



(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 I795334 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：111131321 (22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 05 月 17 日

(51)Int. Cl. : **G02F1/167 (2019.01)** **G02F1/1675 (2019.01)**
H01L41/083 (2006.01) **B32B7/12 (2006.01)**

(30)優先權：2018/05/17 美國 62/673,092
2018/09/05 美國 62/727,033

(71)申請人：美商伊英克加利福尼亞有限責任公司(美國) E INK CALIFORNIA, LLC (US)
美國

(72)發明人：臧 宏玫 ZANG, HONGMEI (US)；林 怡璋 LIN, CRAIG (US)；伯漢 亞伯拉罕 BERHANE, ABRAHAM (US)；古 海燕 GU, HAIYAN (US)

(74)代理人：王彥評；黃政誠

(56)參考文獻：
TW 201135689A TW 201703018A

審查人員：葉耀中

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：15 共 59 頁

(54)名稱

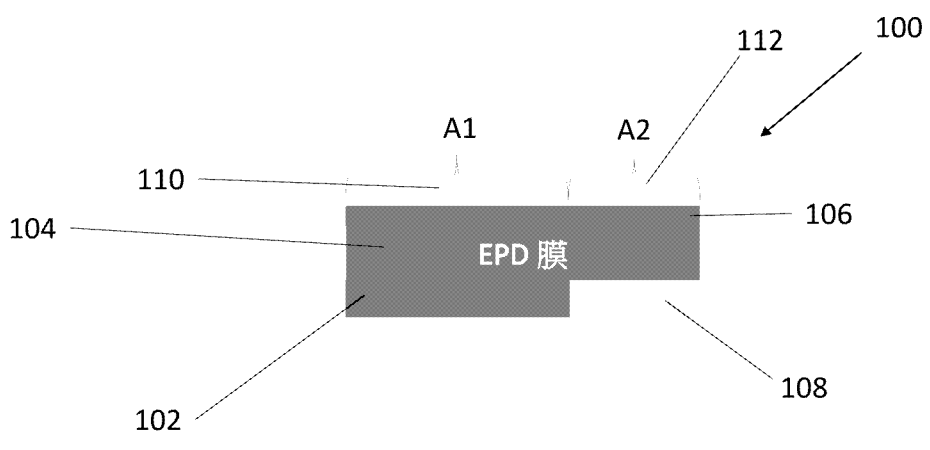
用於生產顯示器的方法及整合電泳顯示器的方法

(57)摘要

本發明提供一種電光顯示器，其具有電泳材料層、第一導電層、及配置在該電泳材料層與該第一導電層之間的壓電材料，該壓電材料與該電泳材料層的一部分重疊，且該第一導電層的一部分與該電泳材料的其餘部分重疊。

Provided herein is an electro-optic display having a layer of electrophoretic material, a first conductive layer, and a piezoelectric material positioned between the layer of electrophoretic material and the first conductive layer, the piezoelectric material overlaps with a portion of the layer of electrophoretic material, and a portion of the first conductive layer overlaps with the rest of the electrophoretic material.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 100:電光顯示器
- 102:壓電材料
- 104:電泳材料(EPD)膜
- 106:電極 1
- 108:電極 2
- 110:表面積 A1
- 112:面積 A2



I795334

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於生產顯示器的方法及整合電泳顯示器的方法

【英文發明名稱】

METHOD FOR PRODUCING A DISPLAY AND METHOD OF
INTEGRATING ELECTROPHORETIC DISPLAYS

【中文】

本發明提供一種電光顯示器，其具有電泳材料層、第一導電層、及配置在該電泳材料層與該第一導電層之間的壓電材料，該壓電材料與該電泳材料層的一部分重疊，且該第一導電層的一部分與該電泳材料的其餘部分重疊。

【英文】

Provided herein is an electro-optic display having a layer of electrophoretic material, a first conductive layer, and a piezoelectric material positioned between the layer of electrophoretic material and the first conductive layer, the piezoelectric material overlaps with a portion of the layer of electrophoretic material, and a portion of the first conductive layer overlaps with the rest of the electrophoretic material.

【指定代表圖】

圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

100:電光顯示器

102:壓電材料

104:電泳材料(EPD)膜

106:電極 1

108:電極 2

110:表面積 A1

112:面積 A2

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於生產顯示器的方法及整合電泳顯示器的方法

【英文發明名稱】

METHOD FOR PRODUCING A DISPLAY AND METHOD OF
INTEGRATING ELECTROPHORETIC DISPLAYS

【技術領域】

【0001】本案涉及 2018 年 5 月 17 日申請的美國臨時申請案 62/673,092 並主張其優先權。本案也涉及 2018 年 9 月 5 日申請的美國臨時申請案 62/727,033。

【0002】以引用的方式將前述申請案的全部揭露內容併入本文。

【0003】本文所揭露的標的涉及一種壓電電泳顯示器及其製造方法，該壓電電泳顯示器可以在未連接於電源下予以啟動或驅動。

【先前技術】

【0004】非發射型顯示器(non-emissive display)使用對比度差(contrast differences)來傳達資訊，其藉由改變不同頻率光線的反射率來達成；由此，它們與藉由發射光線來刺激眼睛的傳統的發射型顯示器截然不同。非發射型顯示器中的一種型態為電泳顯示器，其利用電泳現象來達成對比度。電泳意指帶電粒子在施加的電場中移動。當電泳在液體中發生時，該等粒子係以主要由該等粒子所受到的黏性曳力(viscous drag)、它們的電荷、該液體的介電性質、及該施加的電場的大小所決定的速度移動。

【0005】電泳顯示器利用懸浮在顏色不同的介電性液體介質中的帶有一種顏色的帶電粒子(即，由該等粒子所反射的光線)被該液體吸收。該懸浮液係收納在位於一對相向配置的電極之間(或部分由該一對電極所界定)的胞(cell)中，該一對電極中的一個是透明的。當使該等電極運作而施加橫越該介質的 DC 或脈衝式電場，該等粒子朝向符號相反的電極遷移。造成可目視觀察到的顏色變化。特別是，當足夠數量的該等粒子抵達該透明電極時，它們的顏色主導了顯示內容；然而，若該等粒子被拉到另一電極，則它們被取代其主導地位的該液體介質的顏色遮蔽。

【0006】許多電泳顯示器係雙穩態(bi-stable)：即使在將啟動電場移除後，它們的狀態仍保留著。這通常是透過該等電極上的殘留電荷、和該等粒子與該電泳胞的胞壁之間的凡得瓦交互作用來達成。電泳顯示器的驅動需要譬如電池的電源來將電力提供給該顯示器及/或其驅動電路。該電源可以是驅動 IC 以便產生電場。該電場可能也需要藉由電路來予以強化。在任一種情況下，都需要透過導線的實體連接來將該電源連結至該電泳顯示器和其驅動電路。

【發明內容】

【0007】根據本文所揭露的標的的一種態樣，一種電光顯示器，可包含：電泳材料層；第一導電層；及配置在該電泳材料層與該第一導電層之間的壓電材料，該壓電材料與該電泳材料層的一部分重疊，且該第一導電層的一部分與該電泳材料的其餘部分重疊。

【圖式簡單說明】

【0008】圖 1 係根據本文所揭露的標的的示範性電泳顯示器的剖面圖；

【0009】圖 2A 係圖 1 所示的該顯示器的另一剖面圖；

【0010】圖 2B 係圖 1 和 2A 所示的該顯示器的等效電路模型；

【0011】圖 3A 係根據本文所揭露的標的的另一示範性顯示器的剖面圖；

【0012】圖 3B 係圖 3A 所示的該顯示器的沿著 C1 線的剖面圖；

【0013】圖 3C 係圖 3A 所示的該顯示器的沿著 C2 線的剖面圖；

【0014】圖 3D 係根據本文所呈現的標的的顯示器的另一實施例；

【0015】圖 4 係根據本文所揭露的標的的另一示範性顯示器的剖面圖；

【0016】圖 5 係根據本文所揭露的標的的另一示範性顯示器的剖面圖；

【0017】圖 6 顯示根據本文所揭露的標的的具有鋸齒圖案的壓電電泳顯示器的一個實施例；

【0018】圖 7 顯示根據本文所揭露的標的的具有圖案的壓電電泳顯示器的另一實施例；

【0019】圖 8 顯示根據本文所揭露的標的的壓電電泳顯示器，其係基於防偽目的而用作鈔票的一部分；

【0020】圖 9 顯示根據本文所揭露的標的的壓電顯示器的另一實施例的剖面；

【0021】圖 10 係具有阻隔層的根據本文所揭露的標的的壓電顯示器的剖面圖；

【0022】圖 11A 係微胞層的俯視圖；

【0023】圖 11B 係圖 10A 所示的該微胞層的剖面圖；

【0024】圖 12A 和 12B 顯示根據本文所揭露的標的的電泳顯示器的另一實施例；

【0025】圖 13A 和 13B 顯示根據本文所揭露的標的的電泳顯示器的另一實施例；

【0026】圖 14A 顯示根據本文所揭露的標的的具有印刷的影像或形狀的電泳顯示器的附加實施例；

【0027】圖 14B 至 14E 顯示根據本文所揭露的標的的使用中的圖 14A 的顯示器；

【0028】圖 15A 顯示根據本文所揭露的標的的具有印刷的影像或形狀的電泳顯示器的另一實施例；及

【0029】圖 15B 至 15C 顯示根據本文所揭露的標的的使用中的圖 15A 的顯示器。

【實施方式】

[用以實施發明的形態]

【0030】作為應用於材料或者顯示器的術語「電光」，在本文中使用的的是其在成像領域中的常規含義，係指具有第一和第二顯示狀態的材料，該第一和第二顯示狀態係至少一個光學性質不同，藉由向該材料施加電

場使該材料從其第一顯示狀態轉變成其第二顯示狀態。雖然該光學性質通常是人眼可感覺到的顏色，但也可以是其他光學性質，譬如光學透射、反射、發光，或在欲用於機器讀取的顯示的情況下，是在可見光範圍之外的電磁波長的反射變化的意義上的偽色(pseudo-color)。

【0031】術語「雙穩態」和「雙穩定性(bistability)」，在本文中使用的的是其在領域中的常規含義，係指包含具有第一和第二顯示狀態的顯示元件的顯示器，該第一和第二顯示狀態係至少一個光學性質不同，而且在任何給定的元件藉由有限期間的定址脈衝而受到驅動以取得其第一或第二顯示狀態後，在該定址脈衝結束後，那個狀態會保留一段改變該顯示元件的狀態所需的該定址脈衝的最小期間的至少數倍(例如至少四倍)時間。美國專利 No. 7,170,670 中指出一些具有灰階功能的基於粒子的電泳顯示器不僅在其極端的黑態和白態下是穩定的，在其中間的灰態(gray state)下也是穩定的，而且一些其他類型的電光顯示器也有同樣的情形。雖然為了方便起見，本文中可能會使用術語「雙穩態」來涵蓋雙穩態和多穩態這兩種顯示器，但此種顯示器適合稱為「多穩態」而非雙穩態。

【0032】術語「灰態」，在本文中使用的的是其在成像領域中的常規含義，係指像素的兩個極端的光學狀態中間的狀態，未必意指在這兩個極端狀態之間的黑-白轉變。例如，下述的數個 E Ink 公司的專利和已公開的申請案記載該等極端狀態為白和深藍的電泳顯示器，以

至於中間的「灰態」實際上會是淺藍。的確，如上所述，光學狀態上的改變可能根本不是顏色改變。以下，可能使用術語「黑」和「白」來指顯示器的兩個極端的光學狀態，且應理解為通常包含並非嚴格的黑和白的極端的光學狀態在內，例如前述的白和深藍狀態。以下，可能使用術語「單色(monochrome)」來表示只將像素驅動成其兩個極端的光學狀態而沒有介於其間的灰態的顯示器或驅動方案。

【0033】術語「像素」，在本文中使用的的是其在顯示器領域中的常規含義，意指可以產生該顯示器本身能夠顯示的全部顏色的顯示器的最小單元。在全彩顯示器中，通常每個像素係由複數個子像素構成，每個子像素能夠顯示的顏色少於該顯示器本身能夠顯示的全部顏色。例如，在大多數的傳統全彩顯示器中，每個像素係由紅色子像素、綠色子像素、藍色子像素、和可選的白色子像素構成，而且每個該等子像素可以顯示其特定顏色的從黑到最亮版的顏色範圍。

【0034】已知有多種電光顯示器。一種電光顯示器是例如在美國專利 No. 5,808,783、5,777,782、5,760,761、6,054,071、6,055,091、6,097,531、6,128,124、6,137,467 和 6,147,791 中所記載的旋轉雙色構件(rotating bichromal member)型(雖然這種顯示器經常被稱為「旋轉雙色球」顯示器，但是由於在上述一些專利中旋轉構件並非球狀，所以術語「旋轉雙色構件」因更加準確而較佳)。這種顯示器使用大量具有帶有不同

同光學特徵的兩個以上部分的小體(通常是球狀或圓柱狀)、及內部偶極子(internal dipole)。這些體係懸浮在基質(matrix)中的充滿液體的液泡(vacuoles)內，該液泡係充滿液體以便該等體能自由旋轉。該顯示器的外觀係藉由以下方式改變：向其施加電場，從而將該等體旋轉到各種位置而改變透過觀察面所看到的該等體的部分。這種電光介質通常是雙穩態。

【0035】另一種電光顯示器使用電致變色介質，例如奈米變色薄膜(nanochromic film)形式的電致變色介質，其包括至少部分由半導體金屬氧化物形成的電極、及複數個附著在該電極的能夠可逆變色的染料分子；可參見例如 O'Regan, B.等人，Nature 1991, 353, 737；和 Wood, D., Information Display, 18(3), 24(2002年3月)。亦可參見 Bach, U.等人，Adv. Mater., 2002, 14(11), 845。例如在美國專利 No. 6,301,038、6,870,657、和 6,950,220 中也記載了這種奈米變色薄膜。這種介質通常也是雙穩態。

【0036】另一種電光顯示器係由 Philips 開發的並在 Hayes, R.A.等人的「基於電潤濕的視訊速度電子紙 (Video-Speed Electronic Paper Based on Electrowetting)」，Nature, 425, 383-385(2003)中記載的電潤濕顯示器。美國專利 No. 7,420,549 中指出這樣的電潤濕顯示器能夠被製成雙穩態。

【0037】作為多年來大量研究和開發主題的一種電光顯示器，係基於粒子的電泳顯示器，其中，複數個帶

電粒子在電場的影響下穿過流體移動。當與液晶顯示器相比時，電泳顯示器能夠具有以下屬性：良好的亮度和對比度、廣視角、狀態雙穩定性、和低功耗。

【0038】如上所述，電泳介質需要有流體存在。在大多數的電泳介質的先前技術中，此流體為液體，但電泳介質能夠使用氣相流體製造；參見例如 Kitamura, T. 等人，「類電子紙顯示器的電性調色劑運動 (Electrical toner movement for electronic paper-like display)」，IDW Japan, 2001, Paper HCS1-1，和 Yamaguchi, Y. 等人，「使用以摩擦帶電方式帶電的絕緣性粒子的調色劑顯示器 (Toner display using insulative particles charged triboelectrically)」，IDW Japan, 2001, Paper AMD4-4)。亦可參見美國專利 No. 7,321,459 和 7,236,291。這種基於氣體的電泳介質，當在容許粒子沉降的方位 (orientation) 上使用該介質時，例如在將該介質配置在垂直平面上的招牌 (sign) 中，看起來容易受到與基於液體的電泳介質同樣的起因於粒子沉降的問題影響。的確，粒子沉降的問題在基於氣體的電泳介質中看起來比在基於液體的電泳介質中還要嚴重，因為與液體流體相比，氣相懸浮流體較低的黏度會使該等電泳粒子更快地沉降。

【0039】大量轉讓給麻省理工學院 (MIT) 和 E Ink 公司或是在其等名下的專利和申請案記載用於封裝的電泳介質和其他電光介質的各種技術。這種封裝的電泳介質包括大量的小囊，每一個小囊本身包括內部相和圍繞該

內部相的囊壁，該內部相含有在流體介質中的可電泳移動的粒子。通常，該囊本身係保持在聚合黏結劑 (binder) 中以形成位於兩電極之間的黏附層 (coherent layer)。記載在這些專利和申請案中的該等技術包含：

(a) 電泳粒子、流體和流體添加劑；參見例如美國專利 No. 7,002,728 和 7,679,814；

(b) 囊、黏結劑和封裝製程；參見例如美國專利 No. 6,922,276 和 7,411,719；

(c) 含有電光材料的薄膜和子組件；參見例如美國專利 No. 6,982,178 和 7,839,564；

(d) 用於顯示器中的背板、黏合劑層 (adhesive layer) 和其他輔助層以及方法；參見例如美國專利 No. 7,116,318 和 7,535,624；

(e) 顏色形成和顏色調節；參見例如美國專利 No. 7,075,502 和 7,839,564；

(f) 用於驅動顯示器的方法；參見例如美國專利 No. 7,012,600 和 7,453,445；

(g) 顯示器的應用；參見例如美國專利 No. 7,312,784；和 8,009,348；

(h) 非電泳顯示器，如在美國專利 No. 6,241,921；6,950,220；7,420,549 和 8,319,759；和美國專利申請案公開 No. 2012/0293858 中所記載；

(i) 微胞結構、壁材料、和形成微胞的方法；參見例如美國專利 No. 7,072,095 和 9,279,906；以及

(j)用於填充和密封微胞的方法；參見例如美國專利 No. 7,144,942 和 7,715,088。

【0040】許多前述專利和申請案認識到在封裝的電泳介質中圍繞該等離散的微囊的該等壁能由連續相取代，由此產生所謂的聚合物分散型電泳顯示器，其中該電泳介質包括複數個離散的電泳流體液滴和連續相的聚合物材料，並且即使沒有與每個單獨的液滴關聯的離散的囊膜，也可以將在這樣的聚合物分散型電泳顯示器內的離散的電泳流體液滴視為囊或微囊；參見例如前述美國專利 No. 6,866,760。因此，基於本申請案的目的，將這樣的聚合物分散型電泳介質視為封裝的電泳介質的子類。

【0041】一種相關型態的電泳顯示器係所謂的「微胞電泳顯示器」。在微胞電泳顯示器中，該等帶電粒子和該流體未被封裝在微囊內，取而代之的是保留在形成在載體介質(通常是聚合薄膜)內的複數個凹部(cavities)內。參見例如美國專利 No. 6,672,921 和 6,788,449，兩者皆轉讓給 Sipix Imaging 公司。

【0042】雖然電泳介質通常是不透明的(因為，例如，在許多電泳介質中，該等粒子實質地阻擋可見光穿透該顯示器)並以反射模式運作，但許多電泳顯示器能夠被製成以所謂的「快門模式」運作，其中一個顯示狀態係實質上不透明的且一個顯示狀態係透光的。參見例如美國專利 No. 5,872,552；6,130,774；6,144,361；6,172,798；6,271,823；6,225,971 和 6,184,856。與電泳

顯示器類似但倚賴電場強度的變化的雙電泳顯示器能夠以類似的模式運作；參見美國專利 No. 4,418,346。其他類型的電光顯示器也可以以快門模式運作。以快門模式運作的電光介質可以適用於全彩顯示器用的多層結構；在這種結構中，鄰接該顯示器的觀察面的至少一層係以快門模式運作來使第二層從該觀察面露出或者將第二層隱蔽得很難從該觀察面看到。

【0043】封裝的電泳顯示器通常不會遇到傳統電泳裝置的聚集和沉降失效模式，並且提供另外的優點，諸如能夠將該顯示器印刷或塗布在很多種柔性和剛性基板上。(使用該詞彙「印刷」係意在包含印刷和塗布的全部形式，包含但不限於：諸如補釘模塗布(patch die coating)的預先計量式塗布、狹縫或擠出塗布、滑動或層疊塗布、簾式淋塗；諸如輥上刮刀式塗布(knife over roll coating)、正向和逆向輥塗布的輥塗布；凹版式塗布；浸漬塗布；噴灑塗布；彎月面塗布；旋轉塗布；刷塗；氣刀塗布；絲網印刷製程；靜電印刷製程；熱印刷製程；噴墨印刷製程；電泳沉積(參見美國專利 No. 7,339,715)及其他類似技術。)因此，所產生的顯示器可以是柔性的。另外，因為能夠使用多種方法來印刷該顯示器介質，因此能夠便宜地製造該顯示器本身。

【0044】也可以將其他類型的電光材料用於本發明的顯示器。

【0045】電泳顯示器一般包括電泳材料層和至少兩個配置在該電泳材料的相反側上的其他層，這兩層中的

一個係電極層。在這樣的顯示器中，大多數是兩層皆為電極層，且將該電極層中的一個或兩個圖案化以界定該顯示器的像素。例如，可將其中一個電極層圖案化為長列電極而將另一個圖案化為與該列電極正交延伸的長行電極，由該列電極和行電極的交叉界定該像素。或者更常見的是，其中一個電極層具有單一的連續電極形式而將另一個電極層圖案化為像素電極矩陣，每一個像素電極界定該顯示器的一個像素。在另一種意在與該顯示器分開的觸針(stylus)、印字頭或類似的可移動電極一起使用的電泳顯示器中，該等層中只有鄰接該電泳層的那一層包括電極，在該電泳層的相反側上的層通常是意在防止該可移動電極損害該電泳層的保護層。

【0046】在另一實施例中，譬如美國專利 No. 6,704,133 所記載，可以將電泳顯示器建構成具有兩個連續電極和在該等電極之間的電泳層和光電泳層(photoelectrophoretic layer)。因為該光電泳層係藉由吸收光子而改變電阻，因此能夠使用入射光來改變該電泳介質的狀態。這種裝置係顯示於圖 1。如美國專利 No. 6,704,133 所記載，圖 1 的裝置，當由位於該顯示器的觀察面的相反側上的譬如 LCD 顯示器的發射源驅動時，運作得最好。在一些實施例中，美國專利 No. 6,704,133 的裝置在該前電極與該光電泳材料之間加入特殊的阻隔層以減少由來自該顯示器正面的人射光所造成的「暗電流」，而該暗電流會通過該反射性電光介質漏出。

【0047】前述的美國專利 No. 6,982,178 記載一種組裝固態電光顯示器(包含封裝的電泳顯示器)的方法，其非常適合量產。基本上，此專利記載所謂的「前板積層體」(“FPL”)，其依序包括：透光導電層；與該導電層電性接觸的固態電光介質層；黏合劑層；和剝離片(release sheet)。通常將該透光導電層載置於透光基板上，在能夠手動地將該基板纏繞在直徑 10 吋(254mm)的鼓輪(say)上而沒有永久變形的意義上，其較佳為柔性的。此專利和本文中使用的術語「透光」，係指由其所指定的層讓足夠的光線通過以使觀察者看穿該層而觀察到該電光介質的顯示狀態的變化，其一般是透過該導電層和鄰接的基板(若存在的話)觀察；在該電光介質係在非可見光波長顯示出反射的變化的情況下，當然應將該術語「透光」解釋為意指相關的非可見光波長的透射。該基板通常是聚合薄膜且一般具有約 1 至約 25 密爾(mil)(25 至 634 μm)範圍的厚度，較佳為約 2 至約 10 密爾(51 至 254 μm)。該導電層適合為例如鋁或 ITO 的薄金屬或氧化金屬層，或可以是導電聚合物。塗布有鋁或 ITO 的聚(對苯二甲酸乙二酯)(PET)膜可由市面上取得，例如，來自 E.I. du Pont de Nemours & Company, Wilmington DE 的「鋁化 Mylar」(“Mylar”為註冊商標)，且這種市售材料可有效地用於該前板積層體。

【0048】使用這種前板積層體的電光顯示器的組件可以藉由以下方式實現：從該前板積層體移除該剝離片，並在促成該黏合劑層有效地附著於該背板的條件下

將該黏合劑層與該背板接觸，藉此將該黏合劑層、電光介質層和導電層牢牢地固定於該背板。因為該前板積層體可以被量產，因此此製程非常適合量產，通常使用輥對輥塗布技術，接著切割成具有與特定背板一起使用所需的任何尺寸的物件 (piece)。

【0049】美國專利 No. 7,561,324 記載一種所謂的「雙剝離片」，其基本上是前述美國專利 No. 6,982,178 的該前板積層體的簡化版。該雙剝離片的一種形式包括被夾在兩個黏合劑層之間的固態電光介質層，該等黏合劑層中的一個或兩個被剝離片覆蓋。該雙剝離片的另一種形式包括被夾在兩個黏合劑片之間的固態電光介質層。該雙剝離膜的兩種形式皆是意在於與已述的由前板積層體組裝電光顯示器的製程大致類似的製程，但涉及兩個分開的積層作業 (lamination)；通常，在第一積層作業中，將該雙剝離片積層於前電極而形成前子組件 (front sub-assembly)，且接著在第二積層作業中，將該前子組件積層於背板而形成該最終顯示器，然而，若需要的話，可以將這兩個積層作業的順序顛倒。

【0050】美國專利 No. 7,839,564 記載一種所謂的「倒置式前板積層體 (inverted front plane laminate)」，其為前述美國專利 No. 6,982,178 中所記載的該前板積層體的變形。此倒置式前板積層體依序包括：透光保護層和透光導電層中的至少一個；黏合劑層；固態電光介質層；和剝離片。此倒置式前板積層體係用於形成電光顯示器，其具有：在該電光層與該前電極或前基板之間的

積層黏合劑層；第二黏合劑層，其通常是薄的且可能存在或不存在於該電光層與背板之間。這種電光顯示器能夠結合良好的解析度和良好的低溫性能。

【0051】 前些時候，識別出某些顏料的光電泳性質。例如，美國專利 No. 3,383,993 揭露一種光電泳成像設備，其能夠用於將投射的影像重製在介質上，該介質通常是透明電極，譬如 ITO。記載在該‘993 專利、和 Xerox 公司的其他相關的專利中的該光電泳製程是不可逆的，然而，因為該光電泳製程涉及了遷移至「注射電極 (injecting electrode)」的該等光電泳粒子，而它們會附著於該電極。因為缺乏可逆性、以及建置的成本和複雜性，因此此現象並未被廣泛地商業化。

【0052】 本文所呈現的標的涉及數個壓電電泳顯示器結構的設計，其不需要供該電泳顯示器運作用的電源 (例如，電池或有線電源等)。因而簡化了這種電泳顯示器的組件。

【0053】 壓電電力係回應所施加的機械應力而累積在固態材料中的電荷。適合本文所揭露的標的的材料可以包含：聚偏二氟乙烯 (PVDF)、石英 (SiO_2)、磷鐵鋁礦 (AlPO_4)、正磷酸鎵 (GaPO_4)、電氣石、鈦酸鋇 (BaTiO_3)、銦酸鉛 (PZT)、氧化鋅 (ZnO)、氮化鋁 (AlN)、鉍酸鋰、矽酸鎵鏷、酒石酸鉀鈉及任何其他已知的壓電材料。

【0054】 本文所呈現的標的一些態樣係利用該壓電電力驅動電泳材料的該等顏料，以改變當從觀察面觀察

時該電泳材料的顏色。例如，藉由彎折或將應力導入一片壓電材料，可以產生電壓且能夠將此電壓用於促成該電泳材料的彩色顏料的運動。如本文所使用的、用於電光顯示器(例如，電泳顯示器)的術語「對比度比」(CR)係定義為該顯示器能夠產生的最亮的顏色(白)的亮度對最暗的顏色(黑)的亮度的比。一般而言，高對比度比或CR係顯示器的理想態樣。

【0055】圖 1 顯示根據本文所揭露的標的的示範性電光顯示器 100 的剖面圖，該電光顯示器 100 使用壓電材料 102 驅動電泳材料(EPD)膜 104。在此實施例中，如圖 1 和 2A 所示，可以將該壓電膜 102 積層至該 EPD 膜 104 的一部分，且可以使用導電黏合劑材料(例如，銅膠帶(copper tape))來蓋住該壓電膜 102 和該 EPD 膜 104 的其餘部分。在一些實施例中，該導電黏合劑材料可以發揮作為電極 2 108 的功能並被固定於基板(未圖示)。在一些其他實施例中，該電極 2 108 可以發揮作為像素電極的功能，用於調整橫越該 EPD 膜 104 的電壓電位和用於顯示顏色或影像(例如，藉由改變該 EPD 膜 104 的灰調(graytone))。此外，與該電極 2 108 相對的電極 1 106 可以與該 EPD 膜層 104 重疊。在另一實施例，可以一開始就將該 EPD 膜 104 製作在該電極 1 106 上。例如，可以先將電極 1 106 圖案化成包含微胞結構，其中，可以將帶有電泳粒子的電泳流體壓紋加工成該微胞結構而形成 EPD 膜層。將其細節記載於以下的圖 9 和 11A-B。在此構成中，該 EPD 膜 104 和該電極 1 106 可以有整合結

構(integrated structure)。在一些其他實施例中，該電極 1 106 和電極 2 108 可以都是透明的，或者是電極 1 106 或電極 2 108 可以是透明的，從而可以從任一方向觀察顯示器 100。

【0056】實務上，該電光顯示器 100 的 CR 可以依該 EPD 膜 104 表面積 A1 110(即，EPD 膜 104 的與該壓電材料 102 重疊、或被該壓電材料 102 覆蓋、或與該壓電材料 102 直接接觸的部分)相較於其面積 A2 112(即，EPD 膜 104 的與電極 2 108 重疊、或被電極 2 108 覆蓋的部分)的比而不同，如圖 1 所示。將該 CR 的實驗結果顯示在以下的表 1。

壓電膜上的 EPD 膜對導電黏合劑上的 EPD 膜的比	顯示器對應變變化的回應
0	對比度比：1.7
1：2	對比度比：2
1：1	對比度比：5
2：1	對比度比：7

表 1.顯示器 CR vs 壓電膜表面積

【0057】如圖 1 所示，譬如圖 1 所示者的顯示器可以藉由減少該 EPD 膜 104 的重疊或位在電極 2 108(即，導電黏合劑材料)上的總表面積(例如，A2)來改善其 CR。該 CR 從 2(當壓電膜 102 上的 EPD 膜 104(例如，A1)對電極 2 108 上的 EPD 膜 104(例如，A2)的比為 1:2 時)改善至 7(當該比成為 2：1 時)。在一些實施例中，為了進一步改善該 CR，可以以不管施加什麼物理應變(physical stress)都可以在垂直方向上將其施加至電極 2 108 的較長側的方式，減少電極 1 106 或電極 2 108 的寬度。

【0058】圖 2B 顯示根據本文所揭露的標的的圖 1 所示的該顯示器 100 的示範性等效電路。該 EPD 膜 104 與該壓電膜 102 接觸的部分可以具有電阻值 R_1 且被電極 2 108 覆蓋的部分可以具有電阻值 R_2 。實務上，可以將由該壓電膜 104 所產生的電壓分配在放置成串聯結構的 R_1 與 R_2 之間。在一些實施例中，在該壓電膜 102 與該 EPD 膜層 104 之間可以有黏合劑層，其中該黏合劑層可以具有大約 $10^8 \text{Ohm} \cdot \text{cm}$ 的電阻值，而較佳為小於 $10^{12} \text{Ohm} \cdot \text{cm}$ 。

【0059】在根據本文所揭露的標的的另一實施例中，並未如圖 1 和 2A 所示具有直接積層在 EPD 膜上或與 EPD 膜重疊的壓電膜，取而代之的是如圖 3A 所示，可以將壓電膜 302 積層在半導電或高電阻層 304 上，並接著將該半導電或高電阻層 304 積層在電極 1 層 306 上。在此構成中，該半導電或高電阻層 304 取代該 EPD 膜 308 在該壓電膜 302 頂部上的部分，藉此減少該顯示器的總厚度，並且防止橫越該壓電膜 302 的電荷快速消散，以便可以有效地且有效率地將該等局部產生的電荷(由該壓電膜 302 產生)施加在該 EPD 膜 308 上，這導致該顯示器 CR 的改善。以下表 2 所示者係該半導電層 304 的電阻水準(level)和所形成的 CR 的比較。如表所示，當該半導電層 304 具有 $10^8 \text{Ohm} \cdot \text{cm}$ 的電阻時，可以達成最佳的 CR 比 12。

在電極 1 與壓電膜之間的材料電阻(Ohm*cm)	顯示器對應變化的回應
10^2	對比度比：1.7
10^8	對比度比：12
$> 10^{12}$	對比度比：1(沒有回應)

表 2.顯示器 CR vs. 電阻

【0060】此外，顯示器 CR 可以藉由調整該半導體層 304 的電阻值來最佳化。例如，在大約 10^8 (Ohm*cm) 的電阻範圍，可以達成該顯示器 CR 12。在另一實施例中，該電極 1 層 306 的電阻可以是大約 450ohm/sq，其中電極 2 層 310 的電阻可以是 0.003ohm/sq，該 EPD 膜 308 可以具有大約 10^7 至 10^8 oh 的電阻，且該壓電材料 302 可以具有 10^{13} 至 10^{14} ohm 的電阻。

【0061】圖 3B 和 3C 係圖 3A 所示的該顯示器的剖面圖。圖 3B 顯示沿著該 C1 線的該顯示器剖面且圖 3C 顯示沿著該 C2 線的該顯示器剖面。實務上，只有該顯示器的該 EPD 部分 308 可被製成讓使用者看見，而該壓電膜部分可被蓋住。亦如圖 3B 和 3C 所示，可以將該電極 2 層 310 分段(segment)。其結果，該 EPD 膜層 308 中的灰調變化看起來也會被分段。或者是，若該電極 2 310 係單一連續片，則該 EPD 膜層 308 中的灰調變化也會是連續的。應該理解的是，電極 1 306 和電極 2 310 可以都是透明的，且全部的層(例如，層 302、304、310 等)可以是透明的，從而能夠從方位或多個方向上觀察該顯示器。

【0062】在另一實施例，圖 3D 顯示根據本文所呈現的標的的另一顯示器 312 的剖面圖。此顯示器 312 與圖 3A 所示的該顯示器的差別在於只有該壓電膜層 318 的一部分與該電極 1 316 層重疊。在此構成中，該壓電膜層 318 能夠避免被放置在中性平面位置(neutral plane position)，從而可以由該壓電膜 318 產生較佳的影像。另外，該壓電膜層 318 可以是金屬化的壓電膜且可以被金屬層 320 覆蓋。在某一實施例中，可以將第一半導體層 314 配置在該金屬層 320 與該電極 1 層 316 之間。並且將另一個第二半導體層 322 配置在該壓電膜層 318 與電極 2 層 324 之間。應該理解的是，此處所呈現的全部的層，包含該電極 1 316 和電極 2 324 層在內，可以是透明的，從而可以從方向或方位上觀察此顯示器。

【0063】在另一實施例中，以與圖 1 和 2A 所示的構成類似的構成，但可以將半導體層 402 放置在電極 2 層 404 與壓電膜層 406 與 EPD 膜層 408 之間，如圖 4 所示。此半導體層 402 可以使該壓電膜層 406 和該 EPD 膜層 408 與電極 2 404 絕緣。同樣地，可以將圖 3A 所示的該顯示器修改成包含另外的半導體層以使該壓電膜和該 EPD 膜與電極 2 絕緣。在該等各種構成之中，圖 4 所示的該顯示器展現出在 18 之最佳的 CR 性能。在任一情況下，此處的該等顯示器構成能夠使人建構出具有小於 50um 厚度的由壓電電力驅動的裝置，而且也大幅簡化該裝置結構並使該顯示器對施加的較小物理應變更加敏感。

【0064】圖 5 顯示顯示器的另一種設計 500。此顯示器 500，除了將另外的半導體層 502 放置在該壓電層 504 與該電極 2 層 506 之間外，與圖 3A 所示的顯示器類似。將各種設計之間的 CR 比的比較顯示在以下的表 3。

	顯示器對應變變化的回應
壓電膜直接接觸兩個電極	對比度比：1.7
圖 1	對比度比：7
圖 3A	對比度比：12
圖 4	對比度比：18
圖 5	對比度比：14

表 3. 相對的 CR

【0065】應該理解的是，圖 4 和 5 中所呈現的全部的層，包含該電極 1 和電極 2 層可以是透明的，從而可以從方向或方位上觀察這些顯示器。

【0066】圖 6 和 7 顯示可被構成為顯示各種圖案的壓電電泳顯示器的實施例，譬如圖 6 中的該鋸齒圖案和圖 7 中的該星形圖案。在圖 6 中，顯示器 600 可以包含設計成將電荷傳輸至電泳顯示介質 604s 和 606s 的複數個電極 602。在圖 6 所示的實施例中，該顯示介質 604 具有紅色而該顯示介質 606 具有黑色。應該理解的是，可以權宜地採用其他顏色。在此構成中，可以將該顯示器的頂部上的電極 602 連接至該等黑色化的顯示介質 606，而將底部的該電極 602 連接至該等紅色化的顯示介質 604。使用上，當將力量施加至該顯示器 600 時，該等顯示介質 606 和 604 可以顯示出黑色和紅色。能夠使用導電材料來印刷此圖 6 所示的特殊構成，大幅簡化該製造製程。

【0067】在一些其他實施例中，根據本文所揭露的標的的壓電電泳顯示器可以與其他設備結合，譬如圖 8 所示的鈔票。在此實施例中，可以將顯示器固定在鈔票的一端，且當施加實體應力時，該顯示器能夠在一個以上的灰調之間切換。依此方式，使用者可以輕易地分辨出真鈔和偽鈔。如上所述，可以將該顯示器用的該等電極分段，而該 EPD 材料層所形成的灰調可以看起來是分段的。或者是，該顯示器用的該等電極可以是連續片，而該 EPD 材料的該所形成的灰調可以以連續的方式變化。

【0068】

[製造方法]

【0069】圖 9 顯示根據本文所呈現的標的的壓電顯示器 910 的另一實施例的剖面圖。如圖 9 所示，該 EPD 層 900 可以局部地在壓電材料 902 下延伸以實質地與該壓電材料 902 重疊並確保與該壓電材料 902 牢固的連接。在此實施例中，該 EPD 層 900 可以具有：具有微胞 906 的一個部分；和實質平坦 904 且被構成為用於建立與該壓電材料 902 的連接的另一個部分。在此構成中，該壓電材料 902 係配置成重疊在該實質平坦部 904 上，確保與該 EPD 層 900 良好的連接。此構成能夠有利於在該壓電材料 902 與該 EPD 層 900 之間建立堅固的連接。例如，此構成在該壓電材料 902 與該 EPD 層 900 之間提供了結實的連接，其可以禁得起反覆的彎折或施加在該顯示裝置 910 上的應力。此外，可以將黏合劑層 908 放

置在該壓電材料層 902 與該導體 912 之間。在另一實施例中，該壓電材料 902 能夠是環形形狀並圍繞該 EPD 材料 900。此外，如圖 9 所示，該壓電材料 902 和該 EPD 層 900 可以被夾在兩層導體或導電材料之間，且可以將全部的上層和材料配置在能夠撓曲的基板上。該基板較佳為厚度小於 10 微米以使該整個裝置變薄。在一些實施例中，此處可以使用 ITO/PET 作為基板。在一些其他實施例中，可以使用柔性且透明的導電塗層，譬如 PEDOT : PSS、石墨烯、奈米碳管或奈米銀線。在另外一些其他實施例中，如圖 10 所示，可以在塗布該導電層之前將阻隔層濺鍍在該基板層(例如，PET)上以提供對該墨溶劑的阻隔。在一些情況下，此阻隔層可以是 SiO_x 。因為在此情況下該基板薄，因此也可以將該阻隔層塗布在該基板的另一側上。另外，可以基於裝飾目的而將其他光學層印刷在該基板上。在一些實施例中，可以在組裝該顯示器之後拋棄該載體膜。而且該顯示器的其餘部分可以在沒有該載體膜的情況下與其他結構整合。應該理解的是，此處所呈現的全部該等層，包含該電極 1 和電極 2 在內，可以是透明的，從而可以從方向或方位上觀察此顯示器。

【0070】圖 11A 顯示圖 9 的該 EPD 層 900 的俯視圖。如其所示，該 EPD 層 900 可以藉由以下方式製造：僅將微胞結構圖案化在該層 900 的多個部分上，同時保留其他部分實質平坦。在此方式中，如圖 9 所示，沒有該等微胞的該等實質平坦部 1102(即，分隔部(separate

portion)1102 係設計成具有微胞結構)可被用來創造與該壓電層的連接。此製造方法提供數個優點。首先，依此方式，係同時製作該接觸部(即，實質平坦部)和該微胞部 1102，與分開進行該兩部分的製作的另一方法相比，比較容易製作該 EPD 層。第二，因為將該實質平坦接觸部 1100 和該微胞部 1102 一起製作，因此它們在結構上是更結實的，這導致在該 EPD 層與該壓電層之間有較佳的連接，以及更耐用的顯示裝置。圖 11B 顯示如圖 11A 所示的該 EPD 層的剖面圖。該 EPD 層可以包含：具有經圖案化的微胞的第一部 1104、和沒有微胞的平坦部 1106。實務上，可以在相同的光微影步驟中將該實質平坦部 1106 和該微胞部 1104 圖案化。在一些實施例中，一旦界定出該等圖案，且在壓紋步驟之後，可以將數條剝離襯裡積層在該實質平坦部上，其中，該剝離襯裡的厚度可以與該微胞高度相同。較佳為，該剝離襯裡的表面能量夠高以使該密封層不會在該剝離襯裡的頂部上脫濕(de-wet)，且在一些實施例中，可以依應用而將該表面能量調到特殊的水準。在此情況下，該剝離襯裡可以包含聚乙烯醇或其他的水溶性聚合物。此外，在填充和密封步驟之後，可以將該剝離襯裡連同在其頂部上的該墨和密封層一起移除而使下面的該平坦區域露出。實務上，移除該剝離襯裡會把該密封層/材料和墨從該 EPD 層的該實質平坦部移除。此製程能夠確保該墨和密封材料從該微胞部 1104 實質乾淨地脫離。可以將一張非金屬化的壓電膜積層在該平坦部上。壓電膜和黏合劑層的

總厚度可以與該密封層和該微胞的總厚度類似。另外，可以將一張黏合劑層積層在該剝離襯裡上和該整個顯示器面板上。可以使用在線濕化(in line humidification)或離線腔室濕化(off line chamber humidification)步驟來確保該顯示器的良好光學性能。實務上，於在圖 11A 和 11B 中界定出該等圖案之後，可以沿著 A'A'線切割該結構而製成顯示器。

【0071】在一些實施例中，用於製造如上所述的顯示器的方法可以包含：製造具有第一部 1102 和第二部 1100 的電泳顯示材料層，該第一部 1102 具有複數個微胞且該第二部 1100 係實質平坦。該方法可以進一步包含：設置壓電材料，並以該壓電材料實質地與該第二部重疊的方式將該壓電材料與該電泳顯示材料的該第二部對齊。在一些實施例中，該電泳材料的該第一部 1102 和該第二部 1100 係使用單一的光微影步驟製造。該方法可以進一步包含：將該電泳顯示材料和該壓電材料放置在基板上，其中該基板可以是柔性的。在一些實施例中，該方法可以進一步包含：將導電電極設置在該基板上，並在該導電電極與該基板之間設置阻隔層。在一些實施例中，在製造電泳顯示層的步驟之後，該方法可以進一步包含：設置剝離襯裡層，其中該剝離襯裡具有與該等複數個微胞的高度實質類似的高度。

【0072】此外，如圖 6 所示，可以將另一個第二電極印刷在該基板的頂部上。為了將該第二電極連接至該 EPD 材料，可以使用導電墨來做出導電軌(trace)或線的

圖案。在一些實施例中，該圖案可以含有兩個部分。可以將第一部分印刷成多條小細帶 (small strips) 且第二部分可以是兩像素圖案 (two pixel pattern)。其中，可以使用導電墨來將每個像素連接至一或兩條小細帶。然後，可以接著將這些圖案加以對齊而和在該等小細帶的頂部上的該壓電膜一起積層在上述的 FPL 上。

【0073】圖 12A 和 12B 顯示利用壓電材料的電泳顯示器 1200 的另一實施例。如其等所示，可以將壓電材料層 1202 和顯示介質層 1204 (例如，電泳介質層) 堆疊而形成顯示器。如圖 12A 和 12B 所示，可以將兩個電極，電極 1 1206 和電極 2 1208，配置在兩側上而完成供該等電荷用的導電路徑。在一些實施例中，該電極 2 1208 可以是在壓電膜上的金屬、或在壓電膜上之積層的導電性黏合劑。在此構成中，不需要其他連接來驅動該電泳顯示材料 1204。

【0074】使用上，當對該壓電材料層 1202 施力時，在該壓電材料 1202 中發生了電荷分離 (charge separation)。在該電泳顯示介質層 1204 與該壓電材料層 1202 的界面處的該電荷能夠在該 EPD 膜上引發該等電荷且該電場通過該 EPD 而使該等粒子移動。

【0075】在另一實施例中，為了達成更佳的對比度比，可以以並列的構成使用具有相反極化方向的壓電膜，如圖 13A 和 13B 所示。使用上，PZ1 和 PZ2 能夠在施加的力量下產生相反的電壓。應該理解的是，在圖 12A 至 13B 中，此處所呈現的全部的層，包含該電極 1

和電極 2 層在內，可以是透明的，從而可以從方向或方位上觀察此顯示器。

【0076】圖 12A 至 13B 所示的該等實施例不僅將該整體裝置的厚度減少至小於 50 微米，還大幅改善該 CR。此外，其簡化該裝置結構並使該顯示裝置對小的應變變化 (strain change) 更加敏感。

【0077】

[潛像]

【0078】在一些實施例中，可以將具有與圖 12A 或圖 1 所示的該構成類似或基於圖 12A 或圖 1 所示的該構成的結構的顯示器修改成顯示潛像。圖 14A 所示係與圖 12A 所呈現者類似的顯示裝置 1400，但具有積層或印刷在該電極 1 1406 或電極 2 1408 上的影像或形狀。應該理解的是，圖 14A 所呈現的該構成係用於圖示概念，因為能夠輕易地採用其他構成來達到相同的效果。實務上，該顯示器 1400 的每一層可以是透明的 (例如，層 1402、1404、1406、1408 等)，甚至連該等黏合劑層和該電極 1 和 2 層也可以是透明的，從而能夠從方向或方位上觀察此顯示器。

【0079】在一些實施例中，可以將影像或形狀印刷或積層在白色背景上和該電極 1 1406 或電極 2 1408 上，而從相反側觀察。使用上，當該 EPD 層 1404 正在顯示白色時，該印刷的影像或形狀會被隱蔽 (即，參見圖 14B)，且當施力時該 EPD 1404 切換為另一顏色時，可以顯示出該印刷的影像或形狀 (即，參見圖 14C)。

【0080】在另一實施例中，可以在沒有背景的情況下，將暗色的影像或形狀產生在電極 1 1406 或電極 2 1408 上而從相反側觀察。在此構成中，當將該顯示器 1400 配置在黑色背景上時，如圖 14D 所示，不論該 EPD 1404 如何被彎折，該印刷的影像或形狀仍會被隱蔽。或者是，當將該顯示器 1400 配置在白色或亮色背景上時，該印刷的影像或形狀會顯現出來且當該 EPD 1404 切換成較暗的顏色時其更加明顯，如圖 14E 所示。

【0081】在另一實施例中，如圖 15A 所示，可以將影像或形狀產生在電極 1s 1502、1504 或者 EPD 顯示器 1 1506 和 EPD 顯示器 2 1508 外側。可以使用透明的黏合劑材料將該等兩個 EPD 顯示器 1506、1508 整合在一起。當施力時(例如，彎折)，EPD 顯示器 1 1506 和 EPD 顯示器 2 1508 能夠改變顏色。當 EPD 顯示器 2 1508 變暗且 EPD 顯示器 1 1506 變白時，該印刷的影像或形狀不會顯現出來，如圖 15C 所示。或者是，當 EPD 顯示器 2 1508 變白且 EPD 顯示器 1 1506 變暗時，該印刷的影像或形狀會浮現，如圖 15B 所示。

【0082】對本領域的熟悉技藝者而言，顯然能夠在不脫離本發明的範圍下，對上述的本發明的特定實施例進行許多變化和修改。由此，前述記載的整體內容應解釋為說明性質而非限制性質。

【符號說明】

【0083】

100:電光顯示器

- 102:壓電材料
- 104:電泳材料(EPD)膜
- 106:電極 1
- 108:電極 2
- 110:表面積 A1
- 112:面積 A2
- 302:壓電膜
- 304:半導體或高電阻層
- 306:電極 1 層
- 308:EPD 膜
- 310:電極 2 層
- 312:顯示器
- 314:第一半導體層
- 316:電極 1 層
- 318:壓電膜層
- 320:金屬層
- 324:電極 2 層
- 402:半導體層
- 404:電極 2 層
- 406:壓電膜層
- 408:EPD 膜層
- 500:顯示器
- 502:半導體層
- 504:壓電層
- 506:電極 2 層

600:顯示器
602:電極
604s,606s:電泳顯示介質
604,606:顯示介質
900:EPD 層
902:壓電材料
904:實質平坦部
908:黏合劑層
910:壓電顯示器
912:導體
1100:第二部
1102:實質平坦部
1104:第一部
1106:平坦部
1200:電泳顯示器
1202:壓電材料層
1204:顯示介質層
1206:電極 1
1208:電極 2
1400:顯示裝置
1402:層
1404:EPD 層
1406:電極 1
1408:電極 2
1502,1504:電極 1s

1506:EPD 顯示器 1

1508:EPD 顯示器 2

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】 一種用於生產顯示器的方法，包括以下步驟：

沉積一壓電材料層至一第一導電層上；

製作一電泳材料層至一第二導電層上；以及

設置一黏合劑層於該壓電材料層及該電泳材料層之間；

其中該黏合劑層具有在 $10^8 \text{Ohm} \cdot \text{cm}$ 和 $10^{12} \text{Ohm} \cdot \text{cm}$ 之間的電阻率。

【請求項 2】 如請求項 1 的方法，其中製作步驟進一步包括圖案化複數個微胞結構至該第一導電層上。

【請求項 3】 如請求項 2 的方法，其進一步包括壓印具有電泳粒子的電泳流體至該複數個微胞結構中。

【請求項 4】 如請求項 1 的方法，其進一步包括設置一高電阻層於該第一導電層及該壓電材料層之間。

【請求項 5】 如請求項 4 的方法，其中該高電阻層具有大致上 10^2 至 $10^{12} \text{Ohm} \cdot \text{cm}$ 的電阻率。

【請求項 6】 如請求項 1 的方法，其中該第一導電層包括一導電黏合劑材料。

【請求項 7】 如請求項 6 的方法，其中該第一導電層包括銅帶。

【請求項 8】 如請求項 1 的方法，其進一步包括設置一阻隔層於該第二導電層及該電泳材料層之間。

【請求項 9】 如請求項 8 的方法，其中該阻隔層包括氧化矽。

【請求項 10】如請求項 1 的方法，其中該壓電材料係聚偏二氟乙烯(PVDF)、石英(SiO_2)、磷鐵鋁礦(AlPO_4)、正磷酸鎵(GaPO_4)、電氣石、鈦酸鋇(BaTiO_3)、鋳鈦酸鉛(PZT)、氧化鋅(ZnO)、氮化鋁(AlN)、鉍酸鋰、矽酸鎵鏷、及酒石酸鉀鈉中之一者。

【請求項 11】如請求項 1 的方法，其進一步包括將該顯示器固定於鈔票上。

【請求項 12】如請求項 1 的方法，其進一步包括將一個以上的影像印刷至該第一導電層及該第二導電層中的至少一者上。

【請求項 13】一種整合電泳顯示器的方法，包括以下步驟：

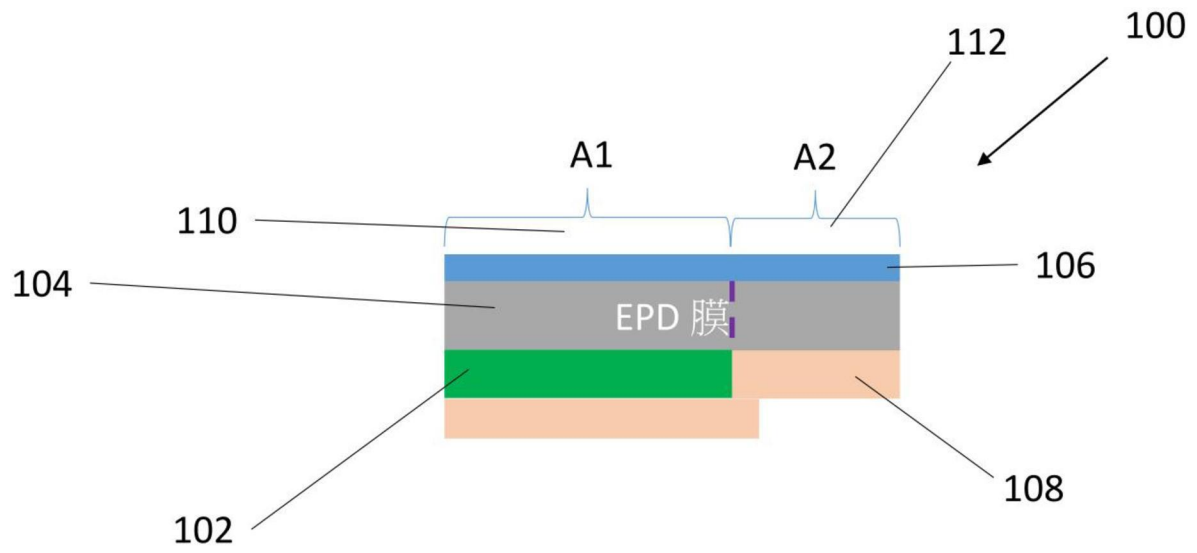
根據如請求項 1 的方法生產一第一顯示器；

根據如請求項 1 的方法生產一第二顯示器；以及

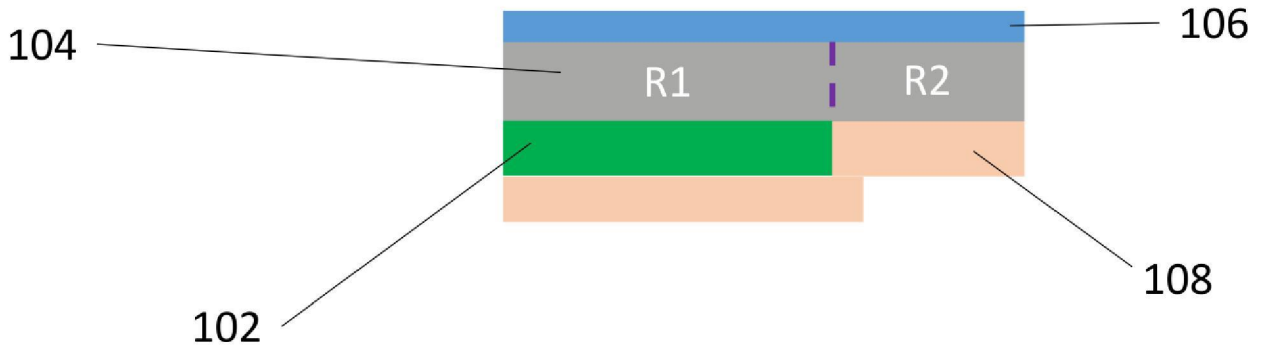
利用一透明黏合劑材料整合該第一及第二顯示器。

【請求項 14】如請求項 13 的方法，其中整合步驟包括將該第一顯示器的該第一導電層黏合於該第二顯示器的該第一導電層。

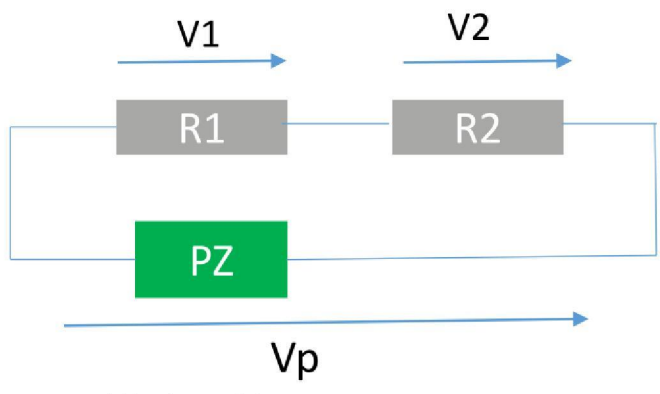
【發明圖式】



【圖 1】



【圖 2A】



【圖 2B】

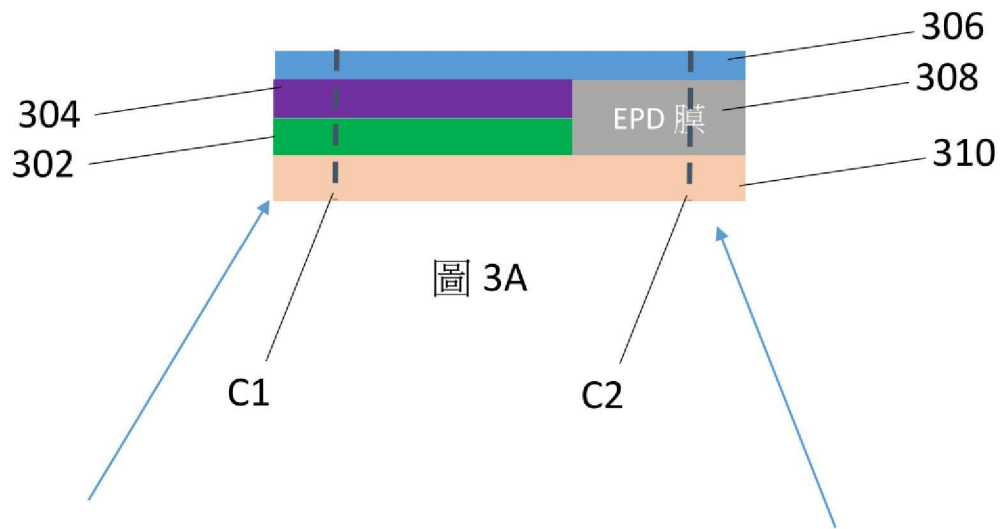


圖 3A

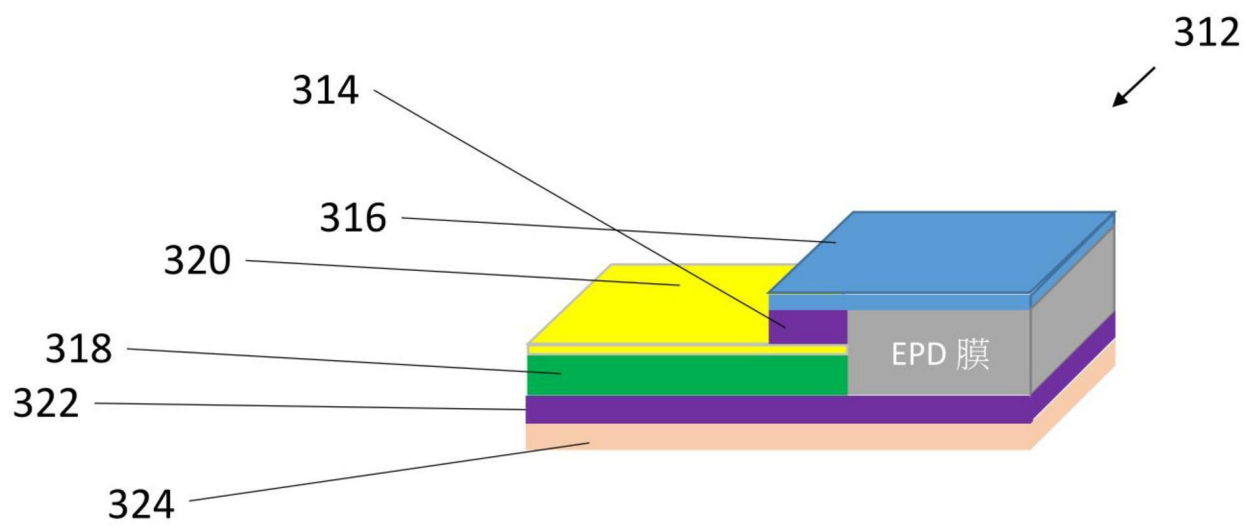


圖 3B

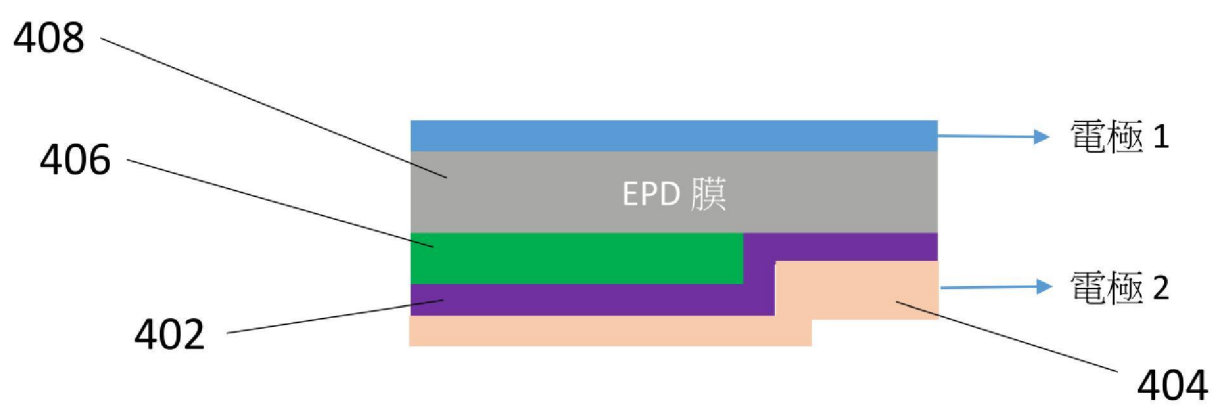


圖 3C

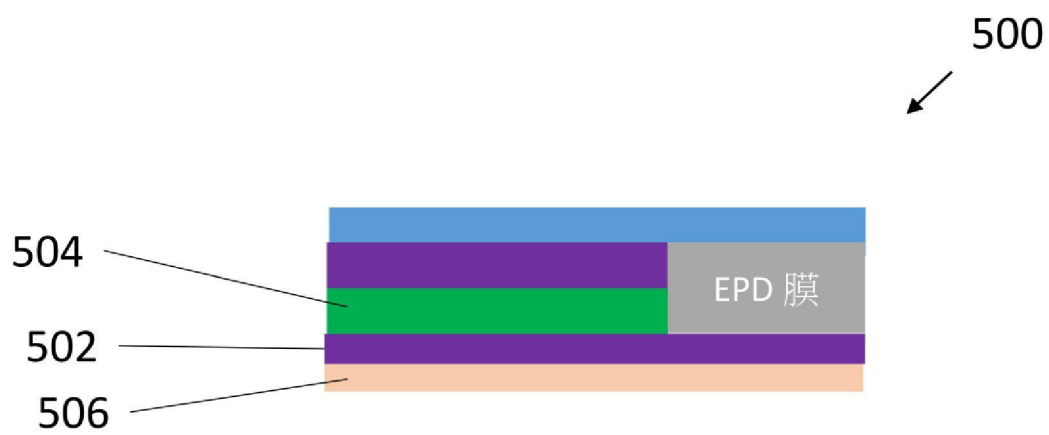
【圖 3A-3C】



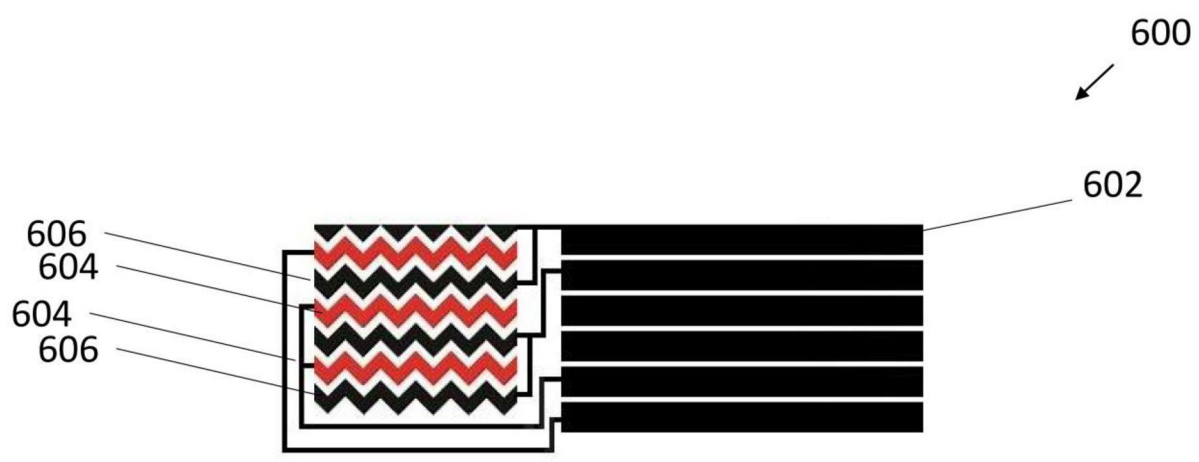
【圖 3D】



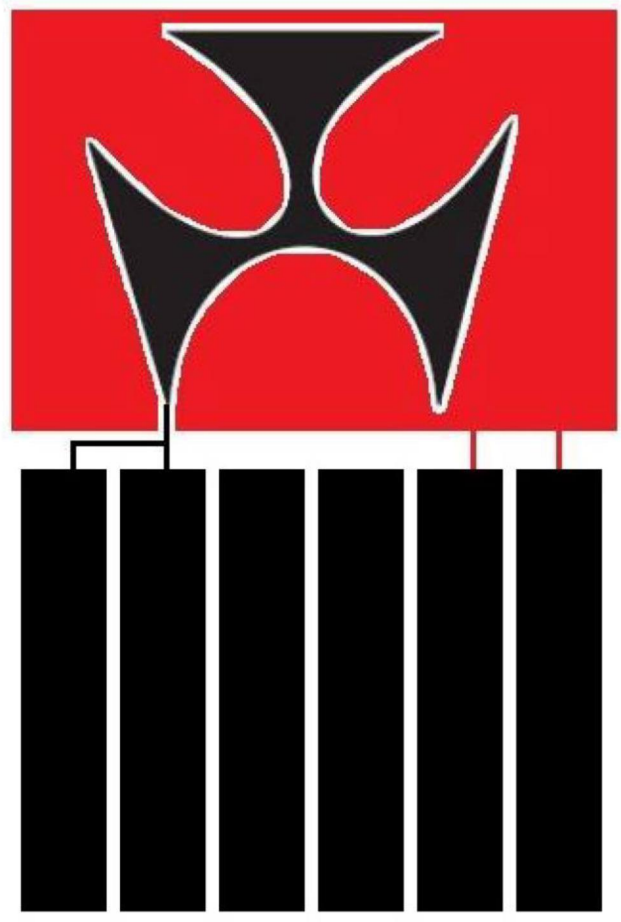
【圖 4】



【圖 5】



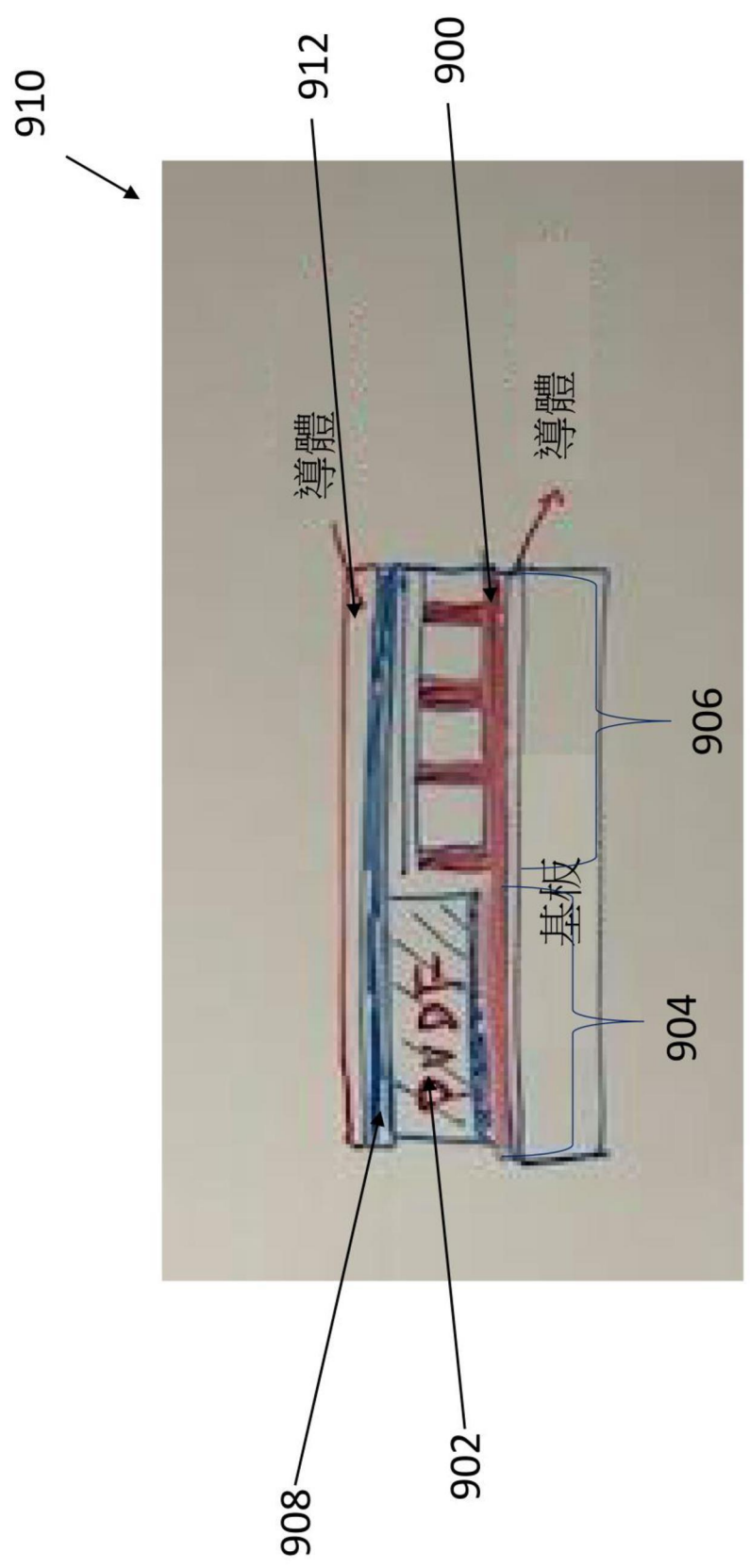
【圖 6】



【圖 7】



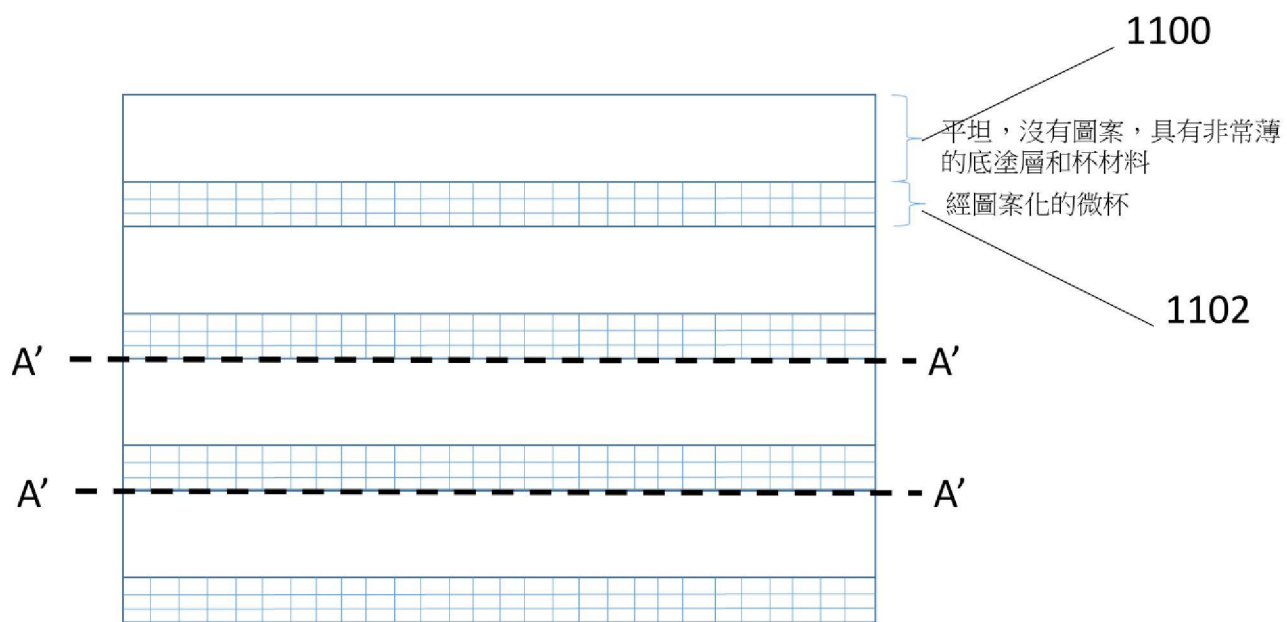
【圖 8】



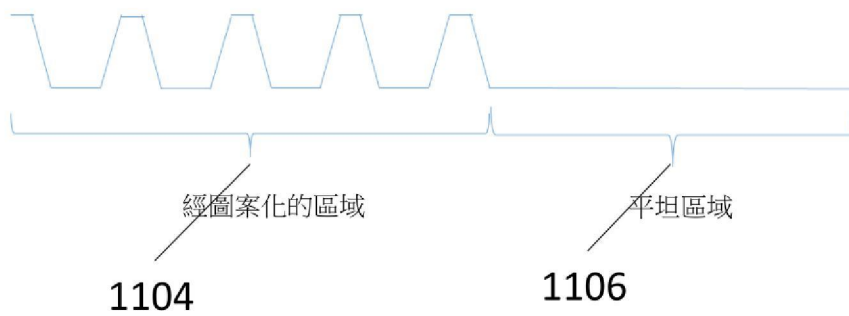
【圖 9】



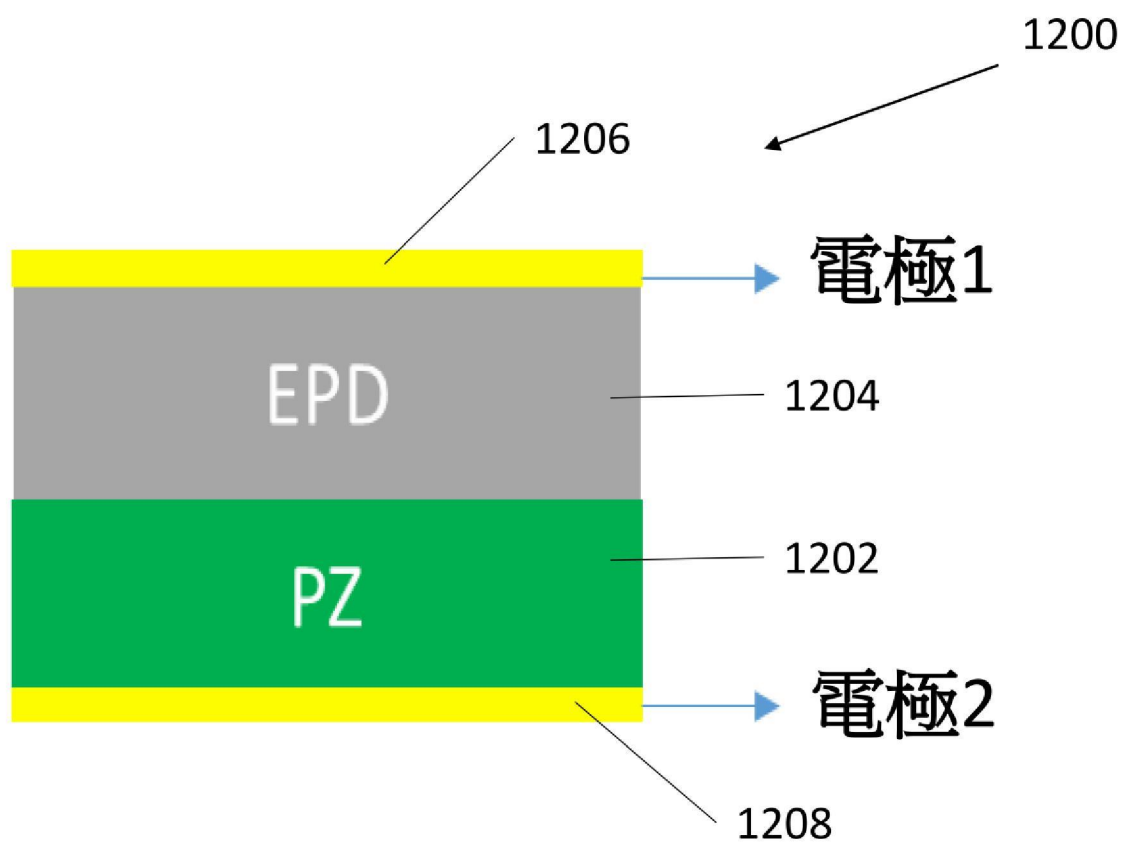
【圖 10】



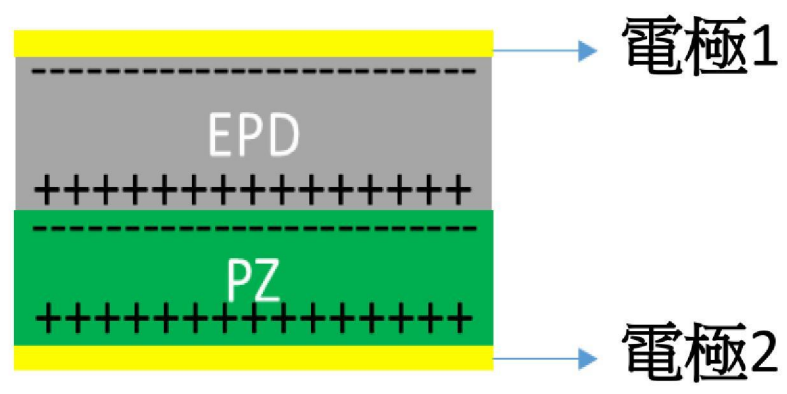
【圖 11A】



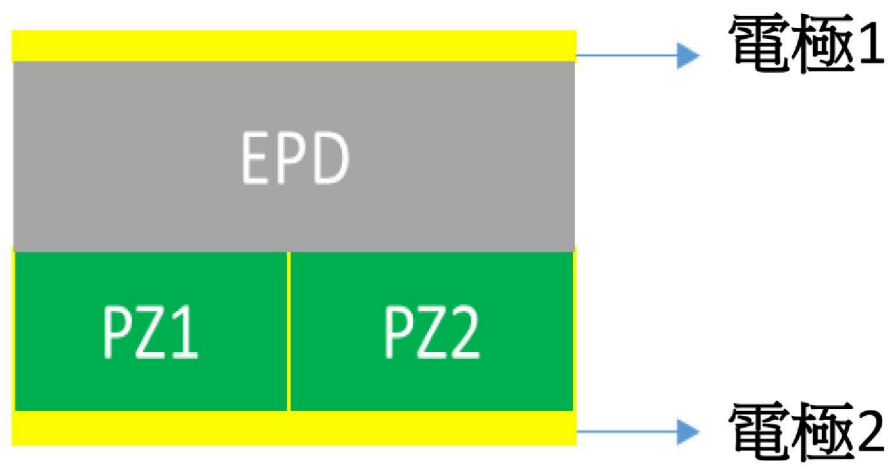
【圖 11B】



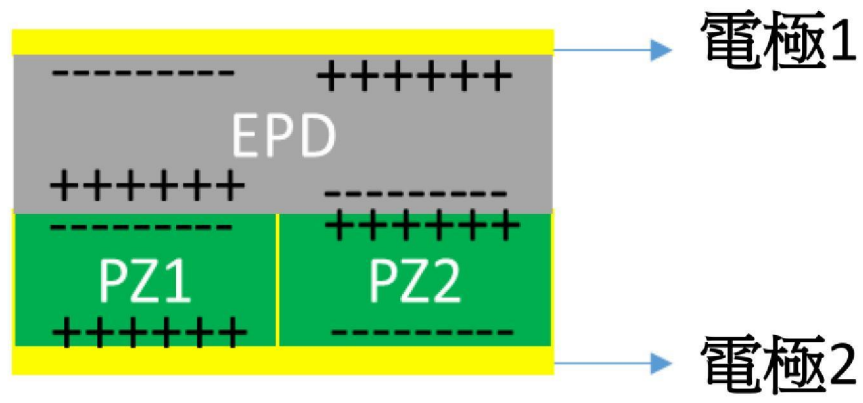
【圖 12A】



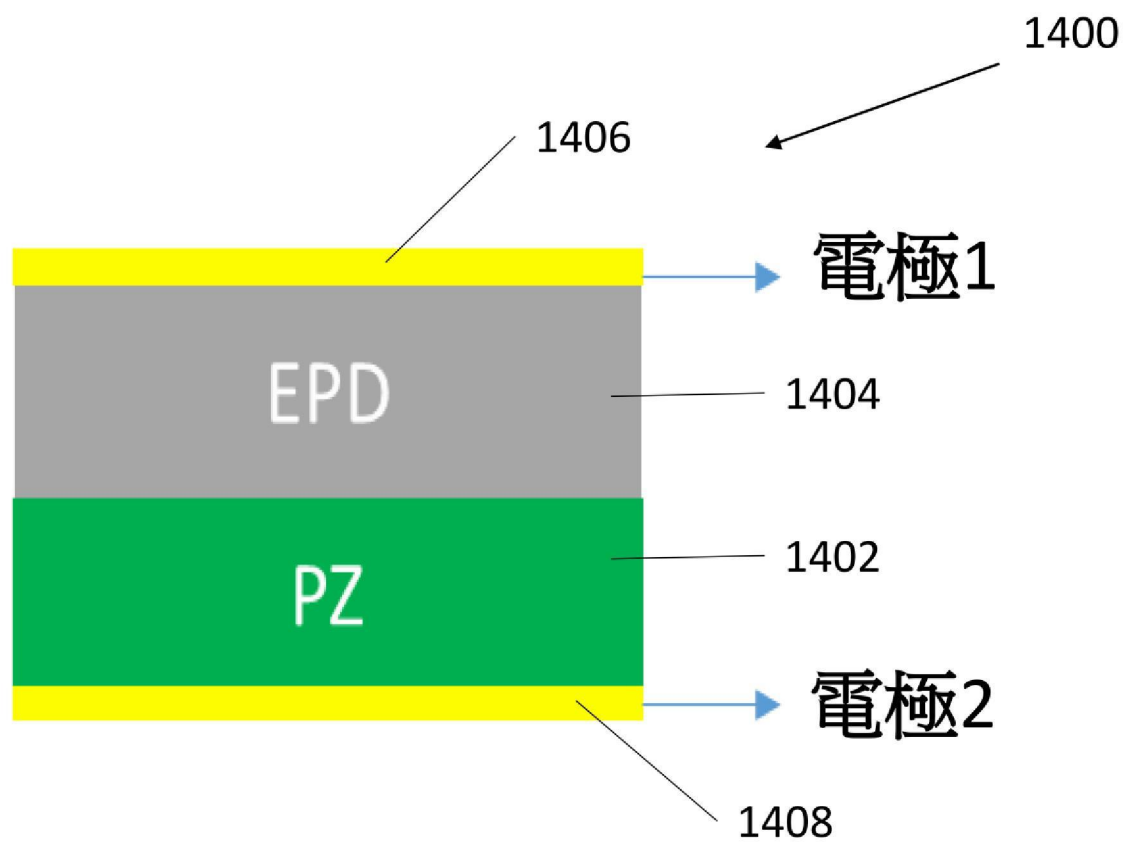
【圖 12B】



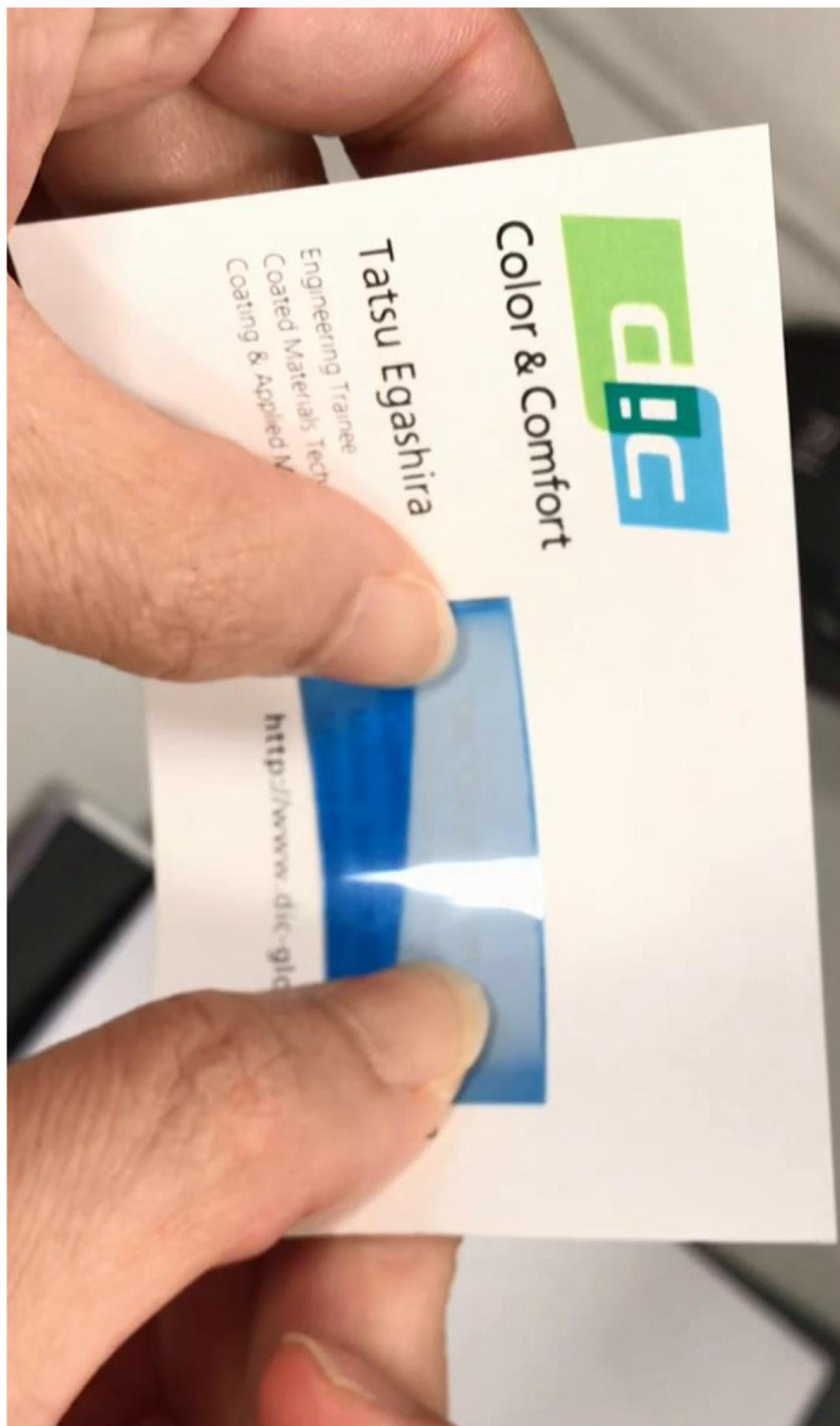
【圖 13A】



【圖 13B】



【圖 14A】



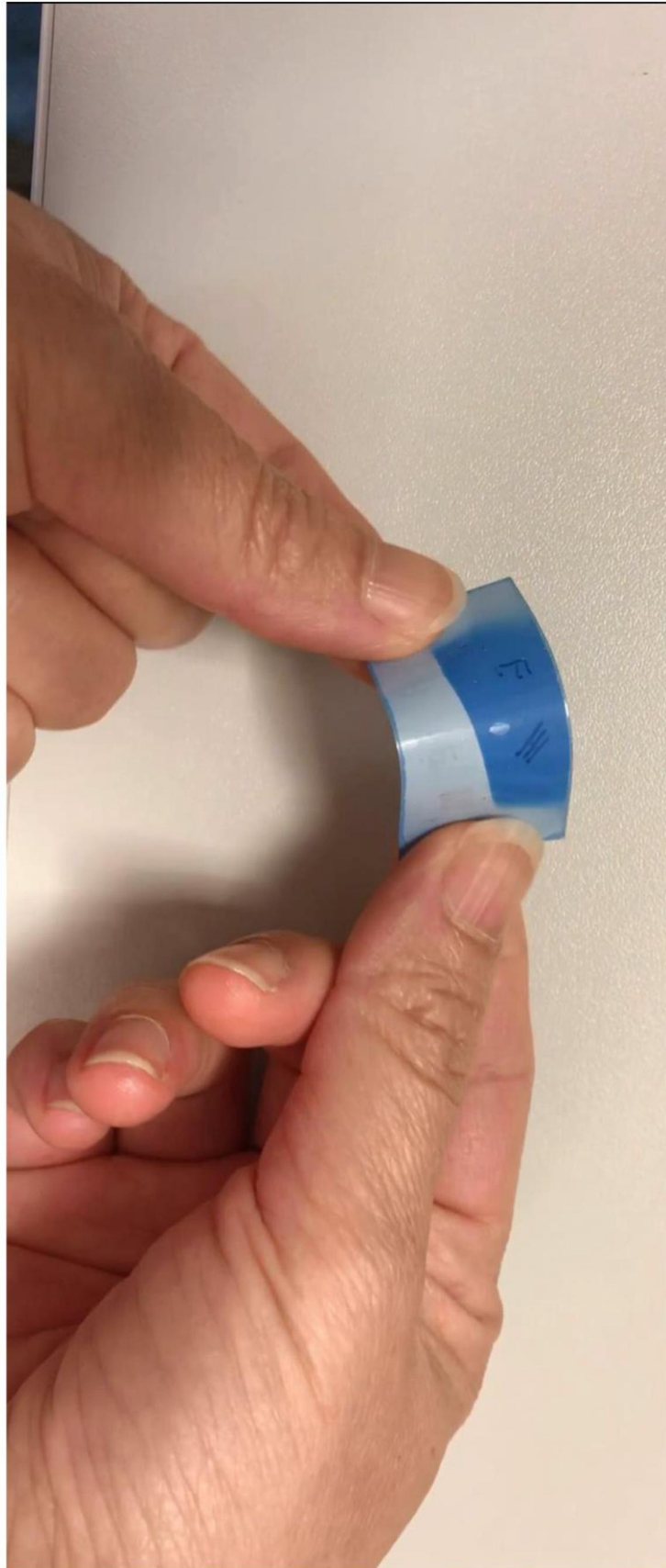
【圖 14B】



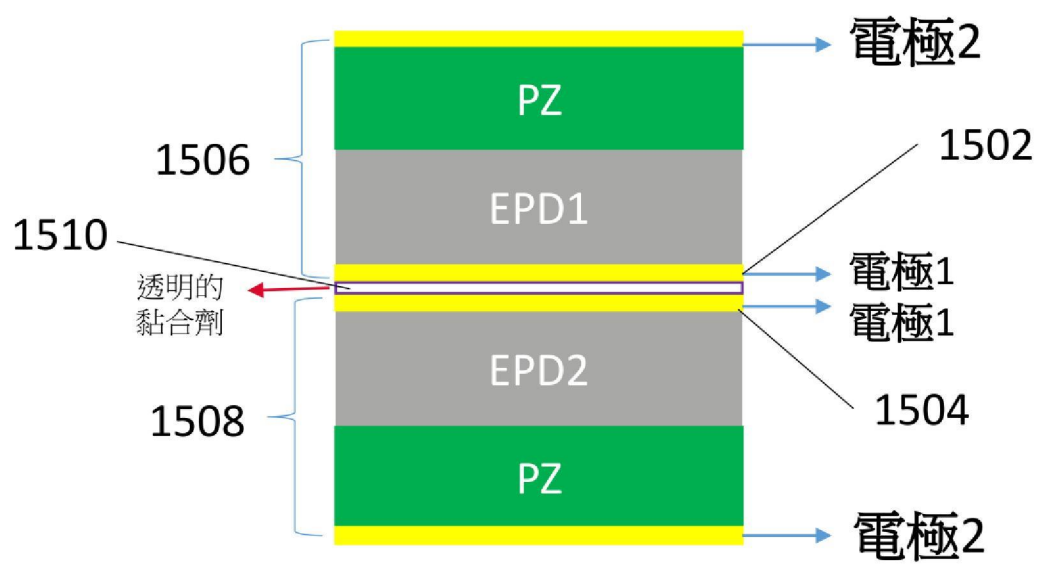
【圖 14C】



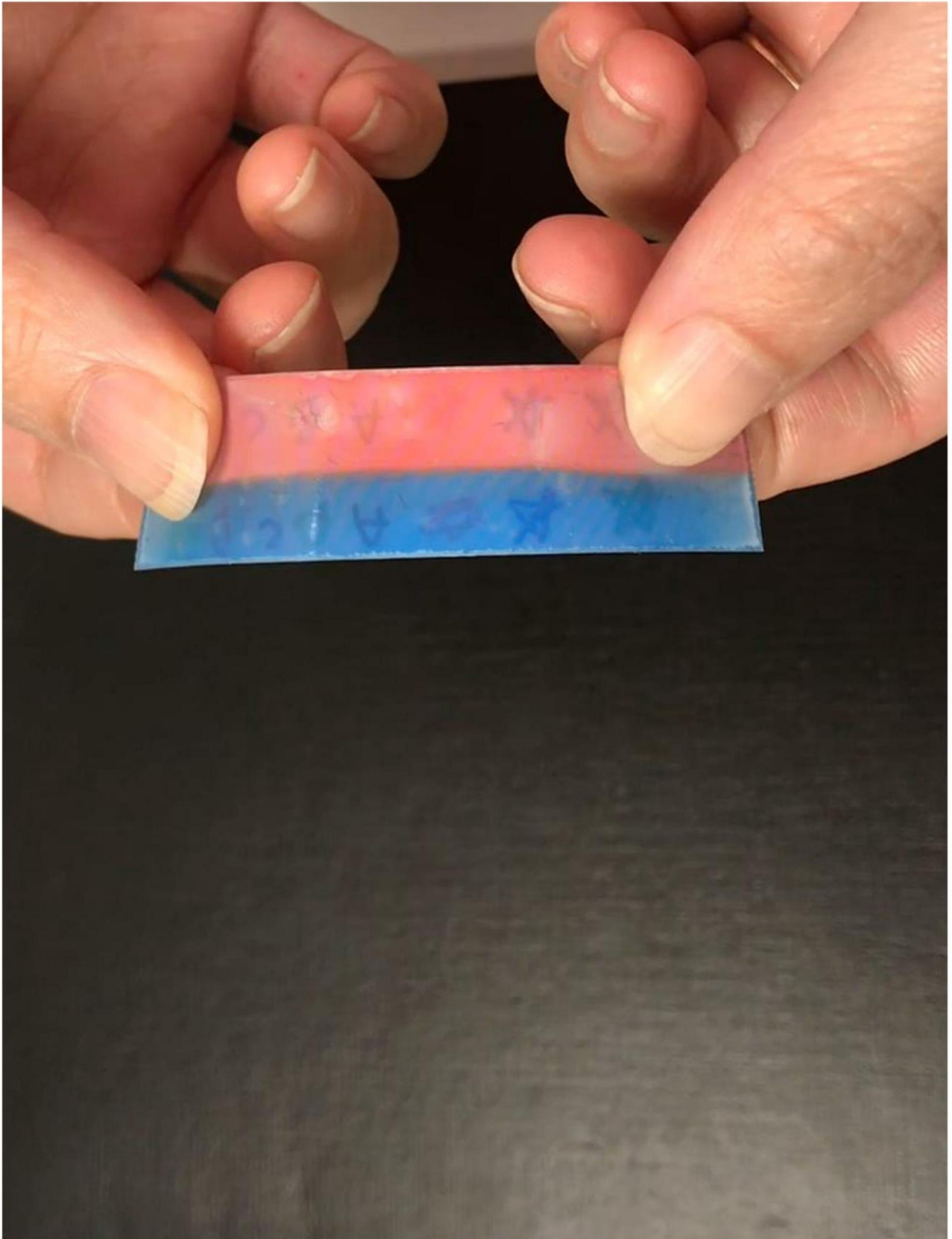
【圖 14D】



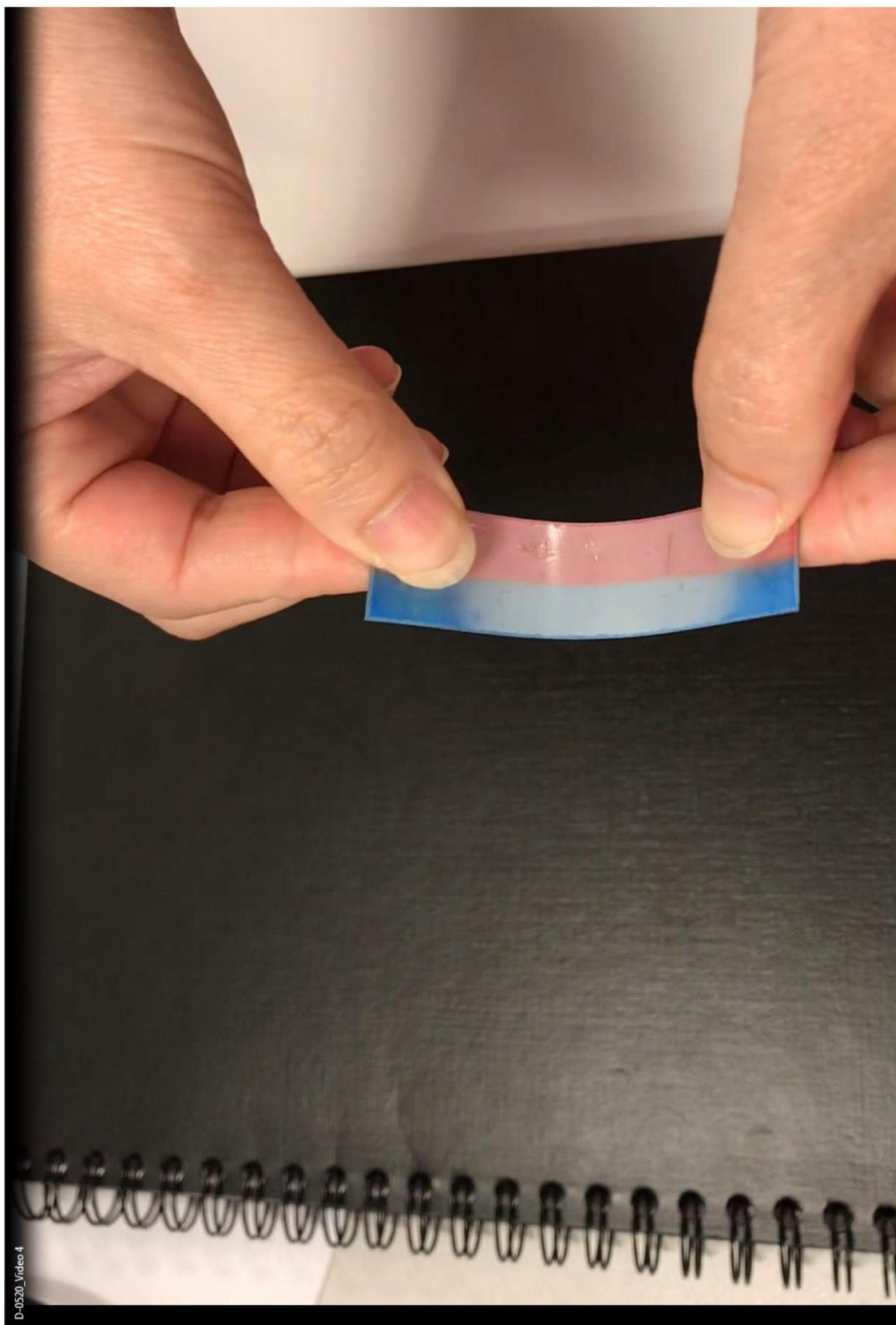
【圖 14E】



【圖 15A】



【圖 15B】



【圖 15C】