態之中間狀態，及不需意謂著在這二種極端狀態間之黑色-白色過渡。例如，下列所指出之數篇 E Ink 專利及已公開的申請案描述出一種電泳顯示器，其極端狀態係白色及深藍色，此使得該中間灰色狀態將係實際上淡藍色。更確切來說，如已經提到，光學狀態改變可根本上不是顏色改變。於此之後，可使用用語「黑色」及「白色」來指出顯示器的二種極端光學狀態，及應該了解其正常包括不嚴格爲黑色及白色的極端光學狀態，例如，前述提及之白色及暗藍色狀態。

【0007】用語「雙穩定」及「雙穩定性」於本文中係以其在技術領域中習知的意義使用，其指爲包含具有至少一種光學性質係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的定址脈衝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，該狀態將持續一段時間，其係改變該顯示元件的狀態所需要之定址脈衝的最短期間之至少數倍，例如，至少四倍。已在美國專利案號 7,170,670 中顯示出，某些有灰階能力之顆粒基底的電泳顯示器不僅在其極端黑色及白色狀態下穩定，而且其中間灰色狀態亦穩定，及此適用於某些其它型式的光電顯示器。此型式的顯示器合適地稱爲多穩定而非雙穩定，然而爲了方便起見，用語「雙穩定」於本文中可使用來涵蓋雙穩定及多穩定型顯示器二者。

【0008】於本文中所使用的用語「脈衝」當使用來指出驅動一電泳顯示器時，其指出所施用的電壓相對於在該顯示器經驅動的期間內之時間之積分。

【0009】吸收、散射或反射在寬廣的帶中或在所選擇的波長下之光的顆粒於本文中指爲呈色或顏料顆粒。除了顏料(在該用語之嚴格的觀念中，其意謂著不溶的呈色材料)外，亦可在本發明的電泳媒質及顯示器中使用多種吸收或反射光之材料，諸如染料或光子晶體等等。

【0010】顆粒基底之電泳顯示器係熱切研究及發展的目標已行之有年。在此等顯示器中，複數種帶電顆粒(有時指爲顏料顆粒)會於電場影響下移動通過一流體。當與液晶顯示器比較時，電泳顯示器可具有好的亮度及對比、寬視角、狀態雙穩定性及低電力消耗之屬性。然而，這些顯示器之長期的影像品質問題已防止其普遍使用。例如，構成電泳顯示器的顆粒會趨向於沈澱而對這些顯示器產生不足夠的使用壽命。

【0011】如上述提到，電泳媒質需要一流體存在。在大部分先述技術電泳媒質中，此流體係一液體，但是可使用氣體流體來製得該電泳媒質；參見例如，Kitamura，T.等人，Electrical toner movement for electronic paper-like display，IDW Japan，2001，Paper HSC1-1；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。此氣體基底的電泳媒質似乎易受與液體基底

的電泳媒質相同型式由於顆粒沈澱之問題影響，當該媒質係以准許此沈澱的取向使用，例如，在該媒質係配置於垂直平面的指示信號中時。更確切來說，在氣體基底的電泳媒質中，顆粒沈澱的問題顯露出比在液體基底中更嚴重，因爲與液體比較，較低黏度之氣體懸浮流體允許該電泳顆粒更快速沈澱。

【0012】已讓渡給或在 Massachusetts Institute of Technology(MIT)及 E Ink Corporation 的名下之許多專利及申請案描述出多種使用在膠囊化電泳及其它光電媒質中之技術。此膠囊化媒質包含許多小膠囊，每個其自身包含一內相，在其中包括能於流體媒質中電泳移動的顆粒；及一環繞該內相的膠囊壁。典型來說，該等膠囊其本身被保留在一聚合物接合劑內而形成一配置於二個電極間之黏結層。在這些專利及申請案中所描述的技術包括：

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

(c) 包含光電材料的膜及次組件；參見例如，美國專利案號 6,982,178 及 7,839,564；

(d) 使用在顯示器中的背板、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；

(e) 顏色形成及顏色調整；參見例如，美國專利案號 6,017,584；6,664,944；6,864,875；7,075,502；

7,167,155；7,667,684；7,791,789；7,839,564；7,956,841；8,040,594；8,054,526；8,098,418；8,213,076；及 8,363,299；及美國專利申請案公開號 2004/0263947；2007/0223079；2008/0023332；2008/0043318；2008/0048970；2009/0004442；2009/0225398；2010/0103502；2010/0156780；2011/0164307；2011/0195629；2011/0310461；2012/0008188；2012/0019898；2012/0075687；2012/0081779；2012/0134009；2012/0182597；2012/0212462；2012/0157269；及 2012/0326957；

(f) 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；7,116,466；7,119,772；7,193,625；7,202,847；7,259,744；7,304,787；7,312,794；7,327,511；7,453,445；7,492,339；7,528,822；7,545,358；7,583,251；7,602,374；7,612,760；7,679,599；7,688,297；7,729,039；7,733,311；7,733,335；7,787,169；7,952,557；7,956,841；7,999,787；8,077,141；8,125,501；8,139,050；8,174,490；8,289,250；8,300,006；8,305,341；8,314,784；8,384,658；8,558,783；及 8,558,785；及美國專利申請案公開號 2003/0102858；2005/0122284；2005/0253777；2007/0091418；2007/0103427；

2008/0024429；2008/0024482；2008/0136774；2008/0291129；2009/0174651；2009/0179923；2009/0195568；2009/0322721；2010/0220121；2010/0265561；2011/0193840；2011/0193841；2011/0199671；2011/0285754；及 2013/0194250(這些專利及申請案於此之後可指爲 MEDEOD(用以驅動光電顯示器的方法)申請案)；

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

(h) 非電泳顯示器，如在美國專利案號 6,241,921；6,950,220；7,420,549 及 8,319,759；及美國專利申請案公開號 2012/0293858 中描述。

【0013】許多前述提及的專利及申請案了解到在膠囊化電泳媒質中，環繞該分立的微膠囊之壁可由連續相置換，因此產生所謂的聚合物分散式電泳顯示器，其中該電泳媒質包含複數個分立的電泳流體小滴及連續的聚合物材料相，及在此聚合物分散式電泳顯示器中之分立的電泳流體小滴可視爲膠囊或微膠囊，即使並無與每個各別小滴相關的分立的膠囊薄膜；參見例如，美國專利案號 6,866,760。此外，爲了本申請案之目的，此聚合物分散式電泳媒質視爲膠囊化電泳媒質的次種類。

【0014】相關型式的電泳顯示器係所謂的微液槽(microcell)電泳顯示器。在微液槽電泳顯示器中，該帶電顆粒及流體未囊封在微膠囊內，反而是保留在載體媒質，典型爲聚合物膜中所形成之複數個空腔內。參見例

如，美國專利案號 6,672,921 及 6,788,449，二者已讓渡給 Sipix Imaging, Inc.。

【0015】雖然電泳媒質經常不透明(因爲例如在許多電泳媒質中，該等顆粒實質上阻礙可見光穿透過顯示器)及以反射模式操作，許多電泳顯示器可製成以所謂的快門模式操作，其中一種顯示狀態係實質上不透明及一種係光透射。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。介電泳顯示器係類似於電泳顯示器，但是其與電場強度變化相依，可以類似模式操作；參見美國專利案號 4,418,346。亦可以快門模式操作其它型式的光電顯示器。以快門模式操作的光電媒質可以多層結構使用於全彩顯示器；在此結構中，以快門模式操作與顯示器之視野面毗連的至少一層，以曝露出或隱藏更遠離該視野面之第二層。

【0016】膠囊化電泳顯示器典型不會經歷傳統電泳裝置的團化及沈澱失敗模式及提供進一步優點，諸如將該顯示器印刷或塗佈在廣泛多種撓性及堅硬基材上之能力。(使用措辭「印刷」意欲包括全部的印刷及塗佈形式，包括但不限於：預計量式塗佈(pre-metered coating)諸如區塊式模具塗佈法(patch die coating)、狹縫或擠壓塗佈法、斜板式(slide)或階式塗佈法、簾幕塗佈法；輥塗法，諸如輥上刮刀塗佈法(knife over roll coating)、正反向輥塗佈法(forward and reverse roll coating)；凹版塗佈法、浸沾塗佈法、噴灑塗佈法、液面彎曲式塗佈法(meniscus

coating)、旋轉塗佈法、刷塗法、氣刀塗佈法、絲絹版印刷法、靜電印刷法、感熱式列印法、噴墨印刷法、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，所產生的顯示器可係撓性。再者，因爲該顯示媒質可經印刷(使用多種方法)，該顯示器其自身可不昂貴地製得。

【0017】前述提及的美國專利案號 6,982,178 描述出一種相當合適於大量製造的固態光電顯示器(包括膠囊化電泳顯示器)之組合方法。基本上，此專利描述出所謂的前平面積層板(front plane laminate)(FPL)，其依序包括一光透射導電層；一與該導電層電接觸之固態光電媒質層；一黏著層；及一脫模薄片。典型來說，該光透射導電層將支撐在較佳爲撓性的光透射基材上，其中該撓性係就該基材可繞著直徑(約莫)10 英吋(254 毫米)的滾筒手動地纏繞而沒有永久變形之意義而言。在此專利及本文中所使用的用語「光透射」意謂著從而標明出之層能透射足夠的光，以讓觀察員能夠看穿該層觀察到該光電媒質之顯示狀態改變，此正常將看穿該導電層及毗連的基材(若存在時)；在該光電媒質於不可見波長處顯示出反射性改變之情況中，用語「光透射」當然應該解釋指爲相關不可見波長的透射。該基材典型將係一聚合物膜，及正常將具有厚度在範圍約 1 至約 25 密耳(25 至 634 微米)內，較佳爲約 2 至約 10 密耳(51 至 254 微米)。該導電層合宜地係一薄金屬或金屬氧化物層，例如，鋁或氧化銦錫(ITO)；或可係一導電聚合物。該塗佈鋁或 ITO

的聚(對酞酸乙二酯)(PET)膜可商業購得，例如，如爲來自 E.I. du Pont de Nemours & Company，Wilmington DE 的鍍鋁 Mylar(Mylar 係註冊商標)，及此商業材料可使用在前平面積層板中而具有好的結果。

【0018】可藉由下列方式實現使用此前平面積層板的光電顯示器之組裝：從該前平面積層板中移除脫模薄片，及在有效造成黏著層黏附至背板之條件下讓該黏著層與背板接觸，因此將該黏著層、光電媒質層及導電層穩固至背板。此方法相當合適於大量製造，因爲該前平面積層板典型可使用輥對輥塗佈技術，然後切割成與特定背板使用時所需要之任何尺寸的片板而大量製造。

【0019】美國專利案號 7,561,324 描述出所謂的雙脫模薄片，其基本上係前述提及的美國專利案號 6,982,178 之前平面積層板的簡化版本。一種雙脫模薄片形式包含一層夾在二層黏著層中間的固態光電媒質，該黏著層之一或二者係由脫模薄片覆蓋。另一種形式的雙脫模薄片包含一層夾在二片脫模薄片中間之固態光電媒質。意欲將二者形式之雙脫模膜使用在通常類似於從已經描述的前平面積層板來組裝光電顯示器之方法的方法中，但是包括二片分開的積層板；典型來說，在第一積層板中，將該雙脫模薄片積層至前電極以形成一前次組件，然後在第二積層板中，將該前次組件積層至背板以形成最後顯示器，然而若想要時，這二種積層板的順序可相反。

【0020】美國專利案號 7,839,564 描述出所謂的逆向前平面積層板，其係在前述提及的美國專利案號

6,982,178 中所描述之前平面積層板的變化者。此逆向前平面積層板依序包含下列之至少一層：光透射保護層及光透射導電層；黏著層；固態光電媒質層；及脫模薄片。使用此逆向前平面積層板來形成一在該光電層與該前電極或前基材間具有積層黏著層之光電顯示器；第二，於該光電層與背板間典型可或可不存在有黏著薄層。此光電顯示器可結合好的解析度與好的低溫性能。

【0021】如上述指示出，最簡單的先述技術電泳媒質基本上僅顯示出二種顏色。此電泳媒質使用單一型式之電泳顆粒，其中該顆粒在具有第二不同顏色的呈色流體中具有第一顏色(於此情況中，當該等顆粒鄰接該顯示器之視野面時顯示出第一顏色，及當該等顆粒係與該視野面間隔開時顯示出第二顏色)；或在未呈色流體中，具有不同第一及第二顏色的第一與第二型式之電泳顆粒(在此情況中，當該第一型式顆粒鄰接該顯示器的視野面時顯示出第一顏色，及當第二型式顆粒鄰接該視野面時顯示出第二顏色)。典型來說，該二種顏色係黑色及白色。若想要全彩顯示器時，可在單色(黑色及白色)顯示器的視野面上沈積一濾色片陣列。含有濾色片陣列的顯示器依靠區域共享及混色來產生色刺激。共享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)間可獲得的顯示區域，及可將該等濾片呈一維(條紋)或二維(2x2)重覆圖案安排。亦在技術領域中知曉其它原色之選擇或多於三種原色。選擇足夠小的三種(在RGB顯示器的情況中)或四種(在RGBW顯示器的情況中)

子像素，以便其在意欲的視距處一起視覺地摻合至單一像素而具有一致的色刺激(「混色」)。區域共享的固有缺點爲著色劑總是存在，及僅可藉由將下面的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、藍色及白色每種原色佔據該顯示區域的四分之一(出於四個次像素之一)，且白色次像素係如下面的單色顯示器之白色一般明亮，及每個該呈色的子像素之亮度係不大於該單色顯示器之白色的三分之一。整體來說，由該顯示器顯示出的白色顏色之亮度無法大於該白色次像素之亮度的一半(該顯示器的白色區域係由顯示出每四個有一個之白色次像素，加上相當於白色次像素的三分之一的每種呈色次像素以其呈色形式而產生，如此三種呈色子像素結合的貢獻不會超過一個白色次像素)。顏色的亮度及飽和度係由區域共享與顏色像素切換至黑色而降低。當混合黃色時，區域共享特別有問題，因爲其比相等亮度的任何其它顏色亮，及飽和的黃色幾乎與白色一樣明亮。將藍色像素(該顯示區域的四分之一)切換至黑色會使得黃色太暗。

【0022】已在技術領域中知曉多層堆疊式電泳顯示器；參見例如，J. Heikenfeld，P. Drzaic，J-S Yeo 及 T. Koch，Journal of the SID，19(2)，2011，PP.129-156。在此等顯示器中，週圍光線通過在三種相減性原色的每一種中之影像而精確比擬習知的彩色印刷。美國專利案號 6,727,873 描述出一種堆疊式電泳顯示器，其中將三層

可切換式液槽放置在反射式背景上。已知有類似的顯示器，其中該隔離進微坑中之呈色顆粒係橫向移動(參見國際申請案案號 WO 2008/065605)，或使用垂直與橫向運動的組合。在二者情況中，每層以逐個像素爲基底設有電極以提供聚集或分散該呈色顆粒，使得該三層的每層皆需要一層薄膜電晶體(TFT)(三層 TFT 的二層必需實質上透明)及一光透射的相對電極。此複雜的電極安排之製造昂貴，及在現在的技藝狀態下，難以提供足夠透明的像素電極平面，特別是，當必需穿過數層電極才能觀看到該顯示器之白色狀態時。當該顯示器疊片的厚度接近或超過像素尺寸時，該多層顯示器亦遭遇到視差問題。

【0023】美國申請案公開號 2012/0008188 及 2012/0134009 描述出一種多色電泳顯示器，其具有一包含可各自獨立地定址的像素電極之單一背平面及一共同的光透射前電極。在該背平面與前電極間配置有複數層電泳層。在這些申請案中所描述的顯示器能在任何像素位置提供任何原色(紅色、綠色、藍色、青綠色、品紅色、黃色、白色及黑色)。但是，使用在單一組定址電極間設置多重電泳層有缺點。在一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將遭遇到之情況。此外，在最接近視野面的電泳層中之光學損失(例如，由光散射或不想要的吸收造成)可影響在下面電泳層中所形成之影像外觀。

【0024】已嘗試使用單一電泳層來提供全彩電泳顯示器。例如，美國專利申請案公開號 2013/0208338 描述出

一種包含電泳流體的彩色顯示器，其中該流體包含一或二種型式分散在透明及無色或呈色溶劑中的顏料顆粒，該電泳流體係夾在共同電極與複數個驅動電極中間。該驅動電極係保持在一定距離處以便曝露出背景層。美國專利申請案公開號 2014/0177031 描述出一種用以驅動填充有電泳流體的顯示器液槽之方法，該流體包含二種型式攜帶相反電荷極性及二種對比顏色的帶電顆粒。該二種型式的顏料顆粒係分散在呈色溶劑中或在具有不帶電或稍微帶電的呈色顆粒已分散於其中之溶劑中。該方法包括藉由施加係最大驅動電壓的約 1 至約 20%之驅動電壓來驅動該顯示器液槽，以顯示出該溶劑的顏色或該不帶電或稍微帶電之呈色顆粒的顏色。美國專利申請案公開號 2014/0092465 及 2014/0092466 描述出一種電泳流體及一種用以驅動電泳顯示器的方法。該流體包含第一、第二及第三型式之顏料顆粒，其全部係分散在溶劑或溶劑混合物中。該第一及第二型式顏料顆粒攜帶相反電荷極性，及該第三型式顏料顆粒的電荷程度少於該第一或第二型式的電荷程度之約 50%。該三種型式的顏料顆粒具有不同臨限電壓程度，或不同移動率程度，或二者。這些專利申請案沒有揭示出全彩顯示器，其中該用語係就下列所使用之意義而言。

【0025】美國專利申請案公開號 2007/0031031 描述出一種用以處理影像資料的影像處理裝置，以便在每個像素能顯示出白色、黑色及一種其它顏色之顯示媒質上顯示出影像。美國專利申請案公開號 2008/0151355、

2010/0188732及2011/0279885描述出一種活動顆粒移動通過一多孔結構之彩色顯示器。美國專利申請案公開號2008/0303779及2010/0020384描述出一種包含第一、第二及第三不同顏色顆粒之顯示媒質。該第一及第二顆粒可形成團聚物，及較小的第三顆粒可移動通過遺留在已團聚化的第一與第二顆粒間之間隙。美國專利申請案公開號2011/0134506描述出一種包括電泳顯示元件的顯示裝置，其包括複數種型式而被包圍在一對基材間之顆粒，該基材之至少一片係半透明及該複數種型式的各別顆粒的每一個皆帶有相同極性的電、其光學性質不同、且漂移速度及/或用以移動的電場閾值不同；一半透明顯示側電極，其係提供在配置該半透明基材之基材側；一第一背側電極，其係提供在其它基材之面對該顯示側電極的那一側；及一第二背側電極，其係提供在其它基材之面對該顯示邊電極的那邊處；及一電壓控制部分，控制施加至該顯示側電極、第一背側電極及第二背側電極的電壓，以便來自該複數種型式顆粒具有最快漂移速度的顆粒型式，或來自該複數種型式顆粒具有最低閾值的顆粒型式，每種不同型式的顆粒各者依序移動至該第一背側電極或該第二背側電極，然後移動至該第一背側電極之顆粒係移動至該顯示側電極。美國專利申請案公開號2011/0175939、2011/0298835、2012/0327504及2012/0139966描述出一種與多重顆粒之團聚及臨限電壓相依的彩色顯示器。美國專利申請案公開號2013/0222884描述出一種電泳顆粒，其包括一包括含帶

電基團的聚合物與著色劑之呈色顆粒；及一接附至該呈色顆粒之分枝的聚矽氧基底的聚合物，及其包括一反應性單體及至少一種選自於特定單體群的單體作爲共聚合組分。美國專利申請案公開號 2013/0222885 描述出一種用於電泳顯示器的分散液體，其包括一分散媒質、一分散在該分散媒質中且在電場中漂移之呈色的電泳顆粒群、一不漂移及具有與該電泳顆粒群不同顏色之非電泳顆粒群、及一具有中性極性基團及疏水性基團的化合物，其以整體分散液體爲基準約 0.01 至約 1 質量%之比率包含在該分散媒質中。美國專利申請案公開號 2013/0222886 描述出一種用於顯示器包括漂浮顆粒的分散液體，其中該顆粒包括：核心顆粒，其包括一著色劑及一親水性樹脂；及外殼，其覆蓋每顆核心顆粒的表面及包括一具有溶解度參數差異係 7.95(焦耳/立方公分)$^{1/2}$ 或更多之疏水性樹脂。美國專利申請案公開號 2013/0222887 及 2013/0222888 描述出一種具有具體指定的化學組成物之電泳顆粒。最後，美國專利申請案公開號 2014/0104675 描述出一種顆粒分散液，其包括因應電場移動的第一及第二呈色顆粒；及一分散媒質，其中該第二呈色顆粒具有直徑大於該第一呈色顆粒及電荷特徵與該第一顏色顆粒的電荷特徵相同，及其中該顯示器的每單位面積之第一呈色顆粒的電荷量 Cs 對第二呈色顆粒的電荷量 C1 之比率(Cs/C1)係少於或等於 5。前述提及的顯示器某些確實提供全彩，但是其代價爲需要長且麻煩的定址方法。

【0026】美國專利申請案公開號 2012/0314273 及 2014/0002889 描述出一種電泳裝置，其包括在絕緣液體中包含複數顆第一及第二電泳顆粒，其中該第一及第二顆粒具有彼此不同之不同電荷特徵；該裝置更包含一多孔層，其係包括在該絕緣液體中及由纖維狀結構形成。這些專利申請案就下列所使用的用語之意義來說非爲全彩顯示器。

【0027】亦參見美國專利申請案公開號 2011/0134506 與前述提及的申請案序號 14/277,107；後者描述出一種全彩顯示器，其使用三種不同型式在呈色流體中的顆粒，但是呈色流體的存在限制可由顯示器所達成之白色狀態的品質。

【0028】總而言之，現在的技術狀態爲全彩顯示器典型包括一些折衷，諸如慢的切換速度(長如數秒)、高定址電壓或在顏色品質上折衷。

【0029】本發明試圖提供一種全彩顯示器。

【0030】本發明之全彩顯示器僅使用單一電泳層，但是能在該顯示器的每個像素處提供白色、黑色、三種相減性原色(青綠色、品紅色及黃色)及三種相加性原色(紅色、綠色及藍色)；及一種驅動此電泳顯示器的方法。

【發明內容】

【0031】此外，本發明提供一種電泳媒質，其包含：

(a) 一流體；

(b) 分散在該流體中的複數顆第一及複數顆第二顆粒，該第一及第二顆粒承載相反極性的電荷，該第一顆

粒係光散射型顆粒及該第二顆粒具有相減性原色之一；及

(c) 分散在該流體中的複數顆第三及複數顆第四顆粒，該第三及第四顆粒承載相反極性的電荷，該第三及第四顆粒各者具有彼此不同且與第二顆粒不同之相減性原色；

其中分開由第三與第四顆粒形成之團聚物所需要的電場係大於分開由任何其它二種型式的顆粒所形成之團聚物所需要的電場。

【0032】本發明亦提供一種如上所述的電泳媒質，其中分開在第一與第二顆粒間形成之團聚物所需要的電場係少於分開在第三與第四顆粒、第一與第四顆粒及第二與第三顆粒間形成之團聚物所需要的電場。

【0033】在另一個具體實例中，本發明提供一種電泳媒質，其包含：

(a) 一流體；

(b) 分散在該流體中的複數顆第一及複數顆第二顆粒，該第一及第二顆粒承載相反極性的電荷及各者具有一聚合物塗層，如此該聚合物呈基本上未溶劑化狀態(即，呈乾燥粉末)時的體積係該複數顆顆粒之總體積(即，包括核心顏料與聚合物塗層)的至少 20%；該第一顆粒係光散射型顆粒及該第二顆粒具有該相減性原色之一；

(c) 分散在該流體中的複數顆第三顆粒，該第三顆粒承載與第一顆粒相同極性的電荷，其不具有聚合物塗

層或具有聚合物塗層，以便該聚合物呈基本上未溶劑化狀態(即，呈乾燥粉末)時的體積係不多於該複數顆顆粒之總體積(即，包括核心顏料與聚合物塗層)的 15%；及具有與該第二顆粒不同之相減性原色；及

(d) 承載與該第二顆粒相同極性的電荷之複數顆第四顆粒，其不具有聚合物塗層或具有聚合物塗層，以便該聚合物呈基本上未溶劑化狀態(即，呈乾燥粉末)時的體積係不多於該複數顆顆粒之總體積(即，包括核心顏料與聚合物塗層)的 15%；及具有與該第二及第三顆粒不同之相減性原色。

【0034】再者，本發明提供此一電泳媒質，其中該第二、第三及第四顆粒之至少二種係實質上非散射型。

【0035】更進一步，本發明提供此一電泳媒質，其中該第一顆粒係白色及該第二、第三及第四顆粒係實質上非散射型。

【0036】本發明亦提供一種電泳媒質，其包含四種型式如上所述分散在一流體中的顆粒，其中：

(a) 該第一或第二顆粒的白色顆粒及該第四顆粒各者具有一包含至少約 60 重量百分比的丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯單體之聚合物塗層，其中該酯基團包含一包含至少約六個碳原子的烴鏈；及

(b) 該第一或第二顆粒的呈色顆粒具有一包括一含聚二甲基矽氧烷單體之物理吸附型聚合物塗層。

【0037】在較佳的具體實例中，該第一與第三顆粒帶負電荷及該第二與第四顆粒帶正電荷。

【0038】在本發明的電泳媒質之一種較佳形式中，該第一、第二、第三及第四顆粒的顏色各別係白色、青綠色、黃色及品紅色。該白色及黃色顆粒帶負電荷及該品紅色及青綠色顆粒帶正電荷。

【0039】在另一種態樣中，本發明提供一種電泳媒質，其包含：

(a) 一流體；

(b) 分散在該流體中的複數顆第一及複數顆第四顆粒，該第一及第四顆粒承載相反極性的電荷，及各者具有一包含至少約 60 重量百分比的丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯單體之聚合物塗層，其中該酯基團包含一包含至少約六個碳原子的烴鏈，該第一及第四顆粒其中之一者係光散射型顆粒，及該第一及第四顆粒其中之另一者係一實質上非光散射型顆粒且具有該相減性原色之一；

(c) 分散在該流體中的複數顆第二顆粒，該第二顆粒承載與該第四顆粒相同極性的電荷，其具有一包含至少約 60 重量百分比之含聚二甲基矽氧烷單體的聚合物塗層，及具有與該第一及第四顆粒之實質上非光散射型顆粒不同的相減性原色；及

(d) 承載與該第一顆粒相同極性的電荷之複數顆第三顆粒，其係實質上非光散射型及具有與該第一及第四顆粒之實質上非光散射型顆粒不同且與第二顆粒不同的相減性原色。

【0040】在進一步態樣中，本發明提供一種驅動本發明之電泳顯示器的方法，該顯示器包含一配置在第一與第二電極間的電泳媒質層，其中該第一電極形成該顯示器之視野面，該顯示器具有一能在第一與第二電極間各別施用$+V_H$、$+V_L$、0、$-V_L$及$-V_H$之電壓差的電壓控制工具，其中：

$$+V_H>+V_L>0>-V_L>-V_H$$

該方法以任一順序包含下列：

(a) 在該視野面處交替地顯示出該第四顆粒之顏色及該第四與第二顆粒之混合物的顏色，其係藉由在電極間施加一系列$+V_H$或$-V_H$及將該第四顆粒朝向該第一電極驅動的極性之第一脈衝，該第一脈衝系列係與$+V_L$或$-V_L$且與該第一脈衝具相反極性之第二脈衝交替，但是該第二脈衝的期間較長；及

(b) 在該視野面處交替地顯示出第三顆粒之顏色及第三與第二顆粒之混合物的顏色，其係藉由在電極間施加一系列$+V_H$或$-V_H$及將該第三顆粒朝向第一電極驅動的極性之第三脈衝，該第三脈衝系列係與$+V_L$或$-V_L$且與該第三脈衝具相反極性之第四脈衝交替，但是該第四脈衝的期間較長。

【0041】此方法可進一步包括：

(c) 在該視野面處顯示出實質上黑色顏色，其係藉由在電極間施加一系列$+V_L$或$-V_L$及將該第一顆粒朝向第二電極驅動之極性的第五脈衝，該第五脈衝系列係與在電極間實質上零電壓差之週期交替；

(d) 在該視野面處顯示出第一顆粒的顏色，其係藉由在電極間施加一系列$+V_L$或$-V_L$及將該第一顆粒朝向第一電極驅動之極性的第六脈衝，該第六脈衝系列係與在電極間實質上零電壓差之週期交替；

【0042】不論該方法是否包括步驟(c)及(d)，該方法可進一步包括：

(e) 在該視野面處交替地顯示出第二顆粒的顏色或第三與第四顆粒之混合物的顏色，其係藉由在電極間施加一系列$+V_L$或$-V_L$及將該第二顆粒朝向第二電極驅動之極性的第七脈衝，該第七脈衝系列係與$+V_L$或$-V_L$且與第七脈衝具相反極性的第八脈衝交替，但是該第八脈衝的長度較長。

【0043】本發明亦提供另一種驅動本發明的電泳顯示器之方法，該顯示器包含一配置在第一與第二電極間的電泳媒質層，其中該第一電極形成該顯示器之視野面，該顯示器在第一與第二電極間具有一能各別施用$+V_H$、0及$-V_H$之電壓差的電壓控制工具，其中：

$$+V_H > 0 > -V_H$$

該方法以任一順序包含下列：

(a) 在該視野面處交替地顯示出第四顆粒的顏色及第四與第二顆粒之混合物的顏色，其係藉由在電極間施加一系列$+V_H$或$-V_H$及將第四顆粒朝向第二電極驅動之極性的第三脈衝，該第一脈衝系列係與$+V_H$或$-V_H$且與該第一脈衝具相反極性之第二脈衝交替，但是該第二脈衝的期間較長；及

(b) 在該視野面處交替地顯示出第三顆粒的顏色及第三與第二顆粒之混合物的顏色，其係藉由在電極間施加一系列 $+V_H$ 或 $-V_H$ 及將該第三顆粒朝向第二電極驅動的極性之第三脈衝，該第三脈衝系列係與 $+V_H$ 或 $-V_H$ 且與第三脈衝具相反極性的第四脈衝交替，但是該第四脈衝的期間較長。

【0044】此另一種方法可選擇性併入上述提出的步驟(c)、(d)及(e)之任何一或多個。

【0045】本發明之電泳媒質可包括在先述技術電泳媒質中所使用的任何添加劑，如例如在上述提及的 E Ink 及 MIT 專利及申請案中所描述。因此，例如，本發明的電泳媒質典型將包含至少一種電荷控制劑以控制在不同顆粒上的電荷，及該流體可已在其中溶解或分散具有數量平均分子量超過約 20,000 且在顆粒上基本上不吸收的聚合物，以改良該顯示器之雙穩定性，如在前述提及的美國專利案號 7,170,670 中所描述。

【0046】如已經提到，在一個較佳具體實例中，本發明需要使用光散射型顆粒，其典型爲白色；及三種實質上非光散射型顆粒。當然，沒有諸如完全光散射型顆粒或完全非光散射型顆粒這回事，及在本發明的電泳中所使用之該光散射型顆粒的最小光散射程度及在實質上非光散射型顆粒中可容許的最大光散射容許程度可依一些因素而稍微變化，諸如所使用的精確顏料、其顏色及使用者或應用容許與理想想要的顏色有某些偏差之能力。可藉由測量分散在適當基質或液體中的顏料樣品對著白

色及暗背景之漫反射率來評估該顏料的散射及吸收特徵。可根據在技術領域中熟知的一些模型，例如，一維Kubelka-Munk處理來解釋來自此測量的結果。在本發明中，當該顏料於15體積%下在厚度1微米包含顏料及折射率少於1.55的液體之層中係大約均向性分佈時，最好白色顏料在550奈米處對上黑色背景測量具有漫反射率係至少 5%。黃色、品紅色及青綠色顏料較佳爲各別在650、650及450奈米處於相同條件下對上黑色背景測量具有漫反射率少於 2.5%。(上述所選擇用於黃色、品紅色及青綠色顏料測量之波長與這些顏料的最小吸收之光譜範圍相應)。滿足這些準則之呈色顏料於此之後指爲「非散射型」或「實質上非光散射型」。

【0047】下列表1一起顯示出在本發明之電泳媒質中有用的較佳黃色、品紅色、青綠色及白色顏料之漫反射率(Y1、M1、C1及W1，在下列更詳細地描述)，與根據這些材料如分散在聚(異丁烯)基質中的Kubelka-Munk分析之其吸收及散射係數的比率。

【0048】表 1

		1 微米層在 0%黑色上之漫反射率			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
品紅色 (M1)	0.115	2.8%	3.8%	0.7%	10.01	10.85	1.27
品紅色 (M1)	0.158	3.2%	4.1%	1.0%	10.00	10.75	1.64
品紅色 (M1)	0.190	3.4%	4.1%	1.3%	10.09	10.80	1.03
青綠色 (C1)	0.112	1.3%	3.7%	4.3%	7.27	11.17	10.22
青綠色 (C1)	0.157	1.5%	3.8%	4.3%	7.41	11.30	10.37
青綠色 (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

【0049】本發明的電泳媒質可呈上述討論的任何形式。因此，該電泳媒質可未經囊封、囊封在由膠囊壁包圍的分立膠囊中、或呈聚合物分散或微液槽媒質形式。

【0050】本發明擴大至包含本發明之電泳媒質的前平面積層板、雙脫模薄片、逆向前平面積層板或電泳顯示器。

【0051】本發明的顯示器可使用在已經使用先述技術光電顯示器之任何應用中。因此，例如，本顯示器可使用在電子書閱讀器、可攜帶式電腦、桌上型電腦、蜂窩式電話、智慧卡、招牌、手錶、架標籤及快閃驅動器中。

【圖式簡單說明】

【0052】圖 1 的伴隨圖形係一圖式截面圖，其顯示出當顯示出黑色、白色、三種相減性原色及三種相加性原色時，在本發明的電泳媒質中之多種顆粒的位置。

【0053】圖 2 以圖式形式顯示出在本發明中所使用的四種型式顏料顆粒；

【0054】圖 3 以圖式形式顯示出在本發明的顆粒配對間之相對交互作用強度；

【0055】圖 4 以圖式形式顯示出本發明的顆粒當接受改變強度及期間的電場時之行爲；

【0056】圖 5A 及 5B 顯示出使用來將顯示於圖 1 中的電泳媒質各別驅動至其黑色及白色狀態之波形。

【0057】圖 6A 及 6B 顯示出使用來將顯示於圖 1 中的電泳媒質驅動至其品紅色及藍色狀態之波形。

【0058】圖 6C 及 6D 顯示出使用來將顯示於圖 1 中的電泳媒質驅動至其黃色及綠色狀態之波形。

【0059】圖 7A 及 7B 顯示出使用來將顯示於圖 1 中的電泳媒質各別驅動至其紅色及青綠色狀態之波形。

【0060】圖 8-9 闡明可使用來取代顯示在圖 5A-5B、6A-6D 及 7A-7B 中的那些，以將顯示於圖 1 中的電泳媒質驅動至其全部顏色狀態之波形。

【0061】圖 10 係一曲線圖，其闡明一電荷控制劑吸附到本發明之某些顆粒上。

【0062】圖 11 係一圖式截面圖，其透過在下列實施例 9 中所使用之裝置來觀看本發明的顆粒當接受電場時之運動。

【0063】圖 12 及 13 係本發明的品紅色及黃色顆粒之混合物，及本發明的青綠色及黃色顆粒，當接受電場時之各別的運動影像。

【0064】圖 14(a)係一塗佈 ITO 的玻璃載片在浸沒於包含青綠色及白色顏料的調配物中及在 500 伏特下直流偏壓 30 秒後之相片。

【0065】圖 14(b)係一塗佈 ITO 的玻璃載片在浸沒於包含品紅色及白色顏料的調配物中及在 500 伏特下直流偏壓 30 秒後之相片。

【0066】圖 14(c)係一塗佈 ITO 的玻璃載片在浸沒於包含品紅色及黃色顏料的調配物中及在 500 伏特下直流偏壓 30 秒後之相片。

【0067】圖 15-18 係圖形，其顯示出當切換本發明的電泳媒質與缺乏某些顆粒的類似媒質時，在 450 奈米、550 奈米及 650 奈米處所測量的光學密度。

【0068】圖 19-21 係圖形，其顯示出全部八種"原色"之來自 SNAP 標準之平均距離，如爲 ζ-電位差的函數，如以在下列實施例 14 中所描述的實驗測量。

【實施方式】

【0069】如上述指示出，本發明提供一種電泳媒質。

【0070】本發明之電泳媒質包含一種光散射型顆粒(典型爲白色)及三種提供三種相減性原色的其它顆粒。(注意：在 2014 年 9 月 10 日提出之共審查中申請案序號 62/048,591 及 2015 年 6 月 1 日提出之共審查中申請案序號 62/169,221 中，上述及於此之後的第一、第二、第三

及第四顏料型式各別指爲該第一、第三、第四及第二顏料型式)。

【0071】該三種提供三種相減性原色的顆粒可係實質上非光散射型("SNLS")。使用 SNLS 顆粒允許混合顏色及提供比可以相同數目之散射型顆粒所達成者更多的顏色輸出。前述提及之 US 2012/0327504 使用具有相減性原色的顆粒，但是需要二種不同電壓閾來各自獨立地定址該非白色顆粒(即，該顯示器係以三種正及三種負電壓定址)。爲了避免串音，這些閾必需足夠地分隔開，及此分隔需要對某些顏色使用高定址電壓。此外，以最高閾定址該呈色顆粒亦會移動全部其它呈色顆粒，及這些其它顆粒隨後必需切換至在較低電壓處之其想要的位置。此逐步顏色定址方案會產生不想要的顏色閃現及長的轉換時間。本發明不需要使用此逐步波形，及可如下列描述般僅以二種正及二種負電壓達成對全部顏色的定址(即，在顯示器中僅需要五種不同電壓，二種正、二種負及零，雖然如在下列某些具體實例中所描述，可較佳使用更多不同電壓來定址該顯示器)。

【0072】如已經提到，圖 1 的伴隨圖形係一圖式截面圖，其顯示出當顯示出黑色、白色、三種相減性原色及三種相加性原色時，在本明發的電泳媒質中之多種顆粒的位置。在圖 1 中，假設該顯示器的視野面係在上部(如已闡明)，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，在較佳具體實例中，於本發明之電泳媒質中所使用的四種顆粒僅有一種實質上散射

光，及在圖 1 中，已假設此顆粒係白色顏料。基本上，觀看在白色顆粒上之任何顆粒時，此光散射型白色顆粒形成一白色反射器(如在圖 1 中闡明般)。進入該顯示器的視野面之光通過這些顆粒，從白色顆粒反射，返回通過這些顆粒及從該顯示器顯露出。因此，在該白色顆粒上的顆粒可吸收多種顏色及顯現給使用者的顏色係產生自在該白色顆粒上之顆粒的組合。配置在白色顆粒下(在使用者的觀看點背面)的任何顆粒係由該等白色顆粒遮罩及不影響所顯示的顏色。因爲該第二、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安排不重要，但是爲了已經描述的理由，其相關於白色(光散射型)顆粒之順序或安排係關鍵。

【0073】更特別的是，當青綠色、品紅色及黃色顆粒位於白色顆粒下(在圖 1 中的狀況[A])時，在白色顆粒上無顆粒及像素簡單顯示出白色顏色。當單一顆粒在白色顆粒上時，顯示出單一顆粒顏色，在圖 1 的狀況[B]、[D]及[F]中各別爲黃色、品紅色及青綠色。當二種顆粒位於白色顆粒上時，所顯示的顏色係這二種顆粒的顏色之組合；在圖 1 中，在狀況[C]中，品紅色及黃色顆粒顯示出紅色顏色，在狀況[E]中，青綠色及品紅色顆粒顯示出藍色顏色，及在狀況[G]中，黃色及青綠色顆粒顯示出綠色顏色。最後，當全部三種呈色顆粒位於白色顆粒上(在圖 1 中的狀況[H])時，全部進入的光係由三種呈相減性原色顆粒吸收及該像素顯示出黑色顏色。

【0074】有可能可由散射光的顆粒提供一種相減性原色，使得該顯示器將包含二種型式的光散射型顆粒，其之一將係白色及另一種係呈色。但是，於此情況中，該光散射呈色顆粒相關於疊加在白色顆粒上之其它呈色顆粒的位置將係重要的。例如，在提供黑色顏色(當全部三種呈色顆粒皆位於白色顆粒上)時，該散射型呈色顆粒無法位於該非散射型呈色顆粒上(否則它們將部分或完全隱藏在該散射型顆粒背後及所提供的顏色將係該散射型呈色顆粒而非黑色)。

【0075】若多於一種型式的呈色顆粒散射光時，將不容易提供黑色顏色。

【0076】圖 1 顯示出一種顏色未受污染的理想狀況(即，該光散射型白色顆粒完全遮蔽位於白色顆粒背後之任何顆粒)。實務上，該由白色顆粒遮蔽可不完美，使得有某些小量的光會由理想上將被完全遮蔽之顆粒吸收。此污染典型會減低所提供的顏色之明度及色度二者。在本發明的電泳媒質中，應該將此顏色污染最小化至所形成的顏色係與用於色彩重現之工業標準相稱的點。特別偏愛的標準爲 SNAP(用於報紙廣告產品的標準)，其詳細指明用於上述指出的八種原色每種之 L*、a*及 b*值。(於此之後，所使用的「原色」將指爲八種顏色，黑色、白色、三種相減性原色及三種相加性原色，如在圖 1 中所顯示)。

【0077】已經在先述技術領域中描述出用以電泳安排在如顯示於圖 1 的「層」中之複數種不同呈色顆粒的方

法。此等方法的最簡單方式包括讓具有不同電泳移動性的顏料「比賽」；參見例如美國專利案號 8,040,594。此一賽程比首先可察知者更複雜，因爲帶電顏料其自身的運動改變在電泳流體內局部經歷的電場。例如，當正電荷顆粒朝向陰極及負電荷顆粒朝向陽極移動時，其電荷會遮擋由帶電顆粒在二個電極間的中途所經歷之電場。已認爲雖然於本發明的電泳中包含顏料比賽，其並非反應在圖 1 中所闡明的顆粒安排的單獨現象。

【0078】可使用來控制複數顆顆粒運動的第二現象爲在不同顏料型式間之雜團聚；參見例如前述提及的 US 2014/0092465。此團聚可係電荷介導性(charge-mediated)(庫侖)或可例如由於氫鍵結或凡得瓦爾交互作用發生。該交互作用的強度可受所選擇的顏料顆粒之表面處理影響。例如，當接近相反電荷顆粒的最接近距離係由空間阻礙(典型爲接枝或吸附至一或二種顆粒表面的聚合物)最大化時，可減弱庫侖交互作用。在本發明中，如上述提及，此聚合物阻礙物係使用在第一及第二型式顆粒中，及可或可不使用在第三及第四型式顆粒中。

【0079】可經開發以控制複數顆顆粒之運動的第三現象爲電壓或電流相依性移動率，如在前述提及的申請案序號 14/277,107 中詳細描述。

【0080】圖 2 顯示出在本發明的較佳具體實例中所使用之四種顏料型式(1-4)的圖式截面表示。該吸附至核心顏料的聚合物外殼係由黑暗陰影指示出，同時該核心顏

料其自身係以非陰影顯示出。可使用廣泛多種形式的核心顏料：如在技術領域中熟知之球形、針狀或其它不等軸、較小顆粒的團聚物(即，「葡粒串(grape clusters)」)、包含分散在接合劑中之小顏料顆粒或染料的複合物顆粒等等。該聚合物外殼可係藉由如在技術領域中熟知的接枝方法或化學吸附製得之共價鍵結聚合物，或可物理吸附到顆粒表面上。例如，該聚合物可係一包含不溶及可溶部分的嵌段共聚物。在下列實施例中描述出某些用以讓該聚合物外殼固定至核心顏料之方法。

【0081】在本發明的一個具體實例中，該第一及第二顆粒型式較佳具有一比該第三及第四顆粒型式更實質上聚合物外殼。該光散射型白色顆粒係第一或第二型式(負或正電荷任一種)。在下列討論中，假設該白色顆粒承載負電荷(即，係型式 1)，但是將由熟習該項技術者明瞭，所描述的一般原理將施用至一該白色顆粒係正電荷之顆粒組。

【0082】在本發明中，在包含電荷控制劑的懸浮溶劑中分開從型式 3 及 4 顆粒混合物形成之團聚物所需要的電場係大於分開從任何其它二種顆粒型式之組合所形成的團聚物所需要的電場。另一方面，分開在第一與第二型式顆粒間形成之團聚物所需要的電場係少於分開在第一與第四顆粒或第二與第三顆粒間形成之團聚物所需要的電場(及當然少於分開第三及第四顆粒所需要的電場)。

【0083】在圖 2 中，包含該顆粒的核心顏料顯示出如具有大約相同尺寸，及每顆顆粒的 ζ-電位，雖然無顯示但假設係大約相同。所改變者爲環繞每個核心顏料的聚合物外殼之厚度。如在圖 2 中所顯示，此聚合物外殼對型式 1 及 2 顆粒來說係比型式 3 及 4 顆粒厚，及事實上，此對本發明的某些具體實例來說係較佳狀況。

【0084】爲了了解該聚合物外殼的厚度如何影響分開相反電荷顆粒之團聚物所需要的電場，考慮在顆粒對之間之力量平衡會有幫助。實務上，該團聚物可由大量顆粒構成及該狀況將比簡單的成對交互作用之情況更複雜得多。然而，該顆粒對之分析對了解本發明提供某些指導。

【0085】在電場中，作用於顆粒對之一上的力係由下列提供：

$$\vec{F}_{Total} = \vec{F}_{App} + \vec{F}_{C} + \vec{F}_{VW} + \vec{F}_{D} \qquad (1)$$

其中 F_{App} 係由所施加的電場行使在顆粒上之力，F_C 係由相反電荷的第二顆粒行使在顆粒上之庫侖力，F_{VW} 係由第二顆粒行使在一顆粒上之吸引性凡得瓦爾力，及 F_D 係由於(選擇性)將安定化聚合物內含進該懸浮溶劑中，由空乏絮凝(depletion flocculation)行使在該顆粒對上之吸引力。

【0086】藉由施加電場行使在顆粒上的力 F_{App} 係由下列提供：

$$\vec{F}_{App} = q\vec{E} = 4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0(a+s)\varsigma\,\vec{E} \qquad (2)$$

其中 q 係顆粒的電荷，其係相對於 ζ-電位(ζ)，如顯示在方程式(2)中(大約，在 Huckel 限制中)，其中 a 係核心顏料半徑，s 係溶劑膨脹後聚合物外殼的厚度，及其它符號具有其如在技術領域中已知的習知意義。

【0087】對顆粒 1 及 2 來說，在一顆粒上由於庫侖交互作用由另一顆行使的力大小係大約由下列提供：

$$F_C = \frac{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0(a_1+s_1)(a_2+s_2)\varsigma_1\varsigma_2}{(a_1+s_1+a_2+s_2)^2} \qquad (3)。$$

【0088】要注意的是，施加至每顆顆粒之 F_{App} 力係作用以分開該等顆粒，同時其它三種力係在顆粒間之吸引力。若作用在一顆粒上的 F_{App} 力係高於其作用在其它上者(因爲在一顆粒上的電荷係高於其在其它上者)時，根據牛頓第三定律，作用以分開該對的力係由該二種 F_{App} 力之較弱者提供。

【0089】可從(2)及(3)看見，在吸引與分開庫侖項間之差異量係由下列提供：

$$F_{App} - F_C = 4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0((a+s)\varsigma|\vec{E}|-\varsigma^2) \qquad (4)$$

若該等顆粒具相等半徑及 ζ-電位時，如此讓(a+s)較小或 ζ 較大將使得顆粒更難以分開。因此，在本發明的一個具體實例中，較佳爲型式 1 及 2 顆粒大且具有相對低的 ζ-電位，同時顆粒 3 及 4 小及具有相對大的 ζ-電位。

【0090】但是，若該聚合物外殼的厚度增加時，在顆粒間之凡得瓦爾力亦可實質上改變。在顆粒上的聚合物外殼係由溶劑膨脹及進一步移動而分開經由凡得瓦爾力交互作用的核心顏料表面。對具有半徑(a_1,a_2)更大於其(s_1+s_2)間之距離的球形核心顏料來說，

$$F_{VW} = \frac{Aa_1a_2}{6(a_1+a_2)(s_1+s_2)^2} \qquad (4)$$

其中 A 係 Hamaker 常數。當在核心顏料間之距離增加時，表現性變得更複雜，但是效應仍然相同：增加 s_1 或 s_2 在減低顆粒間的吸引性凡得瓦爾交互作用上具有明顯效應。

【0091】在此背景下，了解於圖 2 中闡明的顆粒型式背後之基本原理變可能。型式 1 及 2 顆粒具有一實質上聚合物外殼，其由溶劑膨脹以進一步移開該核心顏料及減少在其之間的凡得瓦爾交互作，其中該減少係比具有較小或無聚合物外殼的型式 3 及 4 顆粒可能減少者更多。即使該等顆粒具有大約相同尺寸及 ζ-電位大小，根據本發明，將可在成對的團聚物間安排與上述提出的需求相符合之交互作用強度。

【0092】下列表 2 顯示出在本發明中所使用的顆粒之多種性質。在下列實施例中描述出用以製備這些顆粒的方法。白色顆粒 W1 及 W2 係在圖 2 中的型式 1 之顆粒。青綠色顆粒 C1 係型式 2；黃色顆粒 Y1、Y2、Y3 及 Y4 係型式 3 及品紅色顆粒 M1 係型式 4。品紅色顆粒 M2 係型式 2。

表 2

顏料	ζ-電位，Solsperse 19000 (毫伏特)，Isopar-G	藉由 TGA 測量的聚合物重量分量，%	聚合物(乾顏料)的體積分量，%	估計的(乾)聚合物外殼厚度 (奈米)	顆粒直徑-中點 (奈米)	顆粒直徑-範圍 (奈米)	比表面積(BET) (平方公尺/克)	所吸附的 Solsperse 19000 (毫克/克)	所吸附的 Solsperse 19000 (毫克/平方公尺)
W1	-30	7.9	26.2	27	560	200-1000	10	5	0.50
W2	-60	8.5	27.8	26	500	150-1500	12	5	0.42
Y1	-47	無	無	無	190	50-500	44	200	4.55
Y2	-53	無	無	無	150	50-1000	n/a	n/a	n/a
Y3	-35	無	無	無	140	50-1000	63	220	3.49
Y4	-39	31	43.6	46	530	50-5000	n/a	n/a	n/a
M1	45	7.6	12.4	9	420	50-5000	80	140	1.75
M2	56	26.7	36.2	70	1010	200-10000	n/a	n/a	n/a
C1	65	24.0	34.3	36	550	400-700	22	15	0.68

【0093】可看見顆粒的ζ電壓量係彼此類似(至少在約3的因子內)：全部位於約 25-70 毫伏特(絕對值)的範圍內。所引述的顆粒直徑係在溶液中測量，其中該聚合物外殼(若存在的話)係由溶劑膨脹。顆粒尺寸的典型範圍係約 150 奈米至 1000 奈米。

【0094】藉由熱重量分析(TGA)合宜地評估該聚合物外殼的程度，該技術係藉由提高該顆粒的乾樣品之溫度及以溫度的函數測量由於熱解的質量損失。可找出該聚合物塗層遺失但是核心顏料餘留的條件(這些條件依所使用的精確核心顏料顆粒而定)。可使用 TGA 測量該顆粒的聚合物質量比例，及此可使用已知的核心顏料及接附至其之聚合物的密度轉換成體積分量。

【0095】如可在表 2 中看見，型式 1 及 2 顆粒(W1、W2、M2、C1)具有至少約 25%的聚合物體積分量，對典型顆粒尺寸來說，此與至少 25 奈米之乾聚合物外殼厚度相應。在該懸浮溶劑中，該聚合物外殼將因爲吸收該溶劑進一步擴展超過此。

【0096】型式 3 及 4 顆粒(Y1、Y2、Y3，M1)根本不具有聚合物外殼，或具有體積分量不超過約 15%的聚合物外殼，對典型顆粒尺寸來說，此與 0-10 奈米之乾聚合物外殼厚度相應。

【0097】在此分析中，假設該聚合物外殼均勻地囊封該核心顏料的整體表面。但是，此決非保證。(參見例如前述提及的美國專利案號 6,822,782，圖 6 及在 16-17 欄處的相關描述)。其可爲該聚合物接附方法偏愛核心顏料

結晶的一面超過另一面，及可有該核心顏料之部分區域具有聚合物覆蓋及其它區域無或非常些微。同樣地，特別是當使用接枝技術來將該聚合物接附至顏料表面時，該聚合物之生長可係斑狀而遺留大面積的核心顏料未覆蓋，即使接枝聚合物的質量大。

【0098】一種可使用來評估聚合物之覆蓋的方法爲測量相對極性分子在顏料表面上之吸附等溫線。在下列實施例中描述出用以進行此測定的方法。在此測定中，所使用之方便的極性分子爲電荷控制劑(CCA)，其係一種包含極性頭基團及非極性尾部基團的兩親分子。此等分子已知會在非極性溶劑諸如於本發明中所使用之懸浮溶劑中形成逆微胞。於顏料顆粒存在下，已知該極性頭基團會吸附到未由非極性聚合物鏈保護之表面(其典型爲極性)上。因此，CCA 吸附到顏料表面上之程度係該顏料表面未由非極性聚合物覆蓋因此難接近之區域的測量。

【0099】表 2 中的最後欄顯示出該等顆粒之每單位面積吸附的典型 CCA(Solsperse 19000，可從 Lubrizol Corporation 獲得)。此材料吸附到型式 1 及 2 顆粒上之程度在範圍 0.4-0.7 毫克/平方公尺內，同時型式 3 及 4 顆粒其範圍在 1.7-4.6 毫克/平方公尺內。型式 1 及 2 顆粒的較佳範圍爲 0-1 毫克/平方公尺，及型式 3 及 4 顆粒爲 >1.5 毫克/平方公尺。

【0100】圖 3 以圖式形式顯示出分開本發明的顆粒型式之成對的團聚物所需要之電場強度。在型式 3 及 4 顆粒間之交互作用比在型式 2 及 3 顆粒間者強。在型式 2

及 3 顆粒間之交互作用係約等於在型式 1 及 4 顆粒間者，且比在型式 1 及 2 顆粒間者強。在相同電荷符號之顆粒配對間的全部交互作用係與在型式 1 及 2 顆粒間之交互作用一樣弱或比其弱。

【0101】圖 4 顯示出可如何利用這些交互作用來製得全部原色(相減性、相加性、黑色及白色)，如通常參照圖 1 討論。

【0102】當以低電場定址(圖 4(A))時，顆粒 3 及 4 團聚及不分開。顆粒 1 及 2 在場中自由移動。若顆粒 1 係白色顆粒時，從左邊觀看所看見的顏色係白色，及從右邊係黑色。逆轉該場的極性在黑色與白色狀態間切換。但是，在黑色與白色狀態間會短暫呈現出顏色。顆粒 3 及 4 之團聚物在場內相對於顆粒 1 及 2 將非常慢地移動。可找出顆粒 2 已移動通過顆粒 1(至左邊)同時團聚物顆粒 3 及 4 未明顯移動的條件。於此情況中，從左邊觀看將看見顆粒 2，同時從右邊觀看將看見顆粒 3 及 4 的團聚物。如在下列實施例中顯示出，在本發明的某些具體實例中，顆粒 3 及 4 的團聚物係帶弱正電荷，因此，位於顆粒 2 在此轉移開始時的鄰近。

【0103】當以高電場定址(圖 4(B))時，顆粒 3 及 4 分開。當從左邊觀看時將依波形(參見下列)而可看見顆粒 1 及 3(其各者具有負電荷)之一。如所闡明，可從左邊看見顆粒 3 及可從右邊看見顆粒 2 與 4 之組合。

【0104】從顯示在圖 4(B)中的狀態開始，相反極性的低電壓會將正電荷顆粒移動至左邊及負電荷顆粒至右

邊。但是，該正電荷顆粒 4 將遭遇負電荷顆粒 1，及該負電荷顆粒 3 將遭遇正電荷顆粒 2。結果爲從左邊觀看將看見顆粒 2 與 3 之組合及從右邊觀看爲顆粒 4。

【0105】如上所述，顆粒 1 較佳爲白色、顆粒 2 爲青綠色、顆粒 3 爲黃色及顆粒 4 爲品紅色。

【0106】在白色顆粒中所使用的核心顏料典型爲如在電泳顯示器技術領域中熟知之高折射率的金屬氧化物。在下列實施例中描述出白色顏料的實施例。

【0107】使用來製造如上所述的型式 2-4 顆粒之核心顏料提供三種相減性原色：青綠色、品紅色及黃色。

【0108】合適的黃色核心顏料包括 C.I. Pigment Yellow 1、3、12、13、14、16、17、73、74、81、83、97、111、120、126、137、139、150、151、155、174、175、176、180、181、191、194、213 及 214。較佳的黃色核心顏料包括 C.I. Pigment Yellow 139、155 及 180。

【0109】合適的品紅色核心顏料包括 C.I. Pigment Red 12、14、48：2、48：3、48：4、57：1、112、122、146、147、176、184、185、209、257 及 262、及 C.I. Pigment Violet 19 及 32。較佳的品紅色核心顏料爲 C.I. Pigment Red 122。

【0110】合適的青綠色核心顏料包括 C.I. Pigment Blue 15：1、15：2、15：3、15：4 及 79、及 C.I. Solvent Blue 70。

【0111】可使用本發明的電泳流體，以在先述技術中已知之數種方法建構一顯示裝置。該電泳流體可被囊封

在微膠囊中或併入之後會以一聚合物層密封的微液槽結構中。可將該微膠囊或微液槽層塗佈或壓印到一承載透明的導電材料塗層之塑膠基材或膜上。可使用導電黏著劑將此組合層合至承載像素電極的背板。

【0112】現在，將參照圖 5-7 描述出使用來達成顯示在圖 1 中的每種顆粒安排之波形的第一具體實例。於此之後，此驅動方法將指爲本發明的「第一驅動方案」。在此討論中，假設第一顆粒係白色及負電荷，第二顆粒係青綠色及正電荷，第三顆粒係黃色及負電荷，及第四顆粒係品紅色及正電荷。熟習該項技術者將了解，若這些顆粒顏色的分配改變時，該顏色轉移將如何改變，因爲它們的前提爲該第一及第二顆粒之一係白色。類似地，在全部顆粒上的電荷極性可倒轉及該電泳媒質將仍然以相同方式作用，其前提爲使用來驅動該媒質之波形的極性(參見下一段)類似地倒轉。

【0113】在接下來的討論中，將描述及繪製施加至本發明的顯示器背板之像素電極的波形(電壓相對於時間之曲線)，同時假設該前電極係接地(即，在零電壓處)。當然，由該電泳媒質所歷經的電場係由在背板與前電極間之電壓差及其分開距離決定。該顯示器典型透過其前電極觀看，如此就是與前電極毗連的顆粒控制由該像素顯示出之顏色，及若有時較易了解的話，該光學轉移包括是否考慮該前電極相對於背板的電壓；此可簡單地藉由倒轉在下列討論的波形完成。

【0114】這些波形需要該顯示器的每個像素可在五種不同定址電壓下驅動，其中該電壓標明爲$+V_{high}$、$+V_{low}$、0、$-V_{low}$及$-V_{high}$，其在圖 5-7 中闡明爲 30 伏特、15 伏特、0、-15 伏特及-30 伏特。實務上，其可較佳使用較大數目的定址電壓。若僅可獲得三種電壓(即，$+V_{high}$、0及$-V_{high}$)時，可藉由使用電壓 V_{high} 脈衝但使用 1/n 的負載循環定址達成與在較低電壓下定址(也就是，V_{high}/n，其中 n 係>1 的正整數)相同之結果。

【0115】在本發明中所使用的波形可包含三種相位：DC 平衡相位，於此校正由於先前施加至像素的波形之 DC 不平衡，或於此校正在隨後的演色性轉移中所招致之 DC 不平衡(如在技術領域中已知)；「重置」相位，於此該像素係返回至少大約相同的起始組態，不管該像素的先前光學狀態；及「演色性」相位，如在下列描述。DC 平衡及重置相位係選擇性及可依特別應用的需求而省略。「重置」相位，若使用時，可與下列描述的品紅色演色性波形相同，或可包括連續驅動該最大可能的正及負電壓，或可係某些其它脈衝型態，其前提爲讓該顯示器返回可重現地獲得隨後的顏色之狀態。

【0116】圖 5A 及 5B 顯示出呈理想化形式之使用來在本發明的顯示器中產生黑色及白色狀態之波形的典型演色性相位。在圖 5A 及 5B 中的圖形顯示出施加至該顯示器的背板(像素)電極之電壓，當透明時，在上平面上的共同電極係接地。x 軸代表以任意單位測量的時間，同時 y 軸係施用電壓，以伏特計。各別藉由一序列的正或

負脈衝，較佳爲在電壓 V_{low} 下達成將該顯示器驅動至黑色(圖 5A)或白色(圖 5B)狀態，因爲如上述提到，在與 V_{low} 相應的場(或電流)下，品紅色及黃色顏料團聚在一起。因此，白色及青綠色顏料移動，同時品紅色及黃色顏料保持靜止(或以更低的速度移動)，及該顯示器在白色狀態及與由青綠色、品紅色及黃色顏料吸收相應的狀態(在技術領域中經常指爲「複合黑」)之間切換。驅動至黑色及白色的脈衝長度可從約 10 變化至 1000 毫秒，及該脈衝可藉由在範圍 10-1000 毫秒內的休止(在零施加伏特下)長度分開。雖然圖 5 各別顯示出正及負電壓脈衝來產生黑色及白色，這些脈衝係由提供零電壓的「休止」分開，有時較佳的是，這些「休止」時期包括與該驅動脈衝相反極性的脈衝，但是具有較低的脈衝(即，具有比主要驅動脈衝短的期間，或低的施用電壓，或二者)。

【0117】圖 6A-6D 顯示出使用來產生品紅色及藍色顏色(圖 6A 及 6B)及黃色及綠色(圖 6C 及 6D)的波形之典型的演色性相位。在圖 6A 中，該波形在正與負脈衝間振盪，但是正脈衝的長度(t_p)係比負脈衝(t_n)短，同時施加在正脈衝中的電壓(V_p)係大於負脈衝(V_n)。當：

$$V_p t_p = V_n t_n$$

總體上，該波形係「DC 平衡」。一個正及負脈衝循環週期的範圍可係約 30-1000 毫秒。

【0118】在正脈衝結束時，該顯示器係呈藍色狀態，同時在負脈衝結束時，該顯示器係呈品紅色狀態。此係與對應於該青綠色顏料的運動之光學密度改變係大於對

應於品紅色或黃色顏料的運動之改變(相對於白色顏料)一致。根據上述顯現的假說將預計，若在品紅色顏料與白色顏料間之交互作用係比在青綠色顏料與白色顏料間之交互作用強。黃色及白色顏料(此二者係負電荷)的相對移動率係比青綠色及白色顏料(其係帶相反電荷)的相對移動率更低。因此，在產生品紅色或藍色的較佳波形中，包含至少一個 V_pt_p 接著 V_nt_n 循環的脈衝序列係較佳，其中 $V_p>V_n$ 及 $t_p<t_n$。當需要藍色顏色時，該序列在 V_p 上結束，然而當需要品紅色顏色時，該序列在 V_n 上結束。

【0119】圖 6B 顯示出另一種僅使用三種電壓程度來產生品紅色及藍色狀態的波形。在此另一種波形中，至少一個 V_pt_p 接著 V_nt_n 循環係較佳，其中 $V_p=V_n=V_{high}$ 及 $t_n<t_p$。此序列無法 DC 平衡。當需要藍色顏色時，該序列在 V_p 上結束，然而當需要品紅色顏色時，該序列在 V_n 上結束。

【0120】顯示在圖 6C 及 6D 中的波形係各別顯示在圖 6A 及 6B 中的那些之倒轉，及其產生相應的互補顏色黃色及綠色。在產生黃色或綠色的一種較佳波形中，如顯示在圖 6C 中，使用一包含至少一個 V_pt_p 接著 V_nt_n 循環的脈衝序列，其中 $V_p<V_n$ 及 $t_p>t_n$。當需要綠色顏色時，該序列在 V_p 上結束，然而當需要黃色顏色時，該序列在 V_n 上結束。

【0121】在圖 6D 中顯示出另一種僅使用三種電壓程度來產生黃色或綠色的較佳波形。於此情況中，使用至

少一個 V_pt_p 接著 V_nt_n 循環，其中 $V_p=V_n=V_{high}$ 及 $t_n>t_p$。此序列無法 DC 平衡。當需要綠色顏色時，該序列在 V_p 上結束，然而當需要黃色顏色時，該序列在 V_n 上結束。

【0122】圖 7A 及 7B 顯示出使用來在本發明的顯示器中提供紅色及青綠色顏色的波形之演色性相位。這些波形亦在正與負脈衝間振盪，但是它們與圖 6A-6D 的波形不同，此不同在於一個正及負脈衝循環週期典型較長及所使用的定址電壓可(但不必需)較低。圖 7A 的紅色波形由產生黑色的脈衝($+V_{low}$)(類似於顯示在圖 5A 中的波形)，接著相反極性移除青綠色顆粒及將黑色改變成與青綠色互補的紅色顏色之較短脈衝($-V_{low}$)組成。該青綠色波形係紅色的倒轉，其具有一產生白色($-V_{low}$)的部分，接著將青綠色顆粒移動至毗連視野面的短脈衝(V_{low})。僅如在圖 6A-6D 中所顯示出的波形，相對於白色，青綠色移動的比品紅色或黃色顏料快。但是，與圖 6 波形比較，在圖 7 中的黃色顏料波形如品紅色顆粒般保留在與白色顆粒相同側上。

【0123】參照圖 5-7，上述波形使用五階驅動方案，即，在任何所提供的時間，像素電極可相對於共同前電極在任何二種不同正電壓、二種不同負電壓或零伏特之一的驅動方案。在顯示於圖 5-7 中的特定波形中，該五階係 0、±15 伏特及±30 伏特。但是，在至少某些情況中，已發現使用七階驅動方案係有利的，其使用七種不同電壓：三種正、三種負及零。此七階驅動方案於此之後可指爲本發明的「第二驅動方案」。使用來定址該顯示器

的電壓數目之選擇應該考慮使用來驅動該顯示器的電子設備之極限。通常來說，較大的驅動電壓數目將在定址不同顏色時提供較大的彈性，但是此會複雜化將此較大驅動電壓數目提供至習知裝置顯示驅動器所需的安排。本案發明人已發現使用七種不同電壓在顯示器架構的複雜性與全色域間提供好的妥協。

【0124】現在將描述出使用施加至本發明的顯示器(諸如在圖 1 中所顯示者)之此第二驅動方案，使用來產生八種原色(白色、黑色、青綠色、品紅色、黃色、紅色、綠色及藍色)的一般原理。如在圖 5-7 中，將假設該第一顏料係白色、第二係青綠色、第三係黃色及第四係品紅色。將由一般技術人士明瞭若該顏料顏色之分配改變時，由該顯示器顯示出的顏色將改變。

【0125】施加至該像素電極的最大正及負電壓(在圖 8 中標明爲$\pm V_{max}$)各別產生由第二與第四顆粒之混合物形成的顏色(青綠色及品紅色以產生藍色顏色，參見從右邊觀看的圖 1E 及圖 4B)，或第三顆粒單獨的顏色(黃色，參見從左邊觀看的圖 1B 及圖 4B，白色顏料散射光並位於呈色顏料間)。這些藍色及黃色顏色不必爲可由該顯示器所達到之最好的藍色及黃色。施加至該像素電極之中階正及負電壓(在圖 8 中標明爲$\pm V_{mid}$)各別產生黑色及白色顏色(然而不必爲可由該顯示器所達到之最好的黑色及白色顏色，參見圖 4A)。

【0126】可使用最低施用電壓(在圖 8 中標明爲$\pm V_{min}$)，達成藉由相對於該第一顆粒(於此情況中，白色

顆粒)僅移動該第二顆粒(於此情況中，青綠色顆粒)，從這些藍色、黃色、黑色或白色光學狀態獲得其它四種原色。因此，將青綠色移出藍色(藉由將$-V_{min}$施加至像素電極)產生品紅色(各別參見圖 1E 及 1D 之藍色及品紅色)；將青綠色移進黃色中(藉由將$+V_{min}$施加至像素電極)提供綠色(各別參見圖 1B 及 1G 之黃色及綠色)；將青綠色移出黑色(藉由將$-V_{min}$施加至像素電極)提供紅色(各別參見圖 1H 及 1C 之黑色及紅色)，及將青綠色移進白色中(藉由將$+V_{min}$施加至像素電極)提供青綠色(各別參見圖 1A 及 1F 之白色及青綠色)。

【0127】雖然這些一般原理在架構波形以於本發明之顯示器中產生特別的顏色上有用，實務上，可能未觀察到上述的理想行爲，及想要對基本方案進行修改。

【0128】在圖 8 中闡明出上述基本原理之具體化修改的通用波形，其中該橫座標代表時間(以任意單位計)及該縱座標代表在像素電極與共同的前電極間之電壓差。在圖 8 所闡明的驅動方案中，所使用之三種正電壓大小可位於約+3 伏特至+30 伏特間，及三種負電壓大小在約-3 伏特至-30 伏特間。在一個經驗上較佳的具體實例中，最高的正電壓$+V_{max}$爲+24 伏特，該中正電壓$+V_{mid}$爲 12 伏特及最低正電壓$+V_{min}$爲 5 伏特。以類似方式，在較佳的具體實例中，該負電壓$-V_{max}$、$-V_{mid}$及$-V_{min}$係-24 伏特、-12 伏特及-9 伏特。對任何三種電壓程度來說，不需要該電壓的大小$|+V|=|-V|$，然而在某些情況中，此可係較佳。

【0129】在圖 8 中所闡明的通用波形中，有四種可區別的相位。在第一相位(在圖 8 中，“A”)中，於 $+V_{max}$ 及 $-V_{max}$ 處供應脈衝(其中「脈衝」表示爲單極方形波，即，施用固定電壓一段預定時間)，以便提供清除已反映在顯示器上之先前影像(即，「重置」顯示器)。可選擇這些脈衝(t_1 及 t_3)及休止(即，在其間之零電壓期間)的長度(t_2 及 t_4))，以便整體波形(即，在如於圖 8 中闡明的整個波形上，電壓相關於時間之積分)係 DC 平衡(即，該積分係實質上零)。可藉由調整在相位 A 中的脈衝及休止長度達成 DC 平衡，以便在此相位中所提供的淨脈衝係與在相位 B 及 C 之組合中所提供的淨脈衝大小相等及符號相反，在如下列描述的此等相位期間，該顯示器係切換至特別想要的顏色。

【0130】顯示在圖 8 中的波形純粹用於闡明通用波形結構之目的，及不想要以任何方式限制本發明的範圍。因此，在圖 8 中，於相位 A 中，在一正脈衝前顯示出一負脈衝，但是此非本發明之需求。亦不需要在相位 A 中僅有單一負及單一正脈衝。

【0131】如上所述，該通用波形本質上爲 DC 平衡，及在本發明的某些具體實例中，此可較佳。或者，在相位 A 中的脈衝可以類似於在先述技術的某些黑色及白色顯示器中所提供的方式，對一系列顏色轉換而非對單一轉換提供 DC 平衡；參見例如美國專利案號 7,453,445 及在此專利的欄 1 中提出之早期申請案。

【0132】在該波形的第二相位(於圖 8 中的相位 B)中，供應使用最大及中電壓振幅之脈衝。在此相位中，較佳爲以先前描述的方式與參照圖 5-7 提供白色、黑色、品紅色、紅色及黃色顏色。更一般來說，在該波形的此相位中，形成與型式 1 顆粒(假設該白色顆粒帶負電荷)、型式 2、3 及 4 顆粒之組合(黑色)、型式 4 顆粒(品紅色)、型式 3 及 4 顆粒之組合(紅色)及型式 3 顆粒(黃色)相應的顏色。

【0133】如上所述(參見圖 5B 及相關描述)，可由在 $-V_{mid}$ 處的脈衝或複數個脈衝提供白色。但是，在某些情況中，以此方法產生的白色顏色可受黃色顏料污染及顯露出淡黃色。爲了校正此顏色污染，可需要引進一些正極性脈衝。因此，例如，可藉由單一事例或重覆一序列脈衝的事例獲得白色，其中該序列脈衝包含一具有長度 T_1 及振幅 $+V_{max}$ 或 $+V_{mid}$ 的脈衝接著一具有長度 T_2 及振幅 $-V_{mid}$ 的脈衝，其中 $T_2>T_1$。最後脈衝應該係負脈衝。在圖 8 中顯示出四個時間 t_5 的 $+V_{max}$ 接著時間 t_6 的 $-V_{mid}$ 之重覆序列。在此脈衝序列期間，該顯示器的外觀在品紅色顏色(雖然典型非爲理想的品紅色顏色)及白色(即，在該白色顏色前將爲相較於最後白色狀態較低的 L*及較高的 a*狀態)間振盪。此係類似於顯示在圖 6A 中的脈衝序列，其中在品紅色與藍色間觀察到振盪。於此之差異爲該脈衝序列的淨脈衝係比顯示在圖 6A 中的脈衝序列更負，因此該振盪係偏重於負電荷的白色顏料。

【0134】如上所述(參見圖 5A 及相關描述)，可藉由在 $+V_{mid}$ 處提供脈衝或複數個脈衝(由零電壓期間所分開)獲得黑色。

【0135】如上所述(參見圖 6A 及 6B 及相關描述)，可藉由單一事例或重覆一序列脈衝的事例獲得品紅色，其中該序列脈衝包含一具有長度 T_3 及振幅 $+V_{max}$ 或 $+V_{mid}$ 的脈衝，接著一具有長度 T_4 及振幅 $-V_{mid}$ 的脈衝，其中 $T_4>T_3$。爲了產生品紅色，在波形的此相位中之淨脈衝應該比使用來產生白色的淨脈衝更正。在使用來產生品紅色的脈衝序列期間，該顯示器將在基本上藍色與品紅色之狀態間振盪。在品紅色顏色前將係相較於最後品紅色狀態更負的 a*及較低的 L*狀態。

【0136】如上所述(參見圖 7A 及相關描述)，可藉由單一事例或重覆一序列脈衝的事例獲得紅色，其中該序列脈衝包含一具有長度 T_5 及振幅 $+V_{max}$ 或 $+V_{mid}$ 的脈衝，接著一具有長度 T_6 及振幅 $-V_{max}$ 或 $-V_{mid}$ 的脈衝。爲了產生紅色，該淨脈衝應該比使用來產生白色或黃色的淨脈衝更正。較佳的是，爲了產生紅色，所使用的正及負電壓係實質上相同大小(二者爲 V_{max} 或二者爲 V_{mid})，該正脈衝的長度係比負脈衝的長度長，及最後脈衝係負脈衝。在使用來產生紅色的脈衝序列期間，該顯示器將在基本上黑色與紅色狀態間振盪。在紅色顏色前將係相較於最後紅色狀態較低的 L*、較低的 a*及較低的 b*狀態。

【0137】可藉由單一事例或重覆一序列脈衝的事例獲得黃色(參見圖 6C 及 6D 及相關描述)，其中該序列脈衝

包含一具有長度 T_7 及振幅 $+V_{max}$ 或 $+V_{mid}$ 的脈衝，接著一具有長度 T_8 及振幅 $-V_{max}$ 的脈衝。最後脈衝應該係一負脈衝。或者，如上所述，可藉由在 $-V_{max}$ 處單一脈衝或複數個脈衝獲得黃色顏色。

【0138】在該波形的第三相位(在圖 8 中的相位 C)中，有供應使用中及最小電壓振幅的脈衝。在該波形的此相位中，在該波形的第二相位中朝向白色驅動後，產生該藍色及青綠色顏色，及在該波形的第二相位中朝向黃色驅動後產生綠色顏色。因此，當觀察本發明的顯示器之波形瞬態時，在該藍色及青綠色顏色前將係比最終青綠色或藍色顏色的 b*值更正的 b*之顏色；及在該綠色顏色前將係比最終綠色顏色的 L*、a*及 b*有較高的 L*及更正的 a*及 b*之更黃色顏色。更一般來說，當本發明的顯示器提供出與該第一及第二顆粒之所呈色的顆粒相應之顏色時，在該狀態前將係基本上白色狀態(即，具有 C*少於約 5)。當本發明的顯示器提供出與第一及第二顆粒的呈色顆粒和第三及第四顆粒之具有與該呈色顆粒相反電荷的顆粒之組合相應的顏色時，該顯示器首先將提供出基本上第三及第四顆粒之具有與該第一及第二顆粒的呈色顆粒相反電荷之顆粒的顏色。

【0139】典型來說，將藉由一必需使用 $+V_{min}$ 的脈衝序列來產生青綠色及綠色。此係因爲僅有在此最小正電壓下，該青綠色顏料可相對於白色顏料與品紅色及黃色顏料各自獨立地移動。需要此青綠色顏料之運動以提供出從白色開始的青綠色或從黃色開始的綠色。

【0140】最後，在該波形的第四相位(在圖 8 中的相位 D)中，提供零電壓。

【0141】雖然已經描述出本發明的顯示器係產生八種原色，實務上，最好在像素層次(pixel level)產生儘可能多的顏色。然後，全彩灰階影像可藉由在這些顏色間之遞色，使用由熟悉圖像技術之人士熟知的技術提供出。例如，除了如上所述產生之八種原色外，可將該顯示器組裝成提供出額外八種顏色。在一個具體實例中，這些額外的顏色：亮紅色、亮綠色、亮藍色、暗青綠色、暗品紅色、暗黃色及二種在黑色與白色間之灰色程度。如在此上下文中所使用，用語「亮」及「暗」指爲在色空間諸如 CIE L*a*b*中具有與參考顏色實質上相同的色澤角度之顏色，但是各別較高或較低的 L*。

【0142】通常來說，使用與暗顏色相同的方式獲得亮顏色，但是使用在相位 B 及 C 中具有稍微不同淨脈衝的波形。因此，例如，亮紅色、亮綠色及亮藍色波形在相位 B 及 C 中具有比相應的紅色、綠色及藍色波形更負的淨脈衝，然而暗青綠色、暗品紅色及暗黃色在相位 B 及 C 中具有比相應的青綠色、品紅色及黃色波形更正的淨脈衝。可藉由改變在相位 B 及 C 中之脈衝長度、脈衝數目或脈衝大小達成淨脈衝的改變。

【0143】典型藉由在低或中電壓間振盪之一序列脈衝達成灰色顏色。

【0144】將由一般技術人士明瞭，在本發明之使用薄膜電晶體(TFT)陣列驅動的顯示器中，該在圖 8 之橫座標

上可獲得的時間增加典型將由該顯示器之幀速率量化。同樣地，將明瞭的是，該顯示器係藉由改變該像素電極相對於前電極之電壓來定址，及此可藉由改變像素電極或前電極或二者的電壓達成。在該技術的現在狀態中，該像素電極的基質典型爲存在於背板上，然而該前電極爲全部像素所共用。因此，當前電極的電壓改變時，影響全部像素之定址。上述參照圖 8 的波形之基本結構相同，不論是否對該前電極施加變化的電壓。

【0145】在圖 8 中闡明的通用波形需要該驅動電子設備在所選擇的顯示行之更新期間，將多如七種不同電壓提供至資料輸入線。雖然可獲得能輸送七種不同電壓的多階源極驅動器，許多商業可獲得之用於電泳顯示器的源極驅動器僅准許在單幀期間輸送三種不同電壓(典型爲正電壓、零及負電壓)。於本文中的用語「幀」指爲單次更新在顯示器中的全部行。可修改圖 8 的通用波形以容納三階源極驅動器架構，其前提爲供應至面板的三種電壓(典型爲+V、0 及-V)可從一個幀改變至下一個。(即，如此，例如，可在第 n 幀中供應電壓($+V_{max}$、0、$-V_{min}$)，同時可在第 n+1 幀中供應電壓($+V_{mid}$、0、$-V_{max}$))。

【0146】因爲改變供應至源極驅動器的電壓會影響每個像素，因此需要修改波形，以便使得用來產生每種顏色的波形必需與所供應的電壓對準。圖 9 顯示出對圖 8 的通用波形之適當修改。在相位 A 中，不需要改變，因爲僅需要三種電壓($+V_{max}$、0、$-V_{max}$)。相位 B 係由亞相位 B1 及 B2 置換，其長度各別定義爲 L_1 及 L_2，在使用

特別的三種電壓組設定每個 B1 及 B2。在圖 9 中，在相位 B1 中可獲得電壓 $+V_{max}$、0、$-V_{max}$，同時在相位 B2 中可獲得電壓 $+V_{mid}$、0、$-V_{mid}$。如在圖 9 中顯示出，該波形在亞相位 B1 中需要一時間 t_5 的 $+V_{max}$ 脈衝。亞相位 B1 係比時間 t_5 長(例如，容納用於另一種顏色的波形，其中可需要比 t_5 長的脈衝)，如此供應零電壓一段 L_1-t_5 時間。如需要的話，可調整長度 t_5 的脈衝及零脈衝或長度 L_1-t_5 的脈衝在亞相位 B1 內之位置(即，亞相位 B1 不需從如所闡明的長度 t_5 之脈衝開始)。藉由將相位 B 及 C 細分成選擇三種正電壓之一、三種負電壓之一及零的亞相位，可達成與使用多階源極驅動器將獲得者相同的光學結果，然而其代價爲較長的波形(容納必需的零脈衝)。

【0147】當使用上平面切換與三階源極驅動器組合時，應用如上所述參照圖 9 相同的一般原理。當該源極驅動器無法供應高如較佳的 V_{max} 之電壓時，上平面切換可較佳。使用上平面切換來驅動電泳顯示器之方法係在技術領域中熟知。

【0148】根據本發明的第二驅動方案之典型波形係顯示在下列表 3 中，其中在圓括號中的數目與使用所指示出的背板電壓驅動之幀數目(相對於假設在零電壓處的上平面)相應。

【0149】表 3

	重置相位		高/中 V 相位(下列 N 個重覆的幀序列)			低/中 V 相位	
K	$-V_{max}(60+\Delta_K)$	$V_{max}(60-\Delta_K)$	$V_{mid}(5)$	零(9)		零(50)	
B	$-V_{max}(60+\Delta_B)$	$V_{max}(60-\Delta_B)$	$V_{max}(2)$	零(5)	$-V_{mid}(7)$	$V_{mid}(40)$	零(10)
R	$-V_{max}(60+\Delta_R)$	$V_{max}(60-\Delta_R)$	$V_{max}(7)$	零(3)	$-V_{max}(4)$	零(50)	
M	$-V_{max}(60+\Delta_M)$	$V_{max}(60-\Delta_M)$	$V_{max}(4)$	零(3)	$-V_{mid}(7)$	零(50)	
G	$-V_{max}(60+\Delta_G)$	$V_{max}(60-\Delta_G)$	$V_{mid}(7)$	零(3)	$-V_{max}(4)$	$V_{min}(40)$	零(10)
C	$-V_{max}(60+\Delta_C)$	$V_{max}(60-\Delta_C)$	$V_{max}(2)$	零(5)	$-V_{mid}(7)$	$V_{min}(40)$	零(10)
Y	$-V_{max}(60+\Delta_Y)$	$V_{max}(60-\Delta_Y)$	$V_{mid}(7)$	零(3)	$-V_{max}(4)$	零(50)	
W	$-V_{max}(60+\Delta_W)$	$V_{max}(60-\Delta_W)$	$V_{max}(2)$	零(5)	$-V_{mid}(7)$	零(50)	

【0150】在重置相位中，提供最大負及正電壓脈衝以清除該顯示器的先前狀態。在每種電壓下的幀數目係偏移一定量(對顏色 x 來說，顯示出如爲 Δ_x)，以補償在高/中電壓及低/中電壓相位中提供出顏色的淨脈衝。爲了達成 DC 平衡，該 Δ_x 經選擇係淨脈衝的一半。不需要以在表中闡明的精確方式來執行該重置相位；例如，當使用上平面切換時，需要將特別數目的幀分派給負及正驅動。在此情況中，最好提供該高電壓脈衝的最大數目與達成 DC 平衡一致(即，如適當的話，從負或正幀減去 $2\Delta_x$)。

【0151】在高/中電壓相位中，如上所述，提供適用於每種顏色的脈衝序列之 N 個重覆序列，其中 N 可係 1 至 20。如所顯示出，此序列包含 14 個幀，其分派大小係 V_{max} 或 V_{mid} 的正或負電壓，或零。所顯示出的脈衝序列係根據上述提供的討論。可在該波形的此相位中看見，該提供出白色、藍色及青綠色顏色的脈衝序列相同(因爲如上所述，於從白色狀態開始的此情況中，達成藍色及

青綠色)。同樣地，在此相位中，該提供出黃色及綠色的脈衝序列相同(因爲如上所述，從黃色狀態開始達成綠色)。

【0152】在低/中電壓相位中，該藍色及青綠色顏色係從白色獲得，及該綠色顏色係從黃色。

【0153】表 4 顯示出來自驅動一顯示器的結果，其中該顯示器係使用一如在下列實施例 11，部分 A 中所描述般製備之塗層，將其積層至一薄膜電晶體陣列背板製得。所使用的波形係與在表 3 中所闡明 N=18 類似，及該顯示器係在每秒 65 幀下使用如上所述的較佳電壓定址。

【0154】表 4

顏色	L*	a*	b*
K	20	4	-5
B	24	5	-13
R	42	27	23
M	40	25	0
G	36	-12	6
C	37	-8	-15
Y	65	3	40
W	70	2	5
色域體積(ΔE^3)	20630		

【0155】實施例

【0156】現在提供實施例，雖然僅以闡明方式，其顯示出本發明的較佳電泳媒質及用以驅動這些較佳電泳媒質的方法細節。在這些實施例中所使用的顆粒如下。

【0157】白色顆粒 W1 係經矽烷醇官能化的光散射型顏料(二氧化鈦)，其中該顏料已經接附一包含甲基丙烯

酸月桂酯(LMA)單體的聚合材料，如在美國專利案號7,002,728中所描述。

【0158】白色顆粒 W2 係一實質上如在美國專利案號5,852,196的實施例1中所描述般製造之已塗佈聚合物的二氧化鈦，其中該聚合物塗層包含比率大約 99：1 的甲基丙烯酸月桂酯及甲基丙烯酸 2,2,2-三氟乙酯。

【0159】黃色顆粒 Y1 係 C.I. Pigment Yellow 180，其沒有塗佈物而使用及藉由於 Solsperse 19000 存在下攪磨分散，如通常在前述提及的申請案序號 14/277,107 中及在下列實施例 1 中所描述。

【0160】黃色顆粒 Y2 係 C.I. Pigment Yellow 155，其沒有塗佈物而使用及藉由於 Solsperse 19000 存在下攪磨分散，如通常在前述提及的申請案序號 14/277,107 中及在下列實施例 2 中所描述。

【0161】黃色顆粒 Y3 係 C.I. Pigment Yellow 139，其沒有塗佈物而使用及藉由於 Solsperse 19000 存在下攪磨分散，如通常在前述提及的申請案序號 14/277,107 中及在下列實施例 3 中所描述。

【0162】黃色顆粒 Y4 係 C.I. Pigment Yellow 139，其係以在下列實施例 4 中所描述之方式，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單體而塗佈。

【0163】品紅色顆粒 M1 係帶正電荷的品紅色材料(二甲基喹吖酮，C.I. Pigment Red 122)，其使用乙烯基苄基氯(vinylbenzyl chloride)及 LMA 塗佈，如在前述提及的申請案序號 14/277,107 中及在下列實施例 5 中所描述。

【0164】品紅色顆粒 M2 係 C.I. Pigment Red 122，其係以在下列實施例 6 中所描述的方式，藉由分散聚合甲基丙烯酸甲酯及含二甲基矽氧烷單體而塗佈。

【0165】青綠色顆粒 C1 係銅酞花青材料(C.I. Pigment Blue 15：3)，其係以在下列實施例 7 中所描述的方式，藉由分散聚合併入甲基丙烯酸甲酯及含二甲基矽氧烷單體而塗佈。

實施例 1：黃色顏料 Y1 之製備

【0166】結合黃色顏料，Novoperm Yellow P-HG(可從 Clariant，Basel，Switzerland 獲得，26 克)與 Isopar G 及在 Isopar G 中的 Solsperse 19000(可從 Lubrizol Corporation，Wickliffe，OH 獲得)溶液，及藉由與玻璃微珠強烈攪磨 1 小時來分散該混合物以獲得一黃色顏料分散液。

實施例 2：黃色顏料 Y2 之製備

【0167】結合黃色顏料，Inkjet Yellow 4GC(可從 Clariant，Basel，Switzerland 獲得，26 克)與 Isopar G(70 克)及 Solsperse 19000 溶液(可從 Lubrizol Corporation，Wickliffe，OH 獲得，70 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。所得的混合物藉由與 250 毫升玻璃微珠在 600 rpm 下攪磨分散 1 小時，然後過濾通過 200 微米網篩以獲得一黃色顏料分散液。

實施例 3：黃色顏料 Y3 之製備

【0168】結合黃色顏料，Novoperm Yellow P-M3R(可從 Clariant，Basel，Switzerland 獲得，28 克)與 Isopar G(70

克)及 Solsperse 19000 溶液(可從 Lubrizol Corporation，Wickliffe，OH 獲得，70 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。所得的混合物藉由與 250 毫升玻璃微珠在 600 rpm 下攪磨分散 1 小時，然後過濾通過 200 微米網篩以獲得一黃色顏料分散液。

【0169】實施例 4：黃色顏料 Y4 之製備

【0170】在 2 升塑膠瓶中加入 64.0 克 Novoperm Yellow P M3R(Clariant Corporation 118380)、12.6 克甲基丙烯酸 2,2,2-三氟乙酯、42.5 克甲基丙烯酸甲酯、100 克單甲基丙烯酸酯終端的聚(二甲基矽氧烷)(Gelest MCR-M22，分子量 10,000)、376 克 Isopar E、80 克 20 重量%Solsperse 17000 溶液及 Zirconox 小珠(1.7-2.4 毫米)。滾動該瓶子 24 小時，然後傾倒通過 200 微米篩網進入 500 毫升反應器中。讓該反應器與氮沈浸管、塔頂攪拌葉輪及空氣冷凝器組合。將塔頂空氣攪拌器設定爲 400 rpm 及在 65℃下以氮清洗該反應混合物 30 分鐘，在此之後，移除沈浸管及設定旋轉流量計氮程度。在小玻瓶中，將 0.358 克 2,2'-偶氮雙(2-甲基丙腈)(AIBN)溶解在醋酸乙酯中及加入至注射器。然後，以醋酸乙酯沖洗該小玻瓶及加入至相同注射器。將所產生的 AIBN 溶液在 30 分鐘內注射進反應器中，及加熱該反應混合物 16-24 小時。將該反應混合物給料進 1 升離心瓶中及離心。傾出上層液，及以 Isopar E 清洗剩餘顏料及離心。重覆此清洗方法額外二次，及在傾出最後上層液後，在真空烘箱中，於室溫下乾燥剩餘顏料過夜。

【0171】使用音波震動及滾動將該經乾燥的顏料分散至含有 Isopar G 之 25 重量百分比的混合物，及讓所產生的分散液過濾過 200 微米篩網及測量在該分散液中的固體材料百分比。

實施例 5：品紅色顏料 M1 之製備

【0172】將 Ink Jet Magenta E 02(可從 Clariant Corporation 獲得，15 克)分散在甲苯(135 克)中。將該分散液轉移至 500 毫升圓底燒瓶及以氮對頂端空間進行除氣。將所產生的反應混合物帶至 42 ℃，及在溫度保持平衡後，加入 4-乙烯基苄基氯，及於氮氣下允許在 42 ℃下攪拌該反應混合物過夜。允許所產生的產物冷卻至室溫及離心，以分離出該官能化的顏料。以甲苯清洗該離心結塊三次，以提供該經官能化的品紅色顏料(14.76 克)。

【0173】如在上述提及的美國專利案號 7,002,728 中所描述般以聚(甲基丙烯酸月桂酯)處理此經官能化的品紅色顏料，然後與 Isopar E 結合以提供一品紅色顏料分散液，將其過濾過 200 微米篩網膜及測量其固體百分比係 17.8%。

實施例 6：品紅色顏料 M2 之製備

【0174】在 1 升塑膠瓶中，加入 32.0 克 Ink Jet Magenta E 02(Clariant Corporation)、26.5 克甲基丙烯酸甲酯、53 克單甲基丙烯酸酯終端的聚(二甲基矽氧烷)(Gelest MCR-M22，分子量 10,000)、220 克 Isopar E 及 Zirconox 小珠(1.7-2.4 毫米)。滾動該瓶子 2 小時，然後將 250 克

Isopar E 加入至該顏料混合物。然後，將此傾倒通過 200 微米篩網進入 1 升反應器中。將該反應器與氮沈浸管、塔頂攪拌葉輪及空氣冷凝器組合。將該塔頂空氣攪拌器設定至 400 rpm 及在 65℃下以氮清洗該反應混合物 30 分鐘，在此之後，移除沈浸管及設定旋轉流量計氮程度。在小玻瓶中，將 0.6 克 2,2'-偶氮雙(2-甲基丙腈)(AIBN)溶解在醋酸乙酯中及加入至注射器。然後，以醋酸乙酯沖洗小玻瓶及加入至相同注射器。在 30 分鐘內將所產生的 AIBN 溶液注射進反應器中，及加熱該反應混合物 16-24 小時。將該反應混合物給料進 1 升離心瓶中及離心。傾出上層液，及以 Isopar E 清洗剩餘顏料及離心。重覆此清洗方法額外二次，及在傾出最後上層液後，在真空烘箱中，於室溫下乾燥剩餘顏料過夜。

【0175】使用音波震動及滾動將該經乾燥的顏料分散至含有 Isopar G 之 25 重量百分比的混合物，及讓所產生的分散液過濾過 200 微米篩網及測量在該分散液中的固體材料百分比。

實施例 7：青綠色顏料 C1 之製備

【0176】在 1 升塑膠瓶中，加入 32.0 克 Hostaperm Blue B2G-EDS(Clariant Corporation 225226)、15 克甲基丙烯酸甲酯、30 克單甲基丙烯酸酯終端的聚(二甲基矽氧烷)(Gelest MCR-M22，分子量 10,000)、220 克 Isopar E 及 Zirconox 小珠(1.7-2.4 毫米)。滾動該瓶子 24 小時，然後傾倒通過 200 微米篩網進入 500 毫升反應器中。將該反應器與氮沈浸管、塔頂攪拌葉輪及空氣冷凝器組

合。將塔頂空氣攪拌器設定至 400 rpm 及在 65℃下以氮清洗該反應混合物一小時，在此之後，移除沈浸管及設定旋轉流量計氮程度。在小玻瓶中，將 0.189 克 2,2'-偶氮雙(2-甲基丙腈)(AIBN)溶解在醋酸乙酯中及加入至注射器。然後，以醋酸乙酯沖洗小玻瓶及加入至相同注射器。在 30 分鐘內將所產生的 AIBN 溶液注射進該反應器中及加熱該反應混合物 16-24 小時。將該反應混合物給料進 1 升離心瓶中及離心。傾出上層液，及以 Isopar E 清洗剩餘顏料及離心。重覆此清洗方法額外三次，及在傾出最後上層液後，在真空烘箱中，於室溫下乾燥剩餘顏料過夜。

【0177】使用音波震動及滾動將該經乾燥的顏料分散至含有 Isopar G 之 25 重量百分比的混合物，及讓所產生的分散液過濾過 200 微米篩網及測量在該分散液中之固體材料百分比。

實施例 8：測量 Solsperse 19000 在本發明之顆粒上的吸附等溫線

【0178】製備 20 克濃度 10%w/w 在溶劑中(對白色顆粒來說)或濃度 5%w/w 在 Isopar G 溶劑中(對呈色顆粒來說)的樣品，其包括 10-20 種濃度從零變化至約 0.5 克/克顏料之 Solsperse 19000。允許該樣品平衡且在室溫下混合至少 24 小時，然後藉由在 3500 rpm 下離心 1 小時(白色顏料)或 20000 rpm 下 1 小時(對呈色樣品)移除顆粒。測量該上層液的導電度及測定剩餘的 Solsperse 19000 相對於校正曲線之濃度。

【0179】使用青綠色顆粒 C1 及原始顏料(C.I. Pigment Blue 15：3，Hostaperm Blue B2G-EDS，可從 Clariant 獲得)獲得的結果係顯示在圖 10 中。可看見該聚合物外殼將吸附到顆粒上的 Solsperse 19000 量從約 100 毫克/克減少至約 15 毫克/克。在圖 10 中觀察到當加入更多界面活性劑時，顯露出吸附在原始青綠色顏料上的 Solsperse 19000 減少。此係該測量的人爲因素(artifact)。在理想測量下，該吸附量將達到穩定水準。在所描述的實驗中，於非常高的界面活性劑程度下會產生某些無法完全從上層液移除的細顆粒。因此，該上層液的導電度比若完全移除該顏料時高(由於帶電荷的青綠色細顆粒存在)。對該經分散聚合的樣品來說，無觀察到類似的人爲因素，此建議該顏料完全被吞沒在聚合物中及該青綠色核心的主要顆粒尺寸(及因此表面積)對於該實驗而言並不重要。

【0180】實施例 9：本發明之顆粒在電場中移動的視覺化

【0181】部分 A：電泳流體之製備。

【0182】流體(i)：結合 0.91 克 22%w/w 如在上述實施例 7 中所描述般製備之顆粒 C1 在 Isopar G 中的分散液，其包括 0.36%w/w 質量比率 4：1 的 Solsperse 19000：Solsperse 17000；與 1.33 克 15%w/w 如在上述實施例 3 中所描述般製備之顆粒 Y3 在 Isopar G 中的分散液，其包括 0.36%w/w 質量比率 4：1 的 Solsperse 19000：Solsperse 17000；及 17.76 克 Isopar G，其包括 0.36%w/w

質量比率 4：1 的 Solsperse 19000：Solsperse 17000。顆粒 C1 及 Y3 的分散液已預先在 20,000 rpm 下離心 45 分鐘，及以包含 0.36%w/w 質量比率 4：1 的 Solsperse 19000：Solsperse 17000 之 Isopar G 再稀釋三次，以保證已經移除任何可溶的雜質。在已經製備該流體後，在使用前，藉由音波震動分散 90 分鐘。

【0183】流體(ii)：結合 1.33 克 15%w/w 如在上述實施例 5 中所描述般製備之顆粒 M1 在 Isopar G 中的分散液，其包括 0.36%w/w 質量比率 4:1 的 Solsperse 19000：Solsperse 17000；與 1.33 克 15%w/w 如在上述實施例 3 中所描述般製備之顆粒 Y3 在 Isopar G 中的分散液，其包括 0.36%w/w 質量比率 4：1 的 Solsperse 19000：Solsperse 17000；及 17.34 克 Isopar G，其包括 0.36%w/w 質量比率 4：1 的 Solsperse 19000：Solsperse 17000。該顆粒 M1 及 Y3 之分散液先前已經在 20,000 rpm 下離心 45 分鐘，及以包含 0.36%w/w 質量比率 4:1 的 Solsperse 19000：Solsperse 17000 之 Isopar G 再稀釋三次，以保證已經移除任何可溶的雜質。在已經製備該流體後，在使用前，藉由音波震動分散 90 分鐘。

【0184】部分 B：顆粒運動之視覺化。

【0185】使用在圖 11 中闡明的裝置來視覺化流體(i)-(ii)。具有矩形截面的硼矽酸鹽玻璃毛細管之壁 112 的厚度係 20 微米，及中央空腔 110 具有寬度 200 微米及高度 20 微米。使用 5 分鐘可硬化的環氧樹脂黏著劑 114，將該毛細管密封在二片金屬電極 120 及二片硼矽酸鹽玻

璃薄片 116 及 118 間。爲了最小化環氧樹脂在毛細管與電極間之厚度，當環氧樹脂硬化時，將該等電極保持彼此互推。

【0186】將該流體經由注射器負載進該毛細管中，接著短暫等待該流動平息。留下該毛細管的另一端開放，以便一旦該注射器放開時幫助解除壓力，及加速流動終止。

【0187】然後，讓該電泳流體接受如在圖 12 及 13 中所顯示的施用電壓，同時以裝備有照相機的顯微鏡 122 捕獲運動影像，其中該照相機係以 112 幀/秒取樣。在不同施用電壓間，即，在不同測試間，由來自注射器的新鮮流體置換在該毛細管中之電泳流體。在不同樣品間，以約 2 密耳之濃度 0.1%w/w 比率 4：1 的 Solsperse 19000：Solsperse 17000 在 Isopar E 中之溶液沖清相同的毛細管，直到流出該裝置之溶液係光學透明，然後負載下一個樣品。在此方法中，幾何形狀(及因此由流體所歷經的電場)保持固定。在圖 12 及 13 中，該陰極係頂端電極及陽極係底端電極。

【0188】圖 12 顯示出將電場施加至品紅色顏料 M1 與黃色顏料 Y3 之混合物(流體(i))的結果。在甚至最高電壓處，於這二種顏料間之團聚物未分開，殘餘如爲淡紅色聚集物，其朝向陰極漂移。

【0189】圖 13 顯示出將電場施加至青綠色顏料 C1 與黃色顏料 Y3 之混合物(流體(ii))的結果。在施用電壓 1000 伏特及較高時，二種顏料分開，青綠色朝向陰極移動及黃色朝向陽極。

【0190】從圖 12 及 13 明瞭，本發明的顏料 M1 及 Y3 形成團聚物，其當接受能分開本發明的顏料 C1 及 Y3 之電場時保持完整。另一種描述爲對型式 2、3 及 4 顆粒來說，分開團聚物所需要之電場強度順序爲 P3-P4>P3-P2。

【0191】實施例 10：顆粒的靜電分開

【0192】部分 A：電泳流體之製備

【0193】流體(i)：結合如在下列實施例 12，部分 A 中所描述般製備之白色顆粒分散液(W1，0.11 克)與在上述實施例 7 中製備之青綠色顆粒分散液(C1，0.13 克)、Solsperse 19000(60 毫克 2%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Solsperse 17000(10 毫克 2%w/w 在 Isopar G 中的溶液)及 Isopar G(3.49 克)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘以產生一電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。然後，藉由結合該電泳流體(1.0 克)與額外的 Isopar G(9.0 克)來稀釋該混合物。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘。

【0194】流體(ii)：結合如在下列實施例 12，部分 A 中所描述般製備之白色顏料分散液(W1，0.11 克)與如在上述實施例 5 中所描述般製備之品紅色顆粒分散液(M1，0.13 克)、Solsperse 19000(200 毫克 2%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Solsperse 17000(50 毫克 2%w/w 在 Isopar G 中的溶液)及 Isopar G(3.17 克)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。然後，藉由結合電泳流體(1.0 克)與額外的 Isopar G(9.0 克)來稀釋此混合物。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘。

【0195】流體(iii)：結合在上述實施例 3 中所描述的黃色顆粒分散液(Y3，0.32 克)與如在上述實施例 5 中所描述之品紅色顆粒分散液(M1，0.23 克)、Solsperse 19000(260 毫克 2%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Solsperse 17000(70 毫克 2%w/w 在 Isopar G 中的溶液)及 Isopar G(2.77 克)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。然後，藉由結合該電泳流體(1.0 克)與額外的 Isopar G(9.0 克)來稀釋該混合物。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘。

【0196】部分 B：電泳流體之測試

【0197】讓塗佈 ITO 的玻璃載片(大約 25 公分 x17.5 毫米)浸沒進包含電泳流體之貯存器中至深度大約 20 毫米。在玻璃板間之間距保持在固定距離 10 毫米，且塗佈 ITO 之側彼此面對。然後，對二板之塗佈 ITO 之側製得電連接及施用 500 伏特直流偏壓總共 30 秒。

【0198】然後，從該電泳流體移除玻片及立即以大約 1 毫升 Isopar E 沖洗以移除未黏附至電極表面的任何材料。然後，檢驗玻片以決定何種顆粒已經黏附至每片玻片。如可在圖 14(a)中看見，當測試流體(i)時，白色及青綠色顆粒勻稱地分開，白色顆粒沈積在陽極上及青綠色顆粒在陰極上。另一方面，如在圖 14(b)中看見，當測試品紅色/白色流體(ii)時，看見二顏料一起沈積(此在陽極上特別清楚)。甚至更引人注目的是，流體(iii)之結果，品紅色/黃色：於此情況中，品紅色及黃色顏料不分開及

可在陽極及陰極二者上看見各者。這些實驗的結論爲對型式 2、3 及 4 顆粒來說，分開團聚物所需要的電場強度之順序爲 P1-P4>P1-P2 及 P3-P4>P1-P2。

【0199】實施例 11：減低的顏料組

【0200】部分 A：黃色顆粒分散液(Y3)之製備

【0201】結合黃色顏料，Novoperm Yellow P-M3R(可從 Clariant，Basel，Switzerland 獲得，28 克)與 Isopar G(116 克)及 Solsperse 19000 溶液(可從 Lubrizol Corporation，Wickliffe，OH 獲得，24 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。藉由與 250 毫升玻璃微珠在 600 rpm 下攪磨 1 小時分散所得的混合物，然後過濾過 200 微米網篩以獲得一黃色顆粒分散液。

【0202】部分 B：電泳流體之製備

【0203】流體(i)：結合如在下列實施例 12，部分 A 中所描述般製備之白色顆粒分散液(W1，4.94 克)與如在上述實施例 5 中所描述般製備的品紅色顆粒分散液(M1，0.92 克)、如上所述的黃色顏料分散液(0.90 克)、Solsperse 19000(0.23 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Solsperse 17000(0.09 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Isopar G(2.42 克)及分子量 850,000 的聚(異丁烯)(0.49 克 15%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一電泳流體。

【0204】流體(ii)：結合如在下列實施例 12，部分 A 中所描述般製備之白色顆粒分散液(W1，4.94 克)與如在上述實施例 7 中所描述般製備的青綠色顆粒分散液

(C1，0.61 克 24.8%w/w 分散液)、如上所述的黃色顏料分散液(0.90 克)、Solsperse 19000(0.15 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Solsperse 17000(0.07 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Isopar G(2.83 克)及分子量 850,000 的聚(異丁烯)(0.49 克 15%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一電泳流體。

【0205】流體(iii)：結合如在下列實施例 12，部分 A 中所描述般製備之白色顆粒分散液(W1，4.94 克)與如在上述實施例 5 中所描述般製備之品紅色顆粒分散液(M1，0.92 克)、如在上述實施例 7 中所描述般製備之青綠色顆粒分散液(C1，0.61 克 24.8%w/w 分散液)、Solsperse 19000(0.26 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Solsperse 17000(0.06 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Isopar G(2.71 克)及分子量 850,000 的聚(異丁烯)(0.49 克 15%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一電泳流體。

【0206】流體(iv)：結合如在下列實施例 12，部分 A 中所描述般製備之白色顆粒分散液(W1，34.59 克 60%w/w 分散液)與如在上述實施例 5 中所描述般製備之品紅色分散液(6.45 克 16.5%w/w 分散液)、如在上述實施例 7 中所描述般製備之青綠色分散液(4.97 克 24.8%w/w 分散液)、如在上述實施例 3 中所描述般製備之黃色顏料分散液(6.29 克 16.7%w/w 分散液)、Solsperse 17000(0.66 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Isopar G(13.7 克)及

分子量850,000的聚(異丁烯)(3.35克15%w/w在Isopar G中的溶液)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理90分鐘，以產生一電泳流體。

【0207】部分C：顯示裝置之製備

【0208】將如在上述部分B中所描述般製備之電泳流體填入壓印到具有透明導體(氧化銦錫，ITO)塗層之聚(對酞酸乙二酯)膜上的微液槽陣列中。該微液槽的形狀爲六角形，深度爲20微米及從邊緣至邊緣測量的寬度爲130微米。藉由刮刀從微液槽移除過量電泳流體，及以一複合物聚合物塗層將其密封，如在美國臨時專利申請案案號62/065575中所描述般。使用實質上如在美國專利案號7,012,735中所描述之厚度3微米的摻雜型熱黏著劑，將此組合層合至一具有ITO電極的玻璃背板來製造一顯示裝置。

【0209】部分D：光電性測試

【0210】使用如在表5中所顯示的波形來驅動如在部分C中所描述般製造之裝置。該波形包含四個相位：(1)一在高定址電壓下使用低頻率之重置；(2)使用與上述類似的方法伴隨著參照表3寫上白色狀態；(3)使用類似於上述的方法伴隨著參照圖7(B)寫上青綠色狀態；及(4)零伏特。該波形的每種相位使用一在所顯示出的頻率下於電壓V1與V2間交替的方形波形式，且負載循環(定義爲在電壓V1下驅動該顯示器一個循環的時間之比例)係如所指示。

【0211】表 5

	V1 (伏特)	V2 (伏特)	負載循環(%)	頻率(Hz)	期間(秒)
重置	-28	28	50	1	1
寫上白色	28	-15	28.5	10	4
寫上青綠色	-8	6	1	0.5	12
零	0	0			1

【0212】圖 15-18 顯示出在顯示於表 5 中的波形之「寫上青綠色」及「零」相位期間，在 450 奈米(藍光吸收)、550 奈米(綠光吸收)及 650 奈米(紅光吸收)處所獲得之光學密度。原始光學密度係轉換成「分析密度」，即，藉由移除其它顏料在所指示出的波長處之吸收度，在 650 奈米處僅有青綠色顏料，在 550 奈米處僅有品紅色顏料及在 450 奈米處僅有黃色顏料之光學密度貢獻。此係如下達成：a)原始光學密度藉由基線扣除來校正由於在裝置中的光學損失；b)在 650 奈米處的光學密度不進一步校正，因爲僅有青綠色顆粒明顯在此波長處吸收；c)在 550 奈米處的光學密度係藉由扣除 $0.5*OD(650)_{corr}$ 來校正，因爲青綠色顆粒具有顯著的綠光吸收；及 d)在 450 奈米處的光學密度係藉由扣除 $0.08*OD(650)_{corr}$ 及 $0.29*OD(550)_{corr}$ 來校正，因爲青綠色及品紅色顆粒二者會吸收一些藍光。將由熟習該項技術者明瞭，可藉由考慮到全部的交叉吸收項製得更準確的校正。在已經進行所描述的校正後，於 450 奈米處之光學密度係與在白色顏料的觀看側上之黃色顏料量大約呈比例；在 550 奈米處之光學密度係與在白色顏料的觀看側上之品紅色顏料量大約呈比例；及在 650 奈米處之光學密度係與在白色顏料的觀看側上之青綠色顏料量大約呈比例。

【0213】圖 15 顯示出與白色、黃色及品紅色顆粒之混合物(流體(i))相應的光學密度踪跡。實際上看見(在此低定址電壓下)無來自白色狀態的調變。此與由黃色及品紅色顆粒所形成之幾乎不能移動的團聚物之形成一致(即，白色顏料可移動，但是在此低定址電壓下無法位移黃色與品紅色顆粒之(紅色)團聚物)。

【0214】圖 16 顯示出與白色、黃色及青綠色顆粒之混合物(流體(ii))相應的光學密度踪跡。現在看見(再次在低定址電壓下)相當大的青綠色(650 奈米，動態範圍大約 0.3 OD)及黃色(450 奈米，動態範圍大約 0.1 OD)調變。此與在黃色與青綠色顆粒間所形成之團聚物比在黃色與品紅色顆粒間所形成者弱一致。青綠色振盪的動態範圍比當黃色顆粒不存在時更低(參見下列圖 17)。

【0215】圖 17 顯示出與白色、品紅色及青綠色顆粒之混合物(流體(iii))相應的光學密度踪跡。現在看見(再次在低定址電壓下)相當大的青綠色(650 奈米，動態範圍大約 0.9 OD)及品紅色(550 奈米，動態範圍大約 0.6 OD)調變。相對於在圖 16 中所顯示者，在青綠色中增加的光學密度範圍與分開青綠色及黃色所形成的團聚物需要比分開青綠色及白色者高的電場一致。對型式 1、2 及 3 顆粒來說，另一種描述爲分開團聚物所需要的電場強度顯露出之順序爲 P2-P3>P2-P1。

【0216】最後，圖 18 顯示出與白色、黃色、品紅色及青綠色顆粒之混合物(流體(iv))相應的光學密度踪跡。現在僅有青綠色(650 奈米，動態範圍大約 0.9 OD)有相當

大的調變，同時品紅色已經被抑制(550 奈米，動態範圍大約 0.2 OD)。相對於在圖 17 中所顯示者，在品紅色中減低的光學密度範圍係與分開品紅色及黃色所形成的團聚物需要比分開青綠色及黃色者高的電場一致。在實施例 9 及 10 中獲得相同的結果，即，對型式 2、3 及 4 顆粒來說，分開團聚物所需要的電場強度之順序爲 P3-P4>P3-P2，及結合此與上述討論的結果且參照圖 17，我們可將分開團聚物所需要的電場排列爲 P3-P4>P3-P2>P2-P1。

【0217】實施例 12：電泳組成物之比較

【0218】部分 A：白色顆粒分散液之製備

【0219】如在美國專利案號 7,002,728 中所描述般以矽烷處理二氧化鈦，及讓該經矽烷處理的白色顏料與聚(甲基丙烯酸月桂酯)聚合以獲得經塗佈的白色顏料。結合該乾顏料(1100 克)與 Isopar G(733.33 克)以提供最後的白色分散液。

【0220】部分 B：電泳流體之製備

【0221】流體(i)：結合在上述部分 A 中所製備之白色顏料分散液(4.95 克)與如在上述實施例 5 中所描述般製備之品紅色分散液(0.92 克)、如在上述實施例 7 中所描述般製備之青綠色分散液(0.61 克 24.8%w/w 分散液)、如在上述實施例 1 中所描述般製備之黃色顏料分散液(0.90 克)、Solsperse 17000(0.09 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Isopar G(2.05 克)及分子量 850,000 的聚(異丁烯)(0.48 克 15%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。完全混合所

產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一具有導電度 330 皮西門子/公分的電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。

【0222】流體(ii)：結合在上述部分 A 中製備之白色顏料分散液(3.46 克)與在上述實施例 5 中製備之品紅色分散液(0.69 克)、如在上述實施例 7 中所描述般製備之青綠色分散液(0.43 克 24.9%w/w 分散液)、如在上述實施例 2 中所描述般製備之黃色顏料分散液(0.63 克)、Solsperse 17000(0.07 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Isopar G(1.38 克)及分子量 850,000 的聚(異丁烯)(0.34 克 15%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一具有導電度 200 皮西門子/公分的電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。

【0223】流體(iii)：結合在上述部分 A 中製備之白色顏料分散液(4.93 克)與在上述實施例 5 中製備之品紅色分散液(0.85 克)、如在上述實施例 7 中所描述般製備之青綠色分散液(0.69 克 23.6%w/w 分散液)、如在上述實施例 3 中所描述般製備之黃色顏料分散液(0.90 克)、Solsperse 17000(0.09 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Isopar G(2.05 克)及分子量 850,000 的聚(異丁烯)(0.48 克 15%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一具有導電度 75 皮西門子/公分的電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。

【0224】流體(iv)：結合在上述實施例3，部分C中製備之白色顏料分散液(4.95克)與在相同實施例的部分B中製備之品紅色分散液(0.76克)、如在上述實施例1及2中所描述般製備的青綠色分散液(0.66克22.4%w/w分散液)、在上述實施例4中製備之黃色顏料分散液(0.77克)、Solsperse 19000(0.38克20%w/w在Isopar G中的溶液)、Solsperse 17000(0.09克20%w/w在Isopar G中的溶液)、Isopar G(1.92克)及分子量850,000的聚(異丁烯)(0.48克15%w/w在Isopar G中的溶液)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理90分鐘，以產生一具有導電度134皮西門子/公分的電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。

【0225】流體(v)：結合如在美國專利案號7,002,728中所描述般製備之白色顏料分散液(4.92克59.8%w/w分散液)與在上述實施例5中製備之品紅色分散液(0.77克)、如在上述實施例7中所描述般製備之青綠色分散液(0.61克24.8%w/w分散液)、如在上述實施例3中所描述般製備之黃色顏料分散液(0.90克)、Solsperse 17000(0.09克20%w/w在Isopar G中的溶液)、Isopar G(2.23克)及分子量850,000的聚(異丁烯)(0.48克15%w/w在Isopar G中的溶液)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理90分鐘，以產生一具有導電度54皮西門子/公分的電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。

【0226】流體(vi)：結合在上述部分A中製備之白色顏料分散液(4.95克)與如在上述實施例6中所描述般製

備的品紅色分散液(1.43 克 24.6%w/w 分散液)、如在上述實施例 7 中所描述般製備之青綠色分散液(0.60 克 24.9%w/w 分散液)、如在上述實施例 3 中所描述般製備之黃色顏料分散液(0.90 克)、Solsperse 19000(0.15 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Solsperse 17000(0.08 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、Isopar G(1.42 克)及分子量 850,000 的聚(異丁烯)(0.47 克 15%w/w 在 Isopar G 中的溶液)。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一具有導電度 100 皮西門子/公分的電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。

【0227】部分 C：光電測試

【0228】製備一由二片水平 50x55 毫米玻璃板組成之平行板測試液槽，其中該玻璃板每片塗佈有透明的導電氧化銦錫(ITO)塗層，在玻璃板間引進欲測試的電泳媒質。併入標稱直徑 20 微米的二氧化矽間隔珠以在玻璃板間維持固定的間距。將如上所述製備的電泳流體(95 微升)給料到下玻璃板之塗佈 ITO 的面上，然後將上玻璃板放在該流體上以便該 ITO 塗層與該流體接觸。然後對上及下玻璃板二者之塗佈 ITO 之側製得電連接。

【0229】使用在表 6 中總整理的波形來驅動該液槽。該基本波形係劃分成六個部分，每個 20.5 秒長。在每個部分期間，藉由如在表中顯示出的 DC 電壓來偏移具有 30 赫茲頻率的 AC 基本方形波(未顯示出每個偏移，但是應該從表格條目中明瞭該序列)。該 AC 方形波的負載循環(即，在此正電壓施用期間，一個正及負電壓循環的時

間之比例)係如在表中所顯示般改變。整個測試由三個重覆的基本波形組成，每次具有不同的電壓偏移序列，其顯示出如爲「高 V 偏移」、「中 V 偏移」及「低 V 偏移」。因此，例如，初始「高 V 偏移」係-15 伏特。對「高 V 偏移」序列來說，該 AC 方形波的大小爲+/-30 伏特，對「中 V 偏移」序列來說爲+/-20 伏特，及對「低 V 偏移」序列來說爲+/-10 伏特。

【0230】表 6

部分	高V的AC方形波大小(+/- V)	高 V 偏移(V)	中V的AC方形波大小(+/- V)	中 V 偏移(V)	低V的AC方形波大小(+/- V)	低 V 偏移(V)	AC方形波頻率(Hz)	AC方形波負載循環(%)	期間(毫秒)
1	30	-15	20	-10	10	-5	30	30	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	30	500
	30	…	20	…	10	…	30	30	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	30	500
	30	15	20	10	10	5	30	30	500
2	30	-15	20	-10	10	-5	30	50	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	50	500
	30	…	20	…	10	…	30	50	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	50	500
	30	15	20	10	10	5	30	50	500
3	30	-15	20	-10	10	-5	30	70	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	70	500
	30	…	20	…	10	…	30	70	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	70	500
	30	15	20	10	10	5	30	70	500
4	30	15	20	10	10	5	30	30	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	30	500
	30	…	20	…	10	…	30	30	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	30	500
	30	15	20	-10	10	-5	30	30	500
5	30	15	20	10	10	5	30	50	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	50	500
	30	…	20	…	10	…	30	50	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	50	500
	30	15	20	-10	10	-5	30	50	500
6	30	15	20	10	10	5	30	70	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	70	500
	30	…	20	…	10	…	30	70	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	70	500
	30	15	20	-10	10	-5	30	70	500

【0231】當電驅動該液槽時會獲得反射光譜。當施加該波形時，使用這些來計算從該液槽反射的光之 CIE L*、a*及 b*值。對每個光譜樣品來說，以 ΔE*的單位來計算在該液槽的顏色之 L*a*b*空間中與八種 SNAP 原色各者之距離。對每種測試的電泳流體來說，記錄所顯示出的顏色與 SNAP 原色之最小距離；此距離愈低，該電泳流體的性能愈接近該 SNAP 標的。

【0232】六種測試的流體之此評估結果係顯示在表 7 中。如在上述表 2 中顯示出，顆粒 Y1、Y2、Y3 及 M1 具有最小或無聚合物外殼，然而顆粒 W1、W2、M2 及 C1 具有實質上聚合物外殼。顆粒 W1 具有比顆粒 W2 低的 ζ-電位。

【0233】表 7

		最接近 SNAP 標的之途徑(dE*單位)								
流體	顆粒構成	R	G	B	Y	C	M	W	K	平均
i	Y1,M1,C1,W1	11	9	1	6	18	15	5	0	8
ii	Y2,M1,C1,W1	11	8	7	8	15	8	7	0	8
iii	Y3,M1,C1,W1	5	8	8	7	13	17	10	0	9
iv	Y4,M1,C1,W1	19	28	5	9	29	13	13	0	15
iii (重覆)	Y1,M1,C1,W1	5	8	8	7	13	17	10	0	9
v	Y1,M1,C1,W2	9	15	11	2	16	22	7	3	11
vi	Y1,M2,C1,W1	19	20	0	5	16	36	16	3	14

【0234】在表 7 中，當該最接近 SNAP 標的之途徑係較小數字(即，至標的的距離較短，理想爲其將係零)時，獲得較好的結果。可看見最好的調配物爲型式 3 及 4 顆粒(黃色及品紅色)各者具有最小聚合物外殼的那些。在流體 iv 中，黃色顆粒具有一實質上聚合物外殼，同時在流體 vi 中，品紅色顆粒具有一實質上聚合物外殼。在這

些流體每種中，該最接近標的之途徑的平均距離(約 14.5)比本發明之流體諸如流體 i、ii 及 iii(約 8)大。流體 v 亦表現的比對照更差：在此流體中，白色顏料(型式 1 顆粒)具有比在流體 i、ii 及 iii 中高的 ζ-電位，因此將預計與青綠色顏料(型式 2 顆粒)有更強烈地交互作用，其在本發明中較不佳。

【0235】實施例 13：使用如上所述的第一驅動方案切換電泳裝置。

【0236】部分 A：顯示裝置之製備。

【0237】將如在上述實施例 10 中所描述般製備的電泳流體(iii)填充至壓印到具有透明導體(氧化銦錫，ITO)塗層的聚(對酞酸乙二酯)膜上之微液槽陣列中。該微液槽的形狀爲六角形，具有 20 微米深及從邊緣至邊緣測量的寬度係 130 微米。藉由刮刀從微液槽移除過量電泳流體，及以如在 2014 年 10 月 17 日提出的美國申請案序號 62/065,575 中所描述之複合物聚合物塗層將其密封。使用實質上如在美國專利案號 7,012,735 中所描述之 3 微米厚的摻雜型熱黏著劑將此組合層合至一具有 ITO 電極的玻璃背板，以製造一顯示裝置。

【0238】部分 B：電驅動該顯示裝置至八種原色

【0239】使用如顯示在表 8 中之波形來驅動如在部分 A 中所描述般製造的裝置。該重置部分有二個亞相：1)在高定址電壓下以低頻率進行驅動，及 2)以相對高頻率與相同電壓進行驅動。在此相位後爲「寫上顏色」相位，其基本上遵循與上所述相同的線，參照圖 5-7。此波形的

相位使用一在所顯示出的頻率下於電壓 V1 及 V2 間交替形成的方形波與如所指示出的負載循環(定義爲在電壓 V1 下驅動該顯示器一個循環的時間比例)。當該 AC 方形波的最後循環在以電壓“V1”寫上後終止時，標題爲「結束」的欄具有輸入值“V1”(即，省略該顯示器將已經在電壓“V2”下定址的部分)。在標題爲「結束」的欄中無輸入值之情況中，該 AC 方形波的最後循環係與其它循環相同。

【0240】表 8

		V1 (伏特)	V2 (伏特)	負載循環(%)	頻率(Hz)	期間(秒)	結束
K	重置 1	-30	30	50	1	2	
	重置 2	-30	30	50	30	2	
	寫上	15	0	50	10	2	
	零	0	0			2	
B	重置 1	-30	30	50	1	2	
	重置 2	-30	30	50	30	2	
	寫上	30	-15	28.5	5	3.86	V1
	零	0	0			2	
R	重置 1	-30	30	50	1	2	
	重置 2	-30	30	50	30	2	
	寫上	15	-15	71.4	1	4	
	零	0	0			2	
M	重置 1	-30	30	50	1	2	
	重置 2	-30	30	50	30	2	
	寫上	30	-15	33	5	4	
	零	0	0			2	
G	重置 1	-30	30	50	1	2	
	重置 2	-30	30	50	30	2	
	寫上	-30	15	33	2	4	
	零	0	0			2	
C	重置 1	-30	30	50	1	1	
	重置 2	-30	30	50	30	1	
	寫上	-15	15	62.5	1	5	
	零	0	0			2	
Y	重置 1	-30	30	50	1	1	
	重置 2	-30	30	50	30	1	
	寫上	-30	15	33	2	3.67	V1
	零	0	0			2	
W	重置 1	-30	30	50	1	1	
	重置 2	-30	30	50	30	1	
	寫上	-15	0	50	10	2	
	零	0	0			2	

【0241】表 9 顯示出在如上所述般驅動該測試顯示器後所獲得之顏色。可看見可獲得全部八種原色；但是，色彩重現的品質不如當使用本發明的"第二驅動方案"時高(參見上述表 4)。

【0242】表 9

顏色	L*	a*	b*
K	17	2	-2
B	33	2	-11
R	28	18	9
M	42	25	11
G	51	-8	15
C	52	-8	-4
Y	62	2	35
W	70	-1	6
色域體積(ΔE^3)	14836		

【0243】實施例 14：比較用於型式 2 顆粒(青綠色顆粒)之官能化的分散聚合及矽烷處理/聚合

【0244】部分 A：在聚合物外殼中包含聚(二甲基矽氧烷)的青綠色顆粒之範例性製備

【0245】在 500 毫升塑膠瓶中，加入 32.0 克 Hostaperm Blue B2G-EDS(Clariant Corporation 225226)、12.5 克甲基丙烯酸甲酯、25 克單甲基丙烯酸酯終端的聚(二甲基矽氧烷)(Gelest MCR-M22，分子量 10,000)及 Isopar E。搖晃瓶子及將內容物傾入 500 毫升反應器中及在 25℃下均質化 30 分鐘。移除均質器，及與氮沈浸管、塔頂攪拌葉輪及空氣冷凝器重新組裝該反應器。將塔頂空氣攪拌器設定爲 400rpm 及在 65℃下以氮清洗該反應混合物一小時，在此之後，移除沈浸管及設定旋轉流量計氮程度。在小玻瓶中，將 0.189 克 2,2'-偶氮雙(2-甲基丙腈)(AIBN)溶解在醋酸乙酯中及加入至注射器。然後，以醋酸乙酯

沖洗小玻瓶及加入至相同注射器。以單次加入將所產生的 AIBN 溶液注射進入反應器中及加熱該反應混合物 16-24 小時。然後，將該反應混合物給料進 1 升離心瓶中及離心。傾出上層液，及以 Isopar E 清洗剩餘顏料及再次離心。重覆此清洗程序兩次，及在傾出最後上層液後，在真空烘箱中，於室溫下乾燥剩餘顏料過夜。

【0246】使用音波震動及滾動將經乾燥的顏料分散至含有 Isopar G 之 30 重量百分比的混合物，及讓所產生的分散液過濾過 200 微米篩網及測量在該分散液中的固體材料百分比。

【0247】部分 B：使用矽烷耦合/聚合方法之範例性製備塗佈有聚合物的青綠色顆粒

【0248】在 500 毫升塑膠瓶中，加入 45.0 克 Heliogen Blue D 7110 F(BASF Corporation)、濃氨水溶液及水。滾動該混合物以分散該顏料，然後使用玻璃微珠攪磨。分別在小玻瓶中混合 7.875 克的 N-[3-(三甲氧基矽烷基)丙基]-N'-(4-乙烯基苄基)乙二胺雙-鹽酸(可從 United Chemical Technologies 獲得)、冰醋酸及水，及藉由滾動(或旋轉)混合 1 小時以形成水解的矽烷溶液。停止青綠色顏料之攪磨及將該經水解的矽烷溶液加入磨碎機中。以濃氫氧化銨水溶液將 pH 調整至約 9.4。然後，連續進一步攪磨 1 小時，在此之後，藉由過濾移除玻璃微珠及藉由離心從過濾物分離出所產生之經矽烷官能化的顏料，在 70℃ 下乾燥 16 小時，然後以研缽及杵研磨至細微粉末。

【0249】將甲基丙烯酸月桂酯(對每克來自先前步驟之經乾燥的顏料爲 1 克)及甲苯加入至該經研磨的顏料，及讓該混合物接受多重循環的音波震動及滾動直到完全分散。讓所產生的混合物過濾過 200 微米篩網進入裝備有凝結器及磁性攪拌之圓底燒瓶中，在此之後，以氮清洗燒瓶及將該混合物加熱至 65℃。然後，逐滴加入 AIBN(0.428 克)在醋酸乙酯中的溶液及在 65℃下加熱該混合物 17 小時，然後冷卻及藉由離心收集顏料。以音波震動將該粗顏料再分散進甲苯中及再次藉由離心(4500 rpm，30 分鐘)收集，然後在 70℃下乾燥。使用音波震動及滾動將該經乾燥的顏料分散至含有 Isopar G 之 30 重量百分比的混合物，然後過濾過 200 微米篩網及測量在該分散液中的固體材料百分比。

【0250】表 10 顯示出一系列根據上述概述的一般方法所製備之顏料的性質。在某些情況中，加入界面活性劑以輔助該核心顏料顆粒在聚合前分散：此在表中指出爲「分散輔助劑」。亦將如所顯示出的交聯劑三甲基丙烯酸三羥甲基丙烷酯(TMPTMA)加入至某些聚合反應。核心顏料 Pigment Blue 15：3 及 Pigment Blue 15：4 係銅酞花青材料(即，有機金屬化合物)。顯示出如爲 EX1456 及 BL0424 的核心顏料係無機材料，其可從 Shepherd Color Company，Cincinnati，OH 獲得。該無機材料散射光，其實質上具有將預計具有一將會與在上述製備方法 B 中所使用的矽烷耦合劑反應之官能基(例如，鍵結至金屬的氧原子)之表面。

【0251】表 10

顆粒	核心顏料	官能化方法	分散輔助劑	聚合添加劑	ζ-電位，Solsperse 17000 (毫伏特)，Isopar G	藉由 TGA 測量之聚合物重量分量，%
C2	Pigment Blue 15:3	A		TMPTMA	30	22.9
C3	Pigment Blue 15:3	A			33	21
C4	Pigment Blue 15:3	A		TMPTMA	38	22.7
C5	Pigment Blue 15:3	A		TMPTMA	38	24.9
C6	Pigment Blue 15:3	A		TMPTMA	41	26.9
C7	Pigment Blue 15:3	A			53	36.4
C8	Pigment Blue 15:3	A	Solsperse 8000		5.1	25.6
C9	Pigment Blue 15:3	A	OLOA 371		10.1	27.2
C10	Pigment Blue 15:4	B			49	21.8
C11	Pigment Blue 15:4	B	PVP		57	23.1
C12	Pigment Blue 15:4	B			61	20.4
C13	Pigment Blue 15:4	B			65	29
C14	EX1456 (無機)	B			149	2.4
C15	BL0424 (無機)	B			161	4.3

【0252】部分 C：電泳流體之製備

【0253】使用青綠色顆粒 C2-C15 來製備電泳流體。將該青綠色顏料加進電泳流體組成物中，其量係與其消光係數呈反比。下列提供範例性製備。

【0254】結合在實施例 1 中製備之黃色顏料分散液(0.64 克)與在實施例 5 中製備之品紅色分散液(0.85 克)、在上述實施例 10，部分 A 中製備的白色分散液(4.93 克)、及青綠色分散液(0.47 克 31.7%w/w 分散液，如在 650 奈米處測量之消光係數 2.24 平方公尺/克的顏料)、Solsperse 17000(0.06 克 20%w/w 在 Isopar G 中的溶液)、分子量 850,000 的聚(異丁烯)及額外的 Isopar G。完全混合所產生的混合物過夜及聲波震動處理 90 分鐘，以產生一具有導電度大約 30 皮西門子/公分之電泳流體(即，在動相中包含顏料的電泳組成物)。

【0255】部分 D：光電性測試

【0256】如上述在實施例 12，部分 C 中所描述般測試於上述部分 C 中所製備的電泳流體。圖 19-21 顯示出 14 種不同電泳媒質與全部八種原色的 SNAP 標準之平均距離，其中每種電泳媒質在 Isopar G 中包括不同青綠色顆粒，但是相同質量比率之相同的白色、品紅色及黃色顆粒，一起與電荷控制劑(Solsperse 19000 及 Solsperse 17000 呈 4：1 比率之混合物)及聚合物安定劑(聚(異丁烯))。如上述提到，該青綠色顆粒係以與其消光係數呈反比負載。使用三種不同型式的青綠色顆粒：a)藉由分散聚合，使用甲基丙烯酸甲酯及單甲基丙烯酸酯終端的聚(二甲基矽氧烷)單體，如在上述部分 A 中所描述般進行官能化之材料(顆粒 C2-C9，在圖 19-21 中由空心圓顯示出)；b)有機金屬材料，其如在上述部分 B 中所描述般，藉由矽烷處理接著與甲基丙烯酸月桂酯聚合進行官能化(顆粒 C10-C13，在圖 19-21 中由空心方形顯示出)；及 c)無機材料，其如在上述部分 B 中所描述般，藉由矽烷處理接著與甲基丙烯酸月桂酯聚合進行官能化(顆粒 C14-C15，在圖 19-21 中由實心方形顯示出)。

【0257】在圖 19-21 中的曲線圖之橫座標係在青綠色顏料與品紅色顏料間之 ζ-電位差，如使用 Solsperse 17000 作爲電荷控制劑來測量(品紅色顏料在全部情況中係如在上述實施例 5 中所描述般製備之顆粒 M1)。這些 ζ 電壓係在 Isopar E 或 Isopar G 中測量。要注意的是，在圖 19-21 之圖形中，與 SNAP 的距離值較小係與較好的顏色性能相應。

【0258】可從圖 19 看見，當藉由分散聚合法來塗佈該有機金屬核心青綠色顏料(方法 A，開口圓)時，該青綠色顏色性能通常比當以矽烷處理/聚(甲基丙烯酸月桂酯)(方法 B，開口方形)來塗佈該青綠色顏料時好。此結果的一個合理化理由爲該分散聚合方法對有機金屬核心青綠色顏料(型式 2 顆粒)提供比矽烷處理方法更有效的空間阻礙。值得注意的是，使用方法 A 與分散劑所製備之二種青綠色顆粒(C8 及 C9)具有較低的 ζ 電壓及提供比沒有使用分散劑所製備之顆粒差的性能。無機青綠色顆粒(實心方形)具有更高的 ζ-電位及提供好的顏色結果，大概因爲如上述提到的矽烷處理當施用至無機物時比施用至有機表面更有效率。但是，無機核心顏料實質上散射光，及從這些調配物所獲得的黑色狀態(對 C14 及 C15 來說，各別爲 L*34 及 36)比從較好的有機金屬顏料所獲得之黑色狀態(例如，對 C3 及 C4 來說，各別爲 L*28 及 27)更差。

【0259】圖 20 顯示出品紅色顏色的相同趨勢。根據上述發展的假設，當該品紅色顏料比青綠色顏料(其爲型式 2 顆粒，其與型式 1 顆粒僅具有弱的異相團聚(heteroaggregation))更慢地移動通過白色顏料(於此情況中，由於在型式 1 及 4 顆粒間之異相團聚)時，形成品紅色顏色。其顯露出該矽烷處理對有機金屬核心青綠色顏料提供位阻聚合物外殼不如分散聚合方法有效，以致於在品紅色與青綠色顏料間之鑑別力更不明顯。

【0260】圖 21 顯示出該青綠色顏料之聚合物處理使得黃色顏色之提供幾乎無差異。此不出乎意料，因爲已認爲如上述討論就是在品紅色與黃色顏料間之交互作用強度介導(mediate)黃色顏色之形成。

【0261】將由熟習該項技術者明瞭，可在上述本發明的特定具體實例中製得許多改變及修改而沒有離開本發明之範圍。此外，前述描述全部欲解釋爲作爲例證及非爲限制觀念。

【符號說明】

【0262】

1	型式 1 顆粒
2	型式 2 顆粒
3	型式 3 顆粒
4	型式 4 顆粒
110	中央空腔
112	壁
114	5 分鐘可硬化的環氧樹脂黏著劑
116,118	硼矽酸鹽玻璃薄片
120	金屬電極
122	顯微鏡

【英文】

An electrophoretic medium comprises a fluid, a first, light scattering particle (typically white) and second, third and fourth particles having three subtractive primary colors (typically magenta, cyan and yellow); at least two of these colored particles being non-light scattering. The first and second particles bear polymer coatings such that the electric field required to separate an aggregate formed by the third and the fourth particles is greater than that required to separate an aggregate formed from any other two types of particles. Methods for driving the medium to produce white, black, magenta, cyan, yellow, red, green and blue colors are also described.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第 1 圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無。

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

圖式


白色
白色
白色
白色
白色
白色
白色
白色
青綠色
品紅色
黃色
黃色
品紅色
青綠色
青綠色
品紅色
黃色
黃色
品紅色
青綠色
青綠色
品紅色
黃色
黃色
品紅色
青綠

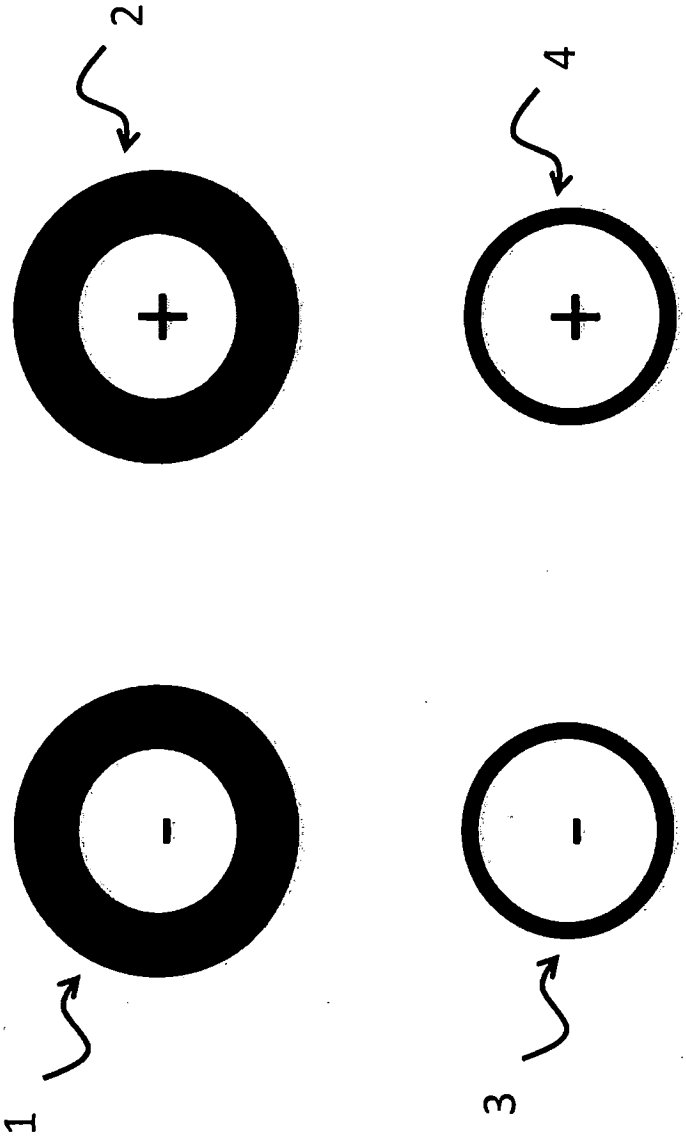


圖 2

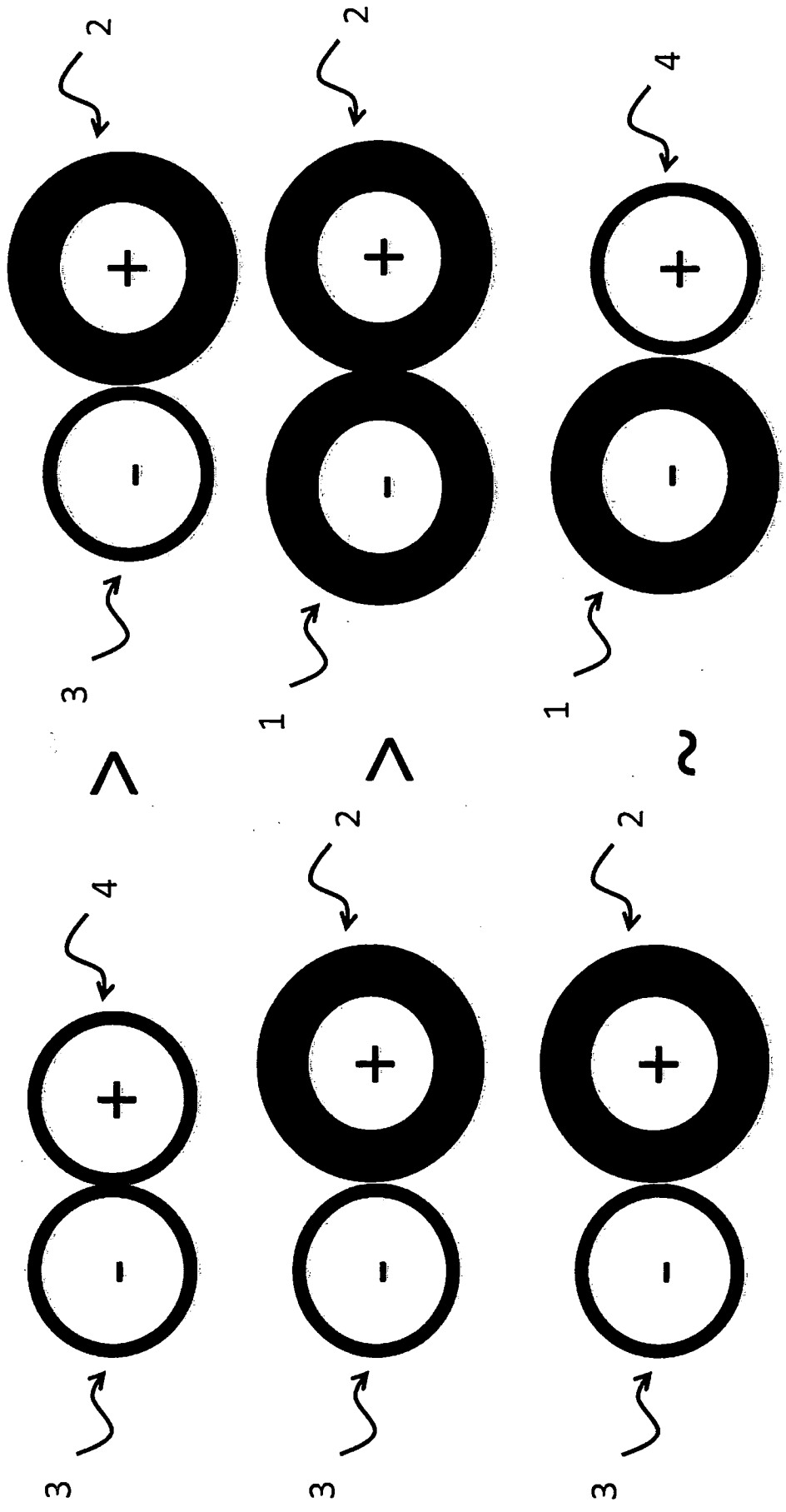


圖 3

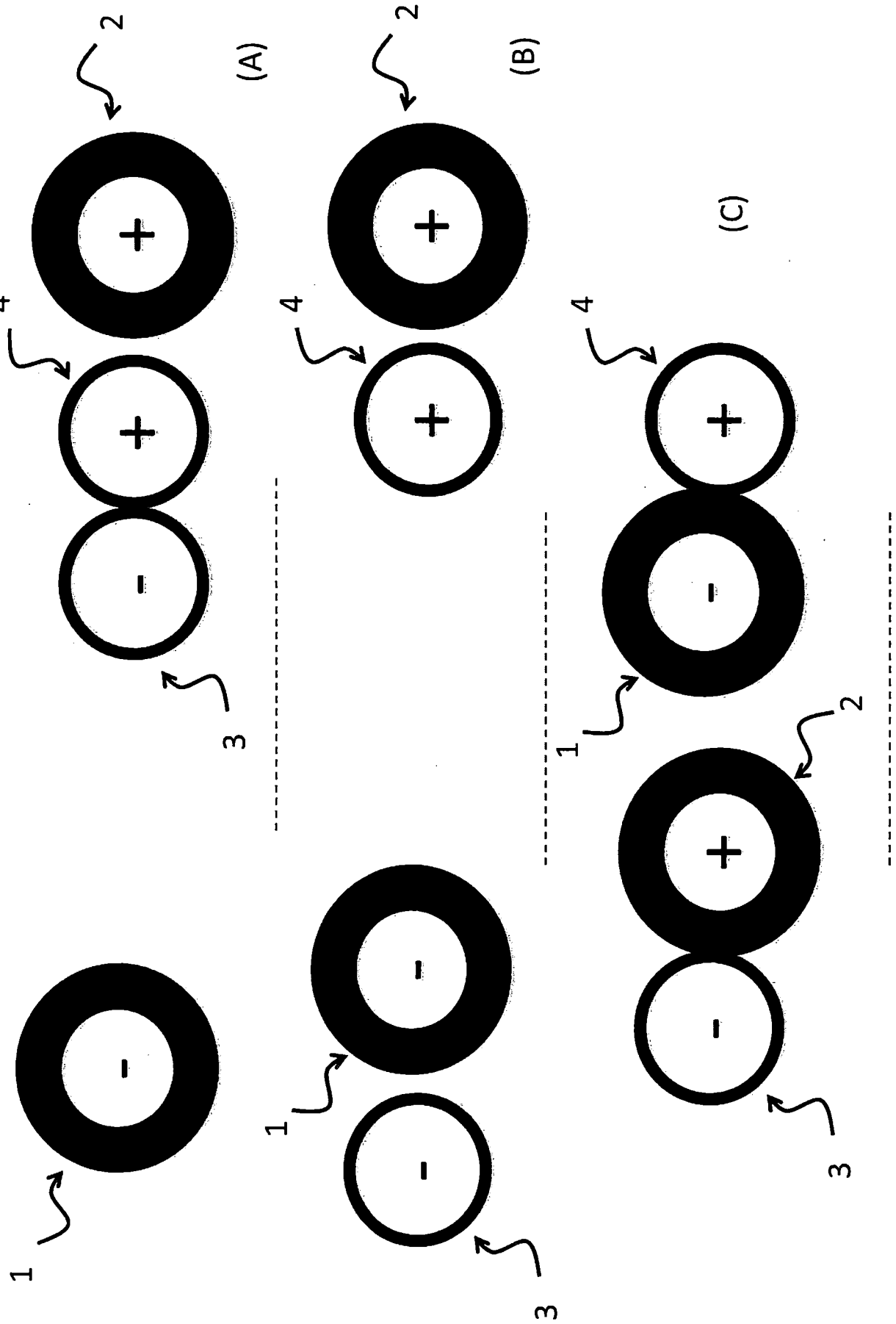


圖 4

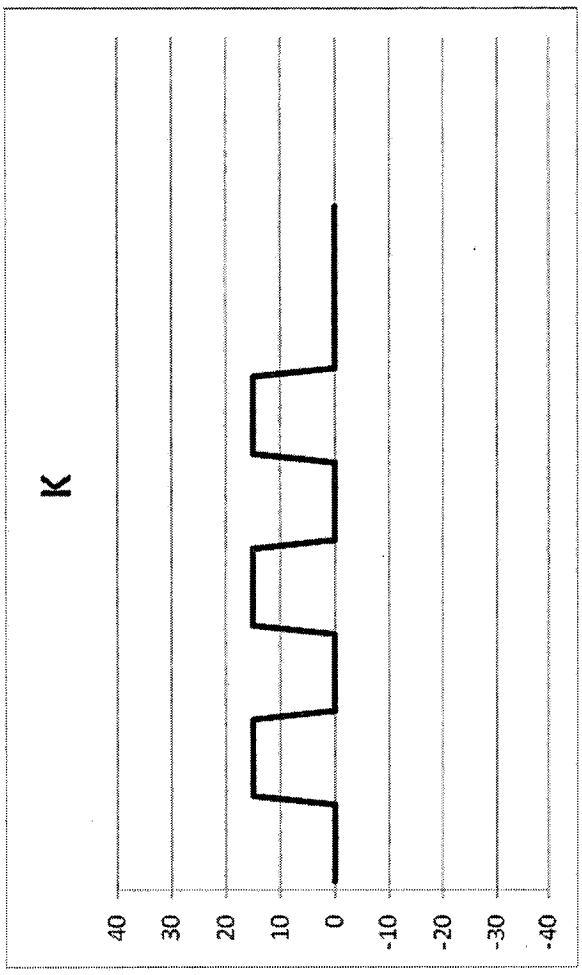


圖 5A

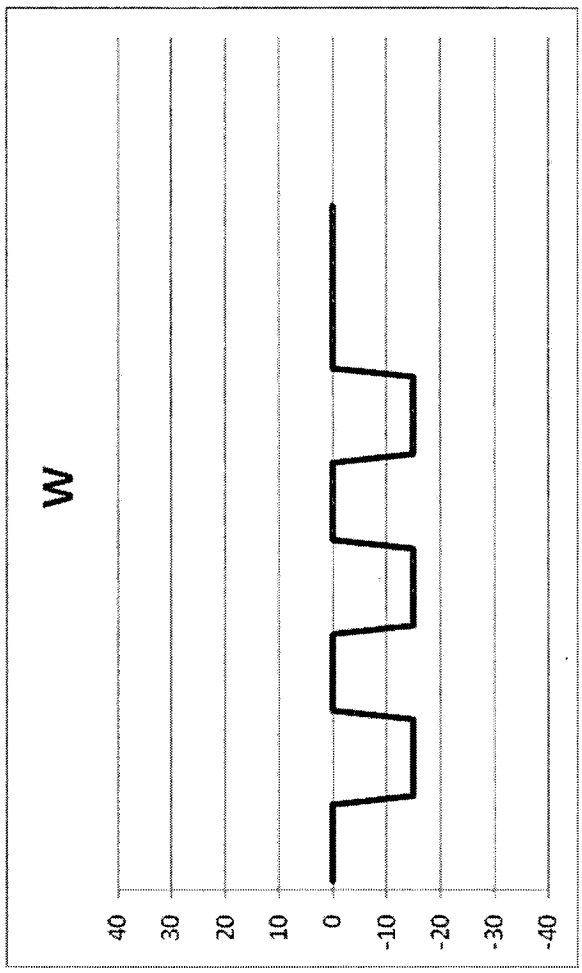


圖 5B

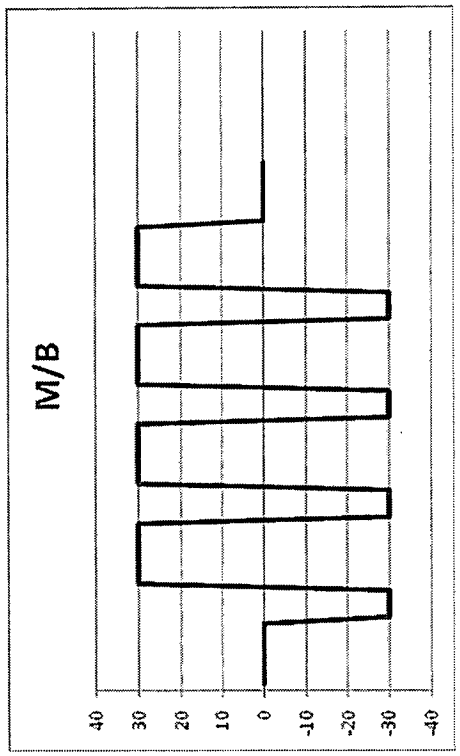


圖 6B

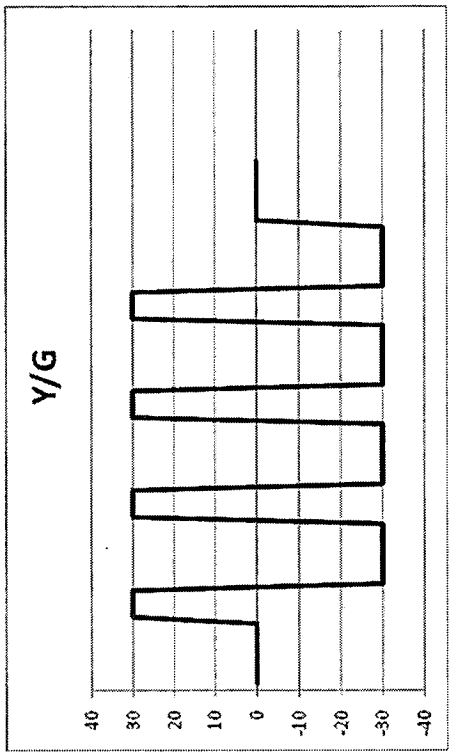


圖 6D

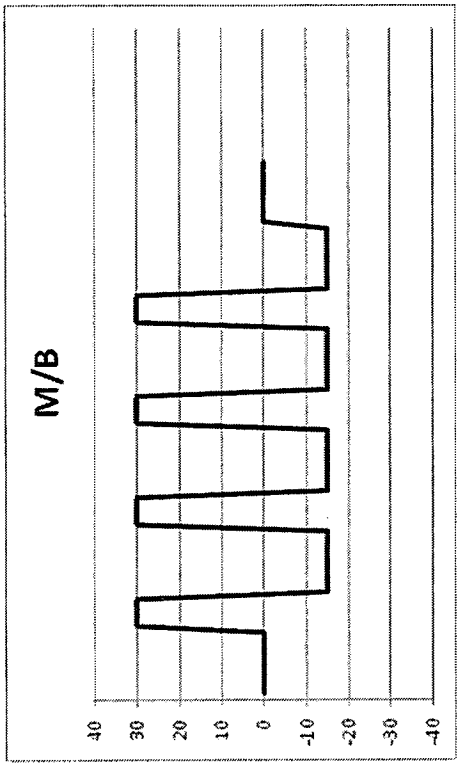


圖 6A

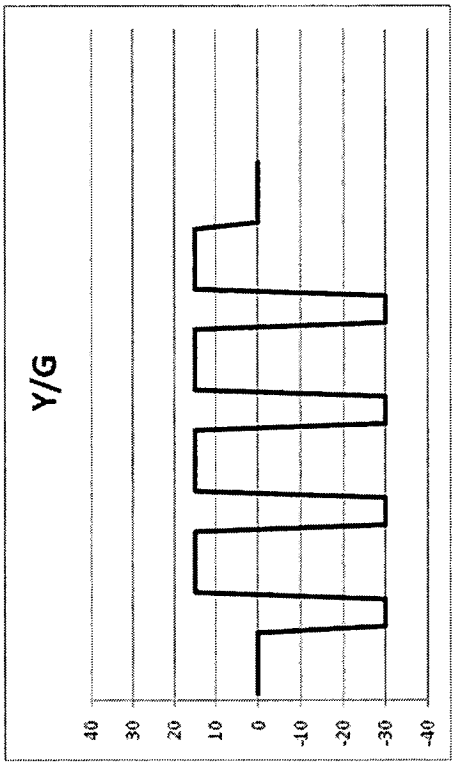


圖 6C

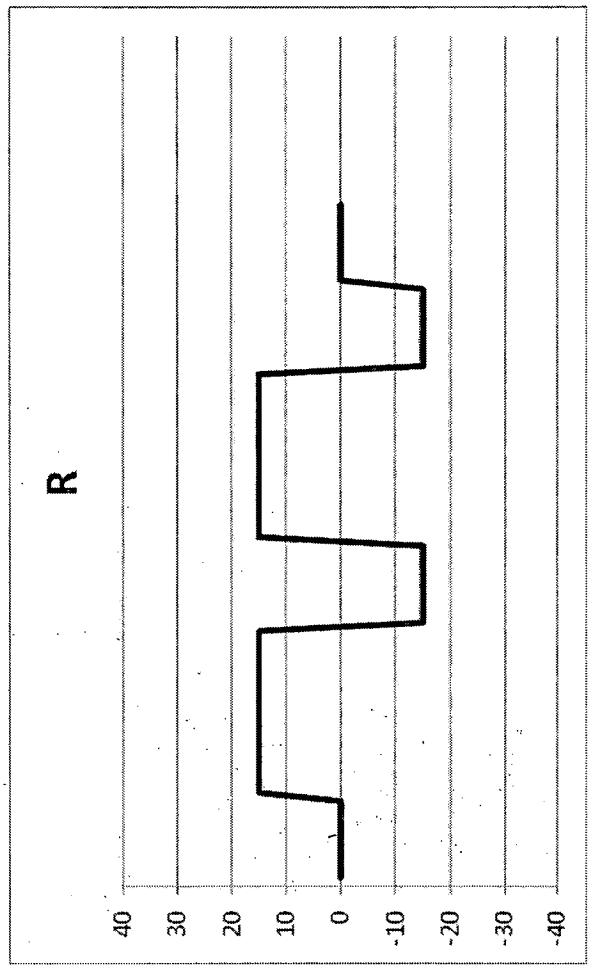


圖 7A

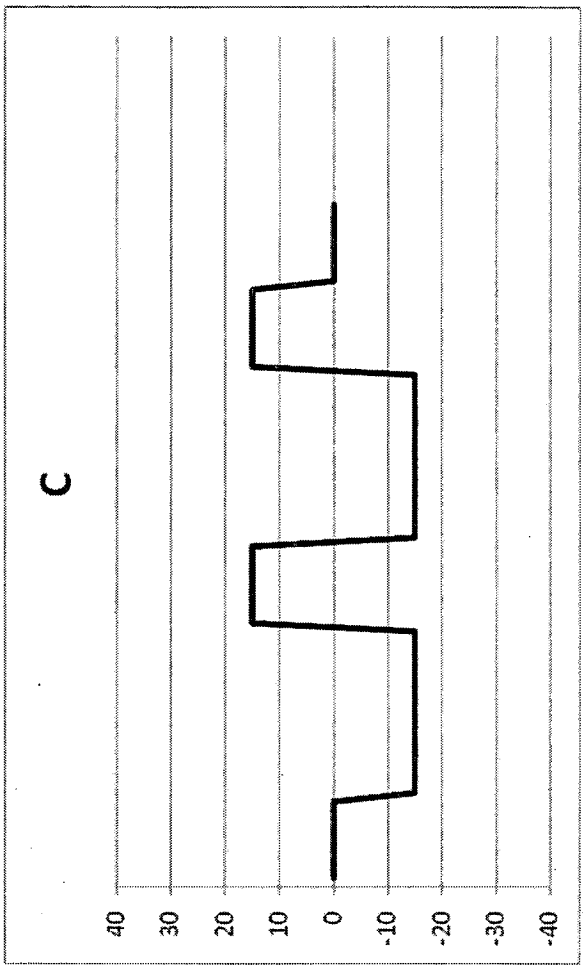


圖 7B

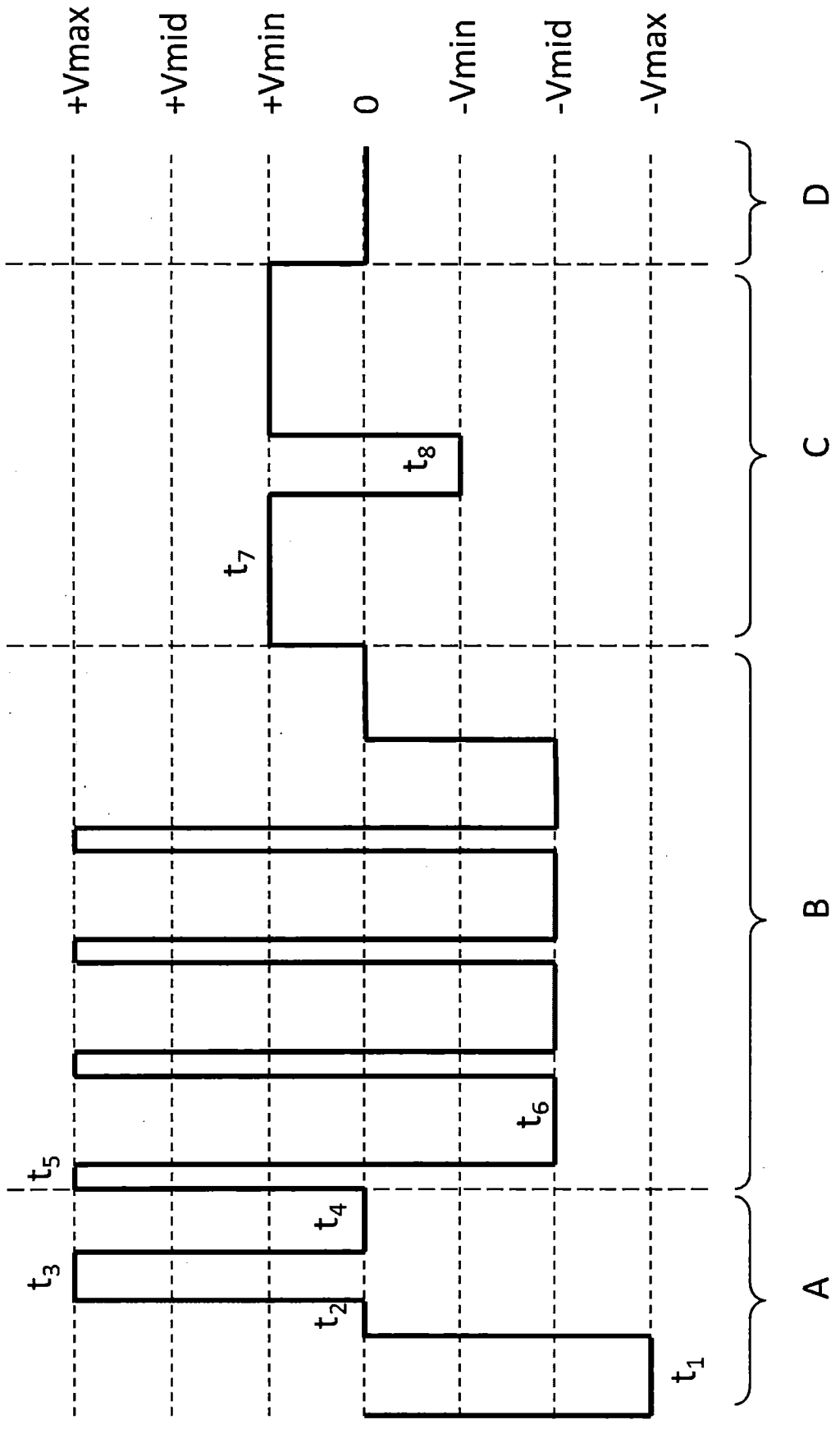


圖 8

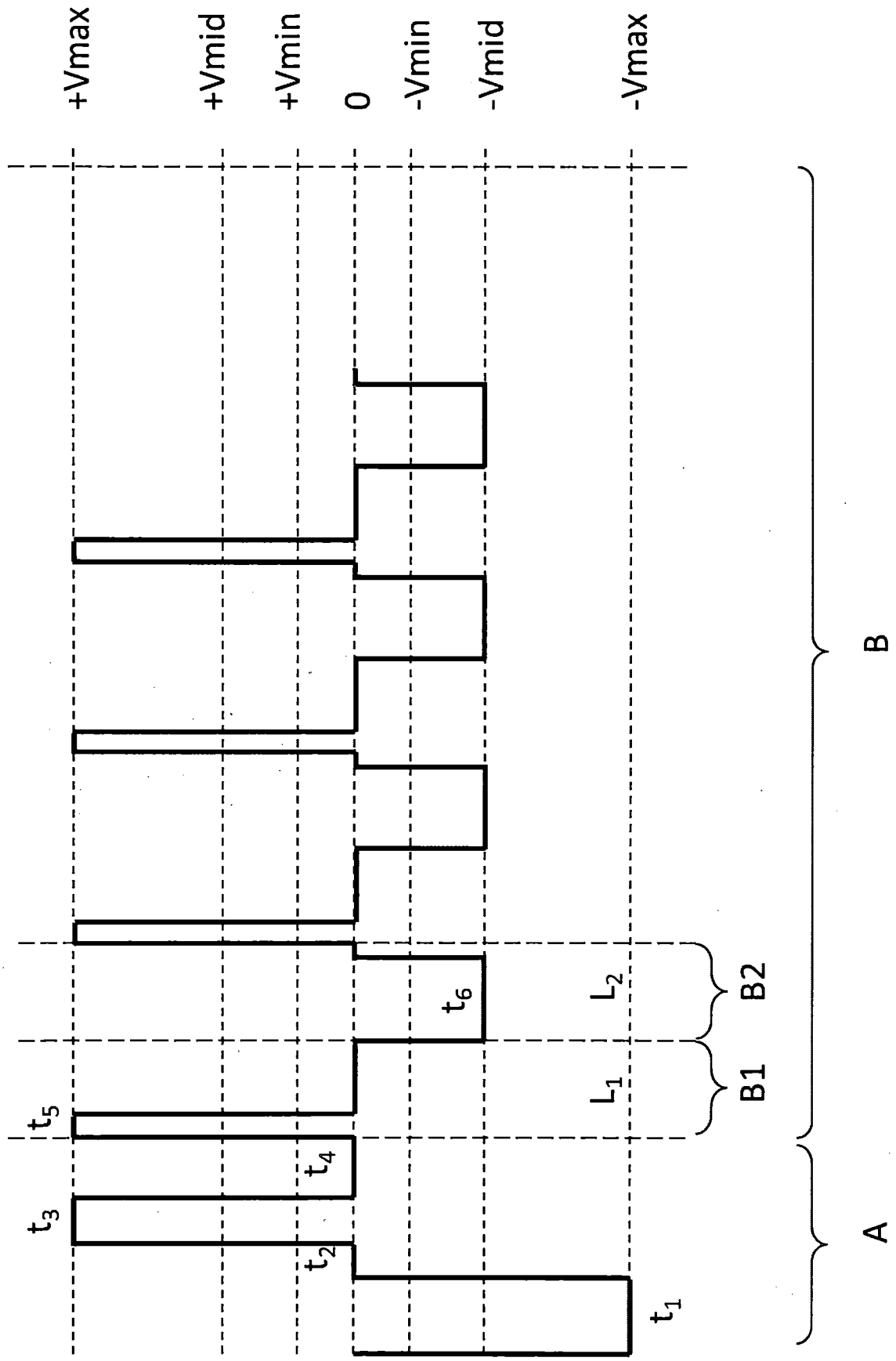


圖 9

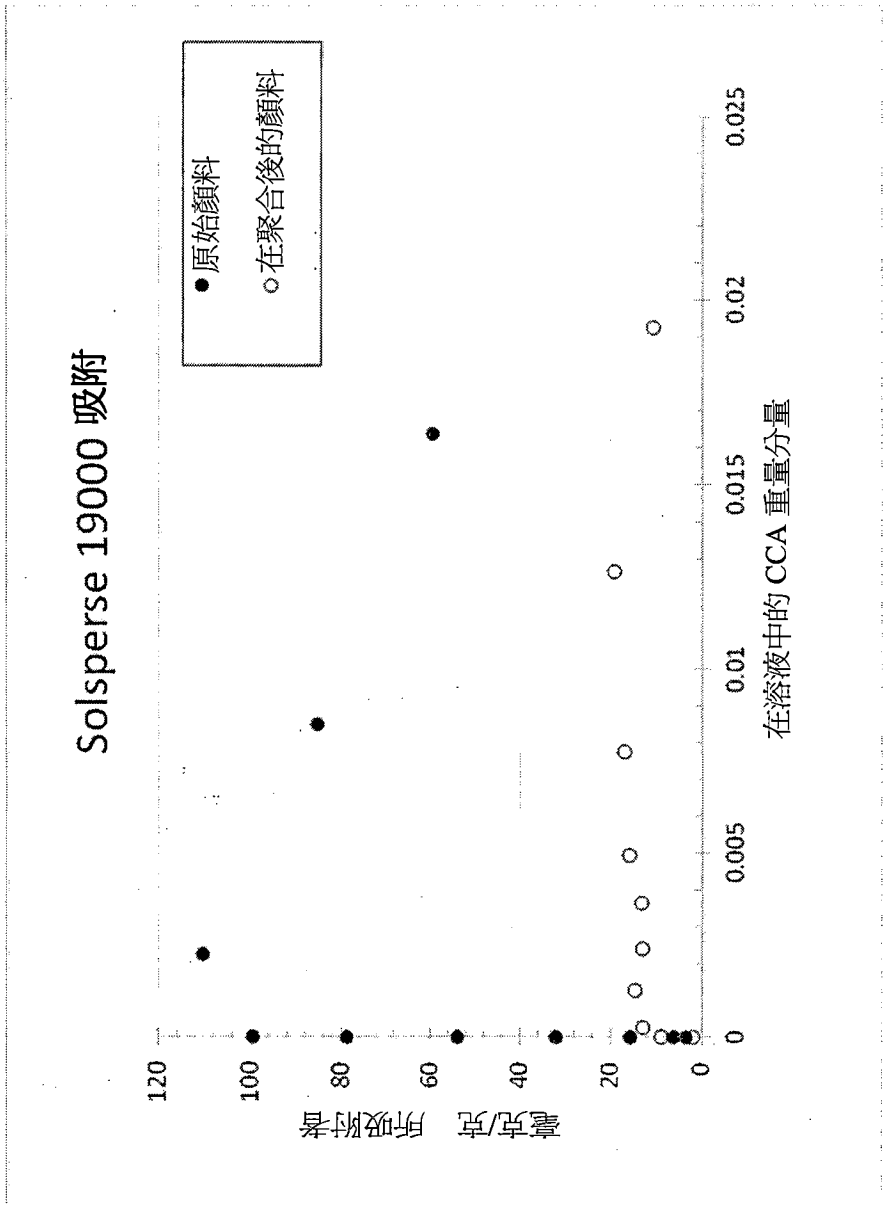

Solsperse 19000 吸附
● 原始顏料
○ 在聚合後的顏料
毫克/克 所吸附者
在溶液中的 CCA 重量分量
120
100
80
60
40
20
0
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025

圖 10

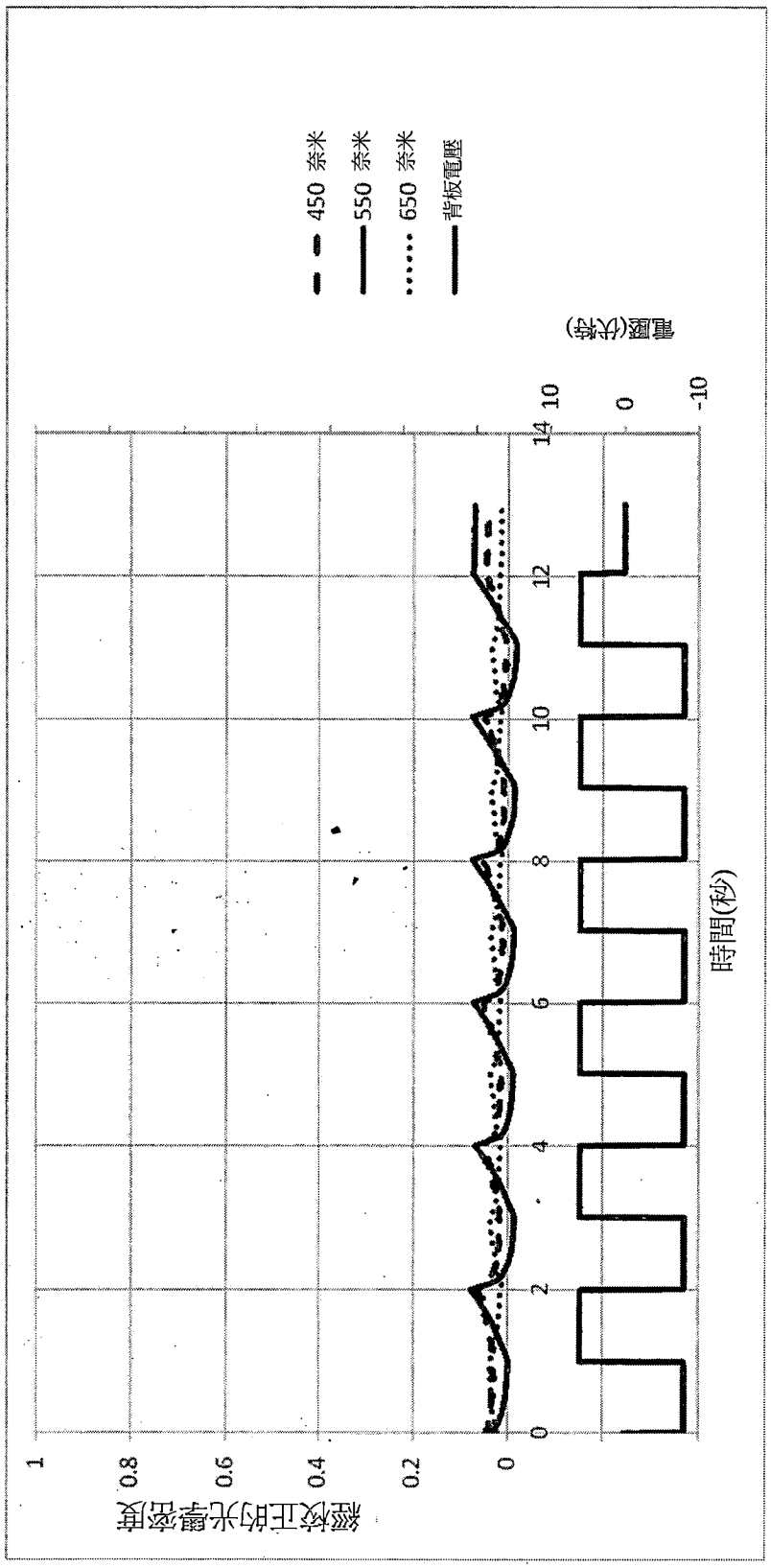


圖 15

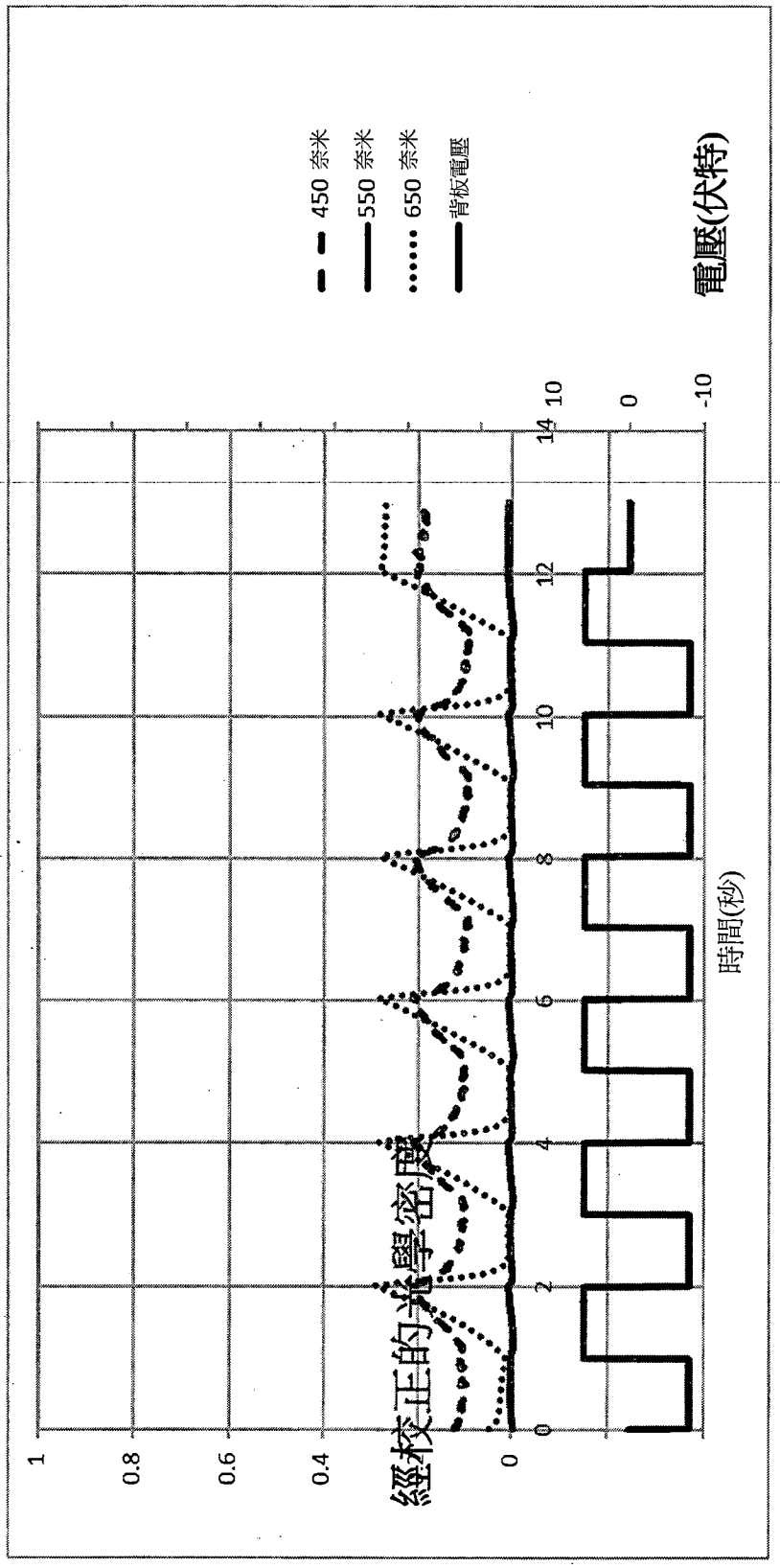

白色/黃色/青綠色
經校正的光學密度
時間(秒)
電壓(伏特)
450 奈米
550 奈米
650 奈米
背板電壓
1
0.8
0.6
0.4
0
0
2
4
6
8
10
12
14
10
0
-10

圖 16

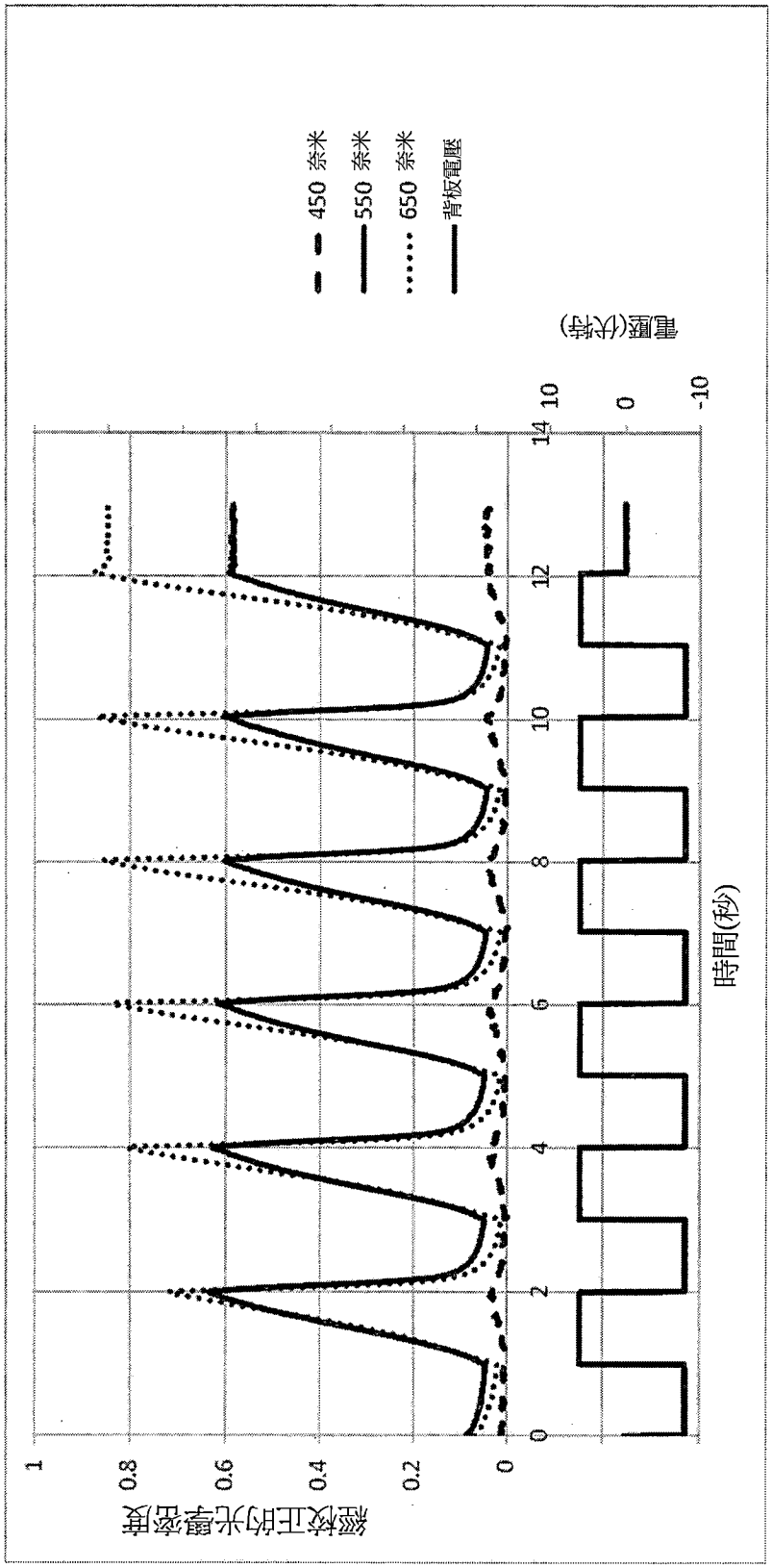


圖 17

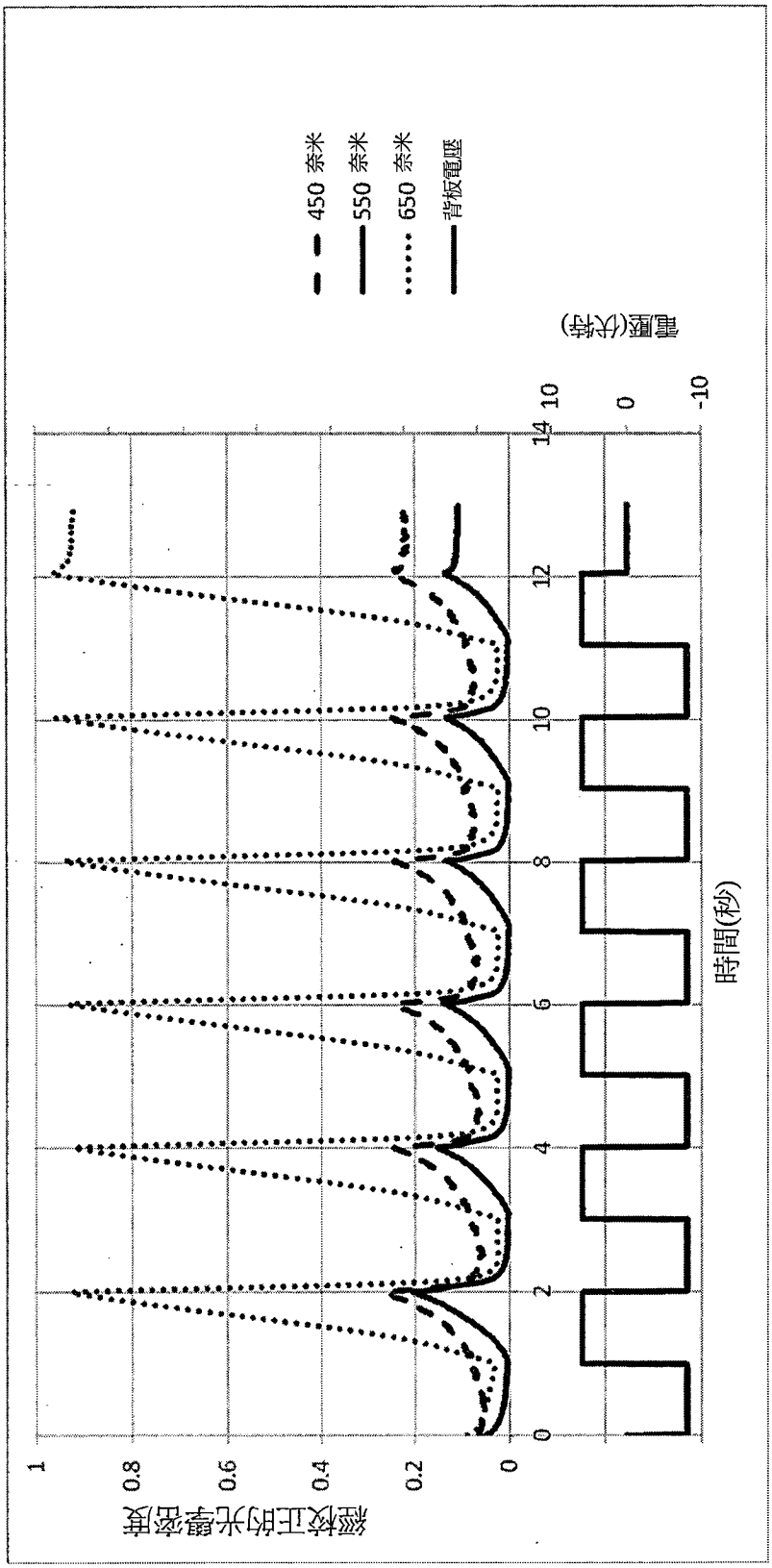

白色/黃色/品紅色/青綠色
經校正的光學密度
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
2
4
6
8
10
12
14
時間(秒)
10
0
-10
電壓(伏特)
450 奈米
550 奈米
650 奈米
背板電壓

圖 18

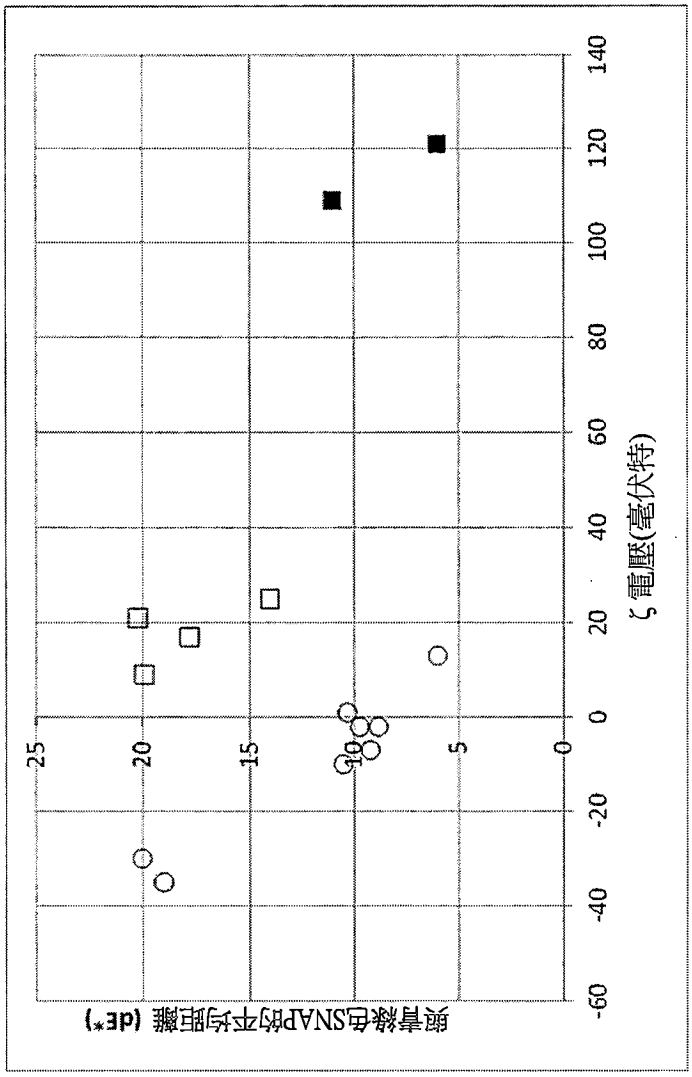

ζ電壓(毫伏特)
與青綠色SNAP的平均距離 (dE*)
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
25
20
15
10
5
0

圖 19

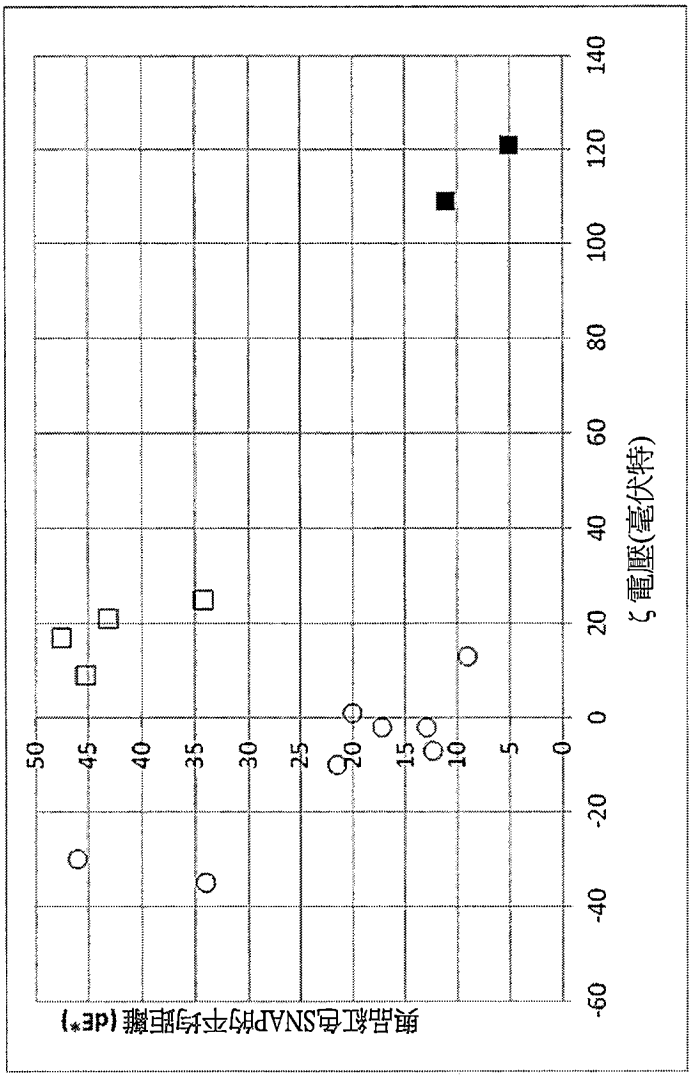

與品紅色SNAP的平均距離 (dE*)
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
-60
-40
-20
0
20
40
60
80
100
120
140
ζ電壓(毫伏特)

圖 20

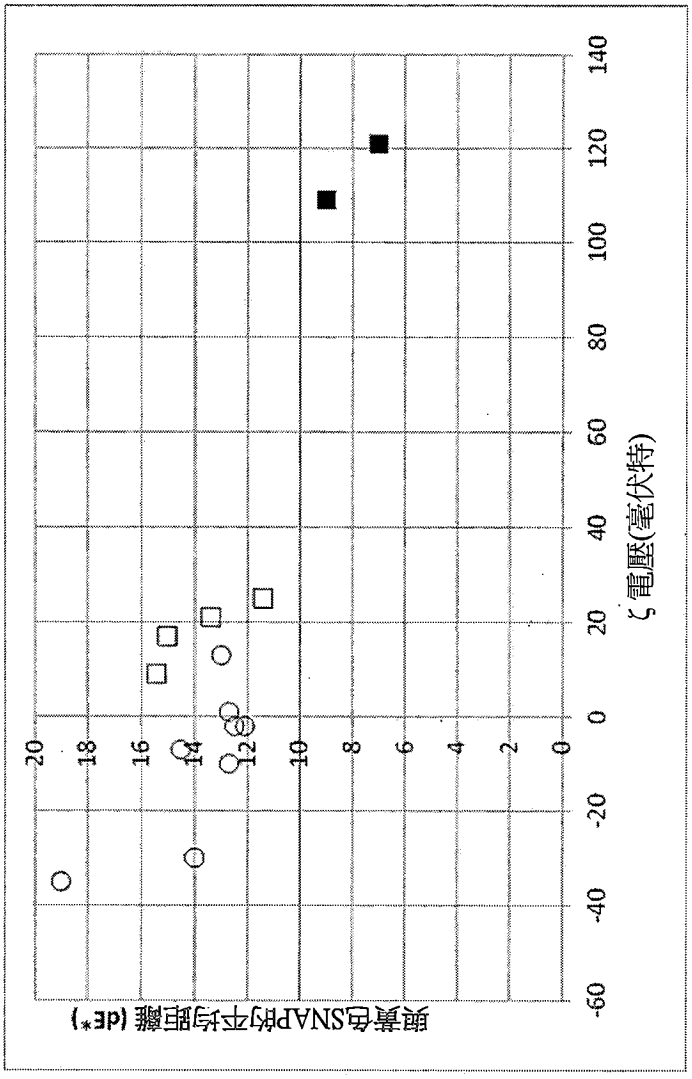

與黃色SNAP的平均距離 (dE*)
ζ電壓(毫伏特)
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
-60
-40
-20
0
20
40
60
80
100
120
140

圖 21

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】（中文/英文）

用以驅動電泳顯示器的方法

METHOD OF DRIVING AN ELECTROPHORETIC DISPLAY

【0001】本申請案主張2014年9月10日提出之共審查中申請案序號62/048,591、2015年6月1日提出之共審查中申請案序號62/169,221及2015年6月2日提出之共審查中申請案序號62/169,710的利益。

【0002】本申請案係與2014年5月14日提出之共審查中申請案序號14/277,107(公開號2014/0340430)及2014年11月20日提出之共審查中申請案序號14/279,125(公開號2014/0340734)相關。

【0003】這些共審查中申請案及全部的美國專利及下列提到之已公開及共審查中申請案的整體內容於此以參考方式併入本文。

【技術領域】

【0004】本發明係關於一種彩色電泳顯示器，及更特別關於一種能提供多於二種顏色的電泳顯示器，其使用包含複數種呈色顆粒的單層電泳材料。

【先前技術】

【0005】如於本文中所使用，用語「彩色」包括黑色及白色。白色顆粒經常係光散射型式。

【0006】用語「灰色狀態」於本文中係以其在映像技術中習知的意義使用，其指爲像素之二種極端的光學狀

I646382

發明摘要

【發明名稱】(中文/英文)

用以驅動電泳顯示器的方法

METHOD OF DRIVING AN ELECTROPHORETIC DISPLAY

【中文】

一種電泳媒質，其包含一流體、一第一光散射型顆粒(典型爲白色)及具有三種相減性原色(典型爲品紅色、青綠色及黃色)的第二、第三及第四顆粒；這些呈色顆粒的至少二種係非光散射型。該第一及第二顆粒承載一聚合物塗層，如此分開由該第三及第四顆粒形成的團聚物所需要之電場係大於分開從任何其它二種型式顆粒形成的團聚物所需要者。本發明亦描述出一種用以驅動該媒質以產生白色、黑色、品紅色，青綠色、黃色、紅色、綠色及藍色顏色的方法。

2018年9月6日修正本

申請專利範圍

1.一種用以驅動電泳顯示器的方法，該顯示器包含配置在第一與第二電極之間的一層電泳媒質，該第一電極形成該顯示器的視野面，而該電泳媒質包含複數分散在一流體中的第一、第二、第三及第四顆粒，該顯示器具有可在該第一及第二電極之間分別施加$+V_H$、$+V_L$、0、$-V_L$及$-V_H$的電壓差的電壓控制器，其中：

$+V_H>+V_L>0>-V_L>-V_H$

該方法按任一順序，包含：

(a) 藉在該等電極之間施加一系列具有$+V_H$或$-V_H$、及可將該等第四顆粒驅動向第一電極的極性的第一脈衝，以在該視野面處交替地顯示該等第四顆粒的顏色及該等第四與第二顆粒之混合物的顏色，該第一脈衝系列與第二脈衝交替，第二脈衝具有$+V_L$或$-V_L$，第二脈衝與第一脈衝的極性相反，且第二脈衝的持續時間長於第一脈衝的持續時間；及

(b) 藉在該等電極之間施加一系列具有$+V_H$或$-V_H$、及可將該等第三顆粒驅動向第一電極的極性的第三脈衝，以在該視野面處交替地顯示該等第三顆粒的顏色及該等第三與第二顆粒之混合物的顏色，該第三脈衝系列與第四脈衝交替，第四脈衝具有$+V_L$或$-V_L$，第四脈衝與第三脈衝的極性相反，且第四脈衝的持續時間長於第三脈衝的持續時間。

2.如請求項1的方法，另包含：

(c) 藉在該等電極之間施加一系列具有+V_L或-V_L、及可將該等第一顆粒驅動向第二電極的極性的第五脈衝，以在該視野面處顯示一實質上黑的顏色；該第五脈衝系列與在該等電極之間的實質上零電壓差的周期交替；及

(d) 藉在該等電極之間施加一系列具有+V_L或-V_L、及可將該等第一顆粒驅動向第一電極的極性的第六脈衝，以在該視野面處顯示該等第一顆粒的顏色；該第六脈衝系列與在該等電極之間的實質上零電壓差的周期交替。

3.如請求項2的方法，另包含：

(e) 藉在該等電極之間施加一系列具有+V_L或-V_L、及可將該等第二顆粒驅動向第二電極的極性之第七脈衝，以在該視野面處交替地顯示該等第二顆粒的顏色或該等第三及第四顆粒之混合物的顏色，該第七脈衝系列與第八脈衝交替，第八脈衝具有+V_L或-V_L，第八脈衝與第七脈衝的極性相反，且第八脈衝的持續時間長於第七脈衝的持續時間。。

4.如請求項1的方法，另包含：

(c) 藉在該等電極之間施加一系列具有+V_L或-V_L、及可將該等第二顆粒驅動向第二電極的極性之第七脈衝，以在該視野面處交替地顯示該等第二顆粒的顏色或該等第三及第四顆粒之混合物的顏色，該第七脈衝系列與第八脈衝交替，第八脈衝具有+V_L或-V_L，第八脈衝與第七脈衝的極性相反，且

第八脈衝的持續時間長於第七脈衝的持續時間。

5.一種用以驅動電泳顯示器的方法，該顯示器包含配置在第一與第二電極之間的一層電泳媒質，該第一電極形成該顯示器的視野面，而該電泳媒質包含複數分散在一流體中的第一、第二、第三及第四顆粒，該顯示器具有可在該第一及第二電極之間分別施加$+V_H$、0及$-V_H$的電壓差的電壓控制器，其中：

$+V_H>0>-V_H$

該方法按任一順序，包含：

(a) 藉在該等電極之間施加一系列具有$+V_H$或$-V_H$、及可將該等第四顆粒驅動向第二電極的極性的第一脈衝，以在該視野面處交替地顯示該等第四顆粒的顏色及該等第四與第二顆粒之混合物的顏色，該第一脈衝系列與第二脈衝交替，第二脈衝具有$+V_H$或$-V_H$，第二脈衝與第一脈衝的極性相反，且第二脈衝的持續時間長於第一脈衝的持續時間；及

(b) 藉在該等電極之間施加一系列具有$+V_H$或$-V_H$、及可將該等第三顆粒驅動向第二電極的極性的第三脈衝，以在該視野面處交替地顯示該等第三顆粒的顏色及該等第三與第二顆粒之混合物的顏色，該第三脈衝系列與第四脈衝交替，第四脈衝具有$+V_H$或$-V_H$，第四脈衝與第三脈衝的極性相反，且第四脈衝的持續時間長於第三脈衝的持續時間。