



(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 I491862 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：102127115

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 07 月 29 日

(51)Int. Cl. : G01L5/00 (2006.01) G06F3/044 (2006.01)

(30)優先權：2012/09/28 日本 2012-218707

2013/04/01 日本 2013-076221

(71)申請人：阪東化學股份有限公司 (日本) BANDO CHEMICAL INDUSTRIES, LTD. (JP)
日本(72)發明人：大高秀夫 OTAKA, HIDEO (JP)；加藤秀之 KATO, HIDEYUKI (JP)；則定英樹
NORISADA, HIDEKI (JP)；永瀬貴行 NAGASE, TAKAYUKI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201108062A

JP 2011-075322A

審查人員：蔡宏鑫

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：12 共 39 頁

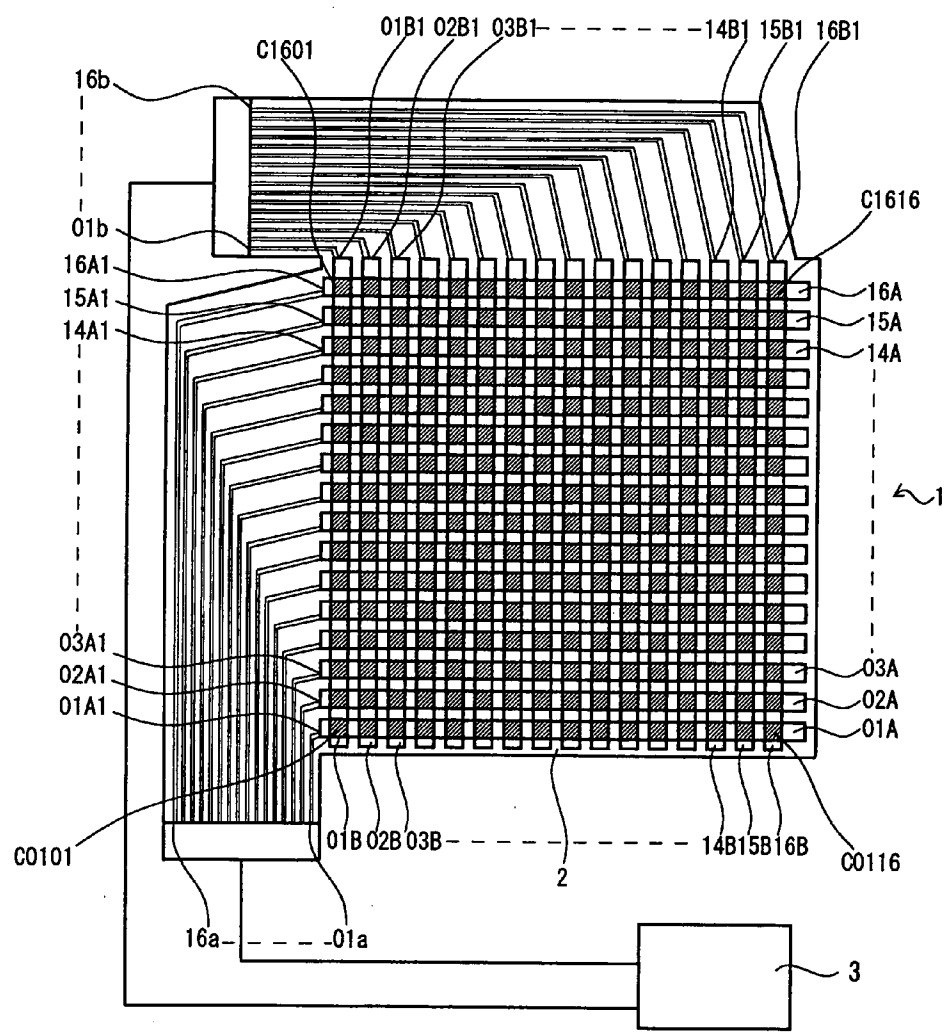
(54)名稱

靜電電容式感測片，靜電電容式感測片之製造方法及感測器

(57)摘要

本發明係為一種靜電電容式感測片，具備：彈性體製之介電層；層積於上述介電層表面之表側電極層；及層積於上述介電層裏面之裏側電極層；上述表側電極層及裏側電極層係含有奈米碳管，上述表側電極層及裏側電極層的平均厚度各自為 0.1 μ m 以上 10 μ m 以下，用來計測伸縮變形應變量及/或伸縮變形應變分佈。上述表側電極層及裏側電極層，較佳是藉由塗布含有奈米碳管的塗布液而形成。上述奈米碳管的平均長度，較佳是 100 μ m 以上。上述表側電極層及裏側電極層較佳是各自由複數個帶狀體所構成，該表側電極層與裏側電極層，從表裏方向觀察時配置成以略直角交錯。

圖 1



- 1 . . . 靜電電容式感測片
- 2 . . . 介電層
- 3 . . . 檢測電路
- 01A1~16A1 . . . 表側連接部
- 01A~16A . . . 表側電極層
- 01a~16a . . . 表側配線
- 01B1~16B1 . . . 裏側連接部
- 01B~16B . . . 裏側電極層
- 01b~16b . . . 裏側配線
- C0101~C1616 . . . 檢測部

發明摘要

※申請案號：102127115

※申請日：102 年 07 月 29 日

※IPC 分類：

G01L 5/00 (2006.01)
G06F 3/04 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

靜電電容式感測片，靜電電容式感測片之製造方法及感測器

【中文】

本發明係為一種靜電電容式感測片，具備：彈性體製之介電層；層積於上述介電層表面之表側電極層；及層積於上述介電層裏面之裏側電極層；上述表側電極層及裏側電極層係含有奈米碳管，上述表側電極層及裏側電極層的平均厚度各自為 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下，用來計測伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分佈。上述表側電極層及裏側電極層，較佳是藉由塗布含有奈米碳管的塗布液而形成。上述奈米碳管的平均長度，較佳是 $100\mu\text{m}$ 以上。上述表側電極層及裏側電極層較佳是各自由複數個帶狀體所構成，該表側電極層與裏側電極層，從表裏方向觀察時配置成以略直角交錯。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1：靜電電容式感測片

2：介電層

3：檢測電路

01A1～16A1：表側連接部

01A～16A：表側電極層

01a～16a：表側配線

01B1～16B1：裏側連接部

01B～16B：裏側電極層

01b～16b：裏側配線

C0101～C1616：檢測部

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

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)

靜電電容式感測片，靜電電容式感測片之製造方法及感測器

【技術領域】

[0001] 本發明係有關用來計測伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分佈而使用之靜電電容式感測片及該靜電電容式感測片之製造方法。

【先前技術】

[0002] 靜電電容式感測片能夠由一對電極層間的靜電容量變化來檢測測定對象物之凸凹形狀等，能夠用於表面壓力分佈感測器或應變計（strain gauge）等感測器。一般來說，靜電電容式感測器中的靜電容量（capacitance）是以以下式（1）表示。

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r S / d \cdot \cdot \cdot (1)$$

其中，C 為電容、 ϵ_0 為自由空間的介電常數、 ϵ_r 為介電層的相對介電常數、S 為電極層面積、d 為電極間距離。

[0003] 以往，作為上述感測片，習知有將介電層以一對電極層加以包夾之構造，該一對電極層含有調合了導電性填料（filler）之彈性體（elastomer）（參照日本特

開 2010-43881 號公報)。上述感測片中，因介電層為彈性體，故靜電容量的變化大。

[0004] 然而，用於表面壓力分佈感測器之靜電電容式感測片，係講求對於測定對象物的變形或動作具有優良的追蹤性，而上述文獻記載之靜電電容式感測片，無法充分滿足該特性。再者，用於伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分佈感測器之靜電電容式感測片，還講求耐久性優良，亦即即使感測片受到很大的伸縮變形或反覆變形，電極層與介電層也不易層間剝離，且電極層的導電性降低（電阻增加）程度少等。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[0005]

[專利文獻 1]日本特開 2010-43881 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

[0006] 以往用於表面壓力分佈感測器之靜電電容式感測片，雖能計測測定對象物的荷重分布，但無法得知荷重造成的變形量。舉例來說，將感測片裝配在如緩衝墊般的柔軟物，而對感測片施加荷重的情形下，無法計測緩衝墊變形成什麼樣子。

[0007] 本發明係有鑑於此一情事而研發，目的在於提供一種用來計測伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分

佈而使用之靜電電容式感測片及靜電電容式感測片之製造方法，其伸長度大而可追蹤柔軟的測定對象物之變形或動作，且對於伸縮變形或反覆變形之耐久性優良。

[解決問題之技術手段]

[0008] 為解決上述課題而研發之發明，係為一種靜電電容式感測片，具備：

彈性體製之介電層；

層積於上述介電層表面之表側電極層；及

層積於上述介電層裏面之裏側電極層；

上述表側電極層及裏側電極層係含有奈米碳管，

上述表側電極層及裏側電極層的平均厚度各自為 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下，用來計測伸縮變形應變量及伸縮變形應變分佈。

[0009] 該靜電電容式感測片藉由具有上述構成，其伸長度大而可追蹤柔軟的測定對象物之變形或動作，且對於感測片的伸縮變形或反覆變形之耐久性優良。該靜電電容式感測片藉由具有上述構成而發揮上述效果的理由，可以認為是表側電極層及裏側電極層（以下或稱「一對電極層」）含有奈米碳管，且平均厚度做作如上述範圍般較薄，藉此，一對電極層對於介電層之變形會發揮優良的追蹤性；此外，如上述般將一對電極層的平均厚度做成較薄，藉此，會抑制一對電極層與介電層之間的層間剝離等。

[0010] 上述表側電極層及裏側電極層，較佳是藉由塗布含有奈米碳管的塗布液而形成。如此一來，上述表側電極層及裏側電極層與介電層之間的密合性能夠更加提升，即使感測片受到很大的伸縮變形或反覆變形，也能更加抑制一對電極層與介電層之間的層間剝離。

[0011] 上述奈米碳管的平均長度，較佳是 $100\mu\text{m}$ 以上。一對電極層含有這種超長型的奈米碳管，藉此，該靜電電容式感測片能夠使伸長度更加增大，且對於柔軟的測定對象物之變形或動作能夠發揮更加優良的追蹤性。

[0012] 上述表側電極層及裏側電極層較佳是各自由複數個帶狀體所構成，該表側電極層與裏側電極層，從表裏方向觀察時配置成以略直角交錯。藉由採用上述構成，該靜電電容式感測片在測定測定對象物之變形位置及大小時，便可一面以外部的切換電路來切換各電極配線一面測定靜電容量，能夠使電極層的配置數及電極配線數更加減少，且能夠檢測該靜電電容式感測片的應變量及應變的位置資訊。

[0013] 該靜電電容式感測片於 1 軸方向的伸長率，較佳是 30% 以上。將該靜電電容式感測片的伸長率做成 30% 以上，藉此，對於柔軟的測定對象物之變形或動作，能夠有效發揮優良的追蹤性。

[0014] 相對於上述表側電極層及上述裏側電極層的全固形成分，上述奈米碳管的含有量較佳是 50 質量% 以上。藉由做成這樣的含有比例，即使受到反覆變形，也能

更加抑制表側電極層 01A~16A 的導電性降低（電阻增加），能夠做出耐久性更加優良之物。

[0015] 上述表側電極層及裏側電極層，較佳是實質上僅由奈米碳管所構成。藉由採用這樣的構成，即使受到反覆變形，也能更進一步抑制表側電極層 01A~16A 的導電性降低（電阻增加），能夠做出耐久性更進一步優良之物。

[0016] 上述奈米碳管，較佳是單層奈米碳管。藉由採用這樣的構成，上述表側電極層及裏側電極層會發揮更加優良的伸縮性，能夠使對於上述介電層的追蹤性更加提升。

[0017] 本發明的靜電電容式感測片之製造方法，係具有：

藉由彈性體材料形成介電層之工程；及

藉由塗布含有奈米碳管之塗布液，而在上述介電層表面及裏面層積出平均厚度各自為 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下的電極層之工程。

[0018] 按照該靜電電容式感測片之製造方法，能夠有效率地製造出伸長度大而可追蹤柔軟的測定對象物之變形或動作，且對於感測片的伸縮變形或反覆變形之耐久性優良之靜電電容式感測片。

[0019] 本發明中用於計測伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分佈之感測器，係具備：

該靜電電容式感測片；及

與上述靜電電容式感測片的表側電極層及裏側電極層連接之檢測電路。

[0020] 該感測器由於使用本發明之靜電電容式感測片，故伸長度大而可追蹤柔軟的測定對象物之變形或動作，且對於感測片的伸縮變形或反覆變形之耐久性優良。

[對照先前技術之功效]

[0021] 如以上說明般，本發明中用於計測伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分佈之靜電電容式感測片，其伸長度大而可追蹤柔軟的測定對象物之變形或動作，且對於感測片的伸縮變形或反覆變形之耐久性優良。

【圖式簡單說明】

[0022]

[圖 1]圖 1 為本發明第 1 實施形態之靜電電容式感測片 1 的俯視透視圖。

[圖 2]圖 2 為用於實施例中＜測定對於感測片變形之靜電容量變化＞的感測片說明用模型圖。

[圖 3]圖 3 為使用實施例 1 的靜電電容式感測片來進行〔測定對於反覆變形之電阻變化〕之測定結果。

[圖 4]圖 4 為使用實施例 2 的靜電電容式感測片來進行〔測定對於反覆變形之電阻變化〕之測定結果。

[圖 5]圖 5 為使用實施例 3 的靜電電容式感測片來進行〔測定對於反覆變形之電阻變化〕之測定結果。

[圖 6]圖 6 為使用實施例 4 的靜電電容式感測片來進行〔測定對於反覆變形之電阻變化〕之測定結果。

[圖 7]圖 7 為使用比較例 1 的靜電電容式感測片來進行〔測定對於反覆變形之電阻變化〕之測定結果。

[圖 8]圖 8 為使用實施例 1 的靜電電容式感測片來進行〔測定對於感測片變形之靜電容量變化〕之測定結果。

[圖 9]圖 9 為使用實施例 3 的靜電電容式感測片來進行〔測定對於感測片變形之靜電容量變化〕之測定結果。

[圖 10]圖 10 為使用實施例 1 的靜電電容式感測片來進行〔測定對於經過反覆變形的感測片變形之靜電容量變化（反覆精度）〕之測定結果。

[圖 11]圖 11 為使用實施例 3 的靜電電容式感測片來進行〔測定對於經過反覆變形的感測片變形之靜電容量變化（反覆精度）〕之測定結果。

[圖 12]圖 12 為本發明靜電電容式感測片之製造方法之「介電層形成工程」中，使用胺甲酸乙酯橡膠（urethane rubber）來作為構成介電層的彈性體的情形下，介電層的成膜裝置模型圖。

【實施方式】

[0023] 以下參照圖面，說明本發明之實施形態。

[0024]

〔第 1 實施形態〕

< 靜電電容式感測片 1 >

圖 1 之靜電電容式感測片 1，具備：片狀的介電層 2、層積於上述介電層 2 表面之帶狀體的表側電極層 01A～16A、層積於上述介電層 2 裏面之帶狀體的裏側電極層 01B～16B、表側配線 01a～16a、裏側配線 01b～16b。上述表側電極層與裏側電極層，其於表裏（上下）方向交錯之部分係為檢測部（以下或稱「像素」）C0101～C1616。另，檢測部（像素）的符號「C○○△△」中，前 2 位的「○○」係對應於表側電極層 01A～16A。後 2 位的「△△」係對應於裏側電極層 01B～16B。

[0025] 該靜電電容式感測片 1 的平均厚度、寬度及長度，係依據所使用之靜電電容式感測片 1 的用途而可適當設計變更。

[0026]

< 介電層 2 >

介電層 2 為可彈性變形之層。介電層 2 呈片狀，具有以 X 方向及 Y 方向作為各邊之俯視長方形狀。該介電層 2 主要由彈性體所構成，例如可由天然橡膠、異戊二烯橡膠（isoprene rubber）、丁腈橡膠（NBR；nitrile rubber）、三元乙丙橡膠（EPDM；ethylene propylene diene monomer）、苯乙烯-丁二烯橡膠（SBR；styrene-butadiene rubber）、丁二烯橡膠（BR；butadiene rubber）、氯丁橡膠（CR；chloroprene rubber）、矽氧橡膠（silicone rubber）、氟橡膠（fluoro rubber）、丙烯酸橡膠（acrylic rubber）、氫化丁腈橡膠（HNBR；

5

hydrogenated nitrile rubber)、胺甲酸乙酯橡膠 (urethane rubber) 等所構成。構成介電層 2 的彈性體，以具有高伸展性，反覆變形下的耐性優良，永久應變性小之矽氧橡膠、胺甲酸乙酯橡膠為佳，但可因應測定對象物或計測目的來選擇材料，也可施加配方改良。

[0027] 此外，介電層 2 除了上述彈性體以外，亦可含有交聯劑 (crosslinking agent)、塑化劑 (plasticizer)、硫化催速劑 (vulcanization accelerator)、抗老化劑等添加劑。

[0028] 此外，介電層 2 除了上述彈性體以外，還可含有鈦酸鋇等介電填料。藉由含有介電填料，能夠增大靜電容量 C，提高檢測靈敏度。

[0029] 該介電層 2 的平均厚度 (T1)，從謀求增大靜電容量 C 而提升檢測靈敏度之觀點、及謀求提升對測定對象物的追蹤性之觀點看來，較佳是 $10\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下、更加是 $30\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下。

[0030] 此外，介電層 2 在常溫下的相對介電常數，較佳是 2 以上、更加是 5 以上。若介電層 2 的相對介電常數未滿上述下限值，則靜電容量會變小，利用其作為感測器時可能無法獲得足夠的靈敏度。

[0031] 又，介電層 2 的楊氏係數，較佳是 0.01MPa 以上 5MPa 以下，更加是 0.1MPa 以上 1MPa 以下。若楊氏係數未滿上述下限值，則介電層 2 會過軟，難以做高品質的加工，可能無法獲得足夠的測定精度。另一方面，若

楊氏係數超過上述上限值，則介電層 2 會過硬，當測定對象物的變形荷重較小的情形下會妨礙測定對象物的變形動作，對於計測目的來說，計測結果可能不相符。

[0032]

< 表側電極層 01A~16A >

表側電極層 01A~16A 各自呈帶狀，在介電層 2 表面合計層積 16 條。表側電極層 01A~16A 各自朝 X 方向（左右方向）延伸。表側電極層 01A~16A 各自於 Y 方向（前後方向）各相距規定間隔，各自配置成彼此略平行。在表側電極層 01A~16A 的左端，各自配置有表側連接部 01A1~16A1。

[0033] 表側電極層 01A~16A 各自含有奈米碳管。此外，表側電極層 01A~16A 除了奈米碳管以外，亦可含有彈性體等連結材料。藉由含有這樣的連結材料，能夠謀求提升所形成的電極層與上述介電層之間的黏著強度、提升電極層的膜強度等，且塗敷含有奈米碳管之塗布液時亦有助於確保環境安全性（奈米碳管的毒性或類似石綿問題）。但，相對於電極層的全固形成分，上述連結材料的含有量以少量為佳。藉由減少上述連結材料的含有量，針對反覆變形，電阻的變化會較少而耐久性優良，且能夠抑制對測定對象物變形的妨礙。

[0034] 上述奈米碳管，例如可使用單層奈米碳管、多層奈米碳管。它們當中，以直徑較小、長寬比較大的單層奈米碳管為佳。上述奈米碳管的平均長度，較佳是

100 μm 以上、更佳是 300 μm 以上、再佳是 600 μm 以上。此外，上述奈米碳管的長寬比，較佳是 1000 以上、更佳是 10000 以上、特佳是 30000 以上。藉由使用這種超長型的奈米碳管，表側電極層 01A~16A 會發揮優良的伸縮性，能提升對於介電層 2 變形之追蹤性。此外，單層奈米碳管較佳的理由，推測如下。亦即，可以認為直徑較小的單層奈米碳管富有柔軟性，而另一方面直徑較大的多層奈米碳管則剛直，故藉由使用單層奈米碳管，當施加變形時奈米碳管會像彈簧般伸展，而發揮高度追蹤性等。

[0035] 上述彈性體材料，例如可舉出天然橡膠、異戊二烯橡膠、丁腈橡膠（NBR）、乙烯-丙烯橡膠（EPDM）、苯乙烯-丁二烯橡膠（SBR）、丁二烯橡膠（BR）、氯丁橡膠（CR）、矽氧橡膠、氟橡膠、丙烯酸橡膠、氫化丁腈橡膠、胺甲酸乙酯橡膠等。它們當中以氟橡膠為佳。

[0036] 上述連結材料，以生橡膠（天然橡膠及合成橡膠未受到加硫狀態之物）亦佳。像這樣藉由使用彈性較弱的材料，相對於介電層 2 之變形，能夠提高表側電極層 01A~16A 的追蹤性。

[0037] 此外，表側電極層 01A~16A 除了上述奈米碳管及彈性體材料以外，亦可含有各種添加劑。上述添加劑，例如可舉出用來分散奈米碳管之分散劑、用作黏結劑之交聯劑、硫化催速劑、加硫助劑、抗氧化劑、塑化劑、軟化劑、著色劑等。若以提升電極層的導電性為目的，則

也可考慮使用以電荷轉移（charge-transfer）材料或離子液體等作為摻雜物（dopant）之低分子材料來當作塗布劑或添加劑之手法；但藉由在電極層使用高長寬比的奈米碳管，則即使不經特別處理，仍能確保足夠的導電性。此外，若使用上述低分子材料，則可能會招致上述低分子材料遷移至介電層的彈性體或介電層的彈性體中的塑化劑，這被認為會造成介電層的絕緣性降低（體積電阻率降低）、或對於該感測片反覆變形之耐久性降低、計測值的可靠性降低。是故，較佳是不含有上述低分子材料。

[0038] 表側電極層 01A~16A 中的奈米碳管含有量，相對於表側電極層 01A~16A 中含有的全固形成分，較佳是 50 質量%以上、更佳是 70 質量%以上、特佳是 90 質量%以上。此外，表側電極層 01A~16A，較佳是做成不含有上述彈性體材料之構成。像這樣，藉由將導電性材料即奈米碳管以外的含有比例減低，即使受到反覆變形，也能抑制表側電極層 01A~16A 的導電性降低（電阻增加），能夠做出耐久性優良之物。

[0039] 此外，表側電極層 01A~16A 的平均厚度，各自為 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下。藉由將表側電極層 01A~16A 的平均厚度做成上述範圍，表側電極層 01A~16A 對於介電層 2 之變形能夠發揮優良的追蹤性。若平均厚度未滿 $0.1\mu\text{m}$ ，則會有導電性不足，測定精度降低之疑慮。另一方面，若平均厚度超過 $10\mu\text{m}$ ，則感測片會因為奈米碳管的補強效果而變硬，會有對測定對象物的追蹤性降低而

阻礙變形之疑慮。另，本說明書中，「電極層的平均厚度」，係使用雷射顯微鏡（VK-9510 KEYENCE 公司製）來測定。具體的方法為，以 $0.01\mu\text{m}$ 刻度來掃描在介電層表面層積之電極層的厚度方向，計測出其 3D 形狀後，針對介電層表面有層積電極層之區域及未層積之區域，分別計測縱 $200\mu\text{m}$ ×橫 $200\mu\text{m}$ 的矩形區域之平均高度，並將其平均高度的高低差，作為電極層的平均厚度。

[0040] 此外，以平均厚度 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下層積之上述表側電極層，係為黑色半透明，可視光線透過率為 $0\% \sim 70\%$ 。

[0041]

< 裏側電極層 01B～16B >

裏側電極層 01B～16B 各自呈帶狀，在介電層 2 裏面合計層積 16 條。裏側電極層 01B～16B，與表側電極層 01A～16A 從表裏方向觀察時，係各自配置成以略直角交錯。也就是說，裏側電極層 01B～16B 各自朝 Y 方向延伸。此外，裏側電極層 01B～16B 各自於 X 方向各相距規定間隔，各自配置成彼此略平行。在裏側電極層 01B～16B 的前端，各自配置有裏側連接部 01B1～16B1。

[0042] 裏側電極層 01B～16B 之構成，與上述表側電極層 01A～16A 略相同，故此處省略說明。

[0043]

< 表側配線 01a～16a >

表側配線 01a～16a 呈線狀，各自與上述表側連接部

01A1~16A1 及檢測電路連接。構成表側配線 01a~16a 之材料並無特別限定，可使用習知周知之材料，但若做成與上述表側電極層 01A~16A 同樣構成之物，則藉此表側配線 01a~16a 亦能夠伸縮變形，不會阻礙測定對象物造成之感測片變形，故較佳。亦即，較佳是將導電性材料即奈米碳管以外的含有比例減低，更佳是做成不含有彈性體材料之構成。

[0044]

<裏側配線 01b~16b>

裏側配線 01b~16b 呈線狀，各自與上述裏側連接部 01B1~16B1 及檢測電路連接。構成裏側配線 01b~16b 之材料，與上述表側配線 01a~16a 略相同，故此處省略說明。

[0045]

<檢測部（像素）C0101~C1616>

檢測部（像素）C0101~C1616，如圖 1 陰影線所示，係配置在表側電極層 01A~16A 和裏側電極層 01B~16B 於上下方向交錯之部分（重複之部分）。檢測部（像素）C0101~C1616 合計配置 256 個（=16 個×16 個），成為 256 像素。若從各像素取出一對電極層的情形下，需要 256×2 極共計 512 條配線，但如本實施形態般藉由使帶狀電極交錯，便能將必要的配線數做成 16 條+16 條共計 32 條。這可藉由下述方式達成，即，將各 16 條配線以外部的切換電路來切換，藉此將 256 像素一面以每 1 像素切

換一面測定靜電容量。其結果，便能夠檢測各像素的應變量及感測片的應變位置資訊。檢測部 C0101～C1616 橫跨靜電電容式感測片 1 的略全面，以略等間隔配置。檢測部 C0101～C1616 各自具備表側電極層 01A～16A 的一部分、裏側電極層 01B～16B 的一部分、介電層 2 的一部分。

[0046]

< 優點 >

本發明之靜電電容式感測片 1，係由測定對象物載置前的靜電容量 C 和測定對象物載置後的靜電容量 C 來檢測靜電容量的變化量 ΔC ，而能夠求出伸縮變形應變分佈。本發明之靜電電容式感測片 1，其伸長度大，於 1 軸方向可使其反覆伸長至 100%，又，就算使其伸長至 300%，感測片也不會被破壞。再者，可追蹤柔軟的測定對象物之變形或動作，且對於伸縮變形或反覆變形之耐久性優良，例如能夠追隨測定對象物的形狀、或是直接檢測測定對象物之動作等。

[0047]

< 靜電電容式感測片 1 之製造方法 >

接下來，說明靜電電容式感測片 1 之製造方法。靜電電容式感測片 1 之製造方法，係具有：

藉由彈性體材料形成介電層之工程（以下或稱「介電層形成工程」）；及

藉由塗布含有奈米碳管之塗布液，而在上述介電層表

面及裏面層積出平均厚度各自為 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下的電極層之工程（以下或稱「電極層層積工程」）。

[0048]

〔介電層形成工程〕

本工程中，係藉由彈性體材料形成介電層 2。首先，在彈性體中視需要添加介電填料、交聯劑、硫化催速劑、抗氧化劑等，調製出彈性體材料。彈性體材料及介電層之形成方法並無特別限定，可使用習知公知之材料及方法，但以下所述介電層 2 製造工程的例子中，例如是使用胺甲酸乙酯橡膠來作為構成介電層 2 之彈性體。計量出蓖麻油變性多元醇（商品名「2T-5008S OHv=13.6」，豐國製油公司製）、苯偏三酸三(2-乙基己基)酯（tris(2-ethylhexyl) trimellitic ester）塑化劑（商品名「TOTM」，大八化學公司製）、抗氧化劑（商品名「Irganox 1010」，Ciba Specialty Chemicals 公司製），於 80°C 的減壓下，以 95rpm 攪拌混合 60 分鐘。接著，計量出混合液，調整成 100°C 後，添加觸媒（商品名「Ucat 2030」，san-apro 公司製），以攪拌機攪拌 1 分鐘。其後，添加規定量的異氰酸鹽（商品名「Millionate MT」，日本聚氨酯工業公司製），以攪拌機攪拌 90 秒後，立即將混合液注入圖 12 所示之成形裝置，以保護膜夾成三明治狀，一面搬運一面使其交聯硬化，得到附保護膜之規定厚度的料卷片。又，在調節成 100°C 的爐中使其交聯反應 10~60 分鐘，藉此便能製造出介電層 2。介電層 2 係形成為通常是 $10\mu\text{m}$ 以上

1000 μm 以下、較佳是 50 μm 以上 500 μm 以下之平均厚度。

[0049]

[電極層層積工程]

本工程中，藉由塗布含有奈米碳管之塗布液，而在上述介電層 2 表面及裏面層積出平均厚度各自為 0.1 μm 以上 10 μm 以下的電極層。

[0050] 首先，將奈米碳管添加至甲基異丁酮 (MIBK; methyl isobutyl ketone) 等有機溶媒中。有機溶媒中，更可視需要添加氟橡膠等彈性體或分散劑。將上述得到之溶媒，利用濕式分散機使其分散。例如，利用超音波分散機、噴射磨機 (jet mill)、珠磨機 (bead mill) 等既知之分散機使其分散，調製出含有奈米碳管的塗布液 (以下或稱「電極材料之塗布液」)。

[0051] 接著，利用氣刷 (air brush) 等，在上述介電層 2 表面將上述調製好的電極材料之塗布液塗布成帶狀並使其乾燥。構成上述介電層 2 之彈性體若非矽氧橡膠，而是胺甲酸乙酯橡膠、EPDM 等的情形下，則藉由上述塗布液所得到的塗敷膜與上述彈性體表面之間的黏著力優良，故不需再經特別處理來提升對上述彈性體表面之黏著性，是其優點。帶狀電極例如寬度為 1mm~20mm 左右、長度為 50mm~500mm 左右，相距 1mm~5mm 左右之間隔，形成為彼此略平行。

[0052]

< 優點 >

依照本發明之靜電電容式感測片之製造方法，上述表側電極層及裏側電極層與介電層之間的密合性能夠更加提升，即使感測片受到很大的伸縮變形或反覆變形，也能更加抑制一對電極層與介電層之間的層間剝離。

[0053]

< 感測器 >

本發明中用於計測伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分佈之感測器，係具備：

該靜電電容式感測片；及

與上述靜電電容式感測片的表側電極層及裏側電極層連接之檢測電路。

[0054] 該感測器由於使用本發明之靜電電容式感測片，故伸長度大而可追蹤柔軟的測定對象物之變形或動作，且對於感測片的伸縮變形或反覆變形之耐久性優良。

[0055] 與上述表側電極層及裏側電極層連接之檢測電路，可適當採用對上述表側電極層與裏側電極層之間的靜電容量變化加以檢測之檢測電路。檢測電路例如具備：像素之切換電路、計測靜電容量之電路（LCR計等）、用來輸出至電腦等之電路、用來驅動電路之電源電路、適當演算輸出值之演算部等。

[0056]

< 其他實施形態 >

另，本發明除上述實施態樣外，還能以施加各種變

更、改良之形態來實施。

[0057] 也就是說，上述實施形態中表側電極層 01A～16A 及裏側電極層 01B～16B 的配置數雖做成 16 個，但該配置數並無特別限定。此外，上述實施形態中表側電極層 01A～16A 與裏側電極層 01B～16B 的交錯角度亦無特別限定。

[0058] 此外，較佳是構成為在上述實施形態中的介電層 2 上方配置片狀之表側保護層，該表側保護層係將介電層 2、表側電極層 01A～16A 及表側配線 01a～16a 從上方加以覆蓋。又，較佳是構成為在上述實施形態中的介電層 2 下方更配置片狀之裏側保護層，該裏側保護層係將介電層 2、裏側電極層 01B～16B 及裏側配線 01b～16b 從下方加以覆蓋。藉由採用這樣的構成，能夠抑制表側電極層 01A～16A、表側配線 01a～16a、裏側電極層 01B～16B 及裏側配線 01b～16b，與靜電電容式感測片 1 的外部的構件導通。上述表側保護層及裏側保護層，較佳是與介電層 2 含有略相同之基質聚合物（base polymer）而形成。如此一來，能獲得與介電層 2 之間的高黏著性。

[0059] 另，上述實施形態中，該靜電電容式感測片除了表側電極層及裏側電極層外還具備配線，但只要具備表側電極層及裏側電極層，配線可以不要。

[實施例]

[0060] 以下藉由實施例進一步具體說明本發明，但

本發明並非由以下實施例所限定。

[0061]

< 介電層之製作 >

在 EPDM (Esplene 600F, 住友化學公司製) 100 質量單位中, 添加 1.1 質量單位的 Percumyl D (日本油脂公司製) 作為過氧化物交聯劑, 得到滾練後的生橡膠。將該生橡膠在 160℃ 下加壓成型 20 分鐘使其交聯, 製作出膜厚 100μm 的介電層。

[0062]

< 電極材料之製作 >

[調製例 1]

將作為奈米碳管的 VGCF-X (長度 3μm, 長寬比約 200, 註冊商標, 昭和電工公司製) 30 質量單位添加至甲基異丁酮 (MIBK) 56070 質量單位, 施以噴射磨機分散處理而得到塗布液 (A-1)。

[0063]

[調製例 2]

於上述得到的塗布液 (A-1) 中, 更添加作為橡膠材料的氟橡膠 (DAI-EL_{TM} G-912, 大金工業公司製) 2113 質量單位, 得到塗布液 (A-2)。

[0064]

[調製例 3]

調製例 1 中, 作為奈米碳管, 取代上述 VGCF-X 而使用 Super Growth CNT (以下亦表記為「SGCNT」) (纖

維直徑之中央值為約 3nm，成長長度 500 μ m~700 μ m，長寬比約 100000，碳純度 99.9%，日本產業技術總合研究所提供），除此之外如同調製例 1 般操作，得到塗布液（A-3）。

[0065]

[調製例 4]

將作為奈米碳管的上述 SGCNT 30 質量單位添加至甲基異丁酮（MIBK）56070 質量單位，並施以噴射磨機分散處理而成塗布液，更添加作為橡膠材料的氟橡膠（DAI-EL_{TM} G-912，大金工業公司製）2113 質量單位，得到塗布液（A-4）。

[0066]

[比較調製例 1]

對 EPDM（Esplene 600F，住友化學公司製）429 質量單位，添加作為奈米碳管的上述 VGCF-X 30 質量單位、作為塑化劑的絕緣油（Transformer Oil G，出光興產公司製）607 質量單位、以及作為硫黃交聯劑的鋅華（Hakusui Tech 公司製）10.7 質量單位、硬脂酸（花王化學公司製）2.1 質量單位、Seimi OT（日本乾溜工業公司製）3.6 質量單位、促進 EM-2（三新化學工業公司製）6.0 質量單位及促進 MSA（大內新興化學工業公司製）2.6 質量單位，使其滾練並分散，加壓成型交聯，製作出膜厚 40 μ m 的電極片（a-1）。

[0067]

< 靜電電容式感測片之製作 >

[實施例 1~4]

在上述製作出之介電層的表面，以氣刷將上述得到的各塗布液（A-1）～（A-4）塗布成帶狀並使其乾燥。帶狀電極是將平均厚度約 $1\mu\text{m}$ 、寬度 10mm 、長度 100mm 者以 5mm 間隔形成 5 條。接著，在上述介電層的裏面，將上述各塗布液塗布成與表面的帶狀電極呈正交，依相同要領形成。將該帶狀電極的兩端以 0.1mm 厚的銅箔補強，並將外部配線的引線螺固而連接。

[0068]

[比較例 1]

此外，將上述電極片（a-1）裁斷成帶狀，將其貼合在上述製作出的介電層的表面及裏面，使表面的帶狀電極與裏面的帶狀電極呈正交，而製作出比較例 1 之靜電電容式感測片。各帶狀電極層分別形成為平均厚度 $40\mu\text{m}$ 、寬度 10mm 、長度 100mm 。

[0069]

< 評估 >

利用上述製作出的各靜電電容式感測片，實施以下評估。

[0070]

[測定對於反覆變形之電阻變化]

於 1 軸方向反覆進行使其伸長至 100% 為止之伸長變形，測定帶狀電極兩端的電阻。帶狀電極為寬度 20mm ，

長度 50mm。首先，於 1 軸方向進行一次伸長至 100% 為止，以施加變形遲滯（deformation hysteresis）後，再對其反覆進行，測定上述電阻的變化。實施例 1~4 的結果分別如圖 3~圖 6、比較例 1 的結果如圖 7 所示。電阻增加愈小，便能評估其導電性未降低而對於反覆變形之耐久性良好。此處，圖 3~圖 7 中，各圖最下方的線表示第一次於 1 軸方向伸長至 100% 為止時（去程時）之電阻變化，而從表示其伸長率 100% 時的電阻值的點延伸至另一方的線（較上方的線），則表示從第一次的伸長率 100% 恢復至伸長率 0% 時（回程時）之電阻變化。此去程與回程合計為反覆次數一次。同樣地，從 100% 伸長時的電阻值為下方算來第 2 個點延伸之兩條線表示反覆次數第二次之電阻變化，它們當中，下方的線表示反覆次數第二次去程時、上方的線表示反覆次數第二次回程時之電阻變化。同樣地，反覆次數第三次以降之電阻變化如圖 3~圖 7 所示。

[0071] 由圖 3~圖 7 之結果，發現實施例 1~4 的感測片，在 100% 伸長的第一次其電阻會增加，但之後會趨於穩定。相對於此，比較例 1 的感測片，在 100% 伸長的第一次其電阻即大幅增加，數次後導電性喪失至無法計測的程度。此外，發現比較例 1 中電極片的一部從介電層剝離。實施例 1~4 中，又以使用高長寬比的 SGCNT 來作為電極層的奈米碳管之實施例 3 及 4，其伸長即使超過 100 次，電阻變化仍較小，耐久性優良。這推測是由於奈米碳

管形狀的不同而造成，且發現相較於纖維直徑大的多層奈米碳管，纖維直徑小的單層奈米碳管顯得優良，而纖維直徑超過 $100\mu\text{m}$ 的長型的高長寬比奈米碳管則更優良。又，電極層中未含有橡膠成分之實施例 3 的感測片，發現其伸長即使超過 100 次，電阻變化仍特別小，耐久性特別優良。

[0072] 另，圖 3～圖 7 中如上述般，僅在 100% 伸長的第一次計測中電阻增加，其後電阻穩定。為了提供性能更穩定的感測器，亦可在塗敷電極層後預先施加變形遲滯。然而，由於本發明作為感測器之檢測方式為靜電容量變化，故即使在變形狀態下仍具有足夠的導電性，電極層的電阻值不會影響計測值。是故，按照本發明之靜電電容式感測片，即使沒有預先施加變更變形遲滯之工程，仍能提供反覆耐久性優良之感測器。

[0073]

〔測定對於感測片變形之靜電容量變化〕

為了評估對於感測片變形之靜電容量變化，將實施例 1～實施例 4 的感測片如圖 2 般將兩邊以樹脂框架加以拘束，並於框架間朝 1 軸方向伸長至 100% 為止，測定靜電容量變化。靜電容量之測定，係使用 LCR 計（日置電機公司製 LCR HiTester 3522-50）。將 25 處檢測部的平均靜電容量，對 1 軸伸長的伸長率做描繪。關於實施例 1 的感測片如圖 8、關於實施例 3 的感測片則如圖 9 測定結果所示。關於含有電極層彈性體之實施例 2 及實施例 4，則

分別得到與圖 8 及圖 9 略相同的結果。另，關於比較例 1 之感測片，其到伸長率 50% 為止尚可測定，但到 100% 伸長則變得無法測定。

[0074] 由圖 8 及圖 9 之結果，發現實施例 1～實施例 4 之感測片，相對於變形率，靜電容量均是近乎直線性地增加，故能夠良好地運用於伸縮變形量及／或伸縮變形應變分佈感測器。

[0075]

[測定對於經過反覆變形的感測片變形之靜電容量變化（反覆精度）]

針對實施例 1～實施例 4 之感測片，測定其反覆上述 1 軸伸長時的靜電容量變化，以作為反覆精度之評估。其結果，發現反覆精度優良的順序為實施例 3 > 實施例 4 > 實施例 1 > 實施例 2。關於實施例 1 之感測片如圖 10、關於實施例 3 之感測片則如圖 11 結果所示。另，比較例 1 之感測片藉由一次的 100% 拉伸遲滯即已喪失導電性，故無法測定反覆精度。

[0076] 由圖 10 及圖 11，發現實施例之感測片相較於比較例而言，經過反覆變形後的靜電容量測定值偏差少，反覆精度優良。此外，發現電極層中未含有橡膠成分之實施例 1 及實施例 3 之感測片，分別相較於電極層中含有橡膠成分之實施例 2 及實施例 4 之感測片而言，反覆精度更加優良。此外，發現電極層中使用高長寬比奈米碳管之實施例 3 之感測片，其反覆精度特別優良。這推測是藉由使

用高長寬比的長型的奈米碳管，奈米碳管會如同彈簧般伸展而能夠追蹤，即使對感測片施加變形，導電路徑也不易被切斷，故可顯著地發現其效果。

[產業利用性]

[0077] 本發明中用於計測伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分佈之靜電電容式感測片，其伸長度大而可追蹤柔軟的測定對象物之變形或動作，且對於感測片的伸縮變形或反覆變形之耐久性優良。

【符號說明】

[0078]

- 1：靜電電容式感測片
- 2：介電層
- 3：檢測電路
- 01A1～16A1：表側連接部
- 01A～16A：表側電極層
- 01a～16a：表側配線
- 01B1～16B1：裏側連接部
- 01B～16B：裏側電極層
- 01b～16b：裏側配線
- C0101～C1616：檢測部
- 21：靜電電容式感測片
- 22：介電層

23：樹脂框架

01A'～05A'：表側電極層

01A'1～05A'1：表側連接部

01B'～05B'：裏側電極層

01B'1～05B'1：裏側連接部

C'0101～C'0505：檢測部

31：介電層

32、32'：保護膜

33：聚氨酯（polyurethane）用混合液

34：交聯爐

35：捲繞機

申請專利範圍

1. 一種靜電電容式感測片，其特徵為，具備：

彈性體製之介電層；

層積於上述介電層表面之表側電極層；及

層積於上述介電層裏面之裏側電極層；

上述表側電極層及裏側電極層係含有奈米碳管，

上述表側電極層及裏側電極層的平均厚度各自為 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下，用來計測伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分佈。

2. 如申請專利範圍第 1 項之靜電電容式感測片，其中，上述表側電極層及裏側電極層，是藉由塗布含有奈米碳管的塗布液而形成。

3. 如申請專利範圍第 1 項之靜電電容式感測片，其中，上述奈米碳管的平均長度為 $100\mu\text{m}$ 以上。

4. 如申請專利範圍第 1 項之靜電電容式感測片，其中，上述表側電極層及裏側電極層是各自由複數個帶狀體所構成，該表側電極層與裏側電極層，從表裏方向觀察時配置成以略直角交錯。

5. 如申請專利範圍第 1 項之靜電電容式感測片，其中，1 軸方向的伸長率為 30% 以上。

6. 如申請專利範圍第 1 項之靜電電容式感測片，其中，相對於上述表側電極層及上述裏側電極層的全固形成分，上述奈米碳管的含有量為 50 質量% 以上。

7. 如申請專利範圍第 1 項之靜電電容式感測片，其

中，上述表側電極層及裏側電極層，實質上僅由奈米碳管所構成。

8. 如申請專利範圍第 1 項之靜電電容式感測片，其中，上述奈米碳管為單層奈米碳管。

9. 一種靜電電容式感測片之製造方法，其特徵為，具有：

藉由彈性體材料形成介電層之工程；及

藉由塗布含有奈米碳管之塗布液，而在上述介電層表面及裏面層積出平均厚度各自為 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下的電極層之工程。

10. 一種感測器，其特徵為，具備：

申請專利範圍第 1 項之靜電電容式感測片；及

與上述靜電電容式感測片的表側電極層及裏側電極層連接之檢測電路，用來計測伸縮變形應變量及／或伸縮變形應變分佈。

圖式

圖 1

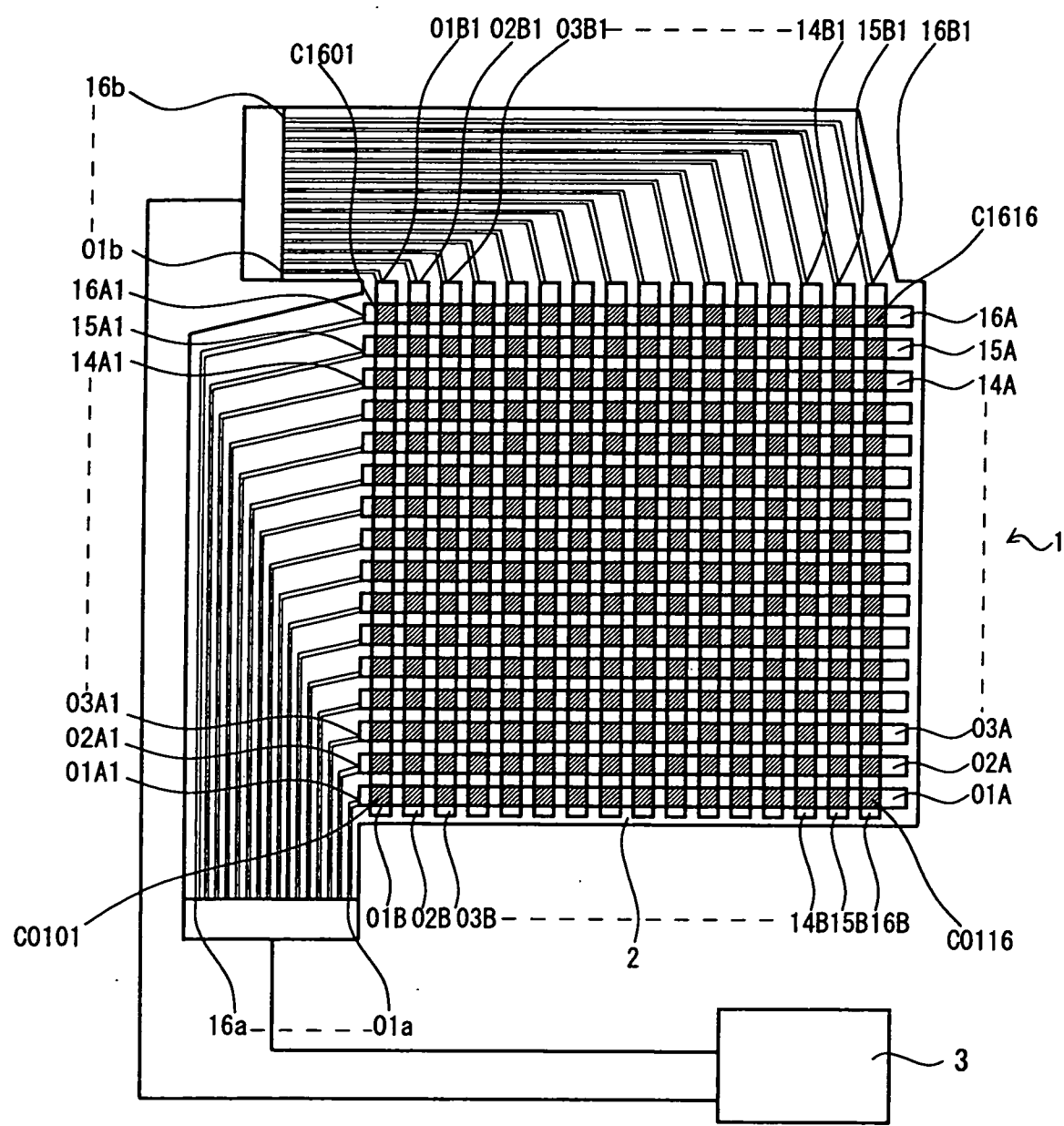


圖 2

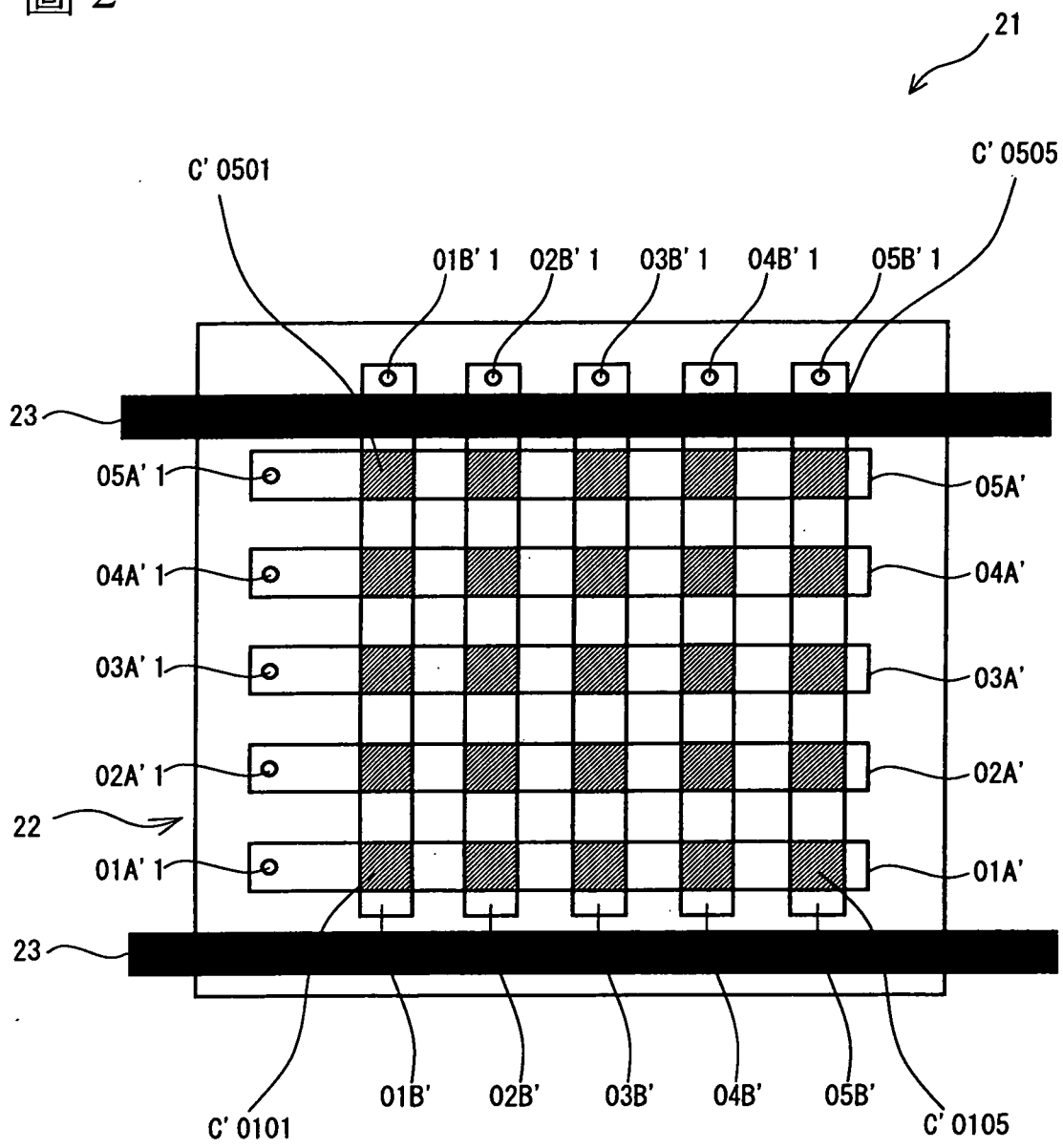


圖 3

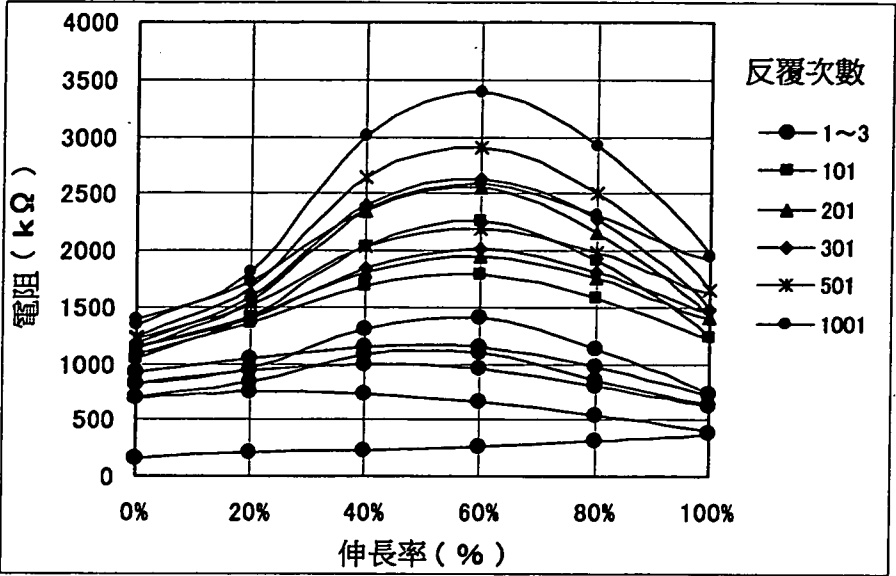


圖 4

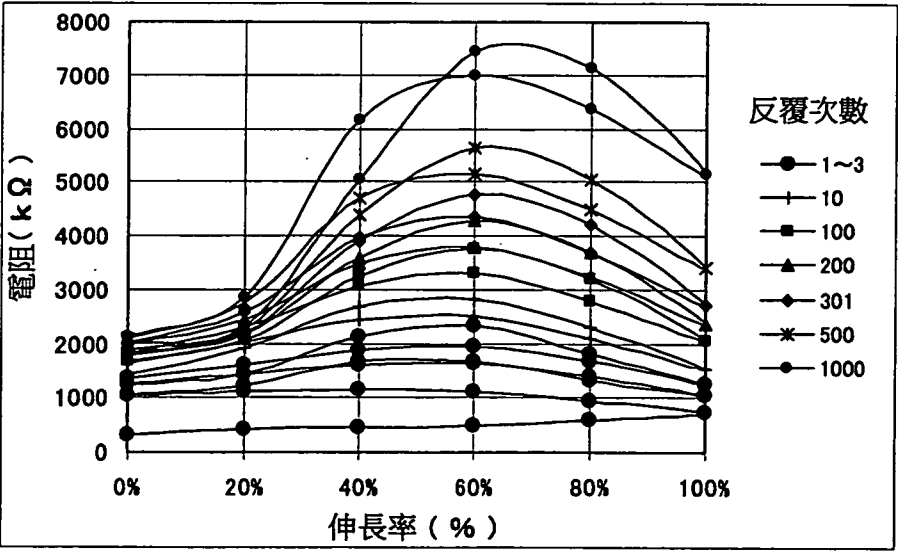


圖 5

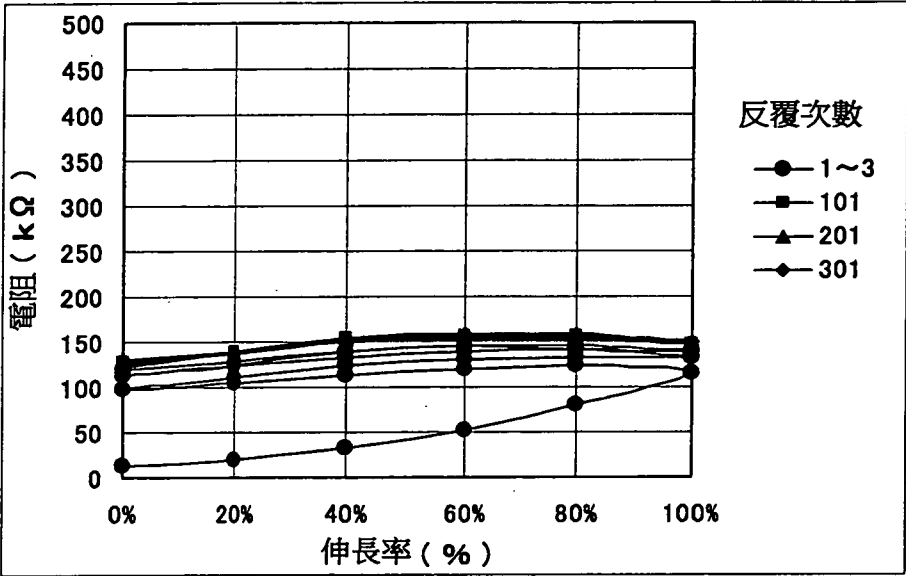


圖 6

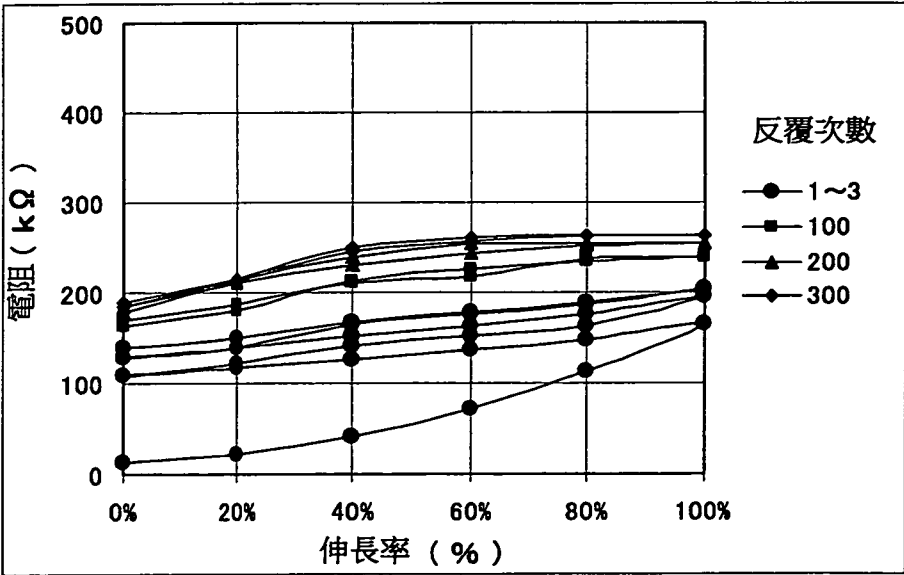


圖 7

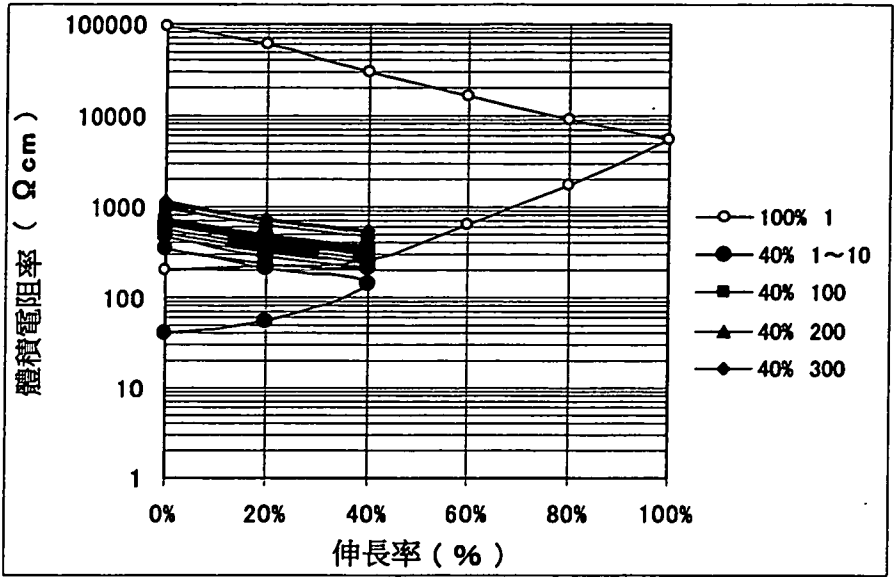


圖 8

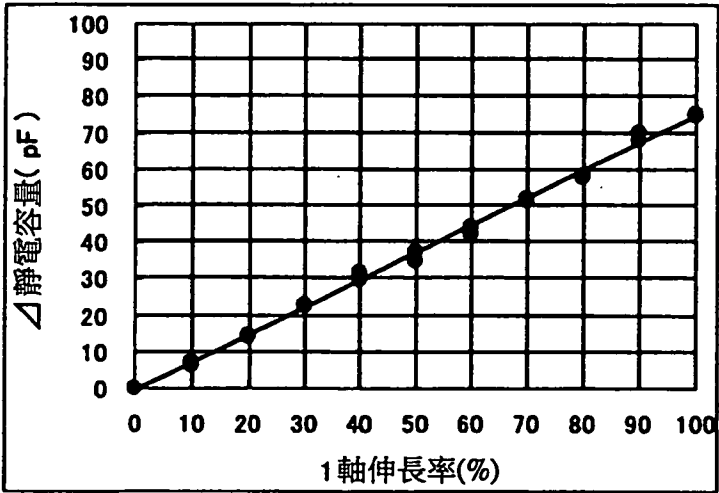


圖 9

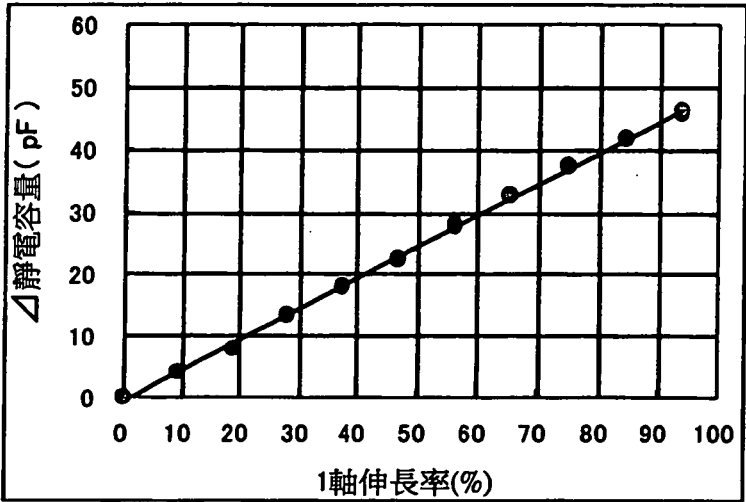


圖 10

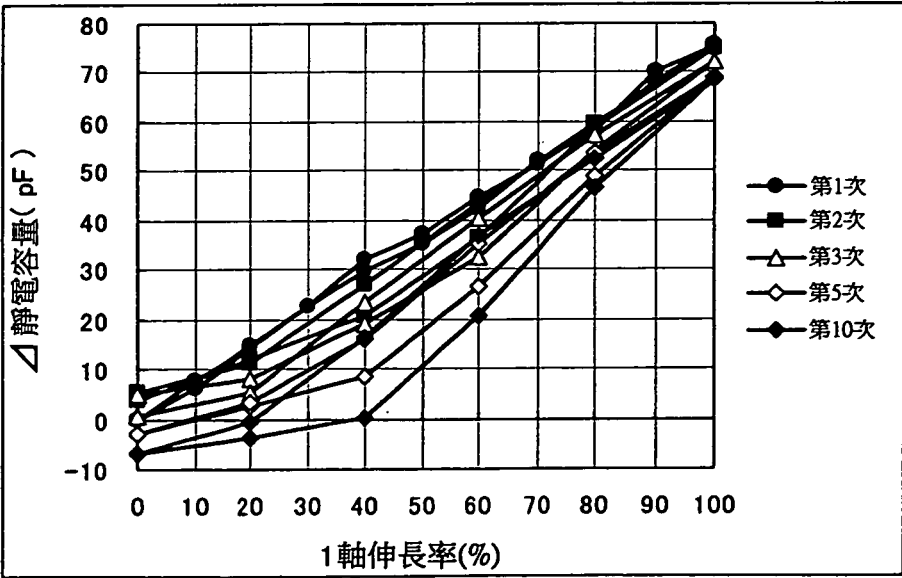


圖 11

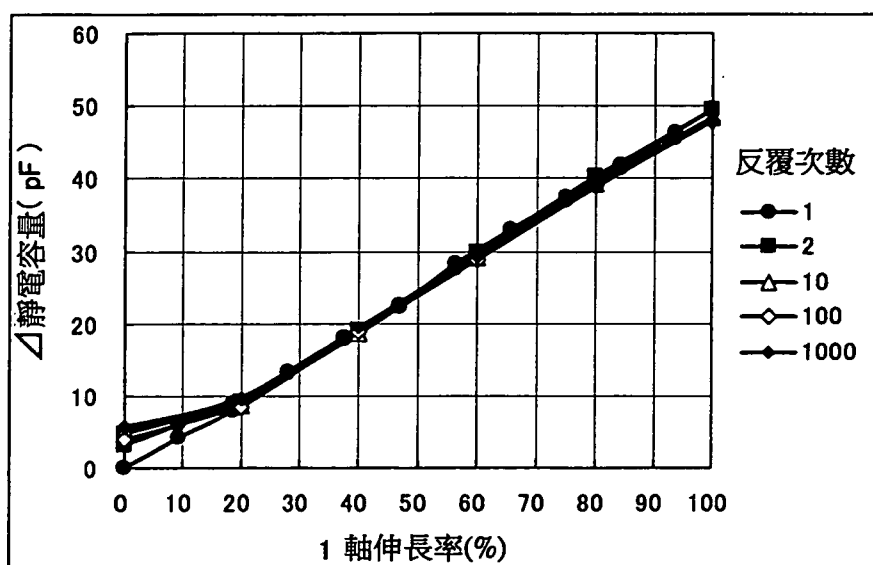


圖 12

