

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 10 月 13 日(13.10.2011)

PCT

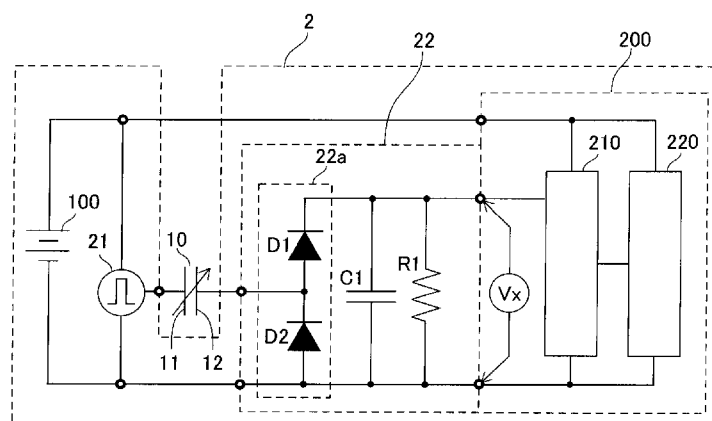
(10) 国際公開番号
WO 2011/125725 A1

- (51) 国際特許分類:
G01L 1/14 (2006.01) G01D 5/241 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/057991
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 30 日(30.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-082246 2010 年 3 月 31 日(31.03.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東海ゴム工業株式会社 (TOKAI RUBBER INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴田 哲好 (SHIBATA, Tetsuyoshi) [JP/JP]; 〒4858550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 東海ゴム工業株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 大川 宏(OHKAWA, Hiroshi); 〒4500002 愛知県名古屋市市中村区名駅 3 丁目 2 番 5 号 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: CAPACITANCE-TYPE SENSOR DEVICE AND CAPACITANCE-TYPE SENSOR CAPACITANCE MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: 静電容量型センサ装置および静電容量型センサの静電容量計測装置

[図2]



(57) Abstract: Provided is a capacitance-type sensor device capable of accurately measuring a capacitance while being reduced in size. The capacitance-type sensor device comprises: a voltage applying element (21) connected in series to the first electrode (11) of a capacitance-type sensor (10) and applying a periodic rectangular wave voltage to the capacitance-type sensor (10); a rectifier (22a) connected to the second electrode (12) of the capacitance-type sensor (10) and rectifying electrical charges charged to and discharged from the capacitance-type sensor (10) when the voltage applying element (21) applies the periodic rectangular wave voltage; a smoothing capacitor (C1) connected in parallel with the rectifier (22a); current measuring shunt resistor (R1) connected in parallel with the smoothing capacitor (C1); and a voltage measuring unit (220) for measuring voltage (Vx) between both ends of the current measuring shunt resistor (R1).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/125725 A1



小型化を図りつつ、高精度に静電容量を計測することができる静電容量型センサ装置を提供する。静電容量型センサ 10 の第一電極 11 に直列接続され、静電容量型センサ 10 に周期性の矩形波電圧を印加する電圧印加素子 21 と、静電容量型センサ 10 の第二電極 12 に接続され、電圧印加素子 21 が周期性の矩形波電圧を印加した場合に静電容量型センサ 10 に充放電される電荷を整流する整流器 22 a と、整流器 22 a に並列接続される平滑コンデンサ C1 と、平滑コンデンサ C1 に並列接続される電流計測用シャント抵抗 R1 と、電流計測用シャント抵抗 R1 の両端電圧 V_x を計測する電圧計測部 220 を備える。

明 細 書

発明の名称：

静電容量型センサ装置および静電容量型センサの静電容量計測装置

技術分野

[0001] 本発明は、静電容量型センサの静電容量を計測することができる静電容量型センサ装置、および、静電容量型センサの静電容量計測装置に関するものである。

背景技術

[0002] 静電容量の変化を計測する装置として、特開2006-177895号公報（特許文献1）および特開2008-306679号公報（特許文献2）に記載されたものがある。また、静電容量の変化を計測するものではないが、電位を計測する装置として、特開2002-63999号公報（特許文献3）に記載されたものがある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-177895号公報
特許文献2：特開2008-306679号公報
特許文献3：特開2002-63999号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ここで、静電容量を電圧に変換する回路が大型であると、当該静電容量電圧変換回路を静電容量型センサの設置位置に設けることができず、静電容量型センサから離れた位置に設置しなければならない。そうすると、静電容量型センサと静電容量電圧変換回路とを接続する配線が長くなり、配線容量の増加および配線に乗るノイズによって静電容量の計測精度が低下することがある。そこで、高精度な静電容量の計測を可能とするために、上記影響を受けにくい静電容量電圧変換回路が求められている。そこで、静電容量電圧変

換回路を小型にできると、静電容量型センサと静電容量電圧変換回路とを一体のユニットとして形成することができるため、静電容量型センサと静電容量電圧変換回路とを接続する配線を非常に短くできる。つまり、配線容量を低減することができ、かつ、配線に乗るノイズの影響を低減することができる。

[0005] しかしながら、特許文献 1, 2 に記載の計測装置を構成する静電容量電圧変換回路は、多種の素子を用いているため、静電容量型センサと静電容量電圧変換回路とを一体のユニットとすることができず、上述した問題を有する。なお、特許文献 3 に記載の電位を計測する装置は、電位の変化を計測するために用いるものであり、静電容量を計測する装置ではない。

[0006] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、静電容量を電圧に変換する静電容量電圧変換回路の小型化を図りつつ、高精度に静電容量を計測することができる静電容量型センサ装置および静電容量型センサの静電容量計測装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、鋭意研究した結果、キャパシタに定電圧を印加して充電した後、放電する電荷量が計測できれば、そのキャパシタの静電容量が計測できることを思いつき、本発明に至った。つまり、本発明は、充放電 1 回分の電荷量は極めて小さいため矩形波を発生させる発信子を使って充放電を繰り返させ、単位時間当たり電荷量（電流）にするために、充放電させた電荷の流れを整流器で一方向とし、断続的に放電した電荷のみをコンデンサで平滑化（積分）し、電流計測用シャント抵抗により電圧として電荷量を計測することとした。具体的には、以下の通りである。

[0008] （静電容量型センサ装置）

静電容量型センサ装置に係る本発明は、距離を隔てて対向して設けられた第一、第二電極を備え、外力の付与もしくは操作者の接近または接触に伴って第一、第二電極間の静電容量が変化する静電容量型センサと、静電容量型センサの第一電極に直列接続され、静電容量型センサに周期性の矩形波電圧

を印加する電圧印加手段と、静電容量型センサの第二電極に接続され、電圧印加手段が周期性の矩形波電圧を印加した場合に静電容量型センサに充放電される電荷を整流する整流器と、整流器に並列接続される平滑コンデンサと、平滑コンデンサに並列接続される電流計測用シャント抵抗と、電流計測用シャント抵抗の両端電圧を計測する電圧計測手段とを備える。

[0009] ここで、本発明の静電容量型センサ装置において、整流器と平滑コンデンサと電流計測用シャント抵抗が、静電容量型センサの静電容量を電圧に変換する静電容量電圧変換回路となる。つまり、本発明によれば、静電容量電圧変換回路が、非常に簡易的な構成、具体的には素子の数の非常に少ない構成からなる。従って、静電容量型センサ装置における静電容量電圧変換回路を非常に小型に形成することができる。ここで、簡易な構成としたことにより静電容量の計測精度が低下するおそれがあるが、電圧印加手段により矩形波電圧を印加するようにしたことにより、高精度に静電容量の計測ができるようになった。つまり、本発明は、一定の電圧で充放電する電荷量を計測する考え方を静電容量を計測する装置に適用し、簡素な矩形波電圧印加手段と整流、平滑手段の組合せにより、小型でありつつ高精度に静電容量型センサの静電容量を計測することができるようになった。

[0010] なお、本発明の静電容量型センサ装置において、電圧印加手段は、発振子などの電圧を印加する素子を用いることもでき、発振回路およびコントロールユニット（マイコン）のタイマ出力を用いることもできる。また、電圧計測手段は、電流計測用シャント抵抗の両端電圧そのものを計測対象とすることもできるし、増幅器を介して入力された電圧を計測対象とすることもできる。

[0011] また、電圧計測手段は、静電容量型センサの充電電圧、電圧印加手段により印加する矩形波電圧の周波数、および、電流計測用シャント抵抗の抵抗値に基づいて、電流計測用シャント抵抗の両端電圧を静電容量型センサの静電容量として計測するようにしてもよい。これにより、確実に、静電容量型センサの静電容量を変換した電圧を計測し、静電容量型センサの静電容量を算

出することができる。

[0012] また、静電容量型センサ、電圧印加手段、整流器、平滑コンデンサおよび電流計測用シャント抵抗は、一体のユニットとして形成されるようにしてもよい。このように、一体のユニットとして形成される場合には、特に、静電容量型センサ装置における静電容量型センサ以外の部分、特に、静電容量を電圧に変換する静電容量電圧変換回路が小型であることが望まれる。本発明を適用することにより、静電容量電圧変換回路の構成部品が整流ダイオード、平滑コンデンサおよび電流計測用シャント抵抗のみと簡素なため、静電容量電圧変換回路の小型化を図ることができる。

[0013] このとき、静電容量型センサの第一、第二電極は、可撓性を有し且つ伸縮自在な性質を有する電極であり、静電容量型センサは、可撓性を有し且つ伸縮自在な性質を有するようにするとよい。つまり、静電容量型センサが柔軟な形状からなることを意味する。これにより、静電容量型センサを種々の用途に用いることができるようになる。そして、静電容量型センサ装置のうち静電容量型センサと静電容量電圧変換回路を一体のユニットとして形成する場合であって、静電容量型センサが可撓性を有する場合には、静電容量型センサ装置における静電容量電圧変換回路を小型化することで、静電容量電圧変換回路が含まれる回路基板の堅さを相対的に感じにくくすることができる。従って、本発明によれば、静電容量型センサと静電容量電圧変換回路とを含む一体のユニット全体として、柔軟な形状として認識することができる。

[0014] また、静電容量型センサは、面形状に形成された静電容量型センサであるとする。このとき、静電容量型センサは、静電容量型センサの面法線方向に距離を隔てて対向して設けられた第一、第二電極と第一、第二電極間に設けられた誘電層とを備え、静電容量型センサの面法線方向の圧縮力、または、静電容量型センサの面接線方向の引張力に応じて、誘電層の変形により第一電極と第二電極との離間距離、電極面積、またはその両方が変化するセンサとしてもよい。これにより、各種の外力を把握することができる。

[0015] また、静電容量型センサは、面形状に形成された静電容量型センサである

場合に、静電容量型センサの面法線方向に距離を隔てて対向して設けられた第一、第二電極と、第一、第二電極間に設けられた誘電層と、静電容量型センサの表面側に設けられた絶縁層とを備え、静電容量型センサの表面への導電体としての操作者の接近または接触状態に応じて、第一、第二電極間の静電容量が変化するセンサとしてもよい。この場合、操作者が電極を構成することで、第一電極と第二電極のうち表面側に位置する電極と操作者自身とがキャパシタを形成する。その結果、第一電極と第二電極とにより形成されるキャパシタの静電容量に影響を与える。従って、第二電極に流れる電流を計測することにより、操作者の接近、接触または接触度合を把握することができる。なお、接触状態とは、接触の有無、接触度合を含む意味で用いている。

[0016] また、静電容量型センサは、面形状に形成された静電容量型センサである場合に、静電容量型センサの面方向に距離を隔てて設けられた第一、第二電極と、静電容量型センサの表面側に設けられた絶縁層とを備え、静電容量型センサの表面への導電体としての操作者の接近または接触状態に応じて、第一、第二電極間の静電容量が変化するセンサとしてもよい。この場合、操作者が電極を構成することで、第一電極と操作者自身とが第一のキャパシタを形成し、かつ、第二電極と操作者自身とが第二のキャパシタを形成する。その結果、第一電極と第二電極とにより形成されるキャパシタの静電容量に影響を与える。従って、第二電極に流れる電流を計測することにより、操作者の接近、接触または接触度合を把握することができる。

[0017] また、整流器、平滑コンデンサおよび電流計測用シャント抵抗は、第二電極の複数箇所にそれぞれに接続した複数からなり、複数の整流器は、第二電極のそれぞれ異なる位置に接続され、静電容量型センサ装置は、電圧印加手段により矩形波電圧を印加した場合に複数の電圧計測手段により計測されたそれぞれの電流計測用シャント抵抗の両端電圧に基づいて、静電容量型センサに接近または接触した操作者の接近位置、接触位置または接触状態の少なくとも何れかを推定する状態推定手段をさらに備えるようにしてもよい。こ

こで、第二電極の抵抗成分の影響によって、複数の静電容量電圧変換回路から出力される電圧は、操作者の接近位置、接触位置または接触状態に応じて異なる値となる。このことを利用して、複数の出力側の静電容量電圧変換回路を第二電極のそれぞれ異なる位置に接続することで、それぞれの出力側の静電容量電圧変換回路の電圧計測手段により計測される両端電圧によって、操作者の接近位置、接触位置または接触状態を算出することができる。

[0018] また、静電容量型センサは、複数の第一電極を備え、静電容量型センサは、それぞれの第一電極に対して、第一電極を電圧印加手段に接続する第一状態と第一電極を接地する第二状態とを切り換える入力側切換回路と、選択された1つの第一電極に対して第一状態とし、残りの第一電極に対して第二状態とするように入力側切換回路を制御する切換制御手段と、を備えるようにしてもよい。

[0019] 複数の第一電極がある場合には、電圧印加手段に接続する第一電極を順次切り換える必要がある。このとき、電圧印加手段に接続していない第一電極が接地されていない場合には、近接する第一電極同士がキャパシタを形成してしまい、第二電極に充放電される電荷に影響を与えてしまう。そのため、所定の第一電極と第二電極との静電容量を高精度に計測することができない。そこで、電圧印加手段に接続していない第一電極を接地することで、所定の第一電極と第二電極との静電容量を高精度に計測することができる。ここで、接地とは、グランド（アース）に接続する場合の他、充電電圧が印加されている状態を含む。

[0020] （静電容量型センサの静電容量計測装置）

上記においては、本発明を静電容量型センサ装置として把握した場合について説明したが、この他に、静電容量型センサ装置のうち計測装置部分のみを抽出して把握することができる。

[0021] すなわち、静電容量型センサの静電容量計測装置に係る本発明は、距離を隔てて対向して設けられた第一、第二電極を備え、外力の付与もしくは操作者の接近または接触に伴って第一、第二電極間の静電容量が変化する静電容

量型センサの静電容量を計測する計測装置であって、静電容量型センサに周期性の矩形波電圧を印加する電圧印加手段と、静電容量型センサの第二電極に接続され、電圧印加手段が周期性の矩形波電圧を印加した場合に静電容量型センサに充放電される電荷を整流する整流器と、整流器に並列接続される平滑コンデンサと、平滑コンデンサに並列に接続される電流計測用シャント抵抗と、電流計測用シャント抵抗の両端電圧を計測する電圧計測手段とを備える。

[0022] これにより、上述した静電容量型センサ装置における効果と同一の効果を奏することができる。また、上述した静電容量型センサ装置における他の特徴部分について、当該静電容量計測装置に適用することができ、同一の効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]第一実施形態：（a）は静電容量型センサ装置の平面図である。（b）は、静電容量型センサ装置の正面図である。

[図2]第一実施形態：静電容量型センサ装置の電気回路図である。

[図3]第二実施形態：静電容量型センサ装置の模式的な平面構成図である。

[図4]切換制御部による制御動作のタイミングチャートである。

[図5]第二実施形態の変形態様：入力側切換回路311の構成を示す電気回路図である。

[図6]第三実施形態：静電容量型センサ装置の断面図である。

[図7]静電容量型センサ装置の平面図である。

[図8]指の押付力を大きくした状態における静電容量型センサ装置の断面図である。

[図9]第四実施形態：静電容量型センサ装置の斜視図である。

[図10]第五実施形態：静電容量型センサ装置の電気回路図である。

[図11]図10のA-A断面図である。

[図12]第六実施形態：静電容量型センサ装置の電気回路図である。

[図13]図12のB-B断面図である。

[図14] 第七実施形態：静電容量型センサ装置の電気回路図である。

[図15] 図14のC-C断面図である。

[図16] 第一、第二の静電容量電圧変換回路の出力電圧を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の静電容量型センサ装置および静電容量計測装置を具体化した実施形態について図面を参照しつつ説明する。

<第一実施形態>

第一実施形態の静電容量型センサ装置について、図1および図2を参照して説明する。静電容量型センサ装置は、例えば、感圧センサとして用いたり、車両のシートベルトに貼り付けられ、シートベルトに付与される張力を計測することに用いたりすることができる。

[0025] 静電容量型センサ装置は、部品ユニットとして捉えた場合には、静電容量型センサユニット1と、電源100と、電圧計測器200のそれぞれの各部品ユニットを備えて構成される。そこで、まずは、図1(a)(b)を参照して主として静電容量型センサユニット1の形状に関する部分について説明し、後に、図2を参照して静電容量型センサ装置の電気回路について詳細に説明する。

[0026] 静電容量型センサユニット1は、静電容量型センサ10と、回路基板20と、配線部30とを備えて構成され、これらを一体的なユニットとして形成している。静電容量型センサ10は、本実施形態においては、可撓性を有し且つ伸縮自在な性質からなり、ゴムのような柔軟な材質により形成している。ただし、本発明において、静電容量型センサ10は、可撓性を有するもの以外にも適用可能である。

[0027] そして、静電容量型センサ10は、図1(a)(b)に示すように、面形状に形成されている。この静電容量型センサ10は、面法線方向(図1(b)の上下方向)に距離を隔てて対向して設けられた第一、第二電極11、12と、第一、第二電極11、12間に設けられた誘電層13と、第二電極12側の表面および第一電極11側の裏面を被覆するように設けられた絶縁層

１４，１５を備えて構成される。そして、付与される外力に応じて第一電極１１と第二電極１２との離間距離、電極面積、またはその両方が変化し、この変化に伴って第一電極１１と第二電極１２の間の静電容量が変化する。なお、静電容量が離間距離、電極面積、またはその両方に比例する関係にあることは周知であるため、詳細な説明は省略する。

[0028] 静電容量型センサ１０を構成する第一、第二電極１１，１２は、同一材質でありかつ同一形状により形成されている。具体的には、第一、第二電極１１，１２は、薄膜状の矩形状に形成されている。第一、第二電極１１，１２の材質は、エラストマー中に導電性フィラーを配合させることにより成形している。そして、第一、第二電極１１，１２は、可撓性を有し且つ伸縮自在な性質を有するようにしている。

[0029] 第一、第二電極１１，１２を構成するエラストマーは、例えば、シリコーンゴム、エチレンープロピレン共重合ゴム、天然ゴム、スチレンーブタジエン共重合ゴム、アクリロニトリルーブタジエン共重合ゴム、アクリルゴム、エピクロロヒドリンゴム、クロロスルホン化ポリエチレン、塩素化ポリエチレン、ウレタンゴムなどが適用できる。また、第一、第二電極１１，１２に配合される導電性フィラーは、導電性を有する粒子であればよく、例えば、炭素材料や金属等の微粒子を適用できる。

[0030] 誘電層１３は、エラストマーにより成形され、第一、第二電極１１，１２と同様に、可撓性を有し且つ伸縮自在な性質を有する。この誘電層１３を構成するエラストマーは、例えば、シリコーンゴム、アクリロニトリルーブタジエン共重合ゴム、アクリルゴム、エピクロロヒドリンゴム、クロロスルホン化ポリエチレン、塩素化ポリエチレン、ウレタンゴムなどが適用できる。この誘電層１３は、設定された厚みを有し、第一、第二電極１１，１２と同程度の矩形状に形成されている。絶縁層１４，１５は、第一、第二電極１１，１２と同様に、可撓性を有し且つ伸縮自在な性質を有する。この絶縁層１４，１５を構成するエラストマーは、例えば、誘電層１３を構成するエラストマーとして記載した材料が適用される。

- [0031] 以上説明した第一、第二電極 11, 12、誘電層 13 および絶縁層 14, 15 からなる静電容量型センサ 10 は、全体として、所定の厚みを有する任意の形状（図 1（a）では例えば矩形状として図示する）に形成されている。さらに、静電容量型センサ 10 は、可撓性を有し且つ伸縮自在な性質を有する。
- [0032] そして、静電容量型センサ 10 が静電容量型センサ 10 の面法線方向に圧縮力を受けた場合には、誘電層 13 が当該面法線方向に圧縮変形することにより、第一、第二電極 11, 12 間の離間距離が短くなる。この場合、静電容量型センサ 10 の静電容量は大きくなる。また、静電容量型センサ 10 が静電容量型センサ 10 の面接線方向に引張力を受けた場合には、誘電層 13 が当該面接線方向に伸張変形することにより、第一、第二電極 11, 12 それぞれの電極面積が広がる。この場合も、静電容量型センサ 10 の静電容量は大きくなる。このように、静電容量型センサ 10 が外力を受けた場合に、その外力に応じて第一電極 11 と第二電極 12 とにより形成されるキャパシタの静電容量が変化する。
- [0033] 回路基板 20 は、電圧印加素子 21 と静電容量電圧変換回路 22 とを備え、これらを同一の基板上に形成している。電圧印加素子 21 は、静電容量型センサ 10 に対して周期性の矩形波電圧を印加する素子（例えば、発振子）である。なお、本実施形態においては、矩形波電圧を印加する手段として、電圧印加素子 21 としての発振子を用いる場合を例に挙げるが、その他に例えば発振回路およびコントロールユニット（マイコン）のタイマ出力などを用いることもできる。
- [0034] 静電容量電圧変換回路 22 は、静電容量型センサ 10 の静電容量を電圧に変換することにより、当該静電容量を電圧として取り出すことができる回路である。概要としては、静電容量電圧変換回路 22 は、静電容量型センサ 10 の第一電極 11 に対して周期性の矩形波電圧を印加した場合に、静電容量型センサ 10 の出力側である第二電極 12 で充放電される電流を電圧に変換して出力する回路である。電圧印加素子 21 および静電容量電圧変換回路 2

2の詳細な説明については、図2を用いて後述する。

[0035] 配線部30は、静電容量型センサ10と回路基板20とを電氣的に接続する。配線部30は、実質的に、静電容量型センサ10と同様な構成をなしている。この配線部30は、第一、第二電極31、32と、絶縁層33、34、35とを備えて構成される。第一、第二電極31、32は、それぞれ、静電容量型センサ10の第一、第二電極11、12と一体的に同一材質により形成されたものであり、当然にそれぞれに電氣的に接続されている。中間の絶縁層33は、静電容量型センサ10の誘電層13と一体的に同一材質により形成されたものである。また、絶縁層34、35は、静電容量型センサ10の絶縁層14、15と一体的に同一材質により形成されたものである。そして、配線部30の第一電極31が回路基板20の電圧印加素子21に電氣的に接続され、配線部30の第二電極32が回路基板20の静電容量電圧変換回路22に電氣的に接続されている。

以上説明した静電容量型センサユニット1は、ハーネスを介して、電源100および電圧計測器200に接続される。

[0036] 次に、静電容量型センサ装置の電気回路について、図2を参照して詳細に説明する。ここで、静電容量型センサ10は可変静電容量として機能するため、図2において、静電容量型センサ10は可変静電容量として図示している。

[0037] 図2に示すように、静電容量型センサ装置は、電気回路の機能的に捉えた場合には、静電容量型センサ10と、静電容量計測装置2とを備えて構成される。静電容量型センサ装置の静電容量計測装置2は、電源100と、電圧印加素子21と、静電容量電圧変換回路22と、電圧計測器200とを備えて構成される。

[0038] 電源100は、直流電源である。電圧印加素子21は、周期性の矩形波電圧を発生する素子であって、静電容量型センサ10に当該矩形波電圧を印加する。具体的には、電圧印加素子21の出力端は、静電容量型センサ10の第一電極11に接続され、電圧印加素子21の接地端は、電源100の負極

側に接続され、電圧印加素子 21 の電源端は、電源 100 から電圧が印加される。電圧印加素子 21 は、このように接続されることで周期性の矩形波電圧を発生する。この電圧印加素子 21 により印加される電圧は、例えば、周波数 250 kHz で、最大電圧 5 V で、ON デューティ比 50 % とする。もちろん、周波数、最大電圧、および、ON デューティ比を適宜変更することは可能である。

[0039] 静電容量計測装置 2 を構成する静電容量電圧変換回路 22 は、整流器 22a と、平滑コンデンサ C1 と、電流計測用シャント抵抗 R1 とにより構成される。整流器 22a は、静電容量型センサ 10 の出力側に接続され、電圧印加素子 21 が静電容量型センサ 10 の第一電極 11 に対して周期性の矩形波電圧を印加した場合に静電容量型センサ 10 の第二電極 12 に充放電される電荷を整流する。この整流器 22a は、第一ダイオード D1 と第二ダイオード D2 とから構成される。第一ダイオード D1 は、静電容量型センサ 10 に直列接続され、第二ダイオード D2 は、静電容量型センサ 10 に並列接続されている。具体的には、第一ダイオード D1 のアノードは、静電容量型センサ 10 の第二電極 12 に接続されている。第二ダイオード D2 のアノードは、電源 100 の負極側に接続され、第二ダイオード D2 のカソードは、静電容量型センサ 10 の第二電極 12 および第一ダイオード D1 のアノードに接続されている。

[0040] 従って、電圧印加素子 21 の矩形波電圧が ON の場合に、第二ダイオード D2 を介して静電容量型センサ 10 の第二電極 12 に電荷が充電される。一方、電圧印加素子 21 の矩形波電圧が OFF の場合に、第一ダイオード D1 を介して静電容量型センサ 10 の第二電極 12 から電荷が放電される。

[0041] 平滑コンデンサ C1 は、整流器 22a の出力側に並列接続され、整流器 22a に流れる電流を平滑化する。つまり、平滑コンデンサ C1 は、一端が第一ダイオード D1 のカソードに接続され、他端が第二ダイオード D2 のアノードに接続されている。上述したように、整流器 22a には、静電容量型センサ 10 の第二電極 12 に充電される際と放電する際において電荷の流れが異なるため、整流器 22a の出力側の電流の時間変化は断続形状となる。そこで

、平滑コンデンサC 1がこの矩形波状の電流を平滑化する役割を有する。

[0042] 電流計測用シャント抵抗R 1は、平滑コンデンサC 1の出力側に並列接続されている。つまり、電流計測用シャント抵抗R 1の両端は、平滑コンデンサC 1の両端にそれぞれ接続されている。ここで、静電容量型センサ10の第二電極12による放電電荷は全て電流計測用シャント抵抗R 1を通過するため、電流計測用シャント抵抗R 1の両端電圧Vxを計測することで、静電容量型センサ10の第二電極12による放電電流を計測できる。

[0043] 静電容量計測装置2を構成する電圧計測器200は、電圧増幅器210と、静電容量算出部220（本発明の「電圧計測手段」に相当）とから構成される。電圧増幅器210は、電流計測用シャント抵抗R 1の出力側に並列接続されており、電流計測用シャント抵抗R 1の両端電圧Vxを増幅する。なお、本実施形態における静電容量計測装置2は、電圧増幅器210を備える構成としたが、電圧増幅器210を備えずに静電容量算出部220のみにより構成されるものとしてもよい。

[0044] 静電容量算出部220は、電圧増幅器210により増幅された電流計測用シャント抵抗R 1の両端電圧Vxを計測し、計測した当該両端電圧Vxから静電容量型センサ10の静電容量Cxを算出する。ここで、電流計測用シャント抵抗R 1の両端電圧Vxは、式（1）のように示される。なお、式（1）において、（V-Vf）は、電圧印加素子21により電圧を印加された場合の静電容量型センサ10による充電電圧に相当する。

[0045] [数1]

$$Vx = Cx \cdot (V - Vf) \cdot \text{Freq} \cdot R1 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (1)$$

Vx：電流計測用シャント抵抗R 1の両端電圧

Cx：静電容量型センサ10の可変静電容量

V：電圧印加素子21により印加される最大電圧

Freq：電圧印加素子21により印加される矩形波電圧の周波数

Vf：第一、第二ダイオードD1, D2の順方向電圧

R1：電流計測用シャント抵抗

[0046] そして、静電容量型センサ 10 の静電容量 C_x は、式 (1) より、式 (2) のように表される。そして、式 (2) において、静電容量 C_x 以外の値は既知であるため、静電容量 C_x を算出することができる。

[0047] [数 2]

$$C_x = V_x / \{(V - V_f) \cdot \text{Freq} \cdot R_1\} \quad \dots \quad (2)$$

[0048] 以上説明したように、非常に簡易的な電気回路、つまり素子の数が非常に少ない構成により静電容量型センサ 10 の静電容量 C_x を算出することができる。従って、静電容量型センサ装置における静電容量電圧変換回路 22 は、非常に小型に形成することができる。従って、この静電容量電圧変換回路 22 を備える回路基板 20 も小型化することができる。

[0049] ここで、電圧印加素子 21 が周期的な矩形波電圧を印加するようにしたため、式 (2) に示すように矩形波電圧の周波数 Freq と最大電圧 V を高精度に適用することができる。つまり、周期的な矩形波電圧を静電容量型センサ 10 に印加することにより、高精度に静電容量 C_x を計測することができるようになる。このように、小型でありながら、高精度に静電容量 C_x を計測することができる。

[0050] また、静電容量型センサユニット 1 は、静電容量型センサ 10、電圧印加素子 21、静電容量電圧変換回路 22 および配線部 30 と一体とするユニットとして形成している。上述したように、静電容量電圧変換回路 22 の小型化を図ることができるようになったため、静電容量型センサユニット 1 全体を一体のユニットとして形成した場合であっても、静電容量型センサユニット 1 全体の小型化を図ることができる。特に、静電容量電圧変換回路 22 の小型化を図り、静電容量型センサユニット 1 のユニット化を行うことで、配線部 30 の長さを従来に比べて格段に短くできる。その結果、配線部 30 の配線容量を低減することができ、かつ、配線部 30 に乗るノイズの低減を図ることができる。従って、高精度な静電容量の計測が可能となる。

[0051] また、本実施形態においては、静電容量型センサ 10 が可撓性且つ伸縮自在な性質を有するものとした。このような柔軟な形状性質を有するセンサの

用途は非常に多様である。ところが、静電容量電圧変換回路 22 が大型であると、静電容量電圧変換回路 22 を搭載する回路基板 20 が大型化してしまう。そうすると、静電容量型センサユニット 1 をユニット化した場合に、静電容量型センサ 10 の柔軟な性質があっても、相対的に回路基板 20 の堅さが際立ってしまう。しかし、本実施形態の静電容量型センサ装置であれば、静電容量電圧変換回路 22 の小型化を図ることができるため、静電容量型センサユニット 1 と一体のユニットとした場合であっても、回路基板 20 の部分の堅さを相対的に感じにくくすることができる。従って、本実施形態の静電容量型センサユニット 1 全体として、柔軟な形状として認識することができる。

[0052] <第二実施形態>

第二実施形態の静電容量型センサ装置について、図 3 を参照して説明する。本実施形態の静電容量型センサ装置は、広範囲の感圧センサとして適用した場合の例である。第一実施形態の静電容量型センサ 10 は一箇所の感圧センサとして機能するため、第二実施形態では第一実施形態の静電容量型センサ 10 を複数箇所に設けるようにしたものである。ただし、単に複数設けるのでは静電容量電圧変換回路 22 の配置が容易ではないため、図 3 に示すように構成した。なお、第二実施形態において、第一実施形態の静電容量型センサ装置の各構成と実質的に同一の構成については同一符号を付している。

[0053] 図 3 に示すように、第二実施形態の静電容量型センサ装置は、静電容量型センサ 110 と、電源 100 と、電圧印加素子 21 と、複数の静電容量電圧変換回路 122a ~ 122d と、第一、第二接続切換部 310, 320 と、電圧計測器 200 と、切換制御部 330 と、状態推定部 340 とを備えて構成される。また、電圧印加素子 21 と、第一、第二接続切換部 310, 320 と、電圧計測器 200 と、切換制御部 330 と、状態推定部 340 は、それら全て、または、それら一部機能をコントロールユニット（マイコン）に搭載された同等の機能により置き換えて構成してもよい。

[0054] 静電容量型センサ 110 は、全体として矩形板状に形成されている。静電

容量型センサ 110 は、複数の長尺板状の第一電極 111a～111d と、複数の長尺板状の第二電極 112a～112d と、誘電層 113 とから構成される。なお、図 3 においては、表面および裏面の絶縁層は図示していない。第一、第二電極 111a～111d、112a～112d は、第一実施形態の静電容量型センサ 10 の第一、第二電極 11、12 と同一材質により形成されている。そして、複数の第一電極 111a～111d は、それぞれ面接線方向（図 3 の上下方向）に距離を隔てて平行に配置されている。複数の第二電極 112a～112d は、それぞれ面接線方向（図 3 の左右方向）に距離を隔てて平行に配置されている。そして、第一電極 111a～111d のそれぞれが平行に配置される方向（図 3 の上下方向）と第二電極 112a～112d のそれぞれが平行に配置される方向（図 3 の左右方向）とは直交するように配置されている。つまり、静電容量型センサ 110 の面法線方向から見た場合に、第一電極 111a～111d と第二電極 112a～112d とにより格子状を形成するように、第一電極 111a～111d および第二電極 112a～112d が配置されている。誘電層 113 は、複数の第一電極 111a～111d と複数の第二電極 112a～112d との間に介在するように配置されている。この誘電層 113 は、法接線方向に伸縮可能な材質により形成されている。

- [0055] 入力側切換回路 310 は、複数のスイッチ 310a～310d により構成されている。各スイッチ 310a～310d の一端は、電圧印加素子 21 の出力端と、グランド（アース）への接地端とを選択して切換可能に構成されている。一方、各スイッチ 310a～310d の他端は、対応する第一電極 111a～111d に接続されている。つまり、入力側切換回路 310 の各スイッチ 310a～310d は、第一電極 111a～111d を電圧印加素子 21 に接続する第一状態と、第一電極 111a～111d を接地する第二状態とを切り換える。そして、後述する切換制御部 330 により、第一電極 111a～111d の中から選択された 1 つと電圧印加素子 21 とを接続し（第一状態）、第一電極 111a～111d の残りを接地する（第二状態）

。また、図 3 には図示しないが、電圧印加素子 2 1 の電源端は、図 2 を用いて説明したように、電源 1 0 0 の正極側に接続され、電圧印加素子 2 1 の接地端は、電源 1 0 0 の負極端に接続される。

[0056] 複数の静電容量電圧変換回路 1 2 2 a ~ 1 2 2 d は、対応する第二電極 1 1 2 a ~ 1 1 2 d のそれぞれの端部に接続されている。静電容量電圧変換回路 1 2 2 a ~ 1 2 2 d は、第一実施形態の静電容量電圧変換回路 2 2 と同一構成からなる。出力側切換回路 3 2 0 は、複数のスイッチ 3 2 0 a ~ 3 2 0 d により構成されている。各スイッチ 3 2 0 a ~ 3 2 0 d の一端は、対応する静電容量電圧変換回路 1 2 2 a ~ 1 2 2 d に接続され、各スイッチ 3 2 0 a ~ 3 2 0 d の他端は、電圧計測器 2 0 0 に接続される。そして、切換制御部 3 3 0 により、静電容量電圧変換回路 1 2 2 a ~ 1 2 2 d の中から選択された 1 つと電圧計測器 2 0 0 とを接続し、静電容量電圧変換回路 1 2 2 a ~ 1 2 2 d の残りを切断する。

[0057] 切換制御部 3 3 0 は、入力側切換回路 3 1 0 および出力側切換回路 3 2 0 の ON / OFF 動作を切り換える制御を行う。図 4 を参照して、入力側切換回路 3 1 0 および出力側切換回路 3 2 0 の ON / OFF 動作のタイミングチャートを参照して説明する。電圧印加素子 2 1 が周期性の矩形波電圧を印加した後に、入力側切換回路 3 1 0 の第一スイッチ 3 1 0 a が ON する。ここで、入力側切換回路 3 1 0 の各スイッチ 3 1 0 a ~ 3 1 0 d の ON とは、各スイッチ 3 1 0 a ~ 3 1 0 d が電圧印加素子 2 1 側に接続される状態（第一状態）を意味する。このとき、入力側切換回路 3 1 0 の第二、第三、第四スイッチ 3 1 0 b, 3 1 0 c, 3 1 0 d は、グラウンドに接地されている（第二状態）。つまり、第一電極 1 1 1 a のみに周期性の矩形波電圧が印加される。

[0058] 同時に、出力側切換回路 3 2 0 の第一スイッチ 3 2 0 a が ON する（接続状態）。このとき、出力側切換回路 3 2 0 の第二、第三、第四スイッチ 3 2 0 b, 3 2 0 c, 3 2 0 d は、OFF である（切断状態）。この状態において、電圧計測器 2 0 0 は、第一電極 1 1 1 a と第二電極 1 1 2 a との間の静

電容量に応じた電圧を計測することになる。

[0059] ここで、第一電極 1 1 1 a ~ 1 1 1 d 同士は、平行に設けられているため、キャパシタとして機能するおそれがある。つまり、第二電極 1 1 2 a ~ 1 1 2 d に充放電される電荷に影響を与えるおそれがある。しかし、上述したように、当該状態において、入力側切換回路 3 1 0 の第二、第三、第四スイッチ 3 1 0 b, 3 1 0 c, 3 1 0 d は、接地されている。そのため、上記状態において、第一電極 1 1 1 a のみに電圧が印加された場合に、第一電極 1 1 1 a と他の第一電極 1 1 1 b ~ 1 1 1 d との間で、キャパシタは機能しない。従って、第一電極 1 1 1 a は、第二電極 1 1 2 a ~ 1 1 2 d との間にのみ、キャパシタとして機能する。従って、他の第一電極 1 1 1 b ~ 1 1 1 d が、第二電極 1 1 2 a ~ 1 1 2 d に充放電される電荷に影響を与えることを防止できる。その結果、電圧計測器 2 0 0 は、高精度に第一電極 1 1 1 a と第二電極 1 1 2 a との間の静電容量に応じた電圧を計測することができる。

[0060] 続いて、出力側切換回路 3 2 0 の第一スイッチ 3 2 0 a を OFF に切り換え、第二スイッチ 3 2 0 b を ON に切り換える。従って、電圧計測器 2 0 0 は、第一電極 1 1 1 a と第二電極 1 1 2 b との間の静電容量に応じた電圧を計測することになる。

[0061] このように、入力側切換回路 3 1 0 の第一スイッチ 3 1 0 a が電圧印加素子 2 1 側（第一状態）の間、出力側切換回路 3 2 0 のスイッチ 3 2 0 a ~ 3 2 0 d に対して、ON と OFF とを順次切り換えていく。続いて、入力側切換回路 3 1 0 の第一スイッチ 3 1 0 a をグランドへの接地（第二状態）に切り換え、第二スイッチ 3 1 0 b を電圧印加素子 2 1 側（第一状態）へ切り換える。この状態で、上述したように、出力側切換回路 3 2 0 のスイッチ 3 2 0 a ~ 3 2 0 d を順次切り換える。そして、入力側切換回路 3 1 0 のスイッチ 3 1 0 a ~ 3 1 0 d に対して、ON とグランドとを順次切り換えていく。

[0062] 上記のようにすることで、電圧計測器 2 0 0 は、図 3 において、第一電極 1 1 1 a ~ 1 1 1 d と第二電極 1 1 2 a ~ 1 1 2 d とが交差するそれぞれの位置における静電容量に応じた電圧を取得することができる。そこで、状態

推定部 340 は、これらの電圧を用いて、誘電層 113 の各部位の変形状態を推定することができる。推定した誘電層 113 の変形状態に基づいて、外力が付与された位置および外力の大きさを推定することができる。すなわち、状態推定部 340 は、静電容量型センサ 110 に付与された面圧の分布を算出することができる。

[0063] <第二実施形態の第一変形態様>

ここで、上記実施形態において、誘電層 113 が変形することにより、第一電極 111a ~ 111d と第二電極 112a ~ 112d との離間距離が変化することに伴って、電極間の静電容量が変化すると説明した。この態様の他に、本発明は、人間（操作者）が指を接触した位置を検出するタッチパネルなどに適用することができる。この場合、人間の指が導電体として機能するため、導電体が静電容量型センサ 110 に接近または接触した場合には、第二電極 112a ~ 112d と指との間でキャパシタを形成することになる。その結果、指が接触または近接した位置における第一電極 111a ~ 111d と第二電極 112a ~ 112d との静電容量は、指が接触および近接していない位置における当該静電容量とは異なる。つまり、状態推定部 340 は、誘電層 113 が変形するか否かに関わらず、導電体としての人間の指が接近位置、接触位置または接触度合を算出することができる。

[0064] <第二実施形態の第二変形態様>

上記実施形態において、入力側切換回路 310 の各スイッチ 310a ~ 310d の一端は、電圧印加素子 21 の出力端と、グランド（アース）への接地端とを選択して切換可能に構成されているものとした。この他の態様について、図 5 を参照して説明する。図 5 に示すように、入力側切換回路 311 の各スイッチ 311a から 311d の一端は、電圧印加素子 21 の出力端と、電源 100 の正極側の端子とを選択して切換可能に構成されている。一方、各スイッチ 311a ~ 311d の他端は、対応する第一電極 111a ~ 111d に接続されている。

[0065] つまり、電源 100 の正極側の端子は、一定電圧が印加されている端子で

あり、高圧側接地に相当する。この場合、入力側切換回路 3 1 1 の各スイッチ 3 1 1 a ~ 3 1 1 d の切換動作は、上述した入力側切換回路 3 1 0 の各スイッチ 3 1 0 a ~ 3 1 0 d の切換動作と同一である。ただし、入力側切換回路 3 1 1 の各スイッチ 3 1 1 a ~ 3 1 1 d の ON とは、各スイッチ 3 1 1 a ~ 3 1 1 d が電圧印加素子 2 1 側に接続される状態（第一状態）を意味する。従って、この場合も、上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0066] <第三実施形態>

次に、第三実施形態の静電容量型センサ装置について図 6 ~ 図 8 を参照して説明する。図 6 および図 7 に示すように、本実施形態の静電容量型センサ 1 0 は、第一実施形態と実質的同一の構成からなる静電容量型センサ 1 0 を用いる。ただし、静電容量型センサ 1 0 の形状を長尺状とする。また、第一電極 1 1 の一端に電圧印加素子 2 1 の出力端を接続する。さらに、第二電極 1 2 の一端に、第一の静電容量電圧変換回路 2 2 2 a を接続し、第二電極 1 2 の他端に、第二の静電容量電圧変換回路 2 2 2 b を接続する。なお、図 6 ~ 図 8 には図示しないが、電源 1 0 0 および電圧計測器 2 0 0 も備える。

[0067] そして、静電容量型センサ 1 0 の表面側に、図 6 および図 7 に示すように、人間の指を接触または近接させる。ここで、第一の静電容量電圧変換回路 2 2 2 a により出力される電圧と、第二の静電容量電圧変換回路 2 2 2 b により出力される電圧とは、指が接触または近接している位置によって異なる。これは、第二電極 1 2 の抵抗成分の影響によるものである。従って、第一の静電容量電圧変換回路 2 2 2 a により出力される電圧と、第二の静電容量電圧変換回路 2 2 2 b により出力される電圧とを計測することにより、指が接触または近接している位置を算出することができる。

[0068] さらに、図 8 に示すように、人間の指を静電容量型センサ 1 0 に強く押し付ける場合を考える。この場合には、人間の指が導電体として機能するため、図 6 の状態に比べて図 8 の状態は、キャパシタの電極の面積が変化すると捉えることができる。そのため、指を押し付けた力に応じて、第一の静電容量電圧変換回路 2 2 2 a により出力される電圧、および第二の静電容量電圧

変換回路 222b により出力される電圧が変化する。従って、両電圧に基づいて、指による押付状態を推定することができる。

[0069] <第四実施形態>

次に、第四実施形態の静電容量型センサ装置について図 9 を参照して説明する。第三実施形態では、静電容量型センサ 10 の形状を長尺状とした。第三実施形態の考え方を、矩形状の静電容量型センサ 10 に適用した場合が、本実施形態である。つまり、図 9 に示すように、静電容量型センサ 10 は矩形状からなり、各層の構成は、第一実施形態と同一構成からなる。

[0070] 第一電極 11 の 1 つの角部に、電圧印加素子 21 の出力端が接続されている。第二電極 12 のそれぞれの角部に、静電容量電圧変換回路 322a ~ 322d が接続されている。この場合、それぞれの静電容量電圧変換回路 322a ~ 322d により出力される電圧は、指が接触または近接している位置によって、さらには、指を押し付けた力によって異なる。従って、それぞれの静電容量電圧変換回路 322a ~ 322d により出力される電圧を計測することにより、指が接触または近接している位置、並びに、指による押付状態を推定することができる。

[0071] <第五実施形態>

上記実施形態においては、第一電極と第二電極を静電容量型センサの面法線方向に対向して設けられることとした。この他に、第一電極と第二電極を静電容量型センサの面方向（平面であれば面接線方向に相当）に対向するように設けることもできる。この場合の実施形態について、図 10 および図 11 を参照して説明する。

[0072] 図 10 および図 11 に示すように、静電容量型センサ 410 は、第一電極 411a, 411b と、第二電極 412a, 412b と、絶縁層 413 とを備える。絶縁層 413 は、第一実施形態の絶縁層 14 と同一材質により形成されている。当該材料からなる絶縁層 413 は、可撓性を有するが、可撓性を有しない材料を適用することもできる。

[0073] 第一電極 411a, 411b および第二電極 412a, 412b は、第一

実施形態の第一、第二電極 1 1, 1 2 と同一材質により形成されている。第一電極 4 1 1 a, 4 1 1 b および第二電極 4 1 2 a, 4 1 2 b は、絶縁層 4 1 3 の裏面側に、絶縁層 4 1 3 の面方向（図 1 0 の上下方向）に距離を隔てて平行に配置されている。そして、第一電極 4 1 1 a, 4 1 1 b と第二電極 4 1 2 a, 4 1 2 b とが交互に配置されている。

[0074] さらに、電圧計測器 2 0 0（図 1, 2 に示す）は、第一電極 4 1 1 a と第二電極 4 1 2 a との間の静電容量、第一電極 4 1 1 b と第二電極 4 1 2 a との間の静電容量、第一電極 4 1 1 b と第二電極 4 1 2 b との間の静電容量の総量に応じた電圧を計測することができる。

[0075] この場合、第一電極 4 1 1 a, 4 1 1 b と第二電極 4 1 2 a, 4 1 2 b とを跨ぐようにして、導電体として機能する人間の指が絶縁層 4 1 3 に接触または接近した場合に、当該指が、該当する第一電極 4 1 1 a, 4 1 1 b および第二電極 4 1 2 a, 4 1 2 b に対してキャパシタの他方の電極として機能する。そのため、第三実施形態同様に指を押し付けた力に応じて、電極間の静電容量が変化する。従って、指による押付状態を推定することができる。

[0076] <第六実施形態>

第五実施形態では、第一電極 4 1 1 a, 4 1 1 b および第二電極 4 1 2 a, 4 1 2 b を長尺状に形成し、それぞれ平行に配置した。第五実施形態の考え方を、環状に形成した第一、第二電極に適用した場合が、本実施形態である。つまり、図 1 2 および図 1 3 に示すように、静電容量型センサ 5 1 0 における第一電極 5 1 1 は、環状に形成され、絶縁層 5 1 3 の裏面側に配置されている。また、第二電極 5 1 2 は、第一電極 5 1 1 よりも小径の環状に形成され、絶縁層 5 1 3 の裏面側であって、第一電極 5 1 1 の径方向内側に同心的に配置されている。そして、第一電極 5 1 1 に電圧印加素子 2 1 の出力端が接続され、第二電極 5 1 2 に静電容量電圧変換回路 5 2 2 が接続されている。この場合、第一電極 5 1 1 と第二電極 5 1 2 とを跨ぐように人間の指が接触または接近した場合には、静電容量電圧変換回路 5 2 2 から出力される電圧が変化するため、指の接触または接近を検知することができる。

[0077] <第七実施形態>

第七実施形態の静電容量型センサ装置について図14および図15を参照して説明する。静電容量型センサ610は、第五実施形態（図10に示す）における静電容量型センサ410とほぼ同様の構成からなる。そして、電圧印加素子21が、第一電極611の一端に接続されている。また、第二電極612の一端に、第一の静電容量電圧変換回路622aを接続し、第二電極612の他端に、第二の静電容量電圧変換回路622bを接続する。

[0078] この場合、第二電極612の抵抗成分の影響により、図16に示すように、第一、第二の静電容量電圧変換回路622a、622bが接続される第二電極612の位置から遠ざかるほど、出力電圧が低下する。このことを利用して、第一、第二の静電容量電圧変換回路622a、622bの出力電圧の差を用いて、第一電極611などの長手方向における指の位置を算出することができる。

[0079] <その他>

なお、本実施形態において、電圧印加素子21と、第一、第二接続切換部310、320と、電圧計測器200と、切換制御部330と、位置算出部340は、それら全て、または、それら一部機能をコントロールユニット（マイコン）に搭載された同等の機能により置き換えて構成することもできる。本実施形態においては、静電容量型センサ10が可撓性且つ伸縮自在な性質を有するものとしたが、計測する対象に合わせて伸縮する方向を制限する、または、タッチパネルなどに適用する場合、可撓性または伸縮性を有する必要がない静電容量型センサ10は、第一、第二電極11、12、誘電層13、絶縁層14、15の一部または全ての材料を伸縮性が有しない材料、例えば、木材、樹脂、紙、布などで置き換えることができる。

符号の説明

[0080] 1：静電容量型センサユニット、 2：静電容量計測装置
10、110、410、510、610：静電容量型センサ
11、111a～111d、411a～411b、511、611：第一電

極

1 2, 1 2 1 a ~ 1 2 1 d, 4 2 1 a ~ 4 2 1 b, 5 2 1, 6 2 1 : 第二電

極

1 3, 1 1 3 : 誘電層

2 0 : 回路基板、 2 1 : 電圧印加素子

2 2, 1 2 2 a ~ 1 2 2 d, 2 2 2 a ~ 2 2 2 b, 3 2 2 a ~ 3 2 2 d, 4

2 2, 5 2 2, 6 2 2 a ~ 6 2 2 b : 静電容量電圧変換回路

2 2 a : 整流器

3 0 : 配線部、 3 1 : 第一電極、 3 2 : 第二電極、 3 3 : 絶縁層

1 0 0 : 電源

2 0 0 : 電圧計測器、 2 1 0 : 電圧増幅器、 2 2 0 : 静電容量算出部

3 1 0, 3 1 1, 3 1 2, 3 1 3 : 入力側切換回路

3 2 0, 3 2 2, 3 2 3, 3 2 4 : 出力側切換回路

3 3 0 : 切換制御部、 3 4 0 : 状態推定部

C1 : 平滑コンデンサ、 D1 : 第一ダイオード、 D2 : 第二ダイオード

R 1 : 電流計測用シャント抵抗

請求の範囲

- [請求項1] 距離を隔てて対向して設けられた第一、第二電極を備え、外力の付与もしくは操作者の接近または接触に伴って前記第一、第二電極間の静電容量が変化する静電容量型センサと、
- 前記静電容量型センサの前記第一電極に直列接続され、前記静電容量型センサに周期性の矩形波電圧を印加する電圧印加手段と、
- 前記静電容量型センサの前記第二電極に接続され、前記電圧印加手段が周期性の前記矩形波電圧を印加した場合に前記静電容量型センサに充放電される電荷を整流する整流器と、
- 前記整流器に並列接続される平滑コンデンサと、
- 前記平滑コンデンサに並列接続される電流計測用シャント抵抗と、
- 前記電流計測用シャント抵抗の両端電圧を計測する電圧計測手段と、
- を備える静電容量型センサ装置。
- [請求項2] 請求項1において、
- 前記電圧計測手段は、前記静電容量型センサの充電電圧、前記電圧印加手段により印加する前記矩形波電圧の周波数、および、前記電流計測用シャント抵抗の抵抗値に基づいて、前記電流計測用シャント抵抗の両端電圧を前記静電容量型センサの静電容量として計測する静電容量型センサ装置。
- [請求項3] 請求項1または2において、
- 前記静電容量型センサ、前記電圧印加手段、前記整流器、前記平滑コンデンサおよび前記電流計測用シャント抵抗は、一体のユニットとして形成される静電容量型センサ装置。
- [請求項4] 請求項3において、
- 前記静電容量型センサの前記第一、第二電極は、可撓性を有し且つ伸縮自在な性質を有する電極であり、
- 前記静電容量型センサは、可撓性を有し且つ伸縮自在な性質を有す

る静電容量型センサ装置。

[請求項5]

請求項 1 ～ 4 の何れか一項において、

前記静電容量型センサは、

面形状に形成された静電容量型センサであり、

前記静電容量型センサの面法線方向に距離を隔てて対向して設けられた前記第一、第二電極と前記第一、第二電極間に設けられた誘電層とを備え、

前記静電容量型センサの前記面法線方向の圧縮力、または、前記静電容量型センサの面接線方向の引張力に応じて、前記誘電層の変形により前記第一電極と前記第二電極との離間距離または電極面積が変化するセンサである静電容量型センサ装置。

[請求項6]

請求項 1 ～ 4 の何れか一項において、

前記静電容量型センサは、

面形状に形成された静電容量型センサであり、

前記静電容量型センサの面法線方向に距離を隔てて対向して設けられた前記第一、第二電極と、前記第一、第二電極間に設けられた誘電層と、前記静電容量型センサの表面側に設けられた絶縁層とを備え、

前記静電容量型センサの表面への導電体としての操作者の接近または接触状態に応じて、前記第一、第二電極間の静電容量が変化するセンサである静電容量型センサ装置。

[請求項7]

請求項 1 ～ 4 の何れか一項において、

前記静電容量型センサは、

面形状に形成された静電容量型センサであり、

前記静電容量型センサの面方向に距離を隔てて設けられた前記第一、第二電極と、前記静電容量型センサの表面側に設けられた絶縁層とを備え、

前記静電容量型センサの表面への導電体としての操作者の接近または接触状態に応じて、前記第一、第二電極間の静電容量が変化するセ

ンサである静電容量型センサ装置。

[請求項8]

請求項6または7において、

前記整流器、前記平滑コンデンサおよび前記電流計測用シャント抵抗は、前記第二電極の複数箇所にそれぞれに接続した複数からなり、
複数の前記整流器は、前記第二電極のそれぞれ異なる位置に接続され、

前記静電容量型センサ装置は、前記電圧印加手段により前記矩形波電圧を印加した場合に前記電圧計測手段により計測されたそれぞれの前記電流計測用シャント抵抗の前記両端電圧に基づいて、前記静電容量型センサに接近または接触した操作者の接近位置、接触位置および接触状態の少なくとも何れかを推定する状態推定手段をさらに備える静電容量型センサ装置。

[請求項9]

請求項1～8の何れか一項において、

前記静電容量型センサは、複数の前記第一電極を備え、

前記静電容量型センサは、

それぞれの前記第一電極に対して、前記第一電極を前記電圧印加手段に接続する第一状態と前記第一電極を接地する第二状態とを切り換える入力側切換回路と、

選択された1つの前記第一電極に対して前記第一状態とし、残りの前記第一電極に対して前記第二状態とするように前記入力側切換回路を制御する切換制御手段と、

を備える静電容量型センサ装置。

[請求項10]

距離を隔てて対向して設けられた第一、第二電極を備え、外力の付与もしくは操作者の接近または接触に伴って前記第一、第二電極間の静電容量が変化する静電容量型センサの前記静電容量を計測する計測装置であって、

前記静電容量型センサの前記第一電極に直列接続され、前記静電容量型センサに周期性の矩形波電圧を印加する電圧印加手段と、

前記静電容量型センサの前記第二電極に接続され、前記電圧印加手段が周期性の前記矩形波電圧を印加した場合に前記静電容量型センサに充放電される電荷を整流する整流器と、

前記整流器に並列接続される平滑コンデンサと、

前記平滑コンデンサに並列に接続される電流計測用シャント抵抗と

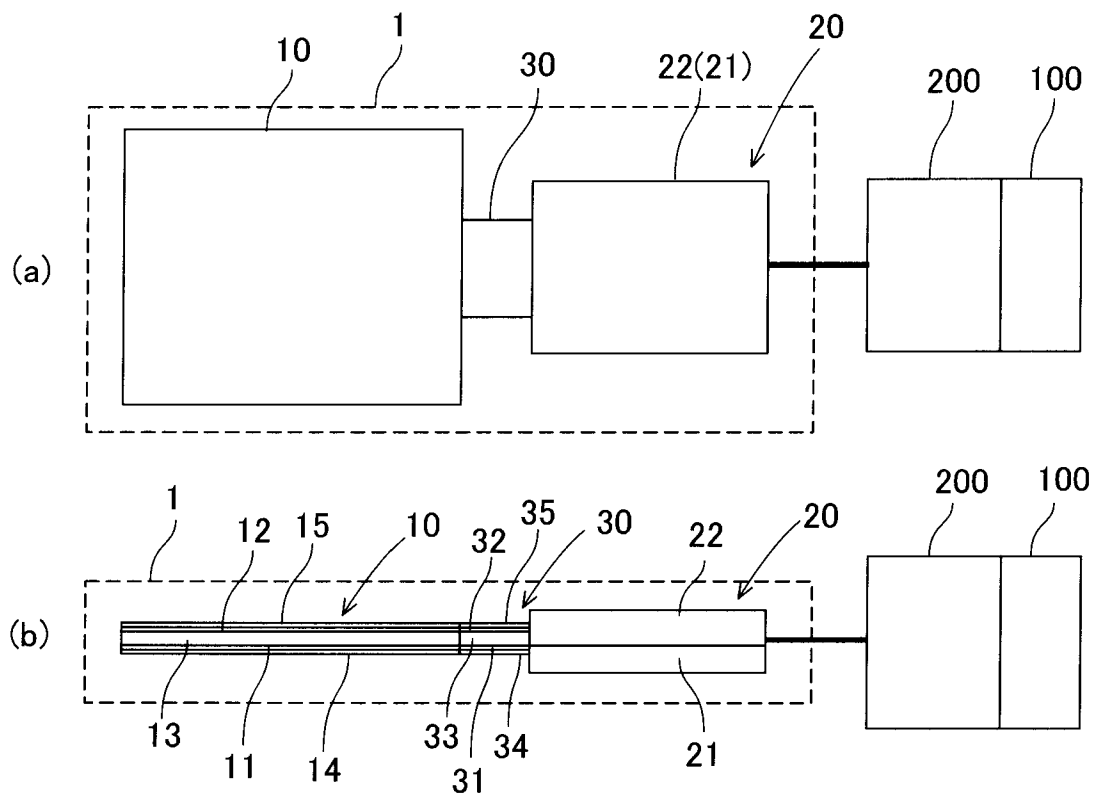
、

前記電流計測用シャント抵抗の両端電圧を計測する電圧計測手段と

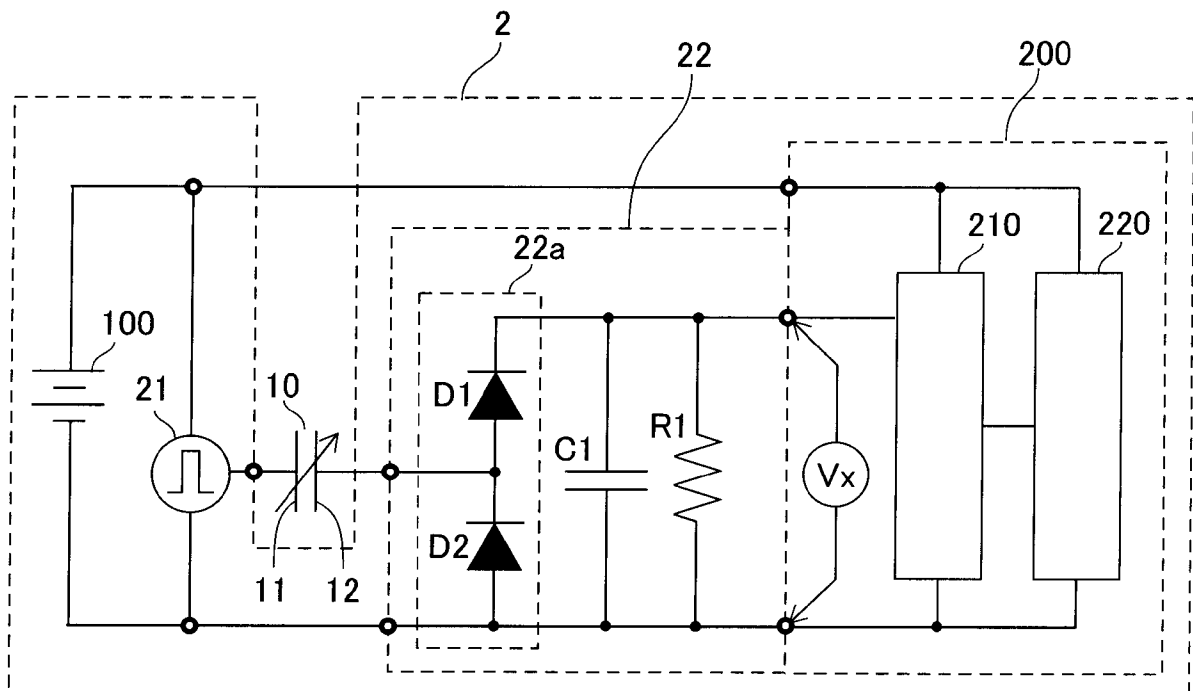
、

を備える静電容量型センサの静電容量計測装置。

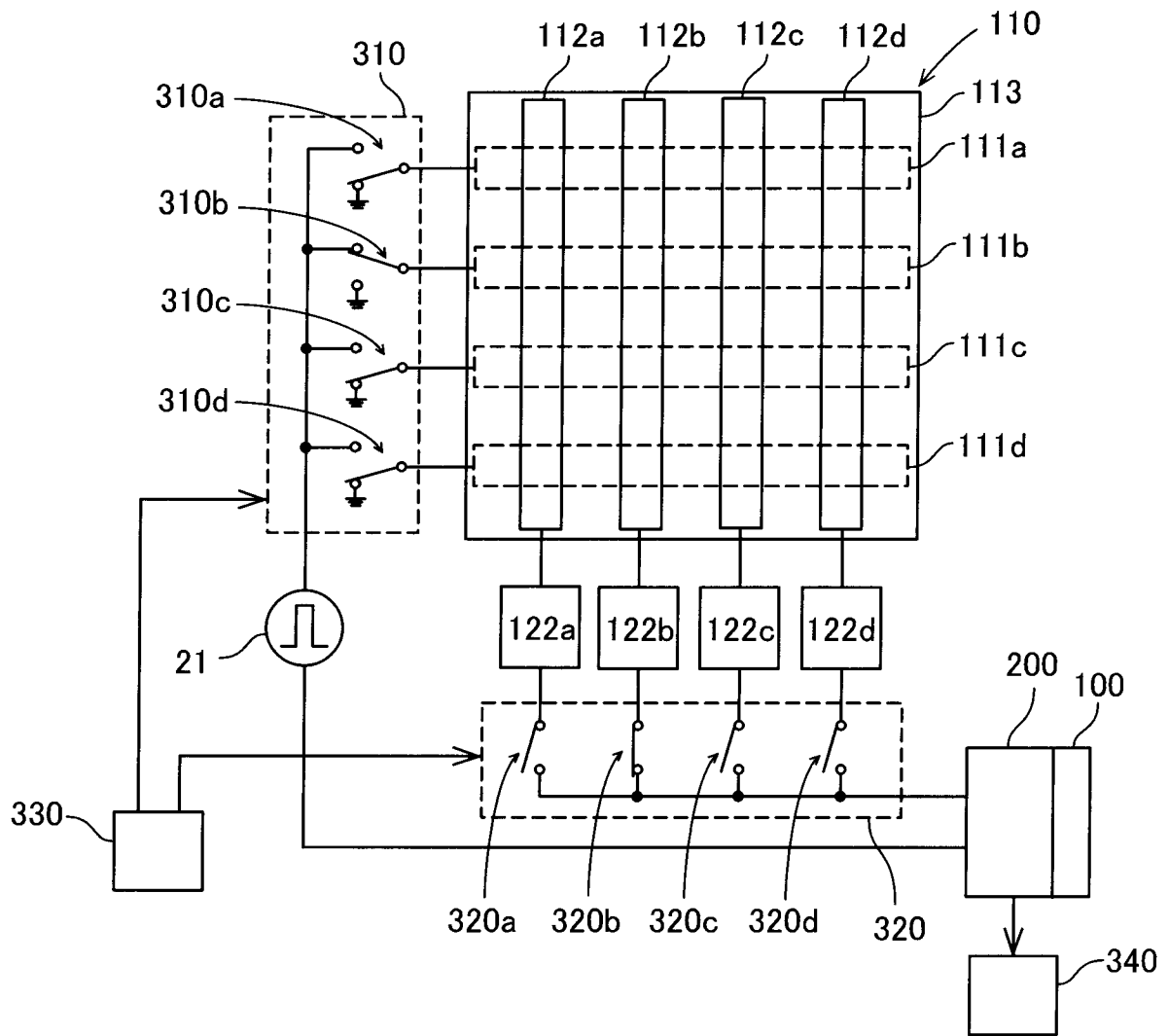
[図1]



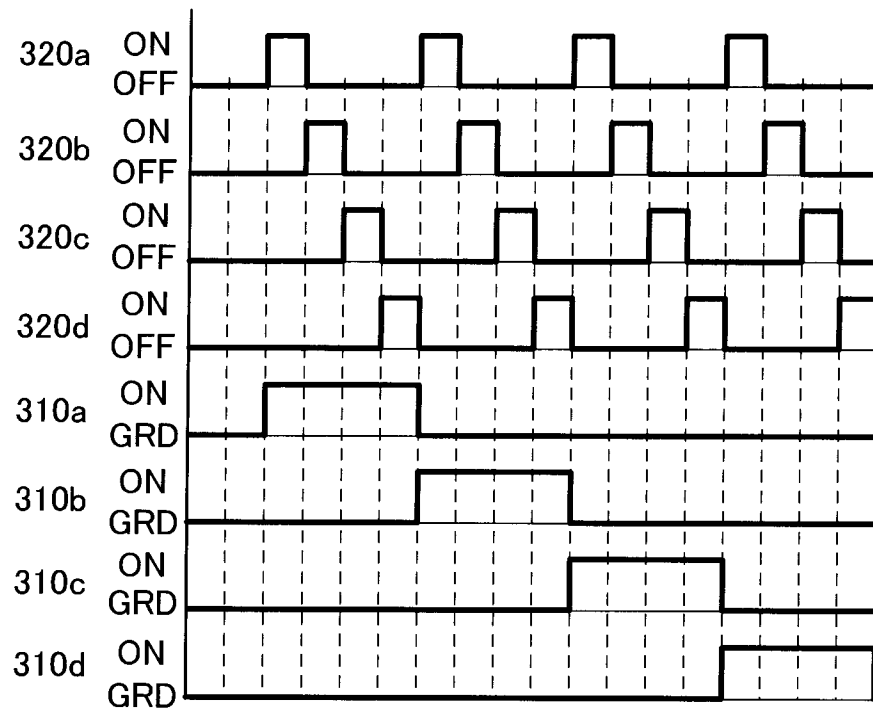
[図2]



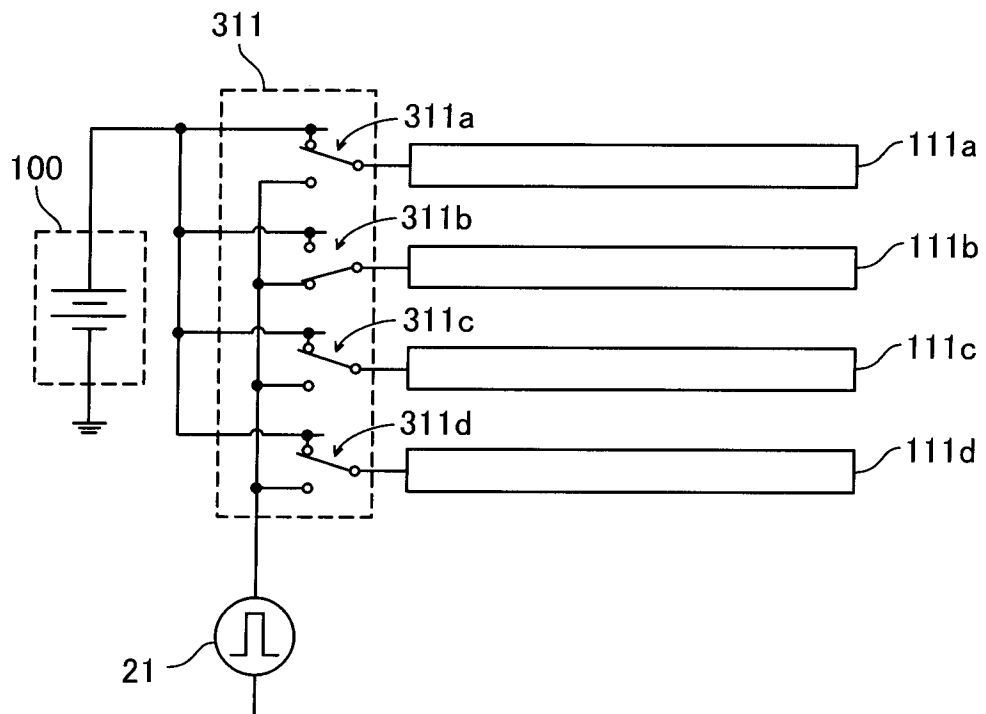
[図3]



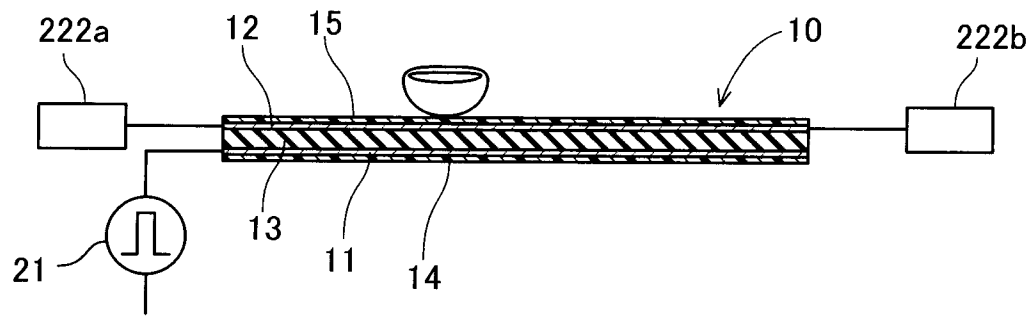
[図4]



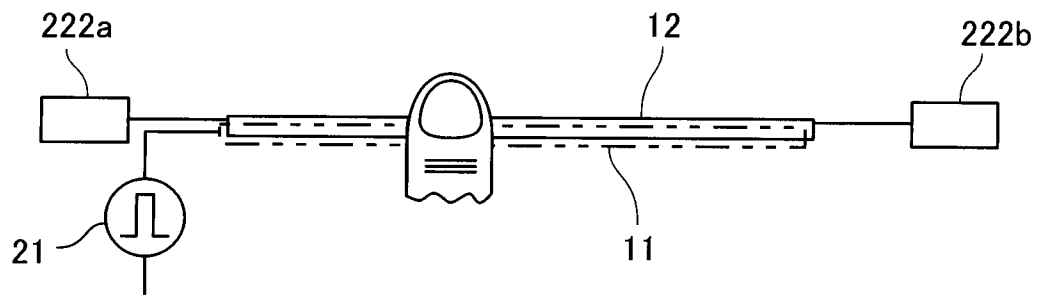
[図5]



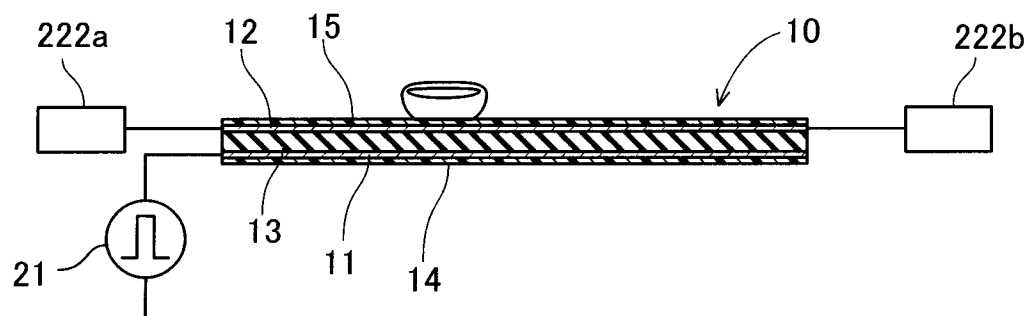
[図6]



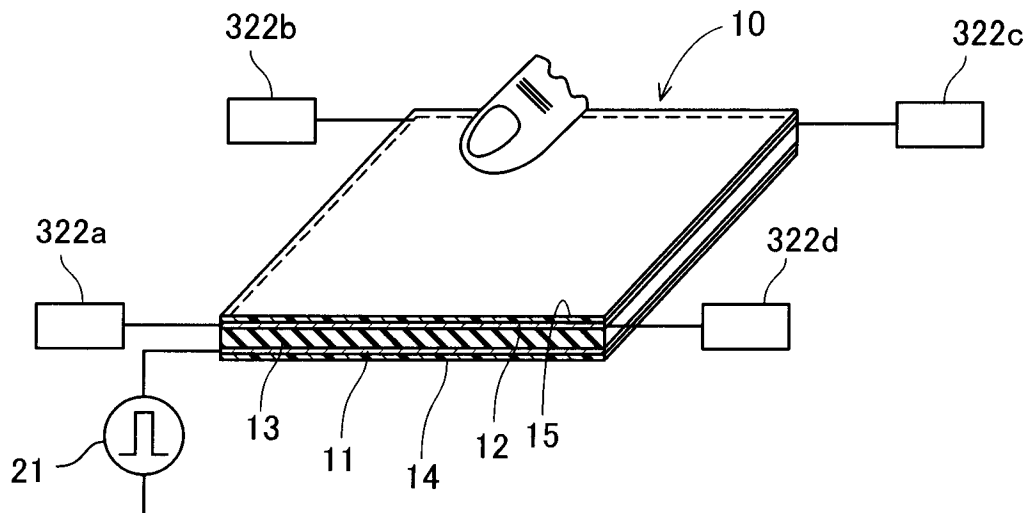
[図7]



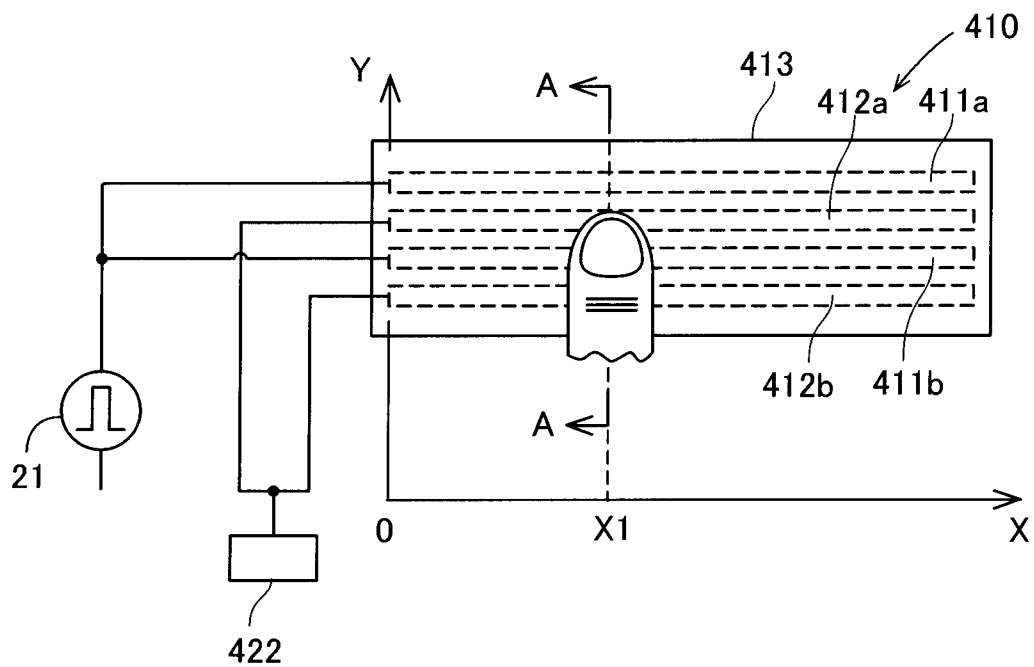
[図8]



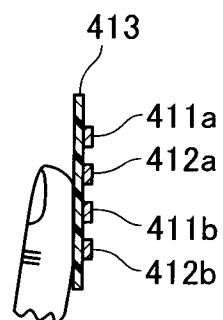
[図9]



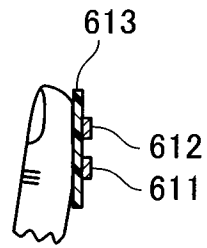
[図10]



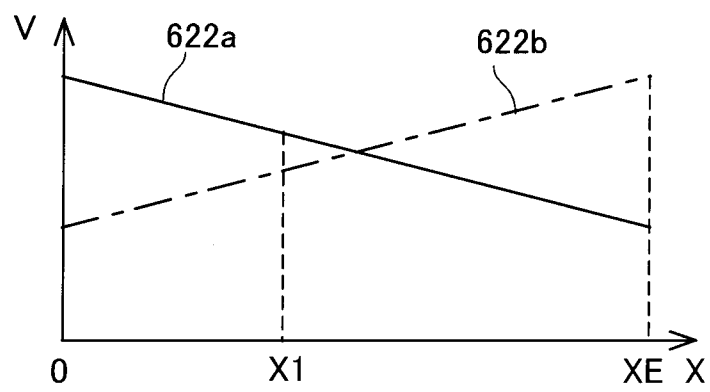
[図11]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/057991

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L1/14(2006.01) i, G01D5/241(2006.01) n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01L1/14, 5/00, G01D5/241, G06F3/044

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 5-346357 A (Kazuhiro OKADA), 27 December 1993 (27.12.1993), entire text; all drawings (Family: none)	1, 2, 10 3-7, 9
Y	JP 2001-289724 A (Totoku Electric Co., Ltd.), 19 October 2001 (19.10.2001), entire text; all drawings (Family: none)	3-7, 9
Y	JP 2009-526227 A (Milliken & Co.), 16 July 2009 (16.07.2009), entire text; all drawings & US 2007/0248799 A1 & US 2008/0127739 A1 & GB 2448453 A & WO 2007/094993 A1 & DE 112007000350 T & KR 10-2008-0114724 A & CN 101421692 A	4-7, 9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 June, 2011 (01.06.11)Date of mailing of the international search report
14 June, 2011 (14.06.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/057991

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-163387 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 10 June 2004 (10.06.2004), entire text; all drawings & JP 2004-157104 A & JP 2004-157105 A & US 2005/0199969 A1 & US 2005/0284229 A1 & WO 2003/083426 A1 & WO 2003/083425 A1	6, 9
Y	JP 2005-055232 A (Cellcross Corp.), 03 March 2005 (03.03.2005), entire text; all drawings & US 2007/0117520 A1 & US 2007/0097562 A1 & EP 1635490 A1 & EP 1635491 A1 & WO 2004/114556 A1 & WO 2004/114557 A1	7, 9
Y	JP 2007-289501 A (Omron Healthcare Co., Ltd.), 08 November 2007 (08.11.2007), entire text; all drawings & US 2009/0209870 A1 & EP 2014227 A1 & WO 2007/125728 A1 & CN 101426421 A	9
A	JP 2010-043880 A (Tokai Rubber Industries, Ltd.), 25 February 2010 (25.02.2010), entire text; all drawings & US 2010/0033196 A1 & EP 2154503 A2	1-10
A	JP 2009-276279 A (Fujikura Ltd.), 26 November 2009 (26.11.2009), entire text; all drawings (Family: none)	8
A	JP 2006-285518 A (Sony Corp.), 19 October 2006 (19.10.2006), entire text; all drawings (Family: none)	8
A	JP 2000-047808 A (Pentel Co., Ltd.), 18 February 2000 (18.02.2000), entire text; all drawings (Family: none)	8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01L1/14(2006.01)i, G01D5/241(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01L1/14, 5/00, G01D5/241, G06F3/044

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 5-346357 A (岡田 和廣) 1993.12.27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2, 10 3-7, 9
Y	JP 2001-289724 A (東京特殊電線株式会社) 2001.10.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	3-7, 9

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

公文代 康祐

2 F

4 7 4 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-526227 A (ミリケン・アンド・カンパニー) 2009.07.16, 全文, 全図 & US 2007/0248799 A1 & US 2008/0127739 A1 & GB 2448453 A & WO 2007/094993 A1 & DE 112007000350 T & KR 10-2008-0114724 A & CN 101421692 A	4-7, 9
Y	JP 2004-163387 A (三洋電機株式会社) 2004.06.10, 全文, 全図 & JP 2004-157104 A & JP 2004-157105 A & US 2005/0199969 A1 & US 2005/0284229 A1 & WO 2003/083426 A1 & WO 2003/083425 A1	6, 9
Y	JP 2005-055232 A (株式会社セルクロス) 2005.03.03, 全文, 全図 & US 2007/0117520 A1 & US 2007/0097562 A1 & EP 1635490 A1 & EP 1635491 A1 & WO 2004/114556 A1 & WO 2004/114557 A1	7, 9
Y	JP 2007-289501 A (オムロンヘルスケア株式会社) 2007.11.08, 全文, 全図 & US 2009/0209870 A1 & EP 2014227 A1 & WO 2007/125728 A1 & CN 101426421 A	9
A	JP 2010-043880 A (東海ゴム工業株式会社) 2010.02.25, 全文, 全図 & US 2010/0033196 A1 & EP 2154503 A2	1-10
A	JP 2009-276279 A (株式会社フジクラ) 2009.11.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	8
A	JP 2006-285518 A (ソニー株式会社) 2006.10.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	8
A	JP 2000-047808 A (ぺんてる株式会社) 2000.02.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	8