

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 97145086

※ 申請日期： 97.11.21 ※IPC 分類：G02F 1/153 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

顯示裝置

Display device

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

財團法人工業技術研究院

INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE

代表人：(中文/英文) 張進福/ Jin-Fu Chang

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號

No. 195, Sec. 4, Chung Hsing Rd., Chutung, Hsinchu 31040, Taiwan,  
R. O. C.

國 籍：(中文/英文) 中華民國 TW

## 三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 鍾儀文 / CHUNG YI-WEN

2. 蕭忠信 / HSIAO CHUNG-HSIN

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國 TW

2. 中華民國 TW

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項  第一款或  第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

2007/12/26、96150260

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種顯示裝置，特別係有關於一種全彩(full color)電致變色顯示裝置。

### 【先前技術】

電致變色材料一直被期待能夠繼液晶之後另一個潛力無窮的功能性材料，在快速切換電壓機制成功被研發的同時，全彩化的技術就顯得更為關鍵。電致變色現象是指電變色材料受外加電場的影響，會改變其對光的吸收能力而呈現出不同的色澤。這些材料在未加電場作用下在可見光的範圍內之光譜吸收很低，處於去色狀態。當在加入一電場作用之後，這類材料在可見光波長範圍內的吸收增加，而處於著色狀態，因此可被製作成智能窗(smart window)，而使用於一些建築物或汽車的玻璃上，有遮蔽陽光的功能，甚至可以製作成一些較低階的顯示裝置。由於電致變色材料所表現出來的顏色是屬於自身的色澤，而非背光源所提供的顏色，所以具有高的環境對比度，這樣的特性將使得材料本身擁有非常廣泛的視角，幾乎涵蓋了 $0\sim 180^\circ$ 的範圍，甚至可以在沒有背光源的情形下，仍然可以表現出顏色。再者驅動電致變色的電壓極低，一般都在 $\pm 1V$ 之間，所以低耗能也是電致變色機制的一大特色，此兩大特性均已成功的突破傳統液晶顯示器的技術瓶頸。但由於電致變色材料所能表現出來的色域一直不夠大，到目前為止還沒

有一個材料能同時變化出紅色、綠色和藍色之三原色，因此全彩技術的開發一直是一個瓶頸，然而顯示元件的全彩與高解析技術是目前的趨勢，所以開發出電致變色全彩化機制，並將其應用於較高階的顯示器上，甚至取代傳統的液晶顯示器為現階段一個重大的挑戰目標。尤其未來朝向可撓性顯示器發展，相關的可撓性基板製程技術對於現階段液晶顯示器成熟的製程又將是一大挑戰。

因此，需要一種全彩電致變色顯示裝置。

### 【發明內容】

本發明提供一種顯示裝置，包括：一基板；一第一電極層，設置於上述基板上；一電致變色材料單一層，設置於上述第一電極層上，其中上述電致變色材料單一層中具有複數個球形孔洞；一電解質層，設置於上述電致變色材料單一層上；一第二電極層，設置於上述電解質層上；一電源裝置，分別電性連接至上述第一電極層和上述第二電極層，上述電源裝置係提供一驅動電壓，以使上述電致變色材料單一層可因應上述驅動電壓呈現紅色、藍色或綠色。

本發明提供另一種顯示裝置，包括：一基板；一第一電極層，設置於上述基板上；一光子晶體結構層，設置於上述第一電極層上；一電解質層，設置於上述光子晶體結構層上；一第二電極層，設置於上述電解質層上；一電源裝置，分別電性連接至上述第一電極層和上述第二電極層，上述電源裝置係提供一驅動電壓，以使上述光子晶體結構層可因應上述驅動電壓呈現紅色、藍色或綠色。

## 【實施方式】

以下利用圖式，以更詳細地說明本發明實施例之顯示裝置，在本發明各實施例中，相同的符號表示相同或類似的元件。

請參考第 1 圖，其顯示本發明實施例的顯示裝置 250 的示意圖。在本發明實施例中，顯示裝置 250 可表示僅具有一個畫素(pixel)的顯示裝置，然而本發明的顯示裝置 250 也可為包括複數個畫素(pixel)的顯示裝置。顯示裝置 250 主要的元件包含一基板 200。在本發明實施例中，基板 200 可包括硬質基板或可撓曲基板，其中硬質基板可包括玻璃，而可撓曲基板可包括聚對苯二甲酸乙二醇酯(polyethylene terephthalate, PET)、聚碳酸酯(polycarbonate, PC)、聚苯二甲酸乙二酯(polyethylene naphthalate, PEN)或類似的材料。一第一電極層 202，設置於基板 200 上。一電致變色材料單一層 220，設置於第一電極層 202 上，其中電致變色材料單一層 220 中具有複數個球形孔洞 304。在本發明實施例中，電致變色材料單一層 220 的材質可包括有機材料或無機材料，其中有機材料可包括聚苯胺(polyaniline)，而無機材料可包括普魯士藍(Prussian blue,  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ )。一電解質層 204，設置於電致變色材料單一層 220 上。在本發明實施例中，電解質層 204 係提供電致變色材料單一層 220 在去色狀態或著色狀態之電子或電洞的傳遞路徑，其可包括固態高分子電解質或膠態高分子電解質。一第二電極層 206，設置於電解質層 204 上，其

中第二電極層 206 可為一透明電極層。顯示裝置 250 更包括一透明導電層 208，設置於第二電極層 206 上。在本發明實施例中，透明導電層 208 的材質可為氧化銦錫(Indium Tin oxide, ITO)，其可第一電極層 202 與第二電極層 206 形成一系列電場。一電源裝置 210，分別電性連接至第一電極層 202 和第二電極層 206，電源裝置 210 可提供一驅動電壓(driving voltage)，以使電致變色材料單一層 220 可因應該驅動電壓呈現紅色、藍色或綠色。

由於電致變色材料本身即可因應不同的驅動電壓而呈現不同的顏色。在本發明一實施例中，例如為聚苯胺的電致變色材料，當驅動電壓為 0V 時可呈現深綠色；當驅動電壓為負值時可呈現黃褐色；當驅動電壓為正值時可呈現深藍色。在本發明另一實施例中，例如為普魯士藍的電致變色材料，當驅動電壓為 -1V 時可呈現透明無色，當驅動電壓為 0.6V 時可呈現藍色，而當驅動電壓為 0.2V 時可呈現綠色。而本發明實施例之電致變色材料單一層 220，為具有光子晶體結構的電致變色材料層，也可視為一光子晶體結構層 220，不僅本身可因應不同的驅動電壓而呈現不同的顏色，且可透過光子晶體結構調整電致變色材料單一層 220 色域的特性，使顯示裝置 250 達到全彩化的目標。在本發明一實施例中，例如為聚苯胺的電致變色材料可同時包含黃褐色、深綠色和深藍色的色域。在本發明另一實施例中，例如為普魯士藍的電致變色材料可同時包含透明無色、藍色和綠色的色域。利用上述電致變色材料形成具

有光子晶體結構的電致變色材料單一層 220 時，其色域的表現將發生紅位移(redshift)的現象，使之能同時包含紅色、藍色和綠色之三原色的色域，再透過適當的驅動變色電壓進行紅色、藍色和綠色之三原色的微調機制，可使顯示裝置 250 僅用單一畫素即可同時呈現紅色、綠色與藍色三原色的色域。換言之，本發明的顯示裝置 250 不需搭配習知的彩色濾光片(color filter)即可達到全彩化的要求。

光子晶體結構是在 1987 年由 Yablonovitch 和 John 兩位科學家所共同提出的一種機制，但近年來由於奈米科技的蓬勃發展，使得光子晶體結構的製程技術有了成熟的發展，它是由兩種具有不同介電常數(折射率)的材料，以週期性規則排列所建構而成的一種特殊奈米結構，當光線進入這樣特殊的奈米結構時，會產生光子能隙(photonic band gap)的現象，這是光子晶體結構的基本定義，更具體的描述為光子晶體可以全反射特定波長的光，其他的光將穿透過光子晶體結構，而此特定波長即為光子能隙所定義的波長。而一般兩種材料的選擇是以一個功能性材料搭配空氣，進而組成一個光子晶體結構。光子晶體的結構有很多種形式，而最常被利用的有兩種形式。一種為將材料做成週期性規則排列的球體，再與空氣所共同組成的球態堆積的結構。另一種則為週期性規則排列的球型空氣孔洞與特定材料骨架所共同組成的結構，兩種結構都是呈現出週期性規則排列結構。其中材料球體或球型空氣孔洞的堆疊方式可包括面心立方堆積、簡單立方堆積或體心立方堆積，

較佳為面心立方堆積。而為了可使光線能在光子晶體結構中具有足夠的路徑長度繞射，材料球體或球型空氣孔洞的堆疊層數至少為 8 層，才會有光能隙現象的產生。

進一步探討其光學特性，透過控制奈米結構週期排列的特性，光子晶體結構可以對特定光波長產生光能隙，這是一個可調式光子能隙(tunable photonic band gap)的現象，整個的理論基礎是依據布拉格定律(Bragg's law)和斯涅耳定律(Snell's law)所推知的修正布拉格定律(Modified Bragg law)。斯涅耳定律(Snell's law)表示式如方程式(1)所示。

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2 \quad (1)$$

其中  $n_1$  為介質 1 的折射率， $n_2$  為介質 2 的折射率， $\theta_1$  為光線入射角， $\theta_2$  為光線折射角。

布拉格定律(Bragg's law)表示式如方程式(2)所示：

$$\lambda = 2d_{i,j,k} \sin \phi \quad (2)$$

其中  $n$  必須為整數， $d_{i,j,k}$  為在  $(i, j, k)$  方向上兩晶面間的距離， $\lambda$  是已知入射光波長， $\phi$  為入射光與晶面的夾角。

而 Snell's law 可修正為方程式(3)

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \phi_1\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \phi_2\right)} = \frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

所以結合兩式可以得到方程式(4)

$$\frac{\lambda_1}{n_2} = 2 \cdot d \cdot \left(1 - \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \cdot \cos^2 \phi_1\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

最後可修正為修正布拉格定律(Modified Bragg law)，

如方程式(5)所示：

$$\lambda_1 = 2 \cdot d \cdot (n_2^2 - n_1^2 \cdot \sin^2 \theta_1)^{1/2} \quad (5)$$

方程式(5)中的  $n_2$  代表光子晶體結構的平均折射率， $n_1$  通常為空氣的折射率，最後可簡化如方程式(6)所示：

$$\lambda = 2 \cdot d_{i,j,k} \cdot (n_{eff.}^2 - \sin^2 \theta)^{0.5} \quad (6)$$

其中  $\theta$  為入射光與介面法線之夾角， $n_{eff.}$  為兩種材料的整體有效折射率，如方程式(7)所示：

$$n_{eff.}^2 = f \cdot n_{material}^2 + (1-f) \cdot n_{air}^2 \quad (7)$$

其中  $n_{material.}$  為材料的折射率， $n_{air.}$  為空氣的折射率。而  $d_{i,j,k}$  為在  $(i, j, k)$  方向上兩晶面間的距離，其表示式如方程式(8)所示：

$$d_{i,j,k} = \frac{D}{\sqrt{i^2 + j^2 + k^2}} \quad (8)$$

其中  $D$  為單位晶格邊長。

因為一般光子晶體結構呈面心立方堆積構造，其最密堆積面為(111)，可得單位晶格邊長( $D$ )與球粒直徑( $a$ )關係式如方程式(9)所示：

$$D = \frac{2a}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}a \quad (9)$$

最後  $d_{i,j,k}$  值可修正為如方程式(10)所示：

$$d_{111} = \frac{\sqrt{2}a}{\sqrt{3}} \quad (10)$$

將方程式(10)代入方程式(6)，可得方程式(11)

$$\lambda = 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot a \cdot (n_{eff.}^2 - \sin^2 \theta)^{0.5} = 1.63 \cdot a \cdot (n_{eff.}^2 - \sin^2 \theta)^{0.5} \quad (11)$$

方程式(11)可描述光子晶體特殊的光學性質，當具有全波長的光以垂直方向( $\theta=0^\circ$ )進入光子晶體結構，方程式(11)可修正為方程式(12)，方程式中的  $a$  值與  $n_{eff}$  值將決定光子晶體所能全反射的特定波長值( $\lambda$ )。

$$\lambda = 1.63 \cdot a \cdot (n_{eff}) \quad (12)$$

所以由方程式(12)可以得知透過調整  $a$  與  $n_{eff}$  值，可以去控制特定的反射光波長，此反射光波長即我們眼睛所看到的顏色表現。

一個高品質的光子晶體結構不只會表現出特定的光能隙波長特性，在結構的表面更會呈現出均一顏色的巨觀特性，主要是因為當全波長光線進入具有週期性規則排列的光子晶體時，符合 Modified Bragg's Law 理論波長的光線會在其間產生繞射的現象而反射出其特定顏色，不符合特定波長範圍的光將被剔除掉。因此光子晶體結構不只有操控光反射波長的特性，透過控制 Modified Bragg's Law 的  $a$  與  $n_{eff}$  值，更有調控材料色域表現的能力。

### 第一實施例

在本例中，例如為聚苯胺之電致變色材料單一層 220 係製作成如第 2d 圖所示之孔洞化之光子晶體結構，根據方程式(12)的描述， $a$  值所代表的是球形孔洞 304 的直徑，所以透過調整球形孔洞 304 的大小進而達到操控材料顏色之目的。由於聚苯胺在外加負電壓的情況係呈現黃褐色，為了使其色域可平移至能同時包含紅色、藍色和綠色之三原

色的色域。所以本例之例如為聚苯胺的電致變色材料單一層 220 的顏色在提供負電壓的情下，必須由黃褐色調整為紅色，因此電致變色材料單一層 220 所能全反射的特定波長值( $\lambda$ )設定為 610nm。而透過理論計算可得到例如為聚苯胺之電致變色材料單一層 220 的整體平均折射率值( $n_{eff}$ )為 1.16，將  $\lambda$  與  $n_{eff}$  兩個值代入方程式(12)中，即可推算得到 a 值為 323nm。也就是說，例如為聚苯胺之電致變色材料單一層 220 中的每個球形孔洞 304 直徑均為 323nm，此時例如為聚苯胺之電致變色材料單一層 220 將表現出紅色。

具有光子晶體結構之電致變色材料單一層 220 的製作方法可分為兩種，一種是模板輔助製程，另一種是直接蝕刻法。直接蝕刻法成本較高，而模板輔助技術相對較為簡單，且成本較低。第 2a 至 2d 圖為利用模板輔助製程製備本發明實施例之電致變色材料單一層 220 的示意圖。第 3 圖為利用直接蝕刻法形成本發明另一實施例之電致變色材料單一層 220 的示意圖。如第 2a 圖所示，可利用例如無乳化聚合反應(Emulsifier-free emulsion polymerization)等方式製作出複數個均一直徑分佈的膠體球 300，其做為形成如第 1 圖所示之電致變色材料單一層 220 中球形孔洞 304 的模板。然後將膠體球 300 均勻分散於水溶液系統中，將已製作好第一導電層 202 的基板 200 置放於水溶液系統的底部，利用較高的溫度(例如為 45°C)以加速水溶液的蒸發速率，使水溶液的液面快速下降，並使水溶液中的膠體球 300 聚集在水溶液之界面附近。當液面下降至接近基板 200

表面時，水與空氣間的界面毛細力驅使膠體球聚集且堆積在基板 200 表面的第一導電層 202 上，即為一級毛細力(primary capillary force)效應，直到液面低於基板 200 時，一級毛細力的效應也結束。將系統控制於高溼度(例如為 90%)的狀態，當一級毛細力的作用結束後，堆積於表面的膠體球 300 仍處於潤濕狀態，亦即在膠體球 300 彼此之間仍有留水溶液殘留，於膠體球 300 彼此之間殘留之液面存在二級毛細力，所以第二階段的蒸發效應係將這些殘留於孔隙間的水排出膠體球 300 結構外，並產生反作用力以使混亂堆積的膠體球 300 再一次調整彼此位置，驅使膠體球 300 更緊密排列，形成具有面心立方堆積結構的三維晶體構造，整個製程時間只須一天。膠體球 300 的材質可包括聚苯乙烯(Polystyrene, PS)、二氧化矽(silicon dioxide, SiO<sub>2</sub>)、聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate, PMMA)或三-五族材料。在本例中，膠體球 300 可為聚苯乙烯(PS)。而為了可使光線能在後續形成的電致變色材料單一層 220 中具有足夠的路徑長度造成繞射，膠體球 300 的堆疊層數至少為 8 層。

如第 2b 和 2c 圖所示，然後利用例如電化學聚合法之奈米孔隙的填充技術將例如聚苯胺(polyaniline)的電致變色材料填充於膠體球 300 之間的孔隙。如第 2b 圖所示，可將面心立方堆積的三維晶體構造的膠體球 300 置於利用容器 314 盛裝之包括苯胺、硫酸和水形成之電鍍液 306 中，並設置於電極 308 和 310 之間。再利用電性連接至電極 308

和 310 的電源裝置 312，利用定電壓(例如為 1V)的電鍍條件，以電化學聚合法於電極 310 上製備電致變色材料薄膜 302。

如第 2d 圖所示，可利用例如為四氫呋喃(tetrahydrofuran, THF)的有機溶劑，將如第 2c 圖所示之所有的膠體球 300 移除，以形成具有複數個球形孔洞 304 的電致變色材料單一層 220。在模板輔助製程中，膠體球 300 的直徑係決定球形孔洞 304 的尺寸。由於在膠體球 300 移除的過程中，電致變色材料薄膜 302 會有體積收縮的效應產生，而收縮率大約為 20%。所以，在本例中，膠體球 300 的直徑約為 404nm。如第 2d 圖所示的電致變色材料單一層 220 為紅色的薄膜。透過調整驅動電壓，亦可以產生綠色與藍色。在本例中，當驅動電壓為負值時，電致變色材料單一層 220 可呈現紅色；當驅動電壓為 0.2V 時，電致變色材料單一層 220 可呈現淡綠色；當驅動電壓為 1.0V 時，電致變色材料單一層 220 可呈現淡藍色。如此，即可達成單一材料同時變化出紅色、綠色、藍色三原色的電致變色機制。更進一步的對驅動電壓進行微調機制，即可以將原本單色變化的機制轉變成多階色域化的呈現，因此全彩變致變色的技術可以成功的被開發。

另外，也可利用直接蝕刻法形成具有球形孔洞 304 的電致變色材料單一層 220。第 3 圖為利用直接蝕刻法形成本發明另一實施例之電致變色材料單一層 220 的示意圖。直接蝕刻法係利用鑽孔工具 318，例如機械鑽孔模具、電

子束(E-beam)、雷射光束(Laser Beam)或能量較強的紫外線(UV)光源，分別由三個方向對電致變色材料單一層 220 進行鑽孔蝕刻，以形成複數個呈週期性規則排列的球形孔洞 316。三個方向的相互夾角  $a_1$  可為  $120^\circ$ ，且三個方向對電致變色材料單一層 220 表面法線 320 的夾角  $b_1$  可為  $30^\circ$ 。在本例中，球形孔洞 316 的直徑約為 323nm。

## 第二實施例

在本例中，例如為普魯士藍之電致變色材料單一層 220 同樣地製作成如第 2d 圖所示之孔洞化之光子晶體結構。為了使電致變色材料單一層 220 的色域能同時包含紅色、藍色和綠色之三原色的色域，所以本例之例如為普魯士藍的電致變色材料單一層 220 的顏色在提供負電壓的情下，必須由透明無色調整為紅色。因此，電致變色材料單一層 220 所能全反射的特定波長值( $\lambda$ )設定為 610nm。而透過理論計算可得到例如為普魯士藍之電致變色材料單一層 220 的整體平均折射率值( $n_{eff}$ )為 1.16，將  $\lambda$  與  $n_{eff}$  兩個值代入方程式(12)中，即可推算得到  $a$  值為 323nm。也就是說，例如為普魯士藍之電致變色材料單一層 220 中的每個球形孔洞 304 直徑均為 323nm，當驅動電壓為負值時，例如為普魯士藍之電致變色材料單一層 220 將表現出紅色。

在本例中，可利用如第 2a 至 2d 圖所示之模板輔助製程，或如第 3 圖所示之直接蝕刻法等方式製作電致變色材料單一層 220。如第 2a 圖所示，可於如第 1 圖所示之已製

作好第一導電層 202 的基板 200 上形成複數個均一直徑分佈的膠體球 300，其做為形成如第 1 圖所示之電致變色材料單一層 220 中球形孔洞 304 的模板。膠體球 300 為以面心立方堆積方式堆疊的三維晶體構造，其堆疊層數至少為 8 層。膠體球 300 的材質可包括聚苯乙烯(Polystyrene, PS)、二氧化矽(silicon dioxide, SiO<sub>2</sub>)、聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate, PMMA)或三-五族材料。在本例中，膠體球 300 可為聚苯乙烯(PS)。

如第 2b 和 2c 圖所示，然後，利用例如電化學沉積法等沉積方式，將例如普魯士藍的電致變色材料填充於膠體球 300 之間的孔隙。如第 2b 圖所示，可將面心立方堆積的三維晶體構造的膠體球 300 置於利用容器 314 盛裝之普魯士藍之電鍍液 306 中，並設置於電極 308 和 310 之間。再利用電性連接至電極 308 和 310 的電源裝置 312 控制電壓，於電極 310 上製備電致變色材料薄膜 302。

如第 2d 圖所示，可利用例如為四氫呋喃(tetrahydrofuran, THF)的有機溶劑，將如第 2c 圖所示之所有的膠體球 300 移除，以形成具有複數個球形孔洞 304 的電致變色材料單一層 220。由於在膠體球 300 移除的過程中，會使電致變色材料薄膜 302 的體積收縮，其收縮率大約為 20%。所以，在本例中，膠體球 300 的直徑約為 404nm，以形成直徑約為 323m 的球形孔洞 304。如第 2d 圖所示的普魯士藍電致變色材料單一層 220，當驅動電壓為負值時為紅色的薄膜。透過調整驅動電壓，亦可以產生綠色與藍

色。在本例中，當驅動電壓為負值時，電致變色材料單一層 220 可呈現紅色；當驅動電壓為 0.2V 時，電致變色材料單一層 220 可呈現綠色；當驅動電壓為 0.6V 時，電致變色材料單一層 220 可呈現藍色。如此，即可達成單一材料同時變化出紅色、綠色、藍色三原色的電致變色機制。更進一步的對驅動電壓進行微調機制，即可以將原本單色變化的機制轉變成多階色域化的呈現，因此全彩變致變色的技術可以成功的被開發。

如第 3 圖所示，另外，也可利用直接蝕刻法形成具有球形孔洞 304 的電致變色材料單一層 220。直接蝕刻法係利用鑽孔工具 318，例如機械鑽孔模具、電子束(E-beam)、雷射光束(Laser Beam)或能量較強的紫外線(UV)光源，分別由三個方向對電致變色材料單一層 220 進行鑽孔蝕刻，以形成複數個呈週期性規則排列的球形孔洞 316。三個方向的相互夾角  $a_1$  可為  $120^\circ$ ，且三個方向對電致變色材料單一層 220 表面法線 320 的夾角  $b_1$  可為  $30^\circ$ 。在本例中，球形孔洞 316 的直徑約為 323nm。

本發明實施例的顯示裝置 250 具有以下優點。顯示裝置 250 之電致變色材料單一層 220，為具有光子晶體結構的電致變色材料層，可透過光子晶體結構調整電致變色材料單一層 220，使其可以呈現紅色、綠色與藍色三原色的色域，且可因應不同的驅動電壓呈現不同的顏色，更進一步的可對驅動電壓進行微調機制，即可以將原本單色變化的機制轉變成多階色域化的呈現。同時，顯示裝置 250 之

電致變色材料單一層 220 具有低耗能、高環境對比特性等優點，且可搭配可撓曲基板製程。因此，本發明實施例的顯示裝置 250 可僅用單一畫素而同時呈現紅色、綠色與藍色三原色的色域，不需搭配習知的彩色濾光片(color filter)、液晶層與背光模組，即可達到全彩化的目標，且具有低耗能、高環境對比特性等優點，在顯示器的應用上將是大有所為，甚至於可撓曲顯示器或電子紙領域的應用上更是指日可待。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟悉此項技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可做些許更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

**【圖式簡單說明】**

第 1 圖為本發明實施例之顯示裝置的剖面圖。

第 2a 至 2d 圖為形成本發明一實施例之電致變色材料單一層的示意圖。

第 3 圖為形成本發明另一實施例之電致變色材料單一層的示意圖。

**【主要元件符號說明】**

- 200~基板；
- 202~第一電極層；
- 204~電解質層；
- 206~第二電極層；
- 208~透明導電層；
- 210~電源裝置；
- 220~電致變色材料單一層；
- 250~顯示裝置；
- 300~膠體球；
- 302~電致變色材料薄膜；
- 304~球形孔洞；
- 306~電解液；
- 308~電極；
- 310~電極；
- 312~電源裝置；
- 314~容器；

200928538

316~球形孔洞；

318~鑽孔工具；

320~法線；

$a_1$ 、 $b_1$ ~夾角。

### 五、中文發明摘要：

本發明提供一種顯示裝置，包括：一基板；一第一電極層，設置於上述基板上；一電致變色材料單一層，設置於上述第一電極層上，其中上述電致變色材料單一層中具有複數個球形孔洞；一電解質層，設置於上述電致變色材料單一層上；一第二電極層，設置於上述電解質層上；一電源裝置，分別電性連接至上述第一電極層和上述第二電極層，上述電源裝置係提供一驅動電壓，以使上述電致變色材料單一層可因應上述驅動電壓呈現紅色、藍色或綠色。

### 六、英文發明摘要：

A display device is provided. The display device comprises a substrate. A first electrode layer is disposed on the substrate. An electrochromic material single layer is disposed the first electrode layer, wherein the electrochromic material single layer has a plurality of ball-shaped holes inside. An electrolytic layer is disposed on the electrochromic material single layer. A second electrode layer is disposed on the electrolytic layer. A power supply is electrically connected to the first and second electrode layers, respectively. The electrochromic material single layer displays red, blue or green colors according to a driving voltage providing by the power supply.

## 十、申請專利範圍：

1. 一種顯示裝置，包括：
  - 一基板；
  - 一第一電極層，設置於該基板上；
  - 一電致變色材料單一層，設置於該第一電極層上，其中該電致變色材料單一層中具有複數個球形孔洞；
  - 一電解質層，設置於該電致變色材料單一層上；
  - 一第二電極層，設置於該電解質層上；以及
  - 一電源裝置，分別電性連接至該第一電極層和該第二電極層，該電源裝置係提供一驅動電壓，以使該電致變色材料單一層可因應該驅動電壓呈現紅色、藍色或綠色。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之顯示裝置，其中該複數個球形孔洞堆疊成一三維晶體結構。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之顯示裝置，其中該複數個球形孔洞係的堆疊層數至少 8 層。
4. 如申請專利範圍第 2 項所述之顯示裝置，其中該複數個球形孔洞係以面心立方堆積方式堆疊。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之顯示裝置，其中每一個該複數個球形孔洞的直徑為 340-310nm。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之顯示裝置，其中該電致變色材料單一層的材質包括有機材料或無機材料。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述之顯示裝置，其中該電致變色材料單一層的材質包括聚苯胺、普魯士藍。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之顯示裝置，其中該電

解質層包括固態高分子電解質或膠態高分子電解質。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之顯示裝置，更包括一透明導電層，設置於該第二電極層上。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述之顯示裝置，其中該基板包括硬質基板或可撓曲基板。

11. 一種顯示裝置，包括：

一基板；

一第一電極層，設置於該基板上；

一光子晶體結構層，設置於該第一電極層上；

一電解質層，設置於該光子晶體結構層上；

一第二電極層，設置於該電解質層上；以及

一電源裝置，分別電性連接至該第一電極層和該第二電極層，該電源裝置係提供一驅動電壓，以使該光子晶體結構層可因應該驅動電壓呈現紅色、藍色或綠色。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之顯示裝置，其中該光子晶體結構層中具有複數個球形孔洞。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述之顯示裝置，其中該複數個球形孔洞堆疊成一三維晶體結構。

14. 如申請專利範圍第 13 項所述之顯示裝置，其中該複數個球形孔洞係的堆疊層數至少 8 層。

15. 如申請專利範圍第 12 項所述之顯示裝置，其中該複數個球形孔洞係以面心立方堆積方式堆疊。

16. 如申請專利範圍第 12 項所述之顯示裝置，其中每一個該複數個球形孔洞的直徑為 340-310nm。

17. 如申請專利範圍第 11 項所述之顯示裝置，其中該光子晶體結構層的材質包括電致變色材料。

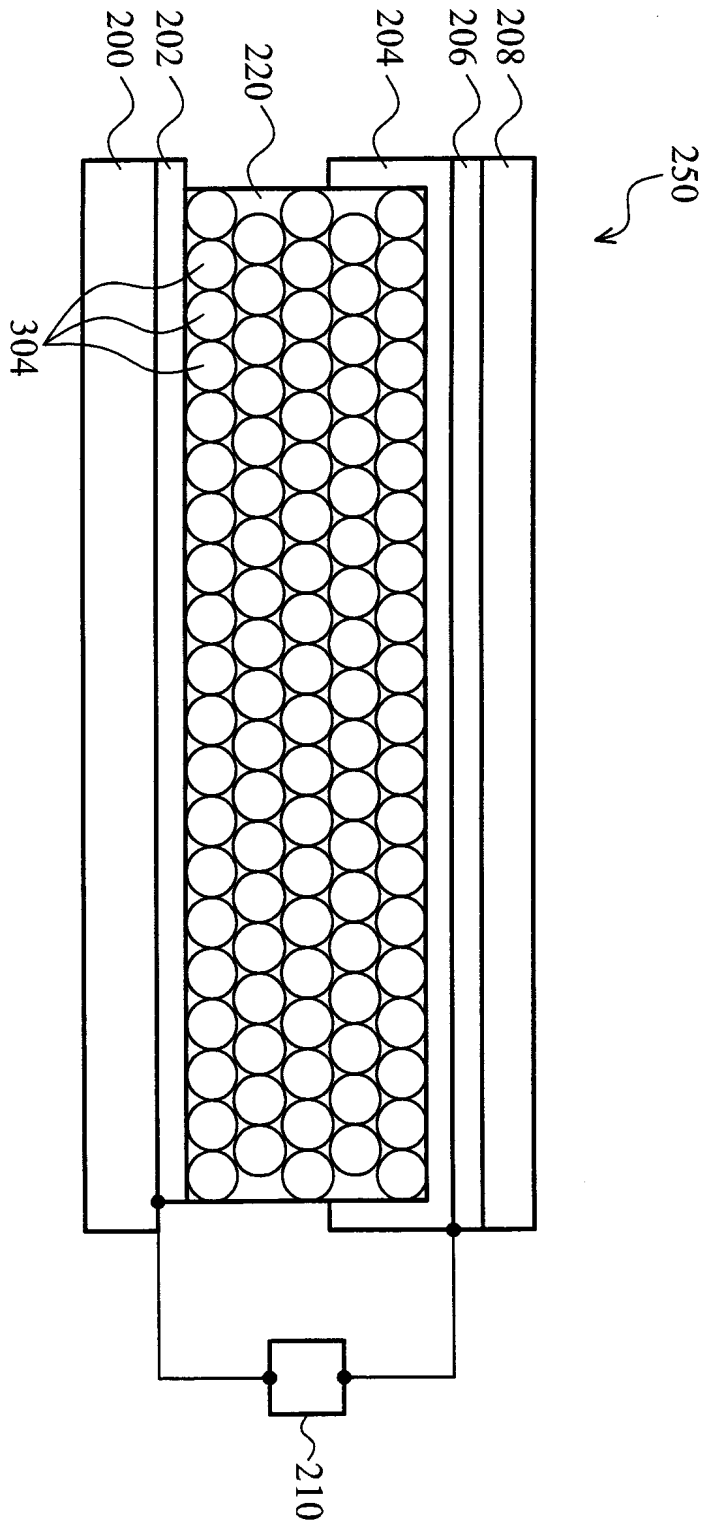
18. 如申請專利範圍第 17 項所述之顯示裝置，其中該電致變色材料單一層的材質包括有機材料或無機材料。

19. 如申請專利範圍第 18 項所述之顯示裝置，其中該電致變色材料單一層的材質包括聚苯胺、普魯士藍。

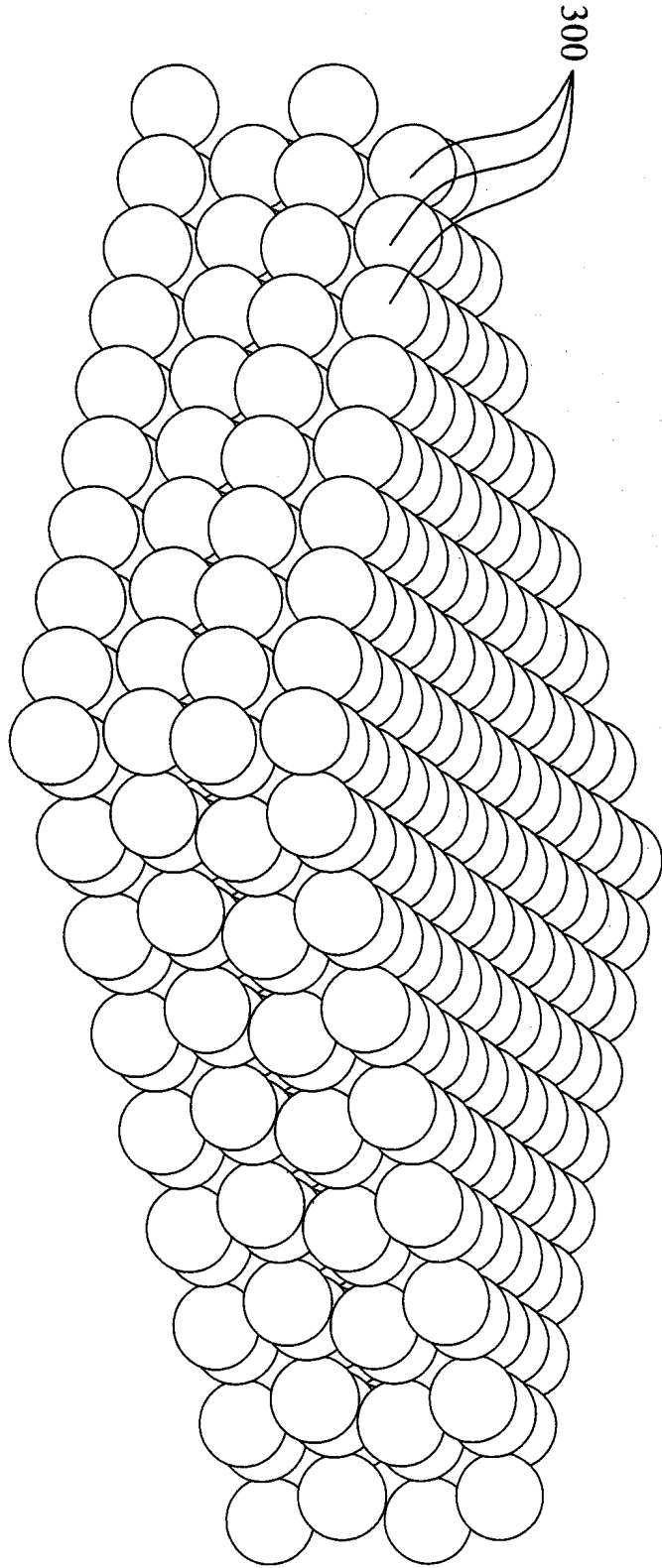
20. 如申請專利範圍第 11 項所述之顯示裝置，其中該電解質層包括固態高分子電解質或膠態高分子電解質。

21. 如申請專利範圍第 11 項所述之顯示裝置，更包括一透明導電層，設置於該第二電極層上。

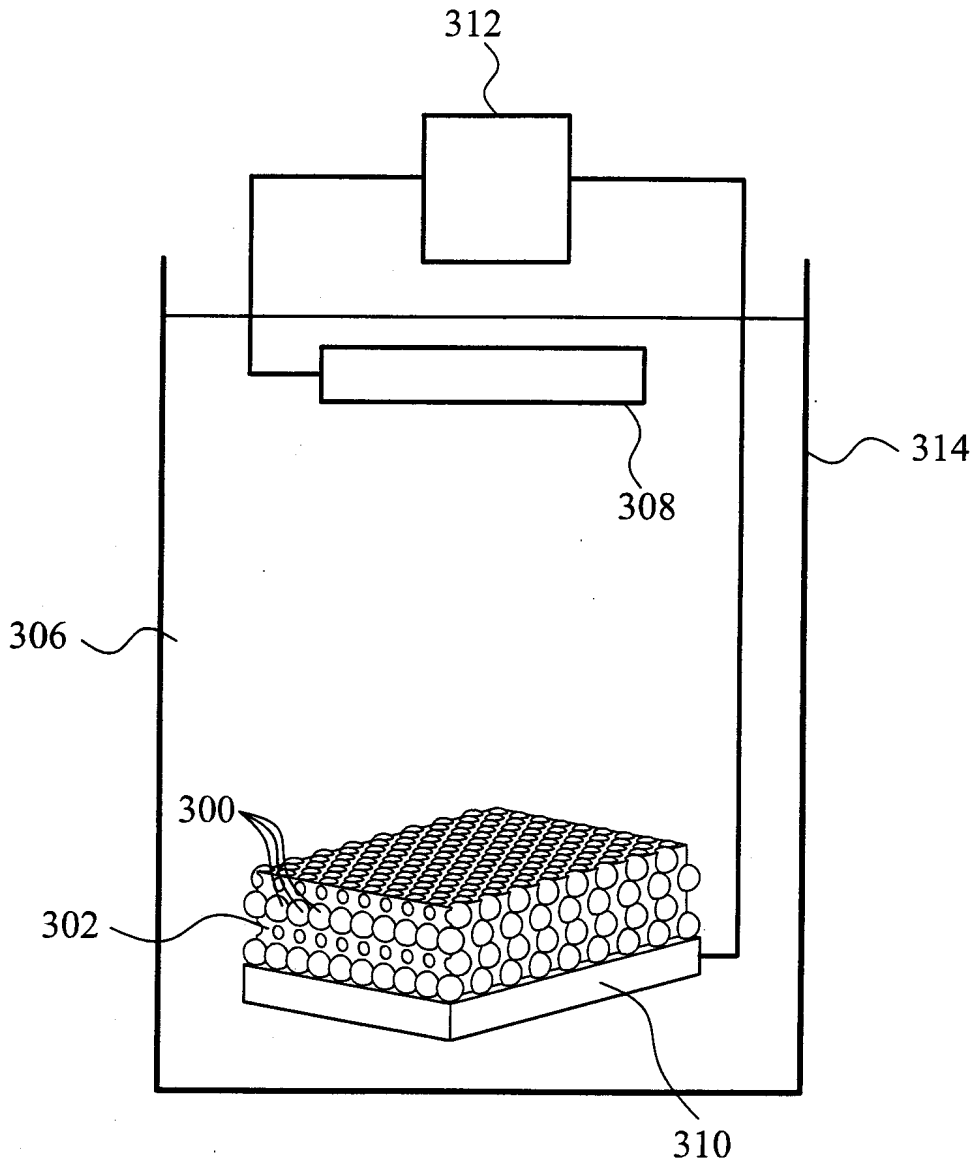
22. 如申請專利範圍第 11 項所述之顯示裝置，其中該基板包括硬質基板或可撓曲基板。



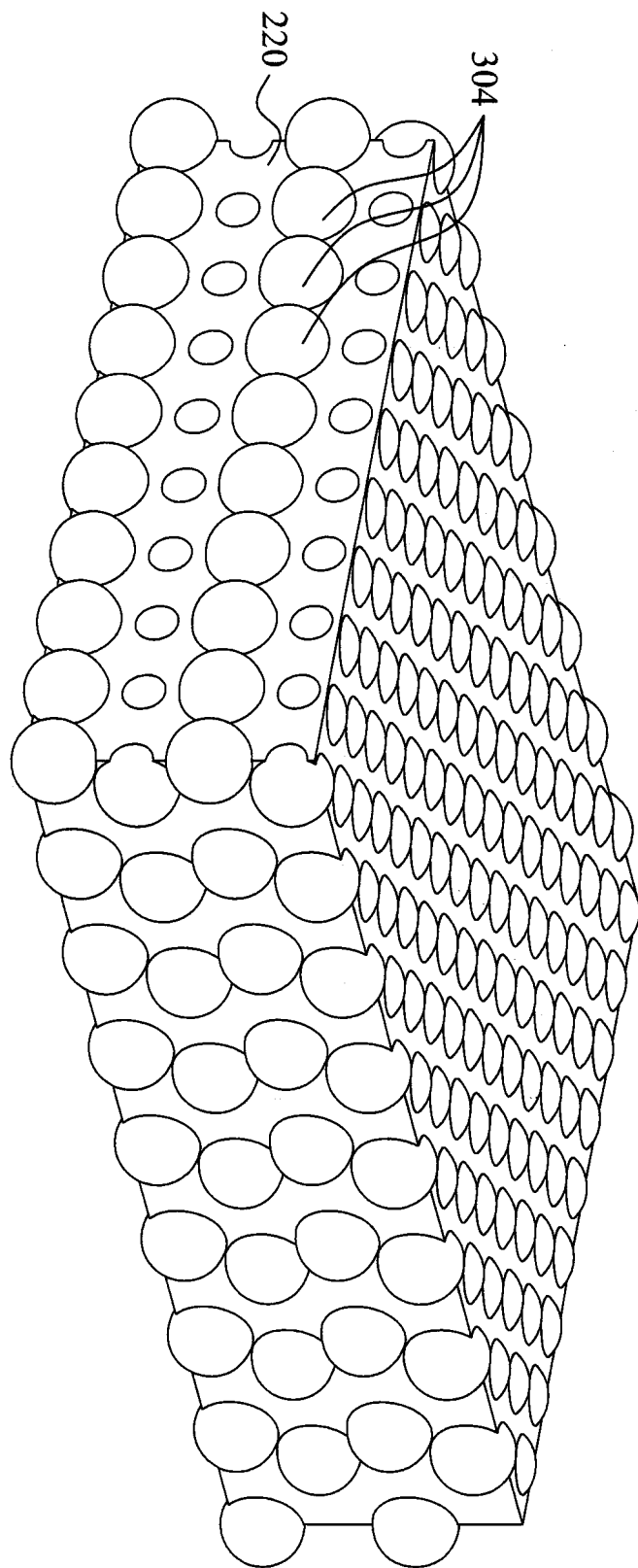
第 1 圖



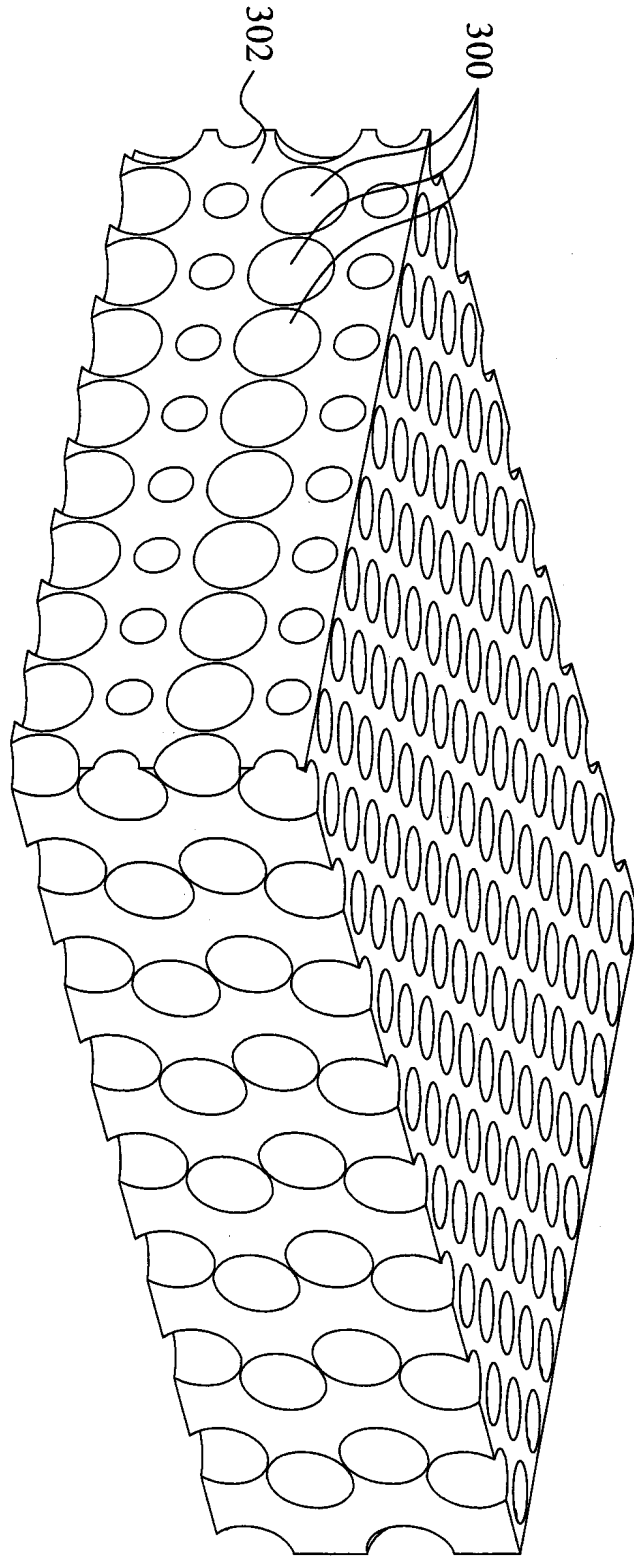
第 2a 圖



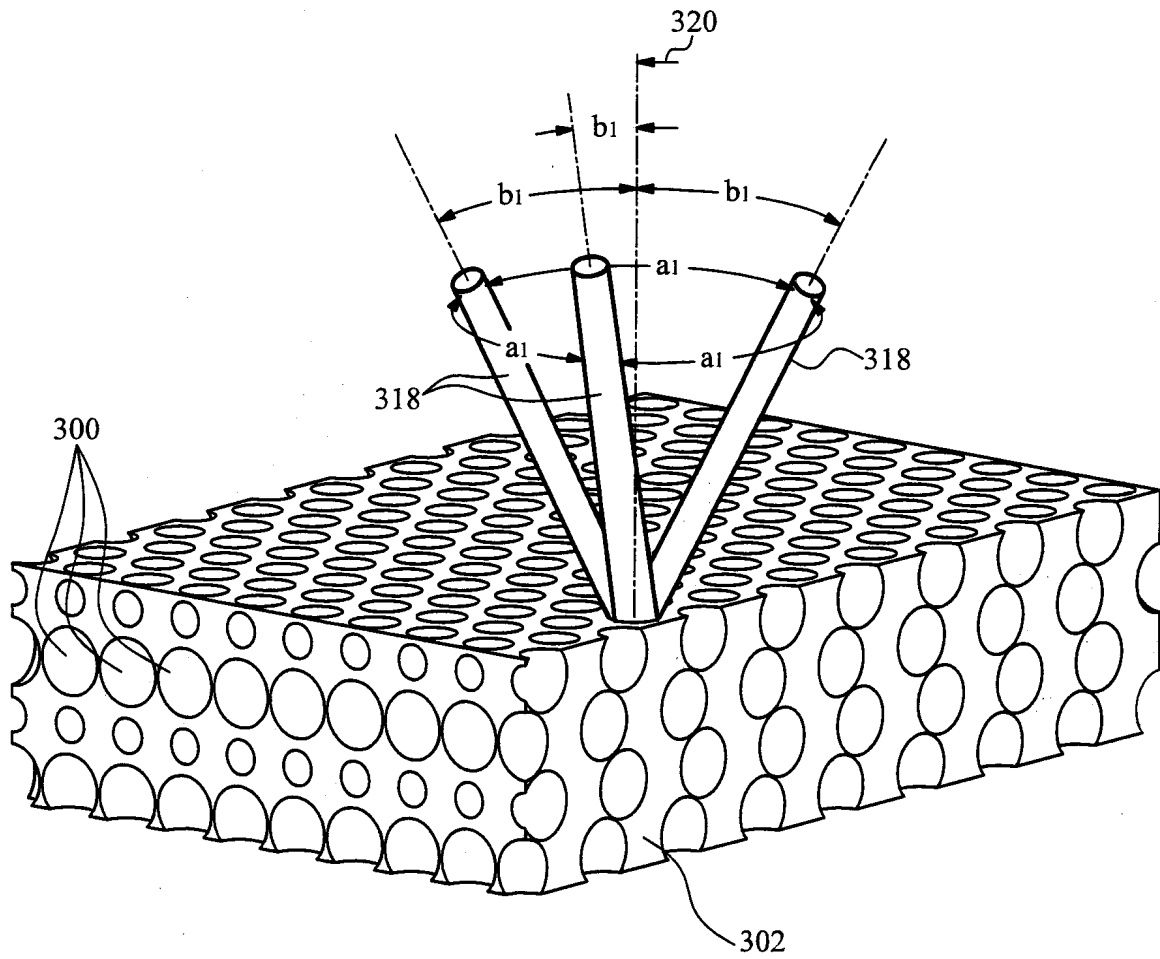
第 2b 圖



第 2c 圖



第 2d 圖



第 3 圖

**七、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

200~基板；

202~第一電極層；

204~電解質層；

206~第二電極層；

208~透明導電層；

210~電源裝置；

220~電致變色材料單一層；

250~顯示裝置；

304~球形孔洞。

**八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

無。