



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I778736 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：110128638

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 08 月 04 日

(51)Int. Cl. : **B25J13/08 (2006.01)****G01L1/14 (2006.01)****G01L5/16 (2020.01)**

(30)優先權：2020/08/21 日本

2020-140394

(71)申請人：日商歐姆龍股份有限公司 (日本) OMRON CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：鍋藤実里 NABETO, MISATO (JP)；北島博史 KITAJIMA, HIROSHI (JP)；古賀寬規 KOGA, HIROKI (JP)；土肥小也香 DOI, SAYAKA (JP)

(74)代理人：葉璟宗；卓俊傑

(56)參考文獻：

CN 108885146A

CN 108885149A

審查人員：蔡文明

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：42 共 162 頁

(54)名稱

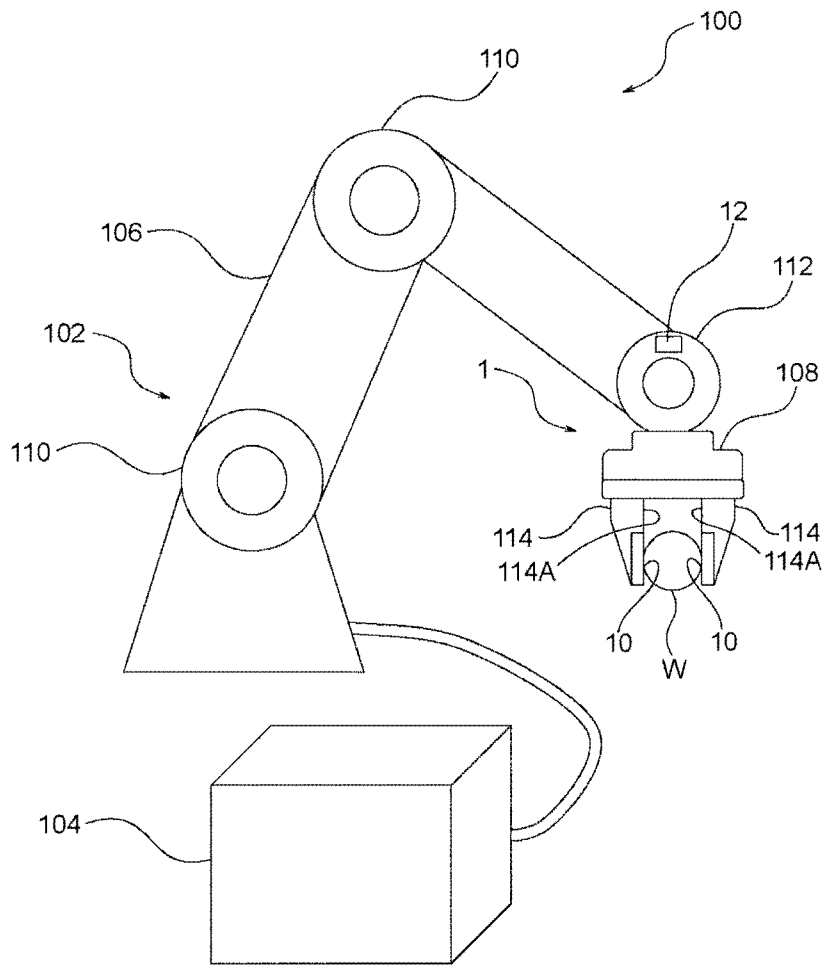
觸覺感測系統

(57)摘要

觸覺感測系統中，觸覺感測器的感測器部被設於機器人的握持部，輸出與跟第二電極相向的多個第一電極各自對應的多個訊號。輸出部基於多個訊號的全部或一部分來算出感測器部的與工件的接觸面內的多個壓力檢測位置各自的壓力值，並輸出壓力分佈的資料。而且，輸出部基於多個訊號的全部或一部分，關於接觸面整體來算出一個總括剪切力值，並輸出總括剪切力值的資料。

In a tactile sensing system, a sensor unit of a tactile sensor is provided at a gripper of a robot. The sensor unit outputs plural signals corresponding to each of plural first electrodes opposing a second electrode. An output unit calculates a pressure value of each of plural pressure detection locations within a contact surface, with a work, of the sensor unit based on all or some of the plural signals, and outputs pressure distribution data. Further, the output unit calculates one aggregate shear force value for an entirety of the contact surface based on all or some of the plural signals, and outputs data of the aggregate shear force value.

指定代表圖：



符號簡單說明：

1:觸覺感測系統

10:觸覺感測器

12:輸出部

100:機器人系統

102:機器人

104:控制器

106:機械臂

108:機械手

110:關節部

112:腕關節部

114:握持部

114A:相向面

W:工件

【圖1】



I778736

【發明摘要】

【中文發明名稱】觸覺感測系統

【英文發明名稱】TACTILE SENSING SYSTEM

【中文】

觸覺感測系統中，觸覺感測器的感測器部被設於機器人的握持部，輸出與跟第二電極相向的多個第一電極各自對應的多個訊號。輸出部基於多個訊號的全部或一部分來算出感測器部的與工件的接觸面內的多個壓力檢測位置各自的壓力值，並輸出壓力分佈的資料。而且，輸出部基於多個訊號的全部或一部分，關於接觸面整體來算出一個總括剪切力值，並輸出總括剪切力值的資料。

【英文】

In a tactile sensing system, a sensor unit of a tactile sensor is provided at a gripper of a robot. The sensor unit outputs plural signals corresponding to each of plural first electrodes opposing a second electrode. An output unit calculates a pressure value of each of plural pressure detection locations within a contact surface, with a work, of the sensor unit based on all or some of the plural signals, and outputs pressure distribution data. Further, the output unit calculates one aggregate shear force value for an entirety of the contact surface based on all or some of the plural signals, and outputs data of the aggregate shear force value.

【指定代表圖】圖1。

【代表圖之符號簡單說明】

1:觸覺感測系統

10:觸覺感測器

12:輸出部

100:機器人系統

102:機器人

104:控制器

106:機械臂

108:機械手

110:關節部

112:腕關節部

114:握持部

114A:相向面

W:工件

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 觸覺感測系統

【英文發明名稱】 TACTILE SENSING SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本申請案所揭示的技術是有關於一種觸覺感測系統。

【先前技術】

【0002】 作為包括與對象物接觸的觸覺感測器的觸覺感測系統，例如已知有以下的技術。

【0003】 即，專利文獻 1 中揭示了一種觸控板 (touch pad) 裝置，包括：觸覺感測器，可輸出與跟對象物接觸的接觸面的壓力分佈及剪切力分佈相應的訊號；以及微控制器，輸入自觸覺感測器輸出的訊號。

【0004】 而且，專利文獻 2 中揭示了一種觸覺檢測技術，包括：觸覺感測器，可輸出與跟對象物接觸的接觸面的壓力分佈及剪切力分佈相應的訊號；以及外部電源，與該觸覺感測器相連接。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0005】 專利文獻 1：日本專利第 6280579 號公報

專利文獻 2：日本專利特開第 6488414 號公報

【發明內容】**【0006】 [發明所欲解決之課題]**

專利文獻 1 中，關於利用觸覺感測器所檢測出的壓力分佈及剪切力分佈的具體用途並未記載。

【0007】 專利文獻 2 中記載了所述觸覺檢測技術可適用於能支援人類生活的個人用便利機器人，但與具有握持工件的一對握持部的機器人相關的事項並未記載。

【0008】 為了高精度地控制具有握持工件的一對握持部的機器人，要求對控制該機器人的控制器高效地提供有助於機器人控制的觸覺資訊。

【0009】 作為一個方面，本申請案所揭示的技術的目的在於獲得一種觸覺感測系統，可對控制具有一對握持部的機器人的控制器高效地提供有助於機器人控制的觸覺資訊。

【0010】 [解決課題之手段]

為了達成所述目的，根據本申請案所揭示的技術的一觀點，提供一種觸覺感測系統，包括：一對觸覺感測器，分別設於機器人中所設的一對握持部中的彼此的相向面，與由所述一對握持部所握持的工件接觸；以及輸出部，與所述一對觸覺感測器電性連接，各所述觸覺感測器包括靜電電容方式的感測器部，所述靜電電容方式的感測器部具有與所述工件的接觸面，並且具有彈力層、與位於夾著所述彈力層的兩側的第一電極層及第二電極層沿所述接觸面的法線方向而積層的積層結構，所述第一電極層具有

多個第一電極，所述第二電極層具有一個或多個第二電極，所述多個第一電極中的兩個以上是沿所述法線方向觀察時與所述第二電極局部重疊的局部重複電極，所述感測器部輸出與所述多個第一電極各自對應的多個訊號，所述輸出部基於所述多個訊號的全部或一部分來算出所述接觸面內的多個壓力檢測位置各自的壓力值，並且基於所述多個訊號中的與所述多個局部重複電極各自對應的多個局部重複電極訊號的全部或一部分，關於所述接觸面整體來算出一個總括剪切力值，並輸出表示所述多個壓力檢測位置各自的壓力值的壓力分佈的資料及所述總括剪切力值的資料。

【0011】 [發明之效果]

根據本申請案所揭示的技術的一觀點的觸覺感測系統，可對控制具有一對握持部的機器人的控制器高效地提供有助於機器人控制的觸覺資訊。

【圖式簡單說明】

圖 1 是表示機器人系統的一例的立體圖。

圖 2 是表示圖 1 的一對觸覺感測器的一例的立體圖。

圖 3 是第一實施形態的觸覺感測器的縱剖面圖。

圖 4 是圖 3 的基板的平面圖。

圖 5 是圖 3 的第二電極層的平面圖。

圖 6 是表示將圖 3 的多個第二電極、彈力層與基板予以重疊的狀態的平面圖。

圖 7 是圖 3 的基板的仰視圖。

圖 8 是對圖 3 的觸覺感測器的製造方法的一例進行說明的圖。

圖 9 是表示利用圖 1 的一對握持部來握持工件的狀態的第一例的圖。

圖 10 是表示利用圖 1 的一對握持部來握持工件的狀態的第二例的圖。

圖 11 是對作用於圖 3 的觸覺感測器的接觸面的剪切力及力矩的一例進行說明的圖。

圖 12 是對圖 3 的觸覺感測器中的力矩長度的一例進行說明的圖。

圖 13 是對圖 3 的觸覺感測器中的位移 Δx 與位移 Δy 的一例進行說明的平面圖。

圖 14 是對圖 3 的觸覺感測器中的位移 Δx 與位移 Δz 的一例進行說明的圖。

圖 15 是對圖 3 的觸覺感測器中的位移 Δy 與位移 Δz 的一例進行說明的圖。

圖 16 是表示圖 1 的觸覺感測器、輸出部及控制器的硬體結構的一例的方塊圖。

圖 17 是對圖 16 的輸出部中的多個模式的一例進行說明的圖。

圖 18 是表示圖 16 的輸出部中的壓力分佈的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 19 是表示圖 16 的輸出部中的握持位置的資料輸出處理的

流程的一例的流程圖。

圖 20 是表示圖 16 的輸出部中的握持力 F_z 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 21 是表示圖 16 的輸出部中的總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 22 是表示圖 16 的輸出部中的總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 23 是表示圖 16 的輸出部中的力矩 M_x 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 24 是表示圖 16 的輸出部中的力矩 M_y 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 25 是表示圖 16 的輸出部中的力矩 M_z 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 26 是對作用於利用圖 1 的一對握持部所握持的工件的、 X 軸方向的直移力 ΔF_x 的一例進行說明的平面圖。

圖 27 是表示圖 16 的輸出部中的直移力 ΔF_x 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 28 是對作用於利用圖 1 的一對握持部所握持的工件的、 Y 軸方向的直移力 ΔF_y 的一例進行說明的平面圖。

圖 29 是表示圖 16 的輸出部中的直移力 ΔF_y 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 30 是表示圖 16 的輸出部中的旋轉力矩 MR_x 值的資料輸出

處理的流程的一例的流程圖。

圖 31 是表示圖 16 的輸出部中的旋轉力矩 MR_y 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。

圖 32 是第二實施形態的觸覺感測器的縱剖面圖。

圖 33 是圖 32 的第二電極層的平面圖。

圖 34 是表示將圖 32 的第二電極、彈力層與基板予以重疊的狀態的平面圖。

圖 35 是對圖 32 的觸覺感測器中的力矩長度的一例進行說明的圖。

圖 36 是第三實施形態的觸覺感測器的縱剖面圖。

圖 37 是圖 36 的第二電極層的平面圖。

圖 38 是表示將圖 36 的第二電極、彈力層與基板予以重疊的狀態的平面圖。

圖 39 是對圖 36 的觸覺感測器中的力矩長度的一例進行說明的圖。

圖 40 是第四實施形態的觸覺感測器的縱剖面圖。

圖 41 是圖 40 的第二電極層的平面圖。

圖 42 是表示將圖 40 的第二電極、彈力層與基板予以重疊的狀態的平面圖。

【實施方式】

【0012】 以下，一邊參照附圖，一邊詳細說明本申請案所揭示的

技術的一實施形態。

【0013】（機器人系統 100 的一例）

首先說明機器人系統 100 的一例的概略。

【0014】圖 1 是表示機器人系統 100 的一例的立體圖。機器人系統 100 包括機器人 102 以及控制器 104。機器人 102 例如為多關節機器人，包括機械臂 106 以及機械手 108。機械臂 106 包括多個關節部 110。機械手 108 被設於機械臂 106 的前端部。機械手 108 經由腕關節部 112 而連接於機械臂 106 的前端部。

【0015】於機械手 108，設有一對握持部 114。一對握持部 114 是彼此相向地配置。該一對握持部 114 藉由未圖示的驅動部的驅動，沿彼此相向的方向接近/遠離。當在一對握持部 114 之間配置有工件 W 的狀態下，一對握持部 114 朝彼此接近的方向移動時，利用一對握持部 114 來握持工件 W。

【0016】控制器 104 是控制機器人 102 者，與機器人 102 電性連接。圖 1 中，作為一例，控制器 104 藉由有線而與機器人 102 連接，但控制器 104 亦可藉由無線而與機器人 102 連接。

【0017】（觸覺感測系統 1 的一例）

接下來說明觸覺感測系統 1 的一例的概略。

【0018】在機器人系統 100 中，搭載有觸覺感測系統 1。觸覺感測系統 1 包括一對觸覺感測器 10 與輸出部 12。一對觸覺感測器 10 被分別設於一對握持部 114 中的彼此的相向面 114A。一對觸覺感測器 10 被設於在利用一對握持部 114 握持工件 W 的狀態下與

工件 W 接觸的位置，即，作為一例，被設於一對握持部 114 的前端部的彼此相向的部分。

【0019】 輸出部 12 與一對觸覺感測器 10 電性連接。輸出部 12 既可藉由有線來與一對觸覺感測器 10 連接，亦可藉由無線來與一對觸覺感測器 10 連接。該輸出部 12 具有下述功能，即：如後文詳述般，基於自一對觸覺感測器 10 輸出的資料來進行各種處理，並將基於該處理結果的資料輸出至控制器 104。作為一例，輸出部 12 被設於腕關節部 112。

【0020】 圖 2 是表示圖 1 的一對觸覺感測器 10 的一例的立體圖。作為一例，一對觸覺感測器 10 在彼此相向的方向上形成面對稱。X 軸方向相當於與一對觸覺感測器 10 所相向的方向正交的第一方向，Y 軸方向相當於與一對觸覺感測器 10 所相向的方向正交的第二方向，Z 軸方向相當於一對觸覺感測器 10 所相向的方向。X 軸方向與 Y 軸方向正交。作為一例，X 軸方向相當於觸覺感測器 10 的縱方向，Y 軸方向相當於觸覺感測器 10 的橫方向。

【0021】 觸覺感測器 10 包括支持板 14、基板 16 以及感測器部 18。支持板 14 是與所述握持部 114（參照圖 1）獨立地構成，且被固定於握持部 114。支持板 14 亦可與握持部 114 一體地構成。基板 16 被固定於支持板 14，感測器部 18 被設於基板 16 上。關於感測器部 18 的詳細，將在後文詳述。

【0022】 接下來說明觸覺感測系統 1 的第一實施形態至第四實施形態。

【0023】 [第一實施形態]

首先說明第一實施形態。

【0024】 (觸覺感測器 10 的結構)

圖 3 是第一實施形態的觸覺感測器 10 的縱剖面圖。第一實施形態的觸覺感測器 10 包括感測器部 18 以及基板 16。

【0025】 感測器部 18 為靜電電容方式。更具體而言，該感測器部 18 為自電容方式，具有多個層經積層的積層結構。即，感測器部 18 具有絕緣層 20、彈力層 22、第一電極層 24 以及第二電極層 26，以作為多個層。第一電極層 24 及第二電極層 26 位於夾著彈力層 22 的兩側。

【0026】 絕緣層 20 與相對於第二電極層 26 的彈力層 22 位於相反側。絕緣層 20 形成感測器部 18 的表層部。該絕緣層 20 的表面形成為與工件 W (參照圖 1) 的接觸面 28。再者，絕緣層 20 亦可予以省略。在絕緣層 20 被省略的情況下，第二電極層 26 或形成於第二電極層 26 上的表層的表面成為接觸面 28。

【0027】 彈力層 22 為介電質。彈力層 22 具有柔軟性及彈力性。該彈力層 22 例如由凝膠所形成。絕緣層 20、彈力層 22、第一電極層 24 及第二電極層 26 沿 Z 軸方向積層。Z 軸方向相當於接觸面 28 的法線方向。絕緣層 20、彈力層 22、第一電極層 24 及第二電極層 26 例如藉由黏著劑等而彼此黏著。為了提高感測器部 18 整體的黏著強度，較佳為，絕緣層 20 具有覆蓋第二電極層 26 的整個面的大小。

【0028】 第一電極層 24 具有多個第一電極 34。多個第一電極 34 是形成於基板 16 的感測器部 18 側的第一面 16A。在基板 16 的與感測器部 18 為相反側的第二面 16B，安裝有多個靜電電容檢測積體電路 (Integrated Circuit, IC) 44。多個第一電極 34 與多個靜電電容檢測 IC44 藉由沿基板 16 的板厚方向延伸的通孔導體(through hole via) 46 而連接。

【0029】 圖 4 是圖 3 的基板 16 的平面圖。形成於基板 16 的第一面 16A 的多個第一電極 34 沿著 X-Y 平面而排列成矩陣狀。即，多個第一電極 34 是將 X 軸方向設為縱方向，將 Y 軸方向設為橫方向而排列。X-Y 平面是與所述接觸面 28 (參照圖 2) 平行的面。

【0030】 多個第一電極 34 彼此獨立。該多個第一電極 34 為同一形狀。作為一例，多個第一電極 34 形成為俯視呈正方形。所謂俯視，相當於沿 Z 軸方向觀察。作為一例，多個第一電極 34 沿 X 軸方向各排列有 6 個，沿 Y 軸方向各排列有 6 個。即，多個第一電極 34 的數量為三十六個。該多個第一電極 34 沿 X 軸方向及 Y 軸方向分別等間隔地排列。

【0031】 圖 5 是圖 3 的第二電極層 26 的平面圖。第二電極層 26 包含為單層的多個第二電極 36。多個第二電極 36 例如是由導電橡膠所形成。該多個第二電極 36 分別形成為平板狀。多個第二電極 36 既可連接於基板 16 的接地線，亦可相對於接地線而浮動。

【0032】 多個第二電極 36 形成彼此獨立的多個島部。該多個第二電極 36 沿著 X-Y 平面排列成矩陣狀。即，多個第二電極 36 是

將 X 軸方向設為縱方向，將 Y 軸方向設為橫方向而排列。

【0033】 多個第二電極 36 為同一形狀。作為一例，多個第二電極 36 分別形成為俯視呈正方形。多個第二電極 36 的數量少於所述的多個第一電極 34（參照圖 4）的數量。作為其一例，多個第二電極 36 沿 X 軸方向各排列有三個，沿 Y 軸方向各排列有三個。即，多個第二電極 36 的數量為九個。該多個第二電極 36 沿 X 軸方向及 Y 軸方向分別等間隔地排列。

【0034】 圖 6 是表示將圖 3 的多個第二電極 36、彈力層 22 與基板 16 予以重疊的狀態的平面圖。多個第二電極 36 是以俯視時與多個第一電極 34 全部重疊的方式而配置。多個第二電極 36 各自以俯視時與多個第一電極 34 中的沿 X 軸方向及 Y 軸方向鄰接的四個第一電極 34 分別局部重疊的方式而形成。各第二電極 36 在俯視時位於四個第一電極 34 的中心部，且與這四個第一電極 34 局部重疊。

【0035】 如此，第一實施形態中，多個第一電極 34 全部與多個第二電極 36 局部重疊。該第一實施形態中，多個第一電極 34 的全部相當於「與多個第二電極局部重疊的多個局部重複電極」的一例，自多個第一電極 34 輸出的多個訊號相當於「多個局部重複電極訊號」的一例。

【0036】 第一電極 34 與第二電極 36 之間的靜電電容 $C[F]$ 藉由下式來求出。

$$C=\varepsilon\times A/d$$

ε 為彈力層 22 的介電常數 [Fm^{-1}]， A 為第一電極 34 與第二電極 36 在俯視時重合的面積 [m^2]， d 為沿著 Z 軸方向的第一電極 34 與第二電極 36 之間的距離 [m]。

【0037】 該感測器部 18 中，當對接觸面 28 施加有壓力，而各第一電極 34 與第二電極 36 之間的距離 d 發生變化時，對應於該距離 d 的變化，靜電電容 C 發生變化。而且，感測器部 18 中，當對接觸面 28 施加有剪切力，而各第一電極 34 與第二電極 36 重合的面積 A 發生變化時，對應於該面積 A 的變化，靜電電容 C 發生變化。

【0038】 再者，將在後文詳述，但所謂對接觸面 28 施加的壓力，相當於沿著 Z 軸方向對接觸面 28 施加的力。而且，所謂對接觸面 28 施加的剪切力，相當於沿著與 Z 軸方向正交的方向對接觸面 28 施加的力。與 Z 軸方向正交的方向有 X 軸方向、 Y 軸方向以及將 X 軸方向和 Y 軸方向組合而成的方向。

【0039】 多個第一電極 34 由後述的靜電電容檢測 IC44（參照圖 3、圖 7）予以驅動，分別輸出與跟第二電極 36 之間的靜電電容 C 相應的訊號。即，感測器部 18 輸出與多個第一電極 34 各自對應的多個訊號。該多個訊號為類比訊號。

【0040】 圖 7 是圖 3 的基板 16 的仰視圖。多個靜電電容檢測 IC44 沿著 X - Y 平面排列成矩陣狀。即，多個靜電電容檢測 IC44 是將 X

軸方向設為縱方向，將 Y 軸方向設為橫方向而排列。多個靜電電容檢測 IC44 為同一結構。作為一例，多個靜電電容檢測 IC44 沿 X 軸方向各排列有三個，沿 Y 軸方向各排列有三個。即，多個靜電電容檢測 IC44 的數量為九個。

【0041】 於各靜電電容檢測 IC44，連接有俯視時與該靜電電容檢測 IC 重疊的四個第一電極 34。各靜電電容檢測 IC44 為下述結構，即，驅動四個第一電極 34，且可輸出與自這四個第一電極 34 輸出的訊號相應的資料。

【0042】 （觸覺感測器 10 的製造方法）

圖 8 是對圖 3 的觸覺感測器 10 的製造方法的一例進行說明的圖。觸覺感測器 10 例如依照下述要領而製造。即，於藉由圖案而於第一面 16A 形成有多個第一電極 34 的基板 16 的第二面 16B 安裝多個靜電電容檢測 IC44。於基板 16，預先形成有多個通孔導體 46，多個靜電電容檢測 IC44 經由多個通孔導體 46 而與多個第一電極 34 連接。

【0043】 繼而，在具有多個第一電極 34 的第一電極層 24 上積層彈力層 22。而且，在彈力層 22 上，積層包含多個第二電極 36（參照圖 5）的第二電極層 26，進而，在該第二電極層 26 上積層絕緣層 20。絕緣層 20、彈力層 22、第一電極層 24 及第二電極層 26 例如藉由黏著劑等而彼此黏著。依照以上的要領來製造觸覺感測器 10。

【0044】 （壓力分佈）

圖 9 是表示利用圖 1 的一對握持部 114 來握持工件 W 的狀態的第一例的圖。作為一例，工件 W 為圓柱或球體。在利用一對握持部 114 來握持為圓柱或球體的工件 W 時，於接觸面 28 內，產生與工件 W 接觸而壓力高的位置、及不與工件 W 接觸而未承受壓力的位置。即，接觸面 28 的壓力分佈變得不均勻。

【0045】 圖 10 是表示利用圖 1 的一對握持部 114 來握持工件 W 的狀態的第二例的圖。作為一例，工件 W 為四稜柱或長方體。該工件 W 的表面大於接觸面 28。在利用一對握持部 114 來握持為此種四稜柱或長方體的工件 W 時，對接觸面 28 均等地施加壓力。即，接觸面 28 的壓力分佈變得均勻。

【0046】 （握持力 F_z 及垂直載荷 F_z' ）

如圖 9、圖 10 所示，在利用一對握持部 114 來握持工件 W 時，握持力 F_z 的反作用力即垂直載荷 F_z' 朝與一對握持部 114 的握持力 F_z 相反的方向作用於接觸面 28。握持力 F_z 及垂直載荷 F_z' 是沿著 Z 軸方向的力。

【0047】 （剪切力 F_x 、剪切力 F_y 以及力矩 M_x 、力矩 M_y 、力矩 M_z ）

圖 11 是對作用於圖 3 的觸覺感測器 10 的接觸面 28 的剪切力 F_x 、剪切力 F_y 以及力矩 M_x 、力矩 M_y 、力矩 M_z 的一例進行說明的圖。伴隨力作用於未圖示的工件，有時會有剪切力 F_x 、剪切力 F_y 及力矩 M_x 、力矩 M_y 、力矩 M_z 作用於觸覺感測器 10 的接觸面 28。剪切力 F_x 是沿著 X 軸方向的力，剪切力 F_y 是沿著 Y 軸方向

的力。而且，力矩 M_x 是繞 X 軸方向的力矩，力矩 M_y 是繞 Y 軸方向的力矩，力矩 M_z 是繞 Z 軸方向的力矩。

【0048】 圖 12 是對圖 3 的觸覺感測器 10 中的力矩長度 dx 、力矩長度 dy 的一例進行說明的圖。再者，圖 12 中，對多個第二電極 36 表示了識別編號 1～識別編號 9。在對多個第二電極 36 進行識別的情況下，將多個第二電極 36 分別稱作第二電極 36-1～第二電極 36-9。

【0049】 圖 12 所示的力矩長度 dx 是算出繞 X 軸方向的力矩 M_x （參照圖 11）時所用的長度。作為一例，力矩長度 dx 相當於位於自接觸面 28 的中心沿 Y 軸方向隔開的位置的第二電極 36-3 的中心與接觸面 28 的中心之間的沿著 Y 軸方向的距離。

【0050】 圖 12 所示的力矩長度 dy 是算出繞 Y 軸方向的力矩 M_y （參照圖 11）時所用的長度。作為一例，力矩長度 dy 相當於位於自接觸面 28 的中心沿 X 軸方向隔開的位置的第二電極 36-1 的中心與接觸面 28 的中心之間的沿著 X 軸方向的距離。

【0051】 （位移 Δx 、位移 Δy 、位移 Δz 的說明）

圖 13 是對圖 3 的觸覺感測器 10 中的位移 Δx 與位移 Δy 的一例進行說明的平面圖。再者，圖 13 中，多個第一電極 34 各自與第二電極 36 之間的靜電電容 C_{00} ～靜電電容 C_{55} 是與多個第一電極 34 各自對應地表示。

【0052】 圖 14 是對圖 3 的觸覺感測器 10 中的位移 Δx 與位移 Δz 的一例進行說明的圖。圖 14 中，(A) 表示無垂直載荷 F_z' 的情況，

(B) 表示有垂直載荷 Fz' 的情況，(C) 表示有剪切力 Fx 的情況，
(D) 表示有垂直載荷 Fz' 且有+剪切力 Fx 的情況。

【0053】 圖 15 是對圖 3 的觸覺感測器 10 中的位移 Δy 與位移 Δz 的一例進行說明的圖。圖 15 中，(A) 表示無垂直載荷 Fz' 的情況，
(B) 表示有垂直載荷 Fz' 的情況，(C) 表示有剪切力 Fy 的情況，
(D) 表示有垂直載荷 Fz' 且有+剪切力 Fy 的情況。

【0054】 如圖 13、圖 14 所示，位移 Δx 相當於伴隨剪切力 Fx 產生作用而第二電極 36 沿著 X 軸方向移動的距離。同樣地，如圖 13、圖 15 所示，位移 Δy 相當於伴隨剪切力 Fy 產生作用而第二電極 36 沿著 Y 軸方向移動的距離。

【0055】 如圖 14、圖 15 所示，距離 Z_0 相當於無垂直載荷 Fz' 產生作用時的第一電極 34 與第二電極 36 之間的沿著 Z 軸方向的距離。位移 Δz 相當於伴隨垂直載荷 Fz' 產生作用而第二電極 36 沿著 Z 軸方向朝第一電極 34 側移動的距離。

【0056】 以下，以與一個第二電極 36 局部重疊的相鄰的第一電極 34 為例來說明位移 Δx 、位移 Δy 、位移 Δz 的計算例。

【0057】 (無垂直載荷 Fz' 產生作用時： Δx 、 Δy 、 $\Delta z=0$)

如圖 14 的 (A)、圖 15 的 (A) 所示，當無垂直載荷 Fz' 產生作用時， Δx 、 Δy 、 $\Delta z=0$ ，關於與第二電極 36 局部重疊的相鄰的第一電極 34，式 1 成立。

【0058】 [式 1]

$$C_{00_0}=K1/Z_0$$

$$C_{01_0}=K2/Z_0$$

C_{00_0} 、 C_{01_0} 為無垂直載荷 Fz' 產生作用時的相鄰的第一電極 34 與第二電極 36 之間的靜電電容， $K1$ 、 $K2$ 為常數。

關於其他的相鄰的第一電極 34 與第二電極 36 之間的靜電電容，亦有與式 1 同樣的式成立。

【0059】 （僅有垂直載荷 Fz' 產生作用時： Δx 、 $\Delta y=0$ ， $\Delta z \neq 0$ ）

如圖 14 的 (B)、圖 15 的 (B) 所示，當僅有垂直載荷 Fz' 產生作用時， Δx 、 $\Delta y=0$ ， $\Delta z \neq 0$ ，關於與第二電極 36 局部重疊的相鄰的第一電極 34，式 2 成立。

【0060】 [式 2]

$$C_{00_z}=K1/ (Z_0-\Delta z)$$

$$C_{01_z}=K2/ (Z_0-\Delta z)$$

C_{00_z} 、 C_{01_z} 為僅有垂直載荷 Fz' 產生作用時的相鄰的第一電極 34 與第二電極 36 之間的靜電電容。

【0061】 根據式 2，求出以下。

$$C_{00_z}/K1=1/ (Z_0-\Delta z)$$

$$Z_0-\Delta z=K1/C_{00_z}$$

$$\Delta z = Z_0 - K1/C_{00_z}$$

【0062】 根據式 1，關於第二電極 36 相對於其中一個第一電極 34 的位移 Δz ，求出以下。

$$Z_0 = K1/C_{00_0}$$

$$\therefore \Delta z = K1 \left(1/C_{00_0} - 1/C_{00_z} \right)$$

同樣，關於第二電極 36 相對於另一個第一電極 34 的位移 Δz ，求出以下。

$$\Delta z = K2 \left(1/C_{01_0} - 1/C_{01_z} \right)$$

關於第二電極 36 相對於其他第一電極 34 的位移 Δz ，亦與所述同樣地求出。

【0063】 （僅有剪切力 F_x 產生作用時： Δy 、 $\Delta z=0$ ， $\Delta x \neq 0$ ）

如圖 14 的(C)所示，當僅有剪切力 F_x 產生作用時， Δy 、 $\Delta z=0$ ， $\Delta x \neq 0$ ，關於與第二電極 36 局部重疊的相鄰的第一電極 34，式 3 成立。

【0064】 [式 3]

$$C_{00_x} = K1/Z_0 + \Delta x \cdot Kp/Z_0$$

$$C_{01_x} = K2/Z_0 - \Delta x \cdot Kp/Z_0$$

C_{00_x} 、 C_{01_x} 為僅有剪切力 F_x 產生作用時的沿 x 方向相鄰的第一電極 34 與第二電極 36 之間的靜電電容， K_p 為常數。

【0065】 根據式 3，求出以下。

$$\Delta x \cdot K_p / Z_0 = C_{00_x} - K_1 / Z_0$$

$$\Delta x \cdot K_p = Z_0 \cdot C_{00_x} - K_1$$

$$\Delta x = (Z_0 \cdot C_{00_x} - K_1) / K_p$$

根據式 1，由於 $K_1 = Z_0 \times C_{00_0}$ ，因此關於第二電極 36 相對於其中一個第一電極 34 的位移 Δx ，求出以下。

$$\Delta x = (Z_0 \cdot C_{00_x} - Z_0 \times C_{00_0}) / K_p$$

$$\Delta x = Z_0 / K_p \times (C_{00_x} - C_{00_0})$$

同樣，關於第二電極 36 相對於另一個第一電極 34 的位移 Δx ，求出以下。

$$\Delta x = Z_0 / K_p \times (C_{01_0} - C_{01_x})$$

關於第二電極 36 相對於其他第一電極 34 的位移 Δx ，亦與所述同樣地求出。

【0066】（僅有剪切力 F_y 產生作用時： Δx 、 $\Delta z=0$ ， $\Delta y \neq 0$ ）

如圖 15 的 (C) 所示，當僅有剪切力 F_y 產生作用時，藉由與僅有剪切力 F_x 產生作用時同樣的計算，求出第二電極 36 相對於第一電極 34 的位移 Δy 。

【0067】（僅有垂直載荷 F_z' 及剪切力 F_x 產生作用時： $\Delta y=0$ ， Δx 、 $\Delta z \neq 0$ ）

如圖 14 的 (D) 所示，當僅有垂直載荷 F_z' 及剪切力 F_x 產生作用時， $\Delta y=0$ ， Δx 、 $\Delta z \neq 0$ ，關於與第二電極 36 局部重疊的沿 x 方向相鄰的第一電極 34，式 4 成立。

【0068】 [式 4]

$$C_{00-zx} = K1 / (Z_0 - \Delta z) + \Delta x \cdot Kp / (Z_0 - \Delta z)$$

$$C_{01-zx} = K2 / (Z_0 - \Delta z) - \Delta x \cdot Kp / (Z_0 - \Delta z)$$

C_{00-zx} 、 C_{01-zx} 為僅有垂直載荷 F_z' 及剪切力 F_x 產生作用時的第一電極 34 與第二電極 36 之間的靜電電容。

【0069】根據式 4，關於第二電極 36 相對於第一電極 34 的位移 Δz 、位移 Δx ，求出以下。

$$\Delta z = (K1 + K2) \{ 1 / (C_{00-0} + C_{01-0}) - 1 / (C_{00-zx} + C_{01-zx}) \}$$

$$\Delta x = (K1 + K2) / 2Kp \cdot (C_{00-zx} - C_{01-zx}) / (C_{00-zx} + C_{01-zx})$$

關於第二電極 36 相對於其他第一電極 34 的位移 Δz 、位移 Δx ，亦與所述同樣地求出。

【0070】（僅有垂直載荷 Fz' 及剪切力 Fy 產生作用時： $\Delta x=0$ ， Δy 、 $\Delta z \neq 0$ ）

如圖 15 的 (D) 所示，當僅有垂直載荷 Fz' 及剪切力 Fy 產生作用時，藉由與僅有垂直載荷 Fz' 及剪切力 Fx 產生作用時同樣的計算，求出第二電極 36 相對於相鄰的第一電極 34 的位移 Δz 、位移 Δy 。

【0071】（垂直載荷 Fz' 及剪切力 Fx 、剪切力 Fy 產生作用時： Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ ）

當垂直載荷 Fz' 及剪切力 Fx 、剪切力 Fy 產生作用時，可如下述般求出第二電極 36 相對於第一電極 34 的位移 Δx 、位移 Δy 、位移 Δz 。在與一個第二電極 36 局部重疊的四個第一電極 34 的範圍內，各第一電極 34 的位移 Δz 的值彼此近似的情況多，因此假定位移 Δz 的值相同。此時，跟各第一電極 34 對應的訊號的大小（靜電電容值）與各第一電極 34 跟第二電極 36 的重合面積成比例。因而，靜電電容值 C_{00} 、靜電電容值 C_{01} 、靜電電容值 C_{10} 、靜電電容值 C_{11} 之比與重合面積 S_{00} 、重合面積 S_{01} 、重合面積 S_{10} 、重合面積 S_{11} 之比相等。即，式 5 成立。

[式 5]

$$C_{00} : C_{01} : C_{10} : C_{11} = S_{00} : S_{01} : S_{10} : S_{11}$$

【0072】 若將無負載狀態下的重合面積的平方根設為 a ，則重合面積 S_{00} 、重合面積 S_{01} 、重合面積 S_{10} 、重合面積 S_{11} 以式 6 來表示。

[式 6]

$$S_{00}=(a-\Delta x)\times(a-\Delta y)、S_{01}=(a-\Delta x)\times(a+\Delta y)、S_{10}=(a+\Delta x)\times(a-\Delta y)、S_{11}=(a+\Delta x)\times(a+\Delta y)$$

【0073】 根據式 6，四個重合面積之和為 $4a^2$ 且為常數。因此，根據四個重合面積之和 $4a^2$ 與式 5，重合面積 S_{00} 、重合面積 S_{01} 、重合面積 S_{10} 、重合面積 S_{11} 為已知的值。根據以上，藉由式 6 的聯立方程式，可算出未知的位移 Δx 、位移 Δy 。

【0074】 一旦算出位移 Δx 、位移 Δy ，亦可將他們作為已知的值，將假定為相同的值的位移 Δz 修正為各第一電極 34 各別的位移 Δz 。該修正例如可藉由下述方式來進行，即，在可利用不同的部件來測定四個位移 Δz 的真值的環境下，事先獲取位移 Δx 、位移 Δy 與四個位移 Δz 之間的相關關係並利用該相關關係。亦可藉由機器學習來進行該相關關係的獲取。

【0075】 在已知與各第一電極 34 對應的四個靜電電容值大致相等，即位移 Δx 及位移 Δy 接近零的情況下，亦可藉由對所述 Δx 、 $\Delta y=0$ ， $\Delta z\neq 0$ 的情況進行說明的方法，來各別地算出四個第一電極 34 中的位移 Δz 。 Δx 、 $\Delta y=0$ ， $\Delta z\neq 0$ 的情況例如是指握持住被置於

台的狀態的工件 W 而工件 W 的重量未施加於接觸面 28 的情況。當自該狀態自台上提起工件 W 時，位移 Δz 幾乎無變化，主要是位移 Δx 、位移 Δy 發生變化，因此可將位移 Δz 處理為已知的值而更準確地求出位移 Δx 、位移 Δy 。

【0076】 本說明書中，「算出多個壓力檢測位置各自的壓力值」包含：在假定四個第一電極 34 之類的多個壓力檢測位置的位移 Δz 為相同的情況下，將基於所算出的相同的位移 Δz 的壓力值處理為各個壓力檢測位置的壓力值。而且，「關於多個壓力檢測位置各自的壓力值，藉由進行代表值的計算來算出總括壓力值」包含：在假定四個第一電極 34 之類的多個壓力檢測位置的位移 Δz 為相同的情況下，將基於所算出的相同的位移 Δz 的壓力值作為代表值來算出總括壓力值。

【0077】 如以上所說明般，輸出部 12 基於與包含與第二電極 36 局部重疊的第一電極 34 即至少一個局部重複電極的多個第一電極 34 各自對應的多個訊號，以去除壓力對多個訊號造成的影響的方式，來算出各個剪切力 F_x 、剪切力 F_y 的值。

【0078】 （觸覺感測器 10、輸出部 12 及控制器 104 的硬體結構）

圖 16 是表示圖 1 的觸覺感測器 10、輸出部 12 及控制器 104 的硬體結構的一例的方塊圖。輸出部 12 包括第一多工器（multiplexer）50、第二多工器 52、中央處理單元（Central Processing Unit, CPU）54、唯讀記憶體（Read Only Memory, ROM）56 以及隨機存取記憶體（Random Access Memory, RAM）58。

【0079】 於第一多工器 50 及第二多工器 52，連接有多個靜電電容檢測 IC44。自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料被輸入至第一多工器 50 及第二多工器 52。

【0080】 於 CPU54，連接有第一多工器 50 及第二多工器 52。自第一多工器 50 及第二多工器 52 輸出的資料被輸入至 CPU54。而且，對於 CPU54，輸入自後述的控制器 104 輸出的資料。

【0081】 CPU54 利用 RAM58 來作為一次記憶區域，執行記憶於 ROM56 中的程式 60。於程式 60 中記錄有各種程序 (process)，所述程序如後所述，用於使 CPU54 基於自觸覺感測器 10 輸出的資料或自控制器 104 輸出的資料來進行運算，並對控制器 104 輸出資料。

【0082】 於控制器 104，藉由有線或無線而可通訊地連接有輸出部 12。控制器 104 包括 CPU124、ROM126 以及 RAM128。對於 CPU124，輸入自輸出部 12 輸出的資料。

【0083】 CPU124 利用 RAM128 來作為一次記憶區域，執行記憶於 ROM126 中的程式 130。於程式 130 中記錄有各種程序，所述程序如後所述，用於輸出使控制器 104 移動機器人 102 或者向輸出部 12 請求資料的資料。

【0084】 (輸出部 12 中的多個模式)

圖 17 是對圖 16 的輸出部 12 中的多個模式的一例進行說明的圖。輸出部 12 具有碰撞偵測模式、動作內容判斷模式以及請求指令應對模式。

【0085】 碰撞偵測模式是如下所述的模式，即，在基於自觸覺感測器 10 輸出的資料而偵測到工件的碰撞時，將碰撞偵測資料輸出至控制器 104。所謂工件的碰撞，是指設想外的物體碰撞至工件。

【0086】 於碰撞偵測資料中，例如除了偵測到碰撞的意旨的資料以外，還可選擇性地包含後述的握持力（總括壓力） F_z 值的資料、總括剪切力 F_x 值的資料、及總括剪切力 F_y 值的資料中的至少任一個。輸出部 12 不論有無來自控制器 104 的指示，均將碰撞偵測資料輸出至控制器 104，控制器 104 利用中斷處理來對碰撞偵測資料進行處理。

【0087】 對工件的碰撞進行偵測的處理中，例如，如後所述般算出接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力值，在該多個壓力檢測位置各自的壓力值中的至少規定數的壓力值超過臨限值的情況下、後述的總括壓力值超過臨限值的情況下、後述的總括剪切力 F_x 值超過臨限值的情況下、或後述的總括剪切力 F_y 值超過臨限值的情況下，偵測到工件的碰撞。

【0088】 動作內容判斷模式是如下所述的模式，即，基於自控制器 104 輸出的資料來判斷機器人 102 的動作內容，並根據該動作內容而選擇性地輸出後述的壓力分佈的資料、握持力 F_z 值的資料、總括剪切力 F_x 值的資料、總括剪切力 F_y 值的資料、力矩 M_x 值的資料、力矩 M_y 值的資料及力矩 M_z 值的資料中的至少任一個。根據機器人 102 的動作內容來輸出哪種資料是由輸出部 12 判斷而決定。

【0089】 所謂機器人 102 的動作內容，例如是指：利用圖 1 所示的機械手 108 來抓住工件 W、在利用機械手 108 抓住工件 W 的狀態下機械臂 106 運動以使工件 W 移動、機械臂 106 運動以使工件 W 一邊接觸至對象物一邊探索移動目標、機械臂 106 運動以使工件 W 插入至移動目標、及機械手 108 放開工件 W 等的動作。

【0090】 圖 17 所示的請求指令應對模式是指如下所述的模式，即，根據自控制器 104 輸出的資料中所含的請求指令，而選擇性輸出後述的壓力分佈的資料、握持力 F_z 值的資料、握持位置的資料、總括剪切力 F_x 值的資料、總括剪切力 F_y 值的資料、力矩 M_x 值的資料、力矩 M_y 值的資料及力矩 M_z 值的資料中的至少任一個。

【0091】 作為一例，請求指令應對模式包含握持位置偵測模式、握持力偵測模式以及插入特徵量偵測模式。

【0092】 握持位置偵測模式是圖 1 所示的一對握持部 114 握持住工件 W 時自控制器 104 指定的模式。該握持位置偵測模式是輸出壓力分佈的資料或握持位置的資料的模式。

【0093】 握持力偵測模式例如是在圖 1 所示的一對握持部 114 自開狀態轉變為閉狀態的過程中自控制器 104 指定的模式。該握持力偵測模式是輸出握持力 F_z 值的資料的模式。

【0094】 插入特徵量偵測模式例如是在控制器 104 進行圖 1 所示的機械手 108 向工件 W 的接觸檢測、機械手 108 向工件 W 的接觸維持檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置偏離檢測、工件 W 向移動目標的插入姿勢偏離檢

測、工件 W 向移動目標的插入完成檢測、工件 W 自移動目標的抽拔完成檢測等時，自控制器 104 指定的模式。

【0095】 該插入特徵量偵測模式是如下所述的模式，即，輸出握持力 Fz 值的資料、總括剪切力 Fx 值的資料、總括剪切力 Fy 值的資料、力矩 Mx 值的資料、力矩 My 值的資料及力矩 Mz 值的資料，來作為六軸資訊。

【0096】 再者，於動作內容判斷模式及請求指令應對模式中，輸出部 12 根據需要來輸出後述的直移力 ΔF_x 值的資料、直移力 ΔF_y 值的資料或旋轉力矩 Mr 值。

【0097】 （壓力分佈的資料輸出處理）

輸出部 12 輸出表示接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力值的壓力分佈的資料。第一實施形態中，壓力檢測位置為各第一電極 34 的位置。第一電極 34 的位置是藉由第一電極 34 的中心或者任一個角等的、第一電極 34 的特定部位的位置來表示。該壓力分佈的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。

【0098】 圖 18 是表示圖 16 的輸出部 12 中的壓力分佈的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S1 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S1 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S2 中算出位移 Δz 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0099】 步驟 S2 中，CPU54 基於在步驟 S1 中獲取的資料，來算

出接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz 。此時，既可基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部的資料來算出與多個第一電極 34 的全部對應的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz ，亦可基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的一部分的資料來算出與多個第一電極 34 的一部分對應的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz 。第一實施形態中，依據所述的 Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ 的情況的說明，關於各第二電極 36 來進行下述處理，即，根據與跟一個第二電極 36 局部重疊的四個第一電極 34 對應的訊號，來算出壓力檢測位置即四個第一電極 34 的位置的四個 Δz 。

【0100】 如此般算出的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz 與多個壓力檢測位置各自的壓力值成比例。因此，藉由算出多個壓力檢測位置各自的位移 Δz ，從而算出多個壓力檢測位置各自的壓力值。

【0101】 步驟 S3 中，CPU54 基於在步驟 S2 中算出的接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力值來生成壓力分佈的資料。

【0102】 步驟 S4 中，CPU54 將在步驟 S3 中生成的壓力分佈的資料輸出至控制器 104。該壓力分佈的資料例如是在控制器 104 中，被利用於掌握形狀為已知的工件 W 的握持位置或握持姿勢，或者進行基於形狀的工件 W 的識別。

【0103】 （握持位置的資料輸出處理）

輸出部 12 基於接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力值來確定接觸面 28 內的工件 W 的握持位置，並輸出握持位置的資料。該握持位置的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出

部 12 的 CPU54 來執行。

【0104】 圖 19 是表示圖 16 的輸出部 12 中的握持位置的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S11 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。在該步驟 S11 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S12 中算出位移 Δz 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0105】 步驟 S12 中，CPU54 基於在步驟 S11 中獲取的資料，來算出接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz 。此時，既可基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部的資料來算出與多個第一電極 34 的全部對應的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz ，亦可基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的一部分的資料來算出與多個第一電極 34 的一部分對應的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz 。第一實施形態中，依據所述的 Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ 的情況的說明，關於各第二電極 36 來進行下述處理，即，根據與跟一個第二電極 36 局部重疊的四個第一電極 34 對應的訊號，來算出壓力檢測位置即四個第一電極 34 的位置的四個 Δz 。

【0106】 如此般算出的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz 與多個壓力檢測位置各自的壓力值成比例。因此，藉由算出多個壓力檢測位置各自的位移 Δz ，從而算出多個壓力檢測位置各自的壓力值。

【0107】 步驟 S13 中，CPU54 確定在步驟 S12 中算出的接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力值成為規定的相互關係的位置。例如，亦可將被施加有壓力的區域的重心位置確定為握持位

置。作為被施加有壓力的區域的形狀，可能有面狀、帶狀、點狀（面積小的面狀）、線狀（寬度小的帶狀）等。亦可將被施加有壓力的區域與未施加有壓力的區域的邊界線的位置確定為握持位置。藉此，基於接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力值來確定接觸面 28 內的工件 W 的握持位置。

【0108】 步驟 S14 中，CPU54 將在步驟 S13 中確定的握持位置的資料（X-Y 座標的資料）輸出至控制器 104。該握持位置的資料例如是在控制器 104 中，被利用於工件 W 的握持位置的確定。

【0109】 （握持力 F_z 值的資料輸出處理）

輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括壓力值，並輸出總括壓力值的資料來作為握持力 F_z 值的資料。該握持力 F_z 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。

【0110】 圖 20 是表示圖 16 的輸出部 12 中的握持力 F_z 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S21 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S21 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S22 中算出位移 Δz 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0111】 步驟 S22 中，CPU54 基於在步驟 S21 中獲取的資料，來算出接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz 。此時，既可基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部的資料來算出與多個第一電極 34 的全部對應的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz ，亦可基

於自感測器部 18 輸出的多個訊號的一部分的資料來算出與多個第一電極 34 的一部分對應的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz 。第一實施形態中，依據所述的 Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ 的情況的說明，關於各第二電極 36 來進行下述處理，即，根據與跟一個第二電極 36 局部重疊的四個第一電極 34 對應的訊號，來算出壓力檢測位置即四個第一電極 34 的位置的四個 Δz 。

【0112】 如此般算出的多個壓力檢測位置各自的位移 Δz 與多個壓力檢測位置各自的壓力值成比例。因此，藉由算出多個壓力檢測位置各自的位移 Δz ，從而算出多個壓力檢測位置各自的壓力值。

【0113】 步驟 S23 中，CPU54 關於在步驟 S22 中算出的接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括壓力值。

【0114】 步驟 S24 中，CPU54 將在步驟 S23 中算出的總括壓力值的資料作為握持力 F_z 值的資料而輸出至控制器 104。該握持力 F_z 值的資料例如是在控制器 104 中，被利用於用以避免工件 W 掉落的握持力 F_z 的調整、或者與工件 W 的重量或易碎性等相應的握持力 F_z 的調整等。

【0115】 （總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理）

輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_x 值，並輸出總括剪切力 F_x 值的資料。該總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。

【0116】 圖 21 是表示圖 16 的輸出部 12 中的總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S31 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S31 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S32 中算出位移 Δx 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0117】 步驟 S32 中，CPU54 基於在步驟 S31 中獲取的資料，作為「多個剪切力檢測位置」的一例，關於多個第二電極 36 的位置而分別算出位移 Δx 。第二電極 36 的位置是藉由第二電極 36 的中心或任一個角等的、第二電極 36 的特定部位的位置來表示。位移 Δx 的計算是依據所述的 Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ 的情況的說明，使用與跟一個第二電極 36 局部重疊的四個第一電極 34 對應的訊號的全部或一部分來進行。在使用一部分訊號的情況下，使用與跟一個第二電極 36 重疊的四個第一電極 34 中的 x 方向的位置不同的至少兩個電極對應的訊號。此時，成為位移 Δx 的計算對象的多個第二電極 36 既可是第二電極 36 的所有第二電極 36，亦可是第二電極 36 的一部分第二電極 36。而且，步驟 S32 中，既可使用自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部，亦可使用多個訊號的一部分。

【0118】 如此般算出的關於多個第二電極 36 各自的位置而算出的位移 Δx 與多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_x 值成比例。因此，藉由關於多個第二電極 36 各自的位置來算出位移 Δx ，從而算出多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_x 值。

【0119】 再者，第一實施形態的總括剪切力 F_x 值的資料輸出處

理中，關於多個第二電極 36 各自的位置而算出的剪切力 F_x 值相當於「接觸面內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力值」的一例。

【0120】 步驟 S33 中，CPU54 關於在步驟 S32 中算出的多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_x 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括剪切力 F_x 值。

【0121】 步驟 S34 中，CPU54 將在步驟 S33 中算出的總括剪切力 F_x 值的資料輸出至控制器 104。該總括剪切力 F_x 值的資料被利用於工件 W 的碰撞偵測、由機械手 108 所握持的工件 W 向其他物體的接觸維持檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置檢測、工件 W 向移動目標的插入完成檢測、工件 W 自移動目標的抽拔完成檢測等。

【0122】 （總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理）

輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_y 值，並輸出總括剪切力 F_y 值的資料。該總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。

【0123】 圖 22 是表示圖 16 的輸出部 12 中的總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S41 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S41 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S42 中算出位移 Δy 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0124】 步驟 S42 中，CPU54 基於在步驟 S41 中獲取的資料，作為「多個剪切力檢測位置」的一例，關於多個第二電極 36 的位置

來分別算出位移 Δy 。第二電極 36 的位置是藉由第二電極 36 的中心或任一個角等的、第二電極 36 的特定部位的位置來表示。位移 Δy 的計算是依據所述的 Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ 的情況的說明，使用與跟一個第二電極 36 局部重疊的四個第一電極 34 對應的訊號的全部或一部分來進行。在使用一部分訊號的情況下，使用與跟一個第二電極 36 重疊的四個第一電極 34 中的 y 方向的位置不同的至少兩個電極對應的訊號。此時，成為位移 Δy 的計算對象的多個第二電極 36 既可是第二電極 36 的所有第二電極 36，亦可是第二電極 36 的一部分第二電極 36。而且，步驟 S42 中，既可使用自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部，亦可使用多個訊號的一部分。

【0125】 如此般關於多個第二電極 36 各自的位置而算出的位移 Δy 與多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_y 值成比例。因此，藉由關於多個第二電極 36 各自的位置來算出位移 Δy ，從而算出多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_y 值。

【0126】 再者，第一實施形態的總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理中，關於多個第二電極 36 各自的位置而算出的剪切力 F_y 值相當於「接觸面內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力值」的一例。

【0127】 步驟 S43 中，CPU54 關於在步驟 S42 中算出的多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_y 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括剪切力 F_y 值。

【0128】 步驟 S44 中，CPU54 將在步驟 S43 中算出的總括剪切力

F_y 值的資料輸出至控制器 104。該總括剪切力 F_y 值的資料被利用於工件 W 的碰撞偵測、由機械手 108 所握持的工件 W 向其他物體的接觸維持檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置檢測、工件 W 向移動目標的插入完成檢測、工件 W 自移動目標的抽拔完成檢測等。

【0129】 （力矩 M_x 值的資料輸出處理）

輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第二電極 36 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。此時，假設觸覺感測器 10 於至少這兩處部位的第二電極 36 的位置自工件 W 受到力。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 X 軸方向的力矩 M_x 的值來作為力矩 M_x 值，並輸出力矩 M_x 值的資料。該力矩 M_x 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。

【0130】 圖 23 是表示圖 16 的輸出部 12 中的力矩 M_x 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S51 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S51 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S52 中算出位移 Δz 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0131】 步驟 S52 中，CPU54 基於在步驟 S51 中獲取的資料，選擇自接觸面 28 的中心朝 Y 軸方向隔開的第二電極 36-4（參照圖 12）來作為「第一總括壓力檢測位置」的一例，關於跟第二電極 36-4 局部重疊的四個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz 。這

四個第一電極 34 的位置為「第一總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置」的一例。進而，選擇自接觸面 28 的中心朝與第二電極 36-4 相反的方向隔開的第二電極 36-6（參照圖 12）來作為「第二總括壓力檢測位置」的一例，關於跟第二電極 36-6 局部重疊的四個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz 。這四個第一電極 34 的位置為「第二總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置」的一例。

【0132】 如此般關於跟多個第二電極 36-4、36-6 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的位移 Δz 與第一電極 34 各自的位置的壓力值成比例。因此，藉由關於第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz ，從而算出第一電極 34 各自的位置的壓力值。

【0133】 再者，第一實施形態的力矩 M_x 值的資料輸出處理中，關於跟第二電極 36-4 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的第一總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。而且，關於跟第二電極 36-6 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的第二總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。

【0134】 步驟 S53 中，CPU54 關於跟第二電極 36-4 局部重疊的第一電極 34 各自的位置的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第一總括壓力值。藉此，關於第二電極 36-4 而算出第一總括壓力值。

第一總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0135】 同樣地，步驟 S53 中，CPU54 關於跟第二電極 36-6 局部重疊的第一電極 34 各自的位置的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第二總括壓力值。藉此，關於第二電極 36-6 而算出第二總括壓力值。第二總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0136】 亦可於步驟 S52 及步驟 S53 中，關於第二電極 36-4 而算出第一總括壓力值，與此同樣地，關於第二電極 36-1、第二電極 36-7 亦算出第一總括壓力值，關於這三個第一總括壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為最終的第一總括壓力值。此時的第一總括壓力檢測位置是第二電極 36-1、第二電極 36-4、第二電極 36-7 的各位置。而且，亦可於步驟 S52 及步驟 S53 中，關於第二電極 36-6 而算出第二總括壓力值，與此同樣，關於第二電極 36-3、第二電極 36-9 亦算出第二總括壓力值，關於這三個第二總括壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為最終的第二總括壓力值。此時的第二總括壓力檢測位置是第二電極 36-3、第二電極 36-6、第二電極 36-9 的各位置。此時，假設觸覺感測器 10 在至少這六處部位的第二電極 36 的位置自工件 W 受到力。

【0137】 步驟 S54 中，CPU54 算出將在步驟 S53 中關於第二電極 36-4 或第二電極 36-1、第二電極 36-4、第二電極 36-7 的組而算出

的第一總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dx 所得的值、與將在步驟 S53 中關於第二電極 36-6 或第二電極 36-3、第二電極 36-6、第二電極 36-9 的組而算出的第二總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dx 所得的値之差，將該差設為力矩 Mx 值。藉此，算出力矩 Mx 值（力矩的大小及方向）。力矩 Mx 值為「第一力矩值」的一例。

【0138】 步驟 S55 中，CPU54 將在步驟 S54 中算出的力矩 Mx 值的資料輸出至控制器 104。

【0139】 （力矩 My 值的資料輸出處理）

輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第二電極 36 而分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。此時，假設觸覺感測器 10 在至少這兩處部位的第二電極 36 的位置自工件 W 受到力。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Y 軸方向的力矩 My 的値來作為力矩 My 值，並輸出力矩 My 值的資料。該力矩 My 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。

【0140】 圖 24 是表示圖 16 的輸出部 12 中的力矩 My 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S61 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S61 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S62 中算出位移 Δz 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0141】 步驟 S62 中，CPU54 基於在步驟 S61 中獲取的資料，選擇自接觸面 28 的中心朝 X 軸方向隔開的第二電極 36-2（參照圖 12）來作為「第一總括壓力檢測位置」的一例，關於跟第二電極 36-2 局部重疊的四個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz 。這四個第一電極 34 的位置為「第一總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置」的一例。進而，選擇自接觸面 28 的中心朝與第二電極 36-2 相反的方向隔開的第二電極 36-8（參照圖 12）來作為「第二總括壓力檢測位置」的一例，關於跟第二電極 36-8 局部重疊的四個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz 。這四個第一電極 34 的位置為「第二總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置」的一例。

【0142】 如此般關於跟多個第二電極 36-2、36-8 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的位移 Δz 與第一電極 34 各自的位置的壓力值成比例。因此，藉由關於第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz ，從而算出第一電極 34 各自的位置的壓力值。

【0143】 再者，第一實施形態的力矩 M_y 值的資料輸出處理中，關於跟第二電極 36-2 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的第一壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。而且，關於跟第二電極 36-8 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的第二總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。

【0144】 步驟 S63 中，CPU54 關於跟第二電極 36-2 局部重疊的第一電極 34 各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第一總括壓力值。藉此，關於第二電極 36-2 而算出第一總括壓力值。第一總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0145】 同樣，步驟 S63 中，CPU54 關於跟第二電極 36-8 局部重疊的第一電極 34 各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第二總括壓力值。藉此，關於第二電極 36-8 而算出第二總括壓力值。第二總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0146】 亦可於步驟 S62 及步驟 S63 中，關於第二電極 36-2 而算出第一總括壓力值，與此同樣地，關於第二電極 36-1、第二電極 36-3 亦算出第一總括壓力值，關於這三個第一總括壓力值進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為最終的第一總括壓力值。此時的第一總括壓力檢測位置是第二電極 36-1、第二電極 36-2、第二電極 36-3 的各位置。而且，亦可於步驟 S62 及步驟 S63 中，關於第二電極 36-8 而算出第二總括壓力值，與此同樣地，關於第二電極 36-7、第二電極 36-9 亦算出第二總括壓力值，關於這三個第二總括壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為最終的第二總括壓力值。此時的第二總括壓力檢測位置是第二電極 36-7、第二電極 36-8、第二電極 36-9

的各位置。此時，假設觸覺感測器 10 在至少這六處部位的第二電極 36 的位置自工件 W 受到力。

【0147】 步驟 S64 中，CPU54 算出將在步驟 S63 中關於第二電極 36-2 或第二電極 36-1、第二電極 36-2、第二電極 36-3 的組而算出的第一總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dy 所得的值、與將在步驟 S63 中關於第二電極 36-8 或第二電極 36-7、第二電極 36-8、第二電極 36-9 的組而算出的第二總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dy 所得的値之差，並將該差設為力矩 My 值。藉此，算出力矩 My 值（力矩的大小及方向）。力矩 My 值為「第一力矩值」的一例。

【0148】 步驟 S65 中，CPU54 將在步驟 S64 中算出的力矩 My 值的資料輸出至控制器 104。

【0149】 （力矩 Mz 值的資料輸出處理）

輸出部 12 關於自接觸面 28 的中心沿 X 軸方向或 Y 軸方向隔開的兩處部位的第二電極 36 來分別算出第一總括剪切力值及第二總括剪切力值。並且，輸出部 12 基於第一總括剪切力值及第二總括剪切力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Z 軸方向的力矩 Mz 的値來作為力矩 Mz 值，並輸出力矩 Mz 值的資料。

【0150】 圖 25 是表示圖 16 的輸出部 12 中的力矩 Mz 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。該力矩 Mz 值的資料輸出處理有以下的第一例及第二例。

【0151】 第一例的力矩 Mz 值的資料輸出處理例如是根據下述要

領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。步驟 S71 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S71 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S72 中算出位移 Δy 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0152】 步驟 S72 中，CPU54 基於在步驟 S71 中獲取的資料，作為「第一剪切力檢測位置」及「第二剪切力檢測位置」的一例，關於自接觸面 28 的中心沿 X 軸方向隔開的第二電極 36-2、第二電極 36-8 各自的位置來算出位移 Δy 。

【0153】 如此般關於第二電極 36-2、第二電極 36-8 各自的位置而算出的位移 Δy 與第二電極 36-2、第二電極 36-8 各自的位置的剪切力 F_y 值成比例，因此，藉由關於第二電極 36-2、第二電極 36-8 各自的位置來算出位移 Δy ，從而算出第二電極 36-2、第二電極 36-8 各自的位置的剪切力 F_y 值。以下，將如此般關於第二電極 36-2 而算出的剪切力 F_y 值稱作第一剪切力 F_y 值，將關於第二電極 36-8 而算出的剪切力 F_y 值稱作第二剪切力 F_y 值。

【0154】 而且，關於第二電極 36-2 而算出的第一剪切力 F_y 值相當於「關於接觸面內的第一剪切力檢測位置而算出的第一剪切力值」的一例。而且，關於第二電極 36-8 而算出的第二剪切力 F_y 值相當於「關於接觸面內的第二剪切力檢測位置而算出的第二剪切力值」的一例。

【0155】 步驟 S73 中，CPU54 算出將在步驟 S72 中關於第二電極 36-2 而算出的第一剪切力 F_y 值乘以距離 dy 所得的值、與將在步

驟 S72 中關於第二電極 36-8 而算出的第二剪切力 F_y 乘以距離 dy 所得的値之差，將該差設為力矩 M_z 値。藉此，算出力矩 M_z 値（力矩的大小及方向）。力矩 M_z 値為「第二力矩値」的一例。

【0156】 步驟 S74 中，CPU54 將在步驟 S73 中算出的力矩 M_z 値的資料輸出至控制器 104。

【0157】 再者，所述的步驟 S72 中，是關於第二電極 36-2 而算出第一剪切力 F_y 値，但亦可關於第二電極 36-1、第二電極 36-2、第二電極 36-3 中的至少一個第二電極 36 而算出第一剪切力 F_y 値。同樣，所述的步驟 S72 中，是關於第二電極 36-8 而算出第二剪切力 F_y 値，但亦可關於第二電極 36-7、第二電極 36-8、第二電極 36-9 中的至少一個第二電極 36 而算出第二剪切力 F_y 値。

【0158】 第二例的力矩 M_z 値的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。步驟 S71 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S71 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S72 中算出位移 Δx 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0159】 步驟 S72 中，CPU54 基於在步驟 S71 中獲取的資料，作為「第一剪切力檢測位置」及「第二剪切力檢測位置」的一例，關於自接觸面 28 的中心沿 Y 軸方向隔開的第二電極 36-4、第二電極 36-6 各自的位置而算出位移 Δx 。

【0160】 如此般關於第二電極 36-4、第二電極 36-6 各自的位置而算出的位移 Δx 與第二電極 36-4、第二電極 36-6 各自的位置的

剪切力 F_x 值成比例，因此，藉由關於第二電極 36-4、第二電極 36-6 各自的位置來算出位移 Δx ，從而算出第二電極 36-4、第二電極 36-6 各自的剪切力 F_x 值。

【0161】 而且，關於第二電極 36-4 而算出的第一剪切力 F_x 值相當於「關於接觸面內的第一剪切力檢測位置而算出的第一剪切力值」的一例。而且，關於第二電極 36-6 而算出的第二剪切力 F_x 值相當於「關於接觸面內的第二剪切力檢測位置而算出的第二剪切力值」的一例。

【0162】 步驟 S73 中，CPU54 算出將在步驟 S72 中關於第二電極 36-4 而算出的第一剪切力 F_x 值乘以距離 dx 所得的值、與將在步驟 S72 中關於第二電極 36-6 而算出的第二剪切力 F_x 乘以距離 dx 所得的値之差，將該差設為力矩 M_z 值。藉此，算出力矩 M_z 值（力矩的大小及方向）。力矩 M_z 值為「第二力矩值」的一例。

【0163】 步驟 S74 中，CPU54 將在步驟 S73 中算出的力矩 M_z 值的資料輸出至控制器 104。

【0164】 再者，所述的步驟 S72 中，是關於第二電極 36-4 而算出第一剪切力 F_x 值，但亦可關於第二電極 36-1、第二電極 36-4、第二電極 36-7 中的至少一個第二電極 36 而算出第一剪切力 F_x 值。同樣，所述的步驟 S72 中，是關於第二電極 36-6 而算出第二剪切力 F_x 值，但亦可關於第二電極 36-3、第二電極 36-6、第二電極 36-9 中的至少一個第二電極 36 而算出第二剪切力 F_x 值。

【0165】 （直移力 ΔF_x 值的資料輸出處理）

圖 26 是對作用於利用圖 1 的一對握持部 114 所握持的工件 W 的、X 軸方向的直移力 ΔF_x 的一例進行說明的平面圖。存在下述情況：因繞 Y 軸方向的旋轉力矩 MR_y 作用至工件 W，從而有 X 軸方向的第一剪切力 F_{x1} 作用於一對觸覺感測器 10 中的第一觸覺感測器 10，且有與第一剪切力 F_{x1} 為反向的第二剪切力 F_{x2} 作用於一對觸覺感測器 10 中的第二觸覺感測器 10。此時，附符號的值即第一剪切力 F_{x1} 及第二剪切力 F_{x2} 之和相當於 X 軸方向的直移力 ΔF_x 。

【0166】 構成為，對算出直移力 ΔF_x 的輸出部 12 輸入來自一對觸覺感測器 10 這兩者的訊號。輸出部 12 算出關於一對觸覺感測器 10 分別算出的第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值之和來作為直移力 ΔF_x 值，並輸出直移力 ΔF_x 值的資料。

【0167】 圖 27 是表示圖 16 的輸出部 12 中的直移力 ΔF_x 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S81 中，CPU54 關於第一觸覺感測器 10 而算出 X 軸方向的第一總括剪切力 F_{x1} 值。同樣地，步驟 S81 中，CPU54 關於第二觸覺感測器 10 而算出 X 軸方向的第二總括剪切力 F_{x2} 值。

【0168】 X 軸方向的第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值的計算方法如所述的總括剪切力 F_x 值的計算方法（參照圖 21）。藉此，關於一對觸覺感測器 10 分別算出第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值。第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值相當於「關於一對觸覺感測器分別算出的總括剪切

力值」的一例。

【0169】 步驟 S82 中，CPU54 算出在步驟 S81 中算出的第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值之和來作為直移力 ΔF_x 值。

【0170】 步驟 S83 中，CPU54 將在步驟 S82 中算出的直移力 ΔF_x 值的資料輸出至控制器 104。

【0171】 （直移力 ΔF_y 值的資料輸出處理）

圖 28 是對作用於利用圖 1 的一對握持部 114 所握持的工件 W 的、Y 軸方向的直移力 ΔF_y 的一例進行說明的平面圖。存在下述情況：因繞 X 軸方向的旋轉力矩 M_{R_x} 作用至工件 W，從而有 Y 軸方向的第一剪切力 F_{y1} 作用於一對觸覺感測器 10 中的第一觸覺感測器 10，且有與第一剪切力 F_{y1} 為反向的第二剪切力 F_{y2} 作用於一對觸覺感測器 10 中的第二觸覺感測器 10。此時，附符號的值即第一剪切力 F_{y1} 及第二剪切力 F_{y2} 之和相當於 Y 軸方向的直移力 ΔF_y 。

【0172】 構成為，對於算出直移力 ΔF_y 的輸出部 12 輸入來自一對觸覺感測器 10 這兩者的訊號。輸出部 12 算出關於一對觸覺感測器 10 分別算出的第一總括剪切力 F_{y1} 值及第二總括剪切力 F_{y2} 值之和來作為直移力 ΔF_y 值，並輸出直移力 ΔF_y 值的資料。

【0173】 圖 29 是表示圖 16 的輸出部 12 中的直移力 ΔF_y 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S91 中，CPU54 關於第一觸覺感測器 10 而算出 Y 軸方向的第一總括剪切力 F_{y1} 值。同樣地，步驟 S91 中，CPU54 關於第二觸覺感測器 10 而算出 Y 軸方

向的第二總括剪切力 $Fy2$ 值。

【0174】 Y 軸方向的第一總括剪切力 $Fy1$ 值及第二總括剪切力 $Fy2$ 值的計算方法如所述的總括剪切力 Fy 值的計算方法（參照圖 22）。藉此，關於一對觸覺感測器 10 分別算出第一總括剪切力 $Fy1$ 值及第二總括剪切力 $Fy2$ 值。第一總括剪切力 $Fy1$ 值及第二總括剪切力 $Fy2$ 值相當於「關於一對觸覺感測器分別算出的總括剪切力值」的一例。

【0175】 步驟 S92 中，CPU54 算出在步驟 S91 中算出的第一總括剪切力 $Fy1$ 值與第二總括剪切力 $Fy2$ 值之和來作為直移力 ΔFy 值。

【0176】 步驟 S93 中，CPU54 將在步驟 S92 中算出的直移力 ΔFy 值的資料輸出至控制器 104。

【0177】 （旋轉力矩 MRx 值的資料輸出處理）

如圖 28 所示，存在下述情況：Y 軸方向的第一剪切力 $Fy1$ 作用於一對觸覺感測器 10 中的第一觸覺感測器 10，與第一剪切力 $Fy1$ 為反向的第二剪切力 $Fy2$ 作用於一對觸覺感測器 10 中的第二觸覺感測器 10。此時，有繞 X 軸方向的旋轉力矩 MRx 作用於一對觸覺感測器 10。

【0178】 構成為，對於算出旋轉力矩 MRx 的輸出部 12，輸入來自一對觸覺感測器 10 這兩者的訊號。輸出部 12 基於關於一對觸覺感測器 10 分別算出的附符號的值即第一總括剪切力 $Fy1$ 值及第二總括剪切力 $Fy2$ 值之差，來算出繞 X 軸方向的旋轉力矩 MRx 值，並輸出旋轉力矩 MRx 值的資料。

【0179】 圖 30 是表示圖 16 的輸出部 12 中的旋轉力矩 MR_x 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S101 中，CPU54 關於第一觸覺感測器 10 而算出 Y 軸方向的第一總括剪切力 Fy_1 值。同樣地，步驟 S101 中，CPU54 關於第二觸覺感測器 10 而算出 Y 軸方向的第二總括剪切力 Fy_2 值。

【0180】 Y 軸方向的第一總括剪切力 Fy_1 值及第二總括剪切力 Fy_2 值的計算方法如所述的總括剪切力 Fy 值的計算方法（參照圖 22）。藉此，關於一對觸覺感測器 10 分別算出第一總括剪切力 Fy_1 值及第二總括剪切力 Fy_2 值。第一總括剪切力 Fy_1 值及第二總括剪切力 Fy_2 值相當於「關於一對觸覺感測器分別算出的總括剪切力值」的一例。

【0181】 步驟 S102 中，CPU54 基於在步驟 S101 中算出的第一總括剪切力 Fy_1 值及第二總括剪切力 Fy_2 值之差，來算出繞 X 軸方向的旋轉力矩 MR_x 值。

【0182】 步驟 S103 中，CPU54 將在步驟 S102 中算出的旋轉力矩 MR_x 值的資料輸出至控制器 104。

【0183】 （旋轉力矩 MR_y 值的資料輸出處理）

如圖 26 所示，存在下述情況：X 軸方向的第一剪切力 Fx_1 作用於一對觸覺感測器 10 中的第一觸覺感測器 10，與第一剪切力 Fx_1 為反向的第二剪切力 Fx_2 作用於一對觸覺感測器 10 中的第二觸覺感測器 10。此時，有繞 Y 軸方向的旋轉力矩 MR_y 作用於一對觸覺感測器 10。

【0184】 構成為，對於算出旋轉力矩 MR_y 的輸出部 12，輸入來自一對觸覺感測器 10 這兩者的訊號。輸出部 12 基於關於一對觸覺感測器 10 分別算出的附符號的值即第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值之差，來算出繞 Y 軸方向的旋轉力矩 MR_y 值，並輸出旋轉力矩 MR_y 值的資料。

【0185】 圖 31 是表示圖 16 的輸出部 12 中的旋轉力矩 MR_y 值的資料輸出處理的流程的一例的流程圖。步驟 S111 中，CPU54 關於第一觸覺感測器 10 而算出 X 軸方向的第一總括剪切力 F_{x1} 值。同樣地，步驟 S111 中，CPU54 關於第二觸覺感測器 10 而算出 X 軸方向的第二總括剪切力 F_{x2} 值。

【0186】 X 軸方向的第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值的計算方法如所述的總括剪切力 F_x 值的計算方法（參照圖 21）。藉此，關於一對觸覺感測器 10 分別算出第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值。第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值相當於「關於一對觸覺感測器分別算出的總括剪切力值」的一例。

【0187】 步驟 S112 中，CPU54 基於在步驟 S111 中算出的第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值之差，來算出繞 Y 軸方向的旋轉力矩 MR_y 值。

【0188】 步驟 S113 中，CPU54 將在步驟 S112 中算出的旋轉力矩 MR_y 值的資料輸出至控制器 104。

【0189】 接下來說明第一實施形態的作用及效果。

【0190】 (1) 如關於輸出部 12 中的多個模式(參照圖 17)所說明般，輸出部 12 具有在規定的條件的情況下輸出碰撞偵測資料的碰撞偵測模式。作為規定的條件，具體而言，輸出部 12 在接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力值中的至少規定數的壓力值超過臨限值的情況下，藉由關於多個壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出的總括壓力值超過臨限值的情況下，或者關於接觸面 28 整體而算出的一個總括剪切力值超過臨限值的情況下，輸出碰撞偵測資料。因此，無須利用控制器 104 來判斷碰撞，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0191】 (2) 如關於輸出部 12 中的多個模式(參照圖 17)所說明般，輸出部 12 具有判斷機器人 102 的動作內容並根據動作內容來選擇性地輸出各種資料的動作內容判斷模式。具體而言，輸出部 12 選擇性地輸出壓力分佈的資料、握持力值 F_z 值的資料、總括剪切力 F_x 值的資料、總括剪切力 F_y 值的資料、力矩 M_x 值的資料、力矩 M_y 值的資料及力矩 M_z 值的資料中的至少任一個。因此，可根據機器人 102 的動作內容來將各種資料提供給控制器 104，因此可藉由控制器 104 來適當控制機器人 102。

【0192】 而且，如關於輸出部 12 中的多個模式(參照圖 17)所說明般，輸出部 12 具有根據來自控制器 104 的請求指令來選擇性地輸出各種資料的請求指令應對模式。具體而言，輸出部 12 選擇性地輸出壓力分佈的資料、握持力 F_z 值的資料、總括剪切力 F_x

值的資料、總括剪切力 F_y 值的資料、力矩 M_x 值的資料、力矩 M_y 值的資料及力矩 M_z 值的資料中的至少任一個。因此，可根據控制器 104 的請求指令來將各種資料提供給控制器 104，因此可藉由控制器 104 來適當地控制機器人 102。

【0193】 (3) 握持位置的資料輸出處理 (參照圖 19) 中，輸出部 12 基於接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力來確定接觸面 28 內的工件 W 的握持位置，並輸出握持位置的資料。因此，無須利用控制器 104 來確定握持位置，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0194】 (4) 握持力 F_z 值的資料輸出處理 (參照圖 20) 中，輸出部 12 關於接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括壓力值。並且，輸出部 12 輸出總括壓力值的資料來作為握持力 F_z 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出作為總括壓力值的握持力 F_z 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0195】 (5) 總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理 (參照圖 21) 中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_x 值，並輸出總括剪切力 F_x 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出總括剪切力 F_x 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。而且，例如與輸出表示接觸面 28 內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力 F_x 值的剪切力分佈的資料的情況相比，與對剪切力 F_x 值進行總括相應地，可減少輸出部 12 與控制器 104 之間的資料通訊量。藉此，可

提高輸出部 12 及控制器 104 的響應速度，因此可對控制具有一對握持部 114 的機器人 102 的控制器 104 高效地提供有助於機器人 102 的控制的觸覺資訊。

【0196】 同樣地，總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理（參照圖 22）中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_y 值，並輸出總括剪切力 F_y 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出總括剪切力 F_y 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。而且，例如，與輸出表示接觸面 28 內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力 F_x 值的剪切力分佈的資料的情況相比，與對剪切力 F_x 值進行總括相應地，可減少輸出部 12 與控制器 104 之間的資料通訊量。藉此，可提高輸出部 12 及控制器 104 的響應速度，因此可對控制具有一對握持部 114 的機器人 102 的控制器 104 高效地提供有助於機器人 102 的控制的觸覺資訊。

【0197】 （6）總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理（參照圖 21）中，輸出部 12 基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部或一部分，來算出接觸面 28 內的多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_x 值。並且，輸出部 12 關於多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_x 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括剪切力 F_x 值。因此，例如與關於任意選擇的一個第二電極 36 而算出的剪切力 F_x 值相比，可輸出更準確地表示接觸面 28 整體的剪切力 F_x 值的總括剪切力 F_x 值。

【0198】 同樣地，總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理（參照圖 22）

中，輸出部 12 基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部或一部分，來算出接觸面 28 內的多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_y 值。並且，輸出部 12 關於多個第二電極 36 各自的位置的剪切力 F_y 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括剪切力 F_y 值。因此，例如與關於任意選擇的一個第二電極 36 而算出的剪切力 F_y 值相比，可輸出更準確地表示接觸面 28 整體的剪切力 F_y 值的總括剪切力 F_y 值。

【0199】 (7) 力矩 M_x 值的資料輸出處理 (參照圖 23) 中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第二電極 36 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 X 軸方向的力矩 M_x 的值來作為力矩 M_x 值，並輸出力矩 M_x 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出力矩 M_x 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0200】 同樣地，力矩 M_y 值的資料輸出處理 (參照圖 24) 中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第二電極 36 而分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Y 軸方向的力矩 M_y 的值來作為力矩 M_y 值，並輸出力矩 M_y 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出力矩 M_y 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0201】 (8) 力矩 M_z 值的資料輸出處理 (參照圖 25) 的第一

例中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第二電極 36 而分別算出第一剪切力 F_y 值及第二剪切力 F_y 值。並且，輸出部 12 基於第一剪切力 F_y 值及第二剪切力 F_y 值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Z 軸方向的力矩 M_z 的值來作為力矩 M_z 值，並輸出力矩 M_z 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出力矩 M_z 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0202】 同樣地，力矩 M_z 值的資料輸出處理（參照圖 25）的第二例中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第二電極 36 而分別算出第一剪切力 F_x 值及第二剪切力 F_x 值。並且，輸出部 12 基於第一剪切力 F_x 值及第二剪切力 F_x 值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Z 軸方向的力矩 M_z 的值來作為力矩 M_z 值，並輸出力矩 M_z 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出力矩 M_z 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0203】 （9）直移力 ΔF_x 值的資料輸出處理（參照圖 27）中，輸出部 12 算出關於一對觸覺感測器 10 分別算出的第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值之和來作為直移力 ΔF_x 值，並輸出直移力 ΔF_x 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出直移力 ΔF_x 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0204】 同樣地，直移力 ΔF_y 值的資料輸出處理（參照圖 29）中，輸出部 12 算出關於一對觸覺感測器 10 分別算出的第一總括剪切力 F_{y1} 值及第二總括剪切力 F_{y2} 值之和來作為直移力 ΔF_y 值，並輸出直移力 ΔF_y 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來

算出直移力 ΔF_y 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0205】 (10) 旋轉力矩 MR_x 值的資料輸出處理 (參照圖 30) 中，輸出部 12 基於關於一對觸覺感測器 10 分別算出的第一總括剪切力 F_{y1} 值及第二總括剪切力 F_{y2} 值之差而算出繞 X 軸方向的旋轉力矩 MR_x 的值來作為旋轉力矩 MR_x 值。並且，輸出部 12 輸出旋轉力矩 MR_x 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出旋轉力矩 MR_x 值的資料，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0206】 同樣地，旋轉力矩 MR_y 值的資料輸出處理 (參照圖 31) 中，輸出部 12 基於關於一對觸覺感測器 10 分別算出的第一總括剪切力 F_{x1} 值及第二總括剪切力 F_{x2} 值之差而算出繞 Y 軸方向的旋轉力矩 MR_y 的值來作為旋轉力矩 MR_y 值。並且，輸出部 12 輸出旋轉力矩 MR_y 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出旋轉力矩 MR_y 值的資料，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0207】 (11) 觸覺感測器 10 (參照圖 3~圖 7) 中，第二電極層 26 包含為單層的多個第二電極 36。因此，可簡化觸覺感測器 10 的結構及製造步驟。

【0208】 而且，藉由檢測對應於第一電極 34 與第二電極 36 之間的距離而發生變化的靜電電容，從而可在多個第一電極 34 各自的位置檢測壓力。進而，各第二電極 36 與沿 X 軸方向及 Y 軸方向鄰接的四個第一電極 34 各自局部重疊，因此，藉由檢測對應於這四個第一電極 34 與第二電極 36 的重合面積而發生變化的靜電電容，從而在各第二電極 36 的位置亦能檢測剪切力。

【0209】 並且，多個第二電極 36 的數量少於多個第一電極 34 的數量，藉此，相對於一個第二電極 36 而匹配多個第一電極 34，因此，例如跟多個第一電極 34 與多個第二電極 36 一對一地匹配的情況相比，可縮窄多個第一電極 34 彼此的間隔。藉此，可確保多個第一電極 34 的數量，因此可確保壓力分佈的解析度。

【0210】 如此，根據第一實施形態的觸覺感測器 10，即便藉由簡單的結構及製造步驟亦能檢測剪切力，並且可確保壓力分佈的解析度。

【0211】 接下來說明第一實施形態的變形例。

【0212】 (1) 輸出部 12 是與觸覺感測器 10 獨立地構成，但觸覺感測器 10 及輸出部 12 亦可經單元化。

【0213】 (2) 輸出部 12 被設於將機械手 108 連接至機械臂 106 的腕關節部 112，但輸出部 12 的至少一部分亦可被設於機械手 108、機械臂 106、控制器 104 的輸入部、及設於控制器 104 且執行程式處理的程式部件中的任一個。再者，在輸出部 12 為於控制器 104 中執行的程式部件的情況下與輸出部 12 進行對比而提及的控制器 104，是指物理控制器 104 中的作為輸出部 12 的程式部件以外的部分。

【0214】 而且，控制器 104 的輸入部例如亦可為控制器 104 的連接於 CPU54 的放大器單元、或將自觸覺感測器 10 輸出的資料作為輸入而執行程式處理的程式部件（功能塊（function block））。當輸出部 12 的至少一部分被設於控制器 104 的輸入部時，可減輕

進行控制器 104 的程式化的用戶負擔。

【0215】 (3) 作為較佳例，輸出部 12 具有動作內容判斷模式及請求指令應對模式這兩者，但亦可省略動作內容判斷模式及請求指令應對模式中的其中任一者。

【0216】 (4) 輸出部 12 進行壓力分佈、握持位置、握持力 F_z 值、總括剪切力 F_x 值、總括剪切力 F_y 值、力矩 M_x 值、力矩 M_y 值、力矩 M_z 值、直移力 ΔF_x 值、直移力 ΔF_y 值、旋轉力矩 MR_x 值及旋轉力矩 MR_y 值的各資料輸出處理，但亦可省略所述多個資料輸出處理中的任一個或若干個。

【0217】 (5) 觸覺感測器 10 較佳為設為所述結構，但只要是第一電極層 24 具有多個第一電極 34，第二電極層 26 具有多個第二電極 36，且多個第一電極 34 中的兩個以上在俯視時與第二電極 36 局部重疊的結構，則觸覺感測器 10 亦可為所述以外的結構。

【0218】 (6) 觸覺感測器 10 具有三十六個第一電極 34，但多個第一電極 34 的數量為多少皆可。

【0219】 (7) 多個第二電極 36 的數量只要少於多個第一電極 34 的數量，則為多少皆可。

【0220】 (8) 較佳為，多個第一電極 34 沿著接觸面 28 而排列成矩陣狀，但只要可在接觸面 28 內獲得所期望的壓力分佈，則亦可以矩陣狀以外的形態而配置。

【0221】 [第二實施形態]

接下來說明第二實施形態。

【0222】（觸覺感測器 10 的結構）

圖 32 是第二實施形態的觸覺感測器 10 的縱剖面圖。第二實施形態的觸覺感測器 10 相對於所述第一實施形態的觸覺感測器 10（參照圖 3～圖 6），第二電極層 26 的結構如下述般經變更。

【0223】 圖 33 是圖 32 的第二電極層 26 的平面圖。第二電極層 26 包含為單層的一個第二電極 36。即，第二電極 36 形成一個島部。第二電極 36 例如是由導電橡膠所形成。該第二電極 36 形成為平板狀。第二電極 36 既可連接於基板 16 的接地線，亦可相對於接地線而浮動。

【0224】 圖 34 是表示將圖 32 的第二電極 36、彈力層 22 與基板 16 予以重疊的狀態的平面圖。作為一例，多個第一電極 34 的數量為三十六個，與此相對，第二電極 36 形成一個島部，因此，第二實施形態中，由第二電極 36 所形成的島部的數量少於多個第一電極 34 的數量。

【0225】 作為一例，第二電極 36 形成為較接觸面 28（參照圖 32）小的正方形。該第二電極 36 具有在俯視時與多個第一電極 34 全部重疊的大小。具體而言，第二電極 36 具有如下所述的大小，即，多個第一電極 34 中的沿著第二電極 36 的外周部排列的第一電極 34 與第二電極 36 的外周部在俯視時重疊。藉此，沿著第二電極 36 的外周部而排列的第一電極 34 在俯視時與第二電極 36 局部重疊，多個第一電極 34 中的位於第二電極 36 的外周部的內側的第一電極 34 與第二電極 36 整體重疊。

【0226】 第二實施形態中，多個第一電極 34 中的與第二電極 36 局部重疊的第一電極 34 相當於「與第二電極局部重疊的多個局部重複電極」的一例，自與該第二電極 36 局部重疊的第一電極 34 輸出的多個訊號相當於「多個局部重複電極訊號」的一例。

【0227】 圖 32 所示的觸覺感測器 10 的感測器部 18 中，當對接觸面 28 施加有壓力，而各第一電極 34 與第二電極 36 之間的距離 d 發生變化時，對應於該距離 d 的變化，靜電電容 C 發生變化。而且，感測器部 18 中，當對接觸面 28 施加有剪切力而與第二電極 36 局部重疊的第一電極 34（參照圖 34）與第二電極 36 重合的面積 A 發生變化時，對應於該面積 A 的變化，靜電電容 C 發生變化。

【0228】 此種結構的觸覺感測器 10 是與所述第一實施形態的觸覺感測器 10（參照圖 3～圖 6）同樣地製造。

【0229】 圖 35 是對圖 32 的觸覺感測器 10 中的力矩長度 dx 、力矩長度 dy 的一例進行說明的圖。再者，圖 35 中，對多個第一電極 34 表示了識別編號 1～識別編號 28。在對多個第一電極 34 進行識別的情況下，將多個第一電極 34 分別稱作第一電極 34-1～第一電極 34-28。

【0230】 力矩長度 dx 是算出繞 X 軸方向的力矩 M_x （參照圖 11）時所用的長度。作為一例，力矩長度 dx 相當於位於自接觸面 28 的中心沿 Y 軸方向隔開的位置的第一電極 34-4 的中心與接觸面 28 的中心之間的沿著 Y 軸方向的距離。

【0231】 圖 35 所示的力矩長度 dy 是算出繞 Y 軸方向的力矩 M_y (參照圖 11) 時所用的長度。作為一例，力矩長度 dy 相當於位於自第二電極 36 的中心沿 X 軸方向隔開的位置的第一電極 34-13 的中心與第二電極 36 的中心之間的沿著 X 軸方向的距離。

【0232】 第二實施形態中，位移 Δx 、位移 Δy 、位移 Δz 的計算是基於與第一實施形態的情況同樣的思路而進行。第二實施形態中，觸覺感測器 10、輸出部 12 及控制器 104 的硬體結構以及輸出部 12 中的多個模式與第一實施形態相同。而且，第二實施形態中，壓力分佈、握持位置、握持力 F_z 值、直移力 ΔF_x 值、直移力 ΔF_y 值、旋轉力矩 MR_x 值及旋轉力矩 MR_y 值的各資料輸出處理與第一實施形態相同。

【0233】 另一方面，第二實施形態中，總括剪切力 F_x 值、總括剪切力 F_y 值、力矩 M_x 值、力矩 M_y 值及力矩 M_z 值的各資料輸出處理與第一實施形態不同。

【0234】 (總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理)

第二實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_x 值，並輸出總括剪切力 F_x 值的資料。該總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 21，一邊說明第二實施形態中的總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理的流程。

【0235】 步驟 S31 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S31 中獲取的資料是對應於成為在後述的步

驟 S32 中算出位移 Δx 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0236】 步驟 S32 中，CPU54 基於在步驟 S31 中獲取的資料，關於跟第二電極 36 局部重疊的多個第一電極 34-1~34-8 各自的位置來算出位移 Δx 。此時，成為位移 Δx 的計算對象的多個第一電極 34 既可為多個第一電極 34-1~34-8 的全部，亦可為多個第一電極 34-1~34-8 的一部分。

【0237】 第二實施形態中，作為一例，CPU54 關於多個第一電極 34-1~34-8 各自的位置來算出位移 Δx 。於該步驟 S32 中，基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的一部分，關於多個第一電極 34-1~34-8 各自的位置來算出位移 Δx 。再者，第二實施形態中，理想的是，利用關於第一電極 34-17~第一電極 34-20、第一電極 34-21~第一電極 34-24 而算出的位移 Δz 的值來進行位移 Δx 的修正。

【0238】 如此般關於多個第一電極 34-1~34-8 各自的位置而算出的位移 Δx 與多個第一電極 34-1~34-8 各自的位置的剪切力 F_x 值成比例。因此，藉由關於多個第一電極 34-1~34-8 各自的位置來算出位移 Δx ，從而算出多個第一電極 34-1~34-8 各自的位置的剪切力 F_x 值。

【0239】 再者，第二實施形態的總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理中，關於多個第一電極 34-1~34-8 各自的位置而算出的剪切力 F_x 值相當於「接觸面內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力值」的一例。

【0240】 步驟 S33 中，CPU54 關於在步驟 S32 中算出的多個第一電極 34-1～34-8 各自的位置的剪切力 F_x 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括剪切力 F_x 值。

【0241】 步驟 S34 中，CPU54 將在步驟 S33 中算出的總括剪切力 F_x 值的資料輸出至控制器 104。該總括剪切力 F_x 值的資料被利用於工件 W 的碰撞偵測、由機械手 108 所握持的工件 W 向其他物體的接觸維持檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置檢測、工件 W 向移動目標的插入完成檢測、工件 W 自移動目標的抽拔完成檢測等。

【0242】 （總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理）

第二實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_y 值，並輸出總括剪切力 F_y 值的資料。該總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 22，一邊說明第二實施形態中的總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理的流程。

【0243】 步驟 S41 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S41 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S42 中算出位移 Δy 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0244】 步驟 S42 中，CPU54 基於在步驟 S41 中獲取的資料，關於跟第二電極 36 局部重疊的多個第一電極 34-9～34-16 各自的位置來算出位移 Δy 。此時，成為位移 Δy 的計算對象的多個第一電

極 34 既可為多個第一電極 34-9~34-16 的全部，亦可為多個第一電極 34-9~34-16 的一部分。

【0245】 第二實施形態中，作為一例，CPU54 關於多個第一電極 34-9~34-16 各自的位置來算出位移 Δy 。於該步驟 S42 中，基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的一部分，關於多個第一電極 34-9~34-16 各自的位置來算出位移 Δy 。再者，第二實施形態中，理想的是，利用關於第一電極 34-17~第一電極 34-25、第一電極 34-26、第一電極 34-21、第一電極 34-20、第一電極 34-27、第一電極 34-28、第一電極 34-24 而算出的位移 Δz 的值來進行位移 Δy 的修正。

【0246】 如此般關於多個第一電極 34-9~34-16 各自的位置而算出的位移 Δy 與多個第一電極 34-9~34-16 各自的位置的剪切力 F_y 值成比例。因此，藉由關於多個第一電極 34-9~34-16 各自的位置來算出位移 Δy ，從而算出多個第一電極 34-9~34-16 各自的位置的剪切力 F_y 值。

【0247】 再者，第二實施形態的總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理中，關於多個第一電極 34-9~34-16 各自的位置而算出的剪切力 F_y 值相當於「接觸面內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力值」的一例。

【0248】 步驟 S43 中，CPU54 關於在步驟 S42 中算出的多個第一電極 34-9~34-16 各自的位置的剪切力 F_y 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出

總括剪切力 F_y 值。

【0249】 步驟 S44 中，CPU54 將在步驟 S43 中算出的總括剪切力 F_y 值的資料輸出至控制器 104。該總括剪切力 F_y 值的資料被利用於工件 W 的碰撞偵測、由機械手 108 所握持的工件 W 向其他物體的接觸維持檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置檢測、工件 W 向移動目標的插入完成檢測、工件 W 自移動目標的抽拔完成檢測等。

【0250】 （力矩 M_x 值的資料輸出處理）

第二實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 X 軸方向的力矩 M_x 的值來作為力矩 M_x 值，並輸出力矩 M_x 值的資料。

【0251】 該力矩 M_x 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 23，一邊說明第二實施形態中的力矩 M_x 值的資料輸出處理的流程。

【0252】 步驟 S51 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S51 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S52 中算出位移 Δz 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0253】 步驟 S52 中，CPU54 基於在步驟 S51 中獲取的資料，作為「多個第一總括壓力檢測位置」及「多個第二總括壓力檢測位置」的一例，關於自接觸面 28 的中心沿 Y 軸方向隔開的第一電極

34-20、第一電極 34-27、第一電極 34-28、第一電極 34-24 以及第一電極 34-17、第一電極 34-25、第一電極 34-26、第一電極 34-21 各自的位置來算出位移 Δz 。

【0254】 如此般關於多個第一電極 34 各自的位置而算出的位移 Δz 與多個第一電極 34 各自的位置的壓力值成比例。因此，藉由關於多個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz ，從而算出多個第一電極 34 各自的位置的壓力值。

【0255】 再者，第二實施形態的力矩 M_x 值的資料輸出處理中，關於第一電極 34-20、第一電極 34-27、第一電極 34-28、第一電極 34-24 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的多個第一總括壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。而且，關於第一電極 34-17、第一電極 34-25、第一電極 34-26、第一電極 34-21 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的多個第二總括壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。

【0256】 步驟 S53 中，CPU54 關於第一電極 34-20、第一電極 34-27、第一電極 34-28、第一電極 34-24 各自的位置的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第一總括壓力值。藉此，關於第一電極 34-20、第一電極 34-27、第一電極 34-28、第一電極 34-24 來算出第一總括壓力值。第一總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0257】 同樣地，步驟 S53 中，CPU54 關於第一電極 34-17、第

一電極 34-25、第一電極 34-26、第一電極 34-21 各自的位置的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第二總括壓力值。藉此，關於第一電極 34-17、第一電極 34-25、第一電極 34-26、第一電極 34-21 來算出第二總括壓力值。第二總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0258】 步驟 S54 中，CPU54 算出將在步驟 S53 中關於第一電極 34-17、第一電極 34-25、第一電極 34-26、第一電極 34-21 而算出的第一總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dx 所得的值、與在步驟 S53 中關於第一電極 34-17、第一電極 34-25、第一電極 34-26、第一電極 34-21 而算出的第二總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dx 所得的値之差，將該差作為力矩 Mx 值。藉此，算出力矩 Mx 值（力矩的大小及方向）。力矩 Mx 值為「第一力矩值」的一例。

【0259】 步驟 S55 中，CPU54 將在步驟 S54 中算出的力矩 Mx 值的資料輸出至控制器 104。

【0260】 再者，所述的步驟 S52 中，算出第一電極 34-20、第一電極 34-27、第一電極 34-28、第一電極 34-24 各自的位置的壓力值，但亦可算出第一電極 34-20、第一電極 34-27、第一電極 34-28、第一電極 34-24 中的任兩個第一電極 34 各自的位置的壓力值。同樣地，所述的步驟 S52 中，算出第一電極 34-17、第一電極 34-25、第一電極 34-26、第一電極 34-21 各自的位置的壓力值，但亦可算出第一電極 34-17、第一電極 34-25、第一電極 34-26、第一電極

34-21 中的任兩個第一電極 34 各自的位置的壓力值。

【0261】（力矩 M_y 值的資料輸出處理）

第二實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Y 軸方向的力矩 M_y 的值來作為力矩 M_y 值，並輸出力矩 M_y 值的資料。

【0262】 該力矩 M_x 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 24，一邊說明第二實施形態中的力矩 M_y 值的資料輸出處理的流程。

【0263】 步驟 S61 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S61 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S62 中算出位移 Δz 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0264】 步驟 S62 中，CPU54 基於在步驟 S61 中獲取的資料，作為「多個第一總括壓力檢測位置」及「多個第二總括壓力檢測位置」的一例，關於自接觸面 28 的中心沿 X 軸方向隔開的第一電極 34-17、第一電極 34-18、第一電極 34-19、第一電極 34-20 以及第一電極 34-21、第一電極 34-22、第一電極 34-23、第一電極 34-24 各自的位置來算出位移 Δz 。

【0265】 如此般關於多個第一電極 34 各自的位置而算出的位移 Δz 與多個第一電極 34 各自的位置的壓力值成比例。因此，藉由關

於多個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz ，從而算出多個第一電極 34 各自的位置的壓力值。

【0266】再者，第二實施形態的力矩 M_x 值的資料輸出處理中，關於第一電極 34-17、第一電極 34-18、第一電極 34-19、第一電極 34-20 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的多個第一總括壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。而且，關於第一電極 34-21、第一電極 34-22、第一電極 34-23、第一電極 34-24 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的多個第二總括壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。

【0267】步驟 S63 中，CPU54 關於第一電極 34-17、第一電極 34-18、第一電極 34-19、第一電極 34-20 各自的位置的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第一總括壓力值。藉此，關於第一電極 34-17、第一電極 34-18、第一電極 34-19、第一電極 34-20 來算出第一總括壓力值。第一總括壓力值相當於垂直載荷 F_z' 。

【0268】同樣地，步驟 S63 中，CPU54 關於第一電極 34-21、第一電極 34-22、第一電極 34-23、第一電極 34-24 各自的位置的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第二總括壓力值。藉此，關於第一電極 34-21、第一電極 34-22、第一電極 34-23、第一電極 34-24 來算出第二總括壓力值。第二總括壓力值相當於垂直載荷 F_z' 。

【0269】 步驟 S64 中，CPU54 算出將在步驟 S63 中關於第一電極 34-17、第一電極 34-18、第一電極 34-19、第一電極 34-20 而算出的第一總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dy 所得的值、與將在步驟 S63 中關於第一電極 34-21、第一電極 34-22、第一電極 34-23、第一電極 34-24 而算出的第二總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dy 所得的値之差，將該差作為力矩 My 值。藉此，算出力矩 My 值（力矩的大小及方向）。力矩 My 值為「第一力矩值」的一例。

【0270】 步驟 S65 中，CPU54 將在步驟 S64 中算出的力矩 My 值的資料輸出至控制器 104。

【0271】 再者，所述的步驟 S62 中，算出第一電極 34-17、第一電極 34-18、第一電極 34-19、第一電極 34-20 各自的位置的壓力值，但亦可算出第一電極 34-17、第一電極 34-18、第一電極 34-19、第一電極 34-20 中的任兩個第一電極 34 各自的位置的壓力值。同樣地，所述的步驟 S62 中，算出第一電極 34-21、第一電極 34-22、第一電極 34-23、第一電極 34-24 各自的位置的壓力值，但亦可算出第一電極 34-21、第一電極 34-22、第一電極 34-23、第一電極 34-24 中的任兩個第一電極 34 各自的位置的壓力值。

【0272】 （力矩 Mz 值的資料輸出處理）

第二實施形態中，輸出部 12 關於自接觸面 28 的中心沿 X 軸方向或 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 來分別算出第一剪切力值及第二剪切力值。並且，輸出部 12 基於第一剪切力值及第

二剪切力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Z 軸方向的力矩 M_z 的值來作為力矩 M_z 值，並輸出力矩 M_z 值的資料。

【0273】 以下，一邊參照圖 25，一邊說明第二實施形態中的力矩 M_z 值的資料輸出處理的流程。該力矩 M_z 值的資料輸出處理有以下的第一例及第二例。

【0274】 第一例的力矩 M_z 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。步驟 S71 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S71 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S72 中算出位移 Δx 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0275】 步驟 S72 中，CPU54 基於在步驟 S71 中獲取的資料，作為「第一剪切力檢測位置」及「第二剪切力檢測位置」的一例，關於第一電極 34-1～第一電極 34-4、第一電極 34-5～第一電極 34-8 中的彼此沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δx 。

【0276】 此時，例如 CPU54 既可關於第一電極 34-1～第一電極 34-4 中的彼此沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34-1、第一電極 34-4 各自的位置來算出位移 Δx ，亦可關於第一電極 34-5～第一電極 34-8 中的彼此沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34-5、第一電極 34-8 各自的位置來算出位移 Δx 。

【0277】 而且，例如 CPU54 既可關於第一電極 34-1～第一電極 34-4 中的彼此沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34-2、第一

電極 34-3 各自的位置來算出位移 Δx ，亦可關於第一電極 34-5～第一電極 34-8 中的彼此沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34-6、第一電極 34-7 各自的位置來算出位移 Δx 。

【0278】 如此般關於彼此沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 各自的位置而算出的位移 Δx 與這兩處部位的第一電極 34 各自的位置的剪切力 F_x 值成比例。因此，藉由關於彼此沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δx ，從而算出這兩處部位的第一電極 34 各自的位置的剪切力 F_x 值。

【0279】 以下，將如此般關於兩處部位的第一電極 34 中的其中一個第一電極 34 而算出的剪切力 F_x 值稱作第一剪切力 F_x 值，將關於兩處部位的第一電極 34 中的另一個第一電極 34 而算出的剪切力 F_x 值稱作第二剪切力 F_x 值。

【0280】 步驟 S73 中，CPU54 算出在步驟 S72 中算出的第一剪切力 F_x 值與第二剪切力 F_x 之差，基於該差來算出力矩 M_z 值（力矩的大小及方向）。力矩 M_z 值為「第二力矩值」的一例。

【0281】 步驟 S74 中，CPU54 將在步驟 S73 中算出的力矩 M_z 值的資料輸出至控制器 104。

【0282】 第二例的力矩 M_z 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。步驟 S71 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S71 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S72 中算出位移 Δy 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0283】 步驟 S72 中，CPU54 基於在步驟 S71 中獲取的資料，作為「第一剪切力檢測位置」及「第二剪切力檢測位置」的一例，關於第一電極 34-9～第一電極 34-12、第一電極 34-13～第一電極 34-16 中的彼此沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δy 。

【0284】 此時，例如 CPU54 既可關於第一電極 34-9～第一電極 34-12 中的彼此沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34-9、第一電極 34-12 各自的位置來算出位移 Δy ，亦可關於第一電極 34-13～第一電極 34-16 中的彼此沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34-13、第一電極 34-16 各自的位置來算出位移 Δy 。

【0285】 而且，例如 CPU54 既可關於第一電極 34-9～第一電極 34-12 中的彼此沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34-10、第一電極 34-11 各自的位置來算出位移 Δy ，亦可關於第一電極 34-13～第一電極 34-16 中的彼此沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34-14、第一電極 34-15 各自的位置來算出位移 Δy 。

【0286】 如此般關於彼此沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 各自的位置而算出的位移 Δy 與這兩處部位的第一電極 34 各自的位置的剪切力 F_y 值成比例。因此，藉由關於彼此沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δy ，從而算出這兩處部位的第一電極 34 各自的位置的剪切力 F_y 值。

【0287】 以下，將如此般關於兩處部位的第一電極 34 中的其中一個第一電極 34 而算出的剪切力 F_y 值稱作第一剪切力 F_y 值，將

關於兩處部位的第一電極 34 中的另一個第一電極 34 而算出的剪切力 F_y 值稱作第二剪切力 F_y 值。

【0288】 步驟 S73 中，CPU54 算出在步驟 S72 中算出的第一剪切力 F_y 值與第二剪切力 F_y 之差，基於該差來算出力矩 M_z 值（力矩的大小及方向）。力矩 M_z 值為「第二力矩值」的一例。

【0289】 步驟 S74 中，CPU54 將在步驟 S73 中算出的力矩 M_z 值的資料輸出至控制器 104。

【0290】 接下來說明第二實施形態的作用及效果。

【0291】 (1)總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理(參照圖 21)中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_x 值，並輸出總括剪切力 F_x 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出總括剪切力 F_x 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。而且，例如與輸出表示接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的剪切力 F_x 值的剪切力分佈的資料的情況相比，與對剪切力 F_x 值進行總括相應地，可減少輸出部 12 與控制器 104 之間的資料通訊量。藉此，可提高輸出部 12 及控制器 104 的響應速度，因此可對控制具有一對握持部 114 的機器人 102 的控制器 104 高效地提供有助於機器人 102 的控制的觸覺資訊。

【0292】 同樣地，總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理(參照圖 22)中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_y 值，並輸出總括剪切力 F_y 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出總括剪切力 F_y 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。而且，例如

與輸出表示接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的剪切力 F_x 值的剪切力分佈的資料的情況相比，與對剪切力 F_x 值進行總括相應地，可減少輸出部 12 與控制器 104 之間的資料通訊量。藉此，可提高輸出部 12 及控制器 104 的響應速度，因此可對控制具有一對握持部 114 的機器人 102 的控制器 104 高效地提供有助於機器人 102 的控制的觸覺資訊。

【0293】 (2)總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理(參照圖 21)中，輸出部 12 基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的一部分來算出接觸面 28 內的多個第一電極 34 各自的位置的剪切力 F_x 值。並且，輸出部 12 關於多個第一電極 34 各自的位置的剪切力 F_x 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括剪切力 F_x 值。因此，例如與關於任意選擇的一個第一電極 34 而算出的剪切力 F_x 值相比，可輸出更準確地表示接觸面 28 整體的剪切力 F_x 值的總括剪切力 F_x 值。

【0294】 同樣地，總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理(參照圖 22)中，輸出部 12 基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的一部分來算出接觸面 28 內的多個第一電極 34 各自的位置的剪切力 F_y 值。並且，輸出部 12 關於多個第一電極 34 各自的位置的剪切力 F_y 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括剪切力 F_y 值。因此，例如與關於任意選擇的一個第一電極 34 而算出的剪切力 F_y 值相比，可輸出更準確地表示接觸面 28 整體的剪切力 F_y 值的總括剪切力 F_y 值資料。

【0295】 (3) 力矩 M_x 值的資料輸出處理 (參照圖 23) 中, 輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。並且, 輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 X 軸方向的力矩 M_x 的值來作為力矩 M_x 值, 並輸出力矩 M_x 值的資料。因此, 無須利用控制器 104 來算出力矩 M_x 值, 因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0296】 同樣地, 力矩 M_y 值的資料輸出處理 (參照圖 24) 中, 輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。並且, 輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Y 軸方向的力矩 M_y 的值來作為力矩 M_y 值, 並輸出力矩 M_y 值的資料。因此, 無須利用控制器 104 來算出力矩 M_y 值, 因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0297】 (4) 力矩 M_z 值的資料輸出處理 (參照圖 25) 的第一例中, 輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 來分別算出第一總括剪切力 F_x 值及第二總括剪切力 F_x 值。並且, 輸出部 12 基於第一總括剪切力 F_x 值及第二總括剪切力 F_x 值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Z 軸方向的力矩 M_z 的值來作為力矩 M_z 值, 並輸出力矩 M_z 值的資料。因此, 無須利用控制器 104 來算出力矩 M_z 值, 因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0298】 同樣地, 力矩 M_z 值的資料輸出處理 (參照圖 25) 的第

二例中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 X 軸方向隔開的兩處部位的第一電極 34 來分別算出第一總括剪切力 F_y 值及第二總括剪切力 F_y 值。並且，輸出部 12 基於第一總括剪切力 F_y 值及第二總括剪切力 F_y 值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Z 軸方向的力矩 M_z 的值來作為力矩 M_z 值，並輸出力矩 M_z 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出力矩 M_z 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0299】 (5) 觸覺感測器 10 (參照圖 32~圖 34) 中，第二電極層 26 包含為單層的一個第二電極 36。因此，可簡化觸覺感測器 10 的結構及製造步驟。

【0300】 而且，藉由檢測對應於第一電極 34 與第二電極 36 之間的距離而發生變化的靜電電容，從而可在多個第一電極 34 各自的位置檢測壓力。進而，多個第一電極 34 的一部分，即，沿著第二電極 36 的外周部而排列的第一電極 34 在俯視時與第二電極 36 局部重疊，因此藉由檢測對應於該第一電極 34 與第二電極 36 的重合面積而發生變化的靜電電容，從而在沿著第二電極 36 的外周部而排列的第一電極 34 的位置亦能檢測剪切力。

【0301】 並且，第二電極 36 的數量為 1，少於多個第一電極 34 的數量，藉此，相對於一個第二電極 36 而匹配多個第一電極 34，因此，例如跟多個第一電極 34 與多個第二電極 36 一對一地匹配的情況相比，可縮窄多個第一電極 34 彼此的間隔。藉此，可確保多個第一電極 34 的數量，因此可確保壓力分佈的解析度。

【0302】 如此，根據第二實施形態的觸覺感測器 10，即便藉由簡單的結構及製造步驟亦能檢測剪切力，並且可確保壓力分佈的解析度。

【0303】 (6) 而且，第二電極 36 為單一結構，因此，例如與第二電極 36 包含多個構件的情況相比，可提高製造效率，並且可削減零件個數。

【0304】 (7) 第二實施形態中，關於與第一實施形態同樣的結構，起到與第一實施形態同樣的作用效果。

【0305】 接下來說明第二實施形態的變形例。

【0306】 (1) 觸覺感測器 10 較佳為設為所述結構，但只要是第一電極層 24 具有多個第一電極 34，第二電極層 26 具有一個第二電極 36，且多個第一電極 34 中的兩個以上在俯視時與第二電極 36 局部重疊的結構，則觸覺感測器 10 亦可為所述以外的結構。

【0307】 (2) 觸覺感測器 10 具有三十六個第一電極 34，但多個第一電極 34 的數量為多少皆可。

【0308】 (3) 第二電極 36 的數量為 1，但只要少於多個第一電極 34 的數量，則第二電極 36 的數量為多少皆可。

【0309】 (4) 較佳為，多個第一電極 34 沿著接觸面 28 而排列成矩陣狀，但只要可在接觸面 28 內獲得所期望的壓力分佈，則亦可以矩陣狀以外的形態而配置。

【0310】 (5) 第二實施形態中，關於與第一實施形態同樣的結構，亦可採用與第一實施形態同樣的變形例。

【0311】 [第三實施形態]

接下來說明第三實施形態。

【0312】 (觸覺感測器 10 的結構)

圖 36 是第三實施形態的觸覺感測器 10 的縱剖面圖。第三實施形態的觸覺感測器 10 相對於所述第一實施形態的觸覺感測器 10 (參照圖 3~圖 6)，第二電極層 26 的結構如下所述般經變更。

【0313】 圖 37 是圖 36 的第二電極層 26 的平面圖。第二電極層 26 包含為單層的一個第二電極 36。第二電極 36 例如是由導電橡膠所形成。該第二電極 36 形成為平板狀。作為一例，第二電極 36 形成為俯視呈正方形。第二電極 36 既可連接於基板 16(參照圖 3)的接地線，亦可相對於接地線而浮動。

【0314】 於第二電極 36，形成有多個開口 38。多個開口 38 貫穿第二電極 36 的板厚方向即 Z 軸方向。該多個開口 38 沿著 X-Y 平面排列成矩陣狀。即，多個開口 38 是將 X 軸方向設為縱方向，將 Y 軸方向設為橫方向而排列。

【0315】 多個開口 38 為同一形狀。作為一例，多個開口 38 形成為俯視呈正方形。多個開口 38 的數量少於所述多個第一電極 34 (參照圖 4) 的數量。作為一例，多個開口 38 沿 X 軸方向各排列有三個，沿 Y 軸方向各排列有三個。即，多個開口 38 的數量為九個。該多個開口 38 沿 X 軸方向及 Y 軸方向分別等間隔地排列。

【0316】 圖 38 是表示將圖 36 的第二電極 36、彈力層 22 與基板 16 予以重疊的狀態的平面圖。第二電極 36 具有在俯視時與多個第

一電極 34 全部重疊的大小。具體而言，第二電極 36 具有在俯視時多個第一電極 34 全部納入第二電極 36 的外形部的內側的大小。

【0317】 多個開口 38 各自形成為，在俯視時與多個第一電極 34 中的沿 X 軸方向及 Y 軸方向鄰接的四個第一電極 34 各自局部重疊。具體而言，各開口 38 在俯視時位於四個第一電極 34 的中心部，且與這四個第一電極 34 局部重疊。

【0318】 如此，第三實施形態中，多個第一電極 34 的全部在俯視時納入第二電極 36 的外形部的內側，而且，多個第一電極 34 的全部與開口 38 局部重疊。多個第一電極 34 的全部與開口 38 局部重疊，相當於多個第一電極 34 的全部與第二電極 36 局部重疊。

【0319】 第三實施形態中，多個第一電極 34 的全部相當於「與第二電極局部重疊的多個局部重複電極」的一例，自多個第一電極 34 輸出的多個訊號相當於「多個局部重複電極訊號」的一例。

【0320】 圖 36 所示的觸覺感測器 10 的感測器部 18 中，當對接觸面 28 施加有壓力，而各第一電極 34 與開口 38 之間的距離 d 發生變化時，對應於該距離 d 的變化，靜電電容 C 發生變化。而且，感測器部 18 中，當對接觸面 28 施加有剪切力，而各第一電極 34 與開口 38 重合的面積 A 發生變化時，對應於該面積 A 的變化，靜電電容 C 發生變化。

【0321】 此種結構的觸覺感測器 10 是與所述第一實施形態的觸覺感測器 10（參照圖 3～圖 6）同樣地製造。

【0322】 圖 39 是對圖 36 的觸覺感測器 10 中的力矩長度 dx 、力

矩長度 dy 的一例進行說明的圖。再者，圖 35 中，對多個開口 38 表示了識別編號 1～識別編號 9。在對多個開口 38 進行識別的情況下，將多個開口 38 分別稱作開口 38-1～開口 38-9。

【0323】 圖 39 所示的力矩長度 dx 是算出繞 X 軸方向的力矩 M_x （參照圖 11）時所用的長度。作為一例，力矩長度 dx 相當於位於自接觸面 28 的中心沿 Y 軸方向隔開的位置的開口 38-3 的中心與接觸面 28 的中心之間的沿著 Y 軸方向的距離。

【0324】 圖 39 所示的力矩長度 dy 是算出繞 Y 軸方向的力矩 M_y （參照圖 11）時所用的長度。作為一例，力矩長度 dy 相當於位於自接觸面 28 的中心沿 X 軸方向隔開的位置的開口 38-1 的中心與接觸面 28 的中心之間的沿著 X 軸方向的距離。

【0325】 第三實施形態中，位移 Δx 、位移 Δy 、位移 Δz 的計算是基於與第一實施形態的情況同樣的思路而進行。第三實施形態中，觸覺感測器 10、輸出部 12 及控制器 104 的硬體結構以及輸出部 12 中的多個模式與第一實施形態相同。而且，第三實施形態中，壓力分佈、握持位置、握持力 F_z 值、直移力 ΔF_x 值、直移力 ΔF_y 值、旋轉力矩 MR_x 值及旋轉力矩 MR_y 值的各資料輸出處理與第一實施形態相同。

【0326】 另一方面，第三實施形態中，總括剪切力 F_x 值、總括剪切力 F_y 值、力矩 M_x 值、力矩 M_y 值及力矩 M_z 值的各資料輸出處理與第一實施形態不同。

【0327】 （總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理）

第三實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_x 值，並輸出總括剪切力 F_x 值的資料。該總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 21，一邊說明第三實施形態中的總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理的流程。

【0328】 步驟 S31 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S31 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S32 中算出位移 Δx 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0329】 步驟 S32 中，CPU54 基於在步驟 S31 中獲取的資料，作為「多個剪切力檢測位置」的一例，關於多個開口 38 各自的位置來算出位移 Δx 。開口 38 的位置是藉由開口 38 的中心或任一個角等的、開口 38 的特定部位的位置來表示。位移 Δx 的計算是基於與第一實施形態中的 Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ 的情況的說明同樣的思路，使用與跟一個開口 38 局部重疊的四個第一電極 34 對應的訊號的全部或一部分來進行。在使用一部分訊號的情況下，使用與跟一個開口 38 重疊的四個第一電極 34 中的 x 方向的位置不同的至少兩個電極對應的訊號。此時，成為位移 Δx 的計算對象的多個開口 38 既可為全部的開口 38，亦可為一部分開口 38。而且，步驟 S32 中，既可使用自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部，亦可使用多個訊號的一部分。

【0330】 如此般關於多個開口 38 各自的位置而算出的位移 Δx 與

多個開口 38 各自的位置的剪切力 F_x 值成比例。因此，藉由關於多個開口 38 各自的位置來算出位移 Δx ，從而算出多個開口 38 各自的位置的剪切力 F_x 值。

【0331】再者，第三實施形態的總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理中，關於多個開口 38 各自的位置而算出的剪切力 F_x 值相當於「接觸面內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力值」的一例。

【0332】步驟 S33 中，CPU54 關於在步驟 S32 中算出的多個開口 38 各自的位置的剪切力 F_x 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括剪切力 F_x 值。

【0333】步驟 S34 中，CPU54 將在步驟 S33 中算出的總括剪切力 F_x 值的資料輸出至控制器 104。該總括剪切力 F_x 值的資料被利用於工件 W 的碰撞偵測、由機械手 108 所握持的工件 W 向其他物體的接觸維持檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置檢測、工件 W 向移動目標的插入完成檢測、工件 W 自移動目標的抽拔完成檢測等。

【0334】（總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理）

第三實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_y 值，並輸出總括剪切力 F_y 值的資料。該總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 22，一邊說明第三實施形態中的總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理的流程。

【0335】步驟 S41 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S41 中獲取的資料是對應於成為在後述的步

驟 S42 中算出位移 Δy 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0336】 步驟 S42 中，CPU54 基於在步驟 S41 中獲取的資料，作為「多個剪切力檢測位置」的一例，關於多個開口 38 各自的位置來算出位移 Δy 。開口 38 的位置是藉由開口 38 的中心或任一個角等的、開口 38 的特定部位的位置來表示。位移 Δy 的計算是基於與第一實施形態中的 Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ 的情況的說明同樣的思路，使用與跟一個開口 38 局部重疊的四個第一電極 34 對應的訊號的全部或一部分來進行。在使用一部分訊號的情況下，使用與跟一個開口 38 重疊的四個第一電極 34 中的 y 方向的位置不同的至少兩個電極對應的訊號。此時，成為位移 Δy 的計算對象的多個開口 38 既可為全部的開口 38，亦可為一部分開口 38。而且，步驟 S42 中，既可使用自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部，亦可使用多個訊號的一部分。

【0337】 如此般關於多個開口 38 各自的位置而算出的位移 Δy 與多個開口 38 各自的位置的剪切力 F_y 值成比例。因此，藉由關於多個開口 38 各自的位置來算出位移 Δy ，從而算出多個開口 38 各自的位置的剪切力 F_y 值。

【0338】 再者，第三實施形態的總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理中，關於多個開口 38 各自的位置而算出的剪切力 F_y 值相當於「接觸面內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力值」的一例。

【0339】 步驟 S43 中，CPU54 關於在步驟 S42 中算出的多個開口

38 各自的位置的剪切力 F_y 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括剪切力 F_y 值。

【0340】 步驟 S44 中，CPU54 將在步驟 S43 中算出的總括剪切力 F_y 值的資料輸出至控制器 104。該總括剪切力 F_y 值的資料被利用於工件 W 的碰撞偵測、由機械手 108 所握持的工件 W 向其他物體的接觸維持檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置檢測、工件 W 向移動目標的插入完成檢測、工件 W 自移動目標的抽拔完成檢測等。

【0341】 （力矩 M_x 值的資料輸出處理）

第三實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的開口 38 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。此時，假設觸覺感測器 10 在至少這兩處部位的開口 38 的位置自工件 W 受到力。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 X 軸方向的力矩 M_x 的值來作為力矩 M_x 值，並輸出力矩 M_x 值的資料。

【0342】 該力矩 M_x 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 23，一邊說明第三實施形態中的力矩 M_x 值的資料輸出處理的流程。

【0343】 步驟 S51 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S51 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S52 中算出位移 Δz 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0344】 步驟 S52 中，CPU54 基於在步驟 S51 中獲取的資料，選

擇自接觸面 28 的中心沿 Y 軸方向隔開的開口 38-4 (參照圖 39) 來作為「多個第一總括壓力檢測位置」的一例，關於跟開口 38-4 局部重疊的四個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz 。這四個第一電極 34 的位置為「第一總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置」的一例。進而，選擇自接觸面 28 的中心沿與開口 38-4 相反的方向隔開的開口 38-6 (參照圖 39) 來作為「第二總括壓力檢測位置」的一例，關於跟開口 38-6 局部重疊的四個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz 。這四個第一電極 34 的位置為「第二總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置」的一例。

【0345】 如此般關於跟多個開口 38-4、38-6 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的位移 Δz 與第一電極 34 各自的位置的壓力值成比例。因此，藉由關於第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz ，從而算出第一電極 34 各自的位置的壓力值。

【0346】 再者，第三實施形態的力矩 M_x 值的資料輸出處理中，關於跟開口 38-4 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的第一總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。而且，關於跟開口 38-6 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的第二總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。

【0347】 步驟 S53 中，CPU54 關於跟開口 38-4 局部重疊的第一電極 34 各自的位置的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算

及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第一總括壓力值。藉此，關於開口 38-4 來算出第一總括壓力值。第一總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0348】 同樣地，步驟 S53 中，CPU54 關於跟開口 38-6 局部重疊的第一電極 34 各自的位置的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第二總括壓力值。藉此，關於開口 38-6 來算出第二總括壓力值。第二總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0349】 亦可於步驟 S52 及步驟 S53 中，關於開口 38-4 來算出第一總括壓力值，與此同樣地，關於開口 38-1、開口 38-7 亦算出第一總括壓力值，關於這三個第一總括壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為最終的第一總括壓力值。此時的第一總括壓力檢測位置是開口 38-1、開口 38-4、開口 38-7 的各位置。而且，亦可於步驟 S52 及步驟 S53 中，關於開口 38-6 來算出第二總括壓力值，與此同樣地，關於開口 38-3、開口 38-9 亦算出第二總括壓力值，關於這三個第二總括壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為最終的第二總括壓力值。此時的第二總括壓力檢測位置是開口 38-3、開口 38-6、開口 38-9 的各位置。此時，假設觸覺感測器 10 在至少這六處部位的開口 38 的位置自工件 W 受到力。

【0350】 步驟 S54 中，CPU54 算出將在步驟 S53 中關於開口 38-4

或開口 38-1、開口 38-4、開口 38-7 的組而算出的第一總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dx 所得的值、與將在步驟 S53 中關於開口 38-6 或開口 38-3、開口 38-6、開口 38-9 的組而算出的第二總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dx 所得的値之差，將該差作為力矩 Mx 值。藉此，算出力矩 Mx 值（力矩的大小及方向）。力矩 Mx 值為「第一力矩值」的一例。

【0351】 步驟 S55 中，CPU54 將在步驟 S54 中算出的力矩 Mx 值的資料輸出至控制器 104。

【0352】 （力矩 My 值的資料輸出處理）

第三實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 X 軸方向隔開的兩處部位的開口 38 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。此時，假設觸覺感測器 10 在至少這兩處部位的開口 38 的位置自工件 W 受到力。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Y 軸方向的力矩 My 的値來作為力矩 My 值，並輸出力矩 My 值的資料。

【0353】 該力矩 My 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 24，一邊說明第三實施形態中的力矩 My 值的資料輸出處理的流程。

【0354】 步驟 S61 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S61 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S62 中算出位移 Δx 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0355】 步驟 S62 中，CPU54 基於在步驟 S61 中獲取的資料，選擇自接觸面 28 的中心沿 X 軸方向隔開的開口 382 來作為「多個第一總括壓力檢測位置」的一例，關於跟開口 38-2 局部重疊的四個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz 。這四個第一電極 34 的位置為「第一總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置」的一例。進而，選擇自接觸面 28 的中心沿與開口 38-2 相反的方向隔開的開口 38-8 (參照圖 39) 來作為「第二總括壓力檢測位置」的一例，關於跟第二電極-8 局部重疊的四個第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz 。這四個第一電極 34 的位置為「第二總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置」的一例。

【0356】 如此般關於跟多個開口 38-2、38-8 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的位移 Δz 與第一電極 34 各自的位置的壓力值成比例。因此，藉由關於第一電極 34 各自的位置來算出位移 Δz ，從而算出第一電極 34 各自的位置的壓力值。

【0357】 再者，第三實施形態的力矩 M_y 值的資料輸出處理中，關於跟開口 38-2 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的第一壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。而且，關於跟開口 38-8 局部重疊的第一電極 34 各自的位置而算出的壓力值相當於「接觸面內的多個壓力檢測位置中的第二總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值」的一例。

【0358】 步驟 S63 中，CPU54 關於跟開口 38-2 局部重疊的第一

電極 34 各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第一總括壓力值。藉此，關於開口 38-1、開口 38-2、開口 38-3 來算出第一總括壓力值。第一總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0359】 同樣地，步驟 S63 中，CPU54 關於與開口 38-8 局部重疊的第一電極 34 各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為第二總括壓力值。藉此，關於開口 38-8 來算出第二總括壓力值。第二總括壓力值相當於垂直載荷 Fz' 。

【0360】 亦可於步驟 S62 及步驟 S63 中，關於開口 38-2 來算出第一總括壓力值，與此同樣地，關於開口 38-1、開口 38-3 亦算出第一總括壓力值，關於這三個第一總括壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為最終的第一總括壓力值。此時的第一總括壓力檢測位置是開口 38-1、開口 38-2、開口 38-3 的各位置。而且，亦可於步驟 S62 及步驟 S63 中，關於開口 38-8 來算出第二總括壓力值，與此同樣地，關於開口 38-7、開口 38-9 亦算出第二總括壓力值，關於這三個第二總括壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，並將該算出的值作為最終的第二總括壓力值。此時的第二總括壓力檢測位置是開口 38-7、開口 38-8、開口 38-9 的各位置。此時，假設觸覺感測器 10 在至少這六處部位的開口 38 的位置自工件 W 受到力。

【0361】 步驟 S64 中，CPU54 算出將在步驟 S63 中關於開口 38-2 或開口 38-1、開口 38-2、開口 38-3 的組而算出的第一總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dy 所得的值、與將在步驟 S63 中關於開口 38-8 或開口 38-7、開口 38-8、開口 38-9 的組而算出的第二總括壓力值（垂直載荷 Fz' ）乘以距離 dy 所得的値之差，將該差作為力矩 My 值。藉此，算出力矩 My 值（力矩的大小及方向）。力矩 My 值為「第一力矩值」的一例。

【0362】 步驟 S65 中，CPU54 將在步驟 S64 中算出的力矩 My 值的資料輸出至控制器 104。

【0363】 （力矩 Mz 值的資料輸出處理）

第三實施形態中，輸出部 12 關於自接觸面 28 的中心沿 X 軸方向或 Y 軸方向隔開的兩處部位的開口 38 來分別算出第一總括剪切力值及第二總括剪切力值。並且，輸出部 12 基於第一總括剪切力值及第二總括剪切力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Z 軸方向的力矩 Mz 的値來作為力矩 Mz 值，並輸出力矩 Mz 值的資料。

【0364】 以下，一邊參照圖 25，一邊說明第三實施形態中的力矩 Mz 值的資料輸出處理的流程。該力矩 Mz 值的資料輸出處理有以下的第一例及第二例。

【0365】 第一例的力矩 Mz 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。步驟 S71 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S71 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S72 中算出位移 Δy 的對象的第一電極

34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0366】 步驟 S72 中，CPU54 基於在步驟 S71 中獲取的資料，作為「第一剪切力檢測位置」及「第二剪切力檢測位置」的一例，關於自接觸面 28 的中心沿 X 軸方向隔開的開口 38-2、開口 38-8 各自的位置來算出位移 Δy 。

【0367】 如此般關於開口 38-2、開口 38-8 各自的位置而算出的位移 Δy 與開口 38 各自的位置的剪切力 F_y 值成比例，因此，藉由關於開口 38-2、開口 38-8 各自的位置來算出位移 Δy ，從而算出開口 38-2、開口 38-8 各自的位置的剪切力 F_y 值。以下，將如此般關於開口 38-2 而算出的剪切力 F_y 值稱作第一剪切力 F_y 值，將關於開口 38-8 而算出的剪切力 F_y 值稱作第二剪切力 F_y 值。

【0368】 而且，關於開口 38-2 而算出的第一剪切力 F_y 值相當於「關於接觸面內的第一剪切力檢測位置而算出的第一剪切力值」的一例。而且，關於開口 38-8 而算出的第二剪切力 F_y 值相當於「關於接觸面內的第二剪切力檢測位置而算出的第二剪切力值」的一例。

【0369】 步驟 S73 中，CPU54 算出將在步驟 S72 中關於開口 38-2 而算出的第一剪切力 F_y 值乘以距離 dy 所得的值、與將在步驟 S72 中關於開口 38-8 而算出的第二剪切力 F_y 乘以距離 dy 所得的値之差，將該差設為力矩 M_z 值。藉此，算出力矩 M_z 值（力矩的大小及方向）。力矩 M_z 值為「第二力矩值」的一例。

【0370】 步驟 S74 中，CPU54 將在步驟 S73 中算出的力矩 M_z 值

的資料輸出至控制器 104。

【0371】再者，所述的步驟 S72 中，是關於開口 38-2 來算出第一剪切力 F_y 值，但亦可關於開口 38-1、開口 38-2、開口 38-3 中的至少一個開口 38 來算出第一剪切力 F_y 值。同樣地，所述的步驟 S72 中，是關於開口 38-8 來算出第二剪切力 F_y 值，但亦可關於開口 38-7、開口 38-8、開口 38-9 中的至少一個開口 38 來算出第二剪切力 F_y 值。

【0372】第二例的力矩 M_z 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。步驟 S71 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S71 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S72 中算出位移 Δx 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0373】步驟 S72 中，CPU54 基於在步驟 S71 中獲取的資料，作為「第一剪切力檢測位置」及「第二剪切力檢測位置」的一例，關於自接觸面 28 的中心沿 Y 軸方向隔開的開口 38-4、開口 38-6 各自的位置來算出位移 Δx 。

【0374】如此般關於開口 38-4、開口 38-6 各自的位置而算出的位移 Δx 與開口 38 各自的位置的剪切力 F_x 值成比例，因此藉由關於開口 38-4、開口 38-6 各自的位置來算出位移 Δx ，從而算出開口 38-4、開口 38-6 各自的位置的剪切力 F_x 值。

【0375】而且，關於開口 38-4 而算出的第一剪切力 F_x 值相當於「關於接觸面內的第一剪切力檢測位置而算出的第一剪切力值」

的一例。而且，關於開口 38-6 而算出的第二剪切力 F_x 值相當於「關於接觸面內的第二剪切力檢測位置而算出的第二剪切力值」的一例。

【0376】 步驟 S73 中，CPU54 算出將在步驟 S72 中關於開口 38-4 而算出的第一剪切力 F_x 值乘以距離 dx 所得的值、與將在步驟 S72 中關於開口 38-8 而算出的第二剪切力 F_x 乘以距離 dx 所得的値之差，將該差設為力矩 M_z 值。藉此，算出力矩 M_z 值（力矩的大小及方向）。力矩 M_z 值為「第二力矩值」的一例。

【0377】 步驟 S74 中，CPU54 將在步驟 S73 中算出的力矩 M_z 值的資料輸出至控制器 104。

【0378】 再者，所述的步驟 S72 中，是關於開口 38-4 來算出第一剪切力 F_x 值，但亦可關於開口 38-1、開口 38-4、開口 38-7 中的至少一個開口 38 來算出第一剪切力 F_x 值。同樣地，所述的步驟 S72 中，是關於開口 38-6 來算出一個第二剪切力 F_x 值，但亦可關於開口 38-3、開口 38-6、開口 38-9 中的至少開口 38 來算出第二剪切力 F_x 值。

【0379】 接下來說明第三實施形態的作用及效果。

【0380】 （1）總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理（參照圖 21）中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_x 值，並輸出總括剪切力 F_x 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出總括剪切力 F_x 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。而且，例如與輸出表示接觸面 28 內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力 F_x 值的

剪切力分佈的資料的情況相比，與對剪切力 F_x 值進行總括相應地，可減少輸出部 12 與控制器 104 之間的資料通訊量。藉此，可提高輸出部 12 及控制器 104 的響應速度，因此可對控制具有一對握持部 114 的機器人 102 的控制器 104 高效地提供有助於機器人 102 的控制的觸覺資訊。

【0381】 同樣地，總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理（參照圖 22）中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_y 值，並輸出總括剪切力 F_y 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出總括剪切力 F_y 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。而且，例如與輸出表示接觸面 28 內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力 F_x 值的剪切力分佈的資料的情況相比，與對剪切力 F_x 值進行總括相應地，可減少輸出部 12 與控制器 104 之間的資料通訊量。藉此，可提高輸出部 12 及控制器 104 的響應速度，因此可對控制具有一對握持部 114 的機器人 102 的控制器 104 高效地提供有助於機器人 102 的控制的觸覺資訊。

【0382】 （2）總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理（參照圖 21）中，輸出部 12 基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部或一部分來算出接觸面 28 內的多個開口 38 各自的位置的剪切力 F_x 值。並且，輸出部 12 關於多個開口 38 各自的位置的剪切力 F_x 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，由此來算出總括剪切力 F_x 值。因此，例如與關於任意選擇的一個開口 38 而算出的剪切力 F_x 值相比，可輸出更準確地表示接觸面 28 整

體的剪切力 F_x 值的總括剪切力 F_x 值。

【0383】 同樣地，總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理（參照圖 22）中，輸出部 12 基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的全部或一部分來算出接觸面 28 內的多個開口 38 各自的位置的剪切力 F_y 值。並且，輸出部 12 關於多個開口 38 各自的位置的剪切力 F_y 值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，由此來算出總括剪切力 F_y 值。因此，例如與關於任意選擇的一個開口 38 而算出的剪切力 F_y 值相比，可輸出更準確地表示接觸面 28 整體的剪切力 F_y 值的總括剪切力 F_y 值。

【0384】 （3）力矩 M_x 值的資料輸出處理（參照圖 23）中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的開口 38 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 X 軸方向的力矩 M_x 的值來作為力矩 M_x 值，並輸出力矩 M_x 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出力矩 M_x 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0385】 同樣地，力矩 M_y 值的資料輸出處理（參照圖 24）中，輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 X 軸方向隔開的兩處部位的開口 38 來分別算出第一總括壓力值及第二總括壓力值。並且，輸出部 12 基於第一總括壓力值及第二總括壓力值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Y 軸方向的力矩 M_y 的值來作為力矩 M_y 值，並輸出力矩 M_y 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出力矩 M_y 值，

因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0386】 (4) 力矩 M_z 值的資料輸出處理 (參照圖 25) 的第一例中, 輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 X 軸方向隔開的兩處部位的開口 38 來分別算出第一剪切力 F_y 值及第二剪切力 F_y 值。並且, 輸出部 12 基於第一剪切力 F_y 值及第二剪切力 F_y 值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Z 軸方向的力矩 M_z 的值來作為力矩 M_z 值, 並輸出力矩 M_z 值的資料。因此, 無須利用控制器 104 來算出力矩 M_z 值, 因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0387】 同樣地, 力矩 M_z 值的資料輸出處理 (參照圖 25) 的第二例中, 輸出部 12 關於接觸面 28 上的沿 Y 軸方向隔開的兩處部位的開口 38 來分別算出第一剪切力 F_x 值及第二剪切力 F_x 值。並且, 輸出部 12 基於第一剪切力 F_x 值及第二剪切力 F_x 值而算出作用於觸覺感測器 10 的繞 Z 軸方向的力矩 M_z 的值來作為力矩 M_z 值, 並輸出力矩 M_z 值的資料。因此, 無須利用控制器 104 來算出力矩 M_z 值, 因此可減輕控制器 104 的負擔。

【0388】 (5) 觸覺感測器 10 (參照圖 36~圖 38) 中, 第二電極層 26 包含為單層的一個第二電極 36。因此, 可簡化觸覺感測器 10 的結構及製造步驟。

【0389】 而且, 藉由檢測對應於第一電極 34 與開口 38 之間的距離而發生變化的靜電電容, 從而可在多個第一電極 34 各自的位置檢測壓力。進而, 各開口 38 與沿 X 軸方向及 Y 軸方向鄰接的四個第一電極 34 各自局部重疊, 因此, 藉由檢測對應於這四個第一

電極 34 與多個開口 38 的重合面積而發生變化的靜電電容，從而在各開口 38 的位置亦能檢測剪切力。

【0390】 並且，形成於第二電極 36 的開口 38 的數量少於多個第一電極 34 的數量，藉此，相對於一個開口 38 而匹配多個第一電極 34，因此，例如跟多個第一電極 34 與多個開口 38 一對一地匹配的情況相比，可縮窄多個第一電極 34 彼此的間隔。藉此，可確保多個第一電極 34 的數量，因此可確保壓力分佈的解析度。

【0391】 如此，根據第三實施形態的觸覺感測器 10，即便藉由簡單的結構及製造步驟亦能檢測剪切力，並且可確保壓力分佈的解析度。

【0392】 而且，第二電極 36 為具有多個開口 38 的單一結構，因此，例如與第二電極 36 包含多個構件的情況相比，可提高製造效率，並且可削減零件個數。

【0393】 接下來說明第三實施形態的變形例。

【0394】 (1) 觸覺感測器 10 較佳為設為所述結構，但只要是第一電極層 24 具有多個第一電極 34，第二電極層 26 具有一個第二電極 36，且多個第一電極 34 中的兩個以上在俯視時與第二電極 36 局部重疊的結構，則觸覺感測器 10 亦可為所述以外的結構。

【0395】 (2) 觸覺感測器 10 具有三十六個第一電極 34，但多個第一電極 34 的數量為多少皆可。

【0396】 (3) 第二電極 36 具有九個開口 38，但只要開口 38 的數量少於多個第一電極 34 的數量，則多個開口 38 的數量為多少

皆可。

【0397】 (4) 較佳為，多個第一電極 34 沿著接觸面 28 而排列成矩陣狀，但只要可在接觸面 28 內獲得所期望的壓力分佈，則亦可以矩陣狀以外的形態而配置。

【0398】 (5) 第三實施形態中，關於與第一實施形態同樣的結構，亦可採用與第一實施形態同樣的變形例。

【0399】 [第四實施形態]

接下來說明第四實施形態。

【0400】 (觸覺感測器 10 的結構)

圖 40 是第四實施形態的觸覺感測器 10 的縱剖面圖。第四實施形態的觸覺感測器 10 相對於所述第一實施形態的觸覺感測器 10 (參照圖 3~圖 6)，第二電極層 26 的結構如下所述般經變更。

【0401】 圖 41 是圖 40 的第二電極層 26 的平面圖。第二電極層 26 包含為單層的一個第二電極 36。第二電極 36 形成為平板狀。該第二電極 36 既可連接於基板 16 的接地線，亦可相對於接地線而浮動。第二電極 36 例如是由導電橡膠所形成。

【0402】 於第二電極 36，形成有一個開口 38。作為一例，開口 38 是形成於第二電極 36 的中央部。第二電極 36 形成為俯視呈正方形，開口 38 亦形成為俯視呈正方形。

【0403】 圖 42 是表示將圖 40 的第二電極 36、彈力層 22 與基板 16 予以重疊的狀態的平面圖。作為一例，多個第一電極 34 的數量為三十六個，與此相對，於第二電極 36 形成有一個開口 38，因此

在第四實施形態中，形成於第二電極 36 的開口 38 的數量少於多個第一電極 34 的數量。

【0404】 第二電極 36 具有在俯視時與多個第一電極 34 全部重疊的大小。具體而言，第二電極 36 具有在俯視時多個第一電極 34 全部納入第二電極 36 的外形部的內側的大小。

【0405】 作為一例，開口 38 形成為正方形，該正方形小於在俯視時將沿 X 軸方向及 Y 軸方向鄰接的中央的四個第一電極 34 全部納入的最小的正方形。開口 38 在俯視時位於中央的四個第一電極 34 的中心部，與這四個第一電極 34 局部重疊。藉此，多個第一電極 34 中的中央的四個第一電極 34 在俯視時與第二電極 36 局部重疊，多個第一電極 34 中的中央的四個第一電極 34 以外的第一電極 34 與第二電極 36 整體重疊。

【0406】 第二實施形態中，多個第一電極 34 中的中央的四個第一電極 34 相當於「與第二電極局部重疊的多個局部重複電極」的一例，自該中央的四個第一電極輸出的多個訊號相當於「多個局部重複電極訊號」的一例。

【0407】 此種結構的觸覺感測器 10 是與所述第一實施形態的觸覺感測器 10（參照圖 3～圖 6）同樣地製造。

【0408】 第四實施形態中，位移 Δx 、位移 Δy 、位移 Δz 的計算是基於與第一實施形態的情況同樣的思路而進行。第四實施形態中，觸覺感測器 10、輸出部 12 及控制器 104 的硬體結構以及輸出部 12 中的多個模式與第一實施形態相同。而且，第四實施形態中，

壓力分佈、握持位置、握持力 F_z 值、直移力 ΔF_x 值、直移力 ΔF_y 值、旋轉力矩 MR_x 值及旋轉力矩 MR_y 值的各資料輸出處理與第一實施形態相同。

【0409】 另一方面，第四實施形態中，總括剪切力 F_x 值、總括剪切力 F_y 值的各資料輸出處理與第一實施形態不同。

【0410】 （總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理）

第四實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_x 值，並輸出總括剪切力 F_x 值的資料。該總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 21，一邊說明第四實施形態中的總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理的流程。

【0411】 步驟 S31 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S31 中獲取的資料是對應於成為在後述的步驟 S32 中算出位移 Δx 的對象的第一電極 34 而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0412】 步驟 S32 中，CPU54 基於在步驟 S31 中獲取的資料，關於開口 38 的位置來算出位移 Δx 。位移 Δx 的計算是依據第一實施形態中的 Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ 的情況的說明，使用與跟一個開口 38 局部重疊的四個第一電極 34 對應的訊號的全部或一部分來進行。在使用一部分訊號的情況下，使用與跟一個開口 38 重疊的四個第一電極 34 中的 x 方向的位置不同的至少兩個電極對應的訊號。於該步驟 S32 中，基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的一部分而關於

開口 38 的位置來算出位移 Δx 。

【0413】 如此般關於開口 38 的位置而算出的位移 Δx 與開口 38 的位置的剪切力 F_x 值成比例。因此，藉由關於開口 38 的位置來算出位移 Δx ，從而算出開口 38 的位置的剪切力 F_x 值。

【0414】 步驟 S33 中，CPU54 將在步驟 S32 中算出的開口 38 的位置的剪切力 F_x 值作為關於接觸面 28 整體而算出的一個總括剪切力 F_x 值。藉此，算出一個總括剪切力 F_x 值。

【0415】 步驟 S34 中，CPU54 將在步驟 S33 中算出的總括剪切力 F_x 值的資料輸出至控制器 104。該總括剪切力 F_x 值的資料被利用於工件 W 的碰撞偵測、利用機械手 108 所握持的工件 W 向其他物體的接觸維持檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置檢測、工件 W 向移動目標的插入完成檢測、工件 W 自移動目標的抽拔完成檢測等。

【0416】 （總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理）

第四實施形態中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_y 值，並輸出總括剪切力 F_y 值的資料。該總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理例如是根據下述要領而由輸出部 12 的 CPU54 來執行。以下，一邊參照圖 22，一邊說明第四實施形態中的總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理的流程。

【0417】 步驟 S41 中，CPU54 獲取自多個靜電電容檢測 IC44 輸出的資料。於該步驟 S41 中獲取的資料是在後述的步驟 S42 中算出位移 Δy 所需的資料，例如是對應於中央的四個第一電極 34 的

各個而自感測器部 18 輸出的訊號的資料。

【0418】 步驟 S42 中，CPU54 基於在步驟 S41 中獲取的資料，關於開口 38 的位置來算出位移 Δy 。位移 Δy 的計算是依據第一實施形態中的 Δx 、 Δy 、 $\Delta z \neq 0$ 的情況的說明，使用與跟一個開口 38 局部重疊的四個第一電極 34 對應的訊號的全部或一部分來進行。在使用一部分訊號的情況下，使用與跟一個開口 38 重疊的四個第一電極 34 中的 y 方向的位置不同的至少兩個電極對應的訊號。於該步驟 S42 中，基於自感測器部 18 輸出的多個訊號的一部分而關於開口 38 的位置來算出位移 Δy 。

【0419】 如此般關於開口 38 的位置而算出的位移 Δy 與開口 38 的位置的剪切力 F_y 值成比例。因此，藉由關於開口 38 的位置來算出位移 Δy ，從而算出開口 38 的位置的剪切力 F_y 值。

【0420】 步驟 S43 中，CPU54 將在步驟 S42 中算出的開口 38 的位置的剪切力 F_y 值作為關於接觸面 28 整體而算出的一個總括剪切力 F_y 值。藉此，算出一個總括剪切力 F_y 值。

【0421】 步驟 S44 中，CPU54 將在步驟 S43 中算出的總括剪切力 F_y 值的資料輸出至控制器 104。該總括剪切力 F_y 值的資料被利用於工件 W 的碰撞偵測、由機械手 108 所握持的工件 W 向其他物體的接觸維持檢測、工件 W 向移動目標的嵌合位置檢測、工件 W 向移動目標的插入完成檢測、工件 W 自移動目標的抽拔完成檢測等。

【0422】 接下來說明第四實施形態的作用及效果。

【0423】 (1)總括剪切力 F_x 值的資料輸出處理(參照圖 21)中，

輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_x 值，並輸出總括剪切力 F_x 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出總括剪切力 F_x 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。而且，例如與輸出表示接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的剪切力 F_x 值的剪切力分佈的資料的情況相比，與對剪切力 F_x 值進行總括相應地，可減少輸出部 12 與控制器 104 之間的資料通訊量。藉此，可提高輸出部 12 及控制器 104 的響應速度，因此可對控制具有一對握持部 114 的機器人 102 的控制器 104 高效地提供有助於機器人 102 的控制的觸覺資訊。

【0424】 同樣地，總括剪切力 F_y 值的資料輸出處理（參照圖 22）中，輸出部 12 關於接觸面 28 整體來算出一個總括剪切力 F_y 值，並輸出總括剪切力 F_y 值的資料。因此，無須利用控制器 104 來算出總括剪切力 F_y 值，因此可減輕控制器 104 的負擔。而且，例如與輸出表示接觸面 28 內的多個壓力檢測位置各自的剪切力 F_x 值的剪切力分佈的資料的情況相比，與對剪切力 F_x 值進行總括相應地，可減少輸出部 12 與控制器 104 之間的資料通訊量。藉此，可提高輸出部 12 及控制器 104 的響應速度，因此可對控制具有一對握持部 114 的機器人 102 的控制器 104 高效地提供有助於機器人 102 的控制的觸覺資訊。

【0425】 （2）觸覺感測器 10（參照圖 40～圖 42）中，第二電極層 26 包含為單層的一個第二電極 36。因此，可簡化觸覺感測器 10 的結構及製造步驟。

【0426】 而且，藉由檢測對應於第一電極 34 與第二電極 36 之間的距離而發生變化的靜電電容，從而可在多個第一電極 34 各自的位置檢測壓力。進而，多個第一電極 34 中的中央的四個第一電極 34 在俯視時與形成於第二電極 36 的中央的開口 38 局部重疊，因此藉由檢測對應於這四個第一電極 34 與第二電極 36 的重合面積而發生變化的靜電電容，從而在開口 38 的位置亦能檢測剪切力。

【0427】 並且，形成於第二電極 36 的開口 38 的數量為 1，少於多個第一電極 34 的數量，藉此，相對於一個開口 38 而匹配多個第一電極 34，因此，例如跟多個第一電極 34 與多個開口 38 一對一地匹配的情況相比，可縮窄多個第一電極 34 彼此的間隔。藉此，可確保多個第一電極 34 的數量，因此可確保壓力分佈的解析度。

【0428】 如此，根據第四實施形態的觸覺感測器 10，即便藉由簡單的結構及製造步驟亦能檢測剪切力，並且可確保壓力分佈的解析度。

【0429】 (3) 第二電極 36 為單一結構，因此，例如與第二電極 36 包含多個構件的情況相比，可提高製造效率，並且可削減零件個數。

【0430】 (4) 第四實施形態中，關於與第一實施形態同樣的結構，起到與第一實施形態同樣的作用效果。

【0431】 接下來說明第四實施形態的變形例。

【0432】 (1) 觸覺感測器 10 較佳為設為所述結構，但只要是第一電極層 24 具有多個第一電極 34，第二電極層 26 具有一個第二

電極 36，且多個第一電極 34 中的兩個以上在俯視時與第二電極 36 局部重疊的結構，則觸覺感測器 10 亦可為所述以外的結構。

【0433】 (2) 觸覺感測器 10 具有三十六個第一電極 34，但多個第一電極 34 的數量為多少皆可。

【0434】 (3) 於第二電極 36 形成有一個開口 38，但只要開口 38 的數量少於多個第一電極 34 的數量，則開口 38 的數量為多少皆可。

【0435】 (4) 較佳為，多個第一電極 34 沿著接觸面 28 而排列成矩陣狀，但只要可在接觸面 28 內獲得所期望的壓力分佈，則亦可以矩陣狀以外的形態而配置。

【0436】 (5) 第四實施形態中，關於與第一實施形態同樣的結構，亦可採用與第一實施形態同樣的變形例。

【0437】 以上，對本申請案所揭示的技術的第一實施形態至第四實施形態進行了說明，但本申請案所揭示的技術並不限定於所述，在所述以外，當然亦可在不脫離其主旨的範圍內進行各種變形而實施。

【0438】 再者，日本專利特願 2020-140394 的揭示的全文以參照的方式併入本說明書。

【0439】 而且，本說明書所記載的所有文獻、專利申請案及技術規格以與具體且獨立地記述將各個文獻、專利申請案及技術規格以參照的方式併入的情況同程度地，以參照的方式併入本說明書中。

【0440】 再者，關於所述的本申請案所揭示的技術的一實施形態，進而揭示以下的附註。

【0441】 （附註 1）

一種觸覺感測系統，包括：

一對觸覺感測器，分別設於機器人中所設的一對握持部中的彼此的相向面，與由所述一對握持部所握持的工件接觸；以及

輸出部，與所述一對觸覺感測器電性連接，

各所述觸覺感測器包括靜電電容方式的感測器部，所述靜電電容方式的感測器部具有與所述工件的接觸面，並且具有彈力層、與位於夾著所述彈力層的兩側的第一電極層及第二電極層沿所述接觸面的法線方向而積層的積層結構，

所述第一電極層具有多個第一電極，

所述第二電極層具有一個或多個第二電極，

所述多個第一電極中的兩個以上是沿所述法線方向觀察時與所述第二電極局部重疊的多個局部重複電極，

所述感測器部輸出與所述多個第一電極各自對應的多個訊號，

所述輸出部具有動作內容判斷模式及請求指令應對模式中的至少任一種，所述動作內容判斷模式是判斷所述機器人的動作內容，並根據所述動作內容來選擇性地輸出所述壓力分佈的資料、總括壓力值的資料、所述總括剪切力值的資料、第一力矩值的資料及第二力矩值的資料中的至少任一個，所述請求指令應對模式

是根據來自控制所述機器人的控制器的請求指令，來選擇性地輸出所述壓力分佈的資料、所述總括壓力值的資料、所述總括剪切力值的資料、第一力矩值的資料及第二力矩值的資料中的至少任一個，

所述總括壓力值的資料是所述輸出部藉由關於所述多個壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出的資料，

所述第一力矩值的資料是如下所述的資料，即，所述輸出部藉由關於所述多個壓力檢測位置中的多個第一總括壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出第一總括壓力值，藉由關於所述多個壓力檢測位置中的多個第二總括壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出第二總括壓力值，並基於所述第一總括壓力值及所述第二總括壓力值，算出作用於所述觸覺感測器的繞與所述法線方向及所述第一總括壓力檢測位置與所述第二總括壓力檢測位置的排列方向正交的方向的力矩的值來作為第一力矩值，

所述第二力矩值的資料是如下所述的資料，即，所述輸出部基於所述多個局部重複電極訊號的全部或一部分，關於所述接觸面內的多個第一剪切力檢測位置來算出一個第一總括剪切力值，關於所述接觸面內的多個第二剪切力檢測位置來算出一個第二總括剪切力值，並基於所述第一總括剪切力值及所述第二總括剪切

力值，算出作用於所述觸覺感測器的繞所述法線方向的力矩的值來作為第二力矩值。

(附註 2)

如附註 1 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部的至少一部分被設在配設於所述機器人的機械手、配設於所述機器人的機械臂、將所述機械手連接於所述機械臂的腕關節部、控制所述機器人的控制器的輸入部、及設於所述控制器且執行程式處理的程式部件中的至少任一者。

(附註 3)

一種觸覺感測系統，包括：

一對觸覺感測器，分別設於機器人中所設的一對握持部中的彼此的相向面，與由所述一對握持部所握持的工件接觸；以及

輸出部，與所述一對觸覺感測器電性連接，

各所述觸覺感測器包括靜電電容方式的感測器部，所述靜電電容方式的感測器部具有與所述工件的接觸面，並且具有彈力層、與位於夾著所述彈力層的兩側的第一電極層及第二電極層沿所述接觸面的法線方向而積層的積層結構，

所述第一電極層具有多個第一電極，

所述第二電極層具有一個或多個第二電極，

所述多個第一電極的至少一部分沿所述法線方向觀察時與所述第二電極整體或局部重疊，

所述感測器部輸出與所述多個第一電極各自對應的多個訊

號，

所述輸出部輸出與基於所述多個訊號的全部或一部分的壓力相關的資料，且

所述輸出部的至少一部分被設在配設於所述機器人的機械手、配設於所述機器人的機械臂、將所述機械手連接於所述機械臂的腕關節部、控制所述機器人的控制器的輸入部、及設於所述控制器且執行程式處理的程式部件中的至少任一者。

【符號說明】

【0442】

1:觸覺感測系統

10:觸覺感測器

12:輸出部

14:支持板

16:基板

16A:第一面

16B:第二面

18:感測器部

20:絕緣層

22:彈力層

24:第一電極層

26:第二電極層

- 28:接觸面
- 34:第一電極
- 36:第二電極
- 38:開口
- 44:靜電電容檢測 IC
- 46:通孔導體
- 50:第一多工器
- 52:第二多工器
- 54、124:CPU
- 56、126:ROM
- 58、128:RAM
- 60、130:程式
- 100:機器人系統
- 102:機器人
- 104:控制器
- 106:機械臂
- 108:機械手
- 110:關節部
- 112:腕關節部
- 114:握持部
- 114A:相向面
- dx、dy、Z₀:距離

F_x 、 F_y :總括剪切力

ΔF_x 、 ΔF_y :直移力

F_{x1} :第一剪切力

F_{x2} :第二剪切力

F_{y1} :第一總括剪切力

F_{y2} :第二總括剪切力

F_z :握持力

F_z' :垂直載荷

M_{Rx} 、 M_{Ry} :旋轉力矩

M_x 、 M_y 、 M_z :力矩

S_1 ~ S_4 、 S_{11} ~ S_{14} 、 S_{21} ~ S_{24} 、 S_{31} ~ S_{34} 、 S_{41} ~ S_{44} 、 S_{51} ~ S_{55} 、
 S_{61} ~ S_{65} 、 S_{71} ~ S_{74} 、 S_{81} ~ S_{83} 、 S_{91} ~ S_{93} 、 S_{101} ~ S_{103} 、 S_{111} ~ S_{113} :

步驟

W:工件

X、Y、Z:軸

Δx 、 Δy 、 Δz :位移

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種觸覺感測系統，包括：

一對觸覺感測器，分別設於機器人中所設的一對握持部中的彼此的相向面，與由所述一對握持部所握持的工件接觸；以及

輸出部，與所述一對觸覺感測器電性連接，

各所述觸覺感測器包括靜電電容方式的感測器部，所述靜電電容方式的感測器部具有與所述工件的接觸面，並且具有彈力層、與位於夾著所述彈力層的兩側的第一電極層及第二電極層沿所述接觸面的法線方向而積層的積層結構，

所述第一電極層具有多個第一電極，

所述第二電極層具有一個或多個第二電極，

所述多個第一電極中的兩個以上是沿所述法線方向觀察時與所述第二電極局部重疊的局部重複電極，

所述感測器部輸出與所述多個第一電極各自對應的多個訊號，

所述輸出部基於所述多個訊號的全部或一部分來算出所述接觸面內的多個壓力檢測位置各自的壓力值，並且基於所述多個訊號中的與多個所述局部重複電極各自對應的多個局部重複電極訊號的全部或一部分，關於所述接觸面整體來算出一個總括剪切力值，並輸出表示所述多個壓力檢測位置各自的壓力值的壓力分佈的資料及所述總括剪切力值的資料。

【請求項 2】如請求項 1 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部基於所述多個壓力檢測位置各自的壓力值來確定所述接觸面內的所述工件的握持位置，並輸出所述握持位置的資料。

【請求項 3】如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部關於所述多個壓力檢測位置各自的壓力值而進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，藉此來算出總括壓力值，並輸出所述總括壓力值的資料。

【請求項 4】如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部算出關於所述一對觸覺感測器分別算出的所述總括剪切力值之和來作為直移力值，並輸出所述直移力值的資料。

【請求項 5】如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部基於關於所述一對觸覺感測器分別算出的所述總括剪切力值之差，算出作用於所述一對觸覺感測器的繞與所述法線方向及所述總括剪切力的方向正交的方向的旋轉力矩的值來作為旋轉力矩值，並輸出所述旋轉力矩值的資料。

【請求項 6】如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部具有碰撞偵測模式，所述碰撞偵測模式是在所述多個壓力檢測位置各自的壓力值中的至少規定數的壓力值超過臨限值的情況下、藉由關於所述多個壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出的總括壓力值超過臨限值的情況、或所述總括剪切力值超過臨限值的情況下，輸出碰撞偵測資料。

【請求項 7】 如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部基於所述多個局部重複電極訊號的全部或一部分來算出所述接觸面內的多個剪切力檢測位置各自的剪切力值，藉由關於所述多個剪切力檢測位置各自的剪切力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種，而算出所述總括剪切力值。

【請求項 8】 如請求項 7 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部基於與包含至少一個所述局部重複電極的多個所述第一電極各自對應的多個訊號，以去除壓力對所述多個訊號造成的影響的方式來算出各個所述剪切力值。

【請求項 9】 如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部藉由關於所述多個壓力檢測位置中的第一總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出第一總括壓力值，藉由關於所述多個壓力檢測位置中的第二總括壓力檢測位置附近的多個壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出第二總括壓力值，基於所述第一總括壓力值及所述第二總括壓力值，算出作用於所述觸覺感測器的繞與所述法線方向及所述第一總括壓力檢測位置與所述第二總括壓力檢測位置的排列方向正交的方向的力矩的值來作為第一力矩值，並輸出所述第一力矩值的資料。

【請求項 10】如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部基於所述多個局部重複電極訊號的全部或一部分，關於所述接觸面內的第一剪切力檢測位置來算出第一剪切力值，關於所述接觸面內的第二剪切力檢測位置來算出第二剪切力值，並基於所述第一剪切力值及所述第二剪切力值，算出作用於所述觸覺感測器的繞所述法線方向的力矩的值來作為第二力矩值，並輸出所述第二力矩值的資料。

【請求項 11】如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

所述輸出部具有動作內容判斷模式及請求指令應對模式中的至少任一種，所述動作內容判斷模式是判斷所述機器人的動作內容，並根據所述動作內容來選擇性地輸出所述壓力分佈的資料、總括壓力值的資料、所述總括剪切力值的資料、第一力矩值的資料及第二力矩值的資料中的至少任一個，所述請求指令應對模式是根據來自控制所述機器人的控制器的請求指令，來選擇性地輸出所述壓力分佈的資料、所述總括壓力值的資料、所述總括剪切力值的資料、第一力矩值的資料及第二力矩值的資料中的至少任一個，

所述總括壓力值的資料是所述輸出部藉由關於所述多個壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出的資料，

所述第一力矩值的資料是如下所述的資料，即，所述輸出部藉由關於所述多個壓力檢測位置中的多個第一總括壓力檢測位置

各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出第一總括壓力值，藉由關於所述多個壓力檢測位置中的多個第二總括壓力檢測位置各自的壓力值來進行代表值的計算、合計值的計算及平均值的計算中的至少任一種而算出第二總括壓力值，並基於所述第一總括壓力值及所述第二總括壓力值，算出作用於所述觸覺感測器的繞與所述法線方向及所述第一總括壓力檢測位置與所述第二總括壓力檢測位置的排列方向正交的方向的力矩的值來作為第一力矩值，

所述第二力矩值的資料是如下所述的資料，即，所述輸出部基於所述多個局部重複電極訊號的全部或一部分，關於所述接觸面內的多個第一剪切力檢測位置來算出一個第一總括剪切力值，關於所述接觸面內的多個第二剪切力檢測位置來算出一個第二總括剪切力值，並基於所述第一總括剪切力值及所述第二總括剪切力值，算出作用於所述觸覺感測器的繞所述法線方向的力矩的值來作為第二力矩值。

【請求項 12】如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

所述第二電極層包含為單層的一個或多個所述第二電極，

形成於一個所述第二電極的一個或多個開口的數量、或由一個或多個所述第二電極所形成的一個或多個島部的數量少於所述多個第一電極的數量。

【請求項 13】如請求項 12 所述的觸覺感測系統，其中

所述第二電極層包含形成多個所述島部的多個所述第二電

極，

多個所述第二電極各自以沿所述法線方向觀察時與所述多個第一電極中的鄰接的第一電極各自局部重疊的方式而形成。

【請求項 14】如請求項 12 所述的觸覺感測系統，其中

所述第二電極層包含形成有多個所述開口的一個所述第二電極，

多個所述開口各自以沿所述法線方向觀察時與所述多個第一電極中的鄰接的第一電極各自局部重疊的方式而形成。

【請求項 15】如請求項 12 所述的觸覺感測系統，其中

所述第二電極層包含形成一個所述島部的一個所述第二電極，

多個所述局部重複電極各自以沿所述法線方向觀察時與一個所述第二電極局部重疊的方式而形成。

【請求項 16】如請求項 12 所述的觸覺感測系統，其中

所述第二電極層包含形成有一個所述開口的一個所述第二電極，

多個所述局部重複電極各自以沿所述法線方向觀察時與一個所述開口局部重疊的方式而形成。

【請求項 17】如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

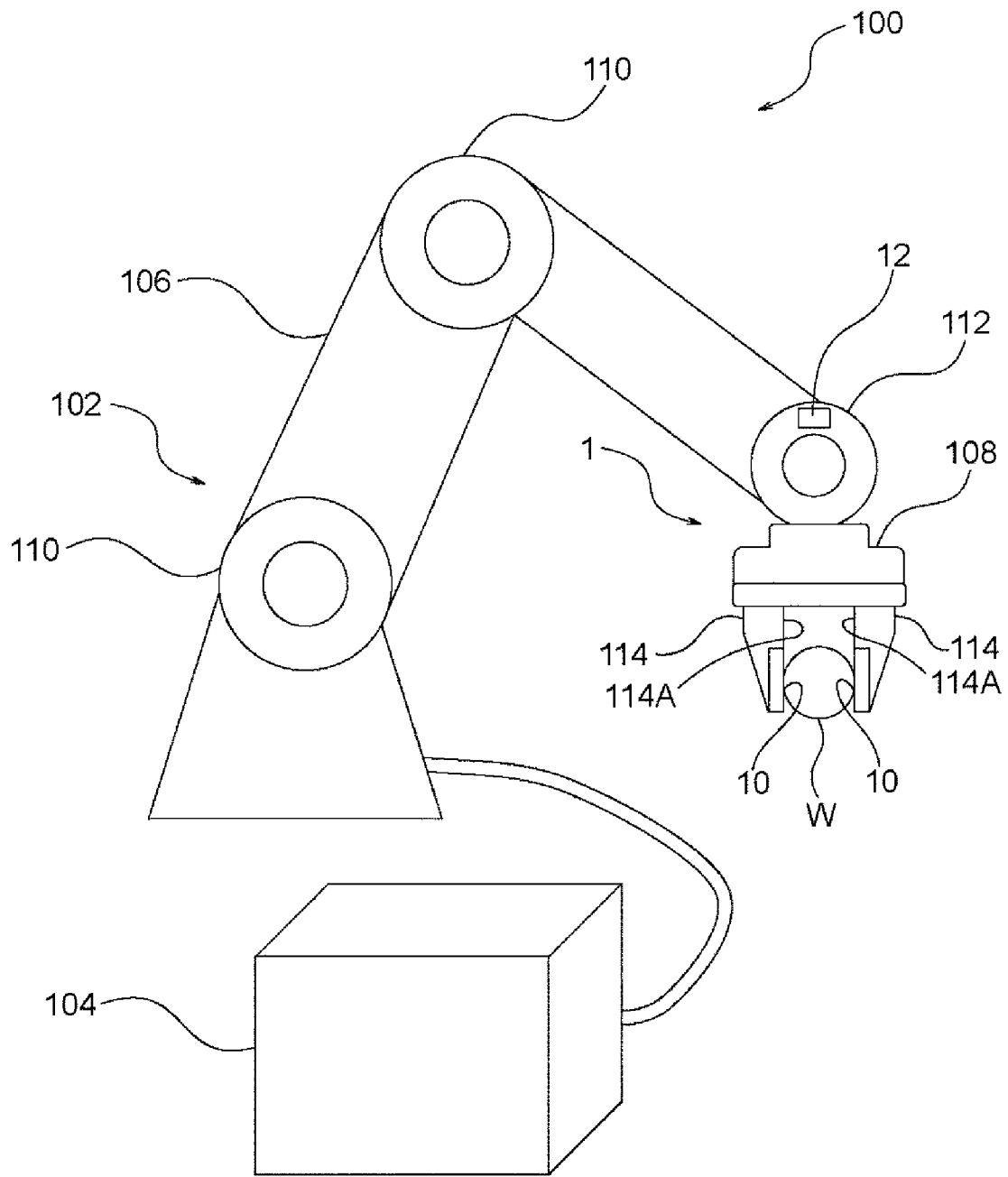
所述觸覺感測器及所述輸出部經單元化。

【請求項 18】如請求項 1 或 2 所述的觸覺感測系統，其中

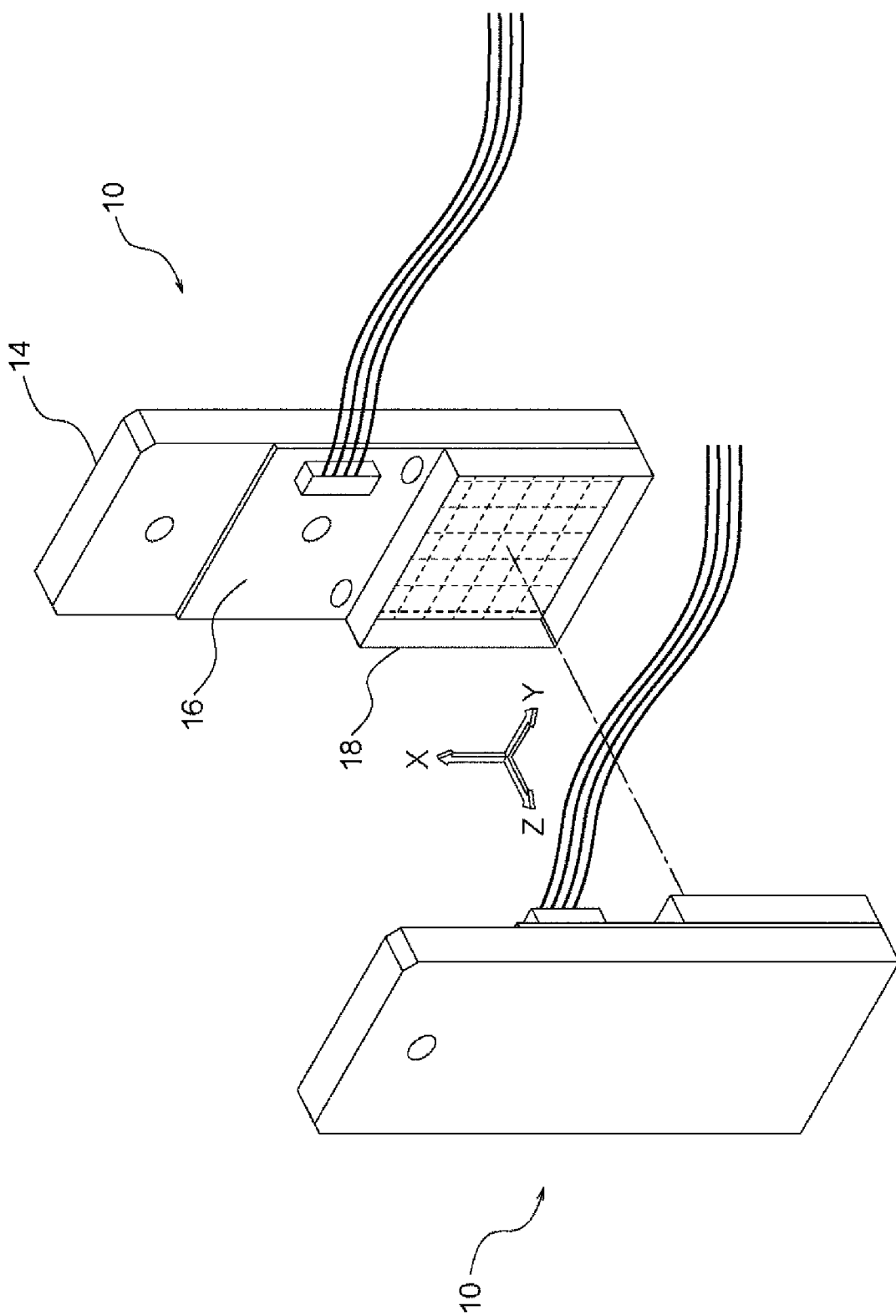
所述輸出部的至少一部分被設在配設於所述機器人的機械

手、配設於所述機器人的機械臂、將所述機械手連接於所述機械臂的腕關節部、控制所述機器人的控制器的輸入部、及設於所述控制器且執行程式處理的程式部件中的至少任一者。

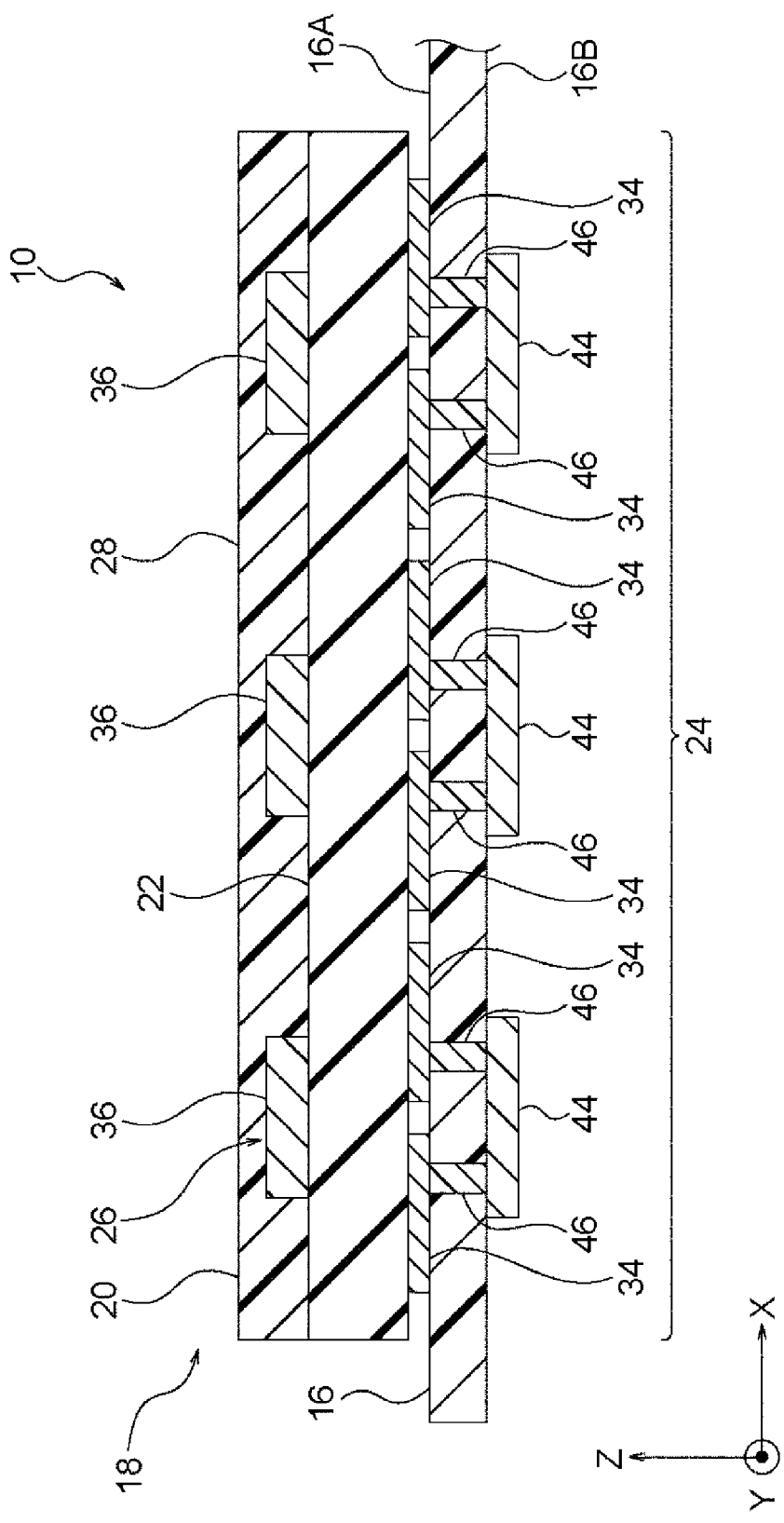
【發明圖式】



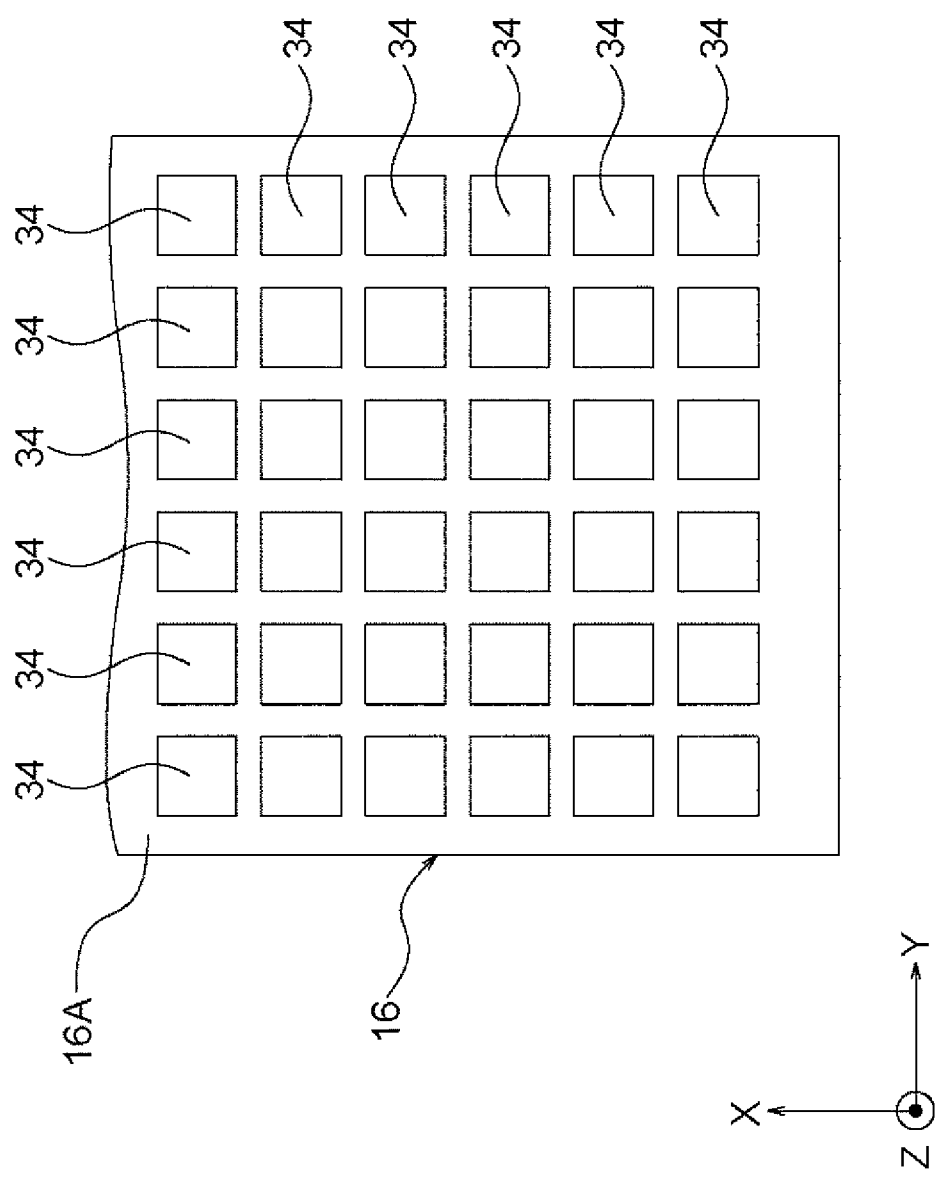
【圖1】



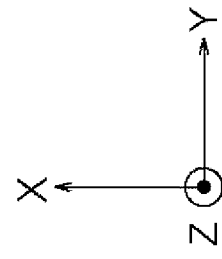
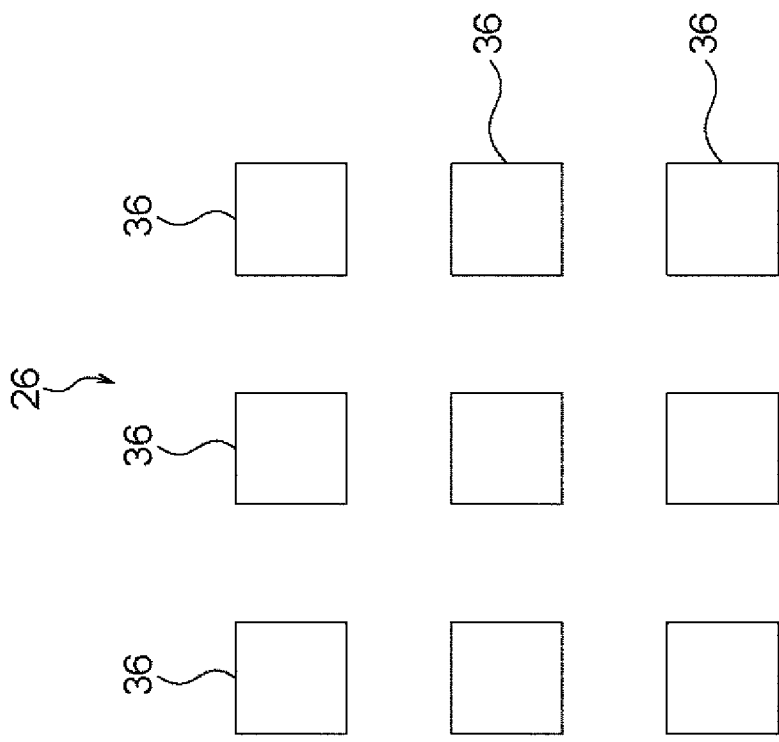
【圖2】



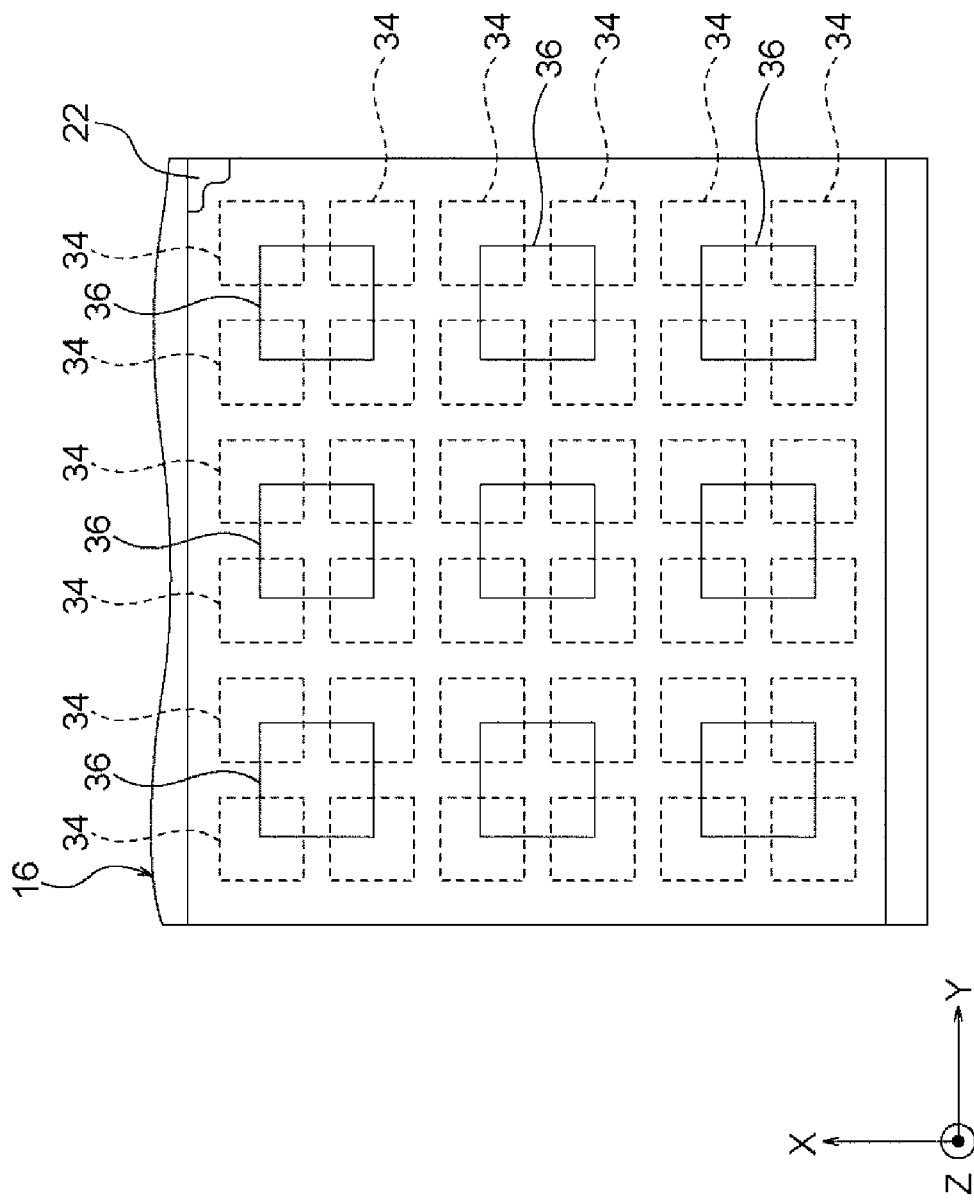
【圖3】



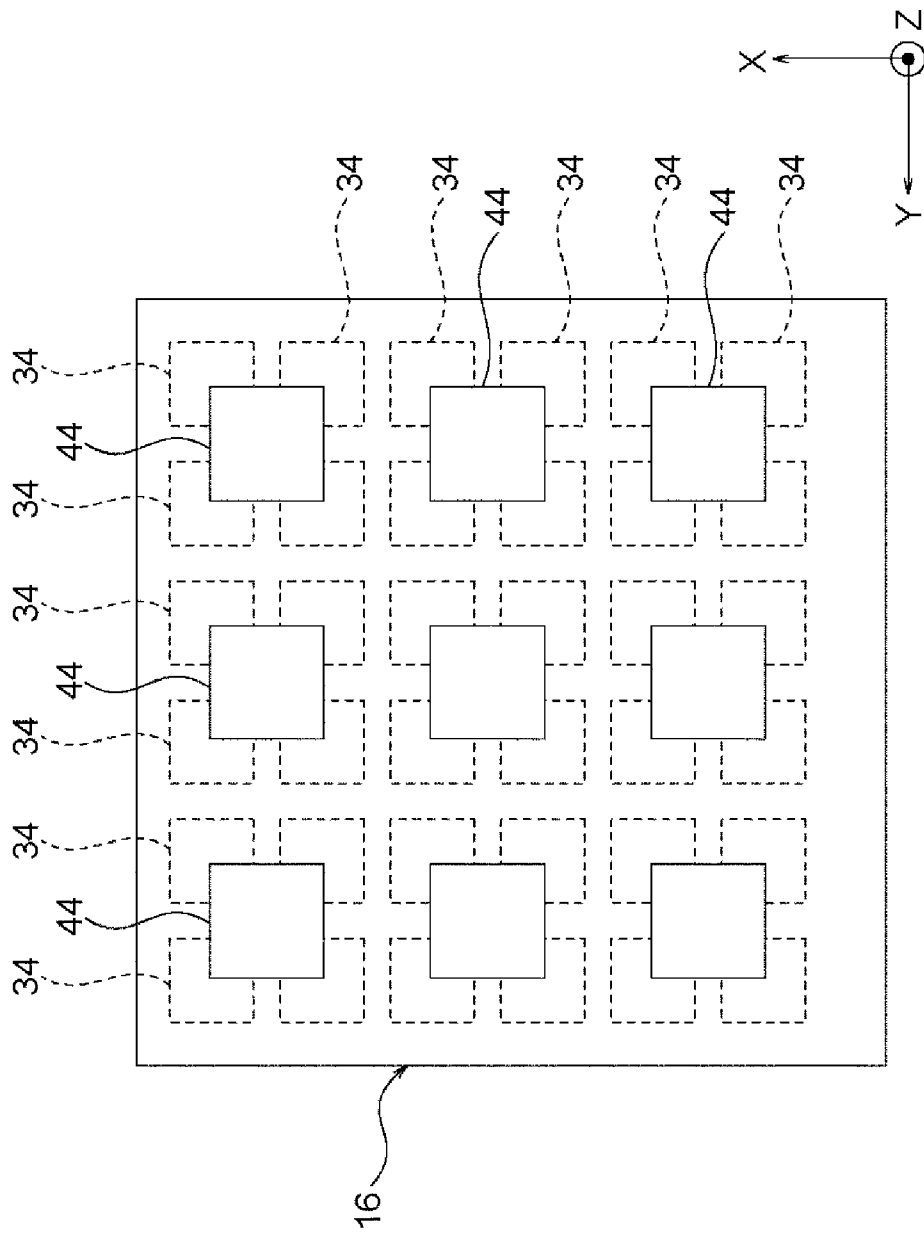
【圖4】



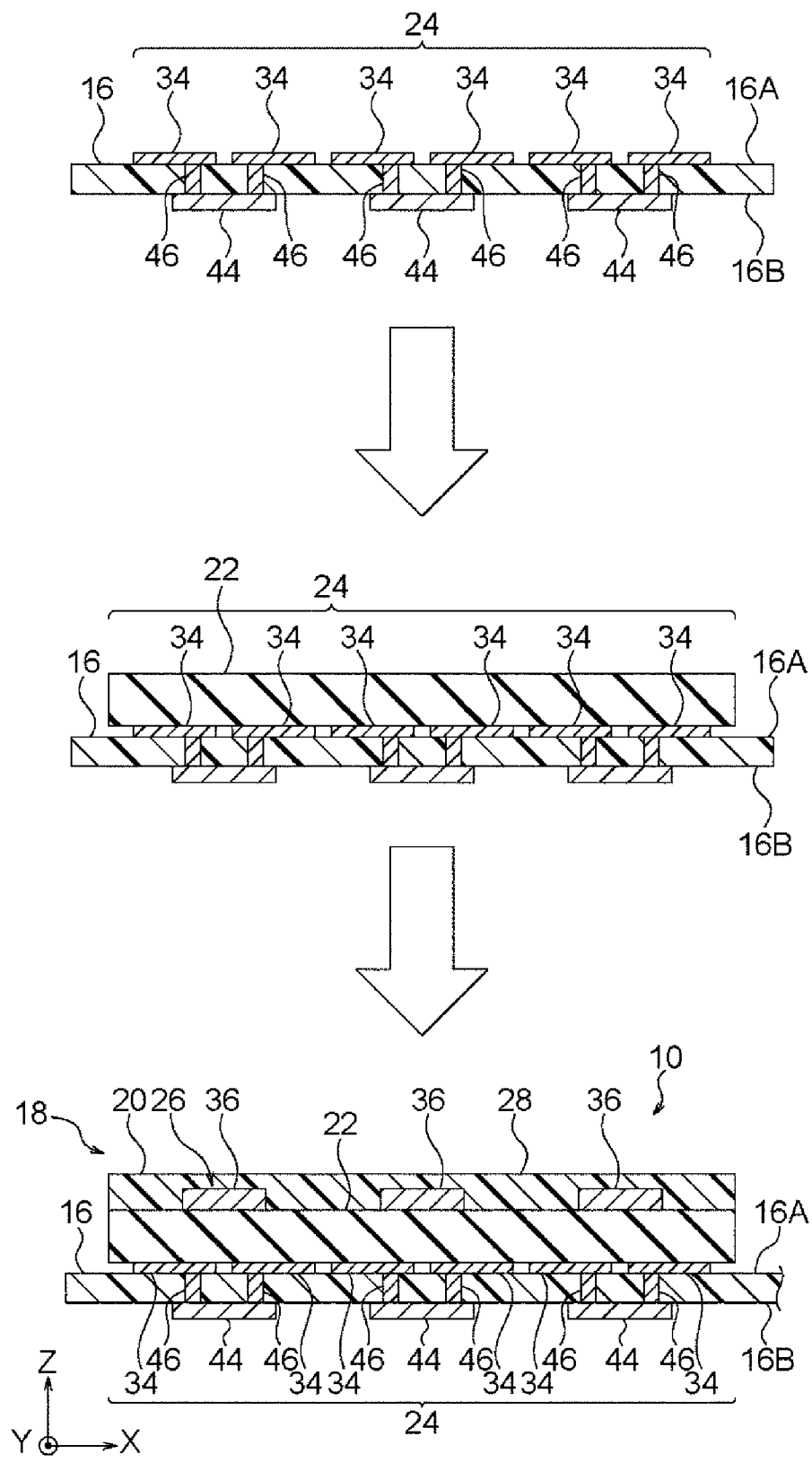
【圖5】



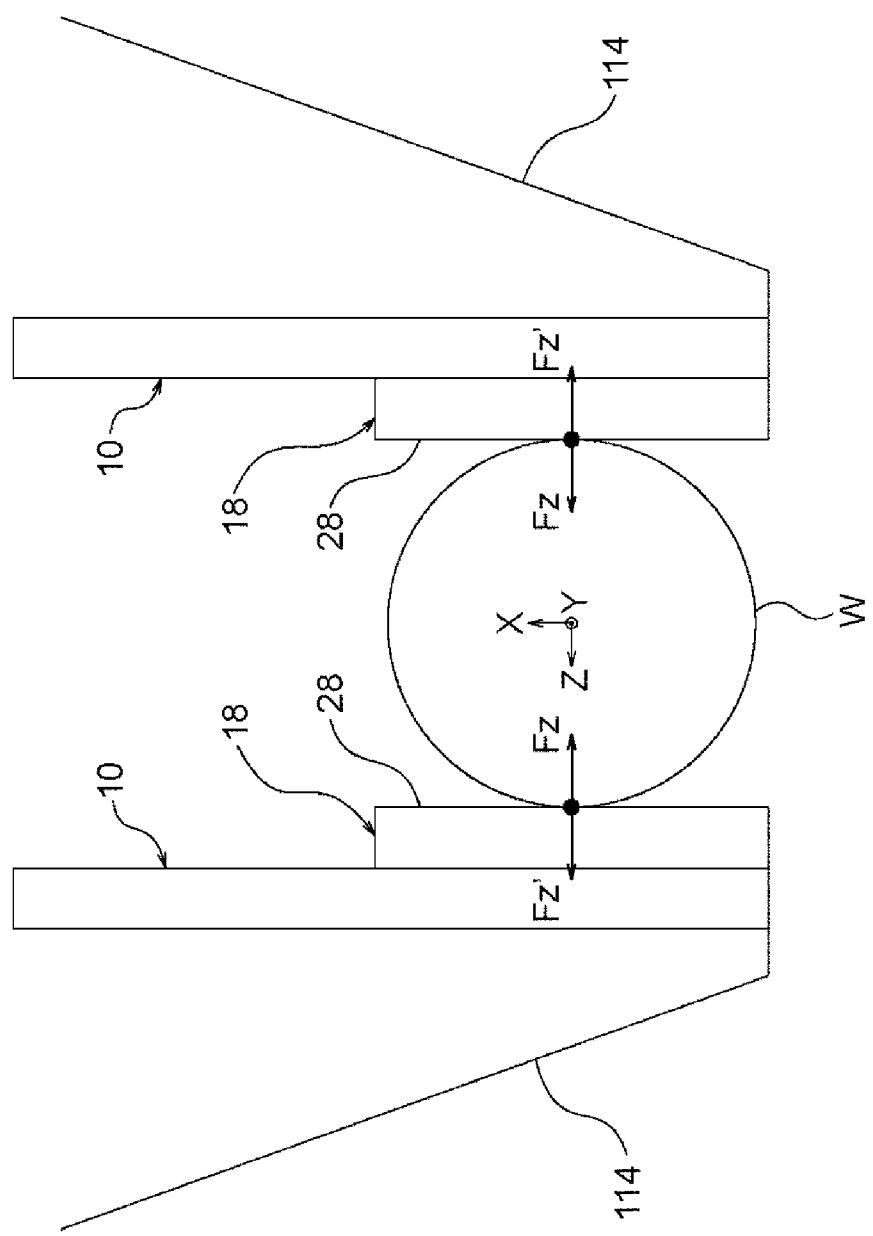
【圖6】



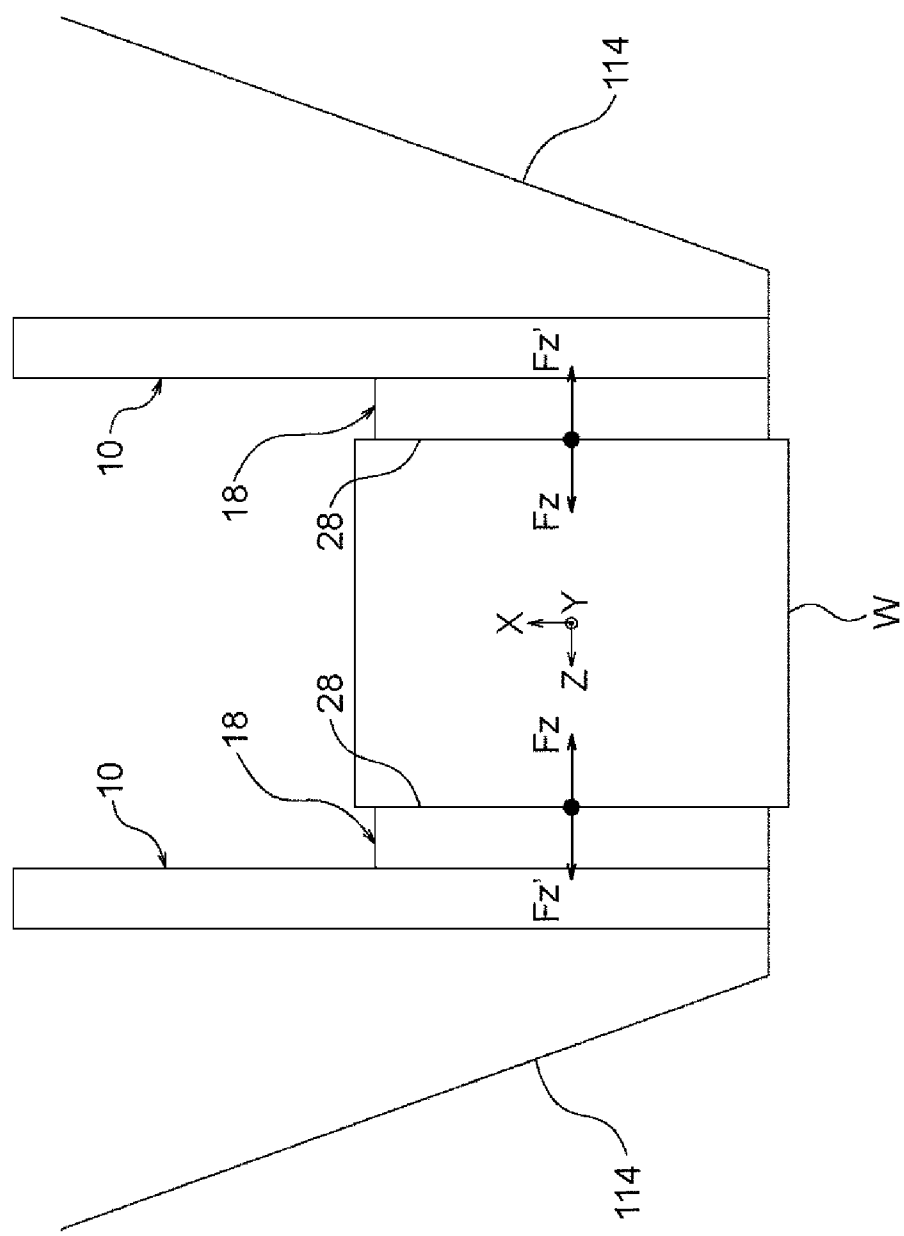
【圖7】



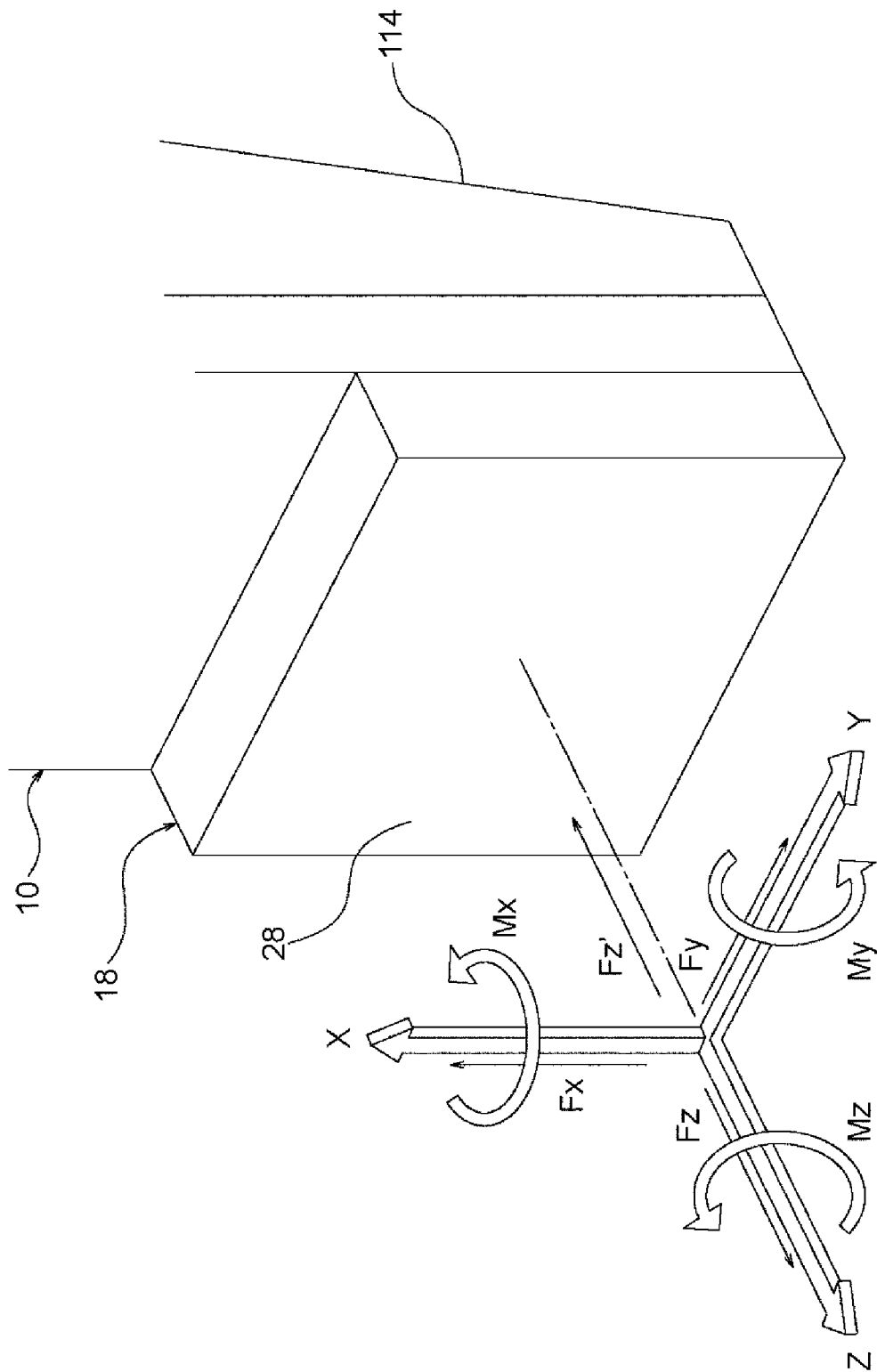
【圖8】



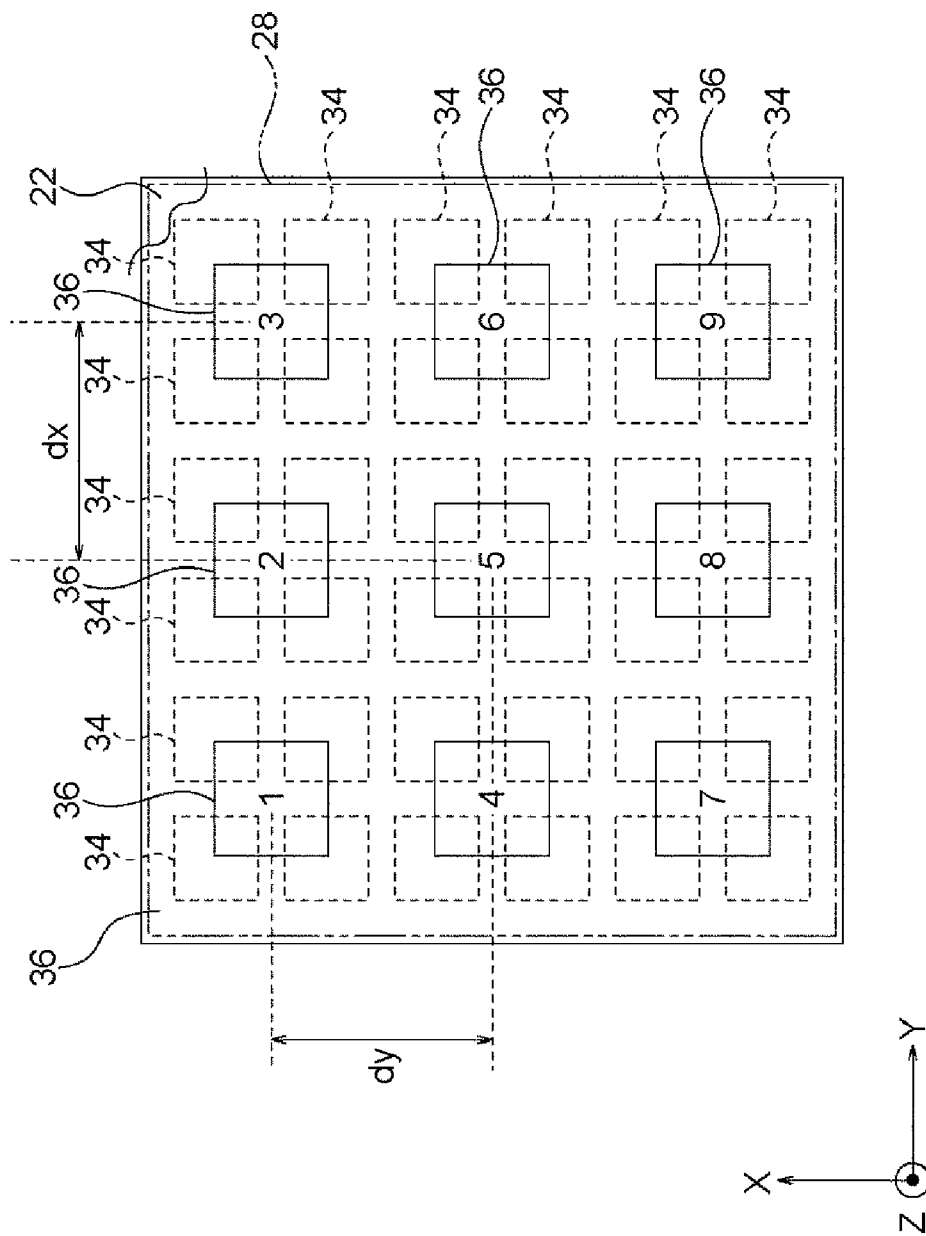
【圖9】



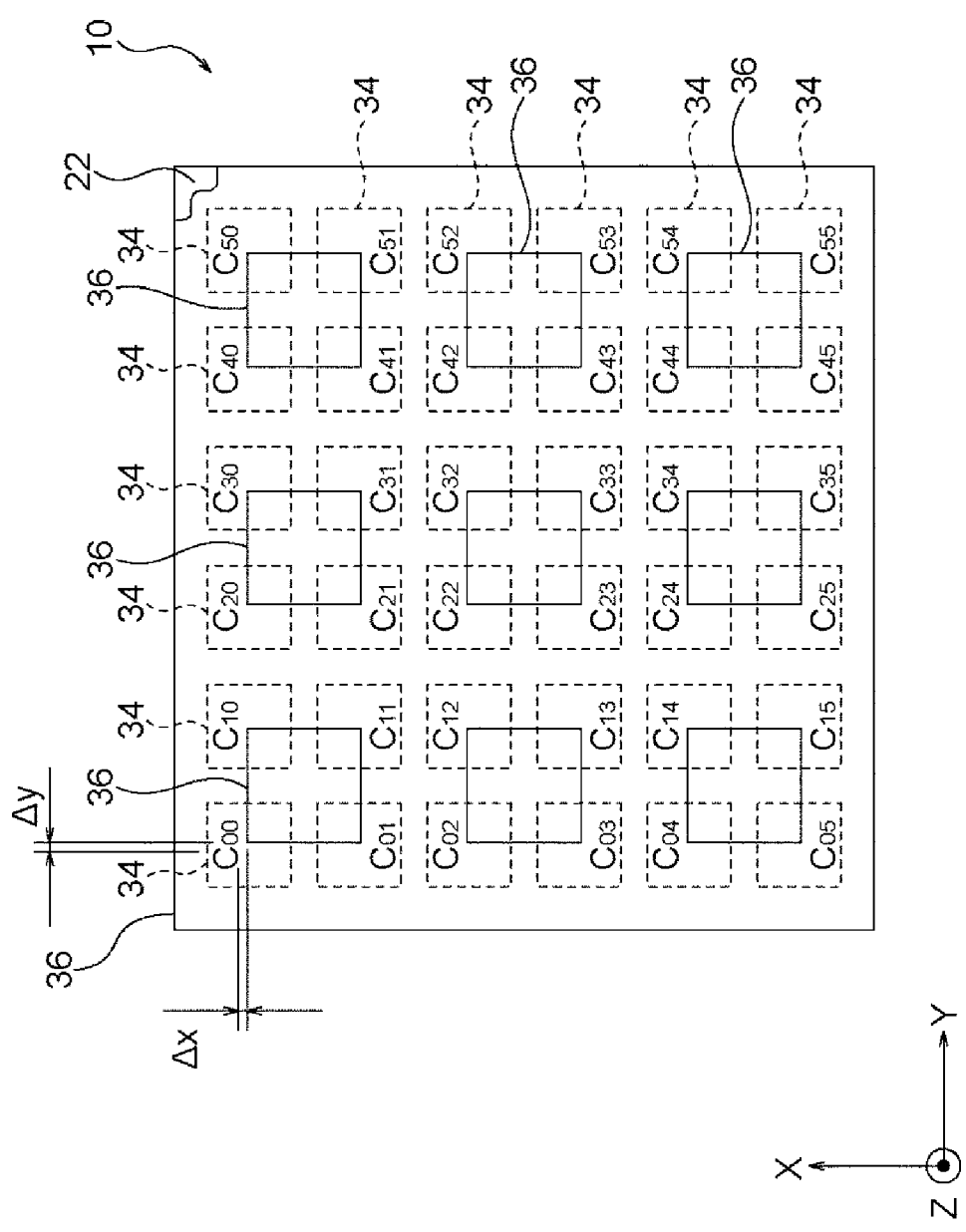
【圖10】



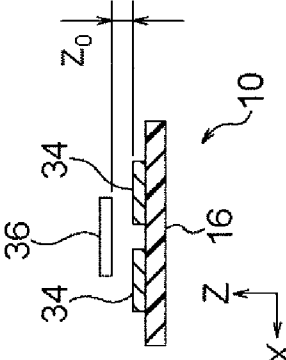
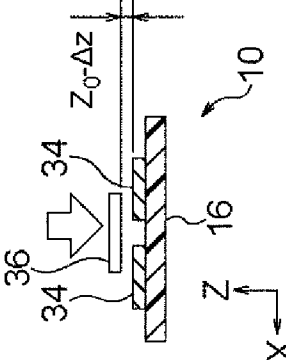
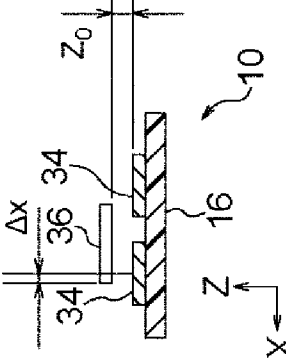
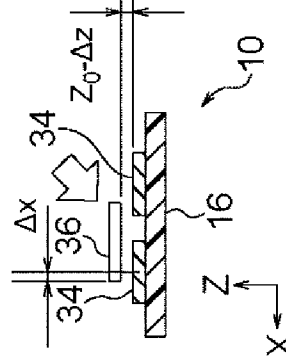
【圖11】



【圖12】



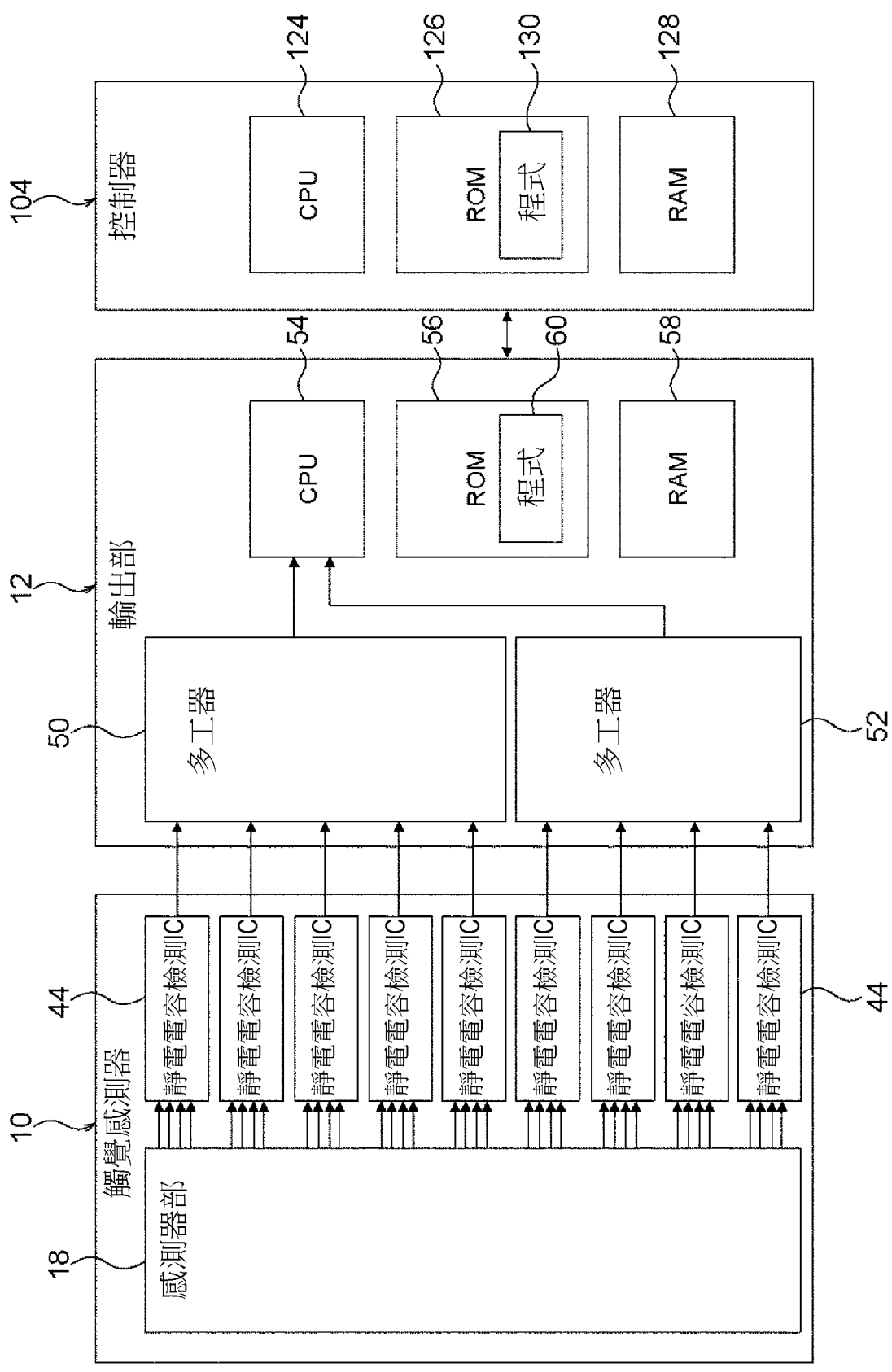
【圖13】

<p>(A) 無垂直載荷F_z' ($\Delta x, \Delta y, \Delta z=0$時)</p>	
<p>(B) 有垂直載荷F_z' ($\Delta x, \Delta y=0, \Delta z \neq 0$)</p>	
<p>(C) 有剪切力F_x ($\Delta y, \Delta z=0, \Delta x \neq 0$)</p>	
<p>(D) 有垂直載荷F_z+剪切力F_x ($\Delta y=0, \Delta x, \Delta z \neq 0$)</p>	

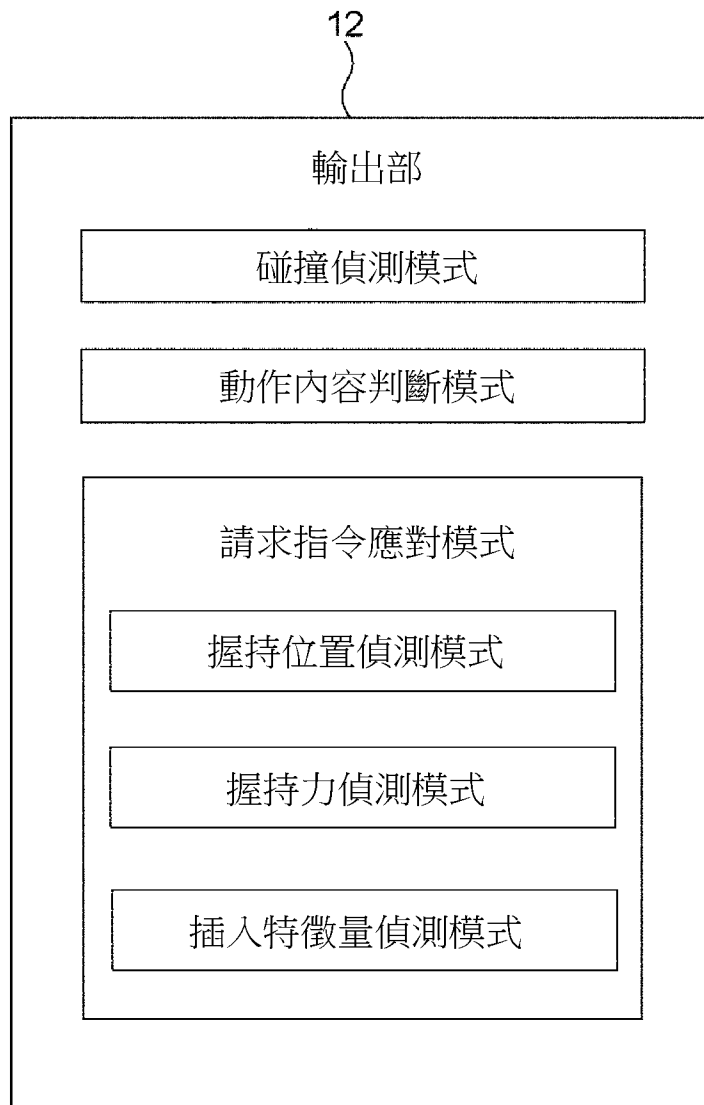
【圖14】

<p>(A) 無垂直載荷F_z' ($\Delta x, \Delta y, \Delta z=0$時)</p>	
<p>(B) 有垂直載荷F_z' ($\Delta x, \Delta y=0, \Delta z \neq 0$)</p>	
<p>(C) 有剪切力F_y ($\Delta x, \Delta z=0, \Delta y \neq 0$)</p>	
<p>(D) 有垂直載荷F_z+剪切力F_y ($\Delta x=0, \Delta y, \Delta z \neq 0$)</p>	

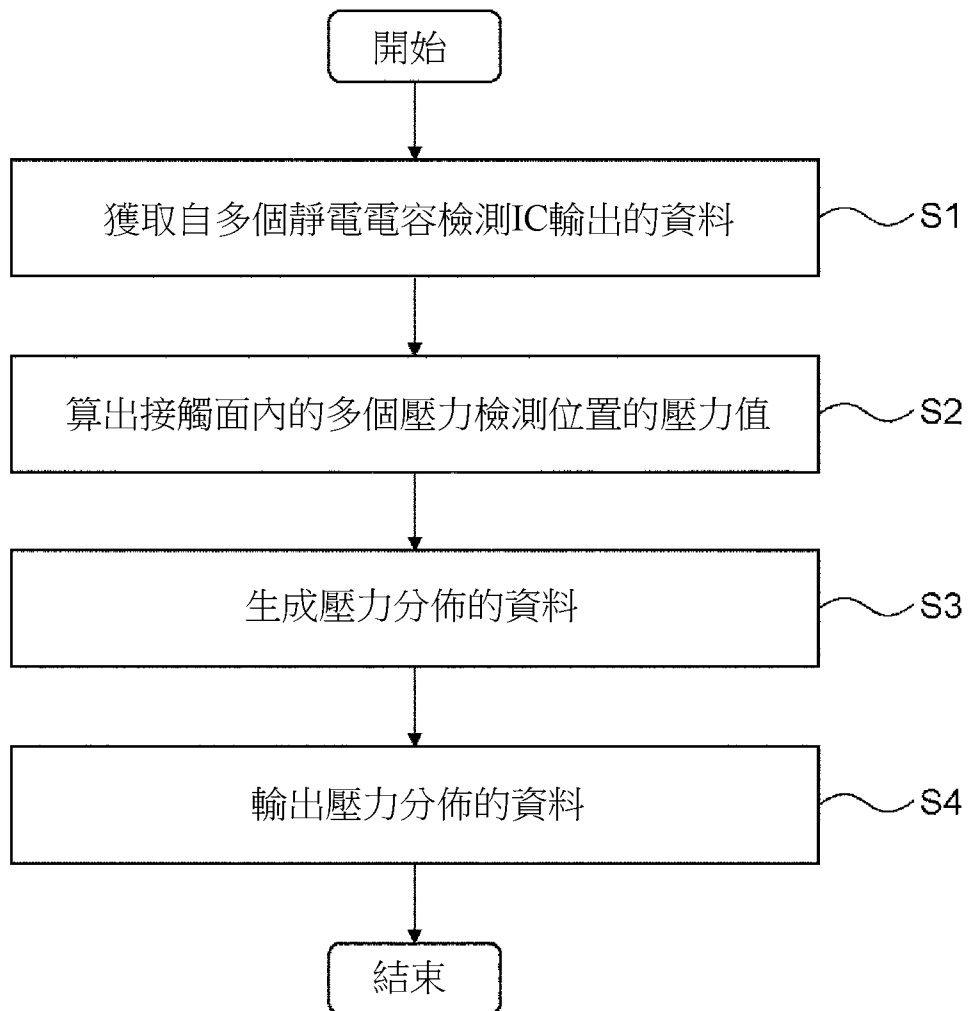
【圖15】



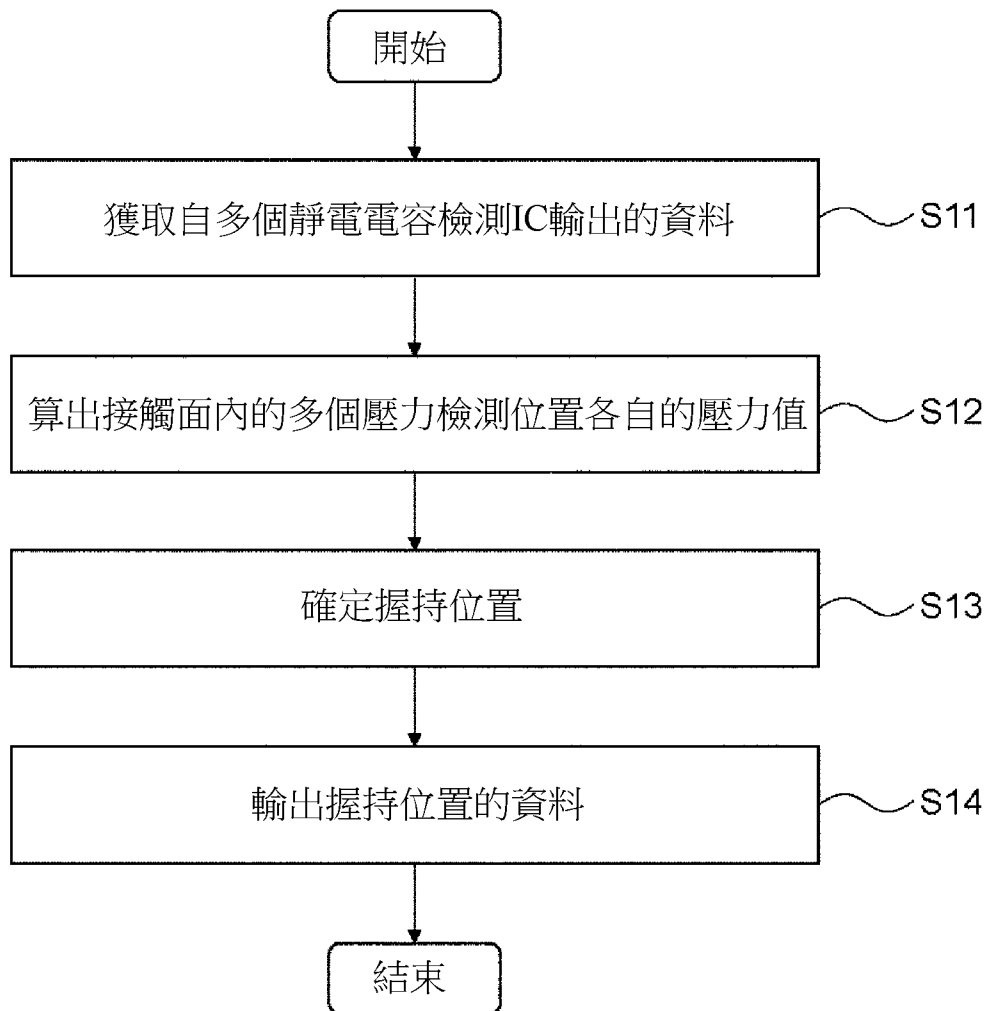
【圖16】



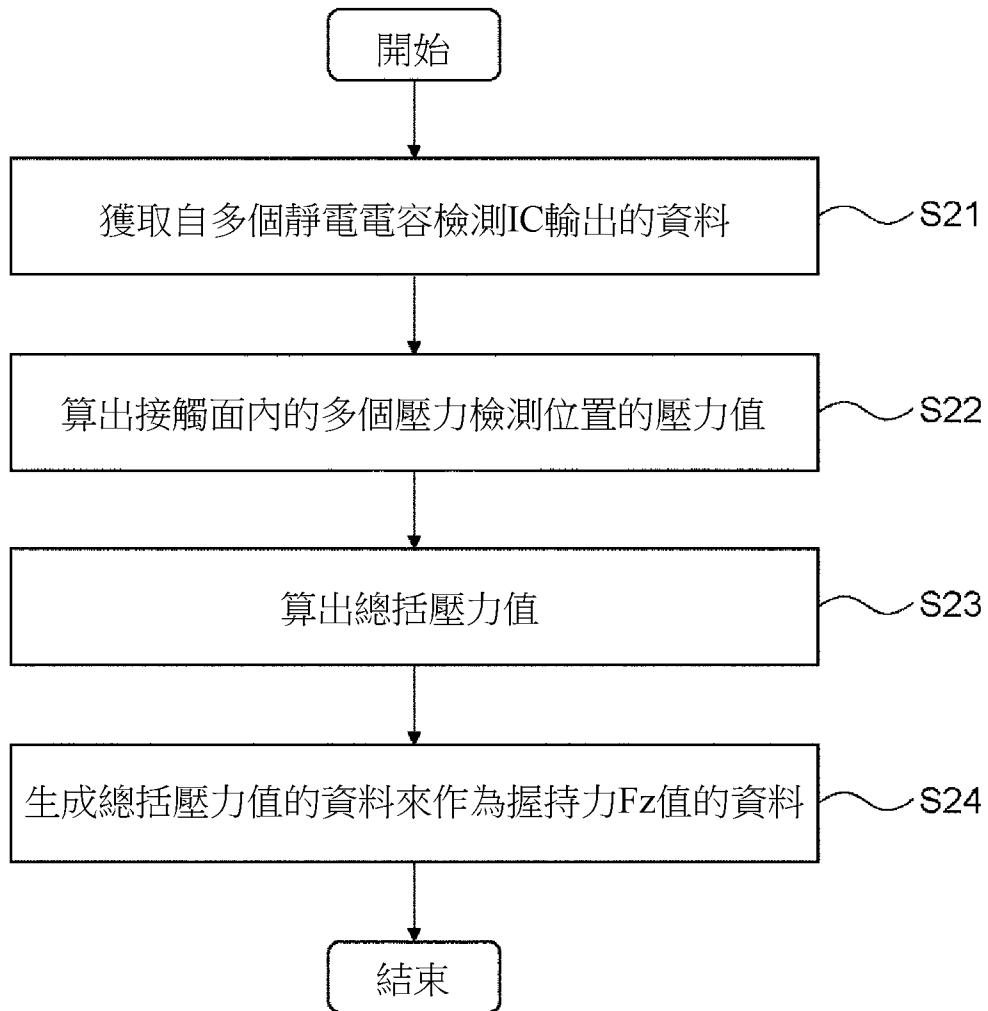
【圖17】



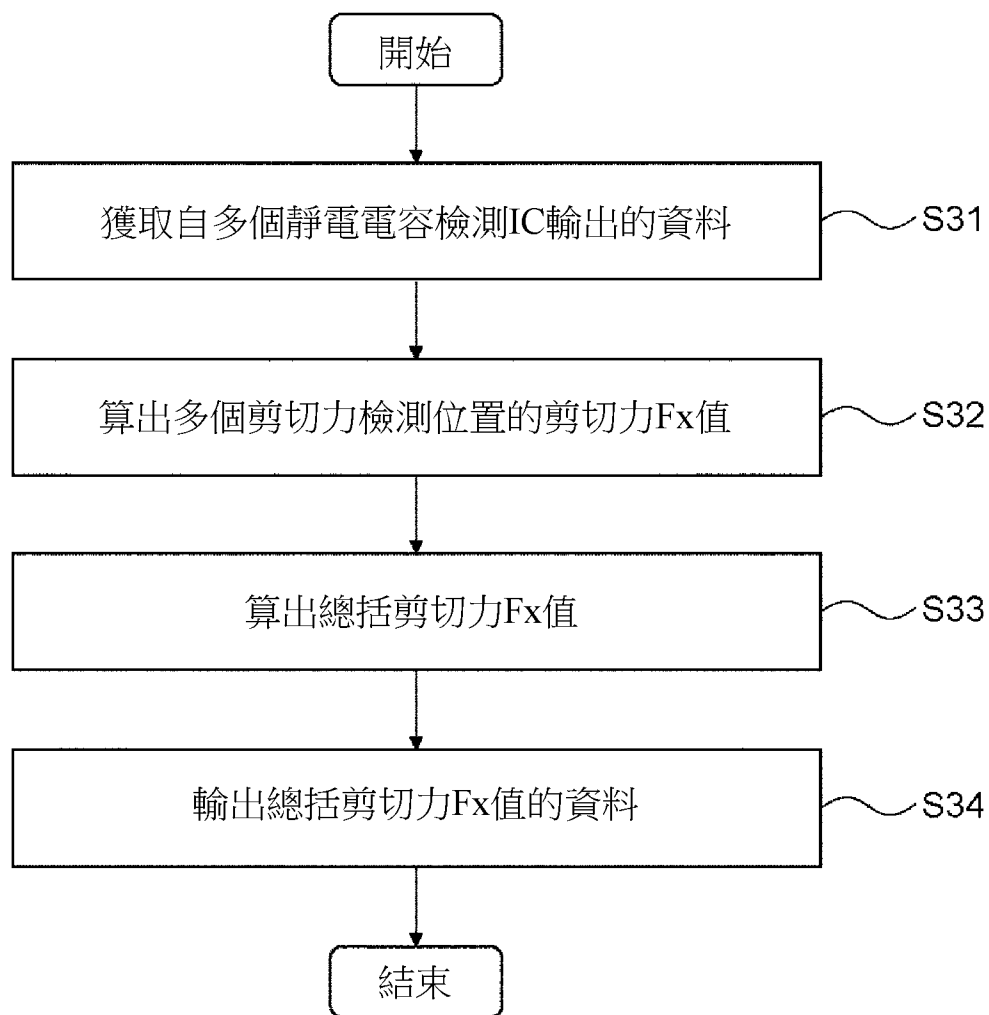
【圖18】



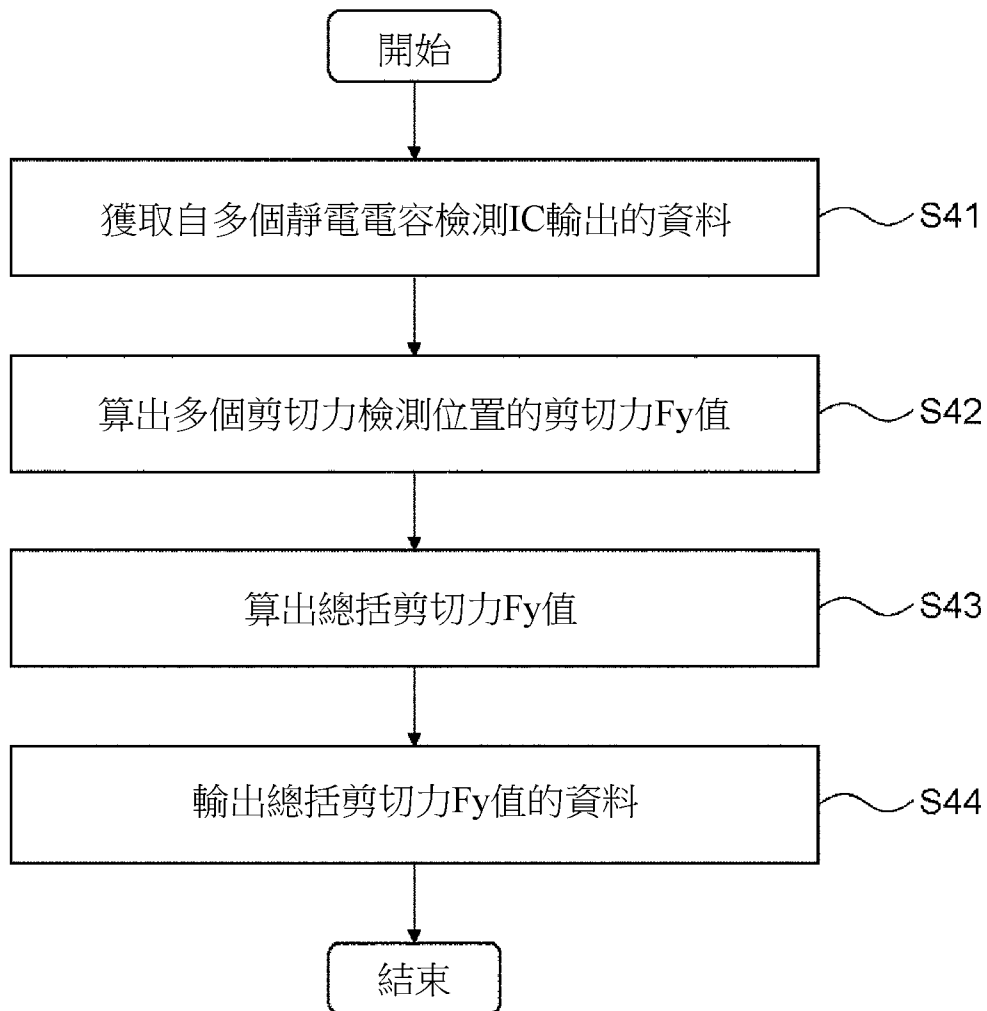
【圖19】



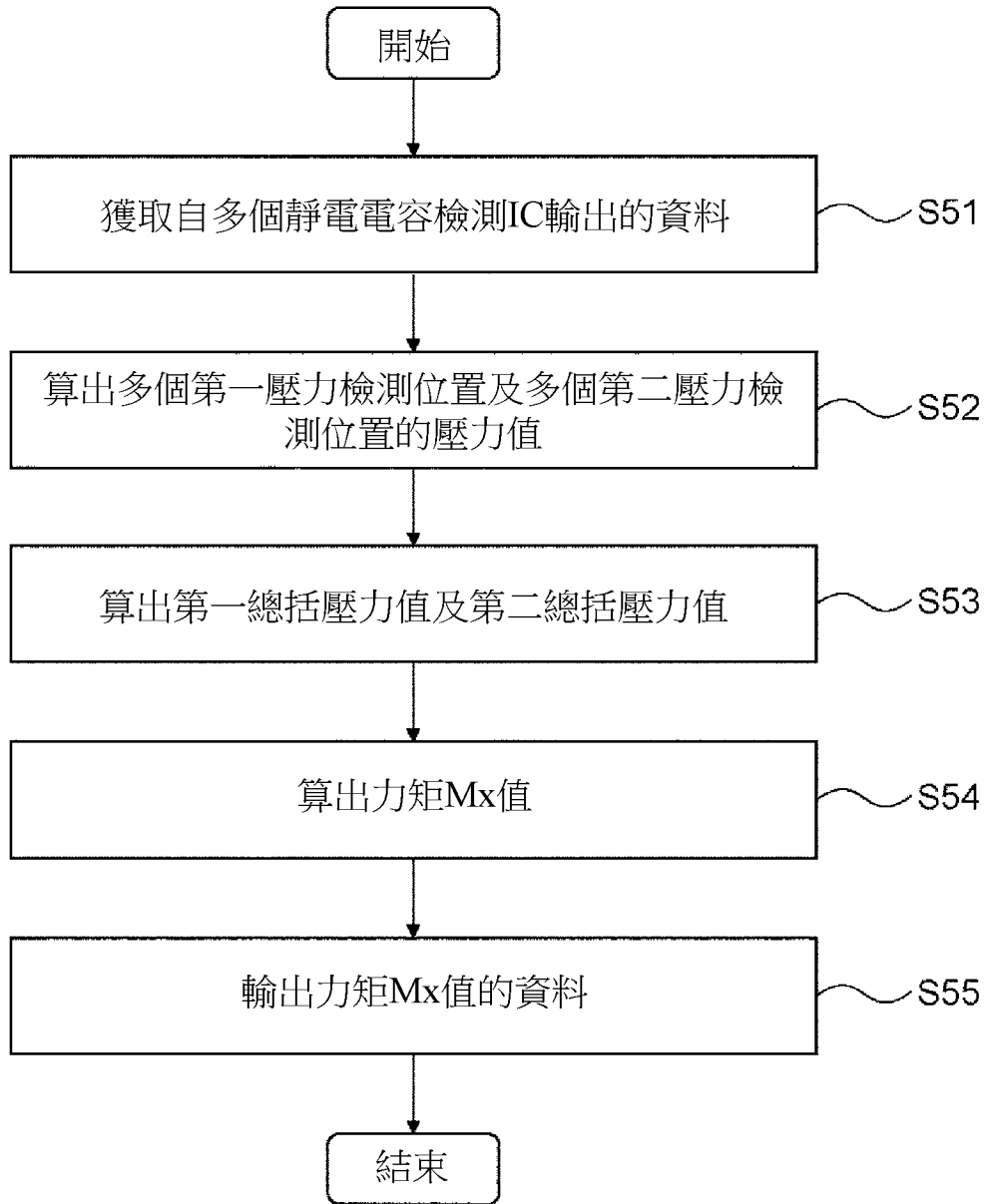
【圖20】



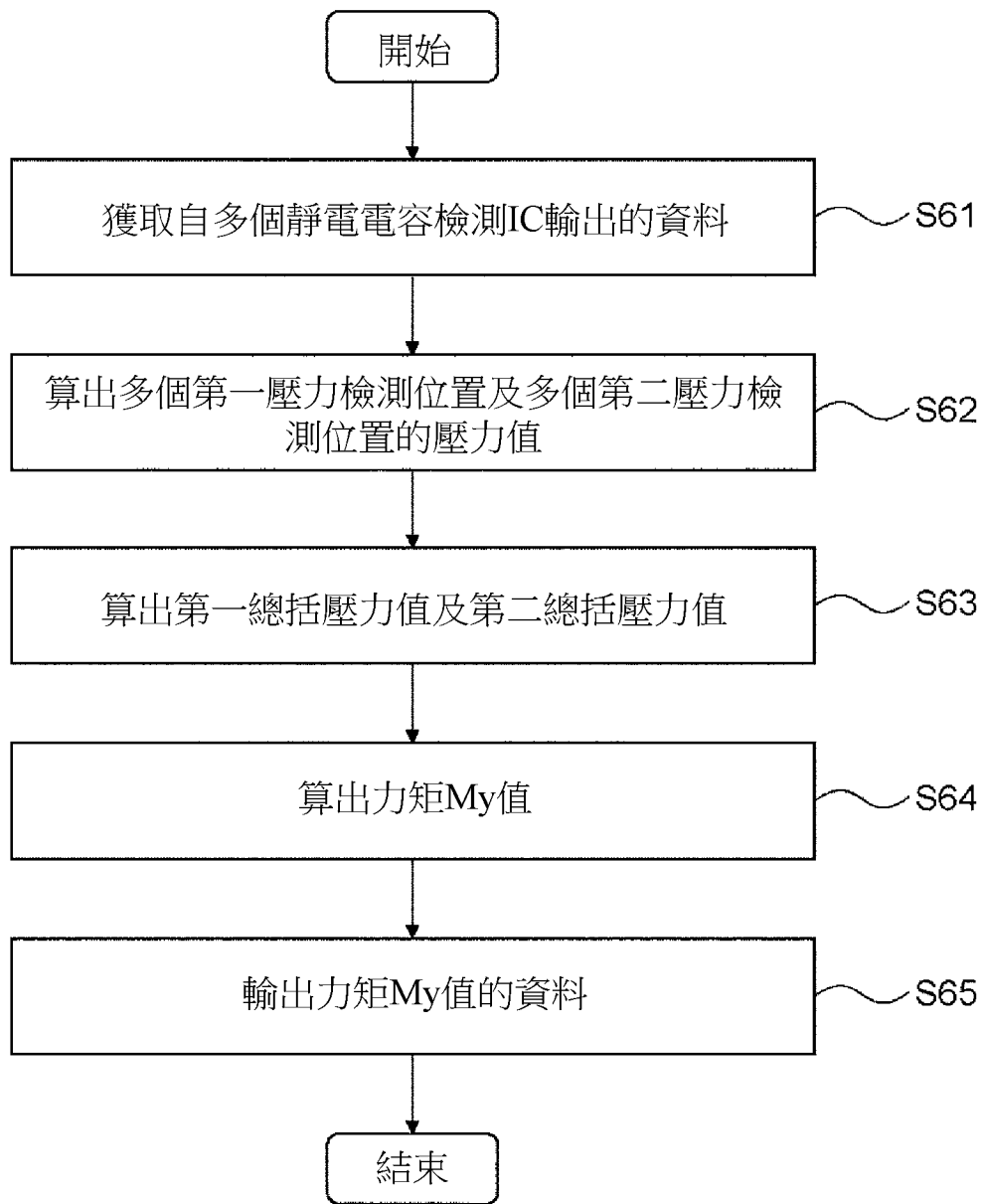
【圖21】



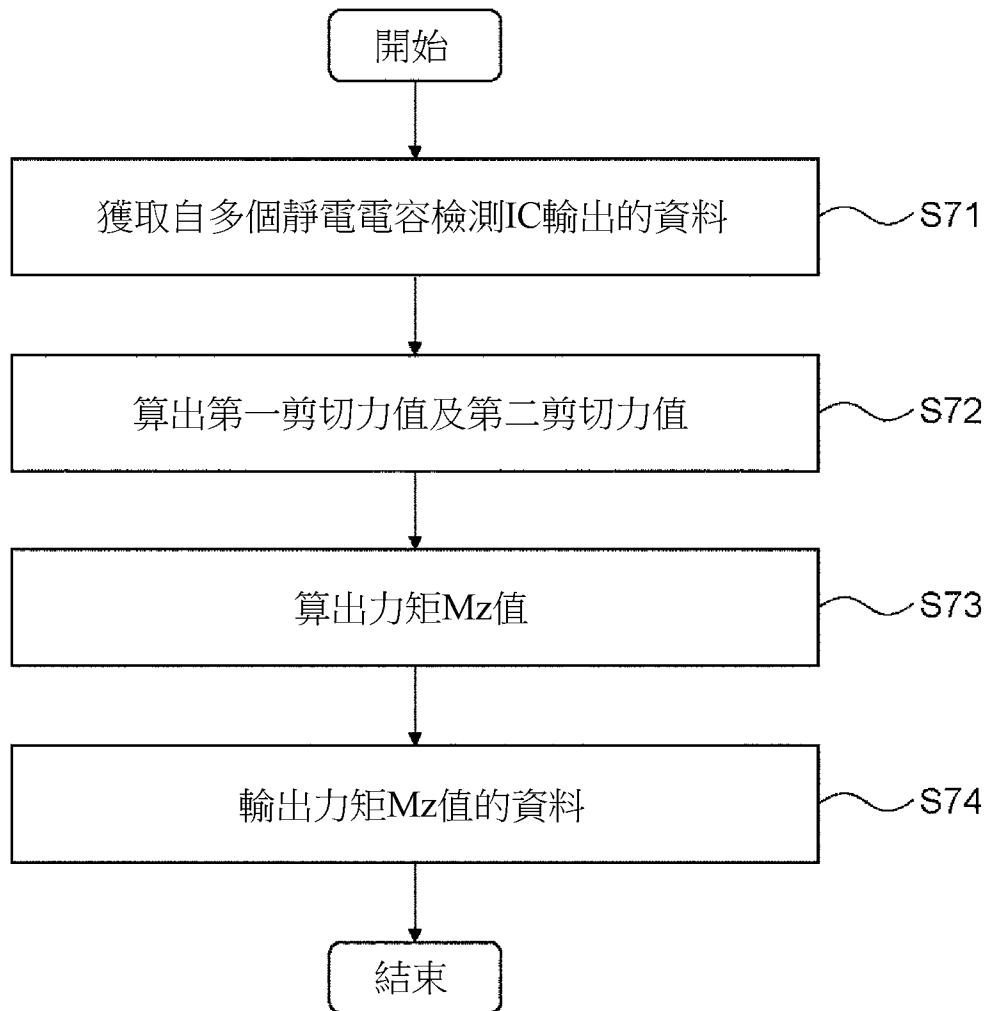
【圖22】



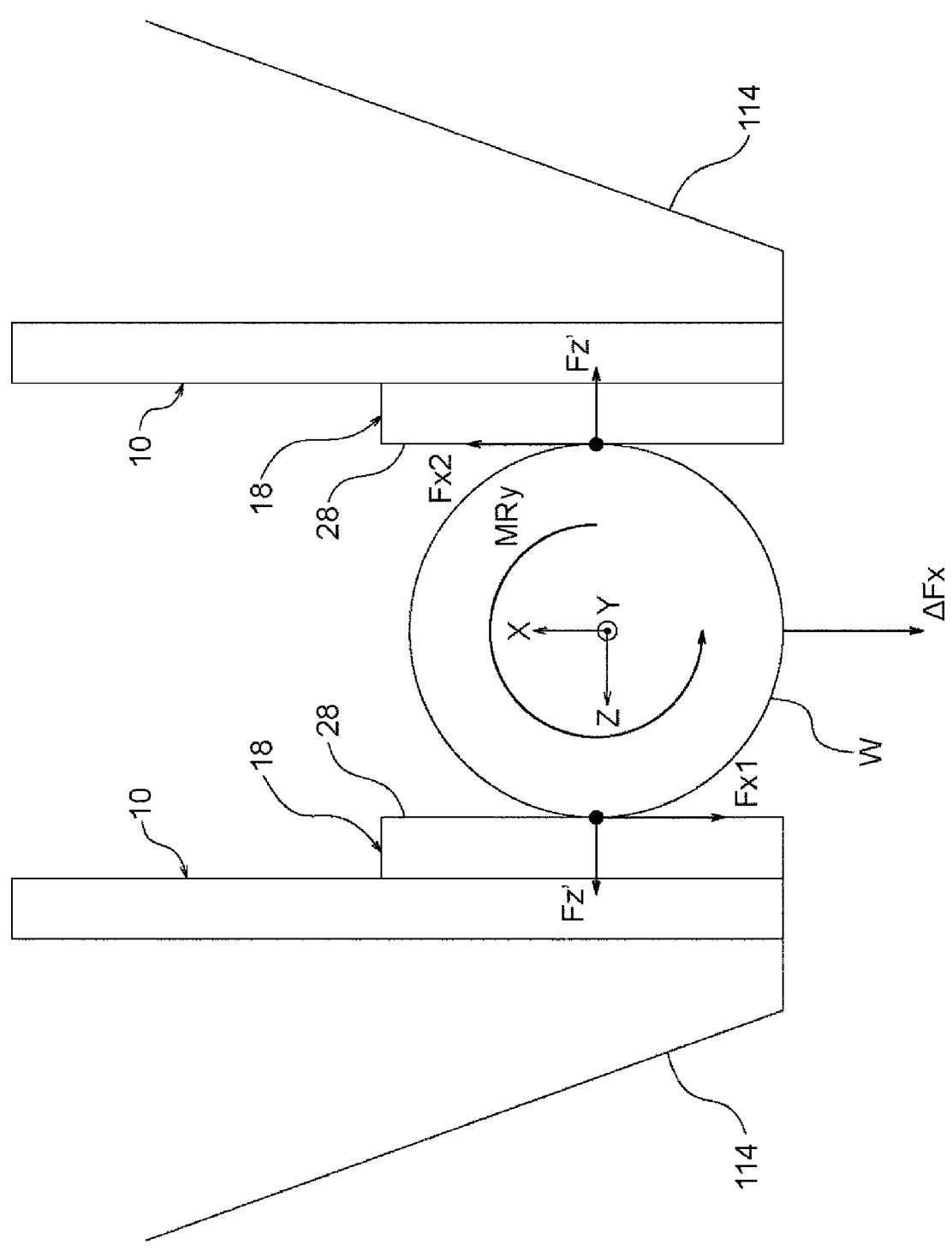
【圖23】



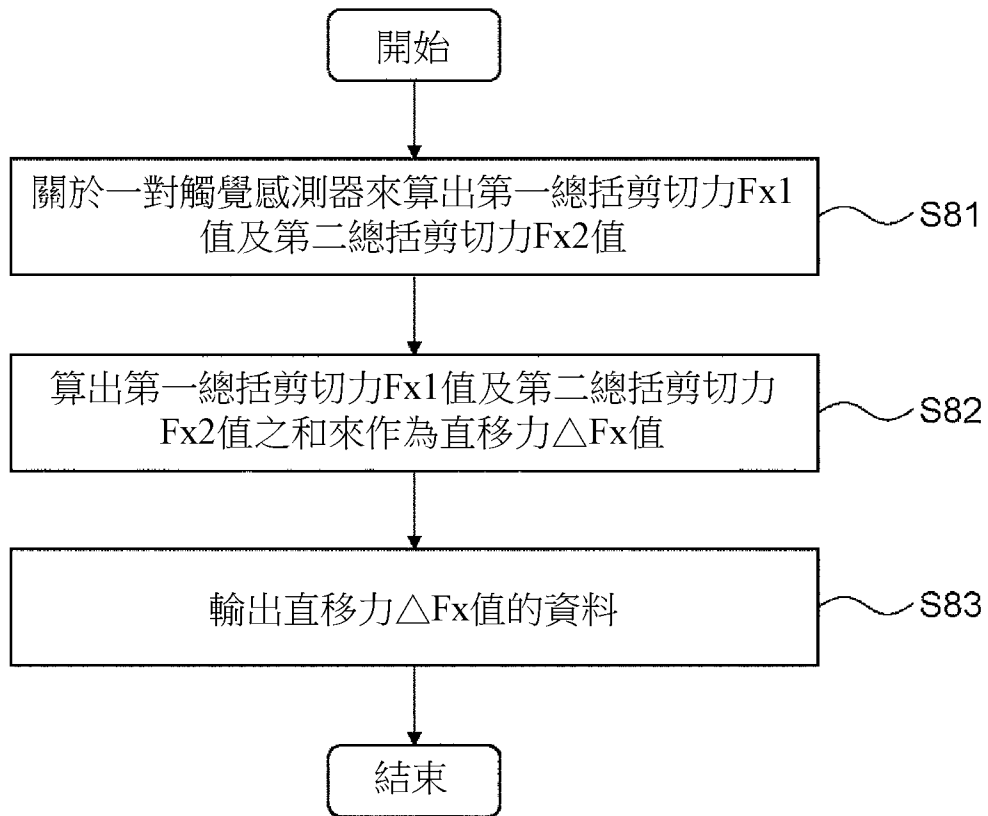
【圖24】



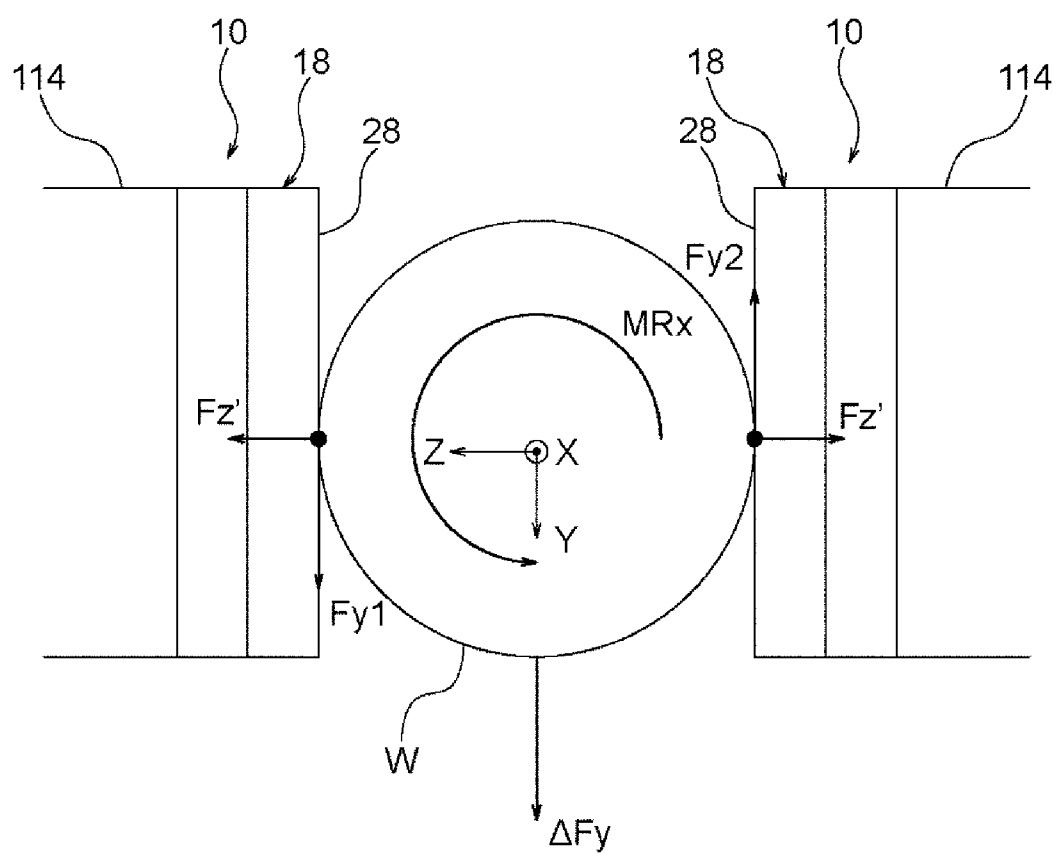
【圖25】



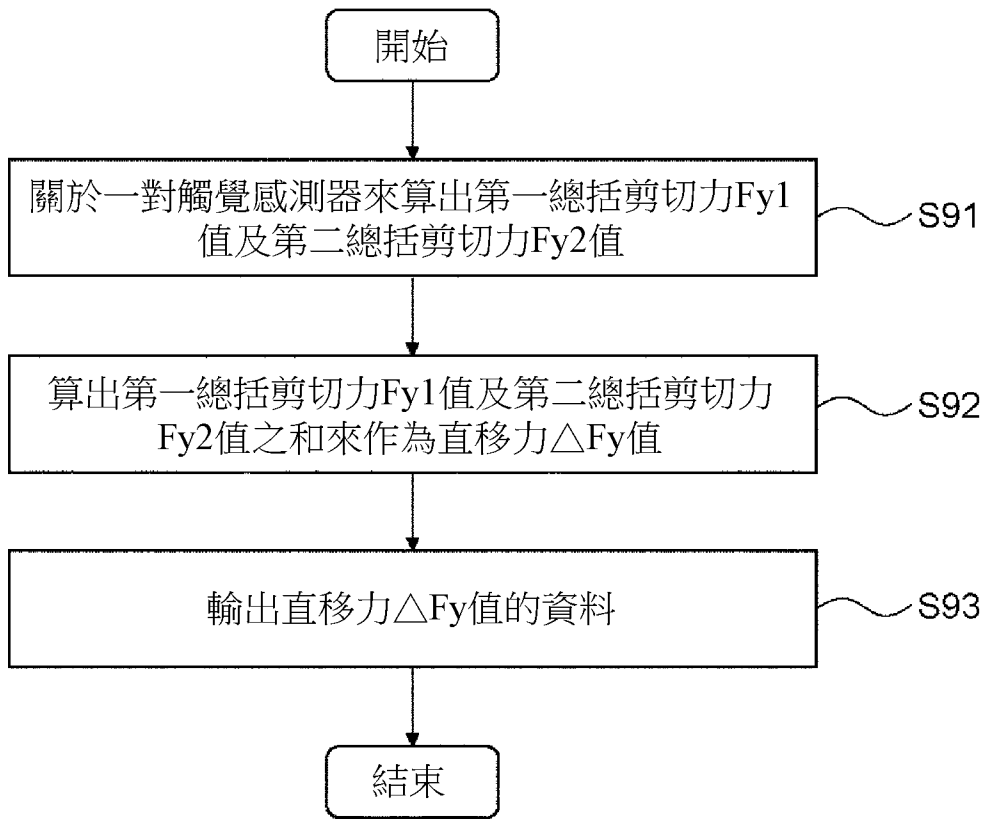
【圖26】



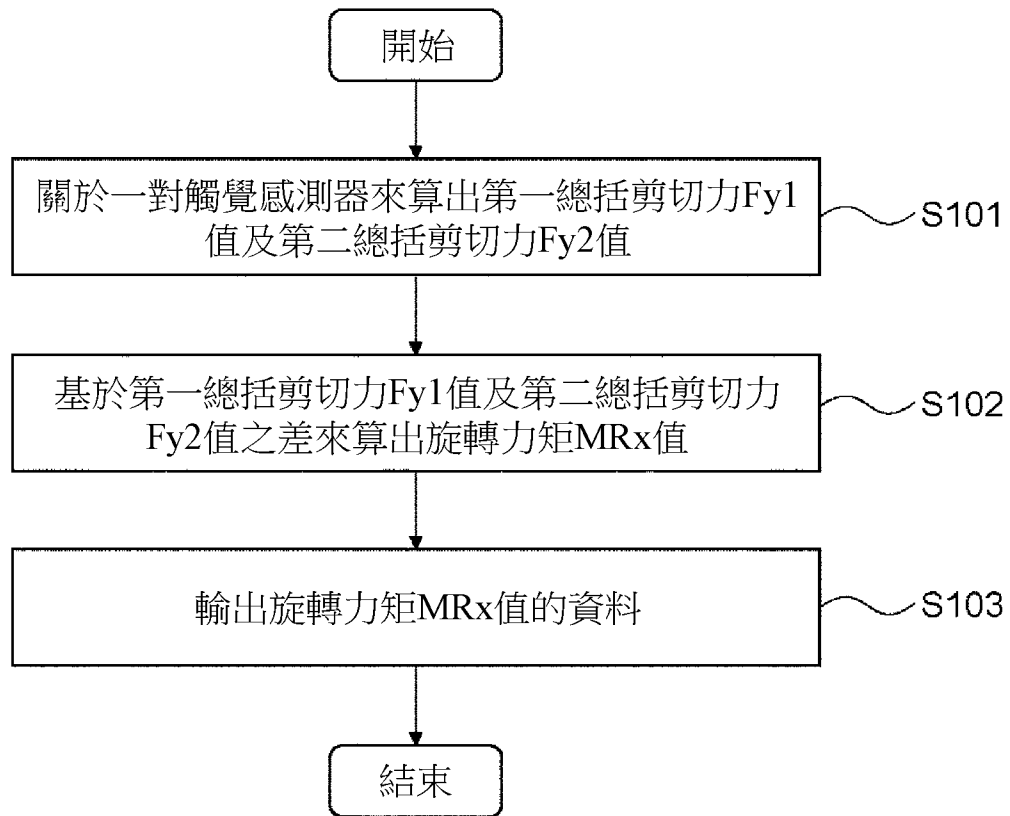
【圖27】



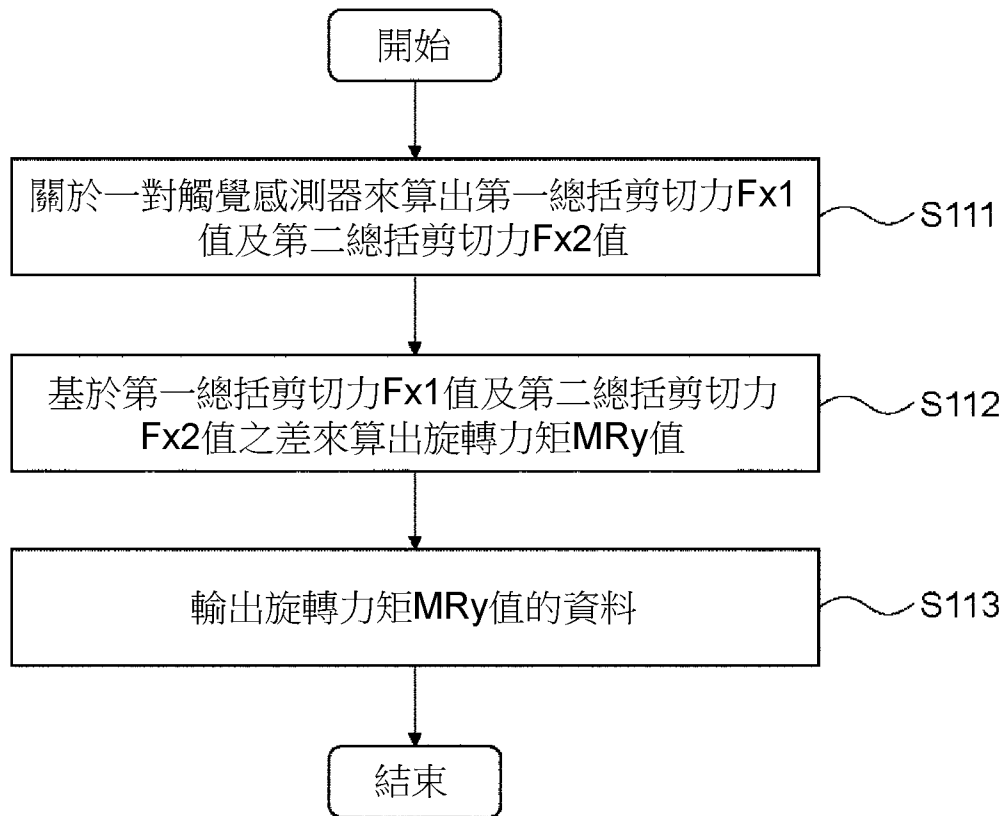
【圖28】



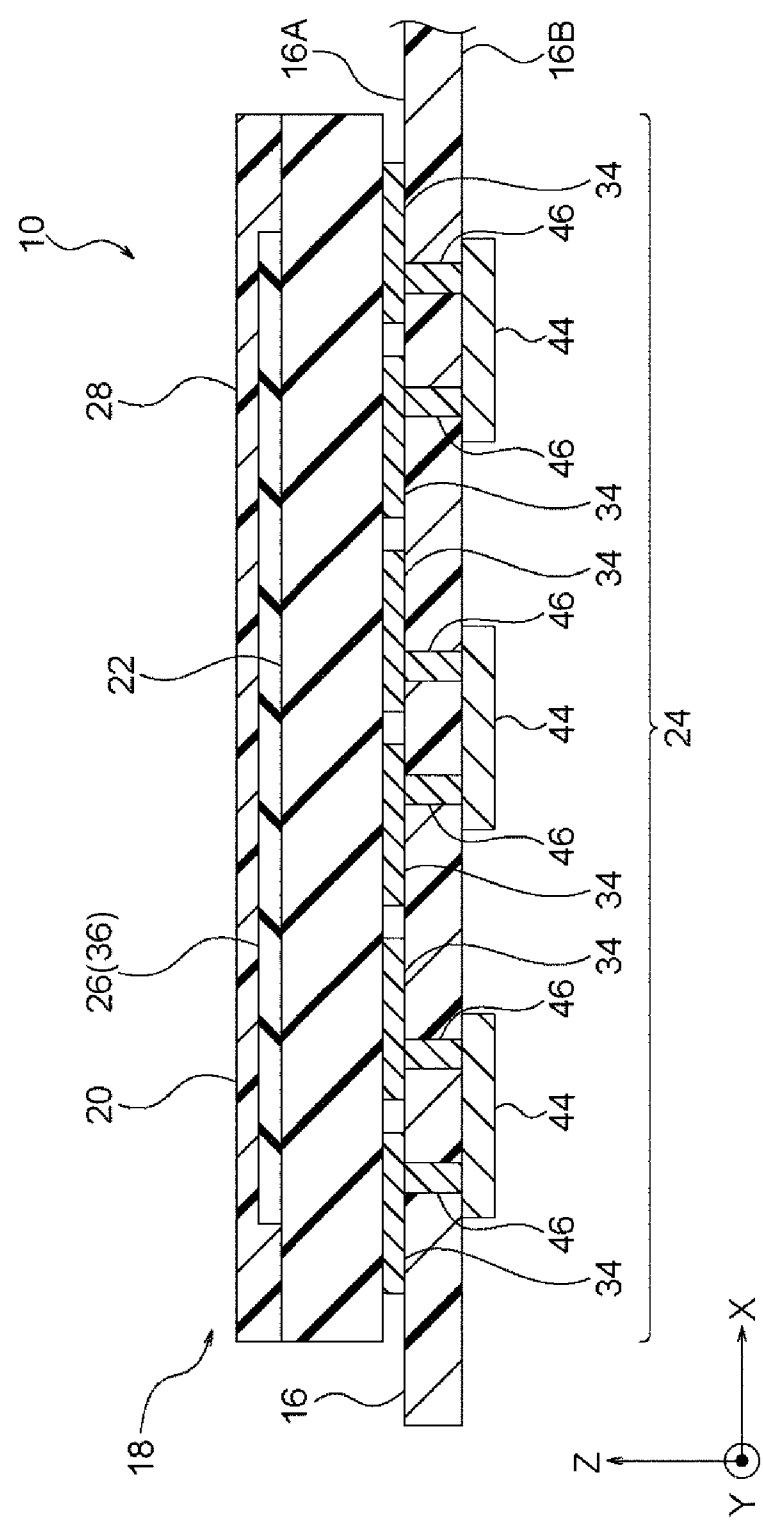
【圖29】



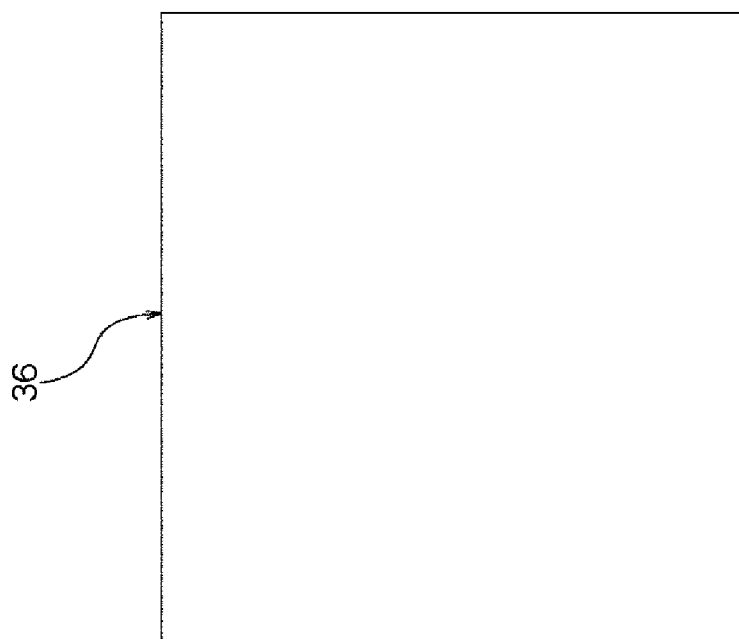
【圖30】



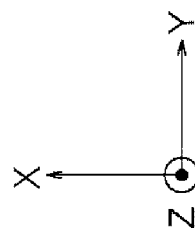
【圖31】



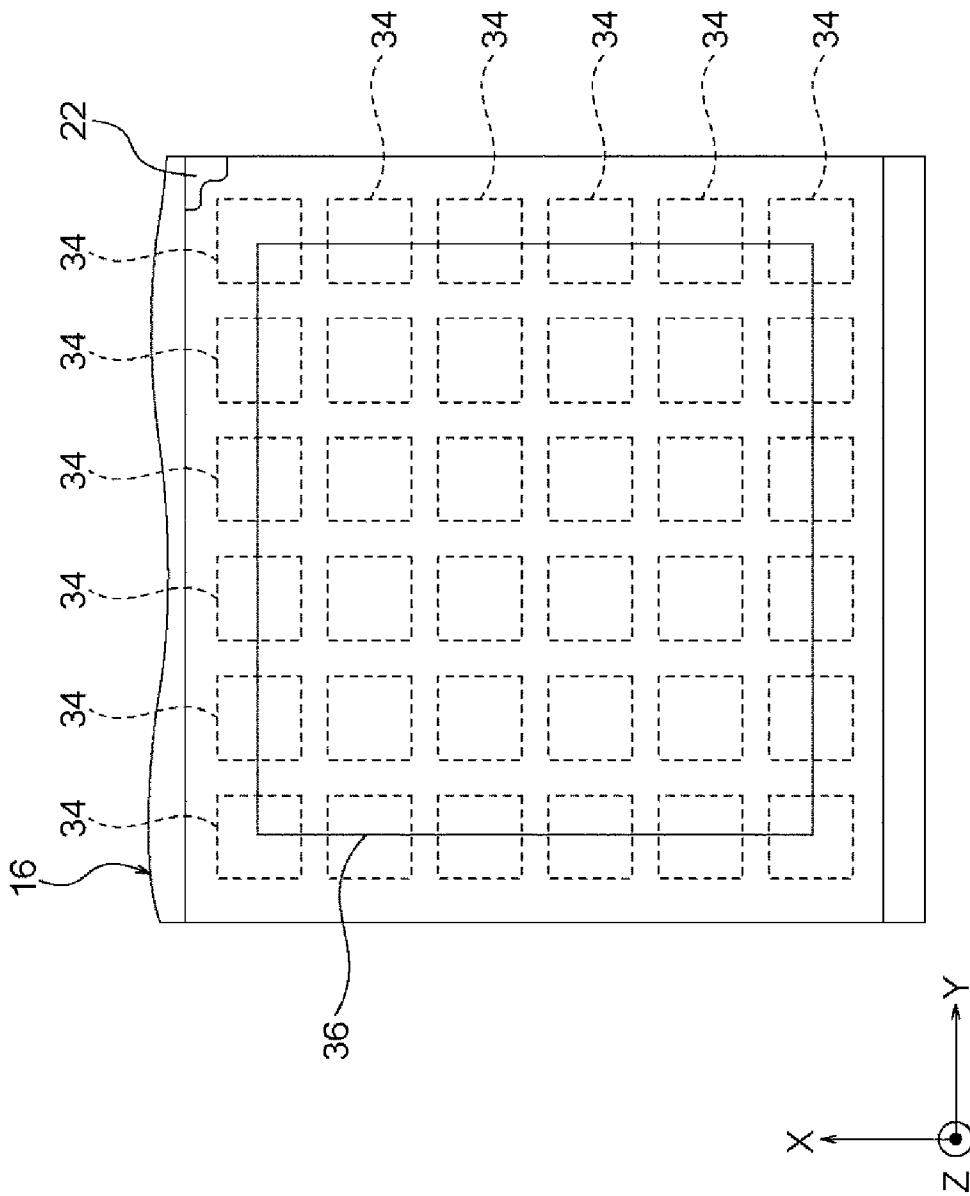
【圖32】



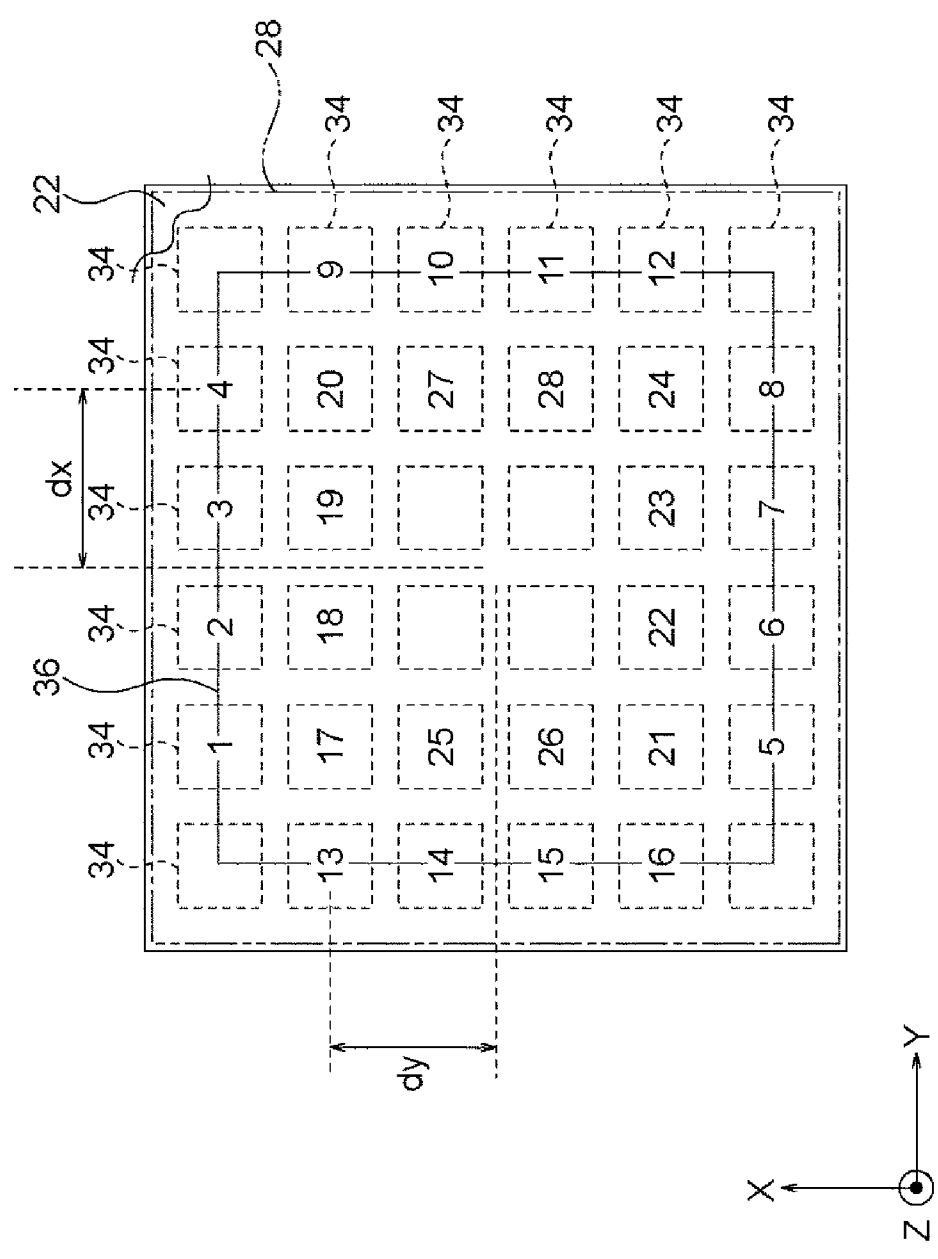
36



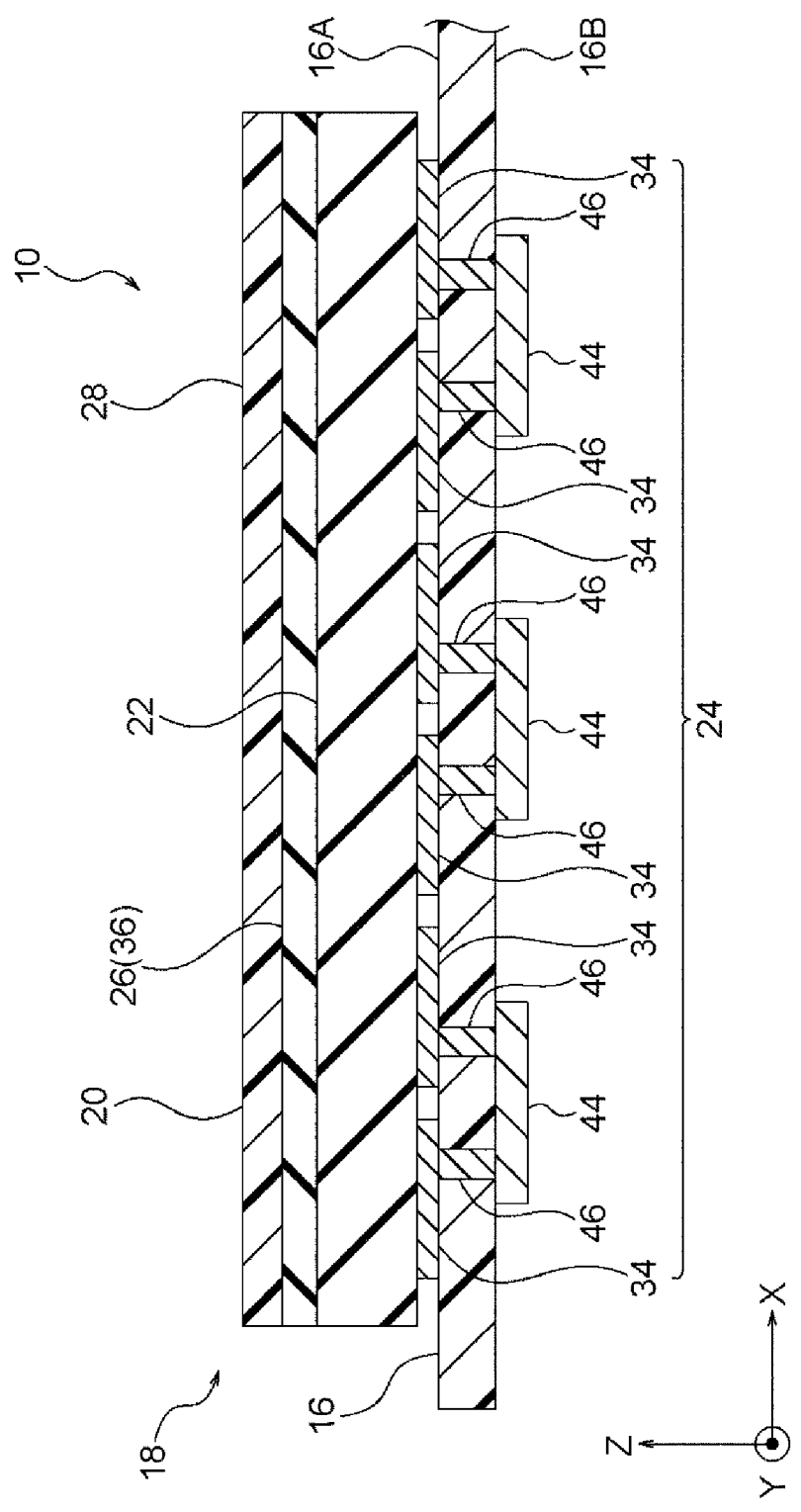
【圖33】



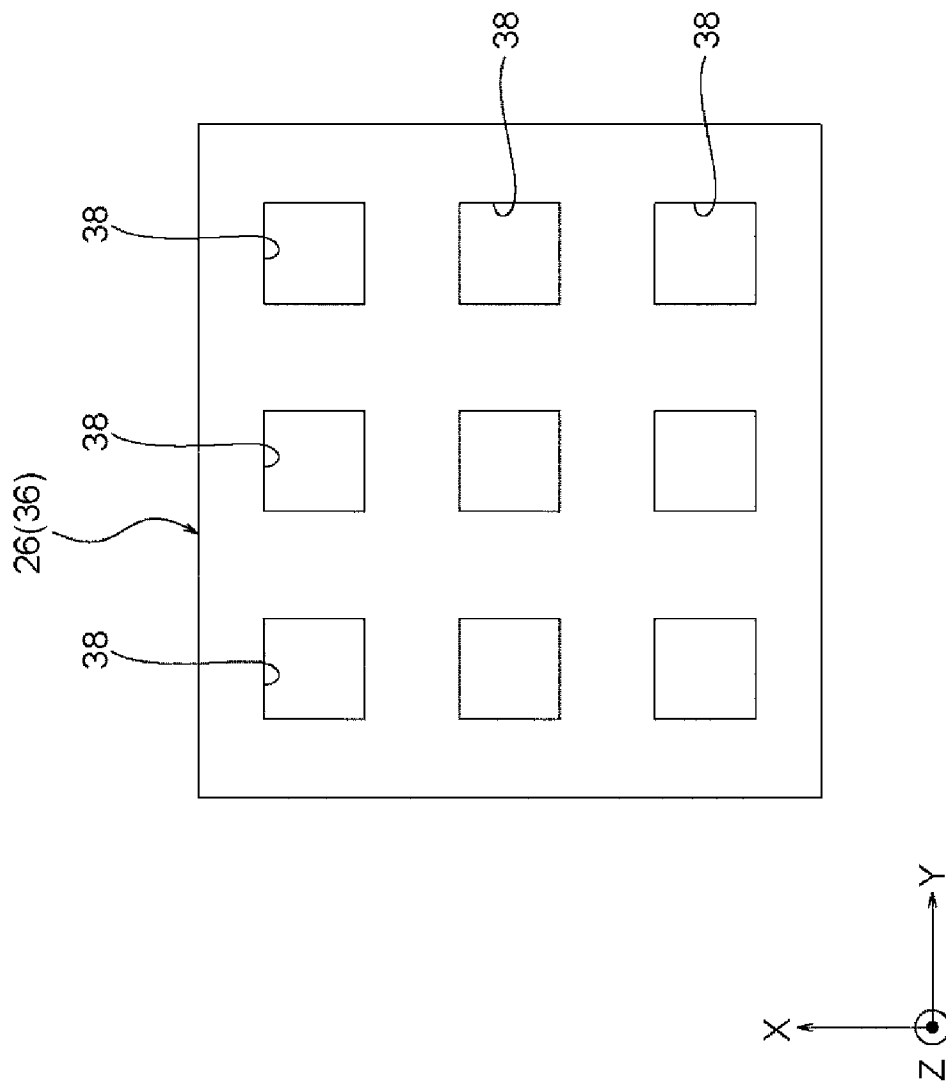
【圖34】



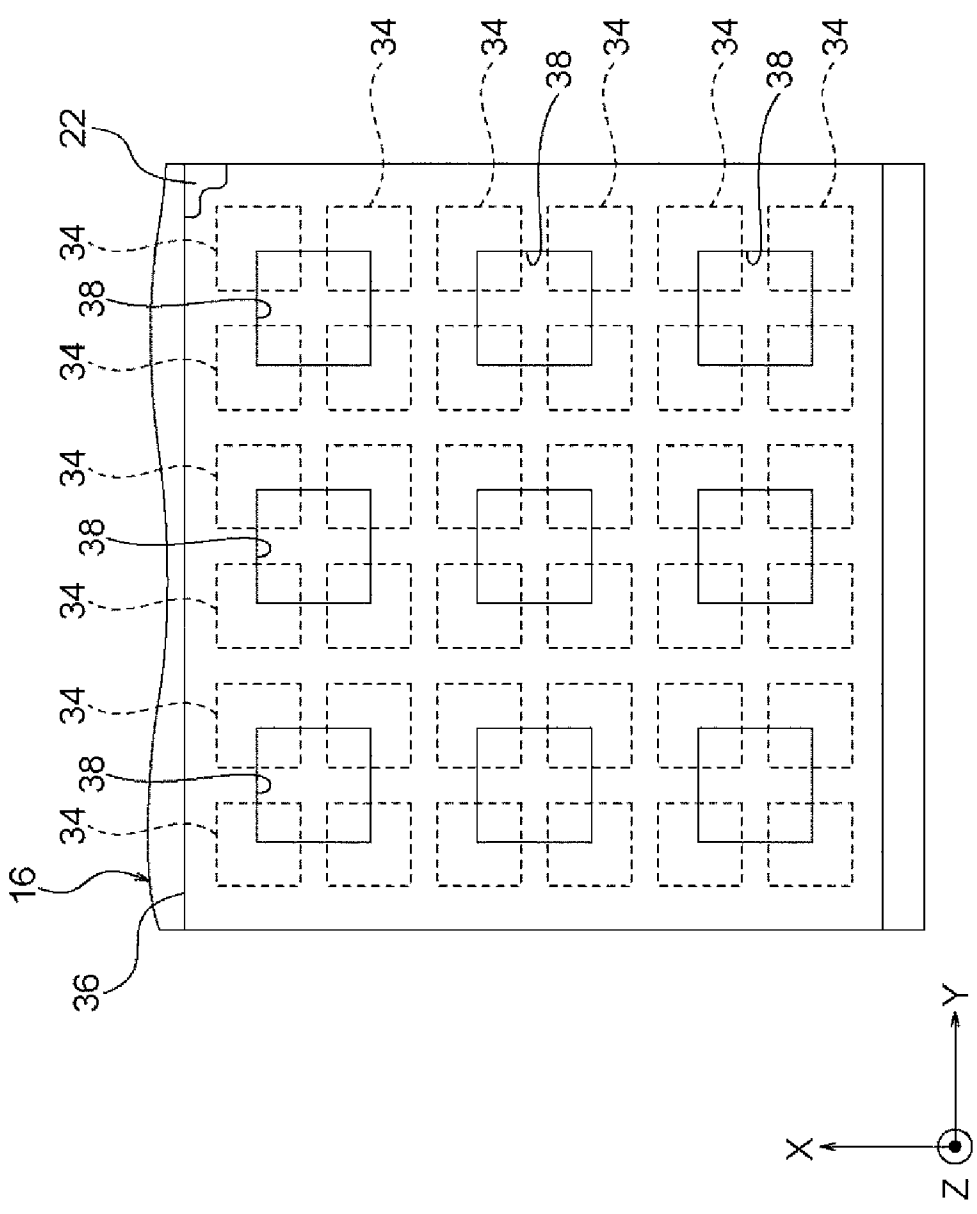
【圖35】



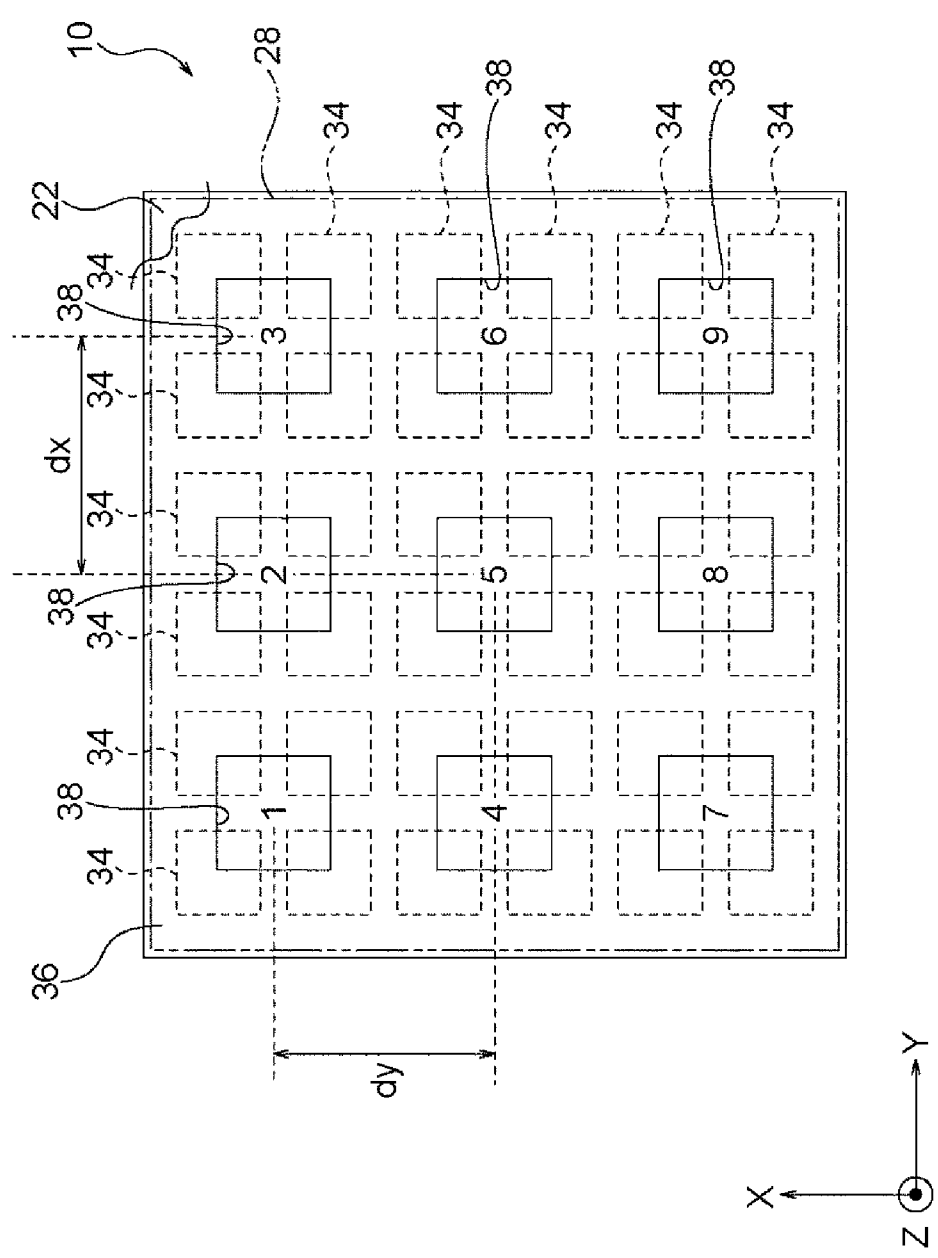
【圖36】



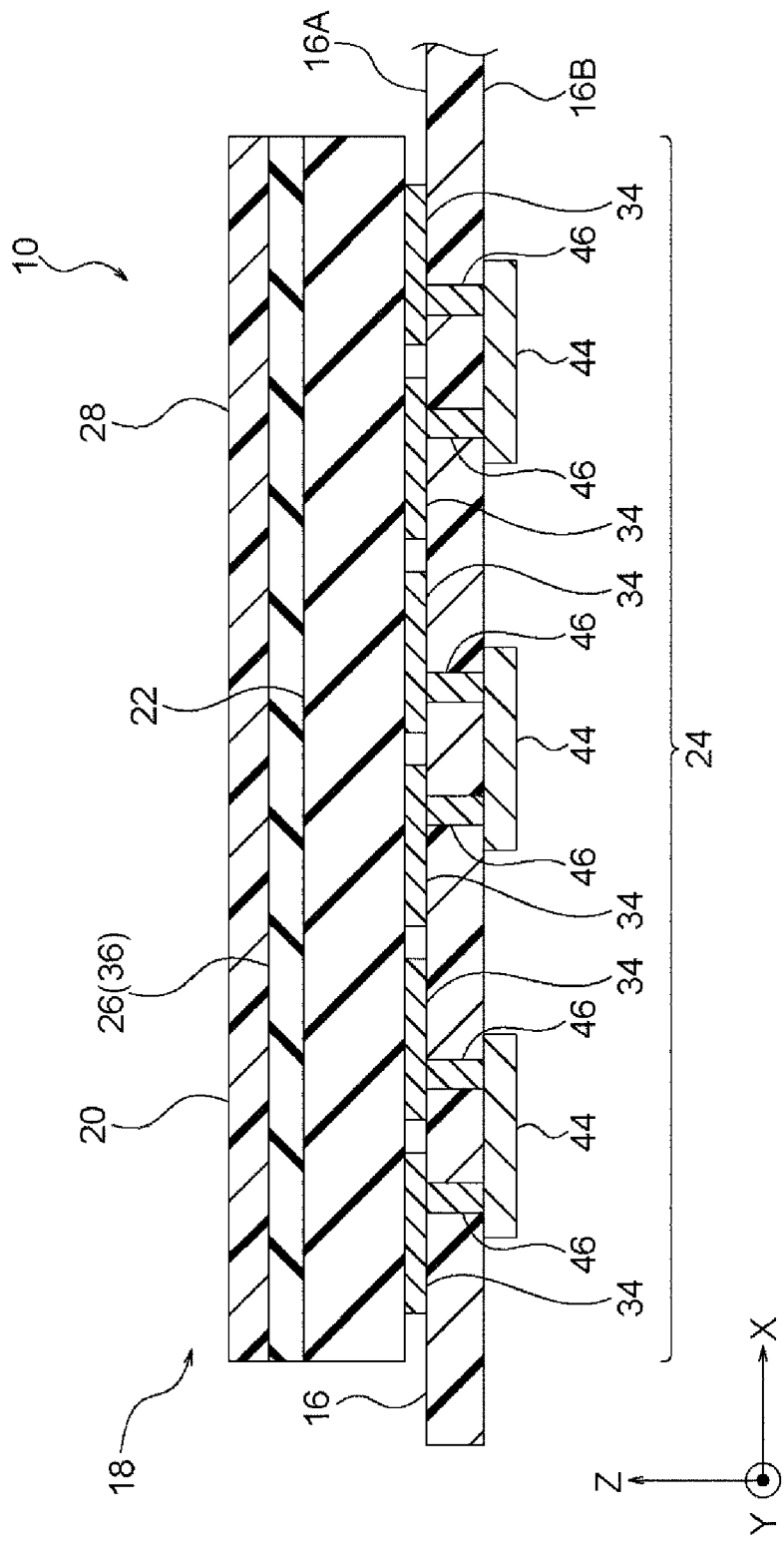
【圖37】



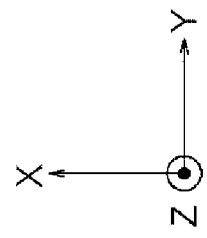
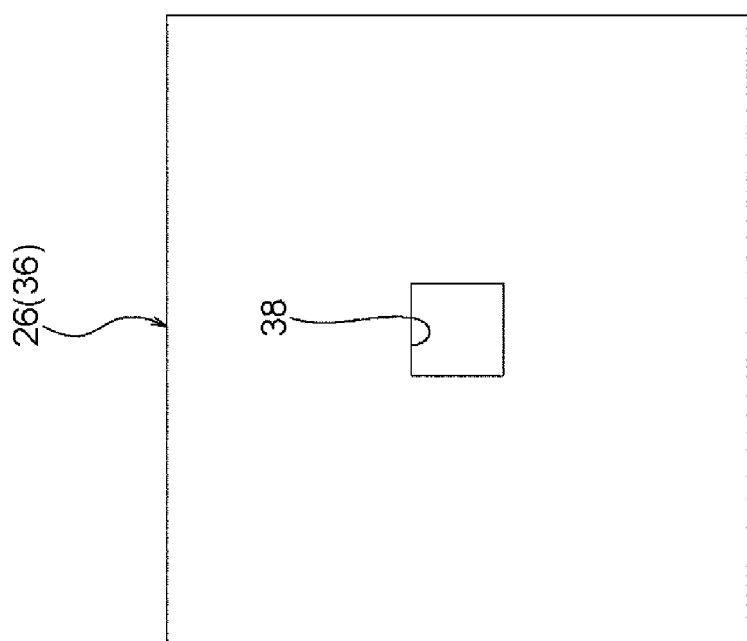
【圖38】



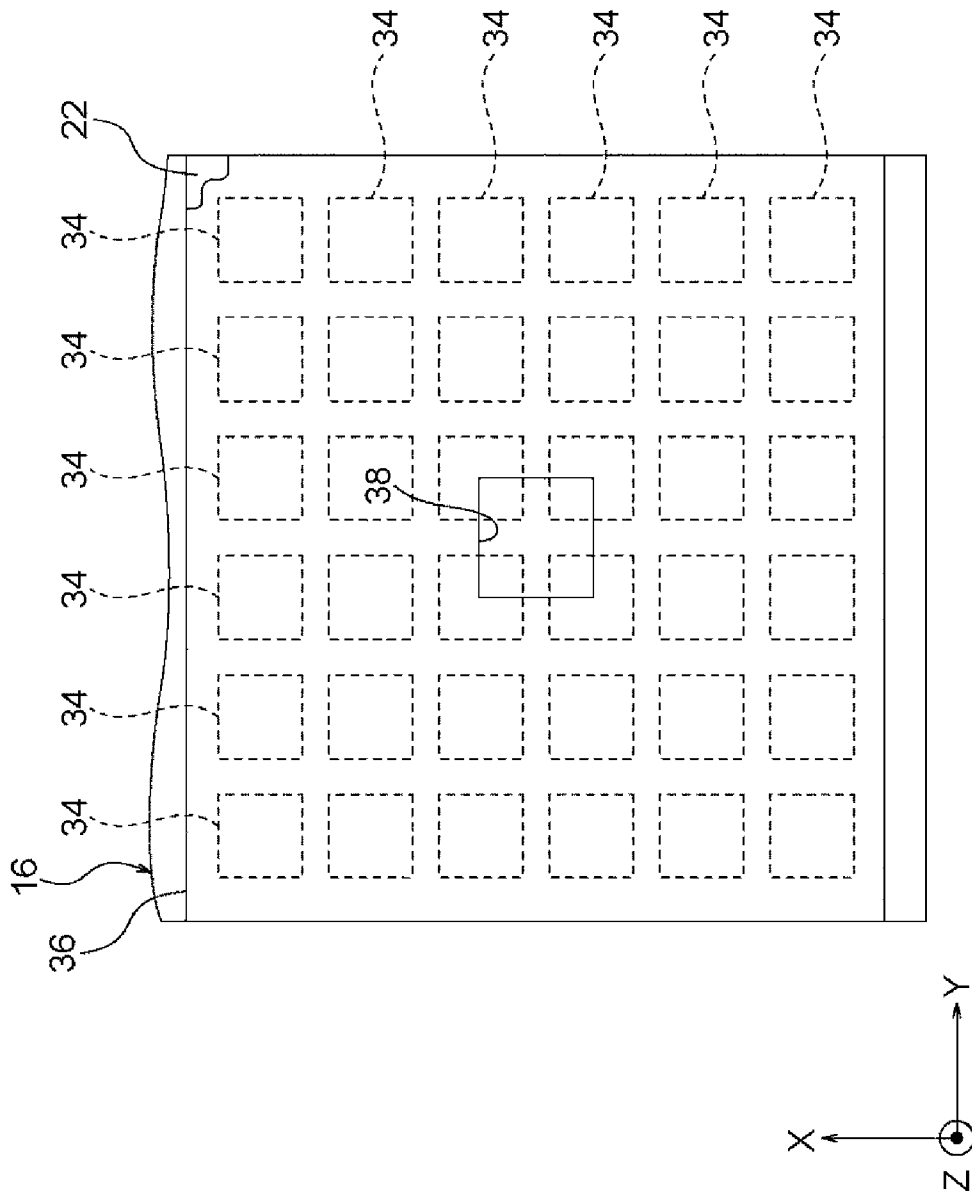
【圖39】



【圖40】



【圖41】



【圖42】