



(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 I594171 B

(45) 公告日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 01 日

(21) 申請案號：102114516

(22) 申請日：中華民國 102 (2013) 年 04 月 24 日

(51) Int. Cl. : G06F3/045 (2006.01)

(71) 申請人：創為精密材料股份有限公司 (中華民國) APEX MATERIAL TECHNOLOGY CORP.  
(TW)

基隆市安樂區武訓街 84 號

(72) 發明人：林奕德 (TW)

(74) 代理人：楊啟元

(56) 參考文獻：

TW I229282

TW I258708

TW 200627288A

TW 200910174A

審查人員：莊榮昌

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：4 共 19 頁

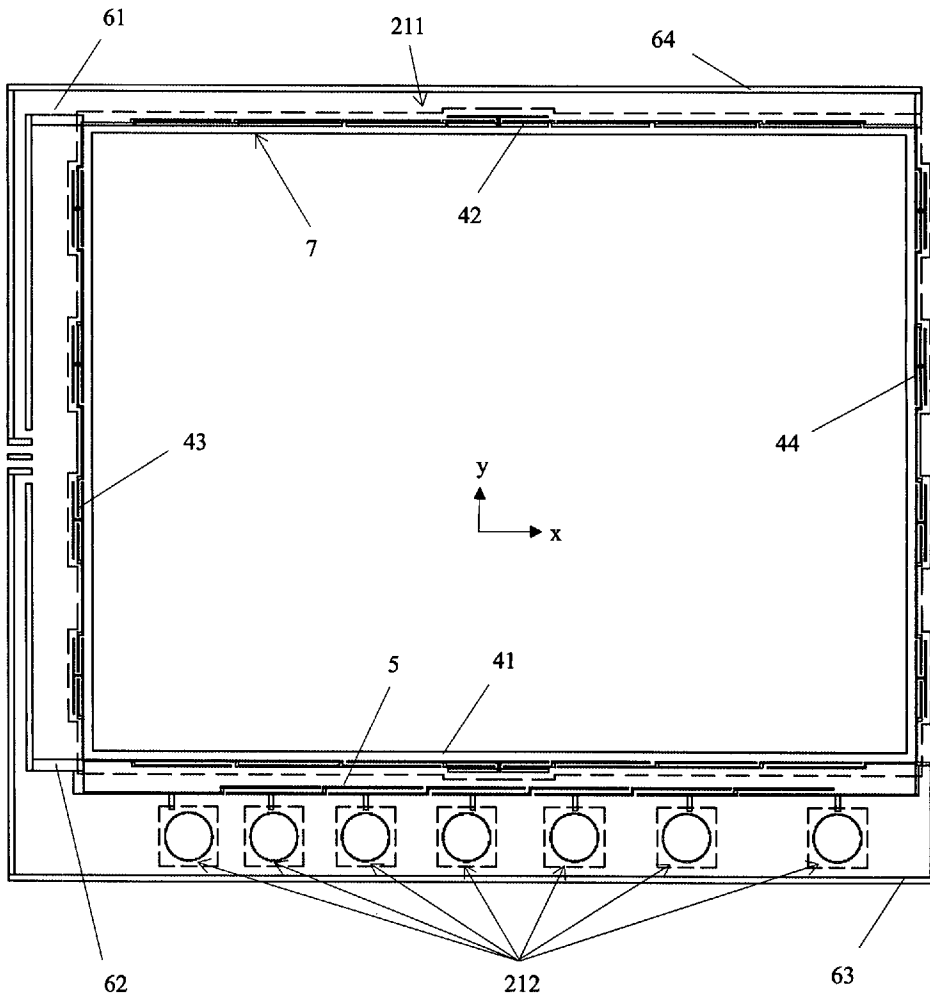
(54) 名稱

觸控面板及其製造方法

(57) 摘要

一種觸控面板，包含一第一導電層，具有一第一導電區及一第二導電區，該第一導電區與該第二導電區不重疊且彼此絕緣；一電極框，設置於該第一導電區內，包含沿第一方向實質上平行之第一分壓電極與第二分壓電極，及沿第二方向實質上平行之第三分壓電極與第四分壓電極；及一圖標分壓電極，設置於該第一導電層之該第一導電區外，並與該第二導電區電連接。其中，該圖標分壓電極與該第一分壓電極並聯。

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 211 . . . 第一導電區
- 212 . . . 第二導電區
- 41 . . . 第一分壓電極
- 42 . . . 第二分壓電極
- 43 . . . 第三分壓電極
- 44 . . . 第四分壓電極
- 5 . . . 圖標分壓電極
- 61 . . . 第一導線
- 62 . . . 第二導線
- 63 . . . 第三導線
- 64 . . . 第四導線
- 7 . . . 動作區

第三圖

**公告本****發明摘要**

※ 申請案號：102114516

※ 申請日：102/04/24

※IPC 分類：G06F 3/045 (2006.01)

**【發明名稱】(中文/英文)**

觸控面板及其製造方法

**【中文】**

一種觸控面板，包含一第一導電層，具有一第一導電區及一第二導電區，該第一導電區與該第二導電區不重疊且彼此絕緣；一電極框，設置於該第一導電區內，包含沿第一方向實質上平行之第一分壓電極與第二分壓電極，及沿第二方向實質上平行之第三分壓電極與第四分壓電極；及一圖標分壓電極，設置於該第一導電層之該第一導電區外，並與該第二導電區電連接。其中，該圖標分壓電極與該第一分壓電極並聯。

**【英文】**

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（三）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

- 211 第一導電區
- 212 第二導電區
- 41 第一分壓電極
- 42 第二分壓電極
- 43 第三分壓電極
- 44 第四分壓電極
- 5 圖標分壓電極
- 61 第一導線
- 62 第二導線
- 63 第三導線
- 64 第四導線
- 7 動作區

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

觸控面板及其製造方法

## 【技術領域】

【0001】 本發明係有關於一種觸控面板，特別是關於一種五線電阻式觸控面板。

## 【先前技術】

【0002】 觸控面板具有操作介面多樣化且人性化的優點，目前廣泛應用於各式電子產品或裝置，例如個人電腦、筆記型電腦、平板電腦、智慧型手機、手寫輸入裝置、家電產品、自動櫃員機、或店頭銷售櫃員機等。一般而言，觸控面板可依其感應原理分為電阻式觸控面板、電容式觸控面板、光學式觸控面板、電磁式觸控面板、以及音波式觸控面板等不同類型。其中電阻式觸控面板具有成本優勢，為最受業界使用的類型之一，又可依其電極與配線方式的不同而分為四線、五線、六線、七線及八線之架構。

【0003】 電阻式觸控面板之基本結構的剖面圖如圖式第一圖所示，包括一第一基板11、一第二基板12、第一導電層21、第二導電層22、及複數間隔物3。其中，第二基板12的材料可例如是PET (Poly Ethylene Terephthalate；聚對苯二甲酸乙二酯)，而第二導電層22係由設置於第二基板12之一表面的導電物質構成，例如塗佈一層ITO (Indium Tin Oxide；銻錫氧化物)。此外，第一基板11的材料可以例如是PET或玻璃，而第一導電層21同樣係由設置於第一基板11之一表面的導電物質構成，例如塗佈一層ITO。此外，第一導電層21與第二導電層22之間則設置複數間隔物3，在未

接受觸摸時使此二導電層不導通。藉由配置與第一導電層21及第二導電層22分別電連接之電極（圖中未繪示）並提供電壓，當電阻式觸控面板受到觸摸而使第一導電層21與第二導電層22導通時，便可輸出訊號並藉由不同之訊號分辨觸摸的位置。

**【0004】** 基於上述之電阻式觸控面板基本結構，圖式第二圖為習知五線電阻式觸控面板之主要組成部分示意圖，包含第一導電層21、第二導電層22、及與第一導電層21完全接觸並導通之電極框4。電極框4可視為由一對平行第一方向之分壓電極以及一對平行第二方向之分壓電極組成，例如圖中相互垂直的x方向與y方向。五線電阻式觸控面板具有五條主要導線（圖中未繪示），分別連接電極框4的四個角落4A、4B、4C、4D，及第二導電層22。為了區辨使用者碰觸的位置，須使電極框4交錯形成x方向與y方向之壓降，亦即在4A、4D施加5V的電壓而4B、4C施加0V的電壓，接著在4C、4D施加5V的電壓而4A、4B施加0V的電壓，而第二導電層22則施加0V之電壓。當使用者觸碰第二導電層22之某一點而使該點與第一導電層21時導通時，藉由偵測並輸出該點之x方向與y方向之電壓值，即可識別該點之x、y方向座標位置。

**【0005】** 在許多觸控面板的應用中，尤其是全平面之觸控面板，在習知的觸控動作區之外尚需設置獨立觸摸式圖標(icon)，以提供使用者更多樣化的控制介面或控制方式。然而，上述之先前技術並無法滿足這樣的需求。有鑑於此，本發明遂提出一種具有獨立圖標之觸控面板。

### **【發明內容】**

**【0006】** 針對上述先前技術之不足，本發明在傳統觸控面板之電極框

外設置一分壓電極，俾供設置圖標之用，並可配合另一導電層之分區設計，使圖標可完全獨立控制。此外本發明並提出調整觸控面板中導線電阻之方法，以補償增設分壓電極對於電極框內電壓線性分布的影響。

【0007】 本發明之一實施態樣為一種觸控面板，包含：一第一導電層，具有一第一導電區及一第二導電區，該第一導電區與該第二導電區不重疊且彼此絕緣；一電極框，設置於該第一導電區內，包含沿第一方向實質上平行之第一分壓電極與第二分壓電極，及沿第二方向實質上平行之第三分壓電極與第四分壓電極；及一圖標分壓電極，設置於該第一導電層之該第一導電區外，並與該第二導電區電連接。此觸控面板尚可進一步包含一第二導電層，與該第一導電層實質上平行；其中該第二導電層包含一第三導電區及一第四導電區，該第三導電區與該第四導電區不重疊且彼此絕緣，該第三導電區於該第一導電層投影之區域對應於該電極框，該第四導電區於該第一導電層投影之區域對應於該第二導電區。此外，在上述之觸控面板其中該圖標分壓電極與該第一分壓電極並聯。因此，該觸控面板可進一步包含：一第一導線，其一端電連接於該第二分壓電極與該第三分壓電極交接之角落；一第二導線，其一端電連接於該第一分壓電極與該第三分壓電極交接之角落及該圖標分壓電極之一端；一第三導線，其一端電連接於該第一分壓電極與該第四分壓電極交接之角落及該圖標分壓電極之另一端；及一第四導線，其一端電連接於該第二分壓電極與該第四分壓電極交接之角落。由於圖標分壓電極的設置，將影響電極框中的電壓分布。故該第一分壓電極、第二分壓電極、第三分壓電極、第四分壓電極在該圖標分壓電極與該第一分壓電極並聯後之電阻，以及該第一、第二、第三、第

四導線之電阻，須滿足特定之關係以維持電極框中動作區之線性電壓分布。基於相同之原理，上述之觸控面板亦可設置複數之圖標分壓電極。

【0008】 本發明另一實施態樣為一種觸控面板之製造方法，包含形成一第一導電層；在第一導電層界定一第一導電區及一第二導電區，使其互不重疊且彼此絕緣；在該第一導電區內設置一電極框，該電極框包含沿第一方向大致平行之第一分壓電極與第二分壓電極，及沿第二方向大致平行之第三分壓電極與第四分壓電極；以及在該第一導電層之第一導電區外設置一圖標分壓電極，並使其電連接該第二導電區。其中，可使用如蝕刻導電層之方式於該第一導電層界定該第一導電區及該第二導電區。再者，上述之觸控面板製造方法亦可進一步包含：形成一第一導線、一第二導線、一第三導線及一第四導線，其中第一導線之一端電連接於該第二分壓電極與該第三分壓電極交接之角落，第二導線之一端電連接於該第一分壓電極與該第三分壓電極交接之角落及該圖標分壓電極之一端，第三導線之一端電連接於該第一分壓電極與該第四分壓電極交接之角落及該圖標分壓電極之另一端，而第四導線之一端電連接於該第二分壓電極與該第四分壓電極交接之角落。此外，可藉由調整該第一、第二、第三、及/或第四導線之電阻，使該第一、第二、第三、第四分壓電極於該圖標分壓電極與該第一分壓電極並聯後之電阻滿足特定之關係，進而讓電極框中動作區之電壓分布維持線性。而調整該第一、第二、第三、及/或第四導線之電阻可藉由例如改變導線寬度、材料、或長度等方式加以實現。上述觸控面板之製造方法尚可進一步包含：設置平行該第一導電層之第二導電層，並將其區分一第三導電區及一第四導電區，二者不重疊且彼此絕緣，其中該第三導電區於



該第一導電層之投影對應於該電極框，且該第四導電區於該第一導電層之投影對應於該第二導電區。

**【0009】** 藉由本發明提出之觸控面板結構與製作方法，可在習知觸控面板的動作區外設置供獨立操作之圖標，讓觸控面板的操作介面與操作方式具有更多的變化與設計彈性。關於本發明之實施方式詳如後述。

### **【圖式簡單說明】**

#### **【0010】**

圖式第一圖為電阻式觸控面板之基本結構圖；

圖式第二圖為五線電阻式觸控面板之主要組成示意圖；

圖式第三圖為本發明之一實施例結構之透視投影圖；

圖式第四圖為本發明之一實施例之等效電阻示意圖。

### **【實施方式】**

**【0011】** 依據前述本發明之精神與意旨，以下配合圖式說明本發明之具體實施方式。惟圖式所揭示之內容僅為說明之用，並不必然代表實際產品之完整組成與尺寸比例，後述關於觸控面板之製作方式亦僅揭示基於本發明精神之主要步驟。觸控面板技術領域中具有通常知識者，自可依以下之說明了解並據以實施本發明。

**【0012】** 本發明之一實施例為具有獨立圖標之觸控面板，其主要構成元件之透視投影如圖式第三圖所示。其中，第一導電層區分為供作動用之第一導電區211及供設置圖標之至少一個第二導電區212（圖中為7個，可依設置圖標之實際需要，基於相同發明意旨而設計出不同數量、位置之第二導電區212）。上述導電區之邊界在圖中係以虛線繪製，實際製作時可使用

蝕刻方式界定各個導電區域之範圍，圖中之虛線即相當於蝕刻線，然而其方式並不以蝕刻導電層為限。矩形電極框之投影係位在第一導電區211內，由實質上平行第一方向（圖中x方向）之第一分壓電極41與第二分壓電極42、以及實質上平行第二方向（圖中y方向）之第三分壓電極43與第四分壓電極44所構成。由於上述各分壓電極實際上並非單純的直線形式，而是可能有各種的細部結構變化（例如圖中所示之結構），故在電極框相對側之分壓電極以「實質上平行」描述之。為使此觸控面板配合之操作介面具有可供觸摸操作之獨立圖標，需在第一導電層上設置一圖標分壓電極5，其投影係位於第一導電區211之外，並連接至各該第二導電區212。圖標分壓電極5的兩端則與電極框之相鄰二角落連接，亦即與電極框之其中一分壓電極並聯；以圖中所示為例，圖標分壓電極5係與第一分壓電極41並聯。本實施例中亦揭示用於連接電極框各角落與控制器（圖中未繪示）之複數導線，包括第一導線61、第二導線62、第三導線63、及第四導線64。其中達成圖標分壓電極5與第一分壓電極41並聯的方式之一，便是將第二導線62與第三導線63亦分別連接圖標分壓電極5之兩端。

【0013】 在圖式第三圖的架構中，當控制第一導電區211使其在x方向形成壓降時，第一導線61與第二導線62供給的電壓為 $V_{XL}$ 且第三導線63與第四導線64供給的電壓為 $V_{XH}$ ，連接圖標分壓電極5上不同位置的第二導電區212亦因不同的壓降而具有不同的電壓值。接著當控制第一導電區211在y方向形成壓降時，第一導線61與第四導線64供給的電壓為 $V_{YH}$ 且第二導線62與第三導線63供給的電壓為 $V_{YL}$ ，連接圖標分壓電極5上不同位置的第二導電區212均維持相同電壓值 $V_{YL}$ 。因此，連接於圖標分壓電極5上的M個第二

導電區212對應之電壓訊號為 $(V_{xm}, V_{yL})$ ，其中 $m$ 為 $1, 2, \dots, M$ ，而 $V_{xm}$ 的值則介於 $V_{xL}$ 與 $V_{xH}$ 之間。由於在實際應用上動作區7內的電壓訊號值在 $y$ 方向必定大於 $V_{yL}$ ，碰觸各圖標所產生之電壓訊號與碰觸動作區7內的電壓訊號範圍並不會重疊，可經由控制器加以區分。

**【0014】** 本發明另一實施例，係進一步使上述實施例中之圖標得以個別獨立控制，參考中華民國第201007540號公開專利申請案，可在第二導電層（圖式第三圖未繪示，請參照圖式第二圖）使用複數導電區的設計，各導電區彼此絕緣，且分別對應於第一導電層之第一導電區211及複數第二導電區212，並具有獨立之訊號導線。如此將可使圖標與動作區獨立控制，亦即可同時觸摸圖標與動作區，並可進一步使各個圖標均為獨立控制。

**【0015】** 基於上述相同原理，本發明另一實施例為具有雙圖標分壓電極之觸控面板。根據圖式第三圖之基本架構設置二個圖標分壓電極，分別並聯電極框之二分壓電極，例如第一圖標分壓電極與第一分壓電極41並聯且連接 $M$ 個第二導電區212，而第二圖標分壓電極與第四分壓電極44並聯且連接 $N$ 個第二導電區212。參照前述內容，第一圖標分壓電極上的 $M$ 個可觸摸圖標之電壓訊號為 $(V_{xm}, V_{yL})$ ，同理第二圖標分壓電極上的 $N$ 個可觸摸圖標之電壓訊號為 $(V_{yn}, V_{xH})$ 。該等圖標之電壓訊號均非屬動作區7之電壓值範圍，可區辨個別圖標之電壓訊號；如欲獨立控制圖標，亦同樣可使用複數導電區之第一導電層加以實現。基於相同之發明意旨，以圖式第三圖揭示之矩形電擊框為例，最多可設置四個圖標分壓電極並可使所有圖標均為獨立控制。

**【0016】** 本發明之另一實施例為具有獨立圖標之觸控面板的製造方

法，其步驟包含：

【0017】 (1) 於一第一基板上形成一第一導電層，該第一基板之材質可以例如是PET或玻璃，而該第一導電層之材質可例如是ITO，使該第一基板與該第一導電層均為可透光。

【0018】 (2) 將該第一導電層區分第一導電區及至少一第二導電區，二者之範圍係使用例如蝕刻之方式在一完整之導電材質上界定上述之導電區。可參照圖式第三圖之元件符號211、212所示，其周圍之虛線即代表蝕刻線；雖然圖中各圖標均對應個別之第二導電區212，然而實際上亦可能在單一之第二導電區上設置複數之圖標。

【0019】 (3) 於上述之第一導電區上設置一電極框，此電極框係由沿大致平行之第一分壓電極與第二分壓電極，及沿第二方向大致平行之第三分壓電極與第四分壓電極構成，例如可參照圖式第三圖中元件符號41、42、43、44之結構。

【0020】 (4) 於上述之第一導電層之第一導電區外上設置一圖標分壓電極，該圖標分壓電極與前述之各第二導電區電連接，例如可參照圖式第三圖之元件符號5。

【0021】 (5) 設置分別電連接於電極框四個角落之第一導線、第二導線、第三導線、及第四導線，可參照圖式第三圖之元件符號61、62、63及64；將該圖標分壓電極與該電極框之一分壓電極並聯，例如在圖式第三圖中，第二導線62與第三導線63除連接第一分壓電極41之兩端外，並連接圖標分壓電極5之兩端，使其與第一分壓電極41並聯。

【0022】 (6) 參照圖式第四圖，其中揭示圖式第三圖中第一、第二、

第三、第四分壓電極與第一、第二、第三、第四導線之等校電阻。在圖標分壓電極5與第一分壓電極41並聯之情況下， $R_{X1}$ 、 $R_{X2}$ 、 $R_{Y1}$ 、 $R_{Y2}$ 分別表示第一、第二、第三、第四分壓電極之電阻。調整該第一導線之電阻 $R_1$ 、該第二導線之電阻 $R_2$ 、該第三導線之電阻 $R_3$ 、及/或該第四導線之電阻 $R_4$ ，使上述各電阻之關係滿足：

$$\left| \left( \frac{R_1}{R_1 + R_{X2} + R_4} - \frac{R_2}{R_2 + R_{X1} + R_3} \right) / 2 \right| \leq 2\%$$

$$\left| \left( \frac{R_4}{R_1 + R_{X2} + R_4} - \frac{R_3}{R_2 + R_{X1} + R_3} \right) / 2 \right| \leq 2\%$$

$$\left| \left( \frac{R_1}{R_1 + R_{Y1} + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_{Y2} + R_4} \right) / 2 \right| \leq 2\%$$

$$\left| \left( \frac{R_2}{R_1 + R_{Y1} + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_{Y2} + R_4} \right) / 2 \right| \leq 2\%$$

其中，調整各導線電阻之方法可例如改變其長度、寬度、材質之設計等。

**【0023】** (7) 形成與該第一基板及第一導電層實質上平行之第二導電層，其材質可例如是ITO，使該第二導電層為可透光。將該第二導電層區分為一第三導電區及一第四導電區，該第三導電區與該第四導電區絕緣。該第三導電區於該第一導電層投影之區域對應於該第一導電區，且該第四導電區於該第一導電層投影之區域對應於該第二導電區。

**【0024】** 需特別說明的是，上述各步驟之實施順序並不必然依據標號所列之順序，本技術領域具有通常知識者可依實際需要與製程之安排而有不同之變化。

【0025】 以上所述之各實施例，僅為本發明實施方式之例示，並非窮盡列舉所有可能之變化。申請人主張之權利範圍如後述申請專利範圍所載，其中各請求項之文義及均等範圍均為本專利之權利範圍所涵蓋，前述發明說明或圖式之內容自不得作為解釋申請專利範圍之限制。

### 【符號說明】

#### 【0026】

- 11 第一基板
- 12 第二基板
- 21 第一導電層
- 22 第二導電層
- 3 間隔物
- 4 電極框
- 211 第一導電區
- 212 第二導電區
- 41 第一分壓電極
- 42 第二分壓電極
- 43 第三分壓電極
- 44 第四分壓電極
- 5 圖標分壓電極
- 61 第一導線
- 62 第二導線
- 63 第三導線

64 第四導線

7 動作區

## 申請專利範圍

1. 一種觸控面板，包含：
  - 一第一導電層，包含一第一導電區及一第二導電區，該第一導電區與該第二導電區不重疊且彼此絕緣；
  - 一第二導電層，與該第一導電層實質上平行，包含一第三導電區及一第四導電區，該第三導電區與該第四導電區不重疊且彼此絕緣；
  - 一電極框，設置於該第一導電區內，包含沿第一方向實質上平行之第一分壓電極與第二分壓電極，及沿第二方向實質上平行之第三分壓電極與第四分壓電極，其中該第三導電區於該第一導電層投影之區域對應於該第一導電區，該第四導電區於該第一導電層投影之區域對應於該第二導電區；及
  - 一圖標分壓電極，設置於該第一導電層之該第一導電區外，並與該第二導電區電連接。
2. 如申請專利範圍第1項所述之觸控面板，其中該圖標分壓電極與該第一分壓電極並聯。
3. 如申請專利範圍第2項所述之觸控面板，進一步包含：一第一導線，其一端電連接於該第二分壓電極與該第三分壓電極交接之角落；一第二導線，其一端電連接於該第一分壓電極與該第三分壓電極交接之角落及該圖標分壓電極之一端；一第三導線，其一端電連接於該第一分壓電極與該第四分壓電極交接之角落及該圖標分壓電極之另一端；及一第四導線，其一端電連接於該第二分壓電極與該第四分壓電極交接之角落。



4. 如申請專利範圍第3項所述之觸控面板，其中該第一分壓電極、第二分壓電極、第三分壓電極、第四分壓電極於該圖標分壓電極與該第一分壓電極並聯之電阻分別為 $R_{X1}$ 、 $R_{X2}$ 、 $R_{Y1}$ 、 $R_{Y2}$ ，該第一、第二、第三、第四導線之電阻分別為 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ ，並滿足：

$$\left| \left( \frac{R_1}{R_1 + R_{X2} + R_4} - \frac{R_2}{R_2 + R_{X1} + R_3} \right) / 2 \right| \leq 2\%、$$

$$\left| \left( \frac{R_4}{R_1 + R_{X2} + R_4} - \frac{R_3}{R_2 + R_{X1} + R_3} \right) / 2 \right| \leq 2\%、$$

$$\left| \left( \frac{R_1}{R_1 + R_{Y1} + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_{Y2} + R_4} \right) / 2 \right| \leq 2\%、及$$

$$\left| \left( \frac{R_2}{R_1 + R_{Y1} + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_{Y2} + R_4} \right) / 2 \right| \leq 2\%。$$

5. 一種觸控面板之製造方法，包含：

形成一第一導電層；

於該第一導電層界定一第一導電區及一第二導電區，使其互不重疊且彼此絕緣；

設置與該第一導電層平行之第二導電層，將其區分一第三導電區及一第四導電區，二者不重疊且彼此絕緣；

於該第一導電區內設置一電極框，該電極框包含沿第一方向大致平行之第一分壓電極與第二分壓電極，及沿第二方向大致平行之第三分壓電極與第四分壓電極，其中該第三導電區於該第一導電層之投影對應於該第一導電區，且該第四導電區於該第一導電層之投影對應於該第二導電區；及

於該第一導電層之該第一導電區外設置一圖標分壓電極，並使其電連接

該第二導電區。

6. 如申請專利範圍第5項所述之觸控面板之製造方法，其中係以蝕刻方式於該第一導電層界定該第一導電區及該第二導電區。
7. 如申請專利範圍第5項所述之觸控面板之製造方法，進一步包含：形成一第一導線、一第二導線、一第三導線及一第四導線，其中該第一導線之一端電連接於該第二分壓電極與該第三分壓電極交接之角落，該第二導線之一端電連接於該第一分壓電極與該第三分壓電極交接之角落及該圖標分壓電極之一端，該第三導線之一端電連接於該第一分壓電極與該第四分壓電極交接之角落及該圖標分壓電極之另一端，該第四導線之一端電連接於該第二分壓電極與該第四分壓電極交接之角落。
8. 如申請專利範圍第7項所述之觸控面板之製造方法，其中該第一導線之電阻 $R_1$ 、該第二導線之電阻 $R_2$ 、該第三導線之電阻 $R_3$ 、及該第四導線之電阻 $R_4$ ，與該第一、第二、第三、第四分壓電極於該圖標分壓電極與該第一分壓電極並聯後之電阻 $R_{X1}$ 、 $R_{X2}$ 、 $R_{Y1}$ 、 $R_{Y2}$ 滿足：

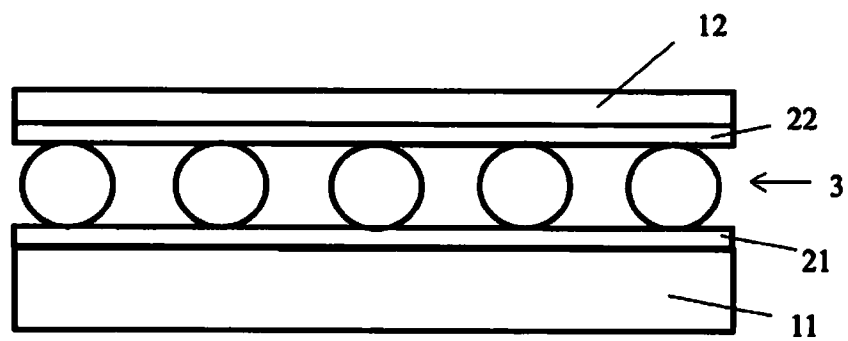
$$\left| \left( \frac{R_1}{R_1 + R_{X2} + R_4} - \frac{R_2}{R_2 + R_{X1} + R_3} \right) / 2 \right| \leq 2\% ,$$

$$\left| \left( \frac{R_4}{R_1 + R_{X2} + R_4} - \frac{R_3}{R_2 + R_{X1} + R_3} \right) / 2 \right| \leq 2\% ,$$

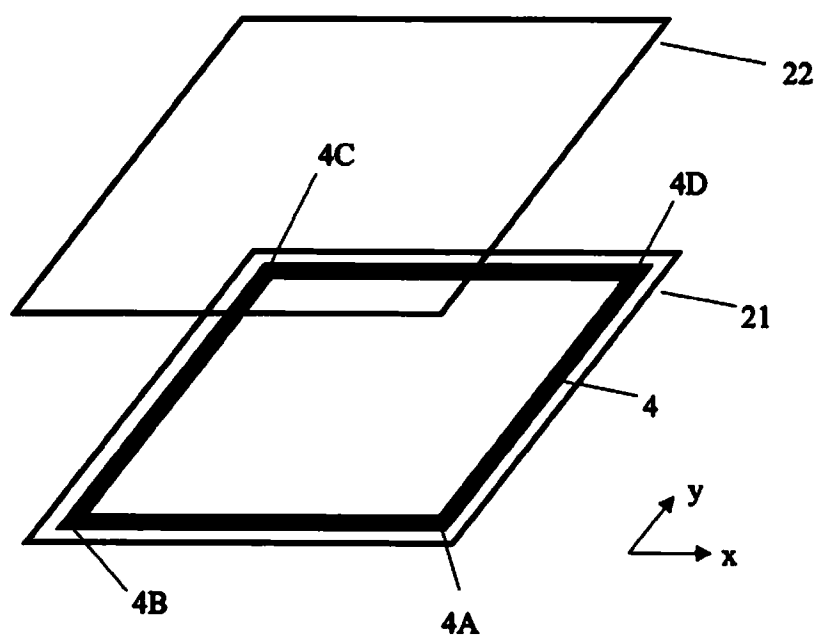
$$\left| \left( \frac{R_1}{R_1 + R_{Y1} + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_{Y2} + R_4} \right) / 2 \right| \leq 2\% , \text{ 及}$$

$$\left| \left( \frac{R_2}{R_1 + R_{Y1} + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_{Y2} + R_4} \right) / 2 \right| \leq 2\% .$$

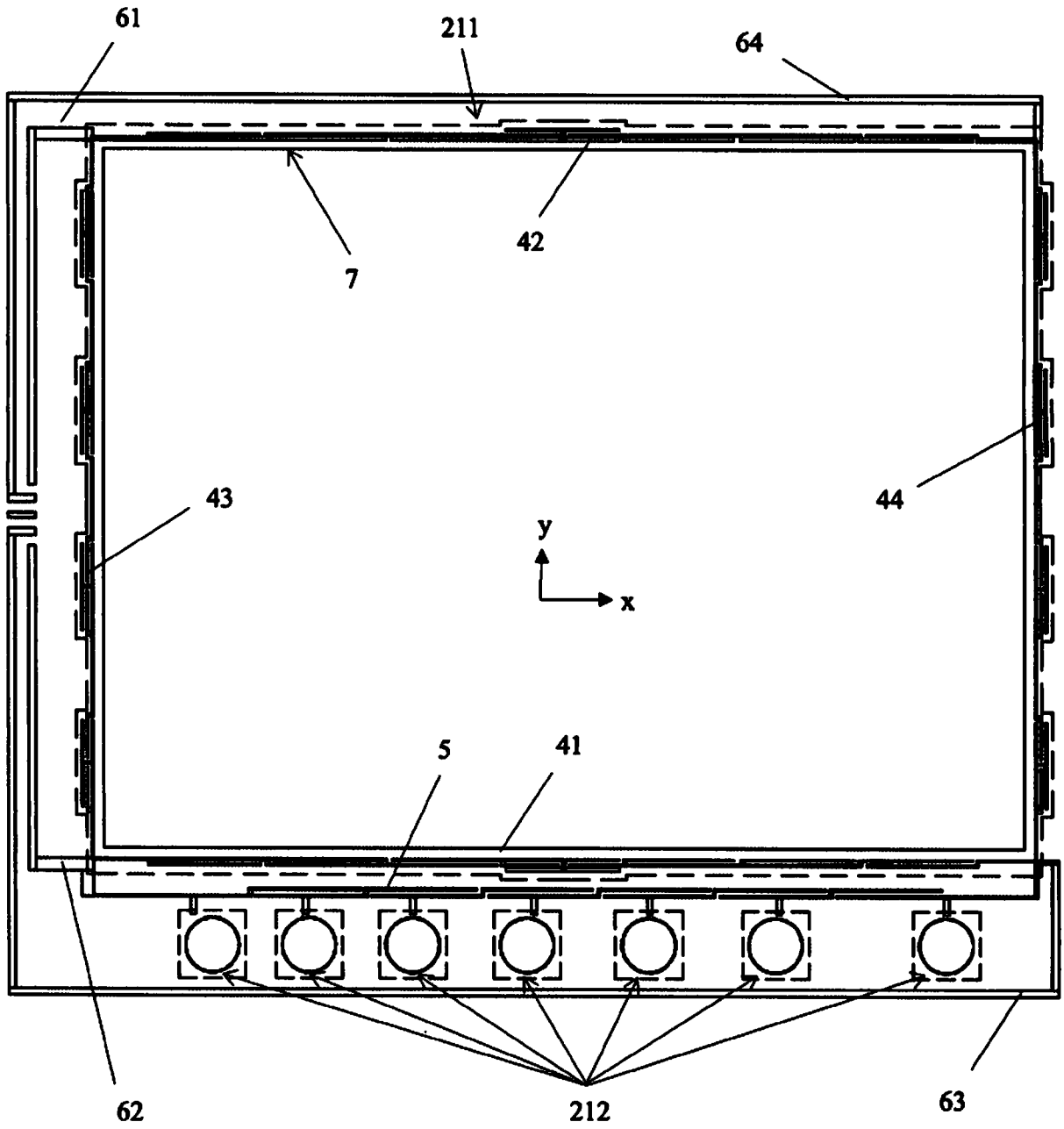
# 圖式



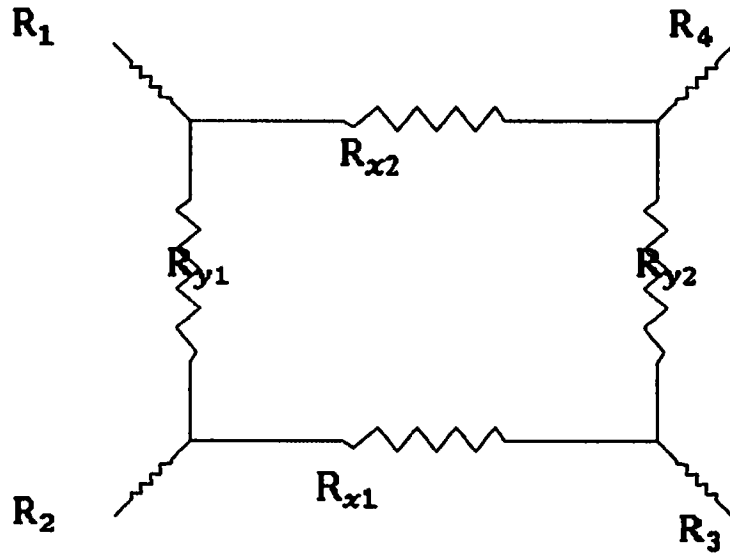
第一圖 (先前技術)



第二圖 (先前技術)



第三圖



第四圖