローラ31の回路規模を増大させることなく、センサコントローラ31において受信されるペン信号の S/N 比を向上させることが可能になる。ただし、この点に関して、複数のループコイル LCx を並列に接続する場合、直列に接続する場合に比べてインダクタンスが小さくなることから、本実施の形態では、第1の実施の形態に比べてペン信号のレベルが小さくなる。したがって、ペン信号の S/N 比を向上させる効果は、本実施の形態よりも第1の実施の形態の方が高いと言える。

20

【0128】

次に、本発明の第3の実施の形態による位置検出システム1について、説明する。

30

【0129】

図22は、本実施の形態による位置検出システム1を構成する位置検出装置3内に配置されるスイッチ部30の内部構成を示す図である。簡単のため、同図には、ループコイル LCx を5本（ループコイル $LCx_{n-2} \sim LCx_{n+2}$ ）、線状電極 EL を6本（線状電極 $EL_m \sim EL_{m+5}$ ）のみ図示している。この点は、後掲する図23～図25についても同様である。

【0130】

本実施の形態によるスイッチ部30は、スイッチ30aに代えてスイッチ30kを有する点、駆動回路30gに代えて駆動回路30mを有する点で、第2の実施の形態によるスイッチ部30と相違する。また、本実施の形態によるセンサコントローラ31は、電磁誘導ペンPの位置検出を行うために、6本の線状電極 $EL_m \sim EL_{m+5}$ に同時に交流電流を供給する一方、オペアンプ30nに同時に1本のループコイル LCx のみを接続する点で、第2の実施の形態によるセンサコントローラ31と相違する。その他の点では、本実施の形態による位置検出システム1は第2の実施の形態による位置検出システム1と同様であるので、以下では、第2の実施の形態による位置検出システム1との相違点に着目して説明を続ける。

40

【0131】

スイッチ30kは、タッチ面上に交番磁界を発生させるための交流電流 Tx_EMR を複数の線状電極 EL に供給するための構成であり、線状電極 EL ごとに設けられる出力ピ

50

ンと、出力ピンごとに設けられる2つの入力ピンとを有して構成される。各出力ピンは、対応する線状電極ELのx方向（長手方向）の一端に接続される。スイッチ30kは、センサコントローラ31の制御に応じて、線状電極ELごとに、各入力ピンをいずれかの出力ピンに接続する役割を果たす。

【0132】

駆動回路30mは、センサコントローラ31から供給される交流電流 T_x_EMR に応じて上述した交流電流 i_A 、 i_B を生成し、スイッチ30kを介して各線状電極ELに供給する回路である。駆動回路30mは、各線状電極ELに対応する2つの入力ピンの一方に交流電流 i_A を供給し、他方に交流電流 i_B を供給するよう構成される。

【0133】

図23～図25はそれぞれ、本実施の形態によるセンサコントローラ31が電磁誘導ペンPの位置検出を行う場合におけるスイッチ部30の状態を示す図である。本実施の形態によるセンサコントローラ31は、スイッチ30c～30eの制御によってループコイル LC_{xn} をオペアンプ30nに接続している間に、隣接する6本の線状電極ELを3本ずつずらしながら順に選択し、その都度、選択した6本の線状電極ELが3通りの接続形態で駆動回路30mに接続され、6本の線状電極ELの半数に交流電流 i_A が、残る半数に交流電流 i_B がそれぞれ生ずることとなるよう、スイッチ30cを制御する処理を行う。

【0134】

図23～図25は、上記3通りの接続形態での交流電流の供給を示している。具体的に説明すると、図23の例では、線状電極 EL_{m+1} 、 EL_{m+3} 、 EL_{m+5} に交流電流 i_A が、線状電極 EL_m 、 EL_{m+2} 、 EL_{m+4} に交流電流 i_B がそれぞれ供給されている。また、図24の例では、線状電極 $EL_{m+1} \sim EL_{m+3}$ に交流電流 i_A が、線状電極 EL_m 、 EL_{m+4} 、 EL_{m+5} に交流電流 i_B がそれぞれ供給されている。図25の例では、線状電極 $EL_{m+2} \sim EL_{m+4}$ に交流電流 i_A が、線状電極 EL_m 、 EL_{m+1} 、 EL_{m+5} に交流電流 i_B がそれぞれ供給されている。

【0135】

図26(a)～(c)は、図23～図25のそれぞれにおける交流電流の供給方法を模式的に示す図である。また、図26(d)～(f)は、それぞれ図26(a)～(c)に示した方法で6本の線状電極 $EL_m \sim EL_{m+5}$ に交流電流 i_A 、 i_B を供給した場合の等価回路を示す図である。これらの図に示すように、線状電極 EL_{m+k} (k は0, 1, 2のいずれか)と線状電極 EL_{m+k+3} とに対し、時間微分が互いに逆相になる交流電流を流した場合、その間に位置する線状電極 EL_{m+k+1} 、 EL_{m+k+2} に流れる電流によらず、線状電極 EL_{m+k} と線状電極 EL_{m+k+3} とでループコイルが形成されたと看做することができる。以下では、このループコイルを「擬似ループコイルPLC」と称し、特に線状電極 EL_{m+k} 、 EL_{m+k+3} によって構成される擬似ループコイルPLCを「擬似ループコイル PLC_{m+k} 」と称する。擬似ループコイル PLC_{m+k} の接続極性は、線状電極 EL_{m+k} に交流電流 i_A を供給し、線状電極 EL_{m+k+3} に交流電流 i_B を供給する場合（図中では「-」と表記）と、線状電極 EL_{m+k} に交流電流 i_B を供給し、線状電極 EL_{m+k+3} に交流電流 i_A を供給する場合（図中では「+」と表記）とで、互いに逆になる。

【0136】

線状電極 EL_{m+k} に交流電流 i_A を供給し、線状電極 EL_{m+k+3} に交流電流 i_B を供給しているときにループコイル LC_{xn} で受信されるペン信号のレベルを $E_{m+k, n}$ と表すことにすると、図26(a)に示す交流電流の供給を行う場合にオペアンプ30nからセンサコントローラ31に供給される受信信号 R_x_EMR （結果値）は、 $-E_{m, n} + E_{m+1, n} - E_{m+2, n}$ と表されることになる。図26(b)(c)に示す交流電流の供給を行う場合も同様であり、それぞれ $E_{m, n} - E_{m+1, n} - E_{m+2, n}$ 、 $-E_{m, n} - E_{m+1, n} + E_{m+2, n}$ と表されることになる。これをベクトル形式で表すと、次の式(19)に示すベクトル d_{tx} のように表される。そして、このベクトル d_{tx} は、上述したベクトル d_{series} やベクトル $d_{parallel}$ と同様に、擬似ループコイルPL

10

20

30

40

50

Cの接続極性を示す 3×3 の行列Fと、レベル $E_{m,n} \sim E_{m+2,n}$ を表すベクトルとの積の形に変形することができる。

【0137】

【数19】

$$d_{tx} = \begin{pmatrix} -E_{m,n} + E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ +E_{m,n} - E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ -E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n} \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix} = F \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix} \quad \cdots (19)$$

【0138】

ベクトル d_{tx} がベクトル d_{series} やベクトル $d_{parallel}$ と同じ形になっていることから理解されるように、本実施の形態においてもセンサコントローラ31は、ベクトル d_{tx} に行列Fの逆行列 F^{-1} を乗算することによって、擬似ループコイル $PLC_m \sim PLC_{m+2}$ のそれぞれから交番磁界を送出したときに受信されるペン信号のレベル $E_{m,n}$ 、 $E_{m+1,n}$ 、 $E_{m+2,n}$ を分離取得することができる。そして、本実施の形態による交流電流の供給方法によれば、3つの擬似ループコイル PLC のそれぞれから単独で交番磁界を送出する場合に比べ、各擬似ループコイル PLC から交番磁界を送出している期間の長さが3倍になるので、受信されるペン信号のレベルは3倍になる一方、受信されるノイズのレベルは $3^{1/2}$ 倍に留まる。したがって、本実施の形態による交流電流の供給方法によっても、センサコントローラ31において受信されるペン信号の S/N 比を向上させることが可能になると言える。

【0139】

図27～図29は、本実施の形態によるセンサコントローラ31が実行する電磁誘導ペンPの位置検出の全体の流れを示すフロー図である。初めに図27を参照すると、電磁誘導ペンPを検出する前のセンサコントローラ31は、最も端にある1本のループコイル LC_x を選択し、スイッチ30bを制御することにより、選択したループコイル LC_x をオペアンプ30nに接続する（ステップS30）。この処理には、スイッチ30dの制御によりオペアンプ30nを配線L4に接続するとともに配線L3を接地する一方、スイッチ30eの制御によりオペアンプ30jを配線L4から切り離す処理も含まれる。

【0140】

続いてセンサコントローラ31は、端から6本の線状電極ELを選択し、スイッチ30kを制御することにより、1つ目の接続形態（例えば、図23に示した接続形態）で駆動回路30mに接続する（ステップS31）。この処理には、スイッチ30fの制御により各線状電極ELのx方向の他端を接地する処理、及び、スイッチ30bの制御により各線状電極ELにタッチ検出用信号 $T_x \sim TP$ が供給されないようにする処理も含まれる。

【0141】

続いてセンサコントローラ31は、選択中の線状電極EL群から交番磁界の送出を開始する（ステップS32）。具体的には、駆動回路30mへの交流電流 $T_x \sim EMR$ の供給を開始する。これにより、6本の線状電極ELのそれぞれには、交流電流 i_A 、 i_B のいずれかが流れ、その結果として上述した擬似ループコイル PLC が形成され、交番磁界が送出されることになる。その後、センサコントローラ31は、ステップS32で送出した交番磁界に応じてオペアンプ30nから出力される受信信号 $R_x \sim EMR$ のレベルを一時的に記憶する（ステップS33）。ここで記憶するレベルの具体的な内容は、図15のス

テップ S 5 で記憶するものと同様でよい。

【0142】

次にセンサコントローラ 31 は、すべての接続形態でステップ S 32 ~ S 33 の処理を試行したか否かを判定する（ステップ S 34）。具体的には、図 23 ~ 図 25 に示した 3 通りの接続形態のすべてでステップ S 32 ~ S 33 の処理を試行したか否かを判定する。この判定において、試行していないと判定したセンサコントローラ 31 は、スイッチ 30k を制御することにより、選択中の 6 本の線状電極 EL を次の接続形態（例えば、図 23 に示した接続形態の次は図 24 に示した接続形態、図 24 に示した接続形態の次は図 25 に示した接続形態）で駆動回路 30m に接続し（ステップ S 35）、ステップ S 32 に戻る。

10

【0143】

一方、ステップ S 34 において試行したと判定したセンサコントローラ 31 は、複数回のステップ S 5 の試行により一時的に記憶した複数の受信信号 Rx __ EMR のレベルに基づいて、擬似ループコイル PLC ごとのペン信号のレベルを導出する（ステップ S 36）。具体的には、上述したベクトル d_{tx} に行列 F の逆行列 F^{-1} を乗算する演算（復元演算）を行う。

【0144】

次にセンサコントローラ 31 は、すべての線状電極 EL の選択を終了したか否かを判定し（ステップ S 37）、終了していないと判定した場合には、3 本分ずらして 6 本の線状電極 EL を選択し、スイッチ 30k の制御によって 1 つ目の接続形態（例えば、図 23 に示した接続形態）で駆動回路 30m に接続した後（ステップ S 38）、ステップ S 32 に戻る。一方、ステップ S 37 において終了したと判定した場合、センサコントローラ 31 は、すべてのループコイル LCx の選択を終了したか否かを判定し（ステップ S 39）、終了していないと判定した場合には、前回選択した 1 本のループコイル LCx（ステップ S 30 又はステップ S 40 で選択したもの）に隣接する 1 本のループコイル LCx を選択し、スイッチ 30c の制御によってオペアンプ 30n に接続した後（ステップ S 40）、ステップ S 32 に戻る。

20

【0145】

ステップ S 39 において終了したと判定したセンサコントローラ 31 は、ステップ S 36 の繰り返しによって得られた、擬似ループコイル PLC 及びループコイル LCx の組み合わせごとのペン信号のレベルに基づき、ペン信号を検出したか否かを判定する（図 28 のステップ S 41）。一例では、この判定の結果は、所定値を上回るレベルが存在した場合に肯定となり、それ以外の場合に否定となる。

30

【0146】

ステップ S 41 においてペン信号を検出していないと判定したセンサコントローラ 31 は、図 27 のステップ S 30 に戻って処理を続ける。一方、ペン信号を検出したと判定したセンサコントローラ 31 は、図 27 のステップ S 36 において導出した擬似ループコイル PLC 及びループコイル LCx の組み合わせごとのペン信号のレベルに基づいて電磁誘導ペン P の位置を導出し、ホストプロセッサ 32 に出力する（ステップ S 42）。

【0147】

次にセンサコントローラ 31 は、ステップ S 42 において導出した位置（後述するステップ S 56 からの遷移である場合には、前回のステップ S 56 で導出した位置）に基づき、 $3 + 3n$ 本（ n は自然数であり、典型的には $n = 1$ 。ただし、 $3 + 3n$ は線状電極 EL の総数よりも小さい数とする）の線状電極 EL（線状電極セット）及び所定本数（ループコイル LCx の総数よりも少ない本数。典型的には 3 本又は 4 本）のループコイル LCx を選択対象として決定する（ステップ S 43）。

40

【0148】

続いてセンサコントローラ 31 は、選択対象のループコイル LCx のうち最も端にあるものを選択し、スイッチ 30c の制御によってオペアンプ 30n に接続する（ステップ S 44）。また、センサコントローラ 31 は、選択対象の線状電極 EL のうち端から 6 本の

50

線状電極 E_L を選択し、スイッチ 30 k を制御することにより、選択した 6 本の線状電極 E_L を 1 つ目の接続形態（例えば、図 23 に示した接続形態）で駆動回路 30 m に接続する（ステップ S 45）。

【0149】

図 29 に移り、次にセンサコントローラ 31 は、図 27 及び図 28 のステップ S 32 ～ S 41 と同様の処理を行う（ステップ S 46 ～ S 55）。ただし、ここでの処理は、ステップ S 33 では受信信号 R_x_EMR のレベルのみを一時的に記憶するのに対し、ステップ S 47 では受信信号 R_x_EMR を構成する一連のデジタル値（サンプリングによって得られるもの）も記憶する点、ステップ S 37 ではすべての線状電極 E_L の選択を終了したか否かを判定するのに対し、ステップ S 51 ではステップ S 43 で選択対象として決定したすべての線状電極 E_L の選択を終了したか否かを判定する点、ステップ S 39 ではすべてのループコイル L_Cx の選択を終了したか否かを判定するのに対し、ステップ S 53 ではステップ S 43 で選択対象として決定したすべてのループコイル L_Cx の選択を終了したか否かを判定する点で、ステップ S 32 ～ S 41 の処理と相違する。

【0150】

ステップ S 55 においてペン信号を検出したと判定したセンサコントローラ 31 は、電磁誘導ペン P の位置を導出するとともに、電磁誘導ペン P が送信したデータを取得し、ホストプロセッサ 32 に出力する（ステップ S 56）。具体的に説明すると、センサコントローラ 31 は、ステップ S 50 において導出した擬似ループコイル PLC 及びループコイル L_Cx の組み合わせごとのペン信号のレベルに基づいて、電磁誘導ペン P の位置を導出する。また、センサコントローラ 31 は、導出した位置に最も近い擬似ループコイル PLC 及びループコイル L_Cx の組み合わせに関して、ステップ S 47 で記憶しておいた一連のデジタル値を復調することにより、電磁誘導ペン P が送信したデータを取得する。ステップ S 56 が終了した後、センサコントローラ 31 は、ステップ S 43 に戻って処理を続ける。

【0151】

以上のような処理を採用することにより、本実施の形態によるセンサコントローラ 31 によれば、図 28 のステップ S 43 で一旦線状電極セットを特定した後は、線状電極セットを構成する所定本数の線状電極 E_L からのみ交番磁界を送出することで電磁誘導ペン P の 2 次元位置を更新していくことが可能となるので、線状電極 E_L により T_x コイルを代用しつつも、消費電力の増大を防止することが可能になる。

【0152】

以上説明したように、本実施の形態による位置検出システム 1 によっても、一旦線状電極セットを特定した後は、線状電極セットを構成する所定本数の線状電極 E_L からのみ交番磁界を送出することで電磁誘導ペン P の 2 次元位置を更新していくことが可能となるので、線状電極 E_L により T_x コイルを代用しつつも、消費電力の増大を防止することが可能になる。

【0153】

また、本実施の形態による位置検出システム 1 によっても、交流電流 i_A 、 i_B を各線状電極 E_L の x 方向（長手方向）の一端（同じ側の端部）に供給しているので、各線状電極 E_L に流れる電流の間で位相ずれが発生することを防止できる。したがって、線状電極 E_L により T_x コイルを代用する場合において、 R_x コイル（ループコイル L_Cx ）により検出される交番磁界に重畳するノイズを低減することも可能になる。

【0154】

以上、本発明の好ましい実施の形態について説明したが、本発明はこうした実施の形態に何等限定されるものではなく、本発明が、その要旨を逸脱しない範囲において、種々なる態様で実施され得ることは勿論である。

【0155】

例えば、第 1 の実施の形態では、直列に接続された 3 本のループコイル L_Cx からなる複合コイルの両端間の電位に基づいて受信信号 R_x_EMR を生成する例を説明し、第 2

10

20

30

40

50

の実施の形態では、並列に接続された3本のループコイル LCx からなる複合コイルの一端の電位（接地端に対する電位）に基づいて受信信号 Rx_EMR を生成する例を説明したが、3本のループコイル LCx を直列に接続する場合に、該3本のループコイル LCx からなる複合コイルの一端の電位（接地端に対する電位）に基づいて受信信号 Rx_EMR を生成することとしてもよいし、3本のループコイル LCx を並列に接続する場合に、該3本のループコイル LCx からなる複合コイルの両端間の電位に基づいて受信信号 Rx_EMR を生成することとしてもよい。

【0156】

また、第1及び第2の実施の形態では、電磁誘導ペン P の位置を検出するために、隣接する3本のループコイル LCx を1セットとして用いる例を説明したが、隣接する2本のループコイル LCx を1セットとして用いてもよいし、隣接する4本以上のループコイル LCx を1セットとして用いてもよい。或いは、すべてのループコイル LCx を1セットとして用いてもよい。 n 本（ $n \geq 2$ ）のループコイル LCx を1セットとして用いる場合の行列 F は、 $n \times n$ の行列となる。

【0157】

また、第1及び第2の実施の形態では、スイッチ $30c$ を用いて複数のループコイル LCx の相互の接続形態を変えながら受信信号 Rx_EMR を生成する例を説明したが、各ループコイル LCx と演算回路の接続を変えながら受信信号 Rx_EMR を生成することとしてもよい。例えば、図11に示したペン信号検出期間 $T1$ では、ループコイル LCx_{n-1} 、 LCx_{n+1} を減算回路へ、ループコイル LCx_n を加算回路へそれぞれ接続し、ペン信号検出期間 $T2$ では、ループコイル LCx_n 、 LCx_{n+1} を減算回路へ、ループコイル LCx_{n-1} を加算回路へそれぞれ接続し、ペン信号検出期間 $T3$ では、ループコイル LCx_n を減算回路へ、ループコイル LCx_{n-1} 、 LCx_{n+1} を加算回路へそれぞれ接続することとすればよい。

【0158】

また、本発明の技術を応用し、ループコイル LCx の任意の接続形態に応じた受信信号 Rx_EMR を生成することとしてもよい。例えば、ループコイル LCx_1 とループコイル LCx_2 の差分 $E_{m,1} - E_{m,2}$ や、ループコイル LCx_1 とループコイル LCx_2 の加算信号からループコイル LCx_3 とループコイル LCx_4 の加算信号を減じてなる信号（ $E_{m,1} + E_{m,2}$ ） - （ $E_{m,3} + E_{m,4}$ ）を生成することとしてもよい。こうすることで、ループコイル LCx の任意の接続形態に応じたペン信号のレベルを取得することが可能になる。

【符号の説明】

【0159】

1 位置検出システム
3 位置検出装置
30 スイッチ部
30a～30f, 30k スイッチ
30g, 30m 駆動回路
30h 配線部
30i 差動増幅器
30j, 30n オペアンプ
31 センサコントローラ
32 ホストプロセッサ
EL 線状電極
F 指
L1～L4 配線
LCx ループコイル
P 電磁誘導ペン
PA1, PA2 プロロービング領域

10

20

30

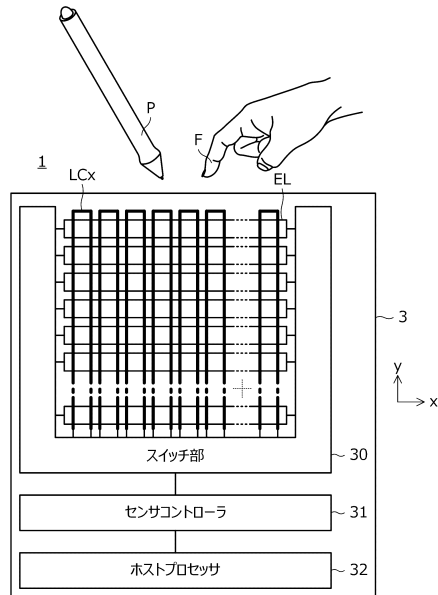
40

50

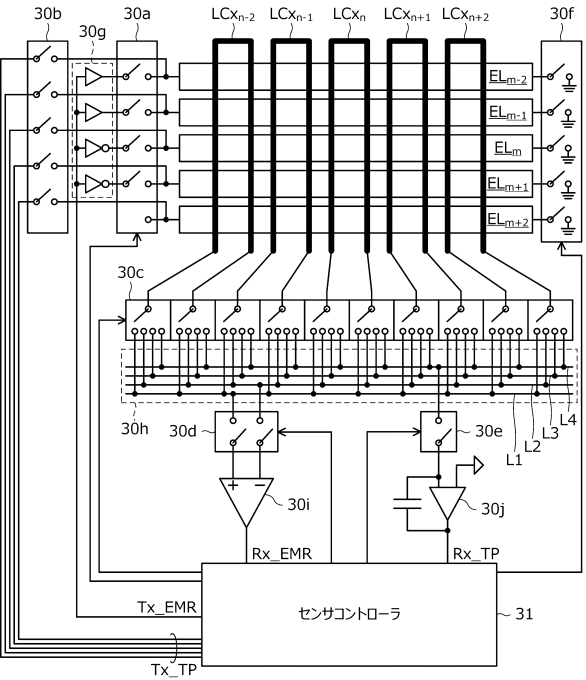
P L C 擬似ループコイル
T 1 ~ T 3 ペン信号検出期間
T x , T x _ E M R 交流電流
T x _ T P タッチ検出用信号
R x , R x _ E M R , R x _ T P 受信信号

【図面】

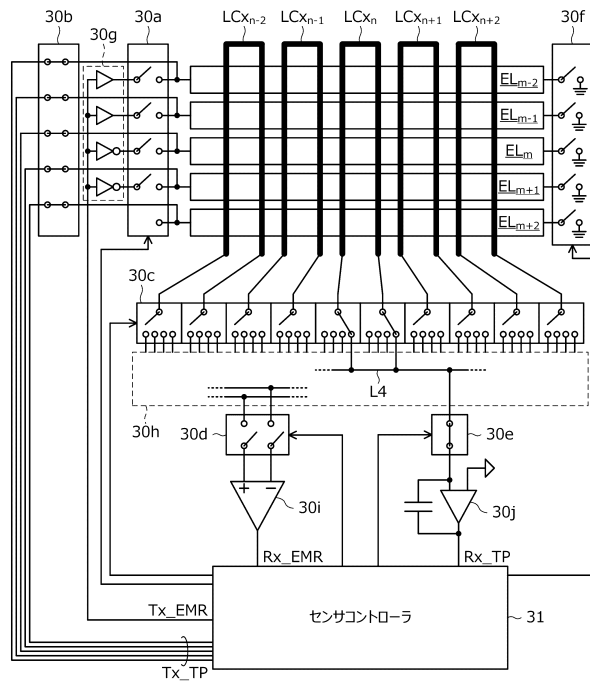
【図 1】



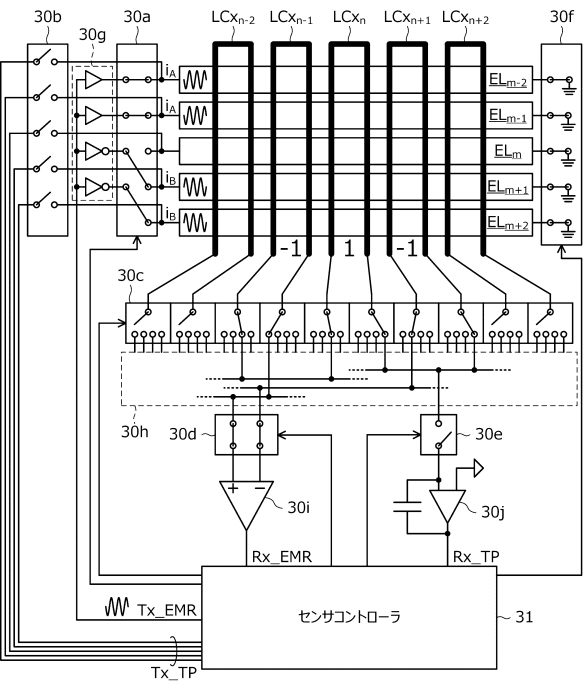
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

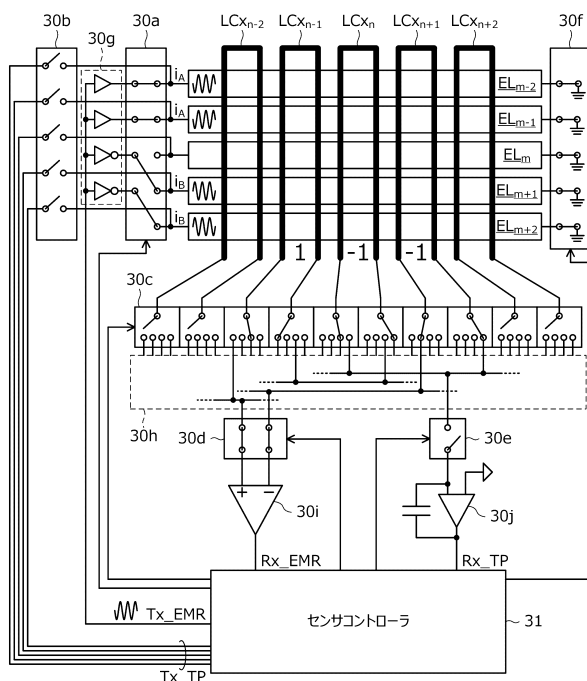
20

30

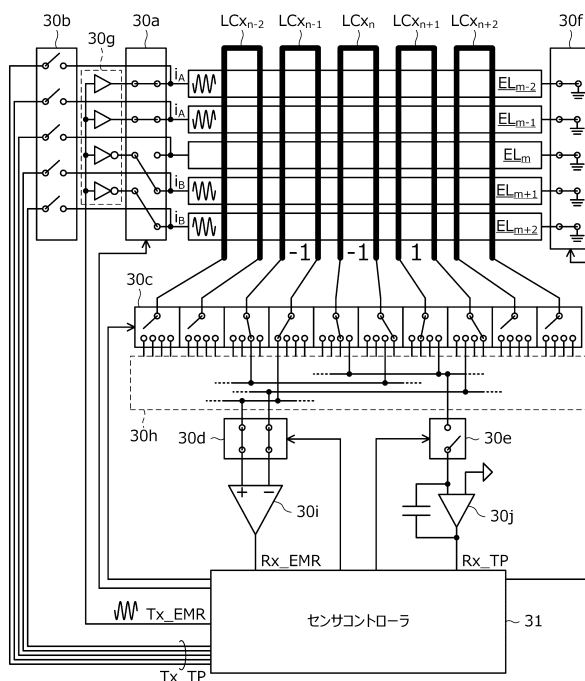
40

50

【図 5】



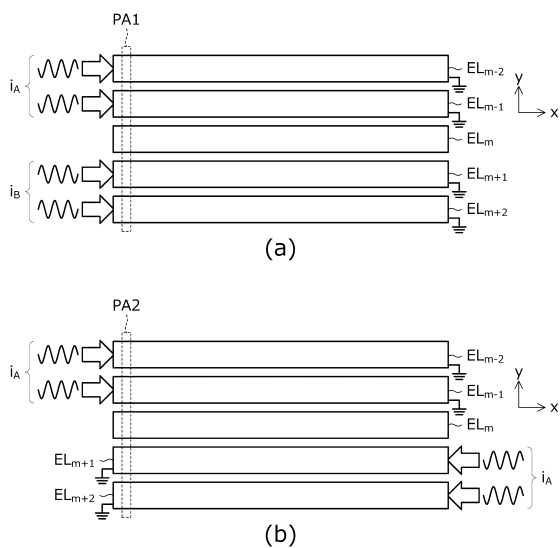
【圖 6】



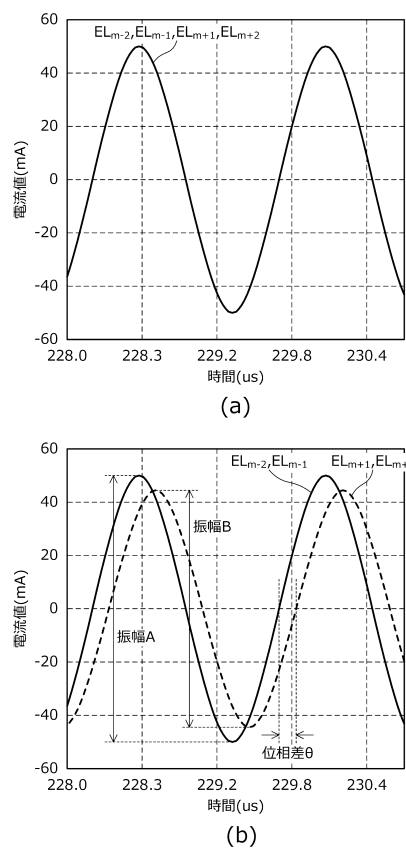
10

20

【圖 7】



【圖 8】

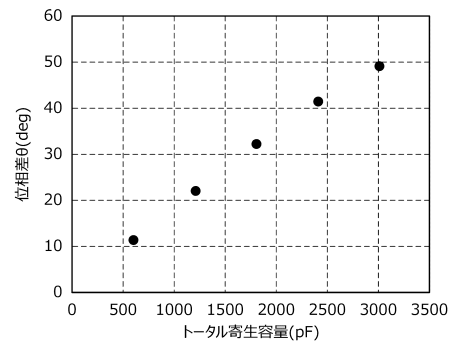


30

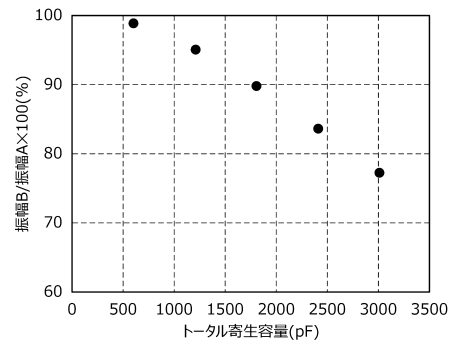
40

50

【図 9】

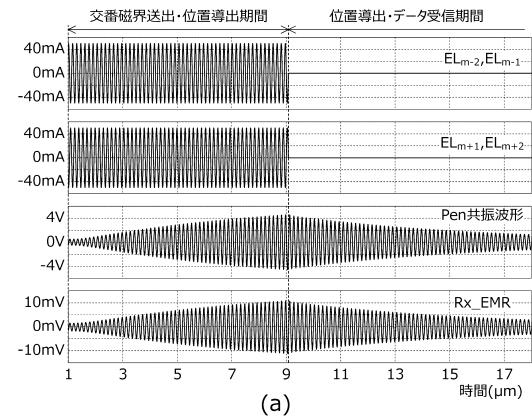


(a)

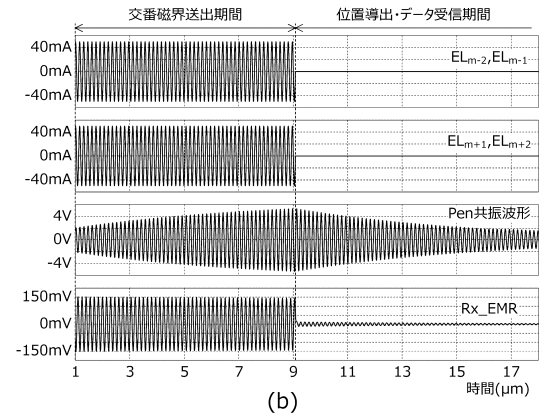


(b)

【図 10】

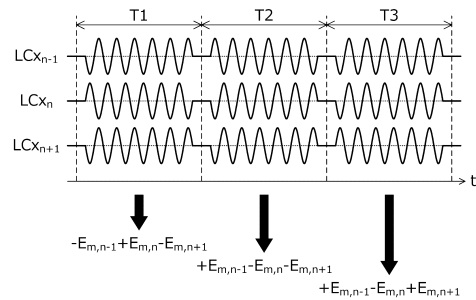


(a)

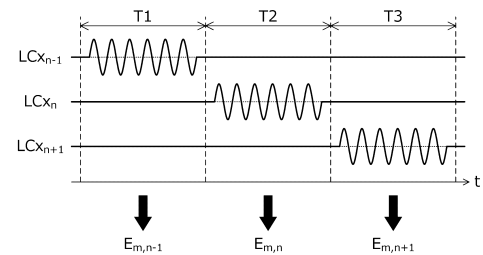


(b)

【図 11】



【図 12】



10

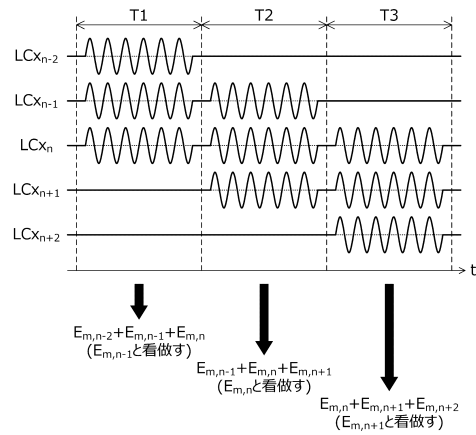
20

30

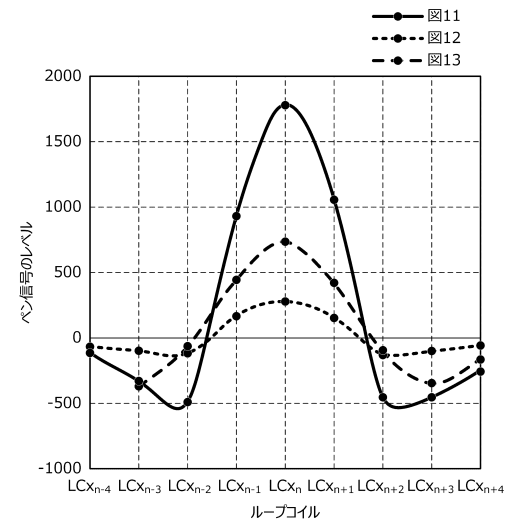
40

50

【図 1 3】

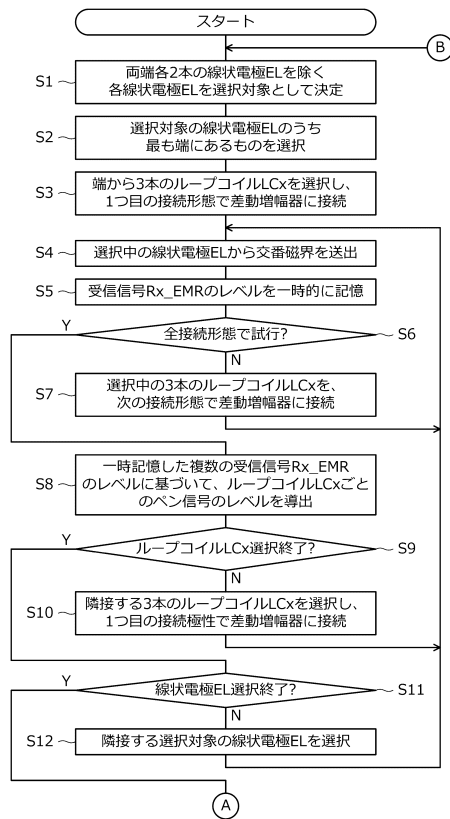


【図 1 4】

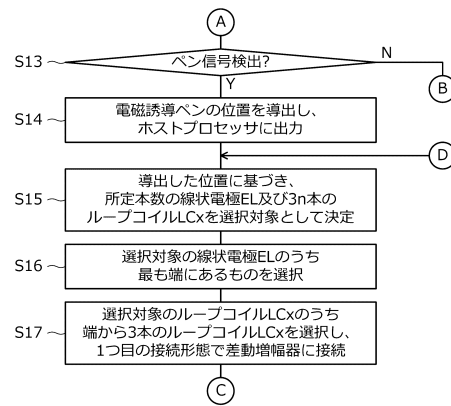


10

【図 1 5】



【図 1 6】



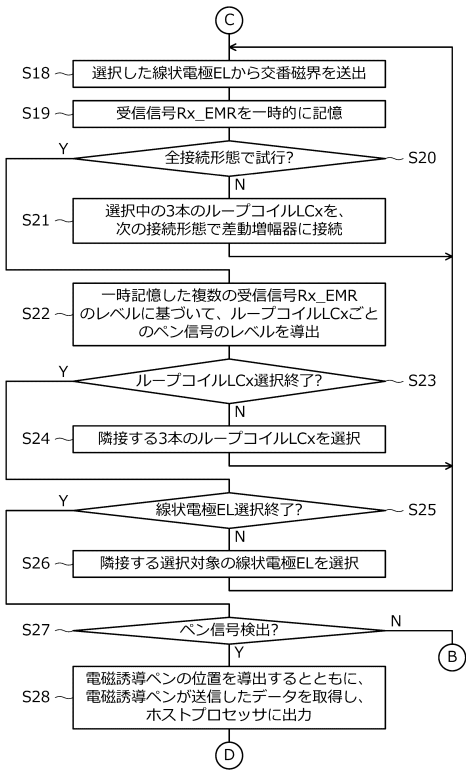
20

30

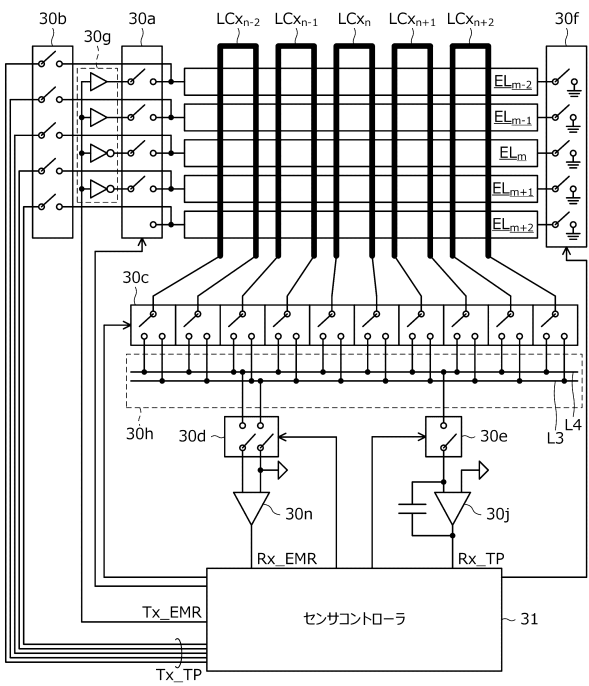
40

50

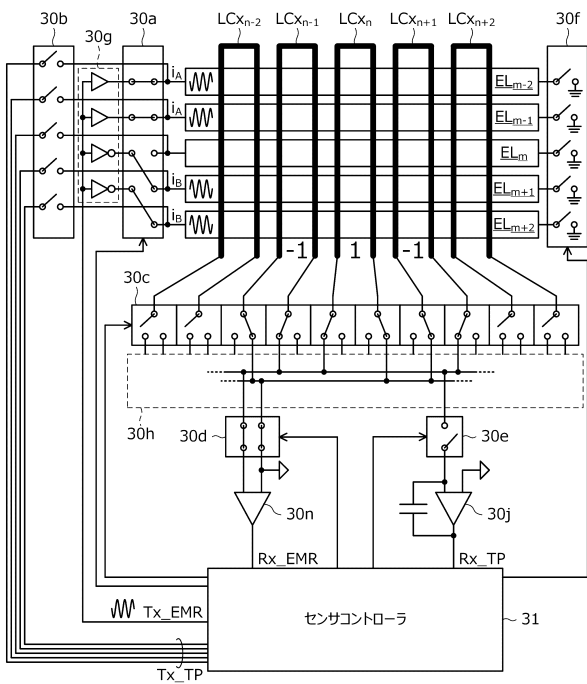
【図 17】



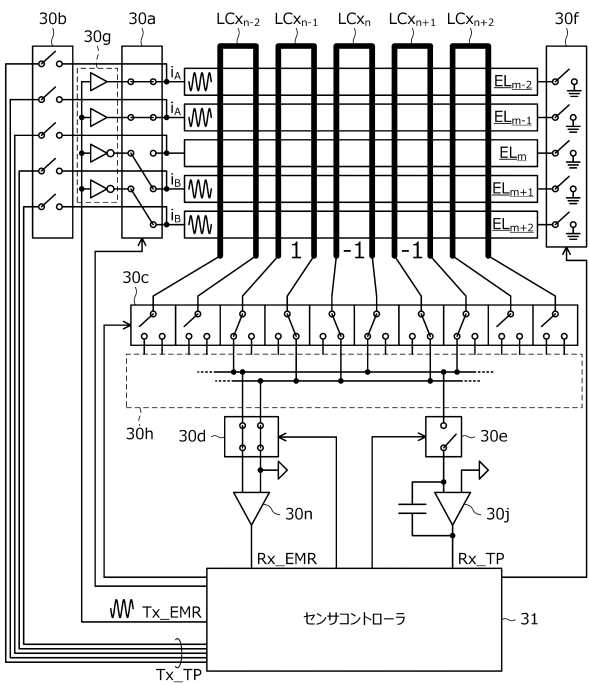
【図 18】



【図 19】



【図 20】



10

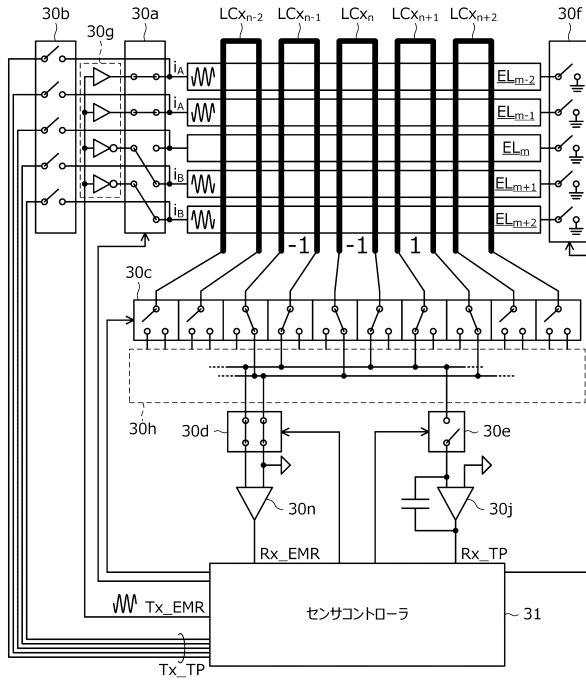
20

30

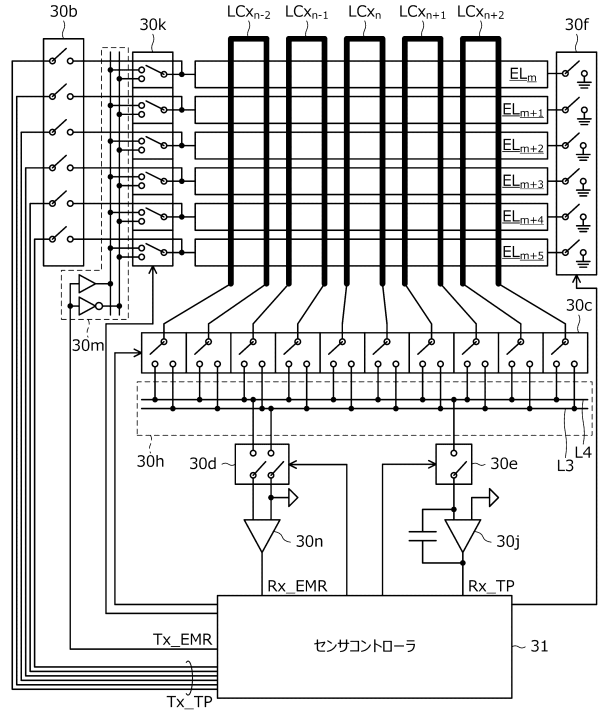
40

50

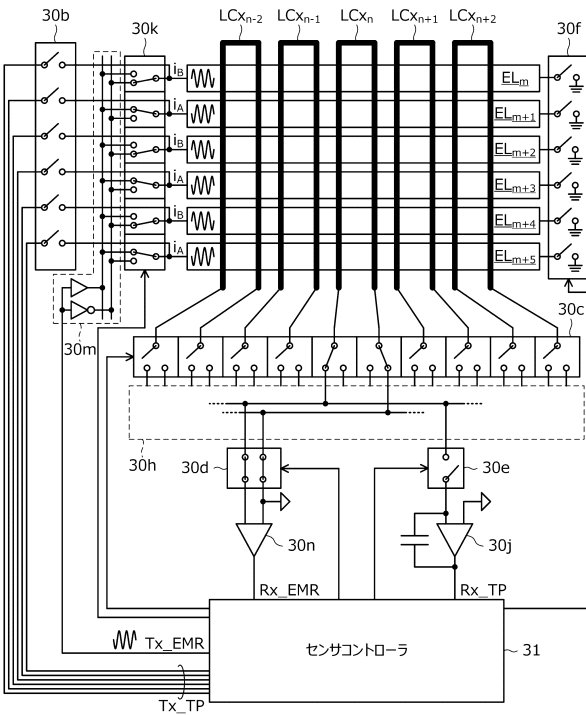
【図 2 1】



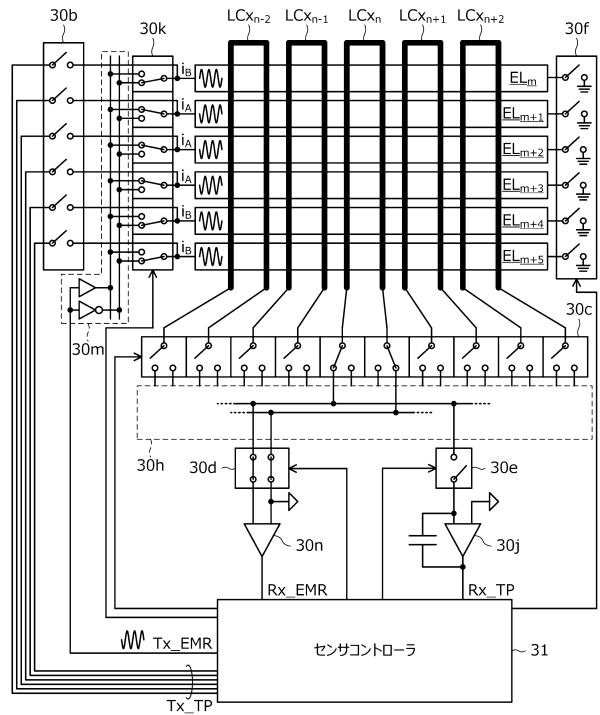
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



10

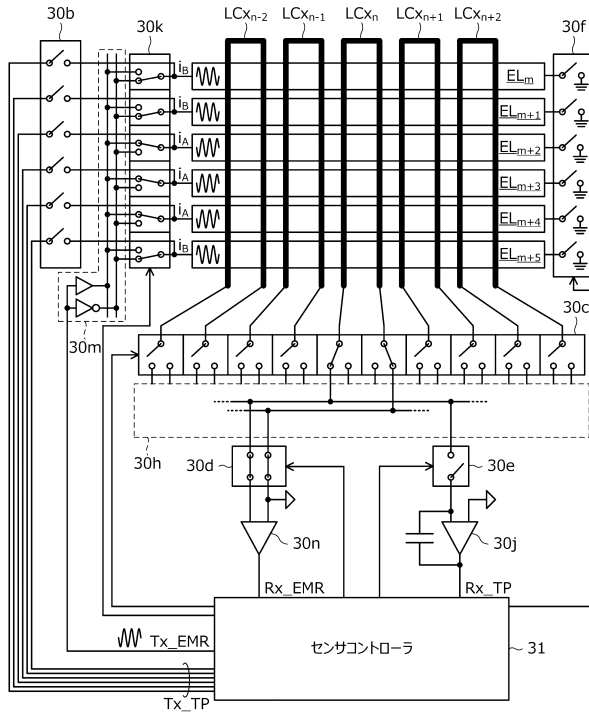
20

30

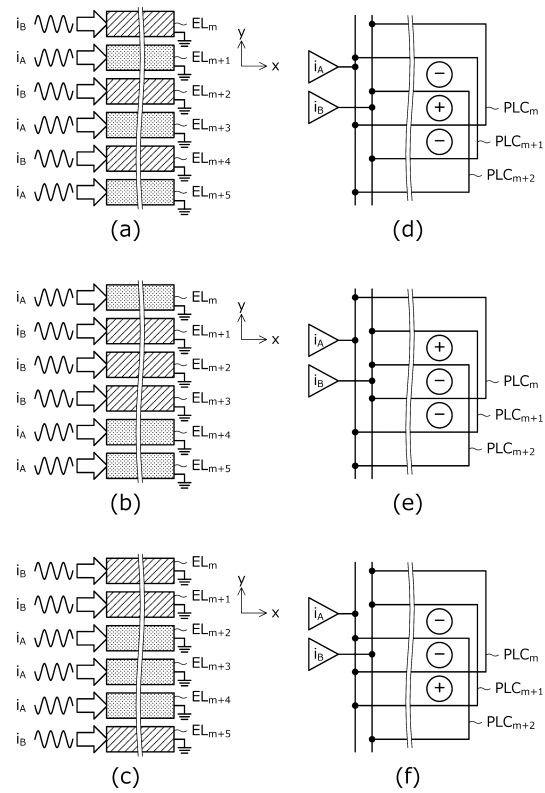
40

50

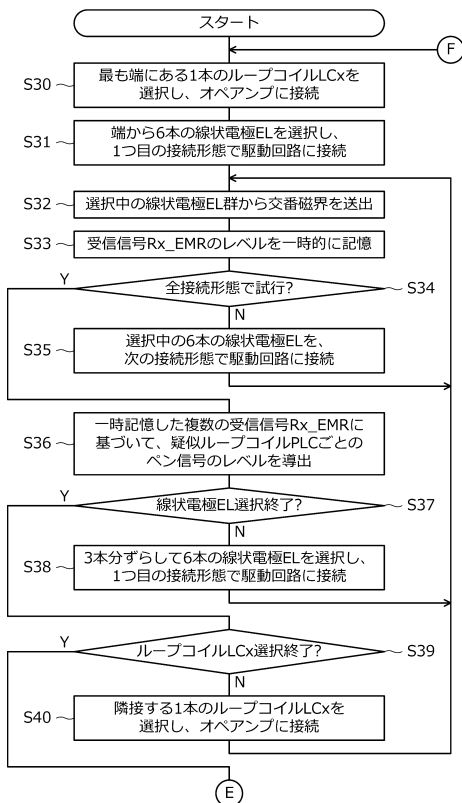
【図 25】



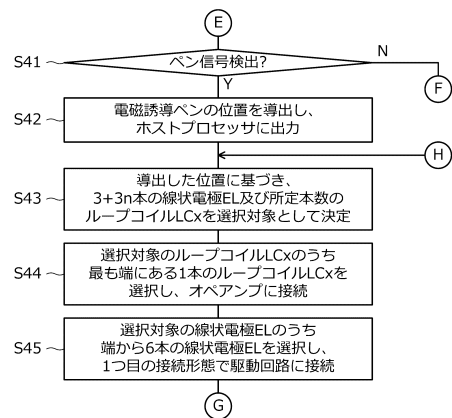
【図 26】



【図 27】



【図 28】



10

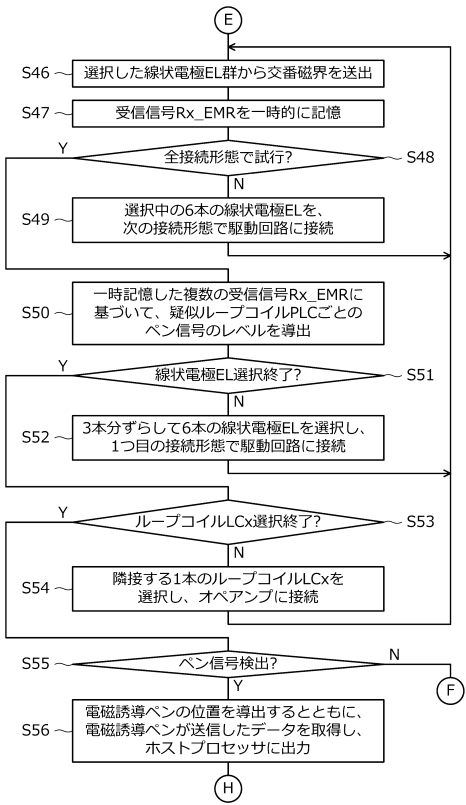
20

30

40

50

【図 29】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 2 2 0 1 5 3 (J P , A)
特開 2 0 2 2 - 0 1 2 3 8 5 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
- G 0 6 F 3 / 0 3
G 0 6 F 3 / 0 4 1 - 3 / 0 4 7