I889373

(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 I889373 B**

(45)公告日： 中華民國 114 (2025) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：113120639 (22)申請日： 中華民國 113 (2024) 年 06 月 04 日

(51)Int. Cl.： *G02F1/167 (2019.01)* *G02F1/1343 (2006.01)*
G02F1/1368 (2006.01) *G02F1/1675 (2019.01)*
G02F1/1685 (2019.01)

(30)優先權：2023/06/05 美國 63/471,148

(71)申請人：美商電子墨水股份有限公司 (美國) E INK CORPORATION (US)
美國

(72)發明人：塔爾夫 史蒂芬 J TELFER, STEPHEN J. (US)；德里瓦拉 阿密特 DELIWALA, AMIT (US)

(74)代理人：王彥評；蔡淑美

(56)參考文獻：

TW 202247135A TW 202248731A

審查人員：葉耀中

申請專利範圍項數：31 項 圖式數：9 共 85 頁

(54)名稱

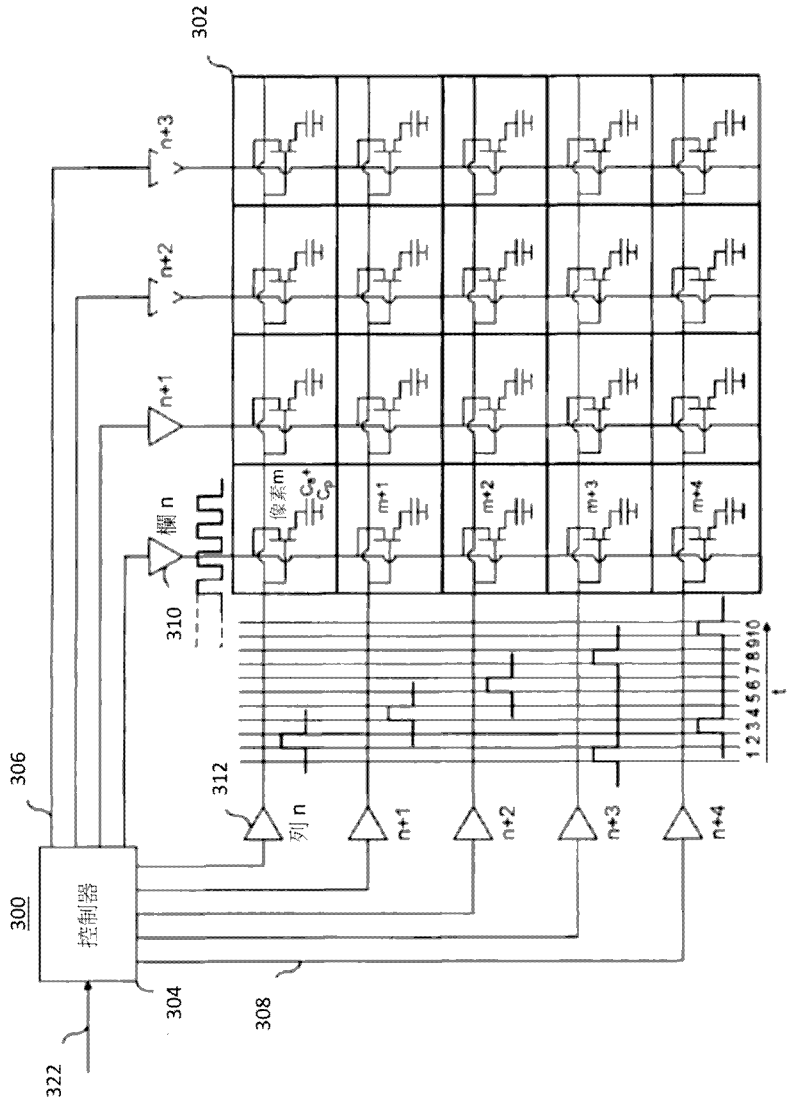
可用具有四個電壓位準的波形來定址之具有四種顏料顆粒系統的彩色電泳介質、及用以定址此種介質之方法

(57)摘要

一種彩色電泳顯示器，其包括位於觀看面的透光電極、背電極及配置於此之間的電泳介質。該電泳介質包括非極性流體及位於該流體中具有四種類型的帶電荷電泳顏料顆粒之多顏料顆粒系統。該等顆粒包括具有不同光學性質之第一、第二、第三及第四類型顆粒。該第二、第三及第四類型顆粒具有與該第一類型顆粒的電荷極性相反之電荷極性。該多顏料顆粒系統可直接地以具有選自於一組精確四種不同電壓位準的電壓位準之推挽式波形施加至該背電極來定址，以在每個像素提供八種原色(紅色、綠色、藍色、青藍色、洋紅色、黃色、黑色及白色)中之任何一種，同時保持在該透光電極上的電壓固定。該電壓位準包含第一正電壓、第二較低正電壓、近零電壓及負電壓。

A color electrophoretic display includes a light-transmissive electrode at a viewing surface, a back electrode, and an electrophoretic medium disposed therebetween. The electrophoretic medium includes a non-polar fluid and a multi-pigment particle system having four types of charged electrophoretic pigment particles in the fluid. The particles includes first, second, third, and fourth types of particles having different optical properties. The second, third, and fourth types of particles have a charge polarity opposite to the charge polarity of the first type of particle. The multi-pigment particle system is directly addressable with push-pull waveforms applied to the back electrode having voltage levels selected from a set of exactly four different voltage levels to render any of eight primary colors (red, green, blue, cyan, magenta, yellow, black, and white) at each pixel while holding the voltage on the light-transmissive electrode constant. The voltage levels comprise a first positive voltage, a second lower positive voltage, a near zero voltage, and a negative voltage.

指定代表圖：



【圖 7】

符號簡單說明：

300:驅動系統

302:像素電極陣列,陣列

304:微控制器

306:資料訊號線

308:閘極訊號線

310:資料線驅動器

312:閘極線驅動器

322:輸入資料線

I889373

【發明摘要】

【中文發明名稱】

可用具有四個電壓位準的波形來定址之具有四種顏料顆粒系統的彩色電泳介質、及用以定址此種介質之方法

【英文發明名稱】

COLOR ELECTROPHORETIC MEDIUM HAVING FOUR PIGMENT PARTICLE SYSTEM ADDRESSABLE BY WAVEFORMS HAVING FOUR VOLTAGE LEVELS AND METHOD FOR ADDRESSING SUCH A MEDIUM

【中文】

一種彩色電泳顯示器，其包括位於觀看面的透光電極、背電極及配置於此之間的電泳介質。該電泳介質包括非極性流體及位於該流體中具有四種類型的帶電荷電泳顏料顆粒之多顏料顆粒系統。該等顆粒包括具有不同光學性質之第一、第二、第三及第四類型顆粒。該第二、第三及第四類型顆粒具有與該第一類型顆粒的電荷極性相反之電荷極性。該多顏料顆粒系統可直接地以具有選自於一組精確四種不同電壓位準的電壓位準之推挽式波形施加至該背電極來定址，以在每個像素提供八種原色(紅色、綠色、藍色、青藍色、洋紅色、黃色、黑色及白色)中之任何一種，同時保持在該透光電極上的電壓固定。該電壓位準包含第一正電壓、第二較低正電壓、近零電壓及負電壓。

【英文】

A color electrophoretic display includes a light-transmissive electrode at a viewing surface, a back electrode, and an electrophoretic medium disposed therebetween. The electrophoretic medium includes a non-polar fluid and a multi-pigment particle system having four types of charged electrophoretic pigment particles in the fluid. The particles includes first, second, third, and fourth types of particles having different optical properties. The second, third, and fourth types of particles have a charge polarity opposite to the charge polarity of the first type of particle. The multi-pigment particle system is directly addressable with push-pull waveforms applied to the back electrode having voltage levels selected from a set of exactly four different voltage levels to render any of eight primary colors (red, green, blue, cyan, magenta, yellow, black, and white) at each pixel while holding the voltage on the light-transmissive electrode constant. The voltage levels comprise a first positive voltage, a second lower positive voltage, a near zero voltage, and a negative voltage.

【指定代表圖】

圖 7

【代表圖之符號簡單說明】

300:驅動系統

302:像素電極陣列,陣列

304:微控制器

306:資料訊號線

308:閘極訊號線

310:資料線驅動器

312:閘極線驅動器

322:輸入資料線

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】

可用具有四個電壓位準的波形來定址之具有四種顏料顆粒系統的彩色電泳介質、及用以定址此種介質之方法

【英文發明名稱】

COLOR ELECTROPHORETIC MEDIUM HAVING FOUR PIGMENT PARTICLE SYSTEM ADDRESSABLE BY WAVEFORMS HAVING FOUR VOLTAGE LEVELS AND METHOD FOR ADDRESSING SUCH A MEDIUM

【技術領域】

【0001】

[相關申請案之相互參照]

本申請案主張2023年6月5日所提出之發表名稱為COLOR ELECTROPHORETIC MEDIUM HAVING FOUR PIGMENT PARTICLE SYSTEM ADDRESSABLE BY WAVEFORMS HAVING FOUR VOLTAGE LEVELS的美國臨時專利申請案案號63,471,148之優先權，其全文因此藉此以參考方式併入本文。

【先前技術】

【0002】電泳顯示器(EPD)係藉由修改帶電荷的有色顆粒相對於透光觀看面之位置來改變顏色。此等電泳顯示器典型指為「電子紙張」或「ePaper」，因為所得之顯示器具有高對比且可在日光下讀取，很像在紙上的油墨。電泳顯示器已在諸如AMAZON KINDLE®等的電子閱讀器中得到普遍採用，因為電泳顯示器提供書籍般的

閱讀體驗、使用些微電力及允許使用者在輕量型手持裝置中攜帶數百本書的資料庫。

【0003】許多年來，EPDs 僅包括二種類型的帶電荷顆粒：黑色及白色。(當然，本文中所使用的「彩色」包括黑色及白色。)白色顆粒經常係光散射類型，及包含例如二氧化鈦；同時黑色顆粒在整個可見光譜範圍內具吸收性，及可包含碳黑，或吸收性金屬氧化物，諸如亞鉻酸銅。從最簡單的意義來說，黑色及白色 EPD 僅需要位於觀看面的透光電極、背電極及包括相反電荷的白色及黑色顆粒之電泳介質。當提供一種極性的電壓時，白色顆粒移動至觀看面；及當提供相反極性的電壓時，黑色顆粒移動至觀看面。若該背電極包括可控區域(像素)時，如分段的電極或由電晶體控制之像素電極的主動式矩陣，則可以使圖案以電子方式出現在觀看面。例如，該圖案可係書本的文字。

【0004】近來，多種顏色選擇已可供 EPDs 商業獲得，包括三色顯示器(黑色、白色、紅色；黑白色、黃色)、四色顯示器(黑色、白色、紅色、黃色)及依賴上述敘述的黑色/白色顆粒之彩色濾光片顯示器。具有三或四種反射性顆粒的 EPDs 係類似於習知的黑色及白色顯示器般操作，因為其要將想要的顏色顆粒驅動至觀看面。該驅動方案遠比僅有黑色及白色更複雜，但最終該等顆粒的光學功能相同，以正確顏色將入射光反射回觀看者。

【0005】高級彩色電子紙(ACeP™)亦包括四種顆粒，

但是青藍色、黃色及洋紅色顆粒係相減性而非反射性，因此允許在每個像素產生數千種顏色。該色彩處理係與已在膠版印刷及噴墨列印機中長期使用之印刷方法功能性相等。所提供的顏色係藉由在明亮的白色紙背景上使用正確比率的青藍色、黃色及洋紅色來產生。在 ACeP 的例子中，該青藍色、黃色、洋紅色及白色顆粒相對於觀看面之相對位置將決定在每個像素的顏色。雖然此種類型的 EPD 允許在每個像素有數千種顏色，其關鍵為仔細地控制該等顏料(尺寸 50 至 500 奈米)各自在厚度約 10 至 20 微米的可作用空間內之位置。明顯地，該等顆粒的位置變動將造成在所提供的像素顯示出不正確的顏色。因此，此系統需要完美的電壓控制。此系統的更多細節可在下列美國專利中獲得，其全文全部以參考方式併入本文：美國專利案號 9,361,836、9,921,451、10,276,109、10,353,266、10,467,984 及 10,593,272。

【0006】術語「灰色狀態」於本文中係以在成像技藝的習知意義使用，其指為在像素的二個極端光學狀態中間之狀態，並且不一定暗示在這二個極端狀態間之黑色-白色變遷。例如，下面所提出之數篇 E Ink 專利及公開的申請案敘述了極端狀態係白色及深藍色的 EPDs，以致於中間灰色狀態實際上是淡藍色。確實，正如已經提到，光學狀態之變化可能根本不是顏色變化。術語「黑色」及「白色」在下面可係用以指出顯示器之二個極端光學狀態，以及應該了解到通常包括非嚴格地黑色及白

色的極端光學狀態，例如，前述提及的白色及深藍色狀態。

【0007】術語「雙穩態」及「雙穩定性」於本文中係以其在技藝中習知的意義使用，其指為包含具有在至少一種光學性質上不同之第一及第二顯示狀態的顯示元件之顯示器，及如此在已經藉由有限期間之定址脈衝來將任何所提供的元件驅動至假設其第一或第二顯示狀態後，於該定址脈衝已終止後，其狀態將持續一段時間，其係改變該顯示元件所需要之定址脈衝的最小週期之至少數倍，例如，至少四倍。在美國專利案號 7,170,670 中顯示出具有灰度(gray scale)能力之一些基於顆粒的 EPDs 不僅在其極端黑色及白色狀態下係穩定的，而且在其中間灰色狀態下亦是穩定的，以及一些其它類型之光電顯示器具有相同的事實。雖然為了方便起見而在此可能將術語「雙穩態」用於涵蓋雙穩態及多穩態顯示器兩者，但是此類型顯示器適合稱為多穩態顯示器而非雙穩態顯示器。

【0008】當使用來指出驅動 EPD 時，於本文中使用術語「脈衝」來指出在驅動該顯示器之期間所施加的電壓相對於時間之積分。

【0009】吸收、散射或反射在寬頻帶中或在選定的波長中之光的顆粒於本文中指為有色或顏料顆粒。在本發明的電泳介質及顯示器中亦可使用多種除了顏料(就該術語之嚴格意義來說，意謂著不溶的有色材料)外之吸收或反射光的材料，諸如，染料或光子晶體等。

【0010】基於顆粒的 EPDs 多年來一直為深入研究及發展的目標。在此等顯示器中，複數個帶電荷顆粒(有時指為顏料顆粒)會在電場影響下經由流體移動。當與液晶顯示器比較時，EPDs 可具有良好的亮度及對比、寬視角、狀態雙穩定性及低電力消耗之屬性。然而，這些顯示器之長時間影像品質的問題已防止其普遍使用。例如，構成 EPDs 的顆粒趨向於沈降而導致這些顯示器之不適當的使用壽命。

【0011】如上述提到，電泳介質需要流體之存在。在大部分先前技術電泳介質中，此流體係液體，但是可使用氣體流體來製造該電泳介質；參見例如，Kitamura, T.等人，Electrical toner movement for electronic paper-like display, IDW Japan, 2001, Paper HCS1-1；以及 Yamaguchi, Y.等人, Toner display using insulative particles charged triboelectrically, IDW Japan, 2001, Paper AMD4-4)。亦參見美國專利案號 7,321,459 及 7,236,291。當在准許此種沈降之定向上使用該介質時，例如，在垂直平面中配置介質的表現中，此基於氣體的電泳介質似乎易受與基於液體的電泳介質相同類型之由於顆粒沈降的問題影響。確實，顆粒沈降在基於氣體的電泳介質中似乎顯露出比在基於液體的電泳介質中更嚴重的問題，因為與液體懸浮流體比較，氣體懸浮流體之較低黏度會允許該電泳顆粒更快速地沈降。

【0012】讓與給 Massachusetts Institute of Technology (MIT)及 E Ink Corporation 或在其名義下之許多專利及

申請案敘述了大量用於囊封式電泳及其它光電介質的各種技術。此囊封式介質包含許多小膠囊，其自身每個皆包含位於流體介質中包括會電泳移動的顆粒之內相；及環繞該內相的膠囊壁。典型來說，該等膠囊其本身係容納在聚合物黏合劑內而形成配置於二個電極間的黏附層(coherent layer)。這些專利及申請案中所敘述的技術包括：

(a)電泳顆粒、流體及流體添加劑；參見例如，美國專利案號 7,002,728 及 7,679,814；

(b)膠囊、黏合劑及囊封方法；參見例如，美國專利案號 6,922,276 及 7,411,719；

(c)微胞結構、壁材料及形成微胞的方法；參見例如，美國專利案號 7,072,095 及 9,279,906；

(d)用以裝填及密封微胞的方法；參見例如，美國專利案號 7,144,942 及 7,715,088；

(e)包括光電材料的膜及子組件；參見例如，美國專利案號 6,982,178 及 7,839,564；

(f)用於顯示器中的背板、黏著層及其它輔助層及方法；參見例如，美國專利案號 7,116,318 及 7,535,624；

(g)色彩形成及色彩調整；參見例如，美國專利案號 6,017,584；6,545,797；6,664,944；6,788,452；6,864,875；6,914,714；6,972,893；7,038,656；7,038,670；7,046,228；7,052,571；7,075,502***；7,167,155；7,385,751；7,492,505；7,667,684；7,684,108；7,791,789；7,800,813；7,821,702；

7,839,564*** ； 7,910,175 ； 7,952,790 ； 7,956,841 ；
7,982,941 ； 8,040,594 ； 8,054,526 ； 8,098,418 ；
8,159,636 ； 8,213,076 ； 8,363,299 ； 8,422,116 ；
8,441,714 ； 8,441,716 ； 8,466,852 ； 8,503,063 ；
8,576,470 ； 8,576,475 ； 8,593,721 ； 8,605,354 ；
8,649,084 ； 8,670,174 ； 8,704,756 ； 8,717,664 ；
8,786,935 ； 8,797,634 ； 8,810,899 ； 8,830,559 ；
8,873,129 ； 8,902,153 ； 8,902,491 ； 8,917,439 ；
8,964,282 ； 9,013,783 ； 9,116,412 ； 9,146,439 ；
9,164,207 ； 9,170,467 ； 9,170,468 ； 9,182,646 ；
9,195,111 ； 9,199,441 ； 9,268,191 ； 9,285,649 ；
9,293,511 ； 9,341,916 ； 9,360,733 ； 9,361,836 ；
9,383,623；及 9,423,666；及美國專利申請案公開案號
2008/0043318 ； 2008/0048970 ； 2009/0225398 ；
2010/0156780 ； 2011/0043543 ； 2012/0326957 ；
2013/0242378 ； 2013/0278995 ； 2014/0055840 ；
2014/0078576 ； 2014/0340430 ； 2014/0340736 ；
2014/0362213 ； 2015/0103394 ； 2015/0118390 ；
2015/0124345 ； 2015/0198858 ； 2015/0234250 ；
2015/0268531 ； 2015/0301246 ； 2016/0011484 ；
2016/0026062 ； 2016/0048054 ； 2016/0116816 ；
2016/0116818；及 2016/0140909；

(h)用以驅動顯示器的方法；參見例如，美國專利案號 5,930,026；6,445,489；6,504,524；6,512,354；6,531,997 ； 6,753,999 ； 6,825,970 ； 6,900,851 ；

6,995,550 ； 7,012,600 ； 7,023,420 ； 7,034,783 ；
7,061,166 ； 7,061,662 ； 7,116,466 ； 7,119,772 ；
7,177,066 ； 7,193,625 ； 7,202,847 ； 7,242,514 ；
7,259,744 ； 7,304,787 ； 7,312,794 ； 7,327,511 ；
7,408,699 ； 7,453,445 ； 7,492,339 ； 7,528,822 ；
7,545,358 ； 7,583,251 ； 7,602,374 ； 7,612,760 ；
7,679,599 ； 7,679,813 ； 7,683,606 ； 7,688,297 ；
7,729,039 ； 7,733,311 ； 7,733,335 ； 7,787,169 ；
7,859,742 ； 7,952,557 ； 7,956,841 ； 7,982,479 ；
7,999,787 ； 8,077,141 ； 8,125,501 ； 8,139,050 ；
8,174,490 ； 8,243,013 ； 8,274,472 ； 8,289,250 ；
8,300,006 ； 8,305,341 ； 8,314,784 ； 8,373,649 ；
8,384,658 ； 8,456,414 ； 8,462,102 ； 8,514,168 ；
8,537,105 ； 8,558,783 ； 8,558,785 ； 8,558,786 ；
8,558,855 ； 8,576,164 ； 8,576,259 ； 8,593,396 ；
8,605,032 ； 8,643,595 ； 8,665,206 ； 8,681,191 ；
8,730,153 ； 8,810,525 ； 8,928,562 ； 8,928,641 ；
8,976,444 ； 9,013,394 ； 9,019,197 ； 9,019,198 ；
9,019,318 ； 9,082,352 ； 9,171,508 ； 9,218,773 ；
9,224,338 ； 9,224,342 ； 9,224,344 ； 9,230,492 ；
9,251,736 ； 9,262,973 ； 9,269,311 ； 9,299,294 ；
9,373,289；9,390,066；9,390,661；及 9,412,314；及美國專利申請案公開案號 2003/0102858；2004/0246562；2005/0253777 ； 2007/0091418 ； 2007/0103427 ；
2007/0176912 ； 2008/0024429 ； 2008/0024482 ；

2008/0136774 ; 2008/0291129 ; 2008/0303780 ; 2009/0174651 ; 2009/0195568 ; 2009/0322721 ; 2010/0194733 ; 2010/0194789 ; 2010/0220121 ; 2010/0265561 ; 2010/0283804 ; 2011/0063314 ; 2011/0175875 ; 2011/0193840 ; 2011/0193841 ; 2011/0199671 ; 2011/0221740 ; 2012/0001957 ; 2012/0098740 ; 2013/0063333 ; 2013/0194250 ; 2013/0249782 ; 2013/0321278 ; 2014/0009817 ; 2014/0085355 ; 2014/0204012 ; 2014/0218277 ; 2014/0240210 ; 2014/0240373 ; 2014/0253425 ; 2014/0292830 ; 2014/0293398 ; 2014/0333685 ; 2014/0340734 ; 2015/0070744 ; 2015/0097877 ; 2015/0109283 ; 2015/0213749 ; 2015/0213765 ; 2015/0221257 ; 2015/0262255 ; 2015/0262551 ; 2016/0071465 ; 2016/0078820 ; 2016/0093253 ; 2016/0140910；及 2016/0180777(這些專利及申請案以下可稱為 MEDEOD(用以驅動光電顯示器的方法)申請案)；

(i)顯示器之應用；參見例如，美國專利案號 7,312,784 及 8,009,348；及

(j)非電泳顯示器，如在美國專利案號 6,241,921；及美國專利申請案公開案號 2015/0277160；及美國專利申請案公開案號 2015/0005720 及 2016/0012710 中所敘述。

【0013】許多前述提及的專利及申請案認知到可由連

續相來置換在該囊封型電泳介質中環繞該分立的微膠囊之壁，因此產生所謂的聚合物分散型 EPD，其中該電泳介質包含複數個分立的電泳流體液滴及聚合材料連續相，及在此聚合物分散型 EPD 內之分立的電泳流體液滴可視為膠囊或微膠囊，即使沒有與每個各別液滴相關之分立的膠囊薄膜；參見例如，美國專利案號 6,866,760。此外，為了本申請案之目的，此聚合物分散型電泳介質視為囊封型電泳介質的亞種類。

【0014】一種相關類型之 EPD 係所謂的微胞 EPD。在微胞 EPD 中，未將帶電荷顆粒及流體囊封在微膠囊內，反而是將其保留在典型為聚合物膜的載體介質內所形成之複數個空腔中。參見例如，美國專利案號 6,672,921 及 6,788,449。

【0015】雖然電泳介質經常不透光(因為，例如，在許多電泳介質中，該等顆粒實質上會阻礙通過顯示器的可見光之傳輸)及以反射模式操作，許多 EPDs 可製成以所謂的光閥模式(shutter mode)操作，於其中，一種顯示狀態係實質上不透光及一種係具透光性。參見例如，美國專利案號 5,872,552；6,130,774；6,144,361；6,172,798；6,271,823；6,225,971；及 6,184,856。介電電泳顯示器係類似於 EPDs 但是依靠電場強度的變化，可以類似模式操作。參見美國專利案號 4,418,346。其它類型的光電顯示器亦可能以光閥模式操作。以光閥模式操作的光電介質可使用在全彩顯示器之多層結構中；在此種結構中，與顯示器之觀看面毗連的至少一層係呈

光閥模式操作，以曝露或隱藏離該觀看面更遠的第二層。

【0016】囊封型 EPD 典型不會遭到傳統電泳裝置之團化及沈降故障模式且提供進一步優點，諸如將顯示器印刷或塗布在各式各樣可撓及剛性基材上的能力。(措辭「印刷」之使用意欲包括全部形式的印刷及塗布，包括但不限於：預計量供給式塗布法，諸如方塊式模具塗布法(patch die coating)、狹縫或擠壓式塗布法、斜板或階式塗布法、簾幕塗布法；輥塗法，諸如輥襯刮刀塗布法(knife over roll coating)、正反輥塗布法(forward and reverse roll coating)；凹版塗布法；浸漬塗布法；噴灑塗布法；彎月液面塗布法(meniscus coating)；旋轉塗布法；刷塗法；氣刀塗布法；絲網印刷方法；靜電印刷方法；熱印刷方法；噴墨印刷方法；電泳沈積法(參見美國專利案號 7,339,715)；及其它類似技術)。因此，所得之顯示器係可撓的。再者，因為該顯示介質可進行印刷(使用多種方法)，該顯示器其自身可廉價地製得。

【0017】如上述所示出，大部分簡單的先前技術電泳介質基本上僅顯示出二種顏色。此種電泳介質在具有第二不同顏色的有色流體中，使用具有第一顏色之單一類型的電泳顆粒(在此情況中，當該等顆粒係位於與該顯示器的觀看面毗連時，顯示出該第一顏色；及當該顆粒係與觀看面間隔開時，顯示出該第二顏色)；或在無色流體中，具有不同第一及第二顏色的第一及第二類型電泳顆粒(在此情況中，當該第一類型顆粒係位於與該顯

示器的觀看面毗連時，顯示出該第一顏色；及當該第二類型顆粒係位於與觀看面毗連時，顯示出該第二顏色)。典型來說，該二種顏色係黑色及白色。若想要全彩顯示器時，可在該單色(黑色及白色)顯示器之觀看面上擺放彩色濾光片陣列。具有彩色濾光片陣列的顯示器依靠區域共享及顏色摻合來建立顏色刺激。該可獲得的顯示區域係在三或四原色諸如紅色/綠色/藍色(RGB)或紅色/綠色/藍色/白色(RGBW)間共享，及該等濾光器可呈維(條紋)或二維(2x2)重覆圖案排列。其它原色或多於三種原色之選擇亦為本技藝中已知的。選擇足夠小之三(在 RGB 顯示器的情況中)或四個(在 RGBW 顯示器的情況中)子像素，以便它們在意欲的視距處視覺地摻合在一起而成為具有均勻的顏色刺激(「顏色摻合」)之單像素。區域共享的固有缺點為著色劑總是存在，及僅可藉由將下面單色顯示器之相應像素切換成白色或黑色(將相應原色切換成開或關)來調整顏色。例如，在理想的 RGBW 顯示器中，紅色、綠色、藍色及白色原色各自佔據顯示區域的四分之一(四個子像素之一)，且白色子像素係與下面單色顯示器白色一樣明亮，及每個有色子像素不亮於該單色顯示器白色的三分之一。由該顯示器顯示出的白色之亮度整體上不能大於該白色子像素之亮度的一半(該顯示器的白色區域係藉由顯示出每四個子像素中之該一個白色子像素，加上每個等於該白色子像素的三分之一的呈其有色形式之有色子像素產生，所以該三個結合的有色子像素貢獻不超過該一個白色子像

素)。藉由與切換成黑色的顏色像素之區域共享，而降低顏色的亮度及飽和度。當混合黃色時，區域共享是特別有問題的，因為其比同等亮度的任何其它顏色都淡，且飽和的黃色幾乎與白色一樣亮。將藍色像素(顯示區域的四分之一)切換至黑色會使得黃色太深。

【0018】美國專利案號 8,576,476 及 8,797,634 敘述了一種多色 EPDs，其具有包含可獨立定址之像素電極的單背板及共同的透光前電極。在該背板與該前電極間配置複數個電泳層。在這些專利中敘述了的顯示器能於任何像素場所處提供任何原色(紅色、綠色、藍色、青藍色、洋紅色、黃色、白色及黑色)。但是，使用位於單組定址電極間的多重電泳層會有一些缺點。在特別層中的顆粒所遭遇到之電場係低於以相同電壓定址的單一電泳層之情況。此外，在最接近觀看面的電泳層中之光學損失(例如，由光散射或不想要的吸收所造成)可能會影響在下面電泳層中所形成的影像之外觀。

【0019】二種其它類型的 EPD 系統提供能在任何像素場所提供任何顏色之單一電泳介質。具體而言，美國專利案號 9,697,778 敘述了一種經染色的溶劑與白色(光散射型)顆粒結合之顯示器，其中該顆粒當以低施加電壓定址時在第一方向上移動，及當以較高電壓定址時在相反方向上移動。當該白色顆粒及該經染色的溶劑與二種帶有與該白色顆粒相反電荷的額外顆粒結合時，其可提供全彩顯示。但是，該'778 專利的顏色狀態對諸如文字閱讀器之應用來說係不可接受。具體而言，總是會有一

些經染色的流體將該白色散射顆粒與該觀看面分開，而導致該顯示器的白色狀態著色(tint)。

【0020】第二種形式之能在任何像素場所提供任何顏色的電泳介質係敘述在美國專利案號 9,921,451 中。在該'451 專利中，該電泳介質包括四種顆粒：白色、青藍色、洋紅色及黃色，其中二種顆粒帶正電荷及二種帶負電荷。但是，該'451 專利的顯示器亦遭遇到與白色狀態的顏色混合。由於這些顆粒之一具有與白色顆粒相同的電荷，當想要白色狀態時，一定數量的相同電荷顆粒會與該白色顆粒朝向觀看面移動。雖然可以複雜的波形驅動該顯示器來克服此不想要的著色，但此等波形會大大增加該顯示器之刷新時間，且在某些例子中，會導致於影像間產生不能接受的「閃爍」。

【發明內容】

【0021】於本文中揭示出一種經改良可藉由具有四個電壓位準的驅動波形定址之全彩 EPDs。該 EPDs 包括具有四種類型的帶電荷電泳顏料顆粒之電泳介質，其中該等顆粒包括三種有色的實質上非光散射型顏料，較佳為與減色法原色(subtractive primary colors)(青藍色、洋紅色及黃色)相應；及第四種光散射型白色顏料。該三種有色顏料具有一種電荷極性，同時該白色顏料具有相反的電荷極性。較佳係該白色顏料帶負電荷，及該三種有色顏料帶正電荷。該顯示器係藉由精確具有四個不同電壓位準的波形定址，以在任何像素場所提供任何原色(白色、黑色、青藍色、洋紅色、黃色、紅色、綠色及

藍色)。該等電壓位準較佳為包含高正電壓及低正電壓、單一負電壓及近零電壓。因為該EPD精確使用四個電壓位準及每個像素可藉由二位元資料(取代在先前技術裝置中所使用的三或更多個位元)來定址，所以可降低裝置成本同時提供優良的顏色品質而沒有明顯犧牲色域。

【0022】在第一態樣中，本發明提供一種彩色電泳顯示器，其包含位於觀看面的透光電極、背電極及配置在該透光電極與該背電極之間的電泳介質。該電泳介質包含非極性流體，及包含四種類型之分散在該非極性流體中的帶電荷電泳顏料顆粒之多顏料顆粒系統。該四種類型的帶電荷電泳顏料顆粒包含具有第一光學性質及第一電荷極性的第一類型顆粒；具有第二光學性質及與該第一電荷極性相反的第二電荷極性之第二類型顆粒；具有第三光學性質及第二電荷極性的第三類型顆粒；及具有第四光學性質及第二電荷極性的第四類型顆粒。該第一、第二、第三及第四光學性質彼此不同。該多顏料顆粒系統係直接地以具有選自於一組精確四個不同電壓位準之脈衝電壓位準的推挽式波形施加至該背電極來定址，以便在該電泳介質的每個像素提供紅色、綠色、藍色、青藍色、洋紅色、黃色、黑色及白色之八種原色中的任何一種，同時保持在該透光電極上的電壓固定。該等電壓位準包含第一正電壓、較低的第二正電壓、近零電壓及負電壓。

【0023】在第二態樣中，本發明提供一種包含提供一

種彩色電泳顯示器的方法，其中該顯示器包含位於觀看面的透光電極、背電極及配置在該透光電極說該背電極之間的電泳介質。該電泳介質包含非極性流體，及包含四種類型之分散在該非極性流體中的帶電荷電泳顏料顆粒之多顏料顆粒系統。該四種類型的帶電荷電泳顏料顆粒包含：具有第一光學性質及第一電荷極性的第一類型顆粒；具有第二光學性質及第二電荷極性的第二類型顆粒，其中該第二電荷極性係與該第一電荷極性相反；具有第三光學性質及第二電荷極性的第三類型顆粒；及具有第四光學性質及第二電荷極性的第四類型顆粒。該第一、第二、第三及第四光學性質彼此不同。該方法亦包括以具有選自於一組精確四個不同電壓位準之電壓位準的推挽式波形施加至該背電極來直接定址該多顏料顆粒系統，以便在該電泳介質的每個像素提供八種原色紅色、綠色、藍色、青藍色、洋紅色、黃色、黑色及白色之任何，同時保持在該透光電極上的電壓固定。該四種不同電壓位準包含第一正電壓、較低的第二正電壓、近零電壓及負電壓。

【0024】在一或多個具體實例中，該第一正電壓係15至30伏特，該第二正電壓係5至15伏特及該負電壓係-15至-30伏特。

【0025】在一或多個具體實例中，該第一正電壓係24伏特，該第二正電壓係10伏特及該負電壓係-24伏特。

【0026】在一或多個具體實例中，該推挽式波形包含非週期性電壓序列。

【0027】在一或多個具體實例中，該第一類型顆粒係

光散射型顆粒，及該第二、第三及第四類型顆粒係光吸收型顆粒。

【0028】在一或多個具體實例中，該第一類型顆粒係白色，及該第二、第三及第四類型顆粒係選自於青藍色、洋紅色及黃色。

【0029】在一或多個具體實例中，該第一類型顆粒係白色，該第二類型顆粒係青藍色，該第三類型顆粒係洋紅色及該第四類型顆粒係黃色。

【0030】在一或多個具體實例中，該第一電荷極性是負的，及該第二電荷極性是正的。

【0031】在一或多個具體實例中，該多顏料顆粒系統精確具有四種類型的帶電荷電泳顆粒。

【0032】在一或多個具體實例中，該非極性流體包括電荷控制添加劑。

【0033】在一或多個具體實例中，該電泳介質係囊封在膠囊中或包括在密封的微胞中。

【0034】在一或多個具體實例中，該電泳顯示器係經裝配用以併入書本閱讀器、可攜式電腦、桌上型電腦、監視器、電話、智慧卡、招牌、錶、珠寶、貨架標籤、用於車輛的面板或隨身碟中。

【0035】在一或多個具體實例中，該背電極包含分段的電極或包括像素電極陣列的背板。

【0036】在一或多個具體實例中，該背板包括與該像素電極耦合的薄膜電晶體陣列。

【0037】在一或多個具體實例中，該背板包括與該像素電極耦合的薄膜電晶體陣列。

【0038】在一或多個具體實例中，使用經訓練的電腦模型(trained computer model)決定該推挽式波形。

【0039】在一或多個具體實例中，所揭示的系統係包含彩色電泳顯示器，其中該背電極包含含有像素電極陣列的背板。該系統進一步包括源極驅動器；至少一個電源供應器；及控制器，用以將每個像素二位元資料傳送至該源極驅動器來控制該源極驅動器，以將來自該至少一個電源供應器的選定電壓施加至選定的像素電極。

【圖式簡單說明】

【0040】圖 1 係示意性剖面圖，其示出了當顯示黑色、白色、三種減色法原色及三種加色法原色(additive primary colors)時，不同有色顆粒在電泳介質中的位置。

【0041】圖 2A 係在非極性流體中具有四種類型顆粒(白色、黃色、洋紅色及青藍色)之範例性 EPD 的簡化敘述，其能在每個像素電極處提供全範圍的顏色。

【0042】圖 2B 敘述了在觀看面具有該第一電荷極性的全部顆粒之第一光學狀態與在觀看面具有第二(相反)極性的顆粒之第二光學狀態間的變遷。

【0043】圖 2C 敘述了在觀看面具有該第一電荷極性的全部顆粒之第一光學狀態與具有第二(相反)極性的顆粒係在位於觀看面之第一極性的帶電荷顆粒後的第三光學狀態間之變遷。

【0044】圖 2D 敘述了在觀看面具有該第一電荷極性的全部顆粒之第一光學狀態與具有第二(相反)極性的顆粒係在位於觀看面之第一極性的低帶電荷顆粒後的第四光學狀態間之變遷。

【0045】圖 2E 敘述了在觀看面具有該第一電荷極性的全部顆粒之第一光學狀態與具有第二(相反)極性的顆粒係在位於觀看面之第一極性的低帶電荷顆粒與中帶電荷顆粒組合後之第五光學狀態間的變遷。

【0046】圖 3 敘述了 EPD 的單一像素之範例性等效電路。

【0047】圖 4 係範例性 EPD 的層之簡化敘述。

【0048】圖 5 示出了範例性推挽式驅動波形，其具有五個電壓位準用以定址具有白色、黃色、洋紅色及青藍色顆粒之四顆粒電泳介質。

【0049】圖 6A 及 6B 示出了根據一或多個具體實例之具有四個電壓位準的範例性推挽式驅動波形，用以定址四顆粒彩色電泳介質。

【0050】圖 7 係根據一或多個具體實例之用以控制四顆粒彩色電泳介質的範例性驅動系統之圖解視圖。

【0051】圖 8 係柱狀圖，其比較由具有不同數量的驅動電壓位準的波形產生之色域體積。

【0052】圖 9 示出了可使用具有不同數量的驅動電壓位準的波形可用之色域。

【實施方式】

【0053】於本文中揭示出之本發明的多個具體實例係

關於一種可藉由具有四個電壓位準的驅動波形來定址之全彩 EPD。該 EPD 包括具有四種類型的帶電荷電泳顏料顆粒之電泳介質，其中該等顆粒包括三種有色之實質上非光散射型顏料，較佳為與減色法原色(青藍色、洋紅色及黃色)相應；及第四種光散射型白色顏料。該三種有色顏料具有一種電荷極性，同時該白色顏料具有相反的電荷極性。較佳係該白色顏料為負電荷，及該三種有色顏料為正電荷。該顯示器係由精確具有四個不同電壓位準的波形定址，以在任何像素場所提供任何原色(白色、黑色、青藍色、洋紅色、黃色、紅色、綠色及藍色)。該等電壓位準係由二位元資料具體指定，及較佳為包含高正電壓及低正電壓、單一負電壓及近零電壓。如於本文中所使用，「近零電壓」意謂著-0.5 伏特至 0.5 伏特。因為該 EPD 精確使用四個電壓位準，及可藉由每個像素 2 位元資料取代在先前技術裝置中所使用之 3 或更多位元來定址，此可降低裝置成本同時提供優良的顏色品質而沒有明顯犧牲色域，如在下列討論。

【0054】作為背景資料，美國專利申請案公開案號 20220082896，其內容全文以參考方式併入本文，其揭示出一種包括第一極性的第一顆粒及三種具有相反極性與不同電荷量的其它顆粒之四顆粒電泳介質。典型來說，此種系統包括負性白色顆粒，及具有減色法原色的黃色、洋紅色及青藍色正電荷顆粒。此外，可設計一些顆粒使其電泳遷移率相對於所施加的電場強度為非線性的。因此，一或多種顆粒將隨著施加正確極性的高電場

(例如，20伏特或較高)而歷經電泳遷移率減少。此四顆粒系統係示意性地顯示在圖1中，及其可在每個像素提供白色、黃色、紅色、洋紅色、藍色、青藍色、綠色及黑色。

【0055】如圖1中所示，該八種主色(紅色、綠色、藍色、青藍色、洋紅色、黃色、黑色及白色)各自與該四種顆粒的不同排列相應，如此觀看者僅觀看到在白色顆粒(即，散射光的唯一顆粒)之觀看側上的那些有色顆粒。為了達成寬顏色範圍，使用額外的電壓位準來較精細地控制顆粒。在所敘述的調配物(formulation)中，該第一(典型為負性)顆粒具反射性(典型為白色)，同時其它三種顆粒係相反電荷(典型為正性)顆粒，包括三種實質上非光散射性(「SNLS」)。使用SNLS顆粒允許顏色之混合及提供比相同數目的散射顆粒可達成者有更多種顏色結果。為了避免串擾，這些閾必須分的足夠開，且對某些顏色來說此分隔需要使用高定址電壓。四顆粒電泳介質亦可較快刷新、需要「較不顯眼地」變遷及產生更合觀看者心意的顏色光譜(及因此，商業上更有價值)。此外，所揭示的調配物提供在黑色與白色像素間快速(例如，少於500毫秒，例如，少於300毫秒，例如，少於200毫秒，例如，少於100毫秒)刷新，因此使得在白底黑字的文稿能夠快速翻頁。

【0056】在圖1中，假設該顯示器的觀看面係在頂端處(如所敘述)，即，使用者從此方向觀看該顯示器，及光從此方向入射。如已經提到，在該電泳介質中所使用

的四種顆粒僅有一種會實質上散射光，及在圖 1 中，此顆粒假設係該白色顏料。此光散射性白色顆粒形成白色反射器，而觀察到對著該白色顆粒上方之任何顆粒(如在圖 1 中敘述)。進入該顯示器的觀看面之光通過這些顆粒而被該白色顆粒反射，再通過這些顆粒並從該顯示器顯射出。因此，在該白色顆粒上方之顆粒可吸收不同顏色，及呈現給使用者的顏色係產生自在該等白色顆粒上方之顆粒的組合。配置在該等白色顆粒下方(從使用者的觀看角度來看位於背後)之任何顆粒係由該等白色顆粒遮蔽及不會影響所顯示的顏色。因為該第二、第三及第四顆粒係實質上非光散射型，其相對於彼此的順序或排列並不重要，但是出於已經敘述的理由，其相對於該等白色(光散射型)顆粒之順序或排列係關鍵的。

【0057】更具體而言，當該青藍色、洋紅色及黃色顆粒係位於該等白色顆粒下方時(在圖 1 中的情況[A])，在該等白色顆粒上方並無顆粒及該像素簡單地顯示出白色顏色。當單一顆粒係在該等白色顆粒上方時，其顯示出該單一顆粒的顏色，於圖 1 中，各別為在情況[B]、[D]及[F]下的黃色、洋紅色及青藍色。當二種顆粒位於該等白色顆粒上方時，其顯示出這二種顆粒的那些顏色組合；在圖 1 中，於情況[C]下，洋紅色與黃色顆粒顯示出紅色顏色；於情況[E]下，青藍色與洋紅色顆粒顯示出藍色顏色；及於情況[G]下，黃色與青藍色顆粒顯示出綠色顏色。最後，當全部三種有色顆粒皆位於在該等白

色顆粒上方(在圖 1 中的情況[H])時，入射光全部由該三種減色法原色顆粒吸收及該像素顯示出黑色顏色。

【0058】有可能一種減色法原色可由散射光的顆粒提供，使得該顯示器將包含二種類型的光散射型顆粒，其中之一種為白色及其它為有色。但是，於此情況中，該光散射型有色顆粒相對於覆蓋該白色顆粒的其它有色顆粒之位置將係重要的。例如，在提供該顏色黑色(當全部三種有色顆粒皆位於該白色顆粒上方)時，該散射型有色顆粒無法位於該在非散射型有色顆粒上方(否則它們將部分或完全被掩蔽在該散射型顆粒背後及所提供的顏色將係該散射型有色顆粒的顏色，而非黑色)。

【0059】圖 1 顯示出該顏色係未受污染的理想情況(即，該光散射型白色顆粒完全遮蔽位於該白色顆粒背後的任何顆粒)。實際上，該白色顆粒的遮蔽可能並不完美，所以有一些小量的光會由理想上將被完全遮蔽的顆粒所吸收。此污染典型上會減低所提供的顏色之亮度及色度二者。此顏色污染應該被最小化至所形成的顏色係與色彩重現的工業標準相稱的程度。一個特別受歡迎的標準為 SNAP(報紙廣告製作標準)，其詳細指出上述指出的八種原色各自之 L*、a*及 b*值。(於此之後，「原色」將使用來指八種顏色：黑色、白色、三種減色法原色及三種加色法原色，如圖 1 中所示)。

【0060】亦在美國專利申請案公開案號 20220082896 中揭示出的圖 2A-2E 顯示出該四種顆粒類型的示意性剖面圖表示。使用該經改良的電泳介質之顯示層包括位於

該觀看側上的第一(觀看)表面 13，及位於該第一表面 13 的相反側上之第二表面 14。該電泳介質係配置在該二個表面間。在二條垂直的虛線間之每個空間代表像素。在每個像素內，該電泳介質可經定址，及每個像素的觀看面 13 可達成在圖 1 中所示之顏色狀態而不需要額外的層且沒有彩色濾光片陣列。

【0061】作為 EPDs 的標準，該第一表面 13 包括具透光性的共同電極 11，其例如從 PET 薄片與配置在上面的氧化銦錫(ITO)建構。在該第二表面 14 上有包括複數個像素電極 15 的電極層 12。此等像素電極係敘述在美國專利案號 7,046,228 中，其內容全文以參考方式併入本文。要注意的是，雖然有提到該像素電極層係使用以薄膜電晶體(TFT)背板驅動的主動式矩陣，亦可使用其它類型的電極定址，只要該電極提供想要的功能。例如，該頂端及底部電極可為連續的或分段的。因此，與在'228 專利中所敘述的那些不同之像素電極背板亦為合適的，及可包括能提供比典型非晶矽薄膜電晶體背板發現的更高之驅動電壓的主動式矩陣背板。

【0062】新開發的主動式矩陣背板包括併入金屬氧化物材料諸如氧化鎢、氧化錫、氧化銦、氧化鋅或更複雜的金屬氧化物諸如氧化銦鎵鋯之薄膜電晶體。在這些應用中，每個電晶體使用此等金屬氧化物材料形成通道形成區域而允許較高電壓的更快切換。此等金屬氧化物電晶體亦允許該薄膜電晶體(TFT)在「關閉」狀態下比可由例如非晶矽 TFTs 所達成者少的漏電。在包含 n 條線

的典型掃描式TFT背板中，該電晶體將在刷新該顯示器的每條線所需要時間的大約(n-1)/n之比例的時間內處於「關閉」狀態。來自與每個像素結合的儲存電容器之任何電荷洩漏將造成該顯示器的光電性能降低。TFTs典型包括閘極電極、閘極絕緣膜(典型為 SiO_2)、金屬源極電極、金屬汲極電極及位於該閘極絕緣膜上的金屬氧化物半導體膜，其與該閘極電極、源極電極及汲極電極至少部分重疊。此等背板可由諸如Sharp/Foxconn、LG及BOE等之製造商獲得。此等背板能夠提供±30伏特(或更大)的驅動電壓。可包括中間電壓驅動器，以便所得之驅動波形可包括五個位準、或七個位準、或九個位準、或更多。

【0063】用於此等應用的一種較佳金屬氧化物材料係氧化銦鎵鋅(IGZO)。IGZO-TFT具有非晶矽之20～50倍的電子遷移率。藉由在主動式矩陣背板中使用IGZO TFTs，可經由合適的顯示驅動器提供大於30伏特之電壓。此使得能夠使用能供應至少五個及或許七個驅動電壓位準的源極驅動器(在EPD中的開關，其決定對該顯示器之所提供所選擇的列(row)施加何種電壓至每個欄(column)電極)。在一個實施例中，有二個正電壓、二個負電壓及零伏特。在另一個實施例中，有三個正電壓、三個負電壓及零伏特。在另一個實施例中，有四個正電壓、四個負電壓及零伏特。這些位準可在約-27伏特至+27伏特之範圍內選擇，而沒有由如上所述之頂端平面切換所強加的限制。

【0064】在圖 2A-2E 中所示的電泳介質包括於非極性流體 17 中之四種類型電泳顆粒。第一顆粒(W-*；空環)帶帶負電荷且可經表面處理，以便該第一顆粒之電泳遷移率係與該驅動電場的強度相依(在下列有更詳細的討論)。在此例子中，該顆粒的電泳遷移率於較強電場存在下實際上減少，這點違反直覺。第二顆粒(M++*；黑圓)帶正電荷及亦可經表面處理(或蓄意地未處理)，以便該第二顆粒的電泳遷移率係與該驅動電場之強度相依；或在逆轉該電場方向後，於已驅動至包括該等顆粒的空腔之一邊後，該第二顆粒的積聚之解除堆積的速率係比該第三及第四顆粒之積聚的解除堆積之速率慢；或該顆粒與該第一顆粒(於此情況中，W-)形成庫侖聚集物，其可藉由施加高電場來分離，但無法藉由施加低電場分離。該第三顆粒(Y+；格子圓)是正的，但是具有電荷量係小於該第二顆粒。此外，該第三顆粒可經表面處理，但係不以會造成該第三顆粒的電泳遷移率與該驅動電場之強度相依的方式處理。也就是說，該第三顆粒可具有表面處理，但是此表面處理不會造成前述提及的電泳遷移率隨著電場增加而降低。該第四顆粒(C+++；灰圓)具有最高的正電荷量及與該第三顆粒相同類型的表面處理。如在圖 2A 中指示出，該等顆粒在顏色上額定為白色、洋紅色、黃色及青藍色，以產生如在圖 1 中所示的顏色。但是，該系統不限於此特定的顏色組，也不限於一種反射性顆粒及三種吸收性顆粒。例如，該系統可能包括一種黑色吸收性顆粒及三種具有合適相稱的反射光

譜之紅色、黃色及藍色的反射性顆粒，以便當混合全部三種反射性顆粒及在表面處觀看時產生白色狀態過程。

【0065】該第一顆粒(負的)為白色及散射性。該第二顆粒(正的，中電荷量)為洋紅色及吸收性。該第三顆粒(正的，低電荷量)為黃色及吸收性。該第四顆粒(正的，高電荷量)為青藍色及吸收性。下列表1一起顯示出在本發明的電泳介質中有用之範例性黃色、洋紅色、青藍色及白色顆粒的漫反射率，以及根據 Kubelka-Munk 分析之這些材料如分散在聚(異丁烯)基質中的吸收與散射係數之比率。

表 1 較佳的黃色、洋紅色、青藍色及白色顆粒之漫反射率。

		1微米層在0%黑色上的漫反射率			吸收/散射比率		
顏色	體積分量	450 奈米	550 奈米	650 奈米	K/S 450 奈米	K/S 550 奈米	K/S 650 奈米
黃色(Y1)	0.097	4.5%	0.9%	0.5%	9.67	0.38	0.63
黃色(Y1)	0.147	4.4%	0.9%	0.4%	9.84	0.25	0.02
洋紅色(M1)	0.115	2.8%	3.8%	0.7%	10.01	10.85	1.27
洋紅色(M1)	0.158	3.2%	4.1%	1.0%	10.00	10.75	1.64
洋紅色(M1)	0.190	3.4%	4.1%	1.3%	10.09	10.80	1.03
青藍色(C1)	0.112	1.3%	3.7%	4.3%	7.27	11.17	10.22
青藍色(C1)	0.157	1.5%	3.8%	4.3%	7.41	11.30	10.37
青藍色(C1)	0.202	1.7%	3.9%	4.3%	7.21	11.56	10.47
白色(W1)	0.147	8.1%	6.2%	4.8%	0.0015	0.0020	0.0026
白色(W1)	0.279	24.9%	20.6%	17.0%	0.0003	0.0003	0.0004
白色(W1)	0.339	26.3%	21.7%	18.1%	0.0001	0.0002	0.0002

【0066】該電泳介質可呈上述討論的任何形式。因此，該電泳介質可未經囊封、囊封在由膠囊壁包圍的分立膠囊中、囊封在密封的微胞中、或呈聚合物分散型介質的形式。該等顏料係在別處有進一步詳細敘述，諸如在美國專利案號 9,697,778 及 9,921,451 中。簡單地說，該白色顆粒 W1 係一種經矽烷醇官能化的光散射型顏料(二氧化鈦)，已經對其接附包含甲基丙烯酸月桂酯(LMA)單體的聚合材料，如在美國專利案號 7,002,728 中所敘述。白色顆粒 W2 係一種塗布聚合物的二氧化鈦，其實質上如在美國專利案號 5,852,196 的實施例 1 中所敘述般製造，其中該聚合物塗層包含比率大約 99：1 之甲基丙烯酸月桂酯及甲基丙烯酸 2,2,2-三氟乙酯。黃色顆粒 Y1 係 C.I.顏料黃 180，其無需塗布即可使用及並於 Solsperse 19000 存在下藉由研磨分散，如在美國專利案號 9,697,778 中一般性敘述。黃色顆粒 Y2 係 C.I.顏料黃 155，其無需塗布即可使用及並於 Solsperse 19000 存在下藉由研磨分散，如在美國專利案號 9,697,778 中一般性敘述。黃色顆粒 Y3 係 C.I.顏料黃 139，其無需塗布即可使用及並於 Solsperse 19000 存在下藉由研磨分散，如在美國專利案號 9,697,778 中一般性敘述。黃色顆粒 Y4 係 C.I.顏料黃 139，其係藉由分散聚合併入甲基丙烯酸三氟乙酯、甲基丙烯酸甲酯及含二甲基矽氧烷的單體來塗布，如在美國專利案號 9,921,451 的實施例 4 中所敘述。洋紅色顆粒 M1 係一種正電荷洋紅色材料(二甲基喹吖酮，C.I.顏料紅 122)，其使用氯化乙烯基苄基及 LMA

塗布，如在美國專利案號 9,697,778 中及在美國專利案號 9,921,451 的實施例 5 中所敘述。

【0067】洋紅色顆粒 M2 係 C.I.顏料紅 122，其藉由分散聚合甲基丙烯酸甲酯及含二甲基矽氧烷的單體來塗布，如在美國專利案號 9,921,451 的實施例 6 中所敘述。青藍色顆粒 C1 係銅酞花青材料(C.I.顏料藍 15：3)，其藉由分散聚合併入甲基丙烯酸甲酯及含二甲基矽氧烷的單體來塗布，如在美國專利案號 9,921,451 的實施例 7 中所敘述。在某些具體實例中，已發現該色域係藉由使用噴墨黃 4GC(Clariant)作為核心黃色顏料，併入甲基丙烯酸甲酯表面聚合物而改良。此黃色顏料的 ζ-電位可隨著加入甲基丙烯酸 2,2,2-三氟乙酯(TFEM)單體及單甲基丙烯酸酯封端的聚(二甲基矽氧烷)而調諧。

【0068】用以促進有差別的電泳遷移率之電泳介質添加劑及表面處理，和對在該表面處理與環繞的電荷控制試劑及/或自由態聚合物(free polymers)間之交互作用所提出的機制係在美國專利案號 9,697,778 中有詳細討論，其全文以參考方式併入本文。在此種電泳介質中，一種控制於多種類型的顆粒當中之交互作用的方法為控制在該等顆粒上方的聚合物塗層之種類、量及厚度。例如，控制該顆粒特徵，使得該在第二類型顆粒與第三及第四類型顆粒間之顆粒-顆粒交互作用係小於在例如第三類型顆粒與第三物種之第四類型顆粒間的顆粒-顆粒交互作用，該第二類型顆粒可承受聚合物表面處理，同時該第三及第四類型顆粒不承受聚合物表面處理，或承

受該顆粒表面的每單位面積之質量覆蓋比該第二類型顆粒低的聚合物表面處理。更一般而言，該 Hamaker 常數(其係一種在二個顆粒間之凡得瓦爾交互作用強度的度量，該成對位能係與 Hamaker 常數呈正比及與在該二個顆粒間之距離的六次方呈反比)及/或該顆粒間間距需要藉由明智選擇在三種顆粒物種上的聚合物塗層來調整。

【0069】如在美國專利案號 9,921,451 中所討論，不同類型的聚合物可包括不同類型的聚合物表面處理。例如，當相反電荷顆粒的最近接近距離被空間位阻(典型為聚合物被接枝或吸附至或二個顆粒表面)最大化時，庫侖交互作用可減弱。該聚合物外殼可係一種藉由如在技藝中熟知的接枝方法或化學吸附所製得之共價鍵結的聚合物，或其可物理吸附到該顆粒表面上。例如，該聚合物可係包含不溶及可溶段的嵌段共聚物。任選地，該聚合物外殼可係動態，其中該外殼係來自該電泳介質的自由態聚合物之鬆散網狀物，其於電場及足夠量及種類的電荷控制試劑(CCA，在下列討論)存在下與顏料顆粒複合。因此，依該電場的強度及極性而定，顆粒可具有更多締合的聚合物，此造成該顆粒與容器(例如，微膠囊或微胞)及其它顆粒有不同的交互作用。該聚合物外殼的程度係合宜地藉由熱重量分析(TGA)來評估，一種藉由提高該等顆粒的乾燥樣品之溫度並測量由於熱解的質量損失來作為溫度的函數之技術。可使用 TGA 來測量該顆粒的聚合物之質量比例，及此可使用該核心顏料及接附至其的聚合物之已知密度而轉換成體積分量。可

找出該聚合物塗層遺失但是核心顏料餘留的條件(這些條件係依所使用的精確核心顏料顆粒而定)。可製得多種聚合物組合以便如下列相對於圖 2A-2E 所敘述般發揮作用。例如，在某些具體實例中，顆粒(典型為第一及/或第二顆粒)可具有與容器(例如，微胞或微膠囊)有強烈交互作用之共價接附的聚合物外殼。同時，其它相同電荷的顆粒不具有聚合物塗層或與在溶液中的自由態聚合物複合，所以那些顆粒與容器具有些微交互作用。在其它具體實例中，顆粒(典型為第一及/或第二顆粒)將不具有表面塗層，所以該顆粒較易於形成電荷雙層及於強場存在下歷經電泳遷移率降低。

【0070】分散有四種類型顆粒之流體 17 係透明及無色。該流體包括帶電荷電泳顆粒，其在電場影響下移動通過該流體。較佳的懸浮流體具有低介電常數(約 2)、高體積電阻係數(約 10^{15} 歐姆-公分)、低黏度(少於 5 mPas)、低毒性及環境衝擊、低水溶解度(每百萬份少於 10 份(ppm)，若欲使用傳統的水性囊封方法時；但是要注意的是，此要求可對非囊封或某些微胞顯示器放鬆)、高沸點(大於約 90℃)及低折射率(少於 1.5)。最後的需求係由於使用高折射率的散射性顏料(典型為白色)，其散射效率依在顆粒與流體間之折射率的失配而定。

【0071】諸如飽和的線性或分支烴、聚矽氧油、經鹵化的有機溶劑及低分子量含鹵素聚合物之有機溶劑係一些有用的流體。該流體可包含單一組分或可係多於一種組分的摻合物以調諧其化學及物理性質。在該流體中亦

可包括用於微囊封方法(若使用的話)之反應物或溶劑，諸如油可溶單體。

【0072】對高顆粒遷移率來說，該流體較佳為具有低黏度及介電常數在約2至約30之範圍內，較佳為約2至約15。合適的介電流體之實施例包括烴，諸如Isopar®、十氫萘(萘烷)、5-亞乙基-2-降冰片烯、脂肪油、石蠟油、矽液；芳香烴，諸如甲苯、二甲苯、苯基二甲苯基乙烷、十二烷基苯或烷基萘；經鹵化的溶劑，諸如全氟萘烷、全氟甲苯、全氟二甲苯、二氯三氟甲苯(dichlorobenzotrifluoride)、3,4,5-三氯三氟甲苯、氯五氟-苯、二氯壬烷或五氯苯；及全氟化的溶劑，諸如來自3M Company, St. Paul MN的FC-43、FC-70或FC-5060；低分子量含鹵素聚合物，諸如來自TCI America，Portland，Oregon的聚(全氟環氧丙烷)；聚(三氟氯乙烯)，諸如來自Halocarbon Product Corp.，River Edge，NJ的Halocarbon Oils；全氟聚烷基醚，諸如來自Ausimont的Galden或來自DuPont，Delaware的Krytox Oils及Greases K-Fluid Series；來自Dow-corning的聚二甲基矽氧烷基底之聚矽氧油(DC-200)。

【0073】該電泳介質典型亦包括一或多種電荷控制試劑(CCA)，及亦可包括一種電荷導向體。該CCA及電荷導向體典型包含低分子量界面活性劑、聚合物試劑、或一或多種組分之摻合物；及提供其以穩定或以其他方式修改在該電泳顆粒上方的電荷之符號及/或大小。該CCA典型係一種包含離子或其它極性群集(ionic or other

polar groupings)(於此之後指為頭部基團)的分子。該正或負離子頭部基團之至少一個較佳為接附至非極性鏈(典型為烴鏈),其於此之後指為尾部基團(tail group)。已認為該 CCA 在該內相中形成反微胞及其係小群的帶電荷反微胞,其導致在典型使用作為電泳流體的非常非極性流體中具導電性。

【0074】該 CCAs 的加入提供反微胞之產生,其中該反微胞包括由該 CCA 分子的非極性尾部基團包圍之高極性核心,其尺寸可從 1 奈米變化至數十奈米(及可具有球形、圓柱狀或其它幾何形狀)。在該電泳介質中,典型可辨別出三種相:具有表面的固體顆粒、呈極小液滴形式(反微胞)分布的高極性相、及包含該流體的連續相。該帶電荷顆粒及該帶電荷反微胞二者可在施加電場後移動通過該流體,因此會有二條平行的導電路徑用於通過該流體(其自身典型具有難以覺察地小的導電性)。

【0075】已認為該 CCA 的極性核心係藉由吸附到該表面上來影響該在表面上之電荷。於 EPD 中,此吸附可係在該電泳顆粒之表面或微膠囊的內壁(或其它固相,諸如微胞的壁)上以形成類似於反微胞之結構,這些結構於此之後指為半微胞。當離子對的一個離子係比另一個更牢固地接附至表面(例如,藉由共價鍵結)時,在半微胞與未鍵結的反微胞間之離子交換可導致電荷分離,其中該更強鍵結的離子仍然與該顆粒相結合及較不強鍵結的離子變成併入自由態反微胞的核心中。

【0076】形成該 CCA 的頭部基團之離子材料也可能在

該顆粒(或其它)表面處引發離子對形成。因此，該 CCA 可進行二種基本功能：在該表面處產生電荷及從該表面分離電荷。該電荷產生可產生自酸-鹼；或產生自在存在於該 CCA 分子中或以其他方式併入該反微胞核心或流體中之某些部分與該顆粒表面間的離子交換反應。因此，有用的 CCA 材料係那些能參與此反應，或如在技藝中知曉的任何其它充電反應。

【0077】可用於電泳介質的電荷控制試劑之非為限制種類包括有機硫酸鹽或磺酸鹽、金屬肥皂、嵌段或梳狀共聚物、有機醯胺、有機兩性離子、及有機磷酸鹽及膦酸鹽。有用的有機硫酸鹽及磺酸鹽包括但不限於雙(2-乙基己基)磺基琥珀酸鈉、十二烷基苯磺酸鈣、石油磺酸鈣、中性或鹼性二壬基萘磺酸鋇、中性或鹼性二壬基萘磺酸鈣、十二烷基苯磺酸鈉鹽及月桂基硫酸銨。有用的金屬肥皂包括但不限於鹼性或中性磺化環烷酸鋇(barium petronate)、磺化環烷酸鈣；羧酸諸如環烷酸、辛酸、油酸、棕櫚酸、硬脂酸及肉豆蔻酸等的鈷鹽、鈣鹽、銅鹽、錳鹽、鎂鹽、鎳鹽、鹽鋅、鋁鹽及鐵鹽。有用的嵌段或梳狀共聚物包括但不限於下列：AB 二嵌段共聚物：(A)以對-甲苯磺酸甲酯四級銨化的甲基丙烯酸 2-(N,N-二甲基胺基)乙酯之聚合物，及(B)聚(甲基丙烯酸 2-乙基己酯)；及具有聚(12-羥基硬脂酸)的油可溶尾部及具有分子量約 1800 的側掛在聚(甲基丙烯酸甲酯-甲基丙烯酸)的油可溶錨定基團上之梳狀接枝共聚物。有用的有機醯胺/胺包括但不限於聚異丁烯琥珀醯亞胺

類，諸如 OLOA 371 或 1200(可從 Chevron Oronite Company LLC，Houston，Tex.獲得)，或 SOLSPERSE 17000 或 19000(可從 Lubrizol，Wickliffe，OH 獲得，Solsperse 係註冊商標)，及 N-乙烯吡咯啶酮聚合物。有用的有機兩性離子包括但不限於卵磷脂。有用的有機磷酸鹽及膦酸鹽包括但不限於具有飽和及不飽和酸取代基之磷酸化的單及二甘油酯之鈉鹽。有用的 CCA 尾部基團包括烯烴之聚合物，諸如分子量在 200～10,000 之範圍內的聚(異丁烯)。該頭部基團可係磺酸、磷酸或羧酸或醯胺；或任選地，胺基，諸如一級、二級、三級或四級銨基團。在所揭示的四顆粒電泳介質中有用之 CCAs 的一個種類係揭示在美國專利公開案號 2017/0097556 中，其全文以參考方式併入本文。此 CCAs 典型包括四級胺頭部基團及不飽和聚合物尾部，即，包括至少一個 C-C 雙鍵。該聚合物尾部典型係脂肪酸尾部。可使用多種 CCA 分子量。在某些具體實例中，該 CCA 的分子量係 12,000 克/莫耳或較大，例如，在 14,000 克/莫耳至 22,000 克/莫耳間。

【0078】在該介質中所使用的電荷輔助劑可使得在電泳顆粒表面上的電荷偏置，如在下列更詳細地敘述。此電荷輔助劑可係布忍斯特或路易士酸或鹼。範例性電荷輔助劑係揭示在美國專利案號 9,765,015、10,233,339 及 10,782,586 中，此全部之全文以參考方式併入本文。範例性輔助劑可包括含有至少二個羥基的多羥基化合物，其包括但不限於乙二醇、2,4,7,9-四甲基癸炔-4,7-二

醇、聚(丙二醇)、五乙二醇、三丙二醇、三乙二醇、甘油、新戊四醇、甘油三(12-羥基硬脂酸酯)、單羥基硬脂酸丙烯甘油酯及單羥基硬脂酸乙二醇酯。在相同分子中包括至少一個醇官能基及一個胺官能基之胺基醇化合物的實施例包括但不限於三異丙醇胺、三乙醇胺、乙醇胺、3-胺基-1-丙醇、鄰-胺基酚、5-胺基-1-戊醇及四(2-羥乙基)乙二胺。在某些具體實例中，該電荷輔助劑係以每克顆粒質量在約 1 至約 500 毫克間之量(「毫克/克」)存在於該 EPD 介質中，及更佳為在約 50 至約 200 毫克/克間。

【0079】可加入顆粒分散穩定劑來防止顆粒絮凝或附著至膠囊或其它壁或表面。對典型使用在 EPDs 中作為流體的高電阻率液體來說，可使用非水性界面活性劑。這些包括但不限於二醇醚、炔系二醇、烷醇醯胺、山梨糖醇衍生物、烷基胺、四級胺、咪唑啉、二烷基氧化物及磺基琥珀酸酯。

【0080】如在美國專利案號 7,170,670 中所敘述，該電泳介質之雙穩定性可藉由在該流體中包括具有數量平均分子量超過約 20,000 的聚合物來改良，此聚合物基本上不吸附在該電泳顆粒上方；為此目的，聚(異丁烯)係較佳的聚合物。同樣地，如在例如美國專利案號 6,693,620 中所敘述，於其表面上具有不能移動的電荷之顆粒會在周圍流體中建立相反電荷的電雙層。該 CCA 的離子頭部基團可與在該電泳顆粒表面上的帶電荷基團離子配對而形成不能移動或部分不能移動的帶電荷物種

層。在此層外係包含帶電荷的(反)微胞之擴散層，其包含在該流體中的CCA分子。於習知的DC電泳中，所施加的電場在該固定的表面電荷上施加力量及在移動的相反電荷上施加相反力量，如此在該擴散層內發生滑移及該顆粒相對於該流體移動。在該滑動面處的電位已知為ζ-電位。

【0081】結果，在該電泳介質內的某些顆粒類型依穿越該電泳介質之電場強度而具有不同的電泳遷移率。例如，當對該電泳介質施加第一(低強度，即，約±10伏特或較少)電場時，該第一類型顆粒相對於該電場在一個方向上移動；但是，當施加具有與該第一電場相同極性的第二(高強度，即，約±20伏特或更大)電場時，該第一類型顆粒開始相對於該電場在相反方向上移動。理論上，該行為係由於在由帶電荷的反微胞或帶相反電荷的電泳顆粒所介導之高度非極性流體內的傳導而導致。因此，任何電化學產生的質子(或其它離子)大概在微胞核心中運輸通過該非極性流體或吸附在電泳顆粒上方。例如，如在美國專利案號9,697,778的圖5B中所敘述，正電荷的反微胞可接近在相反方向上流動的負電泳顆粒，其中該反微胞係併入環繞該負電荷顆粒的電雙層中。(該電雙層包括具有提高的抗衡離子濃度之電荷的擴散層與在該顆粒上方之半微胞表面吸附塗層二者；在後者情況中，該反微胞電荷將變成在該滑動包膜內與該顆粒結合，此如上述提到般界定出該顆粒的ζ-電位。)透過此機制，正電荷離子的電化學電流流過該電泳流體，及

該負電荷顆粒可變成朝向更正的電荷偏置。結果，例如，該第一負類型顆粒的電泳遷移率係該電化學電流的大小及接近該顆粒表面的正電荷之停留時間的函數，其係該電場強度的函數。

【0082】再者，如亦在美國專利案號 9,697,778 中所敘述，該正電荷顆粒可製備成亦依所施加的電場而具有不同的電泳遷移率。在某些具體實例中，可將二級(或共)CCA加入至該電泳介質以調整該多種顆粒的ζ電位。仔細選擇該共 CCA 可允許一種顆粒的 ζ-電位改變，同時留下那些基本上無變化的其它顆粒；允許嚴密控制各種顆粒在切換期間之電泳速度及該顆粒間的交互作用二者。

【0083】在某些具體實例中，於該電泳顆粒之合成期間加入一部分該最後調配物意欲之電荷控制試劑，以設計想要的 ζ-電位及影響電泳遷移率由於強電場之降低。例如，已經觀察到在聚合物接枝期間加入四級胺電荷控制試劑將造成一定量的 CCA 與該等顆粒複合。(此可藉由從該電泳流體移除顆粒，及隨後以 THF 從該等顏料剝除該表面物種來移除全部吸附的物種來證實。當該 THF 萃取物係以 1H NMR 評估時，很清楚的是，良好的 CCA 量被吸附至該顏料顆粒或與該表面聚合物複合)。實驗建議在該顆粒的表面聚合物當中，高 CCA 負載促進於強電場存在下環繞該顆粒形成電荷雙層。例如，每克之完成的洋紅色顆粒具有多於 200 毫克的電荷控制試劑(CCA)之洋紅色顆粒具有在高正電場存在下優良的停留

性質。(參見例如，圖2C及上述敘述。)在某些具體實例中，該 CCA 包括四級胺頭部基團及脂肪酸尾部。在某些具體實例中，該脂肪酸尾部係不飽和。當在該電泳介質中的某些顆粒包括高 CCA 負載時，重要的是，該等想要均勻的電泳遷移率之顆粒不具有例如每克之完成的顆粒少於 50 毫克的電荷控制試劑(CCA)，例如，每克之完成的顆粒少於 10 毫克的電荷控制試劑(CCA)之實質上 CCA 負載。

【0084】任選地，於 Solsperse 17000 存在下，在 Isopar E 中包括四種類型顆粒的電泳介質受惠於加入小量的酸性實體，諸如例如，雙三級丁基水楊酸的鋁鹽(Bontron E-88，可從 Orient Corporation，Kenilworth，NJ 獲得)。該酸性材料的加入將許多顆粒(雖然非全部)之 ζ-電位移動至更正的值。在一個情況中，約 1%的酸性材料及 99%的 Solsperse 17000 (以該二種材料的總重量為基準)將該第三類型顆粒(Y+)的 ζ-電位從-5 毫伏特移動至約+20 毫伏特。特別顆粒的 ζ-電位是否由路易士酸性材料如鋁鹽改變，其將取決於該顆粒的表面化學之細節。

【0085】表 2 顯示出在較佳具體實例中的三種類型之有色及單一白色顆粒的範例性相對 ζ 電位。

表 2 有色顆粒於白色顆粒的相對 ζ-電位存在下之相對 ζ 電位。

		白色ζ-電位(毫伏特)			
		-30	**0**	**10**	**20**
青藍色ζ-電位(毫伏特)	**80**	110	80	70	60

洋紅色ζ-電位(毫伏特)	**40**	70	40	30	20
+黃色ζ-電位(毫伏特)	**20**	50	20	10	0
-黃色ζ-電位(毫伏特)	**-20**	10	-20	-30	-40

【0086】該負(白色)顆粒具有ζ-電位-30毫伏特，及其餘三種顆粒相對於該白色顆粒全部皆正。因此，包含正性青藍色、洋紅色及黃色顆粒的顯示器可在黑色狀態(，全部有色顆粒相對於該觀看面在該白色顆粒前端)與白色狀態間切換，其中該白色狀態係白色顆粒最接近觀看者及阻礙觀看者感知其餘三種顆粒。相反地，當該白色顆粒具有ζ-電位0伏特時，負電荷的黃色顆粒係全部顆粒的最負者，因此包含此顆粒的顯示器將在黃色與藍色狀態間切換。若該白色顆粒帶正電荷時，此將亦發生。但是，正電荷的黃色顆粒將比白色顆粒更正，除非其ζ-電位超過+20毫伏特。

【0087】該電泳介質的行為係與該白色顆粒之遷移率致(在表2中表示為ζ-電位)，其係與所施加的電場相依。因此，在表2所敘述的實施例中，當以低電壓定址時，該白色顆粒可表現為彷彿其ζ-電位係-30毫伏特；但是當以較高電壓定址時，其可表現為彷彿其ζ-電位係更正，甚至可高如+20毫伏特(與該黃色顆粒的ζ-電位匹配)。因此，當以低電壓定址時，該顯示器將在黑色與白色狀態間切換；但是當以較高的電壓定址時，將在藍色與黃色狀態間切換。

【0088】相反電荷的顆粒也可能形成庫侖聚集物。在該聚集形式中，該等顆粒之遷移率將可與對該聚集物的組分所測量者不同。因此，例如，可在該負電荷的白色

顆粒與該相反電荷顏料之任何間形成聚集物。在某些具體實例中，可較佳的是對某些顏料對來說，分離庫侖聚集物所需要之電場係比其它高。在本情況中，同樣地分離在洋紅色與白色顏料間所形成之聚集物所需要的電場係大於分離在青藍色與白色或黃色與白色顆粒間所形成之聚集物所需要者。

【0089】該多種顏料顆粒之電荷可能受在其環境中所存在的其它帶電荷顏料影響。因此，在其最後調配物中的顏料之電荷(或ζ電位)係與於CCA存在下對該顏料其自身當分散在溶劑中所測量之那些相同未必是真的。

【0090】根據一個可能的假設，於高(例如，「±H」，例如，±20伏特，例如，±25伏特)電場及低(例如，「±L」，例如，±5伏特，例如，±10伏特)電場存在下，該各種顆粒的移動係顯示在圖2B-2E中。為了敘述的目的，由虛線所界限的每個框代表由頂端透光電極21與底部電極22所界限之像素，然而其可為主動式矩陣的像素電極，或亦可為透光電極或分段的電極等。從第一狀態開始，其中全部正顆粒皆呈現在觀看面(額定黑色)，該電泳介質可被驅動成四種不同光學狀態，如在圖2B-2E中所示。在較佳的具體實例中，此造成白色光學狀態(圖2B)、洋紅色光學狀態(圖2C)、黃色光學狀態(圖2D)及紅色光學狀態(圖2E)。應該明瞭的是，圖1的其餘四種光學狀態可藉由逆轉該初始狀態及該驅動電場之順序而達成，簡而言之，如顯示在圖5中。

【0091】就當對該背板施加負電壓的情況來說，當以

低電壓定址時，如在圖2B中，該等顆粒根據其相對ζ電位以由箭號所敘述的相對速度開動。因此，在此實施例中，該青藍色顆粒移動的比洋紅色顆粒快，該洋紅色顆粒移動的比黃色顆粒快。該第一(正)脈衝不會改變該等顆粒的位置，因為它們在動作上已經由圍場壁限制。該第二(負)脈衝交換該有色與白色顆粒的位置，及因此，該顯示器在黑色與白色狀態間切換，儘管瞬態顏色(transient color)反映出該有色顆粒的相對遷移率。逆轉該起始位置及該脈衝的極性允許從白色變遷至黑色。因此，如與由多重顏色經由工藝黑(process black)或工藝白(process white)所達成之其它黑色及白色調配物比較，此具體實例提供的黑色-白色刷新需要較低之電壓(及消耗較少電力)。

【0092】在圖2C中，該第一(正)脈衝係高正電壓，其足以降低洋紅色顆粒(即，三種正電荷有色顆粒的中間遷移率之顆粒)的遷移率。因為該降低的遷移率，洋紅色顆粒基本上保持適當地凍結在原位，及隨後在相反方向上之低電壓脈衝使青藍色、白色及黃色顆粒移動的比洋紅色顆粒多，因此在觀看面產生洋紅色顏色，且負性白色顆粒係在該洋紅色顆粒背後。重要的是，若該起始位置及脈衝極性顛倒時(等同於從觀看面相反的邊，即，經由電極22觀看該顯示器)，此脈衝順序將產生綠色顏色(即，黃色與青藍色顆粒之混合物)。

【0093】在圖2D中，該第一脈衝係低電壓，其不會明顯降低洋紅色顆粒或白色顆粒的遷移率。但是，該第

二脈衝係高負電壓，此降低白色顆粒的遷移率。此允許在該三種正顆粒間有更有效的競爭，如此最慢類型的顆粒(在此實施例中為黃色)於白色顆粒之前端仍然可看見，其移動係隨較早的負脈衝而降低。值得注意的是，該等黃色顆粒不會到達包括該等顆粒的空腔之頂端表面。重要的是，若該起始位置與脈衝極性顛倒時(等同於從觀看面的相反側，即，經由電極 22 觀看該顯示器)，此脈衝順序將產生藍色顏色(即，洋紅色與青藍色顆粒的混合物)。

【0094】圖 2E 顯示出當二者脈衝係高電壓時，該洋紅色顆粒遷移率將由該第一高正脈衝降低，及在青藍色與黃色間之競爭將因該第二高負脈衝所造成的白色遷移率降低而提高。這會產生紅色顏色。重要的是，若該起始位置與脈衝極性顛倒時(等同於從觀看面的相反側，即，經由電極 22 觀看該顯示器)，此脈衝順序將產生青藍色顏色。

【0095】為了獲得高解析度顯示器，該顯示器之各別像素應為可定址的不會受到相鄰像素的干擾。一種達成此目標的方法為提供非線性元件諸如電晶體或二極管，其中至少一個非線性元件與每個像素結合以產生「主動式矩陣」顯示器。透過將該結合的非線性元件連接至適當的電壓來源來定址一個像素之位址或像素電極。典型來說，當該非線性元件係電晶體時，該像素電極係連接至該電晶體的汲極，及在下列敘述中將假設此排列，然而基本上此係任意且該像素電極可連接至該電晶體的源

極。習知上，在高解析度陣列中，該等像素係呈列及欄的二維陣列排列，如此任何特定的像素係由一個具體指定的列及一個具體指定的欄相交而獨特地界定出。在每個欄中的全部電晶體之源極係連接至單一欄電極，同時在每個列中的全部電晶體之閘極係連接至單一列電極；再次，該源極配給列及該閘極配給欄的分配係習知，但是基本上係任意，及若必要時，可顛倒。該列電極係連接至列驅動器，其基本上保證在任何所提供的時刻僅有一個列選定，即，對所選擇的列電極施加選擇的電壓，以便保證在所選擇的列中之全部電晶體皆導通，同時對全部其它列施加非選擇的電壓，以便保證在這些非選擇的列中之全部電晶體保持未導通。該欄電極係連接至欄驅動器，將所選擇的電壓置於該多個欄電極上，以將在所選擇的列中之像素驅動至其想要的光學狀態。(前述提及的電壓係相對於共同前電極，其習知上提供在該光電介質的與該非線性陣列相反之邊上及延伸穿越整個顯示器)。在已知為「線定址時間(line address time)」之預選擇的區間後，取消選擇所選擇的列，選擇下一列，及改變在該欄驅動器上的電壓，以便寫入該顯示器的下一條線。重覆此過程，以便以逐列方式寫入整個顯示器。

【0096】習知上，每個像素電極已與之一電容器電極連結，如此該像素電極及該電容器電極形成電容器；參見例如，國際專利申請案 WO2001007961。在某些具體實例中，可使用 N 型半導體(例如，非晶矽)來形成該電

晶體，且施加至該閘極電極的「選擇」及「非選擇」電壓可各別為正及負。

【0097】附圖之圖 3 描繪出 EPD 的單像素之範例性等效電路。作為敘述，該電路包括位於像素電極與電容器電極間形成的電容器 10。該電泳介質 20 係表示為並聯的電容器及電阻器。在某些例子中，於該與像素結合的電晶體之閘極電極及該像素電極間的直接或間接耦合電容 30(通常指為「寄生電容」)可能對該顯示器引起不想要的雜訊。通常來說，該寄生電容 30 係遠小於該儲存電容器 10，及當該顯示器的像素列係選定或取消選擇時，該寄生電容 30 可能導致該像素電極產生小的負偏壓電壓，亦已知為「反衝電壓(kickback voltage)」，其通常係小於 2 伏特。在某些具體實例中，為了補償該不想要的「反衝電壓」，可對該頂端平面電極及與每個像素結合的電容器電極供應共同電位 V_{com}，如此當 V_{com} 係設定至等於該反衝電壓(V_{KB})的值時，供應至該顯示器的每個電壓可偏移相同量及不經歷淨 DC 不平衡。

【0098】但是，當 V_{com} 係設定為未對該反衝電壓補償之電壓時，可能發生問題。這可能在當想要對該顯示器施加比單獨可從該背板獲得者高的電壓時發生。在技藝中熟知的是，例如，若該背板係提供額定+V、0 或-V 選項時，例如，當 V_{com} 係由-V 供應時，施加至該顯示器的最大電壓可加倍。於此情況中，所遭遇到的最大電壓係+2V(即，在相對於該頂端平面的背板處)，同時最小為零。若需要負電壓時，該 V_{com} 電位必需提高至少至零。因此，使用頂端平面切換來定址具有正電壓及負電

壓之顯示器的波形必需具有分配給多個 V_{com} 電壓設定中每一個的特定幀。

【0099】用來驅動具有四種顆粒的彩色 EPD 之波形組係敘述在美國專利案號 9,921,451 中，其以參考方式併入本文。在美國專利案號 9,921,451 中，將七種不同電壓施加至該像素電極：三個正、三個負及零。但是，在某些情況中，於這些波形中所使用的最大電壓係高於可由非晶矽薄膜電晶體所處理者。在此例子中，合適的高電壓可藉由使用頂端平面切換獲得。當(如上所述)V_{com} 係蓄意地設定至 V_{KB} 時，可使用分別的電源供應器。但是，當使用頂端平面切換時，使用與 V_{com} 設定一樣多的分別能源供應器昂貴且不方便。再者，已知頂端平面切換會增加反衝，因此降低該顏色狀態的穩定性。

【0100】顯示裝置可以在先前技術中知曉的數種方式，使用電泳流體來建構。該電泳流體可被囊封在微膠囊中；或併入微胞結構中，之後以聚合物層密封。該微膠囊或微胞層可被塗布或壓花至承載有導電材料之透明塗層的塑膠基材或膜上。此組件可使用導電黏著劑積層至承載像素電極的背板。任選地，該電泳流體可直接分配至已經排列在背板上包括像素電極的主動式矩陣之薄開孔網格上。然後，可以用整合的保護薄片/透光電極對該經填充的網格進行頂端密封。

【0101】圖 4 顯示出包括電泳介質的顯示器結構 200 之示意性剖面圖(未按比例)。在顯示器 200 中，該電泳流體係敘述為由微胞所侷限，然而亦可使用其它結構，

例如，微膠囊。該基材 202 可係承載像素電極 204 的玻璃或塑膠，該像素電極 204 係各別定址的段或與主動式矩陣排列中的薄膜電晶體結合。(該基材 202 與電極 204 之組合習知指為該顯示器的背板)。層 206 係根據本發明施加至該背板的選擇性介電層。(用以沈積合適的介電層之方法係敘述在美國專利公開案號 2020/0348576 中，以參考方式併入本文)。該顯示器的前端平面包含承載透明的導電塗層 220 之透明基板 222。在電極層 220 上係選擇性介電層 218。層 216 係聚合物層，其可包含用以將微胞黏附至透明電極層 220 的底塗層及一些包含該微胞底部的殘餘聚合物。該微胞之壁 212 係使用來包括該電泳流體 214。該等微胞係以層 210 密封及整個前端平面結構係使用導電黏著層 208 黏附至該背板。用以形成該微胞的方法係敘述在先前技術中，例如，在美國專利案號 6,930,818 中。在某些例子中，該微胞的深度係少於 20 微米，例如，深度少於 15 微米，例如，深度少於 12 微米，例如，深度約 10 微米，例如，深度約 8 微米。

【0102】因為製造設備的較廣泛可用度及多種起始材料之成本，大部分商業 EPDs 在主動式矩陣背板架構(202/024)中使用非晶矽基薄膜電晶體(TFTs)。不幸的是，當所供應的閘極電壓將允許切換高於約+/-15 伏特的電壓時，非晶矽薄膜電晶體會變成不穩定。儘管如此，如在下列所敘述，當允許高正及負電壓的量超過+/-15 伏特時，ACeP 之性能得到改良。此外，如在先前

揭示中所敘述，藉由額外地改變該頂端透光電極的偏壓相對於在該背板像素電極上的偏壓達成改良的性能，此亦知曉為頂端平面切換。因此，若需要+30 伏特的電壓(相對於該背板)時，該頂端平面可切換至-15 伏特，同時該適當的背板像素係切換至+15 伏特。用以使用頂端平面切換來驅動四顆粒電泳系統的方法係更詳細地敘述在例如美國專利案號 9,921,451 中。

【0103】這些波形需要該顯示器的每個像素可在五個不同定址電壓下驅動，標明為$+V_{高}$、$+V_{低}$、0、$-V_{低}$及$-V_{高}$，其敘述為 30 伏特、15 伏特、0、-15 伏特及-30 伏特。實際上，使用較多的定址電壓數量可較佳。若僅三種電壓(即，$+V_{高}$、0 及$-V_{高}$)可用時，其可藉由以電壓 $V_{高}$的脈衝定址，但是使用 1/n 的工作週期(也就是，$V_{高}$/n，其中 n 係正整數>1)達成與在較低電壓下定址相同之結果。

【0104】圖 5 顯示出使用來驅動上述敘述的四顆粒彩色電泳顯示器系統之典型波形(以簡化形式)。此波形具有「推挽式」結構：即，它們由包含二個相反極性的脈衝之偶極組成。這些脈衝的大小及長度決定所獲得之顏色。該等波形具有五個這樣的電壓位準。圖 5 顯示出高及低正及負電壓，和零伏特。典型來說，「低」(L)指為約 5～15 伏特之範圍，同時「高」(H)指為約 15～30 伏特之範圍。通常來說，該「高」電壓的大小越高，由該顯示器所達成的色域越好。亦可使用額外的「中」

(M)位準，其典型係約 15 伏特；但是，M 值將稍微取決於該等顆粒的組成物和該電泳介質的環境。

【0105】雖然圖 5 顯示出形成顏色所需要之最簡單的偶極，應當理解的是，實際波形可使用這些圖案的多次重覆或其它非週期性圖案。

【0106】當然，使用圖 5 之驅動脈衝達成想要的顏色係取決於從已知狀態開始該過程的顆粒，其中該狀態不太可能係顯示在該像素上的最後顏色。因此，一系列的重置脈衝係先於該驅動脈衝，此增加將像素從第一顏色更新至第二顏色所需要的時間量。重置脈衝係更詳細地敘述在美國專利案號 10,593,272 中，其以參考方式併入本文。可選擇這些脈衝(刷新及定址)及任何其餘(即，在其之間的零電壓之時期)的長度，以便整體波形(即，在整個波形內，電壓相對於時間之積分)係 DC 平衡(即，電壓對時間的積分係實質上為零))。可藉由調整在該重置相中的脈衝及其餘之長度來達成 DC 平衡，以便於該重置相中所供應的淨脈衝在量上係相等，及於符號上係與在該定址相中所供應之淨脈衝相反，在此定址相期間，該顯示器係切換至特別想要的顏色。但是，如在圖 2B-2E 中所示，該八種原色的起始狀態係黑色或白色狀態，此可以持續性低電壓驅動脈衝達成。達成此起始狀態的簡單性進一步減少在狀態間更新之時間，此更合於使用者心意及亦減少所消耗的電力量(因此，增加電池壽命)。

【0107】此外，前述的波形討論及特別是 DC 平衡的

討論忽略了該反衝電壓的問題。實際上，如先前般，每個背板電壓係與由該電源供應器所供應的電壓偏移等於該反衝電壓 V_{KB} 的量。因此，若所使用的電源供應器提供三種電壓+V、0 及-V 時，該背板將實際上收到電壓 $V+V_{KB}$、V_{KB} 及 $-V+V_{KB}$(要注意的是，在非晶矽 TFTs 的情況中，V_{KB} 通常係負數)。然而，相同的電源供應器會向前電極供應+V、0 及-V 而沒有任何反衝電壓偏移。因此，例如，當該前電極係供應-V時，該顯示器將經歷最大電壓 $2V+V_{KB}$ 及最小 V_{KB}。取代使用昂貴且不方便之分開的電源供應器來向前電極提供 V_{KB}，波形可劃分成其中該前電極被提供有供應正電壓、負電壓及 V_{KB} 的部份。

藉由四個電壓位準定址之四種顏料 EPD

【0108】根據本發明的一或多個具體實例，揭示出一種可藉由精確具有四個電壓位準的波形定址之全彩 EPD。該 EPD 包括具有四種類型的帶電荷電泳顏料顆粒之電泳介質，其包括三種實質上非光散射型有色顏料，其較佳為與減色法原色(青藍色、洋紅色及黃色)相應；及第四種光散射型白色顏料。該三種有色顏料具有一種電荷極性，同時該白色顏料具有相反的電荷極性。該白色顏料較佳為負電荷，及該三種有色顏料係正電荷。該顯示器係藉由精確具有四個不同電壓位準的波形來定址，以在任何像素場所提供該等原色(白色、黑色、青藍色、洋紅色、黃色、紅色、綠色及藍色)之任何而沒有使用頂端平面切換(即，同時保持在 EPD 的透光電極上之電壓固定)。該電壓位準係由每個像素二位元資料

來具體指定及較佳為包含高正電壓及低正電壓、單一負電壓及近零電壓。

【0109】因為該 EPD 精確使用四個電壓位準及可藉由每個像素二位元資料來定址，取代在不使用頂端平面切換的先前技術彩色 EPDs 中所使用之三或更多個位元，裝置成本可降低，同時提供優良的性能及顏色品質而沒有明顯犧牲色域，如在下列討論。

【0110】如上述提到，美國專利案號 9,697,778 及 10,678,111 揭示出二種不同類型之能在任何像素場所提供任何顏色的 EPDs。這些專利的第一篇揭示出一種顯示器，其中當以低施加電壓定址時，白色(光散射)顏料在第一方向上移動；及當以較高電壓定址時，在相反方向上。第二篇專利揭示出一種包括四種顏料的全彩 EPD：白色、青藍色、洋紅色及黃色。美國專利案號 10,276,109 及其它專利揭示出一種使用具有至少五個不同電壓位準的波形來定址此等顯示器之方法。

【0111】先前技術的黑色及白色 EPDs 典型僅使用三種不同電壓位準：一個正、一個負及零。該黑色及白色 EPD 的源極驅動器接受來自該顯示器控制器之每個像素二位元資料，其具體指出那個電源供應器係連接至那欄。

【0112】當需要五個電壓位準(使用來定址先前技術的全彩多顏料顯示器的最小數量)時，該模組架構必需以二種一般方式之一來改變：(a)維持每個像素 2 位元架構，但是對在顯示器中之每個像素執行頂端平面切換來

改變在該背板電極與該頂端平面(透明)共同電極間之電位差；或(b)提供能在至少五個不同能源供應器間選擇之源極驅動器。在後者情況中，二位元的訊息不足夠，及必需由該控制器供應每個像素至少三位元資料給該源極驅動器。

【0113】這二種方法具有值得注意的缺點。因為調整該顯示器的頂端平面會影響每個像素，可使用來定址該顯示器的可能波形結構之靈活度受限制。例如，不可能貫穿該電泳流體同時在二個分別的像素中擁有最大的正及負電壓。因此，該波形係製成較長，典型為約二倍因子。要求該控制器來供應每個像素至少三個位元資料則需要較快的資料傳輸速率(或較長的傳輸時間)，這會增加該控制器的成本或減少可支援的時間幀。此外，於現在EPD生態系統中的許多控制器無法供應每個像素三個位元資料。因此，提供至少五個不同電壓位準可能會導致許多應用之無法接受地高的模組成本或過長的波形。

【0114】期望使用每個像素二位元資料來定址彩色EPD而沒有使用頂端平面切換。可使用每個像素二位元資料來具體指定四個而非僅有三個電壓位準。以每幀為基礎的動態再分配能源供應器將無法提供同等靈活的替代方案，因為當刷新特定幀時，該再分配將施加至每個像素及導致與頂端平面切換相同類型的妥協。

【0115】在具有負電荷白色顏料及正電荷青藍色、洋紅色及黃色顏料的EPDs中，該互補顏色黃色/藍色及洋紅色/綠色係由包含偶極(相反極性的高及低電壓脈衝)之

波形最好地給予。在先前技術裝置中的波形使用近似DC平衡的串聯偶極序列來提供這些顏色。因此，若偶極包含第一電壓脈衝 V_1 一段時間 t_1，及第二電壓脈衝-V_2 一段時間 t_2 時，若 $V_1t_1=V_2t_2$ 則達成 DC 平衡。

【0116】當 V_1 係正且 $|V_1|>|V_2|$ 時，該顯示器在顏色藍色(在該正脈衝結束時)與洋紅色(在該負脈衝結束時)間振盪。相反地，若每個脈衝的極性顛倒時，該顯示器在顏色黃色(在該負脈衝結束時)與綠色(在該正脈衝結束時)間振盪。因此，已經預計將需要全部這四個電壓位準及零伏特選項來在每個像素提供全部顏色。

【0117】但是，已經發現可使用精確具有四個電壓位準(較佳為高正電壓及低正電壓、單一負電壓及近零電壓)的更複雜非週期性電壓序列來定址顯示器，及在每個像素場所製得全部顏色。(術語「非週期性」指為不具有精確重覆結構的電壓序列)。調諧此等波形係比先前技術之易於參數化的偶極結構更為複雜及困難，以至於其將需要直接以實際的顯示面板來進行調諧一段不切實際地長的時間。但是，已發現此等複雜波形可更容易地使用二階段電腦建模方法來調諧。在第一階段中，對該顯示器供應一組任意的電壓表列及記錄在每幀結束時的光學反應。使用機器學習方法，從此訓練組來建構準確預測施加未在該原始訓練組中的電壓表列之效果(例如，至約 1-2 dE^*的準確性)的模型。在第二階段中，使用該模型達成理想的波形調諧，其允許在所提供的時間內測試比物理顯示模組極度多的波形。

【0118】圖 6A 及 6B 顯示出根據一或多個具體實例之用以驅動四顆粒彩色 EPD 的具有四個電壓位準之範例性波形。該等圖形顯示出使用來在每個像素形成八種主色(紅色、綠色、藍色、青藍色、洋紅色、黃色、黑色及白色)的範例性脈衝序列。這些脈衝的幅度及長度決定所獲得的顏色。在一或多個具體實例中(例如，如圖 6A 所示)，該四個電壓位準包含高正電壓及低正電壓、近零伏特及高負電壓(標明為 $+V_{高}$、$+V_{低}$、0 及 $-V_{高}$)。在一或多個可替換的具體實例中(例如，如圖 6B 所示)，四個電壓位準包含高及低負電壓、近零伏特及高正電壓(標明出為 $-V_{高}$、$-V_{低}$、0 及 $+V_{高}$)。典型來說，該「低」電壓具有約 5 至 15 伏特之範圍，同時該「高」電壓具有約 15 至 30 伏特之範圍。通常來說，該「高」電壓的幅度越高，由該顯示器所達成的色域越好。在一個特別的具體實例中，該四個電壓位準係 24 伏特、10 伏特、0 及 -24 伏特。在另一個特別的具體實例中，該四個電壓位準係 -24 伏特、-10 伏特、0 及 +24 伏特。

【0119】圖 7 係根據一或多個具體實例之用來控制四顆粒彩色電泳介質的像素電極陣列 302 之範例性驅動系統 300 的圖解視圖。該驅動系統 300 可呈積體電路形式。該陣列 302 之元件係呈具有複數條資料線及複數條閘極線的矩陣形式排列。該矩陣的每個元件包括用以控制對應電極的電極電位之 TFT，及每個 TFT 係連接至該等閘極線中之一及該等資料線中之一。

【0120】所顯示出的控制器包含包括控制邏輯及切換

邏輯的微控制器 304。其從該輸入資料線 322 接收輸入資料。該微控制器對該矩陣的每條資料線具有輸出以提供資料訊號。該資料訊號線 306 將每個輸出連接至該矩陣的資料線。該微控制器 304 亦對該矩陣的每條閘極線具有輸出，以提供閘極線選擇訊號。該閘極訊號線 308 將每個輸出連接至該矩陣的閘極線。在每條資料及閘極訊號線中各別排列資料線驅動器 310 及閘極線驅動器 312。該圖形顯示出該訊號線僅用於在圖形中所示的那些資料線及閘極線。該閘極線驅動器可被整合在單一積體電路中。同樣地，該等資料線驅動器可被整合在單一積體電路(如源極驅動器)中。該積體電路可一起包括該完整驅動器組件與該微控制器。

【0121】該資料線驅動器提供與選定以驅動該等像素的電壓相應之訊號位準。該等閘極線驅動器提供用以選擇該等電極將被致動的閘極線之訊號。該等資料線驅動器 210 之一的電壓序列係顯示在圖 7 中。當在該閘極線上有足夠大的正電壓時，則在該資料線與像素間有低阻抗，如此在該資料線上的電壓會傳輸至該像素。當在該 TFT 閘極上有負電壓時，則該 TFT 具高阻抗及電壓係貯存在該像素電容器上而不受在該資料線上的電壓影響。此圖顯示出標記為 n 至 n+3 的四個欄及標記為 n 至 n+4 的五個列。

【0122】如圖 7 中所述，使用一次一線定址(line-at-a-time addressing)，其中一條閘極線 n 係高，同時全部其它係低。然後，在全部資料線上的訊號會傳輸至在列 n

中的全部像素。在該線時間結束時，閘極線 n 訊號變低，下一條閘極線 n+1 變高，以便下一條線的資料傳輸至在列 n+1 中的 TFT 像素。繼續按順序掃描所有閘極線，從而驅動整個矩陣。這與在幾乎全部主動式矩陣 LCDs 中及在主動式矩陣 EPDs 中所使用的方法相同，諸如行動電話螢幕、筆記型電腦螢幕及 LCD-TVs，於其中 TFTs 控制遍及該液晶層所維持的電壓。

[實施例]

【0123】上述討論之藉由具有四個電壓位準的波形定址之全彩 EPD 的優點已經得到實驗證實。

【0124】該等實驗係在包含上述所敘述與圖 2A-2E 連接的類型，即，包括各別由 W-、C+++、M++及 Y+所描繪的白色、青藍色、洋紅色及黃色顆粒之電泳介質的 EPD 模組中進行。該電泳流體係包括在厚度 8 微米的微杯中。

【0125】該等實驗係使用在表 3 中列出之具有不同電壓位準數量的波形來進行。

表 3 波形電壓位準

	電壓位準
3-位準	-24 伏特，0 伏特，24 伏特
4-位準	-24 伏特，-10 伏特，0 伏特，24 伏特
4-位準*	-24 伏特，0 伏特，10 伏特，24 伏特
5-位準	-24 伏特，-10 伏特，0 伏特，10 伏特，24 伏特
7-位準	-24 伏特，-17 伏特，-10 伏特，0 伏特，10 伏特，17 伏特，24 伏特

【0126】該等波形係使用上述敘述的電腦模型方法來調諧。

【0127】該 EPD 模組係藉由每個不同波形來定址，及記錄結果並顯示於表 4 至 8 中。

表 4 3-位準波形結果

+/-24 伏特，0 伏特

	L*	a*	b*	C*
黑色	19.0	-0.2	-8.7	8.7
藍色	25.8	-1.4	-21.2	21.2
紅色	35.0	21.2	6.3	22.1
洋紅色	36.8	21.6	-7.2	22.8
綠色	43.9	-16.7	10.8	19.9
青藍色	45.9	-14.8	-7.0	16.4
黃色	58.0	-8.2	33.7	34.7
白色	62.7	-5.2	2.7	5.8
			色域體積	16304

表 5 4-位準波形結果

+/-24 伏特，-10 伏特，0 伏特

	L*	a*	b*	C*
黑色	20.0	-0.7	-10.5	10.6
藍色	26.8	-0.5	-23.1	23.1
紅色	37.9	22.6	4.5	23.1
洋紅色	41.0	29.3	-13.7	32.3
綠色	45.3	-15.8	7.9	17.7
青藍色	47.9	-13.0	-9.2	15.9
黃色	58.6	-8.4	27.1	28.4
白色	62.0	0.2	-1.7	1.7
			色域體積	17761

表 6 4-位準*波形結果

+/-24 伏特，+10 伏特，0 伏特

	L*	a*	b*	C*
黑色	18.9	0.0	-8.8	8.8
藍色	25.6	-1.8	-20.4	20.5
紅色	35.5	22.3	9.1	24.1
洋紅色	37.3	21.5	-7.1	22.6
綠色	40.0	-23.5	13.2	27.0
青藍色	46.3	-15.6	-7.1	17.1

黃色	56.6	-11.2	40.4	41.9
白色	62.6	-5.2	2.7	5.8
			色域體積	21978

表 7 5-位準波形結果

+/-24 伏特，+/-10 伏特，0 伏特

	L*	a*	b*	C*
黑色	18.9	0.1	-8.7	8.7
藍色	26.9	-0.9	-23.6	23.6
紅色	36.6	22.7	10.0	24.8
洋紅色	40.5	31.6	-14.0	34.6
綠色	42.5	-19.4	13.8	23.8
青藍色	48.4	-13.4	-9.1	16.2
黃色	57.0	-10.2	37.9	39.3
白色	62.4	-2.5	-0.4	2.5
			色域體積	25789

表 8 7-位準波形結果

+/- 24 伏特, +/-17 伏特, +/-10 伏特, 0 伏特

	L*	a*	b*	C*
黑色	19.2	-0.1	-9.3	9.3
藍色	25.6	-0.4	-23.0	23.0
紅色	35.6	21.7	9.2	23.6
洋紅色	40.0	30.1	-13.6	33.1
綠色	41.4	-20.3	14.2	24.8
青藍色	48.6	-12.8	-9.0	15.6
黃色	57.0	-10.1	38.1	39.4
白色	62.1	0.1	-0.4	0.4
			色域體積	24701

【0128】結果顯示出具有二個負電壓位準、一個正電壓位準及近零電壓位準的「4-位準」驅動方案(表 5)在色域體積上僅提供稍微超過「3-位準」驅動方案(表 4)的改良，然而具有二個正電壓位準、一個負電壓位準及近零電壓位準的「4-位準*」驅動方案(表 6)接近可以「5-位準」驅動方案獲得的品質(表 7)。在「5-位準」驅

動方案與「7-位準」驅動方案(表 8)間僅有可忽略的差異。

【0129】表 9 顯示出以多種驅動電壓方案所獲得的顏色之細節。

表 9 結合的結果

		電壓位準				
		3-位準	4-位準	4-位準*	5-位準	7-位準
C*	黑色	8.7	10.6	8.8	8.7	9.3
	藍色	21.2	23.1	20.5	23.6	23.0
	紅色	22.1	23.1	24.1	24.8	23.6
	洋紅色	22.8	32.3	22.6	34.6	33.1
	綠色	19.9	17.7	27.0	23.8	24.8
	青藍色	16.4	15.9	17.1	16.2	15.6
	黃色	34.7	28.4	41.9	39.3	39.4
	白色	5.82	1.75	5.84	2.54	0.40

【0130】當使用具有二個正電壓、一個負電壓及近零電壓的 4-位準*驅動方案時，如所預計的，洋紅色及藍色的品質相對於 5-位準驅動方案降低。但是，這樣的品質降低係可容忍的，因為 5-位準驅動方案特別是洋紅色相對於其它顏色特別是黃色及綠色係不平衡。因此，犧牲一些洋紅色品質來交換改良的黃色及綠色品質係可容忍的。此權衡係在圖 9 中強調出，其顯示出多種驅動電壓方案可獲得的色域。

【0131】因此，藉由精確具有四個電壓位準的波形來定址之四種顆粒顏料 EPDs 提供優良的顏色品質，同時藉由使用每個像素 2-位元而非 3-位元資料來減低顯示器成本。

【0132】因此，雖然已敘述了本申請案的技術之數個

態樣及具體實例，要瞭解的是，將容易地由所屬技術領域中具有通常知識者進行多種改變、修改及改良。此改變、修改及改良意欲在本申請案所敘述的技術之精神及範圍內。例如，所屬技術領域中具有通常知識者將容易地設想出多種其它工具及/或結構來進行該功能及/或獲得於本文中所敘述的結果及/或一或多個優點，及此等變化及/或修改各自欲視作在本文所敘述的具體實例之範圍內。熟習該項技術者將認知或能夠使用不超過例行實驗而查明許多於本文中所敘述的特定具體實例之同等物。因此要了解的是，前述具體實例僅藉由實施例顯現，及在附加的申請專利範圍及至此的同等物之範圍內，本發明的具體實例可非如所特別敘述般實行。此外，二或更多個於本文中所敘述的特徵、系統、物件、材料、成套配方及/或方法之任何組合，若此等特徵、系統、物件、材料、成套配方及/或方法未互相不協調時，其皆包括在本揭示之範圍內。

【符號說明】

【0133】

10:電容器

11:共同電極

12:電極層

13:第一(觀看)表面

14:第二表面

15:像素電極

17:非極性流體,流體

20:電泳介質

21:頂端透光電極

22:底部電極

30:寄生電容

200:顯示器

202:基材

204:像素電極

206,210,216:層

208:導電黏著層

212:微胞之壁

214:電泳流體

218:選擇性介電層

220:電極層

222:透明基板

300:驅動系統

302:像素電極陣列

304:微控制器

306:資料訊號線

308:閘極訊號線

310:資料線驅動器

312:閘極線驅動器

322:輸入資料線

[A],[B],[C],[D],[E],[F],[G],[H]:情況

W-:第一顆粒

M++*:第二顆粒

M++:洋紅色顆粒

Y+:第三顆粒

C+++:第四顆粒

C1:青藍色顆粒

M1,M2:洋紅色顆粒

W1,W2:白色顆粒

Y1,Y2,Y3,Y4:黃色顆粒

V1:第一電壓脈衝

V2:第二電壓脈衝

t1,t2:時間

±H:高電場

±L:低電場

V_{com}:共同電位

V_{KB}:反衝電壓

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種彩色電泳顯示器，其包含：

位於觀看面的透光電極；

背電極；及

配置在該透光電極與該背電極之間的電泳介質，其包含：

非極性流體；及

多顏料顆粒系統，其包含四種類型之分散在非極性流體中的帶電荷電泳顏料顆粒，該四種類型的帶電荷電泳顏料顆粒包含：

具有第一光學性質及第一電荷極性的第一類型顆粒；

具有第二光學性質及第二電荷極性的第二類型顆粒，其中該第二電荷極性係與該第一電荷極性相反；

具有第三光學性質及第二電荷極性的第三類型顆粒；及

具有第四光學性質及第二電荷極性的第四類型顆粒；

其中該第一、第二、第三及第四光學性質彼此不同；

其中該多顏料顆粒系統係直接以推挽式波形施加至該背電極來定址，其中該波形具有選自於一組精確四個不同電壓位準的脈衝電壓位準，以在該電泳介質的每個

像素提供紅色、綠色、藍色、青藍色、洋紅色、黃色、黑色及白色的八種原色中的任何一種，同時保持在該透光電極上的電壓固定，該電壓位準包含第一正電壓、低於該第一正電壓的第二正電壓、近零電壓及負電壓。

【請求項 2】如請求項 1 之彩色電泳顯示器，其中該第一正電壓係 15 至 30 伏特，該第二正電壓係 5 至 15 伏特，及該負電壓係-15 至-30 伏特。

【請求項 3】如請求項 1 之彩色電泳顯示器，其中該第一正電壓係 24 伏特，該第二正電壓係 10 伏特，及該負電壓係-24 伏特。

【請求項 4】如請求項 1 之彩色電泳顯示器，其中該推挽式波形包含非週期性電壓序列。

【請求項 5】如請求項 1 之彩色電泳顯示器，其中該第一類型顆粒係光散射型顆粒，及該第二、第三及第四類型顆粒係光吸收型顆粒。

【請求項 6】如請求項 1 之彩色電泳顯示器，其中該第一類型顆粒係白色，及該第二、第三及第四類型顆粒係選自於青藍色、洋紅色及黃色。

【請求項 7】如請求項 1 之彩色電泳顯示器，其中該第一類型顆粒係白色，該第二類型顆粒係青藍色，該第三類型顆粒係洋紅色及該第四類型顆粒係黃色。

【請求項 8】如請求項 1 之彩色電泳顯示器，其中該第一電荷極性是負的，及該第二電荷極性是正的。

【請求項9】如請求項1之彩色電泳顯示器，其中該多顏料顆粒系統精確具有四種類型的帶電荷電泳顆粒。

【請求項10】如請求項1之彩色電泳顯示器，其中該非極性流體包括電荷控制添加劑。

【請求項11】如請求項1之電泳顯示器，其中該電泳介質係囊封在膠囊中或包括在密封的微胞中。

【請求項12】如請求項1之電泳顯示器，其中該電泳顯示器係經裝配用以併入書本閱讀器、可攜式電腦、桌上型電腦、監視器、電話、智慧卡、招牌、錶、珠寶、貨架標籤、用於車輛的面板或隨身碟中。

【請求項13】如請求項1之彩色電泳顯示器，其中該背電極包含分段的電極或包括像素電極陣列之主動式矩陣背板。

【請求項14】如請求項13之彩色電泳顯示器，其中該主動式矩陣背板包括與該像素電極耦合的薄膜電晶體陣列。

【請求項15】如請求項1之彩色電泳顯示器，其中使用經訓練的電腦模型決定該推挽式波形。

【請求項16】一種系統，其包含：

如請求項1至15中任一項之彩色電泳顯示器，其中該背電極包含含有像素電極陣列的主動式矩陣背板；

源極驅動器；

至少一個電源供應器；及

控制器，用以將每個像素二位元資料傳送至該源極驅動器來控制該源極驅動器，以將來自該至少一個電源供應器的選定電壓施加至選定的像素電極。

【請求項17】一種使用具有四個電壓位準的波形來定址彩色電泳顯示器之方法，其包含：

提供該彩色電泳顯示器，其包含位於觀看面的透光電極、背電極及配置在該透光電極與該背電極之間的電泳介質，該電泳介質包含非極性流體及包含四種類型之分散在非極性流體中的帶電荷電泳顏料顆粒之多顏料顆粒系統，該四種類型的帶電荷電泳顏料顆粒包含：具有第一光學性質及第一電荷極性的第一類型顆粒；具有第二光學性質及第二電荷極性的第二類型顆粒，其中該第二電荷極性係與該第一電荷極性相反；具有第三光學性質及第二電荷極性的第三類型顆粒；及具有第四光學性質及第二電荷極性的第四類型顆粒，其中該第一、第二、第三及第四光學性質彼此不同；及

以具有選自於一組精確四種不同電壓位準的電壓位準之推挽式波形施加至背電極來直接定址該多顏料顆粒系統，以便在該電泳介質的每個像素提供紅色、綠色、藍色、青藍色、洋紅色、黃色、黑色及白色之八種原色中的任何一種，同時保持在該透光電極上的電壓固定；該四種不同電壓位準包含第一正電壓、低於第一正電壓

的第二正電壓、近零電壓及負電壓。

【請求項 18】如請求項 17 之方法，其中該第一正電壓係 15 至 30 伏特，該第二正電壓係 5 至 15 伏特及該負電壓係-15 至-30 伏特。

【請求項 19】如請求項 17 之方法，其中該第一正電壓係 24 伏特，該第二正電壓係 10 伏特及該負電壓係-24 伏特。

【請求項 20】如請求項 17 之方法，其中該推挽式波形包含非週期性電壓序列。

【請求項 21】如請求項 17 之方法，其中該第一類型顆粒係光散射型顆粒，及其中該第二、第三及第四類型顆粒係光吸收型顆粒。

【請求項 22】如請求項 17 之方法，其中該第一類型顆粒係白色，及該第二、第三及第四類型顆粒係選自於青藍色、洋紅色及黃色。

【請求項 23】如請求項 17 之方法，其中該第一類型顆粒係白色，該第二類型顆粒係青藍色，該第三類型顆粒係洋紅色及該第四類型顆粒係黃色。

【請求項 24】如請求項 17 之方法，其中該第一電荷極性是負的及該第二電荷極性是正的。

【請求項 25】如請求項 17 之方法，其中該多顏料顆粒系統具有精確四種類型的帶電荷電泳顆粒。

【請求項 26】如請求項 17 之方法，其中該非極性流體

包括電荷控制添加劑。

【請求項27】如請求項17之方法，其中該電泳介質係囊封在膠囊中或包括在密封的微胞中。

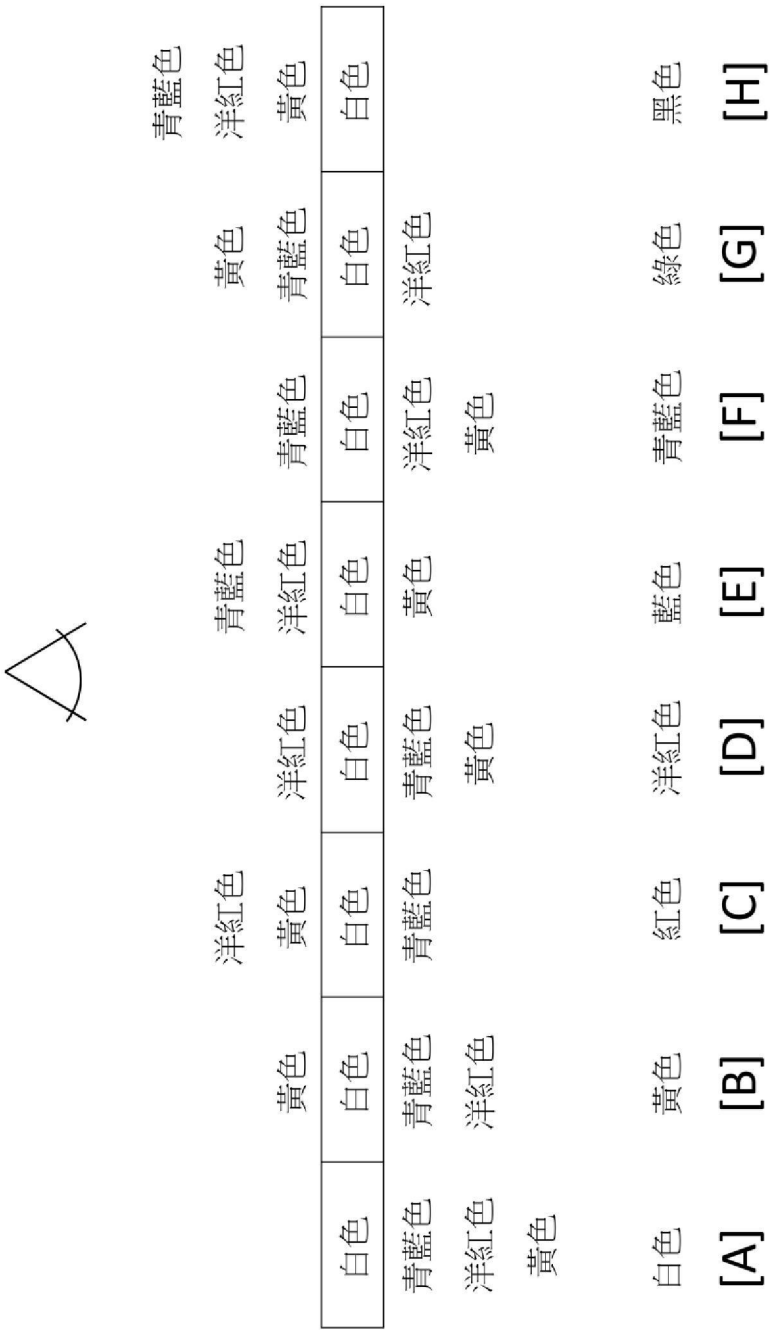
【請求項28】如請求項17之方法，其中該電泳顯示器係經裝配用以併入書本閱讀器、可攜式電腦、桌上型電腦、監視器、電話、智慧卡、招牌、錶、珠寶、貨架標籤、用於車輛的面板或隨身碟中。

【請求項29】如請求項17之方法，其中該背電極包含分段的電極或包括像素電極陣列的主動式矩陣背板。

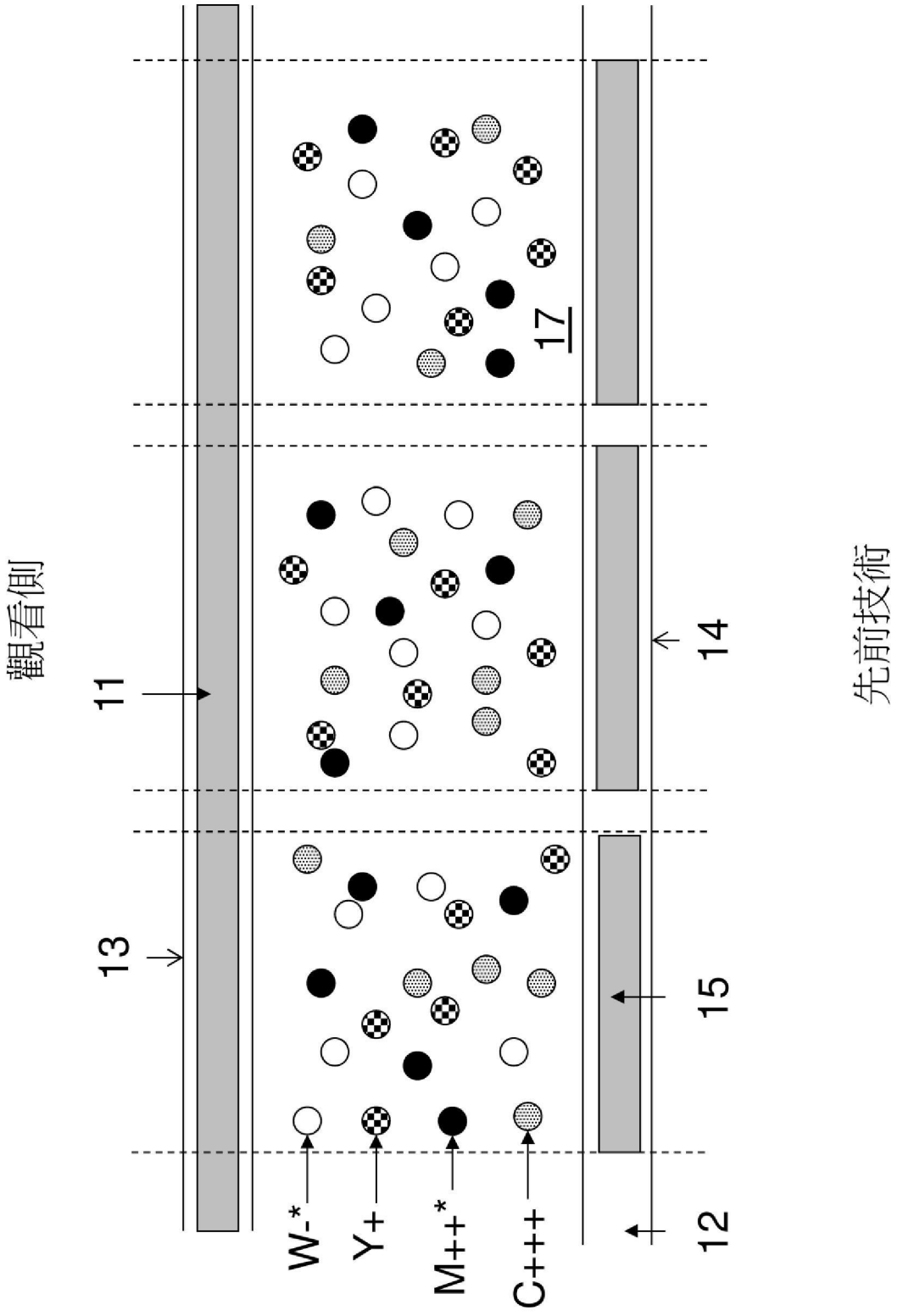
【請求項30】如請求項29之方法，其中該主動式矩陣背板包括與該像素電極耦合的薄膜電晶體陣列。

【請求項31】如請求項17之方法，更包含使用經訓練的電腦模型來決定該推挽式波形。

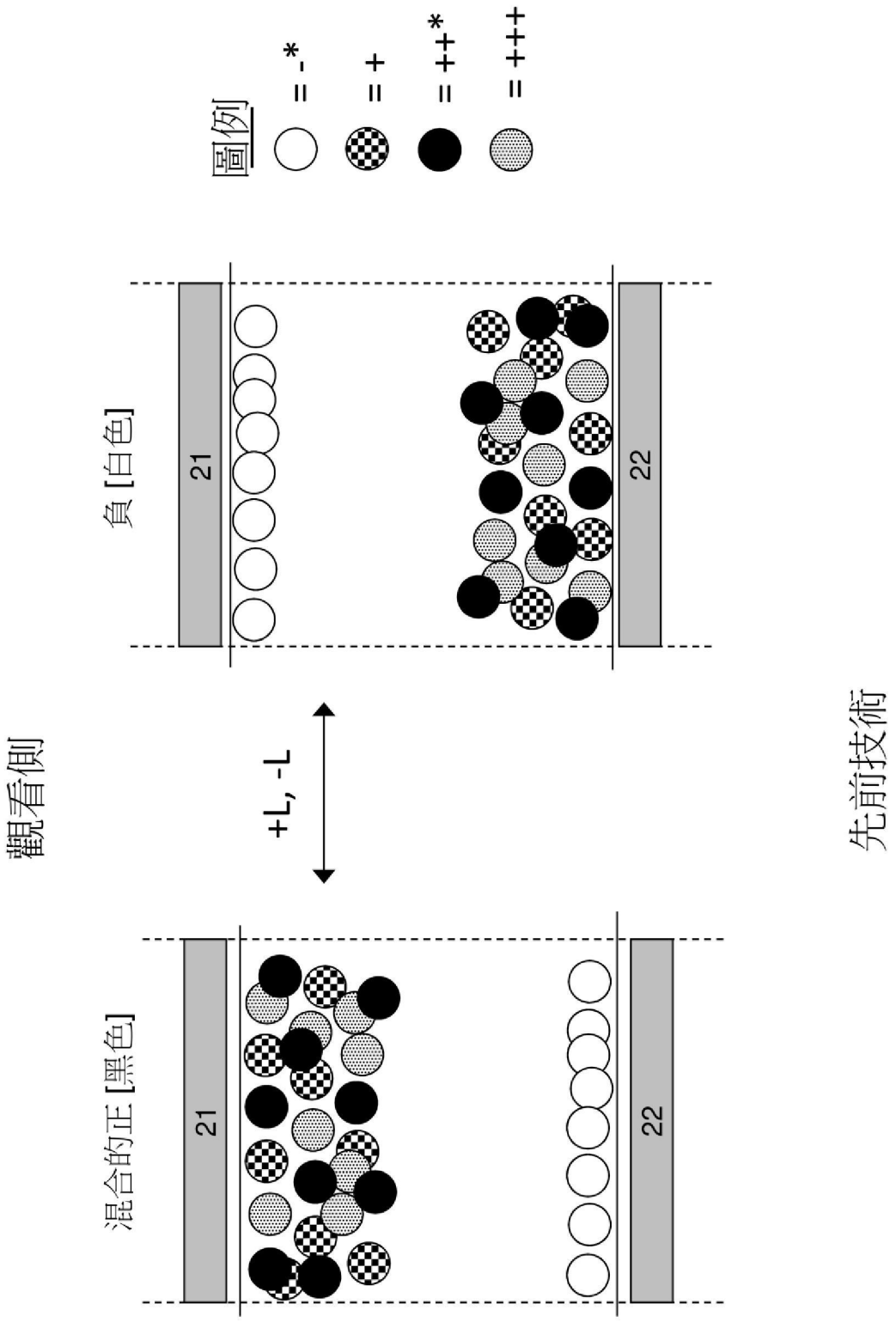
【發明圖式】


白色
青藍色
洋紅色
黃色
[A]
白色
白色
青藍色
洋紅色
黃色
[B]
洋紅色
黃色
白色
青藍色
[C]
紅色
白色
青藍色
洋紅色
黃色
[D]
洋紅色
青藍色
白色
黃色
[E]
藍色
白色
洋紅色
青藍色
黃色
[F]
青藍色
白色
洋紅色
青藍色
黃色
[G]
黃色
白色
洋紅色
青藍色
黃色
[H]
黑色
綠色
青藍色
黃色
白色
洋紅色
青藍色
黃色
先前技術

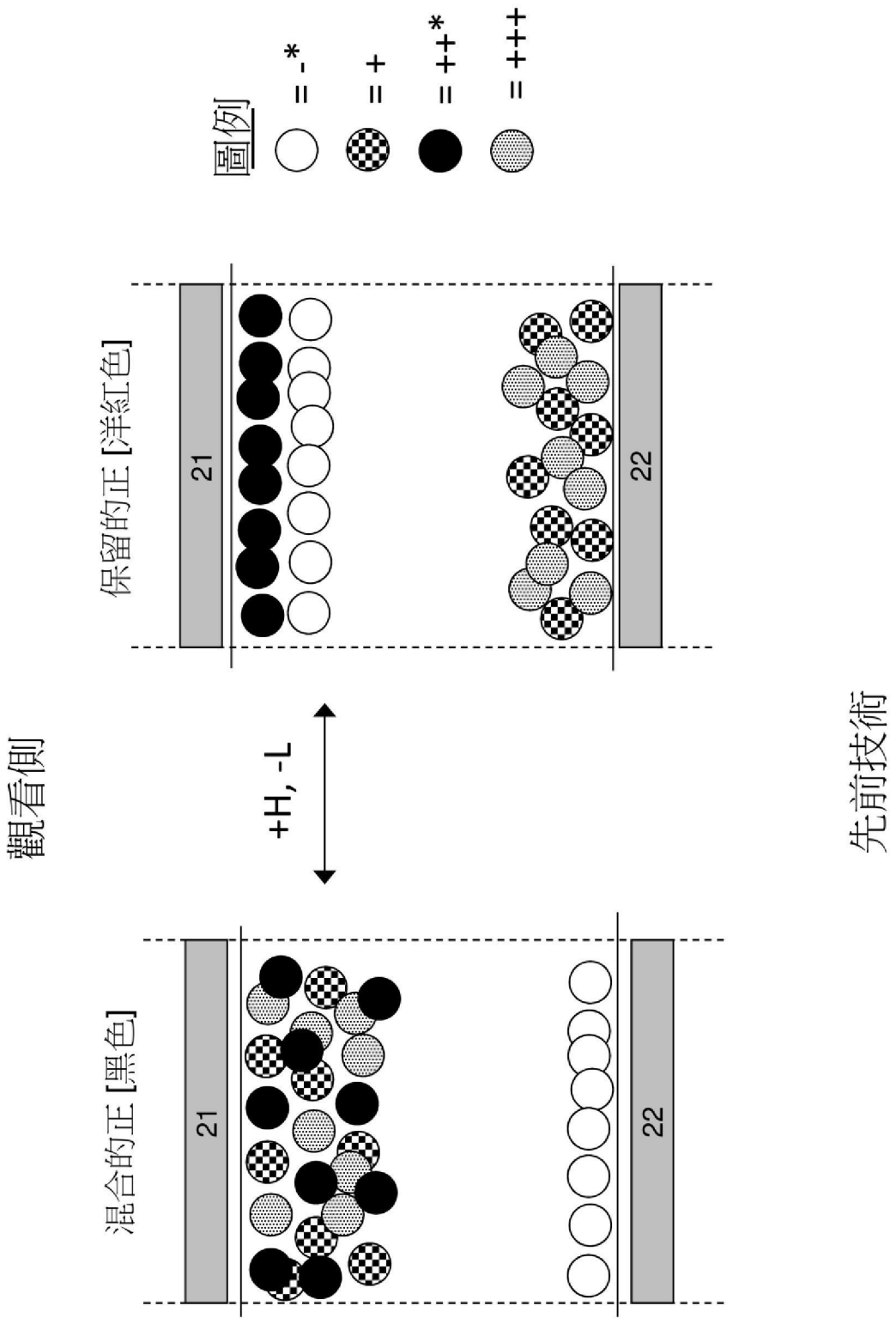
【圖 1】



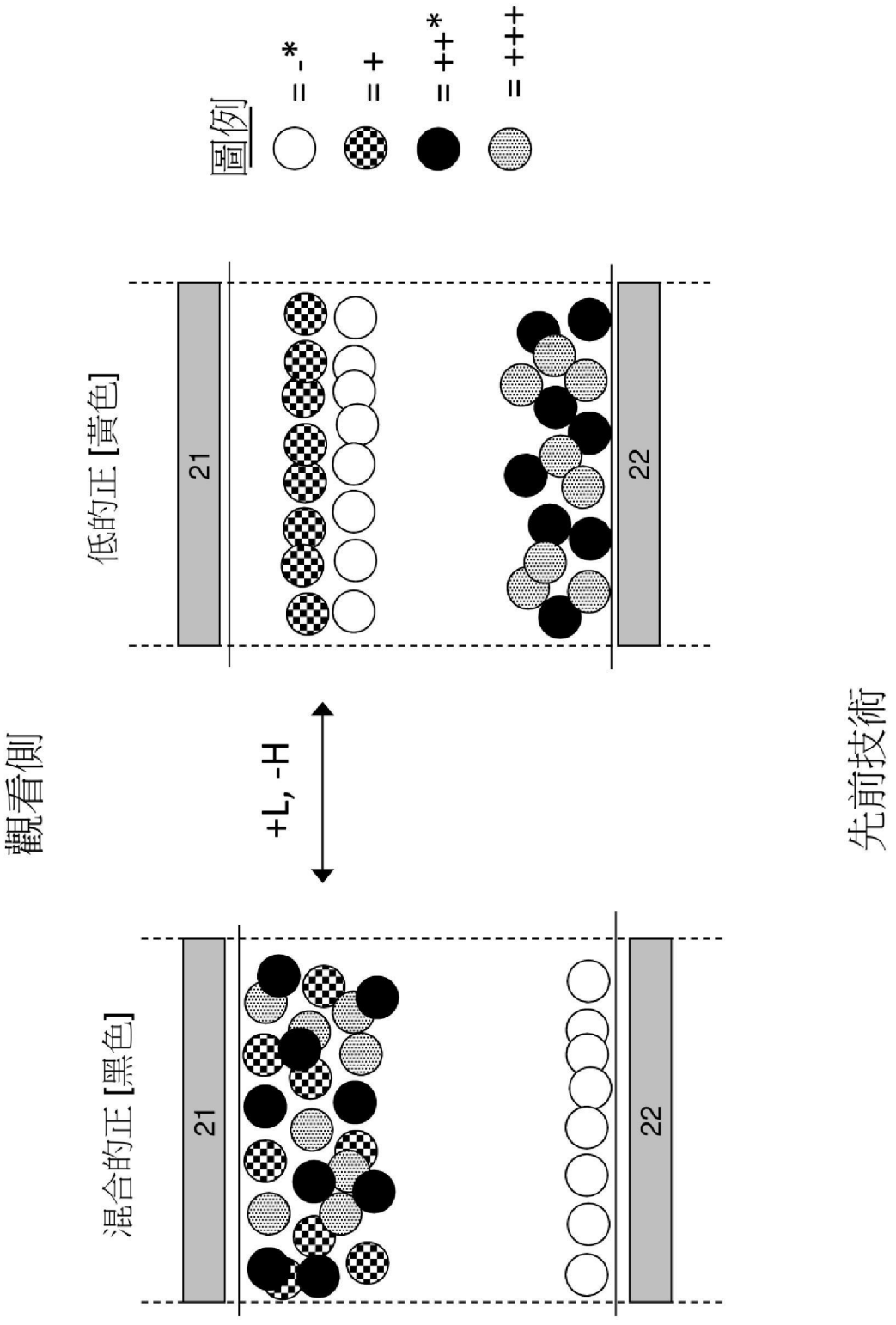
【圖 2A】



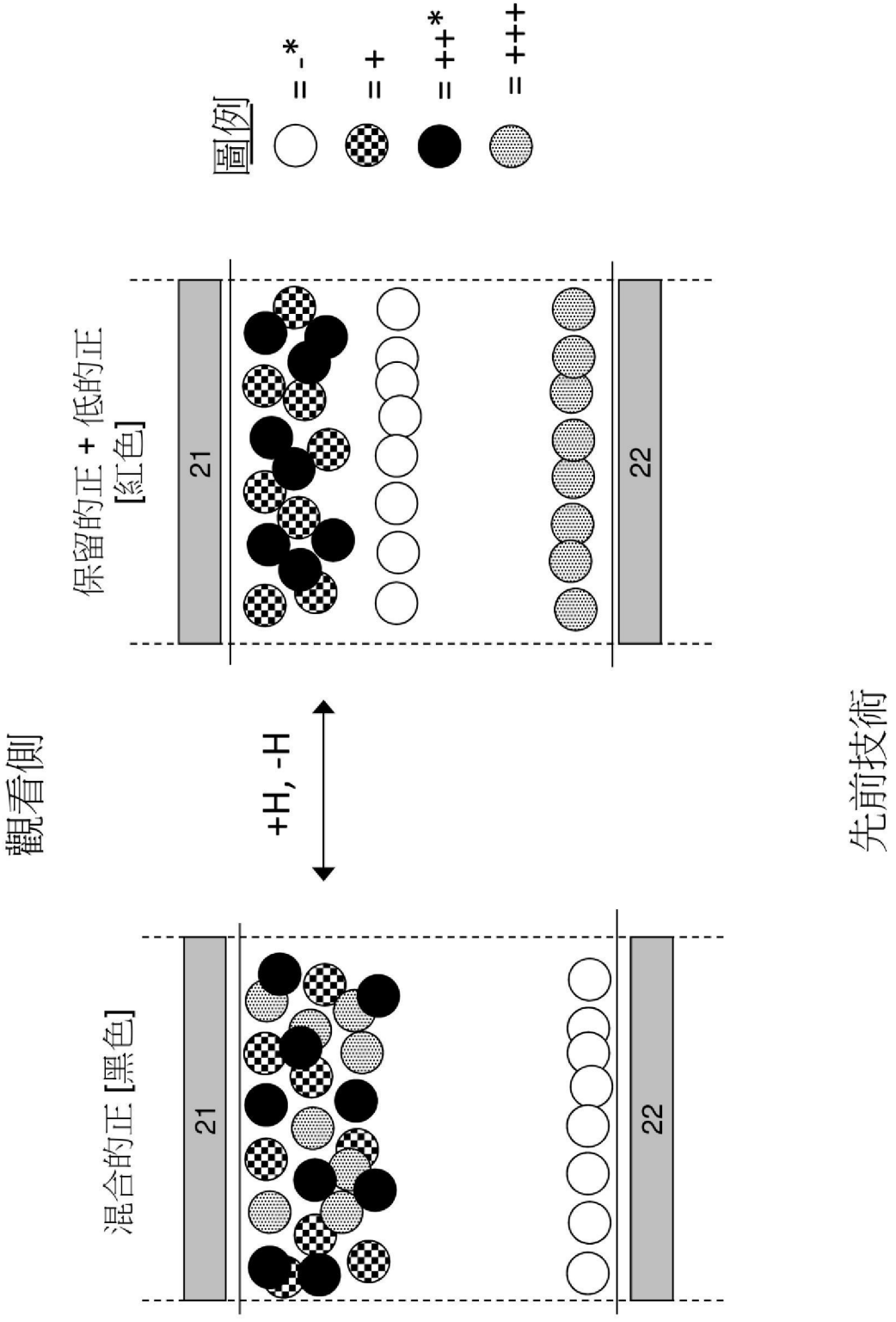
【圖 2B】



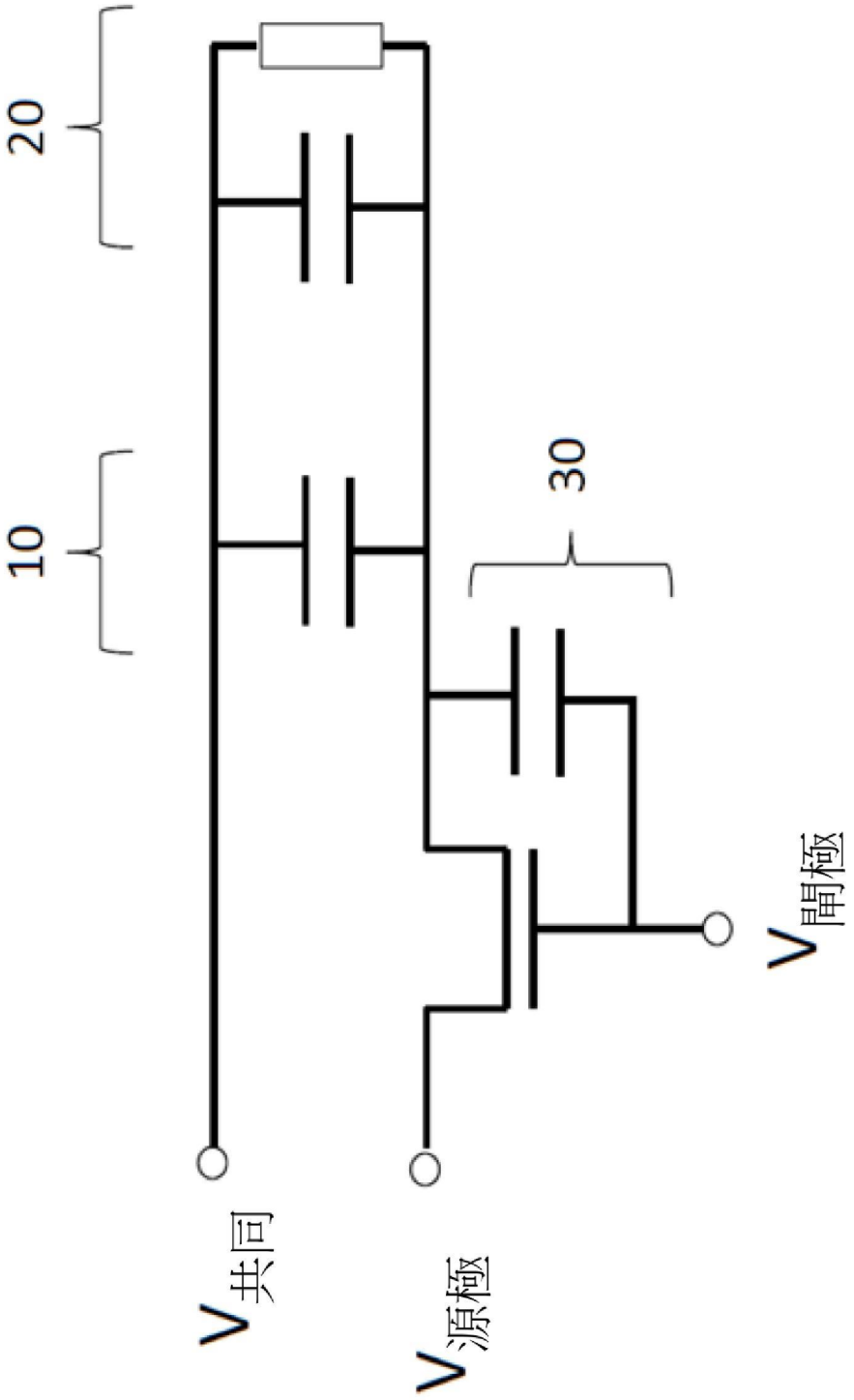
【圖 2C】



【圖 2D】

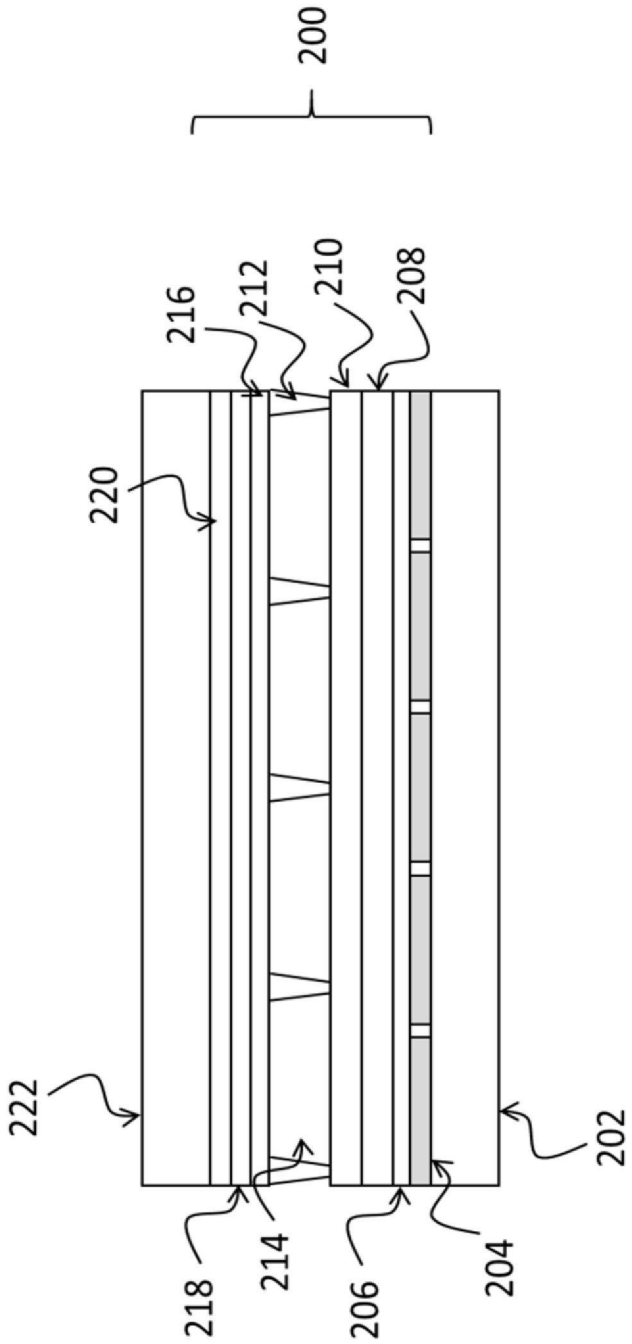


【圖 2E】



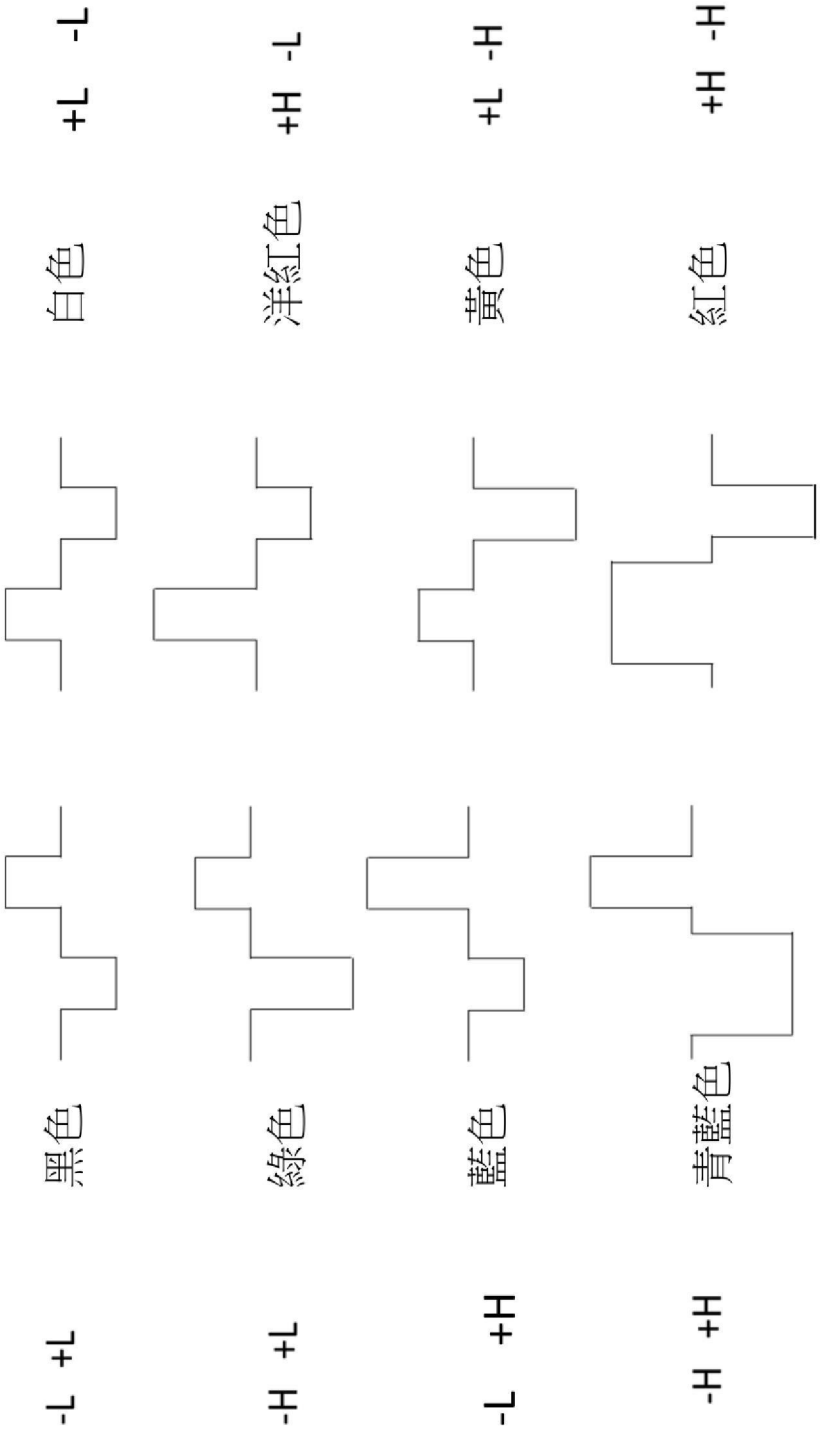
先前技術

【圖 3】

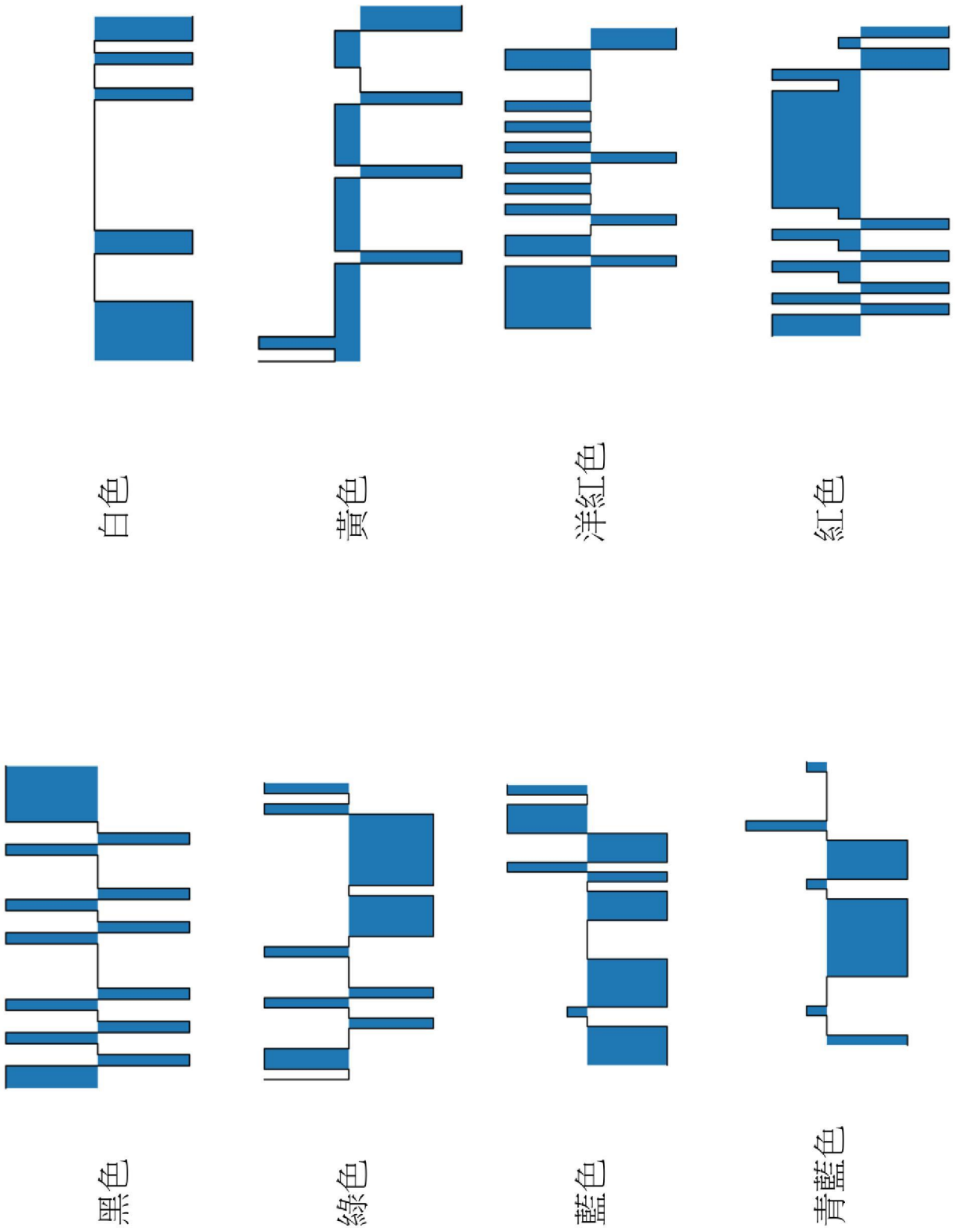


先前技術

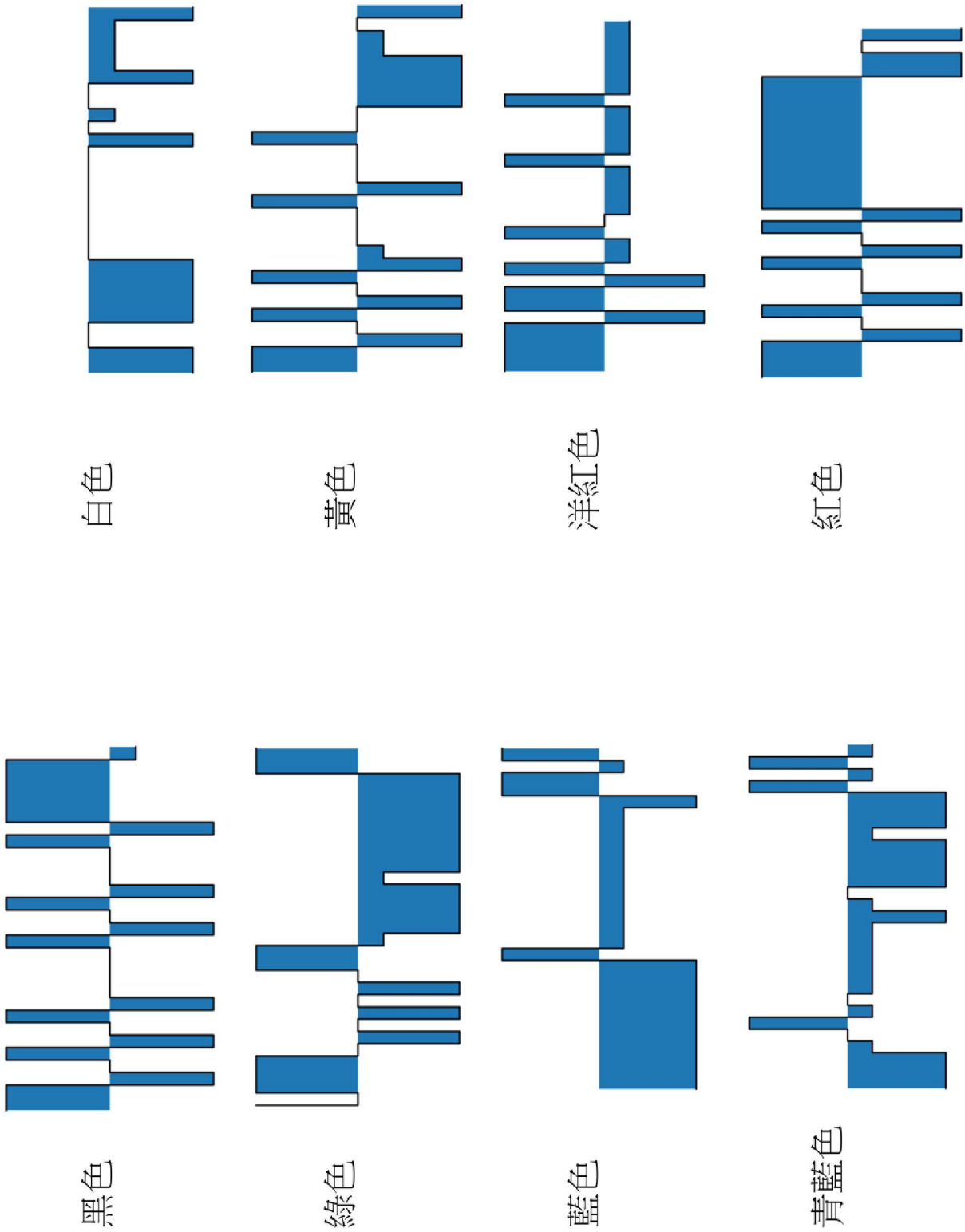
【圖 4】



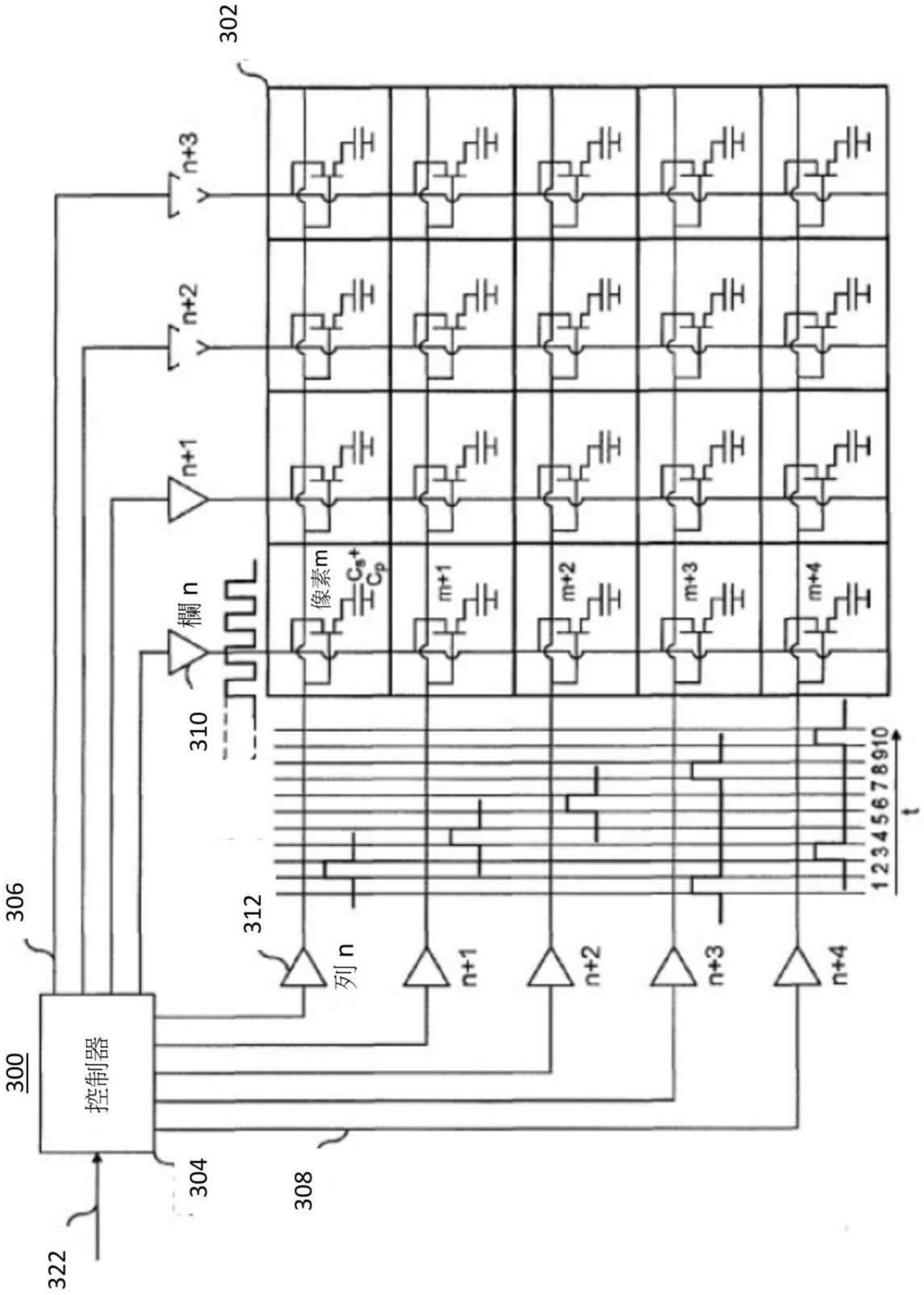
【圖 5】



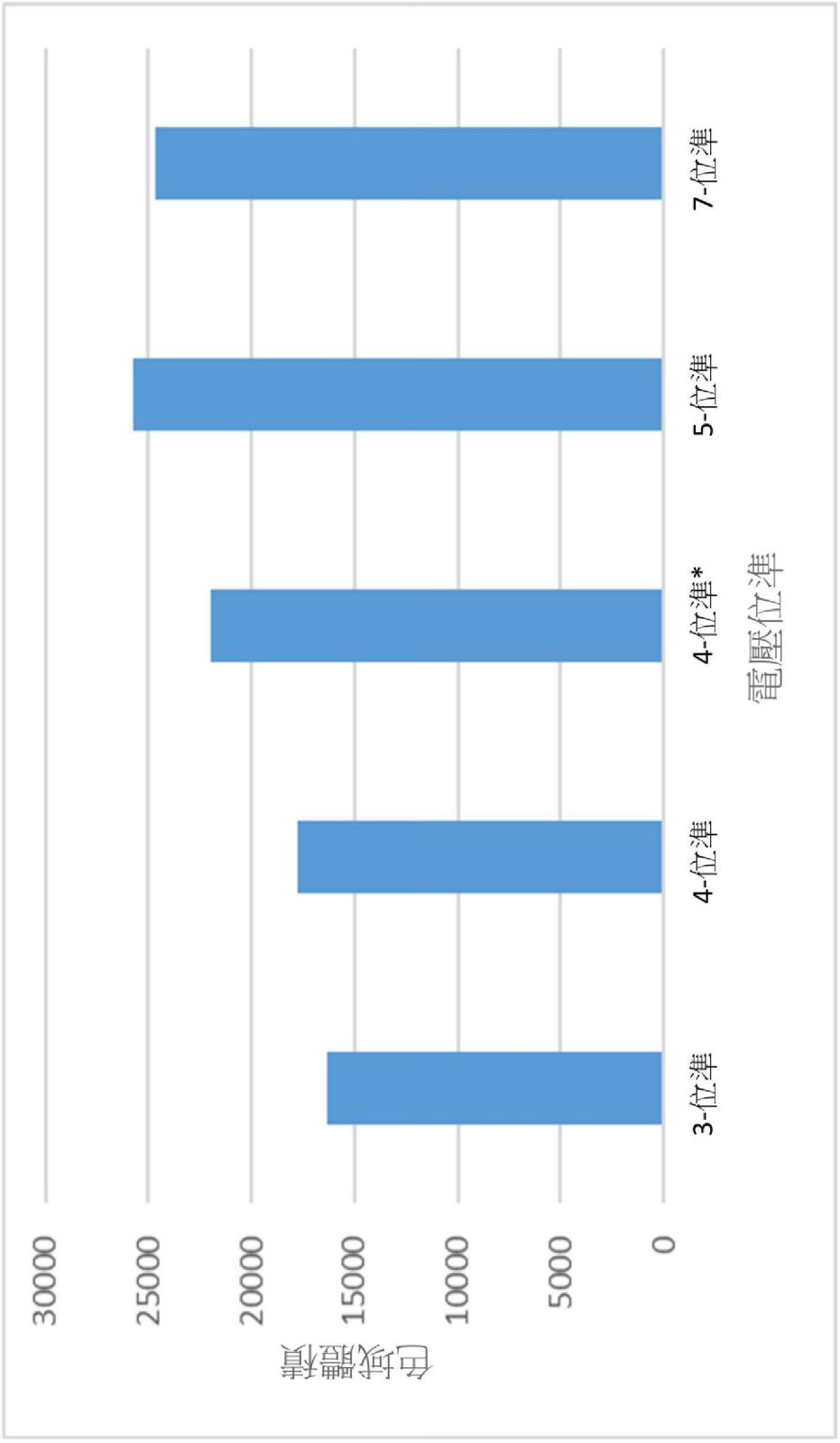
【圖 6A】



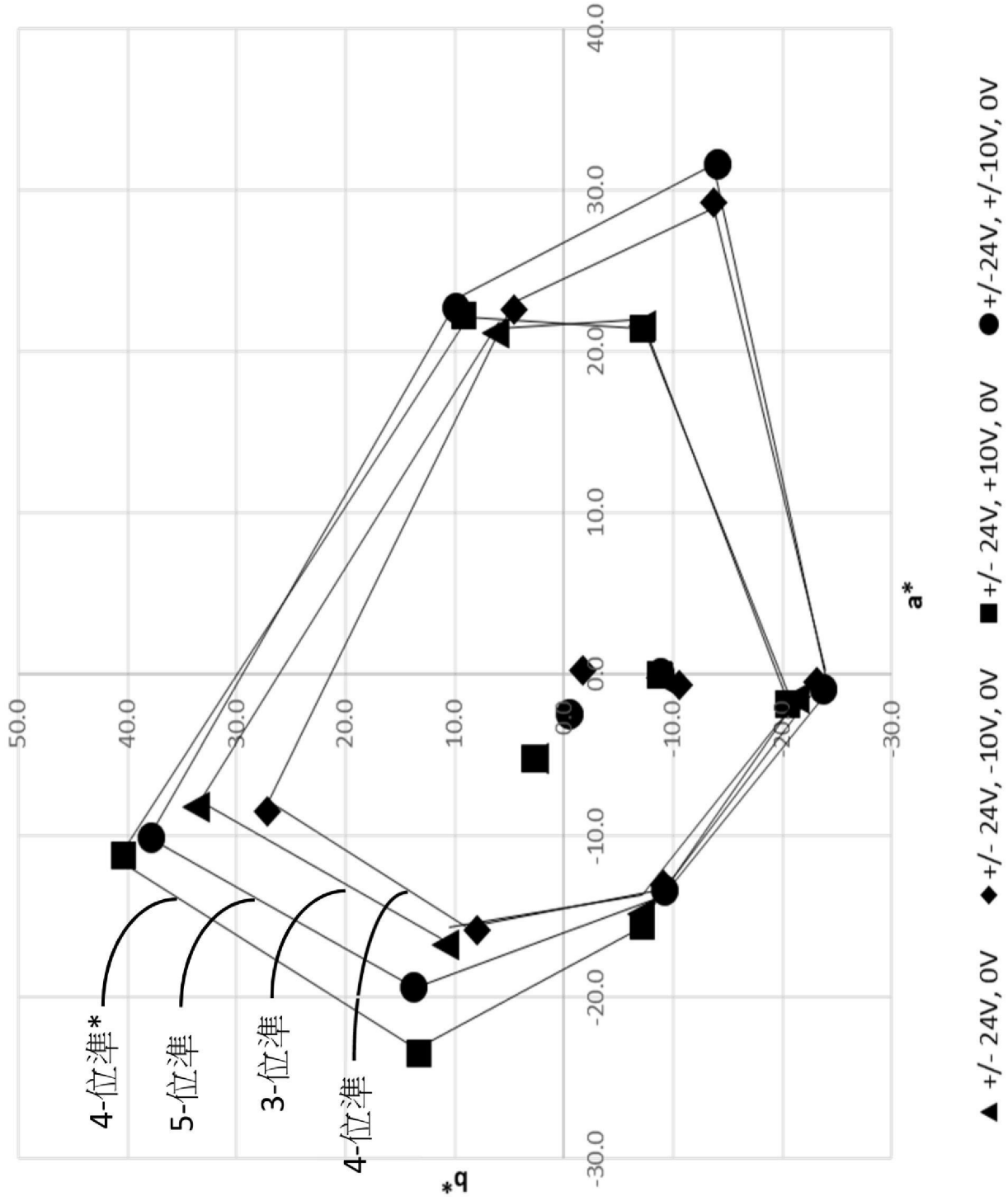
【圖 6B】


302
n+3
n+2
n+1
欄 n
像素m
C_s+
C_p
m+1
m+2
m+3
m+4
310
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
t
306
312
列 n
n+1
n+2
n+3
n+4
300
控制器
304
308
322

【圖 7】


30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
色域體積
3-位準
4-位準
4-位準*
5-位準
7-位準
電壓位準

【圖 8】


40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
-10.0
-20.0
-30.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
-10.0
-20.0
-30.0
a*
b*
4-位準*
5-位準
3-位準
4-位準
▲ +/- 24V, 0V
◆ +/- 24V, -10V, 0V
■ +/- 24V, +10V, 0V
● +/-24V, +/-10V, 0V

【圖 9】