

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7678238号
(P7678238)

(45)発行日 令和7年5月15日(2025.5.15)

(24)登録日 令和7年5月7日(2025.5.7)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 F 3/041(2006.01)

G 0 6 F 3/041 5 2 2

G 0 6 F 3/046(2006.01)

G 0 6 F 3/046 A

請求項の数 12 (全44頁)

(21)出願番号	特願2024-558401(P2024-558401)	(73)特許権者	000139403
(86)(22)出願日	令和6年4月10日(2024.4.10)		株式会社ワコム
(86)国際出願番号	PCT/JP2024/014586		埼玉県加須市豊野台2丁目510番地1
(87)国際公開番号	WO2024/219308	(74)代理人	110004277
(87)国際公開日	令和6年10月24日(2024.10.24)		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2023-68142(P2023-68142)		埼玉県加須市豊野台二丁目510番地1
(32)優先日	令和5年4月18日(2023.4.18)		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二丁目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二丁目510番地1
			株式会社ワコム内
		審査官	仲野 一秀

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 位置検出方法、集積回路、及びセンサ装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の期間において、並設された複数の送出コイル導体のそれぞれを第1の接続形態で駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第1の結果を得るステップと、

前記第1の期間とは異なる第2の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第1の接続形態とは異なる第2の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第2の結果を得るステップと、

前記第1の結果及び前記第2の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出するステップと、

を含み、

前記第1の接続形態及び前記第2の接続形態は、前記送出コイル導体別の接続状態を示す複数のベクトルが互いに線形独立となる関係を有する、

位置検出方法。

【請求項2】

第1の期間において、並設された複数の送出コイル導体のそれぞれを第1の接続形態で駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体

から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第１の結果を得るステップと、

前記第１の期間とは異なる第２の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第１の接続形態とは異なる第２の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第２の結果を得るステップと、

前記第１の結果及び前記第２の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出するステップと、

を含み、

前記第１の接続形態及び前記第２の接続形態は、同時に交番磁界を送出する前記送出コイル導体の数に等しいランクを有する行列に基づいて決定される、

位置検出方法。

【請求項３】

第１の期間において、並設された複数の送出コイル導体のそれぞれを第１の接続形態で駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第１の結果を得るステップと、

前記第１の期間とは異なる第２の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第１の接続形態とは異なる第２の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第２の結果を得るステップと、

前記第１の結果及び前記第２の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出するステップと、

を含み、

前記複数の送出コイル導体はそれぞれ、時間微分が互いに逆相になる電流が流れる２本の線状電極により構成され、

前記２本の線状電極のうち一方に流れる電流と他方に流れる電流とは、符号が同一であり、かつ、互いにレベルが異なる、

位置検出方法。

【請求項４】

第１の期間において、並設された複数の送出コイル導体のそれぞれを第１の接続形態で駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第１の結果を得るステップと、

前記第１の期間とは異なる第２の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第１の接続形態とは異なる第２の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第２の結果を得るステップと、

前記第１の結果及び前記第２の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出するステップと、

を含み、

前記複数の送出コイル導体は、一列に並べて配置された複数の線状電極の一部である複数の前記線状電極によって構成され、かつ、前記複数の送出コイル導体を構成する複数の前記線状電極の間に、前記複数の送出コイル導体を構成しない前記線状電極が配置される、位置検出方法。

【請求項５】

並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続され、指示体の位

10

20

30

40

50

置を導出する集積回路であって、

第1の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第1の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第1の結果を取得し、

前記第1の期間とは異なる第2の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第1の接続形態とは異なる第2の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第2の結果を取得し、

前記第1の結果及び前記第2の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出し、

前記第1の接続形態及び前記第2の接続形態は、前記送出コイル導体別の接続状態を示す複数のベクトルが互いに線形独立となる関係を有する、

集積回路。

【請求項6】

並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続され、指示体の位置を導出する集積回路であって、

第1の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第1の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第1の結果を取得し、

前記第1の期間とは異なる第2の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第1の接続形態とは異なる第2の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第2の結果を取得し、

前記第1の結果及び前記第2の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出し、

前記第1の接続形態及び前記第2の接続形態は、同時に交番磁界を送出する前記送出コイル導体の数に等しいランクを有する行列に基づいて決定される、

集積回路。

【請求項7】

並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続され、指示体の位置を導出する集積回路であって、

第1の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第1の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第1の結果を取得し、

前記第1の期間とは異なる第2の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第1の接続形態とは異なる第2の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第2の結果を取得し、

前記第1の結果及び前記第2の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出し、

前記複数の送出コイル導体はそれぞれ、時間微分が互いに逆相になる電流が流れる2本の線状電極により構成され、

前記2本の線状電極のうちの一方に流れる電流と他方に流れる電流とは、符号が同一であり、かつ、互いにレベルが異なる、

集積回路。

【請求項8】

並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続され、指示体の位

10

20

30

40

50

置を導出する集積回路であって、

第１の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第１の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第１の結果を取得し、

前記第１の期間とは異なる第２の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第１の接続形態とは異なる第２の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第２の結果を取得し、

前記第１の結果及び前記第２の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出し、

前記複数の送出コイル導体は、一列に並べて配置された複数の線状電極の一部である複数の前記線状電極によって構成され、かつ、前記複数の送出コイル導体を構成する複数の前記線状電極の間に、前記複数の送出コイル導体を構成しない前記線状電極が配置される、集積回路。

【請求項９】

指示体の位置を導出するセンサ装置であって、

並設された複数の送出コイル導体と、

駆動回路と、

検出コイルと、

並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続された集積回路と、を備え、

前記集積回路は、

第１の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第１の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第１の結果を取得し、

前記第１の期間とは異なる第２の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第１の接続形態とは異なる第２の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第２の結果を取得し、

前記第１の結果及び前記第２の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出し、

前記第１の接続形態及び前記第２の接続形態は、前記送出コイル導体別の接続状態を示す複数のベクトルが互いに線形独立となる関係を有する、

センサ装置。

【請求項１０】

指示体の位置を導出するセンサ装置であって、

並設された複数の送出コイル導体と、

駆動回路と、

検出コイルと、

並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続された集積回路と、を備え、

前記集積回路は、

第１の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第１の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第１の結果を取得し、

前記第１の期間とは異なる第２の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第１の接続形態とは異なる第２の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路

10

20

30

40

50

から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第2の結果を取得し、

前記第1の結果及び前記第2の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出し、

前記第1の接続形態及び前記第2の接続形態は、同時に交番磁界を送出する前記送出コイル導体の数に等しいランクを有する行列に基づいて決定される、

センサ装置。

【請求項11】

指示体の位置を導出するセンサ装置であって、

並設された複数の送出コイル導体と、

駆動回路と、

検出コイルと、

並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続された集積回路と、を備え、

前記集積回路は、

第1の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第1の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第1の結果を取得し、

前記第1の期間とは異なる第2の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第1の接続形態とは異なる第2の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第2の結果を取得し、

前記第1の結果及び前記第2の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出し、

前記複数の送出コイル導体はそれぞれ、時間微分が互いに逆相になる電流が流れる2本の線状電極により構成され、

前記2本の線状電極のうちの一方に流れる電流と他方に流れる電流とは、符号が同一であり、かつ、互いにレベルが異なる、

センサ装置。

【請求項12】

指示体の位置を導出するセンサ装置であって、

並設された複数の送出コイル導体と、

駆動回路と、

検出コイルと、

並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続された集積回路と、を備え、

前記集積回路は、

第1の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第1の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第1の結果を取得し、

前記第1の期間とは異なる第2の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第1の接続形態とは異なる第2の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第2の結果を取得し、

前記第1の結果及び前記第2の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出し、

前記複数の送出コイル導体は、一列に並べて配置された複数の線状電極の一部である複数の前記線状電極によって構成され、かつ、前記複数の送出コイル導体を構成する複数の

10

20

30

40

50

前記線状電極の間に、前記複数の送出コイル導体を構成しない前記線状電極が配置される、センサ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位置検出方法、集積回路、及びセンサ装置に関する。

【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。特許文献1には、EMRセンサの一例が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第6698386号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、センサコントローラにおいて受信されるペン信号のS/N比は、できるだけ大きいことが好ましい。S/N比を向上させるための方法はいくつか考えられるが、そのうちの1つに、ペン信号の送信期間が長くなるように電磁誘導ペンを構成するという方法がある。センサコントローラにおけるペン信号の検出期間がN倍になると、受信されるペン信号のレベルがN倍になる一方、受信されるノイズのレベルは $N^{1/2}$ 倍に留まるからである。しかしながら一方で、ペン信号の送信期間を単純に長くしたとすると、位置検出の頻度の低下という別の問題が発生する。これに対し、センサコントローラにおいて複数のRxコイルで並行してペン信号を受信することとすれば、位置検出の頻度を低下させることなくペン信号の送信期間を長くすることも可能であるが、そうすると今度は、並行受信分の数の受信回路が必要になり、センサコントローラの回路規模が増大してしまうことになる。

【0005】

したがって、本発明の目的の一つは、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の回路規模を増大させることなく、センサコントローラ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のできる位置検出方法、集積回路、及びセンサ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明による位置検出方法は、第1の期間において、並設された複数の送出コイル導体のそれぞれを第1の接続形態で駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第1の結果を得るステップと、前記第1の期間とは異なる第2の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第1の接続形態とは異なる第2の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を検出コイルを用いて検出することにより第2の結果を得る

ステップと、前記第 1 の結果及び前記第 2 の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出するステップと、を含む位置検出方法である。

【0007】

本発明による集積回路は、並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続され、指示体の位置を導出する集積回路であって、第 1 の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第 1 の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第 1 の結果を取得し、前記第 1 の期間とは異なる第 2 の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第 1 の接続形態とは異なる第 2 の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第 2 の結果を取得し、前記第 1 の結果及び前記第 2 の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出する、集積回路である。

【0008】

本発明によるセンサ装置は、指示体の位置を導出するセンサ装置であって、並設された複数の送出コイル導体と、駆動回路と、検出コイルと、並設された複数の送出コイル導体、駆動回路、及び検出コイルに接続された集積回路と、を備え、前記集積回路は、第 1 の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを第 1 の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第 1 の結果を取得し、前記第 1 の期間とは異なる第 2 の期間において、前記複数の送出コイル導体のそれぞれを前記第 1 の接続形態とは異なる第 2 の接続形態で前記駆動回路に接続し、該駆動回路から供給される交流電流により前記複数の送出コイル導体から同時に送出される交番磁界に応じて前記指示体が生成する交番磁界を前記検出コイルを用いて検出することにより第 2 の結果を取得し、前記第 1 の結果及び前記第 2 の結果に基づいて、前記指示体の位置を導出する、センサ装置である。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、第 1 の期間及び第 2 の期間のそれぞれにおいて複数の送出コイル導体から同時に交番磁界を送出し、かつ、検出コイルにより検出された信号を送出コイル導体ごとに分離することができるので、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の回路規模を増大させることなく、センサコントローラ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。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【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。

【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 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】オペアンプ 30e 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。

【図 7】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 8】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 9】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 10】本発明の第 1 の実施の形態の第 1 の比較例による受信信号 R_x を説明する図である。

【図 11】本発明の第 1 の実施の形態の第 2 の比較例による受信信号 R_x を説明する図である。

【図 12】電磁誘導ペン P がループコイル LC_{ym} 上に位置している場合に、その近傍の各ループコイル LC_{ym} から送出された交番磁界に応じて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。

【図 13】本発明の第 2 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。

10

【図 14】図 13 に示したスイッチ部 30 の内部構成を示す図である。

【図 15】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 16】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 17】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 18】本発明の第 3 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。

【図 19】図 18 に示したスイッチ部 30 の内部構成を示す図である。

【図 20】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。

20

【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】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 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】(a) ~ (c) は、図 21 ~ 図 23 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 $EL_m \sim EL_{m+5}$ 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。

30

【図 25】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 26】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 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】(a) ~ (c) はそれぞれ、図 24 (a) ~ (c) の接続形態において、電磁誘導ペン P が擬似ループコイル PLC_{m+1} の上方に位置している場合にセンサコントローラ 31 に入力される受信信号 $R_x _ EMR(-E_{m,n} + E_{m+1,n} - E_{m+2,n}, E_{m,n} - E_{m+1,n} - E_{m+2,n}, -E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n})$ を示す図であり、(d) ~ (f) はそれぞれ、(a) ~ (c) に示す受信信号 $R_x _ EMR$ が取得された場合に得られるペン信号のレベル $E_{m,n}$, $E_{m+1,n}$, $E_{m+2,n}$ を示す図である。

40

【図 29】電磁誘導ペン P の傾きを示す角度 θ , ϕ について説明する図である。

【図 30】(θ , ϕ) = (0, 0) の場合に取得されるペン信号のレベルを示す図である。

【図 31】(θ , ϕ) = (60, 0) の場合に取得されるペン信号のレベルを示す図である。

【図 32】(θ , ϕ) = (60, 90) の場合に取得されるペン信号のレベルを示す図である。

【図 33】(θ , ϕ) = (60, 180) の場合に取得されるペン信号のレベルを示す図

50

である。

【図 3 4】 (a) は、本発明の第 3 の実施の形態による位置検出システム 1 における線状電極 E L の選択方法を説明する図であり、(b) は、本発明の第 4 の実施の形態による位置検出システム 1 における線状電極 E L の選択方法を説明する図である。

【図 3 5】 (a) (b) (c) はそれぞれ、CDM 1、CDM 3、CDM 7 における線状電極 E L の選択方法を示す図であり、(d) (e) (f) はそれぞれ、CDM 1、CDM 3、CDM 7 により得られるペン信号のレベル（復元演算を行う場合は復元演算後のレベル）を示す図である。

【図 3 6】 (a) (b) は、CDM 1、CDM 3、CDM 7 のそれぞれを用いる場合に取得されるペン信号のレベルを示す図であり、(c) は、CDM 1、CDM 3、CDM 7 のそれぞれにおけるペン信号のレベルのピーク値について、測定値と理論値をプロットしてなる図である。

10

【図 3 7】 $(\theta, \phi) = (0, 0)$ の場合に取得されるペン信号のレベルを示す図である。

【図 3 8】 $(\theta, \phi) = (60, 0)$ の場合に取得されるペン信号のレベルを示す図である。

【図 3 9】 $(\theta, \phi) = (60, 90)$ の場合に取得されるペン信号のレベルを示す図である。

【図 4 0】 $(\theta, \phi) = (60, 180)$ の場合に取得されるペン信号のレベルを示す図である。

【図 4 1】 (a) (b) (c) は、互いに異なる方法で擬似ループコイル PLC から交番磁界を送出する場合を示す図であり、(d) (e) (f) は、それぞれ (a) (b) (c) に示す方法により擬似ループコイル PLC から交番磁界を送出する場合に得られるペン信号のレベルを示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0011】

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。

【0012】

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。

30

【0013】

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であり、複数のループコイル LCx（検出コイル）、複数のループコイル LCy（送付コイル導体）、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。

【0014】

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 LCx 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、複数のループコイル LCy 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 LCx 及び各ループコイル LCy は、いずれも両端でスイッチ部 30 に接続される。

40

【0015】

スイッチ部 30 は、複数のループコイル LCx 及び複数のループコイル LCy 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。

50

【0016】

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、5本のループコイル LC_x 及び3本のループコイル LC_y のみ（ループコイル $LC_{x_{n-2}} \sim LC_{x_{n+2}}$ 、ループコイル $LC_{y_m} \sim LC_{y_{m+2}}$ ）を図示している。この点は、後掲する図3～図5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、2種類のスイッチ30a、30bと、駆動回路30cと、配線部30dと、オペアンプ30eとを含んで構成される。

【0017】

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 及び接地電位をループコイル LC_y に供給するための構成であり、ループコイル LC_y の端部ごとに設けられる出力ピンと、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。2つの入力ピン的一方には駆動回路30cから交流電流が供給され、他方には駆動回路30cから接地電位が供給される。スイッチ30aは、センサコントローラ31の制御に応じて、各出力ピンを、対応する2つの入力ピンのいずれかに接続する役割を果たす。

【0018】

駆動回路30cは、センサコントローラ31から供給される交流電流 T_x に応じて交流電流を生成し、スイッチ30aを介して各ループコイル LC_y に供給する回路である。駆動回路30cが交流電流 T_x に応じて交流電流を生成する処理は、典型的には、交流電流 T_x の増幅処理である。駆動回路30cは、スイッチ30aを介して各ループコイル LC_y に接地電位を供給する役割も果たす。駆動回路30cは、生成した交流電流をスイッチ30a内の各ループコイル LC_y に対応する2つの入力ピンの各一方に共通に供給し、接地電位をスイッチ30a内の各ループコイル LC_y に対応する2つの入力ピンの各他方に共通に供給する。

【0019】

スイッチ30b及び配線部30dは、各ループコイル LC_x で受信されたペン信号（ループコイル LC_y において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）をオペアンプ30eに供給するための構成である。スイッチ30b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4つの出力ピンのいずれかに接続する役割を果たす。

【0020】

配線部30dは、2本の配線 L_1 、 L_2 を有して構成される。このうち配線 L_1 は、接地されている。スイッチ30bの入力ピンごとの2つの出力ピンはこれら2本の配線 L_1 、 L_2 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。

【0021】

オペアンプ30e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受信信号 R_x 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。オペアンプ30eの入力端子は配線部30dの配線 L_2 に接続されており、これにより受信信号 R_x は、配線 L_2 に現れた信号を増幅したものとなる。オペアンプ30eにより生成された受信信号 R_x は、センサコントローラ31に供給される。オペアンプ30eに代え、配線 L_2 と配線 L_1 の間の電圧差を増幅することによって受信信号 R_x を生成する差動増幅器を用いることとしてもよい。

【0022】

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を有する集積回路である。センサコントローラ31は、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。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。

【0023】

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

10

20

30

40

50

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。

【0024】

以下、図3～図5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の位置検出処理について、具体的に説明する。

【0025】

図3～図5はそれぞれ、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。センサコントローラ31は、スイッチ30bの制御によっていずれかのループコイルLCx（図3～図5ではループコイルLCx_n）をオペアンプ30eに接続している間に、隣接する3本のループコイルLCy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LCyが接続極性の異なる3通りの接続形態で駆動回路30cに対して接続されることとなるよう、スイッチ30aを制御する処理を行う。

【0026】

図3～図5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3の例では、駆動回路30cから見て、ループコイルLCy_mを左回り（図中に「-1」と表記）で接続し、ループコイルLCy_{m+1}を右回り（図中に「1」と表記）で接続し、最後にループコイルLCy_{m+2}を左周りで接続している。また、図4の例では、駆動回路30cから見て、ループコイルLCy_mを右回りで接続し、ループコイルLCy_{m+1}を左回りで接続し、ループコイルLCy_{m+2}を左周りで接続している。図5の例では、駆動回路30cから見て、ループコイルLCy_mを左回りで接続し、ループコイルLCy_{m+1}を左回りで接続し、ループコイルLCy_{m+2}を右周りで接続している。

【0027】

図6は、以上のような接続を行うことの結果として、オペアンプ30e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。図示したペン信号検出期間T1～T3（第1～第3の期間）は、それぞれ図3～図5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の送出時間が配置されるが、図6では省略している。また、実際の受信信号Rxは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6では減衰の描写をしていない。これらの点は、後掲する図10及び図11でも同様である。

【0028】

図6を参照すると、ペン信号検出期間T1において送出される交番磁界は、ループコイルLCy_{m+1}とループコイルLCy_m、LCy_{m+2}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LCy_{m+1}が右回り、ループコイルLCy_m、LCy_{m+2}が左回りとなることによるものである。その結果、ループコイルLCy_m～LCy_{m+2}のそれぞれから送出される交番磁界に応じてループコイルLCx_nで受信されるペン信号のレベルをレベルE_{m, n}～E_{m+2, n}と記すことにすると、図6に示すように、ペン信号検出期間T1においてオペアンプ30eからセンサコントローラ31に供給される受信信号Rx（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。ペン信号検出期間T2、T3についても同様であり、それぞれ $+E_{m, n} - E_{m+1, n} + E_{m+2, n}$ と表されることになる。

【0029】

次の式（1）に示すベクトルd_{LC}は、ペン信号検出期間T1～T3のそれぞれで受信される受信信号Rxをベクトル形式で記載したものである。ベクトルd_{LC}は、式（1）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}～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。なお、式（1）に示す行列Fは、3×3のWalsh符号になっている。

【 0 0 3 0 】

【 数 1 】

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

10

【 0 0 3 1 】

センサコントローラ 31 は、ベクトル d_{LC} に対して次の式 (2) の左辺に示す演算を行うことにより、レベル $E_{m,n} \sim E_{m+2,n}$ を分離取得する。ただし、式 (2) 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 (2) 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 (2) 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 (2) の右辺に示すように、ループコイル $LCy_m \sim LCy_{m+2}$ のそれぞれから送出される交番磁界に応じてループコイル LCx_n で受信されるペン信号のレベル $E_{m,n} \sim E_{m+2,n}$ を分離取得することができることになる。

20

【 0 0 3 2 】

【 数 2 】

$$F^{-1}d_{LC} = F^{-1}F \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix} = I \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix} \quad \cdots (2)$$

30

【 0 0 3 3 】

センサコントローラ 31 は、式 (2) と同様の演算をループコイル LCy の各セットについて実行することにより、複数のループコイル LCy_m のそれぞれから交番磁界を送出した場合にループコイル LCx_n 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、ペン信号を受信するループコイル LCx を変えながら同様の処理を行うことにより、複数のループコイル LCy_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。

40

【 0 0 3 4 】

図 7 ～ 図 9 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 7 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 LCx を選択してオペアンプ 30e に接続するとともに (ステップ S1)、端から 3 本のループコイル LCy を選択し、1 つ目の接続形態 (例えば、図 3 に示した接続形態) で駆動回路 3

50

0 c に接続する（ステップ S 2）。

【0035】

続いてセンサコントローラ 31 は、選択中のループコイル L C y 群から交番磁界の送出を開始する（ステップ S 3）。具体的には、駆動回路 30 c への交流電流 T x の供給を開始する。これにより、3 本のループコイル L C y のそれぞれに左回り又は右回りのいずれかで交流電流が生じ、その結果として、3 本のループコイル L C y のそれぞれから、交流電流の向きに応じた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 S 3 で送出した交番磁界に応じてオペアンプ 30 e から出力される受信信号 R x のレベルを一時的に記憶する（ステップ S 4）。

【0036】

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 3 ～ S 4 の処理を試行したか否かを判定する（ステップ S 5）。具体的には、図 3 ～ 図 5 に示した 3 通りの接続形態のすべてでステップ S 3 ～ S 4 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 a を制御することにより、選択中の 3 本のループコイル L C y を次の接続形態（例えば、図 3 に示した接続形態の次は図 4 に示した接続形態、図 4 に示した接続形態の次は図 5 に示した接続形態）で駆動回路 30 c に接続し（ステップ S 6）、ステップ S 3 に戻る。

【0037】

一方、ステップ S 5 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 4 の試行により一時的に記憶した複数の受信信号 R x のレベルに基づいて、ループコイル L C y ごとのペン信号のレベルを導出する（ステップ S 7）。具体的には、上述したベクトル d_{LC} に行列 F の逆行列 F^{-1} を乗算する演算（復元演算）を行う。

【0038】

次にセンサコントローラ 31 は、すべてのループコイル L C y の選択を終了したか否かを判定し（ステップ S 8）、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 L C y（ステップ S 2 又はステップ S 9 で選択したもの）に隣接する 3 本のループコイル L C y を選択し、スイッチ 30 a の制御によって 1 つ目の接続形態（例えば、図 3 に示した接続形態）で駆動回路 30 c に接続した後（ステップ S 9）、ステップ S 3 に戻る。一方、ステップ S 8 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 L C x の選択を終了したか否かを判定し（ステップ S 10）、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 L C x（ステップ S 1 又はステップ S 11 で選択したもの）に隣接する 1 本のループコイル L C x を選択してオペアンプ 30 e に接続し（ステップ S 11）、ステップ S 3 に戻る。

【0039】

ステップ S 10 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 7 の繰り返しによって得られた、ループコイル L C y 及びループコイル L C 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 8 のステップ S 12）。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。

【0040】

ステップ S 12 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 7 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 7 のステップ S 7 において導出したループコイル L C y 及びループコイル L C 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 13）。

【0041】

次にセンサコントローラ 31 は、ステップ S 13 において導出した位置（後述するステップ S 27 からの遷移である場合には、前回のステップ S 27 で導出した位置）に基づき、3 n 本（n は自然数であり、典型的には $n = 1$ 。ただし、3 n はループコイル L C y の総数よりも小さい数とする）のループコイル L C y 及び所定本数（ループコイル L C x の

10

20

30

40

50

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S14)。

【0042】

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、オペアンプ30eに接続する(ステップS15)。そして、選択対象のループコイルLCyのうち端から3本のループコイルLCyを選択し、スイッチ30aを制御することにより、選択した3本のループコイルLCyを1つ目の接続形態(例えば、図3に示した接続形態)で駆動回路30cに接続する(ステップS16)。

【0043】

図9に移り、次にセンサコントローラ31は、図7及び図8のステップS3～S12と同様の処理を行う(ステップS17～S26)。ただし、ここでの処理は、ステップS4では受信信号Rxのレベルのみを一時的に記憶するのに対し、ステップS18では受信信号Rx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S8ではすべてのループコイルLCyの選択を終了したか否かを判定するのに対し、ステップS22ではステップS14で選択対象として決定したすべてのループコイルLCyの選択を終了したか否かを判定する点、ステップS10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S24ではステップS14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で、ステップS3～S12の処理と相違する。

【0044】

ステップS26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S27)。具体的に説明すると、センサコントローラ31は、ステップS21において導出したループコイルLCy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ループコイルLCy及びループコイルLCxの組み合わせに関して、ステップS18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S27が終了した後、センサコントローラ31は、ステップS14に戻って処理を続ける。

【0045】

本実施の形態による位置検出方法によれば、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。以下、この効果について、本実施の形態とは異なる方法で交番磁界の送出を行う比較例と比較しつつ、詳しく説明する。

【0046】

図10は、第1の比較例による受信信号Rx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LCyからのみ交番磁界を送出する。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LCyから送出される交番磁界に応じて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LCyから送出される交番磁界に応じて受信されるペン信号のレベルを取得できる。

【0047】

図11は、第2の比較例による受信信号Rx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LCyから同時に交番磁界を送出する。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LCyを同じ向き(右回り又は左回り)で駆動回路30cに接続する。この場合、上記のような演算では各ループコイルLCyのそれぞれから送出される交番磁界に応じて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LCyからの交番磁界の送出を

10

20

30

40

50

通じて得られた受信信号 R_x を 3 本のループコイル $L C y$ の中心に位置するループコイル $L C y$ からの交番磁界の送出に応じて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。

【0048】

図 12 は、電磁誘導ペン P がループコイル $L C y_m$ 上に位置している場合に、その近傍の各ループコイル $L C y_m$ から送出された交番磁界に応じて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 6）、第 1 の比較例（図 10）、第 2 の比較例（図 11）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位置検出方法によれば、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位置検出方法によれば、個々のループコイル $L C y_m$ から送出された交番磁界に応じて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、上述したように、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位置検出方法によれば、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。

【0049】

加えて、本実施の形態による位置検出方法によれば、複数のループコイル $L C y$ に対応す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 R_x をループコイル $L C y$ 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 $L C x$ 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位置検出方法によれば、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。

【0050】

ここで、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。

【0051】

k 回目のペン信号検出期間で取得される受信信号 R_x 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（3）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 R_x の分散の合計で表される。

【0052】

【数 3】

$$V_{TOTAL} = V(X_1) + V(X_2) + V(X_3) + \cdots + V(X_N) \quad \cdots (3)$$

【0053】

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（4）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。

【0054】

【数 4】

10

20

30

40

50

$$V_{TOTAL} = V + V + V + \cdots + V = N \cdot V = N \cdot \sigma^2 \quad \cdots (4)$$

【0055】

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(4)より、この標準偏差 σ_{TOTAL} は次の式(5)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。

10

【0056】

【数5】

$$\sigma_{TOTAL} = \sqrt{V_{TOTAL}} = \sqrt{N}\sigma \quad \cdots (5)$$

【0057】

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、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。

20

【0058】

なお、本実施の形態においては、式(1)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LCyの接続形態を設定すること)が可能である。

【0059】

一般化して説明すると、同時にk本のループコイルLCyから交番磁界を送出する場合(すなわち、センサコントローラ31が、スイッチ30bの制御によっていずれかのループコイルLCxをオペアンプ30eに接続している間に、隣接するk本のループコイルLCy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LCyが接続極性の異なるk通りの接続形態で駆動回路30cに対して接続されることとなるよう、スイッチ30aを制御する場合)、以下の式(6)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LCy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(ループコイルLCy別の接続状態を示す複数のベクトル)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LCy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(6)が必ず解を持つことになるためである。

30

40

【0060】

【数6】

$$F \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \\ \vdots \\ E_{m+k,n} \end{pmatrix} = d_{LC} \quad \cdots (6)$$

10

【0061】

そのような行列 F の各要素は、必ずしも「 -1 」又は「 1 」でなくてもよい。例えば $k = 2$ の場合を取り上げて説明すると、以下に示す式 (7) 及び式 (8) に示されるいずれの行列 F もランクが 2 に等しいことから、各ペン信号検出期間におけるループコイル LCy の接続形態を決定するために用いることができる。式 (8) に示す行列 F を用いる場合、駆動回路 30c は、要素「2」に対応するループコイル LCy に対し、要素「1」に対応するループコイル LCy に比べて、向きが同じでレベルの異なる交流電流（具体的には、向きが同じで 2 倍のレベルの交流電流）を供給することになる。

【0062】

【数 7】

20

$$F = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \quad \cdots (7)$$

$$F = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} \quad \cdots (8)$$

【0063】

30

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 (1) に示したベクトル d_{LC} 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。

【0064】

この例では、まず、復元用の行列 F と、ペン信号検出期間 $T1 \sim T3$ における受信信号 Rx のレベル $-E_{m,n} + E_{m+1,n} - E_{m+2,n} + E_{m,n} - E_{m+1,n} - E_{m+2,n}$ 、 $-E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n}$ 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 Rx のレベルを導出する。具体的には、以下の式 (9) 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 Rx 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、 $+E_{m,n} + E_{m+1,n} + E_{m+2,n}$ となる。

40

【0065】

【数 8】

50

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -E_{m,n} + E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ +E_{m,n} - E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ -E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n} \end{pmatrix} \cdots (9)$$

【 0 0 6 6 】

次に、以下の式（１０）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＋ $E_{m,n} + E_{m+1,n} + E_{m+2,n}$ である行をベクトル d_{LC} の先頭に加えたうえで、行列Ｆをベクトル d_{LC} に乗算すると、式（９）の演算結果を線形（具体的に４倍）に増幅してなる結果が得られる。

【 0 0 6 7 】

【数 9】

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +E_{m,n} + E_{m+1,n} + E_{m+2,n} \\ -E_{m,n} + E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ +E_{m,n} - E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ -E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n} \end{pmatrix} \\ = 4 \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix} \cdots (10)$$

【 0 0 6 8 】

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 $E_{m,n} \sim E_{m+2,n+1}$ を分離取得することができる。

【 0 0 6 9 】

なお、式（１０）では、式（２）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 0 7 0 】

行列Ｆが４×４のWalsh符号である場合のベクトル d_{LC} は、次の式（１１）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 LCy のそれぞれに対応するペン信号のレベルを示すベクトルである。

【 0 0 7 1 】

【数 10】

10

20

30

40

50

$$d_{LC} = Fe = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} e \quad \dots (11)$$

【 0 0 7 2 】

式 (1 1) に示す行列 F の逆行列 F^{-1} は、式 (1 2) のように表される。

10

【 0 0 7 3 】

【 数 1 1 】

$$F^{-1} = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \quad \dots (12)$$

20

【 0 0 7 4 】

したがって、ベクトル e の復元演算を行う際、以下の式 (1 3) 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 0 7 5 】

【 数 1 2 】

$$\begin{aligned} 4F^{-1}d_{tx} &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} d_{tx} \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} e \\ &= 4e \quad \dots (13) \end{aligned}$$

30

40

【 0 0 7 6 】

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 0 7 7 】

図 1 3 は、本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。同図と図 1 を比較すると理解されるように、本実施の形態による位置検出システム 1 は、y 方向に隣接する 2 つのループコイル LC y が重ねて配置されている点で、第 1 の実施の形態と相違する。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

50

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。

【0078】

図14は、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。同図には、5本のループコイル LC_x 及び7本のループコイル LC_y のみ（ループコイル $LC_{x_{n-2}} \sim LC_{x_{n+2}}$ 、ループコイル $LC_{y_{m-2}} \sim LC_{y_{m+4}}$ ）を図示している。この点は、後掲する図15～図17についても同様である。図14と図1を比較すると理解されるように、本実施の形態によるスイッチ部30の内部構成は、y方向に隣接する2つのループコイル LC_y が重ねて配置されている点以外の点では、第1の実施の形態によるスイッチ部30の内部構成と同様である。

10

【0079】

図15～図17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、第1の実施の形態によるセンサコントローラ31と同様、スイッチ30bの制御によっていずれかのループコイル LC_x （図15～図17ではループコイル LC_{x_n} ）をオペアンプ30eに接続している間に、隣接する3本のループコイル LC_y 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 LC_y が接続極性の異なる3通りの接続形態で駆動回路30cに対して接続されることとなるよう、スイッチ30aを制御する処理を行う。

20

【0080】

3通りの接続形態の具体的な内容も第1の実施の形態と同様であるが、本実施の形態ではy方向に隣接する2つのループコイル LC_y が重ねて配置されていることから、隣接する2つのループコイル LC_y の間で電流経路が交差することになる。しかし、このような交差があっても、第1の実施の形態と同じ復元演算により、レベル $E_{m,n} \sim E_{m+2,n}$ を分離取得することが可能である。したがって、本実施の形態による位置検出方法によれば、第1の実施の形態と同様、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。

【0081】

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

【0082】

図18は、本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。本実施の形態による位置検出システム1は、位置検出装置3が静電容量方式による指Fの位置検出にも対応している点、位置検出装置3が複数のループコイル LC_y に代えて複数の線状電極ELを有する点、及び、スイッチ部30の内部構成の点で、第2の実施の形態による位置検出システム1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。

【0083】

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方向に一行に並べて配置される。各線状電極ELは、両端でスイッチ部30に接続される。

40

【0084】

本実施の形態によるスイッチ部30は、複数のループコイル 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。第1の実施の形態でも説明したように、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。

【0085】

50

図19は、本実施の形態によるスイッチ部30の内部構成を示す図である。簡単のため、同図には、5本のループコイルLCx及び6本の線状電極ELのみ（ループコイルLCx_{n-2}～LCx_{n+2}、線状電極EL_m～EL_{m+5}）のみを図示している。この点は、後掲する図20～図23についても同様である。図19に示すように、本実施の形態によるスイッチ部30は、図14にも示したスイッチ30b、配線部30d、オペアンプ30eに加え、スイッチ30f～30j、駆動回路30k、オペアンプ30mを含んで構成される。図2に示したスイッチ30a及び駆動回路30cは、本実施の形態によるスイッチ部30には含まれない。

【0086】

スイッチ30f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30f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。

10

【0087】

駆動回路30kは、センサコントローラ31から供給される交流電流Tx__EMRに応じて、以下で説明する交流電流i_A、i_Bを生成し、スイッチ30fを介して各線状電極ELに供給する回路である。駆動回路30k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。

20

【0088】

交流電流i_Aは、例えばバッファ回路を用いて交流電流Tx__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（14）のようになる。

【0089】

【数13】

$$\frac{di_A(t)}{dt} = -\frac{di_B(t)}{dt} \quad \dots (14)$$

30

【0090】

式（14）の関係を満たす典型的な交流電流i_Bは、以下の式（15）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19には、この反転バッファ回路を用いる例を示している。

40

【0091】

【数14】

$$i_B(t) = -i_A(t) + A \quad \dots (15)$$

【0092】

交流電流i_A、i_Bの供給を受ける各線状電極ELの他端の電位は、交流電流i_Aが供給

50

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。

【0093】

スイッチ 30g 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 の x 方向（長手方向）の一端に接続される。スイッチ 30g 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。

10

【0094】

スイッチ 30j 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 19 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 30j は、図 19 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。

【0095】

スイッチ 30j 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 30j 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 30j 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 30j 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。

20

【0096】

スイッチ 30b, 30h, 30i 及び配線部 30d は、各ループコイル LCx で受信されたペン信号（交番磁界に応じて電磁誘導ペン P が送信したもの）をオペアンプ 30e に供給するとともに、各ループコイル LCx で受信されたタッチ検出用信号 T_x_TP をオペアンプ 30m に供給するための構成である。このうちスイッチ 30b 及び配線部 30d の具体的な構成は、第 1 及び第 2 の実施の形態と同様である。

30

【0097】

スイッチ 30h は、センサコントローラ 31 の制御に応じて、配線 L2 をオペアンプ 30e の入力端子に、配線 L1 を接地端に、それぞれ接続するスイッチである。スイッチ 30i は、センサコントローラ 31 の制御に応じて、配線 L2 をオペアンプ 30m の入力端子に接続するスイッチである。スイッチ 30h, 30i の初期状態は、ともにオフ（非接続状態）である。

【0098】

オペアンプ 30e は、第 1 の実施の形態で説明したオペアンプ 30e と同じものである。ただし、本実施の形態においては、オペアンプ 30e により生成される信号を受信信号 R_x_EMR と称する。オペアンプ 30m 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 R_x_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 T_x_TP の受信回路を構成する。オペアンプ 30m の入力端子は、スイッチ 30i を介して配線部 30d の配線 L2 に接続されており、これにより受信信号 R_x_TP は、配線 L2 に現れた信号を増幅したものとなる。オペアンプ 30m 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。オペアンプ 30e により生成された受信信号 R_x_EMR 、及び、オペアンプ 30m により生成された受信信号 R_x_TP は、ともにセンサコントローラ 31 に供給される。

40

【0099】

50

図 18 に戻る。本実施の形態によるセンサコントローラ 31 は、第 1 の実施の形態で説明した機能（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とともに、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）に加え、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を有して構成される。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。この供給を受けたホストプロセッサ 32 が行う処理は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0100】

以下、図 20～図 23 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。

【0101】

初めに、図 20 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 30g 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 30j 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。

【0102】

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 (16) 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 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。

【0103】

【数 15】

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} & \cdots & A_{M1} \\ A_{12} & A_{22} & A_{32} & \cdots & A_{M2} \\ A_{13} & A_{23} & A_{33} & \cdots & A_{M3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ A_{1M} & A_{2M} & A_{3M} & \cdots & A_{MM} \end{pmatrix} \quad \cdots (16)$$

【0104】

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。

【0105】

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 30i 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 30m 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 L 2 に接続されることとなるよう、スイッチ 3 0 b を制御する。なお、図 2 0 に
は、ループコイル L C x n が配線 L 2 に接続されている場合の例を示している。

【 0 1 0 6 】

ここで、m 番目の線状電極 E L m と、n 番目のループコイル L C x n との間に形成される静電容量を C m n 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 T x _ T P が各線状電極 E L に供給されており、かつ、n 番目のループコイル L C x n がオペアンプ 3 0 m に接続されているとき、オペアンプ 3 0 m からセンサコントローラ 3 1 に供給される受信信号 R x _ T P は、次の式 (1 7) に示す値となる。

【 0 1 0 7 】

【数 1 6 】

$$(A_{x1} \quad A_{x2} \quad A_{x3} \quad \cdots \quad A_{xM}) \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} \cdots (17)$$

10

20

【 0 1 0 8 】

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 T x _ T P の供給が実行される間に n 番目のループコイル L C x n について得られる受信信号 R x _ T P は、全体として、次の式 (1 8) に示すベクトル b で表されることになる。

【 0 1 0 9 】

【数 1 7 】

$$b = A \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} \cdots (18)$$

30

【 0 1 1 0 】

センサコントローラ 3 1 は、このベクトル b に対して次の式 (1 9) の左辺に示す演算を行うことにより、線状電極 E L ごとの静電容量 C m n を分離取得する。ただし、式 (1 9) の中に示す行列 A ⁻¹ は、行列 A の逆行列である。式 (1 9) 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 3 1 は、この演算を行うことによって、式 (1 9) の右辺に示すように、n 番目のループコイル L C x n について、各線状電極 E L m との交点の静電容量 C m n を分離取得することができることになる。

40

【 0 1 1 1 】

【数 1 8 】

50

$$A^{-1}b = A^{-1}A \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} = I \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{1n} \\ C_{2n} \\ C_{3n} \\ \vdots \\ C_{Mn} \end{pmatrix} \quad \cdots (19)$$

10

【0112】

センサコントローラ31は、式(19)と同様の演算を各ループコイルLCx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LCxの各交点について静電容量Cmn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Cmnのタッチ面内における分布に基づき、位置を指Fの位置を導出する。具体的には、EMR方式における電磁誘導ペンPの位置検出と同様、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。

【0113】

次に、図21～図23は、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30b、30h、30iの制御によってループコイルLCxnをオペアンプ30e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30kに接続され、それによって6本の線状電極ELの半数に交流電流iAが、残る半数に交流電流iBがそれぞれ生ずることとなるよう、スイッチ30fを制御する処理を行う。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30j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。

20

【0114】

図21～図23は、上記3通りの接続形態での交流電流iA、iBの供給を示している。具体的に説明すると、図21の例では、線状電極ELm+1、ELm+3、ELm+5に交流電流iAが、線状電極ELm、ELm+2、ELm+4に交流電流iBがそれぞれ供給されている。また、図22の例では、線状電極ELm+1～ELm+3に交流電流iAが、線状電極ELm、ELm+4、ELm+5に交流電流iBがそれぞれ供給されている。図23の例では、線状電極ELm+2～ELm+4に交流電流iAが、線状電極ELm、ELm+1、ELm+5に交流電流iBがそれぞれ供給されている。

30

【0115】

図24(a)～(c)は、図21～図23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24(d)～(f)は、それぞれ図24(a)～(c)に示した方法で6本の線状電極ELm～ELm+5に交流電流iA、iB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ELm+kと線状電極ELm+k+3とに対し(ただし、kは0、1、2のいずれか)、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ELm+k+1、ELm+k+2に流れる電流によらず、線状電極ELm+kと線状電極ELm+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」(送出コイル導体)と称し、特に線状電極ELm+k、ELm+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PLCm+k」と称する。擬似ループコイルPLCm+kの接続極性は、線状電極ELm+kに交流電流iAを供給し、線状電極ELm+k+3に交流電流iBを供給する場合(図中では「-」と表記)と、線状電極ELm+kに交流電流iBを供給し、線状電極ELm+k+3に交流電流iAを供給する場合(図中では「+

40

50

」と表記)とで、互いに逆になる。

【0116】

図24(d)に示す各擬似ループコイルPLCの配置及び接続極性は、図15に示した各ループコイルLCyの配置及び接続極性と全く同じである。同様に、図24(e)に示す各擬似ループコイルPLCの配置及び接続極性は、図16に示した各ループコイルLCyの配置及び接続極性と全く同じであり、図24(f)に示す各擬似ループコイルPLCの配置及び接続極性は、図17に示した各ループコイルLCyの配置及び接続極性と全く同じである。したがって、本実施の形態による位置検出システム1によれば、第2の実施の形態による位置検出システム1と同じように、電磁誘導ペンPの位置検出を行えることになる。

【0117】

より具体的に説明すると、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_{x_n}で受信されるペン信号のレベルをE_{m+k, n}と表す場合、図24(a)に示す交流電流の供給を行う場合にオペアンプ30e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}+E_{m+1, n}-E_{m+2, n}と表されることになる。図24(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(20)に示すベクトルd_{EL}のように表される。これは、上述の式(1)に示したベクトルd_{LC}と全く同じ形である。そして、このベクトルd_{EL}は、ベクトルd_{LC}と同様に、擬似ループコイルPLCの接続極性を示す3×3の行列Fと、レベルE_{m, n}~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。

【0118】

【数19】

$$d_{EL} = \begin{pmatrix} -E_{m,n} + E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ +E_{m,n} - E_{m+1,n} - E_{m+2,n} \\ -E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n} \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix} = F \begin{pmatrix} E_{m,n} \\ E_{m+1,n} \\ E_{m+2,n} \end{pmatrix} \quad \cdots (20)$$

【0119】

ベクトルd_{EL}がベクトルd_{LC}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_{EL}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~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。

【0120】

図25~図27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25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はまず初めに、最も端にある1本のループコイルLCx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LCxをオペアンプ30eに接続する(ステップS30)。この処理には、スイッチ30hの制御によりオペアンプ30eを配線L2に接続するとともに配線L1を接地する一方、スイッチ30iの制御によりオペアンプ30mを配線L2から切り離す処理も含まれる。
【0121】

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30f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30kに接続する(ステップS31)。この処理には、スイッチ30j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30gの制御により各線状電極ELにタッチ検出用信号Tx__TPが供給されないようにする処理も含まれる。

10

【0122】

次に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30kへの交流電流Tx__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iA、iBのいずれかが生じ、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30eから出力される受信信号Rx__EMRのレベルを一時的に記憶する(ステップS33)。

【0123】

20

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S32~S33の処理を試行したか否かを判定する(ステップS34)。具体的には、図21~図23に示した3通りの接続形態のすべてでステップS32~S33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30f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21に示した接続形態の次は図22に示した接続形態、図22に示した接続形態の次は図23に示した接続形態)で駆動回路30kに接続し(ステップS35)、ステップS32に戻る。

【0124】

一方、ステップS34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S33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S36)。具体的には、上述したベクトルdELに行列Fの逆行列F⁻¹を乗算する演算(復元演算)を行う。

30

【0125】

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S37)、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30fの制御によって1つ目の接続形態(例えば、図21に示した接続形態)で駆動回路30kに接続した後(ステップS38)、ステップS32に戻る。一方、ステップS37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S39)、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S30又はステップS40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30bの制御によってオペアンプ30eに接続した後(ステップS40)、ステップS32に戻る。

40

【0126】

ステップS39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S36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26のステップS41)。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

50

合に肯定となり、それ以外の場合に否定となる。

【0127】

ステップS41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25のステップS30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25のステップS36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S42）。

【0128】

次にセンサコントローラ31は、ステップS42において導出した位置（後述するステップS56からの遷移である場合には、前回のステップS56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S43）。

【0129】

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30bの制御によってオペアンプ30eに接続する（ステップS44）。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本の線状電極ELを選択し、スイッチ30fを制御することにより、選択した6本の線状電極ELを1つ目の接続形態（例えば、図21に示した接続形態）で駆動回路30kに接続する（ステップS45）。

【0130】

図27に移り、次にセンサコントローラ31は、図25及び図26のステップS32～S41と同様の処理を行う（ステップS46～S55）。ただし、ここでの処理は、ステップS33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S47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S37ではすべての線状電極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S51ではステップS43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、ステップS39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S53ではステップS43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で、ステップS32～S41の処理と相違する。

【0131】

ステップS55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S56）。具体的に説明すると、センサコントローラ31は、ステップS50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LCxの組み合わせに関して、ステップS47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S56が終了した後、センサコントローラ31は、ステップS43に戻って処理を続ける。

【0132】

本実施の形態による位置検出方法によっても、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。以下、この効果について、実験の結果を参照しながら詳しく説明する。

【0133】

図28(a)～(c)はそれぞれ、図24(a)～(c)の接続形態において、電磁誘

10

20

30

40

50

導ペンPが擬似ループコイル PLC_{m+1} の上方に位置している場合にセンサコントローラ31に入力される受信信号 Rx_EMR ($-E_{m,n} + E_{m+1,n} - E_{m+2,n}$ 、 $E_{m,n} - E_{m+1,n} - E_{m+2,n}$ 、 $-E_{m,n} - E_{m+1,n} + E_{m+2,n}$)を示す図である。図28(d)～(f)はそれぞれ、図28(a)～(c)に示す受信信号 Rx_EMR が取得された場合に、式(20)に示した復元演算によって得られるペン信号のレベル $E_{m,n}$ 、 $E_{m+1,n}$ 、 $E_{m+2,n}$ を示す図である。

【0134】

図28(a)～(c)と図28(d)～(f)を比較すると理解されるように、復元演算後のペン信号のレベルは、受信信号 Rx_EMR のレベルに比べて大幅に高くなる。これは、第1の実施の形態でも説明したように、本実施の形態による位置検出方法によれば、ペン信号検出期間が通常の3倍になることによるものである。ここで、上述したように、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位置検出システム1によっても、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。

【0135】

この効果は、電磁誘導ペンPが傾いている場合においても、同様に奏される。以下、この点について説明する。

【0136】

初めに図29は、電磁誘導ペンPの傾きを示す角度 θ 、 ϕ について説明する図である。図29(a)には、角度 θ を示している。同図に示すように、角度 θ は、タッチ面に垂直な方向であるz方向とペン軸のなす角度である。角度 θ は「チルト角」とも呼ばれる。図29(b)には、角度 ϕ を示している。同図に示すように、角度 ϕ は、ループコイル LC_y の延在方向であるx方向とペン軸のなす角度である。

【0137】

図30～図33はそれぞれ、 $(\theta, \phi) = (0, 0)$ 、 $(60, 0)$ 、 $(60, 90)$ 、 $(60, 180)$ の場合に取得されるペン信号のレベルを示す図である。各図の横軸は、y方向の位置をミリメートルの単位で示している。各図横軸の -5 mm 、 0 mm 、 $+5\text{ mm}$ はそれぞれ、擬似ループコイル PLC_{m-1} 、 PLC_m 、 PLC_{m+1} の位置に対応している。また、図30及び図31の縦軸はペン信号のレベル(復元演算を行う場合は復元演算後のレベル)を任意単位(a.u.)で示し、図32の縦軸は、最大値を1としてペン信号のレベルを正規化してなる値を任意単位で示している。

【0138】

グラフ A_{m-1} 、 A_m 、 A_{m+1} はそれぞれ、電磁誘導ペンPのy方向の位置が -5 、 0 、 $+5$ であるときに、本実施の形態によるセンサコントローラ31によって取得される各位置でのペン信号のレベルを表している。また、グラフ B_m は、本実施の形態の比較例として、1つの擬似ループコイル PLC_m のみから交番磁界を送出したとき(つまり、線状電極 EL_m 、 EL_{m+3} のみに交流電流を供給したとき)に、センサコントローラ31によって取得される各位置でのペン信号のレベルを表している。

【0139】

初めに図30～図33それぞれの(a)を参照すると、本実施の形態によるセンサコントローラ31によって取得されるペン信号のレベルの最大値としては、角度 θ 、 ϕ が0でない場合においても、 $(\theta, \phi) = (0, 0)$ と同程度以上の値が得られることが理解される。角度 $\theta = 60^\circ$ の場合のペン信号のレベルの最大値が角度 $\theta = 0^\circ$ の場合のそれを上回っているのは、角度 θ が大きいほど、電磁誘導ペンP内のコイルとタッチ面との間の距離が小さくなることによるものである。また、図30～図33それぞれの(b)を参照すると、本実施の形態によるセンサコントローラ31によって取得されるペン信号のレベルと、比較例によるセンサコントローラ31によって取得されるペン信号のレベルとの比

についても、角度 θ , ϕ が 0 でない場合においても、 $(\theta, \phi) = (0, 0)$ と同程度以上の値が得られることが理解される。したがって、本実施の形態による位置検出方法によれば、角度 θ , ϕ の値によらず、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。

【0140】

次に図 30～図 33 それぞれの (c) を参照すると、本実施の形態によるセンサコントローラ 31 によって取得されるペン信号のレベルの分布は、比較例によるセンサコントローラ 31 によって取得されるペン信号のレベルの分布と略同一の形状を有していることが理解される。したがって、本実施の形態による位置検出方法を採用することによって、位置検出の結果に誤差が生ずることはないと言える。

10

【0141】

以上のように、本実施の形態による位置検出方法によれば、電磁誘導ペン P が傾いている場合においても、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。

【0142】

次に、本発明の第 4 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。本実施の形態による位置検出システム 1 は、同時に交流電流を生じさせる線状電極 EL の選択方法の点で、第 3 の実施の形態による位置検出システム 1 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 3 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 3 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。

20

【0143】

図 34 (a) は、第 3 の実施の形態による位置検出システム 1 における線状電極 EL の選択方法を説明する図であり、図 34 (b) は、本実施の形態による位置検出システム 1 における線状電極 EL の選択方法を説明する図である。これらの図では 1 つの四角形が 1 本の線状電極 EL を表し、両端に黒丸を付した太破線で接続された 2 本の線状電極 EL が 1 つの擬似ループコイル PLC に対応している。1 つの擬似ループコイル PLC を構成する 2 本の線状電極 EL の間隔をセンサスペース SP と称することにとすると、第 3 の実施の形態及び本実施の形態ともに、 $SP = 2$ である。また、隣接する擬似ループコイル PLC 間の間隔を最小ピッチ P_{min} と称することにとすると、第 3 の実施の形態では $P_{min} = 1$ 、本実施の形態では $P_{min} = 2$ である。 $P_{min} = 1$ の場合、図 34 (a) に示すように、擬似ループコイル PLC を構成する線状電極 EL の間に擬似ループコイル PLC を構成しない線状電極 EL は配置されないのに対し、 $P_{min} = 2$ の場合、図 34 (b) に示すように、擬似ループコイル PLC を構成する複数の線状電極 EL の間に擬似ループコイル PLC を構成しない線状電極 EL (例えば、図 34 (b) の左側図では、上から 2 本目の線状電極 EL 及び下から 3 本目の線状電極 EL) が配置されることになる。

30

【0144】

第 3 の実施の形態のように $P_{min} = 1$ (最小値) を採用すると、同時に形成可能な擬似ループコイル PLC の数は最大で 3 つとなる。4 つ目を形成しようとする、2 つの擬似ループコイル PLC で同じ線状電極 EL を使用することになってしまうためである。これに対し、第 4 の実施の形態のように $P_{min} = 2$ (最小値 + 1) を採用すると、同時に形成可能な擬似ループコイル PLC の数に制限がなくなる。このように、同時に形成可能な擬似ループコイル PLC の数に制限がなくなると、復元演算により取得されるペン信号のレベルを高めることが可能になる。以下、この点について、説明する。

40

【0145】

初めに、以下の説明では、同時に n 個の擬似ループコイル PLC を形成して受信信号 R_{x_EMR} の検出を行う方式を「CDM n 」と称することとする。「CDM」は「Code Division Multiplexing」の略であり、 n は CDM の次数である。CDM n を用いる場合、 n 個の擬似ループコイル PLC から n 通りの極性パターンで交番磁界の送出を行い、その

50

結果として得られる n 通りの受信結果に $n \times n$ の行列を乗算することにより、第 3 の実施の形態と同様に、擬似ループコイル PLC ごとのレベルを復元することができる。

【0146】

図 3 4 (a) は「CDM 3」の例を示し、図 3 4 (b) は「CDM 7」の例を示している。上述したように、 $P_{min} = 1$ では、同時に形成可能な擬似ループコイル PLC の数は最大で 3 つであるから、図 3 4 (a) には、次数 n が取り得る最大値となっている場合を示していることになる。一方、 $P_{min} = 2$ では、同時に形成可能な擬似ループコイル PLC の数に制限がないので、線状電極 EL の総本数によっては、図 3 4 (b) に示した $n = 7$ の場合よりもさらに高い次数 n を用いることも可能である。

【0147】

図 3 5 (a) (b) (c) はそれぞれ、CDM 1、CDM 3、CDM 7 における線状電極 EL の選択方法を示す図であり、図 3 5 (d) (e) (f) はそれぞれ、CDM 1、CDM 3、CDM 7 により得られるペン信号のレベル（復元演算を行う場合は復元演算後のレベル）を示す図である。これらの図では線状電極 EL のピッチを 5 mm とし、図 3 5 (e) (f) には、電磁誘導ペン P が各擬似ループコイル PLC の中心に位置している場合の各線状電極 EL におけるペン信号のレベルを示している。

【0148】

また、図 3 6 (a) (b) は、CDM 1、CDM 3、CDM 7 のそれぞれを用いる場合に取得されるペン信号のレベルを示す図である。図 3 6 (a) の縦軸はペン信号のレベル（復元演算を行う場合は復元演算後のレベル）を任意単位 (a. u.) で示し、図 3 6 (b) の縦軸は、最大値を 1 としてペン信号のレベルを正規化してなる値を任意単位で示している。さらに、図 3 6 (c) は、CDM 1、CDM 3、CDM 7 のそれぞれにおけるペン信号のレベルのピーク値について、測定値と理論値をプロットしてなる図である。

【0149】

図 3 5 (d) (e) (f) の相互比較と、図 3 6 (a) (c) の結果とから理解されるように、CDM の次数 n が高くなるほど、取得されるペン信号のレベルが高くなる。一方、図 3 6 (b) に示すように、ペン信号のレベルの分布の形状は、CDM 1、CDM 3、CDM 7 のいずれにおいても略同一である。したがって、本実施の形態のように $P_{min} = 2$ （最小値 + 1）を採用し、 $n = 3$ より高い次数で CDM を行うことで、第 3 の実施の形態に比べ、同等の電磁誘導ペン P の位置の検出を実現しつつ、復元演算により取得されるペン信号のレベルを高くすることが可能になるとと言える。

【0150】

図 3 7 ~ 図 4 0 は、 $P_{min} = 2$ で CDM 3 によるペン信号の受信を行った場合について、図 3 0 ~ 図 3 3 と同様に、 $(\theta, \phi) = (0, 0), (60, 0), (60, 90), (60, 180)$ の場合におけるペン信号のレベルを示す図である。図 3 7 ~ 図 4 0 と、図 3 0 ~ 図 3 3 とを比較すると理解されるように、受信されるペン信号のレベルの分布及び値は、 $P_{min} = 2$ の場合と $P_{min} = 1$ の場合とで、ほぼ同一である。したがって、角度 θ, ϕ を考慮した場合においても、本実施の形態による位置検出システム 1 を用いて、第 3 の実施の形態による位置検出システム 1 と同じように、電磁誘導ペン P の位置を検出することができると言える。

【0151】

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。

【0152】

例えば、上記第 3 及び第 4 の実施の形態では、電磁誘導ペン P の位置検出を行う際に各線状電極 EL の x 方向の他端を接地し、擬似ループコイル PLC を構成する 2 つの線状電極 EL の一方の一端に電流 i_A を、他方の一端に電流 i_B をそれぞれ供給することにより、擬似ループコイル PLC から交番磁界を送出する例を説明したが、その他の方法で擬似ループコイル PLC から交番磁界を送出することとしてもよい。

10

20

30

40

50

【0153】

図41(a)(b)(c)は、互いに異なる方法で擬似ループコイルPLCから交番磁界を送出する場合を示す図である。また、図41(d)(e)(f)は、それぞれ図41(a)(b)(c)に示す方法により擬似ループコイルPLCから交番磁界を送出する場合に得られるペン信号のレベルを示す図である。

【0154】

図41(a)には、上記第3及び第4の実施の形態と同様、電磁誘導ペンPの位置検出を行う際に各線状電極ELのx方向の他端を接地し、擬似ループコイルPLCを構成する2つの線状電極ELの一方の一端に電流 i_A を、他方の一端に電流 i_B をそれぞれ供給する方法を用いる場合を示している。一方、図41(b)には、電磁誘導ペンPの位置検出を行う際に各線状電極ELのx方向の他端を互いに接続し、擬似ループコイルPLCを構成する2つの線状電極ELの一方の一端に電流 i_A を、他方の一端に電流 i_B をそれぞれ供給する方法を用いる場合を示している。また、図41(c)には、擬似ループコイルPLCを構成する2つの線状電極ELの他端同士を接続し、該2つの線状電極ELの一方の一端に電流 i_A を、他方の一端に電流 i_B をそれぞれ供給する方法を用いる場合を示している。

【0155】

図41(d)(e)(f)を相互に比較すると理解されるように、CDM1、CDM3kのいずれにおいても、ペン信号のレベル及びその分布はほぼ同じである。したがって、図41(a)(b)(c)に示したいずれの方法を用いて擬似ループコイルPLCから交番磁界を送出しても、同様に電磁誘導ペンPの位置を検出することができる。ただし、図41(c)に示した方法に関しては、線状電極ELのインピーダンスが高いと位相ずれが発生することから、線状電極ELのインピーダンスによっては不適となる。図41(a)(b)に示した方法においては、このような位相ずれの問題は発生しない。

【0156】

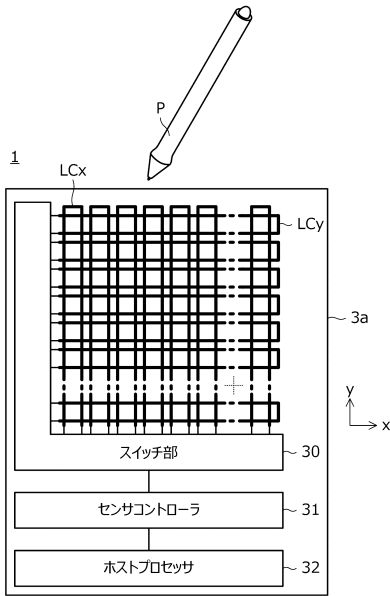
また、上記第4の実施の形態では、CDMの次数 n が1、3、7の場合を取り上げて説明したが、CDMの次数 n は1以上であればよい。

【符号の説明】

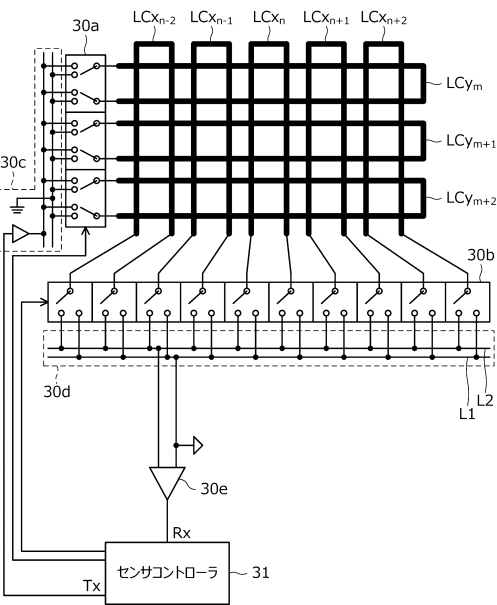
【0157】

1	位置検出システム
3	位置検出装置
30	スイッチ部
30a, 30b, 30f~30j	スイッチ
30c, 30k	駆動回路
30d	配線部
30e, 30m	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, L2	配線
LCx, LCy	ループコイル
P	電磁誘導ペン
PLC	擬似ループコイル
Rx, Rx__EMR, Rx__TP	受信信号
T1~T3	ペン信号検出期間
Tx, Tx__EMR	交流電流
Tx__TP	タッチ検出用信号
Tx__TP	部分タッチ検出用信号
i_A, i_B	交流電流

【図面】
【図 1】



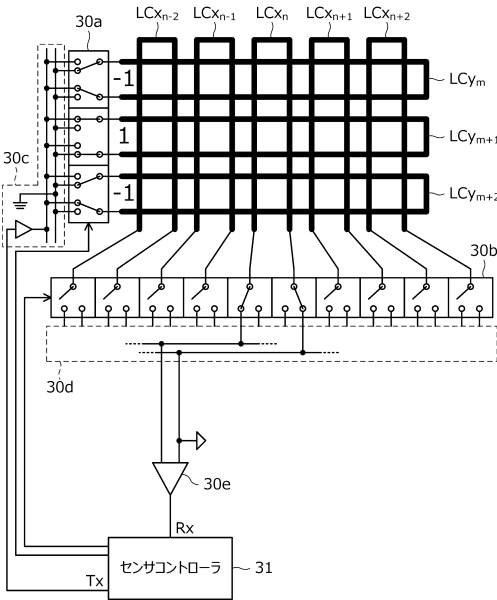
【図 2】



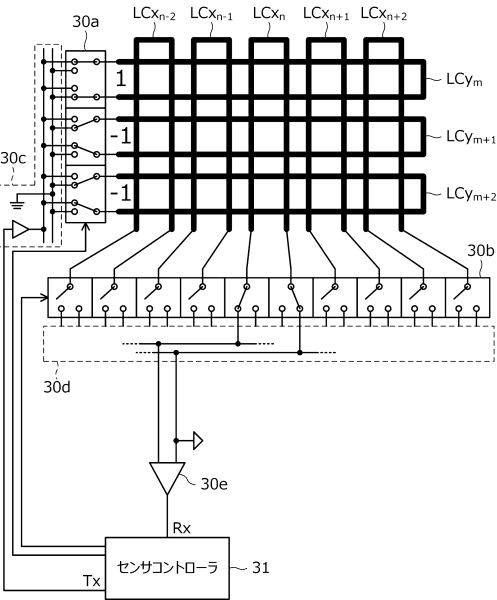
10

20

【図 3】



【図 4】

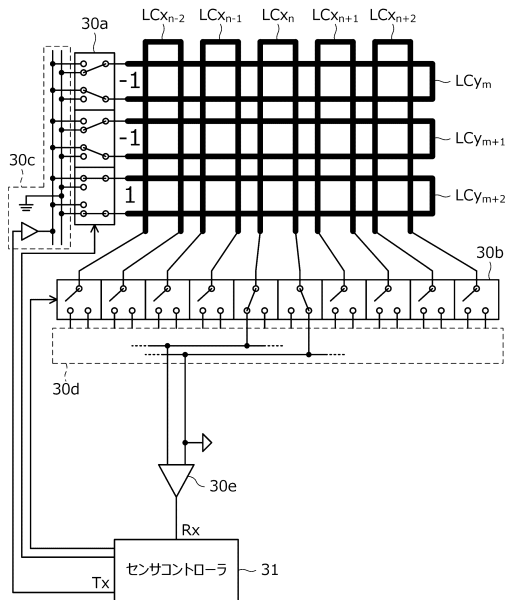


30

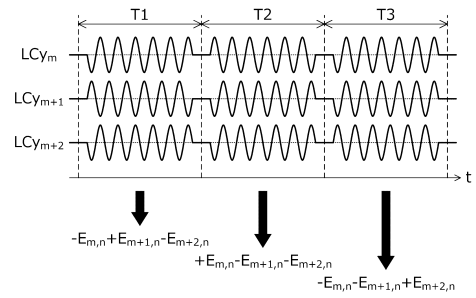
40

50

【図 5】

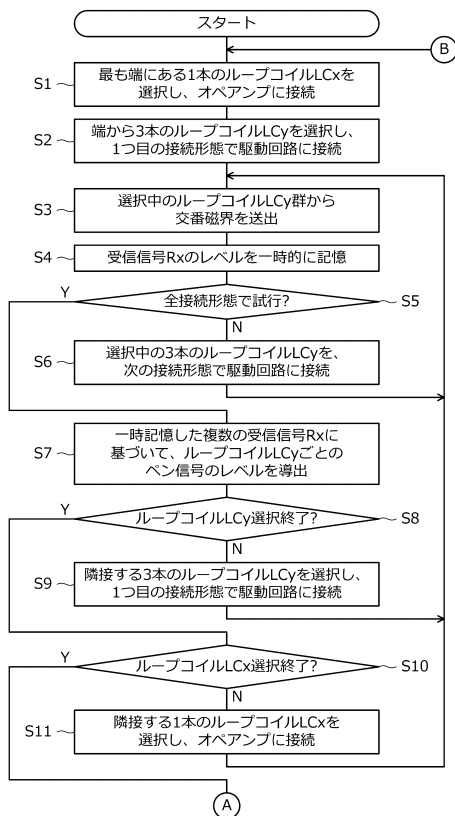


【図 6】

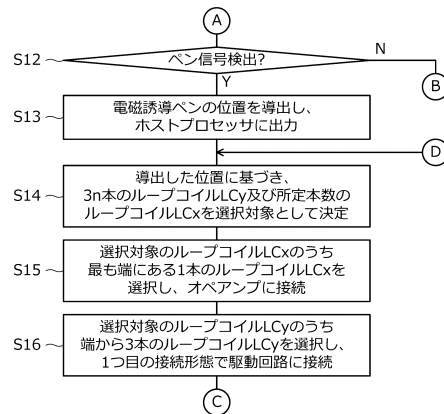


10

【図 7】



【図 8】



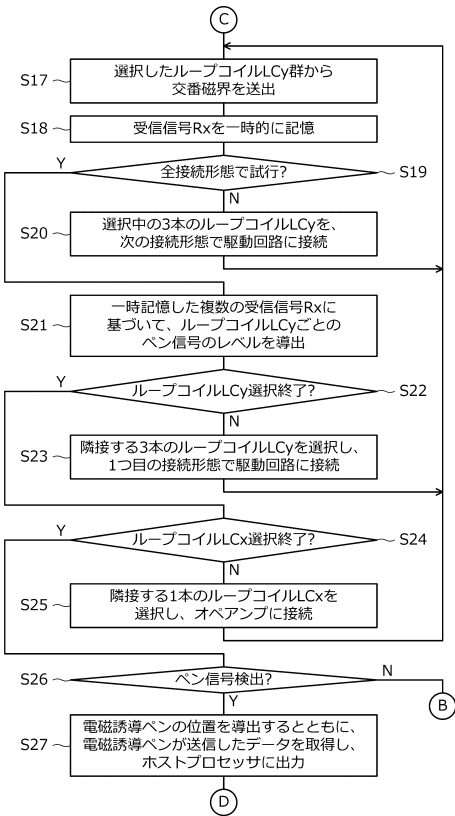
20

30

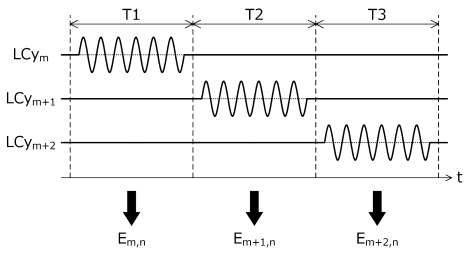
40

50

【図 9】



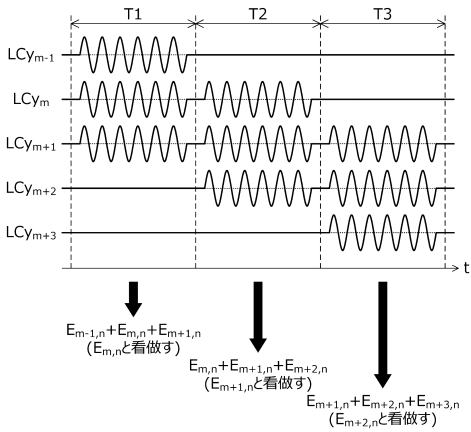
【図 10】



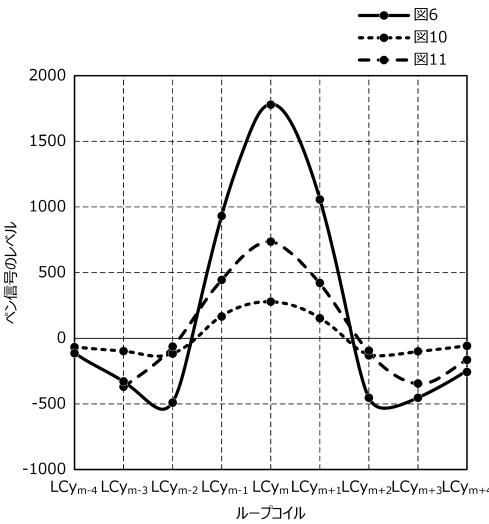
10

20

【図 11】



【図 12】

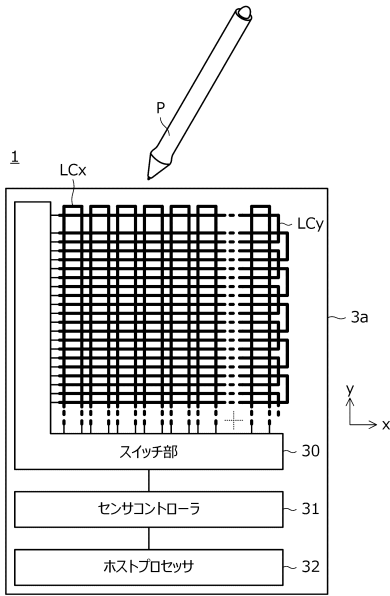


30

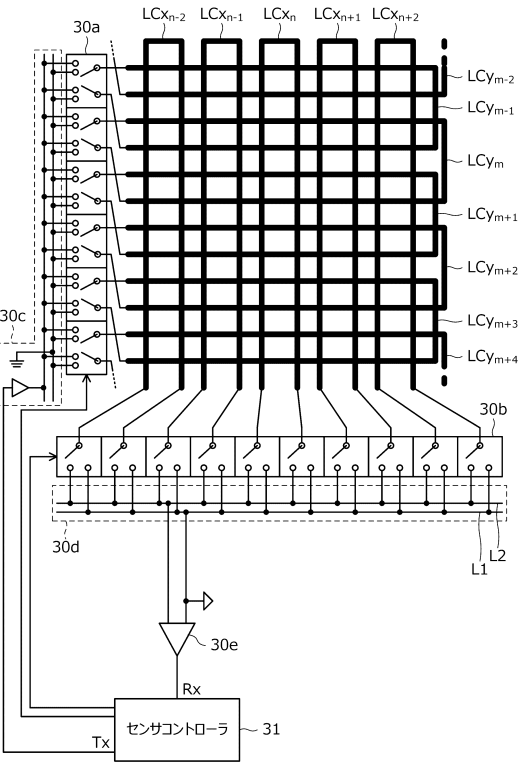
40

50

【図 1 3】



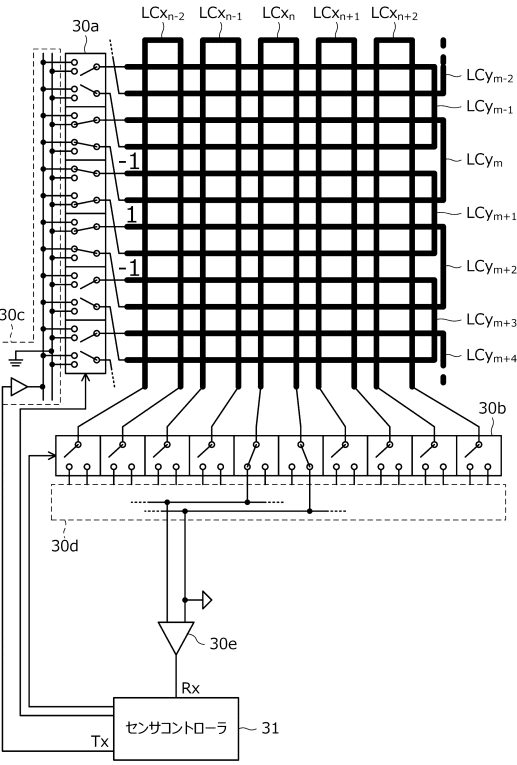
【図 1 4】



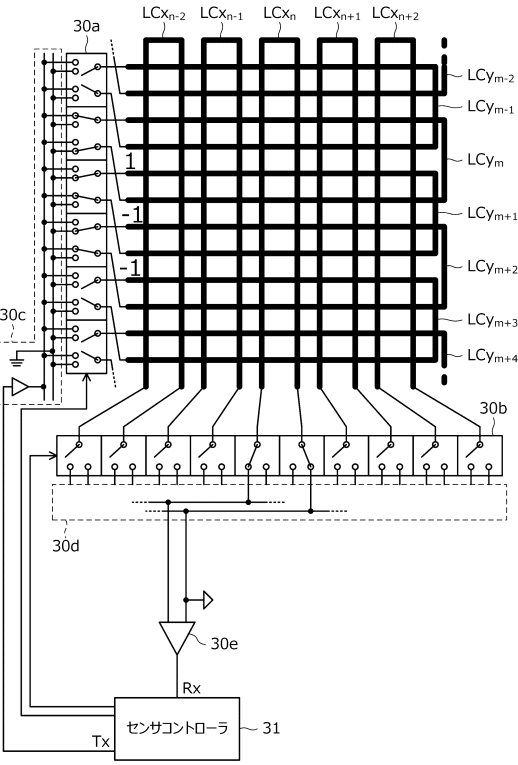
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

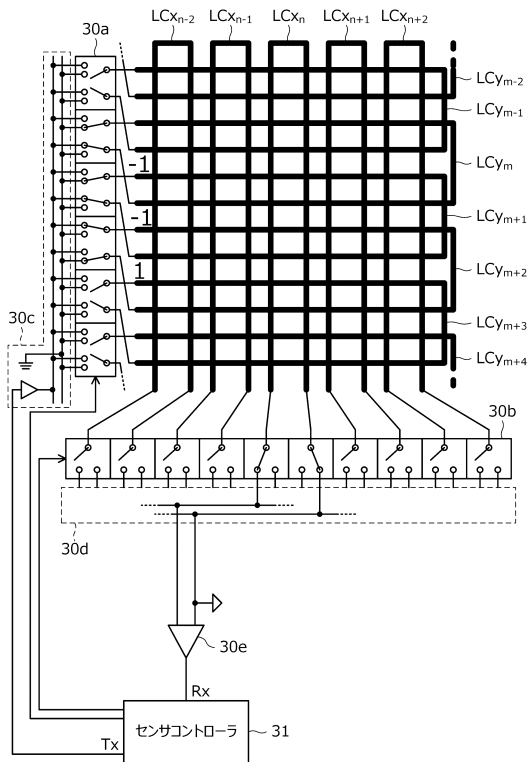


30

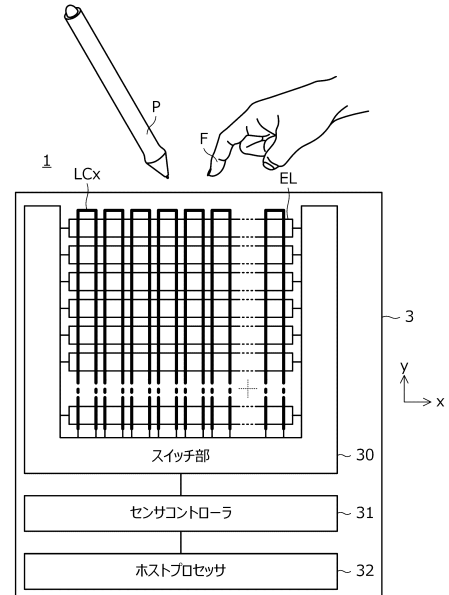
40

50

【図 17】



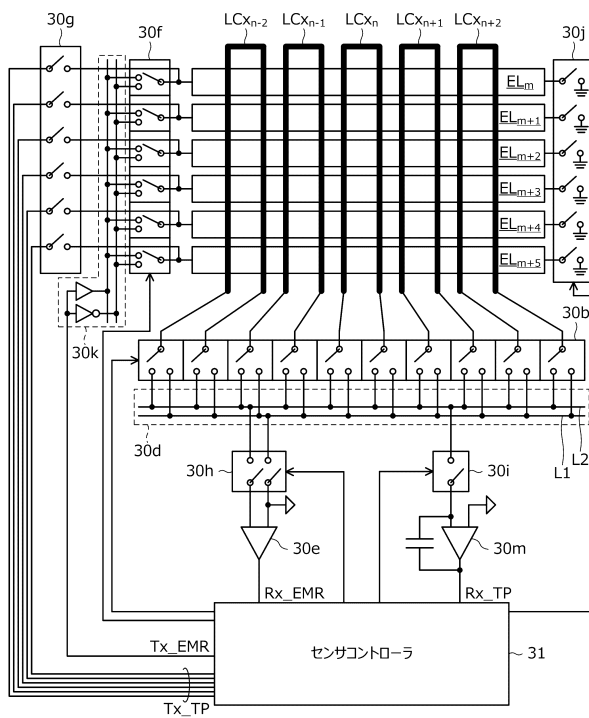
【図 18】



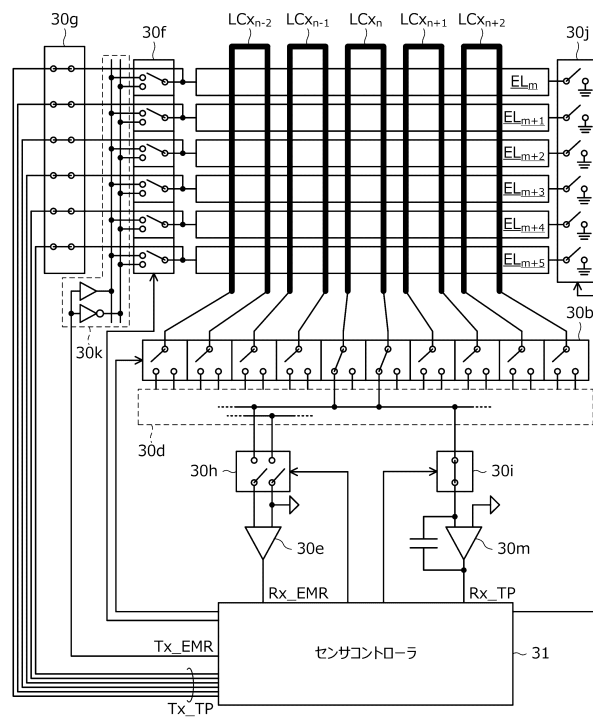
10

20

【図 19】



【図 20】

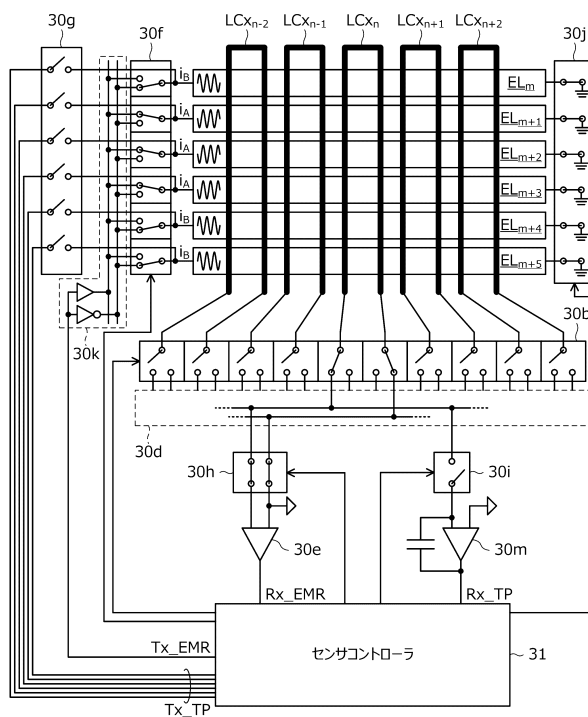


30

40

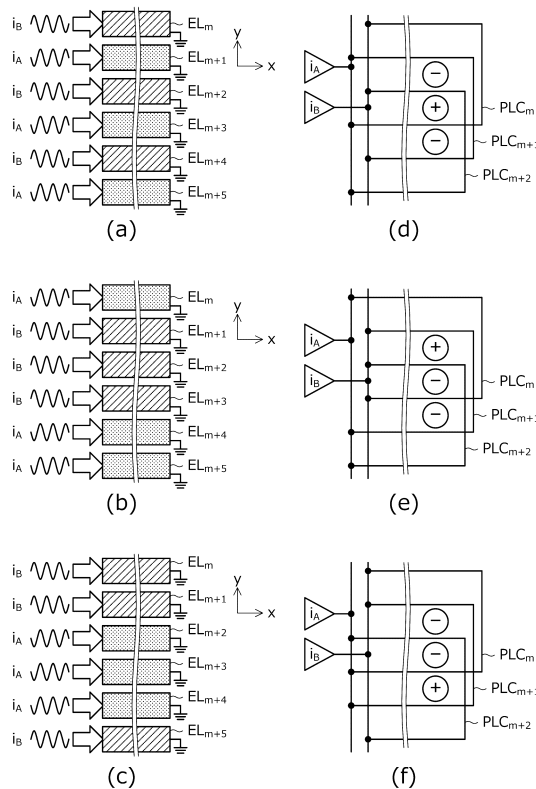
50

【圖 2 2】



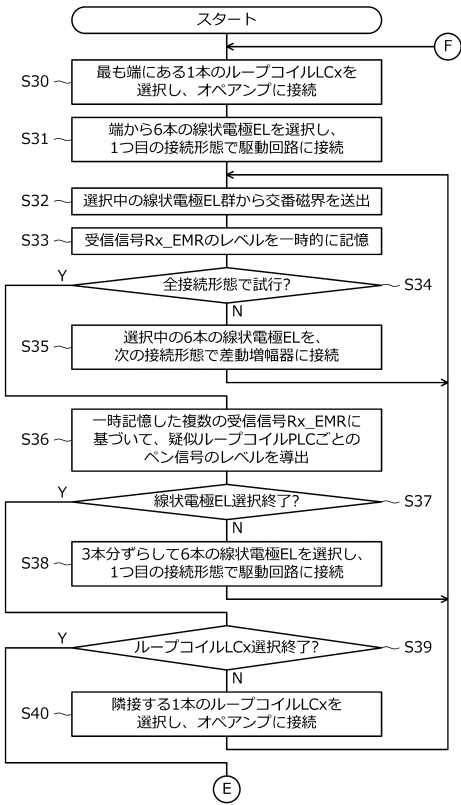
20

【図 2 4】

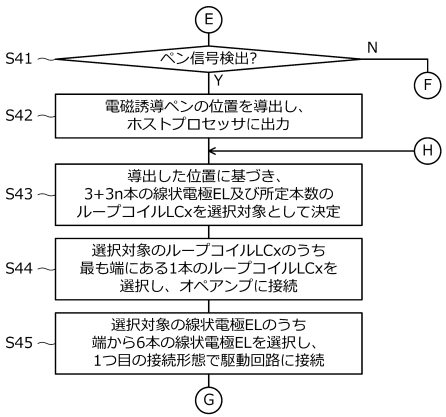


40

【図 2 5】



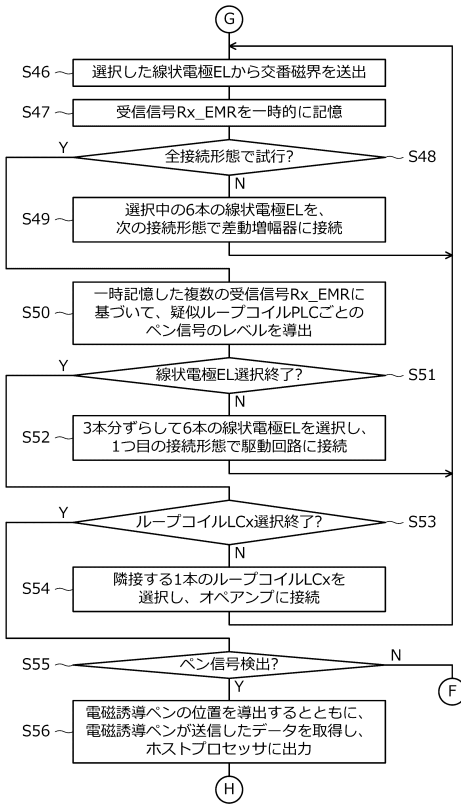
【図 2 6】



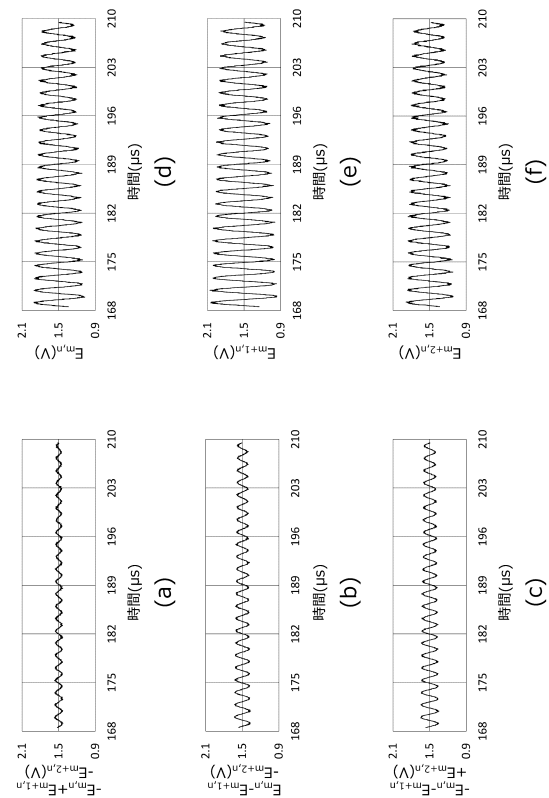
10

20

【図 2 7】



【図 2 8】

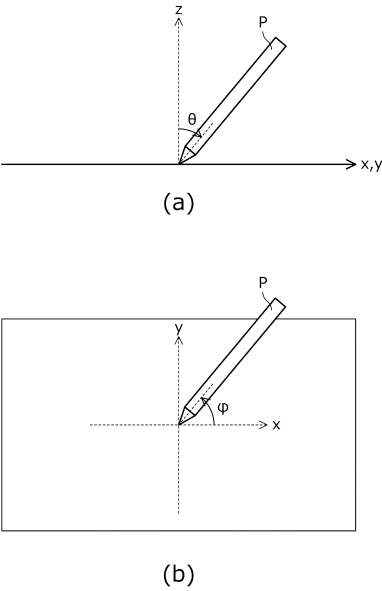


30

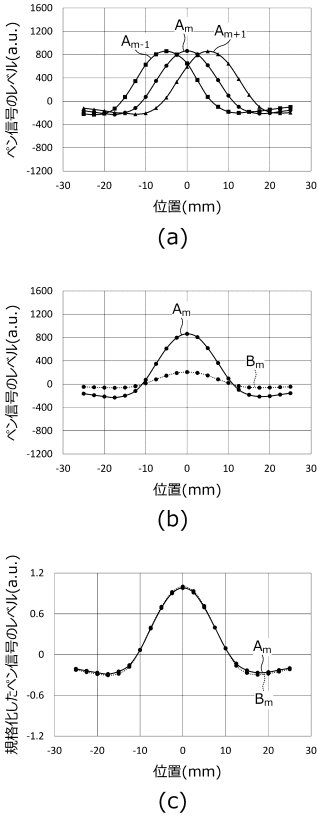
40

50

【図 29】



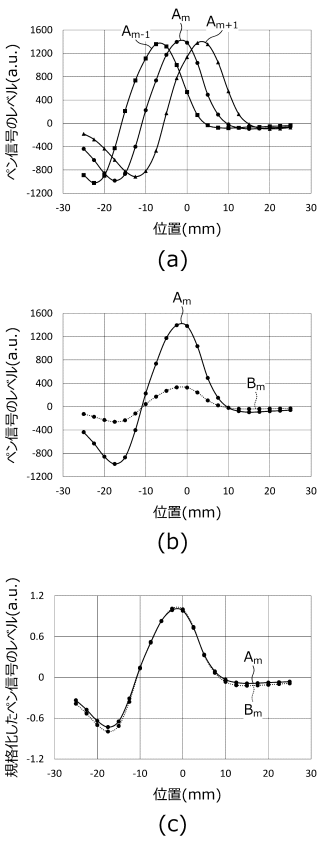
【図 30】



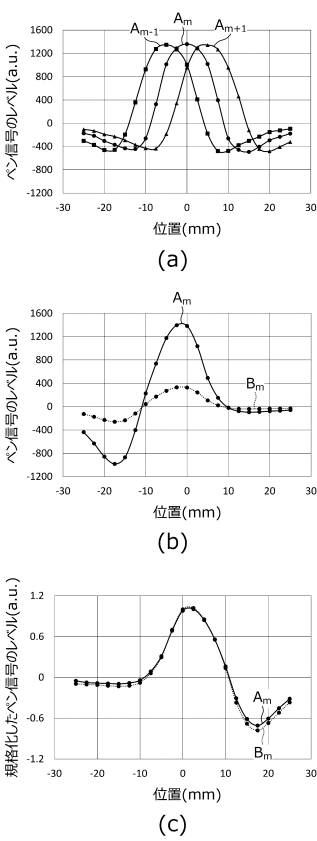
10

20

【図 31】



【図 32】

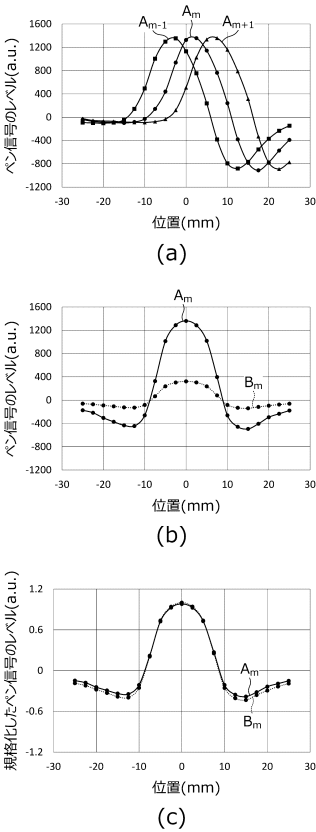


30

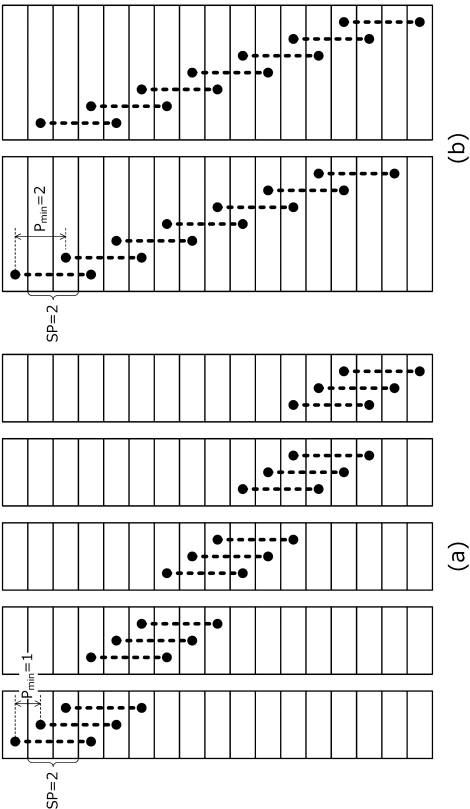
40

50

【図 3 3】



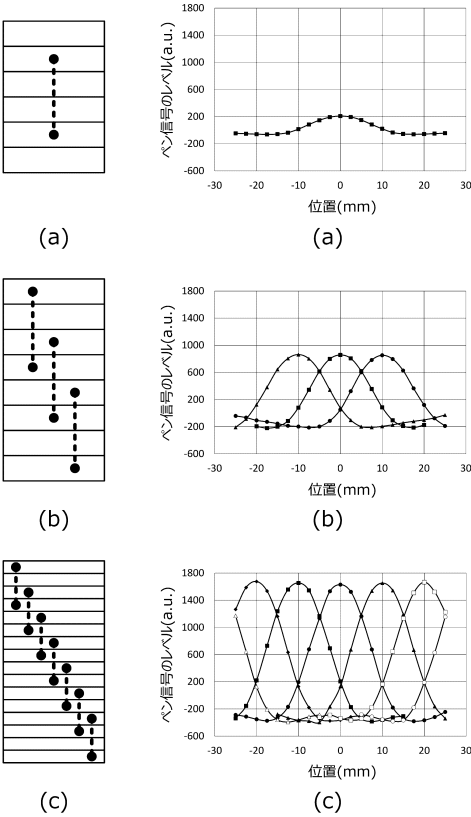
【図 3 4】



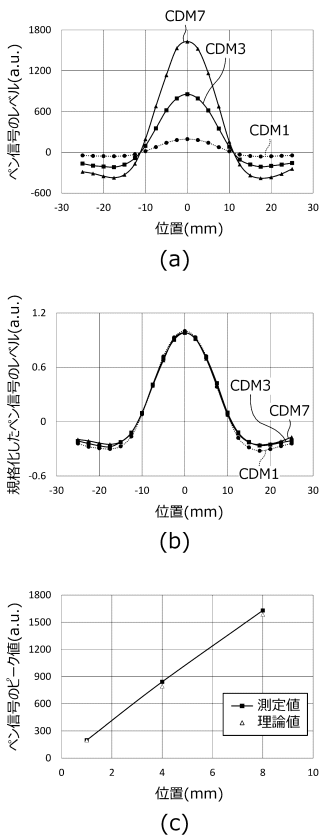
10

20

【図 3 5】



【図 3 6】

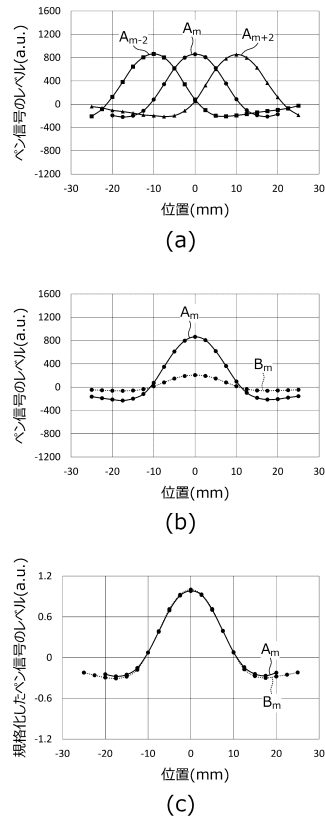


30

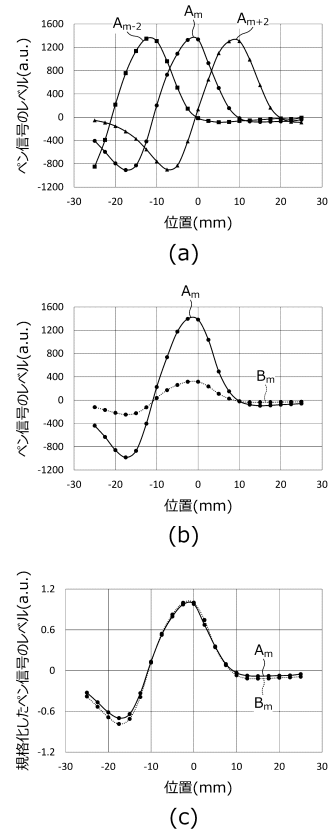
40

50

【図 3 7】



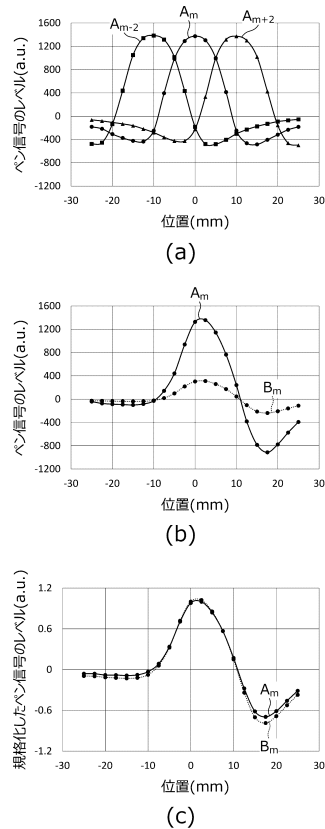
【図 3 8】



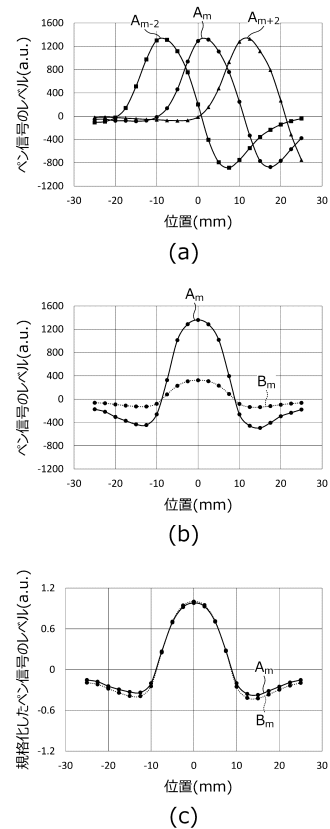
10

20

【図 3 9】



【図 4 0】

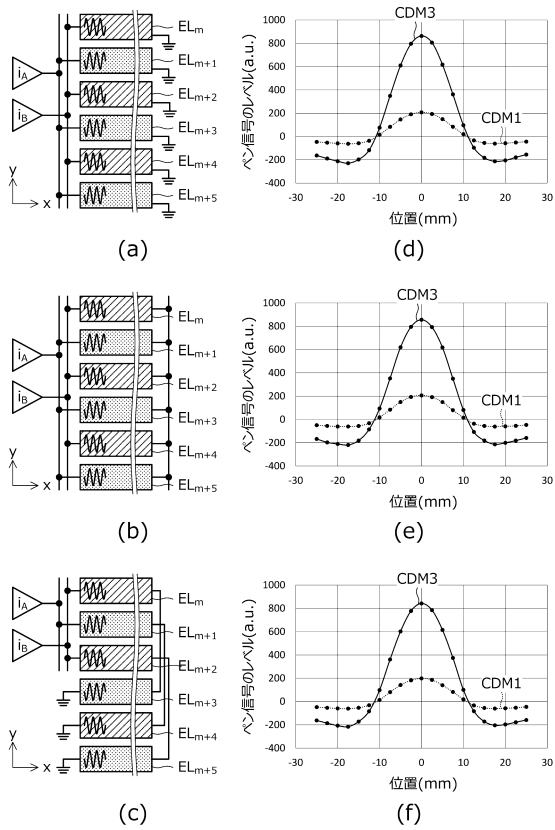


30

40

50

【図 4 1】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表 2016-532228 (JP, A)
特開 2021-103459 (JP, A)
特開 2010-225001 (JP, A)
特開 2017-220153 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G 0 6 F 3 / 0 4 1
G 0 6 F 3 / 0 4 6