

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-102480  
(P2017-102480A)

(43) 公開日 平成29年6月8日(2017.6.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02F 1/167 (2006.01)</b>	G02F 1/167	2K101
<b>G09G 3/34 (2006.01)</b>	G09G 3/34 C	5C080
<b>G09G 3/20 (2006.01)</b>	G09G 3/20 642J	
	G09G 3/20 642D	
	G09G 3/20 642E	

審査請求 有 請求項の数 24 O L 外国語出願 (全 46 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-33207 (P2017-33207)  
 (22) 出願日 平成29年2月24日 (2017.2.24)  
 (62) 分割の表示 特願2015-535744 (P2015-535744) の分割  
 原出願日 平成25年10月1日 (2013.10.1)  
 (31) 優先権主張番号 13/633,788  
 (32) 優先日 平成24年10月2日 (2012.10.2)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 13/875,145  
 (32) 優先日 平成25年5月1日 (2013.5.1)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 514205768  
 イー・インク・カリフォルニア・リミテッド・ライアビリティ・カンパニー  
 E I N K C A L I F O R N I A , L L C  
 アメリカ合衆国94538カリフォルニア州フレモント、シーブリッジ・ドライブ47485番  
 (74) 代理人 100100158  
 弁理士 鮫島 睦  
 (74) 代理人 100138863  
 弁理士 言上 憲一  
 (74) 代理人 100138885  
 弁理士 福政 充睦

最終頁に続く

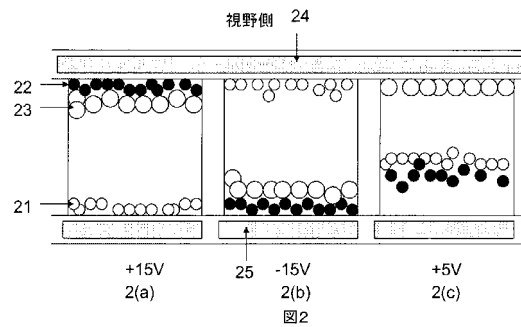
(54) 【発明の名称】 カラーディスプレイデバイス

(57) 【要約】

【課題】 ハイライト又はマルチカラーディスプレイデバイスであって、その各ディスプレイセルは、高品質カラー状態を表示可能であるディスプレイデバイスのための解を提供する。

【解決手段】 第1タイプの顔料粒子、第2タイプの顔料粒子及び第3タイプの顔料粒子を含む電気粘性流体であって、それらの顔料粒子の全ては、溶媒又は溶媒混合物に分散され、第1タイプの顔料粒子と第2タイプの顔料粒子は、逆の極性の電荷を帯び；第3タイプの顔料粒子は、第2タイプの顔料粒子と同じ極性の電荷を有するが、より強度が低く；及び第2タイプの顔料粒子は、しきい電圧を有する、電気泳動流体である。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 タイプの顔料粒子、第 2 タイプの顔料粒子及び第 3 タイプの顔料粒子を含む電気泳動流体であって、それらの全ては、溶媒又は溶媒混合物に分散され、

( a ) 第 1 タイプの顔料粒子と第 2 タイプの顔料粒子は、反対の極性の電荷を帯び；

( b ) 第 3 タイプの顔料粒子は、第 2 タイプの顔料粒子と同じ極性の電荷を帯びるが、より強度が低く；

( c ) 第 2 タイプの顔料粒子は、しきい電圧を有する、電気泳動流体。

## 【請求項 2】

第 1 タイプの顔料粒子と、第 2 タイプの顔料粒子は、各々、黒色及び白色である、請求項 1 に記載の電気泳動流体。 10

## 【請求項 3】

第 3 タイプの顔料粒子は、白色でも、黒色でもない、請求項 1 に記載の電気泳動流体。

## 【請求項 4】

第 3 タイプの顔料粒子は、赤色、緑色及び青色からなる群から選択される色である、請求項 3 に記載の電気泳動流体。

## 【請求項 5】

第 3 タイプの顔料粒子は、第 1 タイプの顔料粒子又は第 2 タイプの顔料粒子より大きい、請求項 1 に記載の電気泳動流体。

## 【請求項 6】

第 3 タイプの顔料粒子は、第 1 タイプの顔料粒子又は第 2 タイプの顔料粒子より、約 2 倍～約 50 倍大きい、請求項 5 に記載の電気泳動流体。 20

## 【請求項 7】

第 3 タイプの粒子は、第 1 タイプの顔料粒子又は第 2 タイプの顔料粒子の電荷強度の約 50 % より小さい電荷レベルを有する、請求項 1 に記載の電気泳動流体。

## 【請求項 8】

しきい電圧は、第 2 タイプの顔料粒子の固有の特性である、請求項 1 に記載の電気泳動流体。

## 【請求項 9】

しきい電圧は、添加剤によって誘起される性質である、請求項 1 に記載の電気泳動流体。 30

## 【請求項 10】

しきい電圧は、反対の電荷を帯びる粒子の相互作用による、請求項 1 に記載の電気泳動流体。

## 【請求項 11】

請求項 1 に記載の流体で満たされるディスプレイセルを含むディスプレイデバイスであって、

共通電極層と画素電極層との間に、ディスプレイセルが挟まれる、ディスプレイデバイス。 40

## 【請求項 12】

ディスプレイセルは、マイクロカップである、請求項 11 に記載のディスプレイデバイス。

## 【請求項 13】

ディスプレイセルは、マイクロカプセルである、請求項 11 に記載のディスプレイデバイス。

## 【請求項 14】

ディスプレイセルは、画素電極と整列する、請求項 11 に記載のディスプレイデバイス。

## 【請求項 15】

ディスプレイセルは、画素電極と整列しない、請求項 11 に記載のディスプレイデバイス。 50

ス。

【請求項 16】

第3タイプの顔料粒子は、全てのディスプレイセルで同色である、請求項11に記載のディスプレイデバイス。

【請求項 17】

第3タイプの顔料粒子は、ディスプレイセルで異なる色である、請求項11に記載のディスプレイデバイス。

【請求項 18】

第2タイプの顔料粒子のしきい電圧と同じ又は低い電圧を印加することによって、第1タイプの顔料粒子の色の状態から、第3タイプの顔料粒子の色の状態に駆動することを含む、請求項11に記載のディスプレイデバイスの駆動方法。

10

【請求項 19】

第1タイプの顔料粒子と、第2タイプの顔料粒子は、各々、黒色及び白色である、請求項18に記載の方法。

【請求項 20】

第3タイプの顔料粒子は、白色でも、黒色でもない、請求項18に記載の方法。

【請求項 21】

第3タイプの顔料粒子は、赤色、緑色、青色、イエロー、シアン及びマゼンタからなる群から選択される色である、請求項20に記載の方法。

【請求項 22】

第3タイプの粒子は、第1タイプの顔料粒子又は第2タイプの顔料粒子の電荷強度の50%より小さい電荷レベルを有する、請求項18に記載の方法。

20

【請求項 23】

第3タイプの顔料粒子は、第1タイプの顔料粒子及び第2タイプの顔料粒子より大きい、請求項18に記載の方法。

【請求項 24】

第3タイプの顔料粒子は、第1タイプの顔料粒子又は第2タイプの顔料粒子より、約2倍～約50倍大きい、請求項23に記載の方法。

【請求項 25】

ディスプレイが、第1タイプの顔料粒子の色の状態に駆動される前に、振動波形を加えることを更に含む、請求項18に記載の方法。

30

【請求項 26】

振動波形は、多くのサイクルの間に、一組の反対の駆動パルスを繰り返すことからなる、請求項25に記載の方法。

【請求項 27】

第1タイプの顔料粒子の完全な色の状態から、第2タイプの顔料粒子の完全な色の状態に駆動するために、又はその逆のために、必要とされる時間の半分以下の時間、各々の駆動パルスを印加する、請求項25に記載の方法。

【請求項 28】

第3タイプの粒子の色が、視野側で見られ、第1タイプの顔料粒子と、第2タイプの顔料粒子は、視野側と反対側に集まり、第1タイプの顔料粒子の色と、第2タイプの顔料粒子の色との中間色を生ずる、請求項18に記載の方法。

40

【請求項 29】

印加電圧は、第2タイプの粒子と同じ極性を有する、請求項18に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カラーディスプレイデバイス（カラー表示デバイス：color display device）であって、その中で各ディスプレイセルは、高品質カラー状態（又は色状態：color state）を表示することができるカラーディスプレイデバイス、及びそのような電気泳動デ

50

ディスプレイ用の電気泳動流体に向けられている。

【背景技術】

【0002】

カラーディスプレイを達成するために、カラーフィルターがしばしば使用される。最も一般的なアプローチ（又はやり方）は、赤色、緑色及び青色を表示するために、画素（又はピクセル）で構成されたディスプレイの白／黒のサブピクセルのトップにカラーフィルターを付けることである。赤色を所望の場合、緑色と青色のサブピクセルは黒色状態に変えられ、唯一の教示される色は赤色である。黒色を所望の場合、全ての三種のサブピクセルを黒色状態に変える。白色を所望の場合、三種のサブピクセルは各々赤色、緑色及び青色に変えられ、その結果、白色状態が、観察者（見る人又は視聴者）に見られる。

10

【0003】

そのような技術の短所は、各々のサブピクセルは、所望の白色状態の約1/3の反射率を有するので、白色状態は、相当薄暗い。これを補償するために、白色状態及び黒色状態のみを表示可能な第四のサブピクセルを追加することができ、その結果、白色のレベルは、赤色、緑色又は青色レベルの犠牲で二倍になる（ここで、各サブピクセルは、ピクセルの領域の1/4のみである）。より明るい色を、白色ピクセルから光を加えることによって達成することができるが、これは、色域の犠牲で達成され、色が極めて明るく不飽和であることを生ずる。同様の結果を三種のサブピクセルの彩度を減少させることで達成することができる。これらのアプローチを用いたとしても、白色レベルは、通常実質的に、白黒ディスプレイのレベルの半分未満であり、そのことが、十分に読みとり可能な白黒の明るさとコントラストを要する、例えばe-リーダー（e-readers）又はディスプレイなどの、ディスプレイデバイス用に、許容できない選択肢にする。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

発明の要約

本発明は、各ディスプレイセルが高度な飽和色状態（saturated color state）を表示することができるカラーディスプレイデバイスのための現実的な解を提供するのみならず、カラーフィルターの必要性を除去する。

【課題を解決するための手段】

30

【0005】

より具体的には、本発明は、第1タイプの顔料粒子、第2タイプの顔料粒子及び第3タイプの顔料粒子を含む電気泳動流体であって、

それらの粒子の全ては、溶媒又は溶媒混合物に分散され、

（a）第1タイプの顔料粒子と第2タイプの顔料粒子は、反対の極性に帯電し；

（b）第3タイプの顔料粒子は、わずかに帯電し；

（c）三種の顔料粒子は、異なるレベルのしきい電圧、又は異なるレベルの移動性（mobility：モビリティ）、又は両方を有する、電気泳動流体に向けられている。

【0006】

一の態様において、第1タイプの顔料粒子と、第2タイプの顔料粒子は、各々、黒色及び白色である。

40

【0007】

一の態様において、第3タイプの顔料粒子は、白色でも、黒色でもない。

【0008】

一の態様において、第3タイプの顔料粒子は、赤色、緑色、青色、イエロー（又は黄色）、シアン及びマゼンタからなる群から選択される色である。

【0009】

一の態様において、三タイプの顔料粒子は、異なるレベルのしきい電圧を有する。第1タイプと第2タイプの粒子の一方は、しきい電圧を有することができる。第3タイプの粒子は、第1又は第2タイプの粒子より大きくなりえる。第3タイプの粒子は、第1又は第

50

2タイプの粒子より、約2倍～約50倍大きくなりえる。第3タイプの粒子は、しきい電圧を有するタイプの粒子と同じ極性の電荷を帯びることができる。第3タイプの粒子は、第1タイプ又は第2タイプの粒子の電荷強度の50%より小さい電荷レベルを有することができる。

【0010】

一の態様において、三タイプの顔料粒子は、異なるレベルの移動性（又は移動度）を有する。第1タイプの顔料粒子の電荷強度は、第2タイプの顔料粒子の電荷強度の少なくとも約2倍であり得、第3タイプの粒子の電荷強度は、第2タイプの粒子の電荷強度の約50%未満であり得る。第3タイプの粒子は、第1又は第2タイプの粒子より大きくてよい。第3タイプの粒子は、第1又は第2タイプの粒子より約2倍～約50倍大きくてよい。

10

【0011】

一の態様において、本発明の流体は、ディスプレイセルに充填され、共通電極層と画素電極の層との間にサンドイッチされる（又は挟まれる）。ディスプレイセルは、マイクロカップ又はマイクロカップセルであり得る。

【0012】

一の態様において、ディスプレイセルは、画素電極と整列される。他の一の態様では、ディスプレイセルは、画素電極と整列されない。

【0013】

一の態様では、第3タイプの顔料粒子は、全てのディスプレイセルで同じ色である。他の一の態様では、第3タイプの顔料粒子は、ディスプレイセルで異なる色である。

20

【0014】

一の態様において、本発明の流体は、共通電極と画素電極（又はピクセル電極）との間の電位差によって駆動される。他の一の態様において、少なくとも三種の異なるレベルの電位差が共通電極層と画素電極に印加される。

【0015】

一の態様において、第1タイプの顔料粒子、第2タイプの顔料粒子及び第3タイプの顔料粒子を含み、その粒子の全てが溶媒又は溶媒混合物に分散された電気泳動流体で満たされたディスプレイセルを含む電気泳動ディスプレイの駆動方法（driving method）であって、

（a）第1タイプの顔料粒子と第2タイプの顔料粒子は、逆の極性の電荷を帯び；

30

（b）第3タイプの顔料粒子は、第2タイプの顔料粒子と同じ極性の電荷を帯びるが、より強度が小さい；及び

（c）第2タイプの顔料粒子は、しきい電圧を有し、

第2タイプの顔料粒子のしきい電圧と同じ又はより低い電圧を印加することによって、第1タイプの顔料粒子の色の状態（着色状態又はカラー状態：color state）から、第3タイプの顔料粒子の色の状態へ駆動することを含む、駆動方法。

【0016】

一の態様において、印加される電圧は、第2タイプの粒子と同じ極性を有する。

【0017】

一の態様において、方法は、ディスプレイを、第1タイプの顔料粒子の色の状態に駆動する前に、振動波形を印加することを更に含む。

40

【0018】

一の態様において、第3タイプの顔料粒子の色が視野側で見られる場合、第1タイプの粒子及び第2タイプの粒子は、視野側と反対側に集まり、第1タイプの粒子と第2タイプの粒子の色の中間の色を生ずる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1は、本発明の電気泳動ディスプレイデバイスを示す。

【図2】図2は、本発明の一の態様を示す。

【図3】図3は、本発明の一の態様を示す。

50

【図4】図4は、本発明の一の態様を示す。

【図5】図5は、本発明の別の態様を示す。

【図6】図6は、ディスプレイセルが、画素電極と、各々、整列する又は整列していない、二つの選択肢を示す。

【図7】図7は、本発明のフルカラーディスプレイを、如何に実現するかを示す。

【図8】図8は、振動波形（又はシェイキング波形：shaking waveform）の例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明者等は、カラーディスプレイ用の新規な基本概念を提案した。

【0021】

本発明の電気泳動流体は、誘電溶媒又は溶媒混合物中に分散した3タイプの顔料粒子を含む。説明を容易にするために、図1に示すように、白色粒子（11）、黒色粒子（12）及び着色粒子（色粒子又はカラー粒子：color particle）（13）として、3タイプの顔料粒子を参照することができる。しかし、3タイプの顔料粒子が、目視で対照的な色を有する限り、本発明の範囲は、いずれの色の顔料粒子も広範に含むことが理解される。

【0022】

二つの電極層の間にディスプレイ流体は、挟まれる。電極層の一つは、透明電極層（例えば、ITO）である共通電極（又はコモン電極：common electrode）（14）であり、ディスプレイデバイスの上面全体に広がる。他の電極層（15）は、画素電極（15a）の層である。流体によって表示される色の状態（着色状態又はカラーステイト：color state）は、共通電極と画素電極との間に印加される電圧によって決められる。

【0023】

画素電極は、米国特許第7,046,228号に記載されており、その内容は、参照することによって本明細書に組み込まれる。薄膜トランジスタ（TFT）バックプレーン（backplane）を用いるアクティブマトリクス駆動が、画素電極の層のために言及されているが、電極が所望の機能を果たす限り、本発明の範囲は、他のタイプの電極アドレッシング（electrode addressing）を含む。

【0024】

白色粒子（11）について、それらは、無機顔料、例えば、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $ZnO$ 、 $Al_2O_3$ 、 $Sb_2O_3$ 、 $BaSO_4$ 、 $PbSO_4$ などから作ることができる。

【0025】

黒色粒子（12）について、それらは、C.I.ピグメントブラック26又は28など（例えば、マンガンフェライトブラックスピネル又は銅クロマイトブラックスピネル）又はカーボンブラックから作ることができる。

【0026】

第3タイプの顔料粒子は、例えば、赤色（又はレッド）、緑色（又はグリーン）、青色（又はブルー）、マゼンタ、シアン又はイエロー（又は黄色）等の色であってよい。このタイプの粒子のための顔料は、C.I.ピグメントPR254、PR122、PR149、PG36、PG58、PG7、PB28、PB15:3、PY138、PY150、PY155又はPY20を含み得るが、これらに限定されるものではない。それらは、カラーインデックスハンドブックである“New Pigment Application Technology”（CMC Publishing Co, Ltd, 1986）及び“Printing Ink Technology”（CMC Publishing Co, Ltd, 1984）に記載の通常使用される有機顔料である。クラリアント社（Clariant）のホスタパーム（Hostaperm：商品名）Red D3G 70-EDS、ホスタパーム Pink E-EDS、PV fast red D3G、ホスタパーム red D3G 70、ホスタパーム Blue B2G-EDS、ホスタパーム Yellow H4G-EDS、ホスタパーム Green GNX、BASF社 イルガジン（Irgazine）red L 3630、シンクアジア（Cinquasia）Red L 4100 HD、及びイルガジンRed L 3660 HD；サンケミカル社（Sun Chemical）フタロシアニンブルー、フタロシアニングリーン、ジアリライドイエロー（diarylide yellow）又はジアリアイドA A O T イエローを例示できる。

【0027】

10

20

30

40

50

流体中の3タイプの顔料粒子の割合は、様々であり得る。例えば、黒色粒子は、電気泳動流体の約0.1体積% ~ 10体積%であり、好ましくは0.5体積% ~ 5体積%をとり得；白色粒子は、電気泳動流体の約1体積% ~ 50体積%であり、好ましくは5体積% ~ 15体積%をとり得；及び着色粒子は、電気泳動流体の約2体積% ~ 20体積%であり、好ましくは4体積% ~ 10体積%をとり得る。

【0028】

スイッチング速度、画像双安定性及び信頼性等のディスプレイデバイスの性能を向上させるために添加剤として含まれる流体中に他の粒状物質がありえる。

【0029】

3タイプの顔料粒子が分散される溶媒は、無色透明である。高い粒子移動度のために、低粘度で、約2 ~ 約30、好ましくは約2 ~ 約15の範囲の誘電率を有することが好ましい。適切な誘電溶媒の例は、炭化水素、例えば、イソパー (isopar)、デカヒドロナフタレン (デカリン)、5 - エチリデン - 2 - ノルボルネン、脂肪油、パラフィンオイル、シリコン流体、芳香族炭化水素、例えば、トルエン、キシレン、フェニルキシリルエタン、ドデシルベンゼン又はアルキルナフタレン、ハロゲン溶媒、例えば、パーフルオロデカリン、パーフルオロトルエン、パーフルオロキシレン、ジクロロベンゾトリフルオリド、3, 4, 5 - トリクロロベンゾトリフルオリド、クロロペンタフルオロベンゼン、ジクロロノナン又はペンタクロロベンゼン、及びパーフルオロ化 (又は全フッ素置換) 溶媒、例えば、ミネソタ州セントポールの3M社 (3M Company, St. Paul MN) からFC-43, FC-70 又はFC-5060、オレゴン州ポートランドのTCIアメリカ社 (TCI America, Portland, Oregon) から低分子量ハロゲン含有ポリマー、例えば、ポリ (パーフルオロプロピレンオキサイド)、ニュージャージー州リバーエッジのハロカーボンプロダクト社 (Halocarbon Product Corp., River Edge, NJ) からポリ (クロロトリフルオロエチレン)、例えば、ハロカーボンオイル、アウジモント社 (Ausimont) からパーフルオロポリアルキルエーテル、例えば、ガルデン (Galden) 又はデラウェア州のデュポン社 (DuPont, Delaware) からクライトックスオイル及びグリースK - 流体シリーズ、ダウ - コーニング社 (CD-200) からポリジメチルシロキサン系シリコンオイルを含む。

10

20

【0030】

3タイプの顔料粒子の2タイプは、逆の極性の電荷を帯び、第3タイプの顔料粒子は、わずかに (又は少し) 電荷を帯びる。用語「わずかに (又は少し) 電荷を帯びる (又は帯電する) : slightly charged」は、下記のセクションで規定する。

30

【0031】

例えば、黒色粒子が正に帯電している場合、白色粒子は負に帯電しており、着色粒子はわずかに帯電している。言い換えれば、この例では、黒色粒子と白色粒子が帯びる電荷は、着色粒子が帯びる電荷より、強い。

【0032】

更に、わずかに電荷を帯びる第3タイプの粒子は、より強く帯電した他の2つのタイプの粒子のいずれか一つが帯びる電荷の極性と同じ極性の電荷を有する。

【0033】

3つのタイプの顔料粒子は、種々のサイズを有し得る。一の態様において、3つのタイプの顔料粒子の一つは、他の二つのタイプより大きい。

40

【0034】

3つのタイプの顔料粒子の中で、わずかに電荷を帯びる一つのタイプの粒子は、より大きなサイズを有することが好ましいことに注意されたい。

【0035】

例えば、黒色粒子及び白色粒子の両方とも相対的に小さく、それらのサイズ (動的光散乱によって測定される) は、約50nmから約800nm、より好ましくは約200nmから約700nmの範囲であり得、この例では、わずかに電荷を帯びる着色粒子は、黒色粒子及び白色粒子より、好ましくは、約2倍から約50倍、より好ましくは約2倍から約10倍大きい。

50

## 【0036】

本明細書において、用語「しきい電圧」とは、ディスプレイデバイスの視野側（視界側又は表示側）に顔料粒子が現れることを生じさせること無く、一群の顔料粒子に印加することができる最大のバイアス電圧として定義される。用語「視野側（viewing side）」とは、観察者（見る人：viewer）によって画像が見られるディスプレイデバイスの側をいう。

## 【0037】

本発明では、3つのタイプの顔料粒子の少なくとも一種は、トランソングル電圧駆動テスト下、しきい電圧を示し得る。

## 【0038】

しきい電圧は、帯電顔料粒子の固有の性質又は添加剤誘起性質（又は添加剤によって誘起される性質：additive-induced property）である。

## 【0039】

前者の場合、粒子間又は粒子とある基材表面との間のある引力に依存して、しきい電圧は生ずる。しきい電圧は、逆の極性の電荷を帯びた2タイプの粒子の相互作用によって、生じ得る。

## 【0040】

後者の場合、しきい電圧を達成するために、電気泳動流体のしきい値特性を誘起し又は向上するしきい剤（threshold agent）を添加することができる。しきい剤は、電気泳動流体の溶媒又は溶媒混合物中に溶解可能又は分散可能で、電荷を帯びた顔料粒子と逆の電荷を帯びる又は誘起するいずれの材料であってよい。しきい剤は、印加電圧の変化に敏感であっても敏感で無くともよい。用語「しきい剤」は、染料（又は色素）又は顔料、電解質又は高分子電解質（polyelectrolytes）、ポリマー、オリゴマー、界面活性剤、電荷制御剤などを広範に含み得る。

## 【0041】

しきい剤に関する更なる情報は、米国特許第8,115,729号にみることができる。その内容は、参照することで、本明細書に組み込まれる。

## 【0042】

以下は、本発明を説明する例である。

## 【実施例】

## 【0043】

## 例1(a)

この例は、図2に示す。黒色粒子(22)は、5Vのしきい電圧を有すると仮定する。従って、黒色粒子(22)は、もし、印加電位差が5V以下ならば、視野側（視界側又は表示側：viewing side）に移動しないであろう。

## 【0044】

白色顔料粒子(21)は、負に帯電し、黒色顔料粒子(22)は、正に帯電し、両方のタイプの顔料粒子は、着色粒子（色粒子又はカラー粒子：color particle）(23)より小さい。

## 【0045】

着色粒子(23)は、しきい電圧を有する黒色粒子と同じ極性の電荷を帯びるが、わずかに（又は少し）電荷を帯びる。用語「わずかに（又は少し）電荷を帯びる（又は帯電する）：slightly charged」は、粒子の電荷のレベルが、黒色粒子又は白色粒子の電荷の強さの約50%より低く、好ましくは約5%から約30%であることを意図する。その結果、印加電位差が、黒色粒子のしきい電圧より高い場合、黒色粒子が帯びるより強い電荷強度のために、黒色粒子は、着色粒子(23)より速く移動する。

## 【0046】

図2aでは、印加電位差が+15Vである。この場合、白色粒子(21)は、移動して画素電極(25)に又はその近傍に存在し、黒色粒子(22)と着色粒子(23)は、移動して共通電極(24)に又はその近傍に存在する。その結果、視野側で黒色が見られる

10

20

30

40

50

。着色粒子(23)は、共通電極(24)の方に移動するが、それらのより低い電荷強度とより大きなサイズのために、それらは、黒色粒子より遅く移動する。

【0047】

図2bでは、-15Vの電位差を印加する場合、白色粒子(21)は、移動して共通電極(24)に又はその近傍に存在し、黒色粒子と着色粒子は、移動して画素電極(25)に又はその近傍に存在する。その結果、視野側で、白色が見られる。

【0048】

着色粒子(23)は、それらも正の電荷を帯びているので、画素電極の方に移動するが、より低い電荷強度及びより大きいサイズのために、黒色粒子より遅く移動する。

【0049】

図2cでは、印加電位差は、+5Vに変わる。この場合、負に帯電した白色粒子(21)は、画素電極(25)の方に移動する。黒色粒子(22)は、そのしきい電圧が5Vなので、ほとんど動かない。着色粒子(23)は、顕著なしきい電圧を有さないという事実から、移動して共通電極(24)に又はその近傍に存在し、その結果、視野側で着色粒子の色が見られる。

【0050】

図2bの白色状態から、図2cの着色状態(色の状態又はカラー状態: color state)への駆動は、次のように要約することができる:

【0051】

第1タイプの顔料粒子、第2タイプの顔料粒子及び第3タイプの顔料粒子を含み、それらの全ては、溶媒又は溶媒混合物に分散される電気泳動流体で満たされたディスプレイセルを含む電気泳動ディスプレイの駆動方法であって、

(a) 第1タイプの顔料粒子と第2タイプの顔料粒子は、反対の極性の電荷を帯び;

(b) 第3タイプの顔料粒子は、第2タイプの顔料粒子と同じ極性の電荷を有するが、より低強度であり;

(c) 第2タイプの顔料粒子は、しきい電圧を有し、

第1タイプの顔料粒子の色の状態から、第3タイプの顔料の色の状態に、第2タイプの顔料粒子のしきい電圧と同じ又はそれより低い電圧を印加することによって駆動することを含む、電気泳動ディスプレイの駆動方法。

【0052】

この方法では、図2に示すように、第1タイプの顔料粒子(21)は、白色であり、第2タイプの顔料粒子(22)は、黒色であり、第3タイプの顔料粒子(23)は、赤色である。

【0053】

第3タイプの顔料の着色状態、即ち、赤色にディスプレイを駆動するために(図2c参照)、第1タイプの顔料の色の状態から(図2b参照)、方法は開始する。

【0054】

図2bでは、第1タイプの顔料粒子(即ち、白色)は、共通電極(24)に、又はその近傍に存在し、第2及び第3タイプの顔料粒子(即ち、黒色及び赤色)は、画素電極(25)に又はその近傍に存在する。第2タイプの顔料粒子(即ち、黒色)のしきい電圧と同じ又はより低い電圧を印加すると、第1タイプの顔料粒子(即ち、白色)は、下方に下がり、第3タイプの顔料粒子(即ち、赤色)は、共通電極(24)の方に上がり、視野側に到達し、そして、第2タイプの顔料粒子(即ち、黒色)は、そのしきい電圧のために、ほとんど移動しない。

【0055】

この状況で、第3タイプの粒子の色が視野側で見られる場合、他の二つのタイプの粒子は、非視野側(視野側と反対側)で、混合され、その結果、第1タイプの粒子の色と第2タイプの粒子の色の間の中間色状態を生ずる。もし、第1及び第2タイプの粒子が、黒色と白色で有り、第3タイプの粒子が赤色である場合、図2(c)のように、赤色が視野側で見られる場合、灰色が非視野側で見られる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 6 】

図 2 c の状況で、駆動方法は、理想的には、色の明度（即ち、黒色粒子が見えることを防止する）及び色の純度（即ち、白色粒子が見えることを防止する）の両方を確保するであろう。しかし、現実的には、この望ましい結果は、粒子サイズ分布、粒子電荷分布及び他の要因を含む、種々の理由のために、制御することが困難である。

## 【 0 0 5 7 】

これに対する一つの解は、第 1 タイプの顔料粒子の色の状態（即ち、白色）から、第 3 タイプの顔料粒子の色の状態（即ち、赤色）に、駆動する前に、振動波形（shaking waveform）を使用することである。振動波形は、多くのサイクルの間に一組の反対の駆動パルスを繰り返すことからなる。例えば、振動波形は、20 msec の間に +15 V のパルス及び 20 msec の間に -15 V のパルスからなり得、そのような一組のパルスが、50 回繰り返される。そのような振動波形の合計の時間は、2000 msec であろう（図 8 参照）。

10

## 【 0 0 5 8 】

実際のところ、少なくとも 10 回の繰り返し（即ち、10 組の正のパルスと負のパルス）であり得る。

## 【 0 0 5 9 】

駆動電圧を印加する前に、光学（又は視覚的）状態（黒色、白色又は赤色）にかかわらず、振動波形をディスプレイに印加することができる。振動波形を印加した後、光学状態は純粋な白色、純粋な黒色又は純粋な赤色では無いであろう。そのかわり、着色状態は、3 タイプの顔料粒子の混合物からのものである。

20

## 【 0 0 6 0 】

上述の方法のために、振動波形を第 1 タイプの顔料粒子の着色状態（即ち、白色）にディスプレイを駆動する前に印加する。この印加した振動波形を用いると、白色状態は、振動波形を用いない場合とたとえある程度同様であっても、第 3 タイプの顔料粒子の着色状態（即ち、赤色）は、振動波形を用いない場合より、色の明度と色の純度の両方に関して、著しく良好である。このことは、赤色粒子から黒色粒子の分離と同様、赤色粒子から白色粒子のより良好な分離を示す。

## 【 0 0 6 1 】

振動波形中の各々の駆動パルスを、完全な黒色の状態（full black state）から完全な白色の状態（full white state）に、要する駆動時間の 50% を超えない（又は 30%、10% 又は 5% を超えない）時間、印加する。例えば、もし、完全黒色状態から完全白色状態に又は逆にディスプレイデバイスを駆動するために 300 msec 要するならば、振動波形は、正の及び負のパルスからなり、各々 150 msec 以下の時間印加され得る。実際、パルスはより短い方が好ましい。

30

## 【 0 0 6 2 】

例 1 (b)

図 3 に示すような別の設計において、白色粒子 (31) は、5 V のしきい電圧を有すると仮定する。従って、白色粒子 (31) は、もし印加電位差が 5 V 以下であれば、視野側に移動しないであろう。

40

## 【 0 0 6 3 】

白色顔料粒子 (31) は、負の電荷を帯び、黒色顔料粒子 (32) は、正の電荷を帯び、両方のタイプの顔料粒子は、着色粒子（色粒子又はカラー粒子：color particle）(33) より小さい。

## 【 0 0 6 4 】

着色粒子 (33) は、しきい電圧を有する白色粒子と同じ極性の電荷を帯びるが、わずかに（又は少し）電荷を帯びる。用語「わずかに（又は少し）電荷を帯びる（又は帯電する）：slightly charged」とは、上述の例 1 (a) で規定した通りである。その結果、白色粒子のしきい電圧より印加電位差がより高い場合、より強い電荷強度を帯びているので、白色粒子は着色粒子 (33) より速く動く。

50

## 【 0 0 6 5 】

図 3 a において、印加電位差は - 1 5 V である。この場合、黒色粒子 ( 3 2 ) は、移動して画素電極 ( 3 5 ) に又はその近傍に存在し、白色粒子 ( 3 1 ) 及び着色粒子 ( 3 3 ) は、移動して共通電極 ( 3 4 ) に又はその近傍に存在する。その結果、視野側で白色が見られる。着色粒子 ( 3 3 ) は、共通電極 ( 3 4 ) の方に移動するが、それらの低い電荷強度とより大きなサイズのため、それらは、白色粒子より遅く移動する。

## 【 0 0 6 6 】

図 3 b において、+ 1 5 V の電位差を印加すると、白色粒子 ( 3 1 ) は、移動して画素電極 ( 3 5 ) に又はその近傍に存在し、黒色粒子は、移動して共通電極 ( 3 4 ) に又はその近傍に存在する。その結果、視野側で黒色が見られる。

10

## 【 0 0 6 7 】

着色粒子 ( 3 3 ) は、負の電荷を帯びるので、画素電極の方に移動する。しかし、それらの低い電荷強度とより大きなサイズのため、それらは、白色粒子より遅く移動する。

## 【 0 0 6 8 】

図 3 c において、印加電位差は - 5 V に変わった。この場合、正に帯電した黒色粒子 ( 3 2 ) は、画素電極 ( 3 5 ) の方に移動する。白色粒子 ( 3 2 ) は、5 V のしきい電圧のために、ほとんど移動しない。着色粒子 ( 3 3 ) は顕著なしきい電圧を有さないという事実のために、それらは、共通電極 ( 3 4 ) に又はその近傍に移動し、その結果、着色粒子の色が視野側から見られる。

20

## 【 0 0 6 9 】

例 1 ( c )

図 4 に示すように、しきい電圧を有する着色粒子 ( 色粒子又はカラー粒子 : color particle ) を含むこともできる。この場合、印加電位差が 5 V 以下であるならば、着色粒子 ( 4 3 ) は、視野側に移動しないであろう。

## 【 0 0 7 0 】

黒色顔料粒子 ( 4 2 ) は、負に帯電し、着色顔料粒子 ( 4 3 ) は、正に帯電し、両方のタイプの顔料粒子は、白色粒子 ( 4 1 ) より小さい。

## 【 0 0 7 1 】

白色粒子 ( 4 1 ) は、しきい電圧を有する着色粒子と同じ極性の電荷を帯びるが、わずかに ( 又は少し ) 電荷を帯びる。用語「わずかに ( 又は少し ) 電荷を帯びる ( 又は帯電する ) : slightly charged」は、上述の例 1 ( a ) で規定した通りである。その結果、着色粒子のしきい電圧より印加電位差がより高い場合、より強い電荷強度を帯びるので、着色粒子は白色粒子 ( 4 1 ) より速く動く。

30

## 【 0 0 7 2 】

図 4 a において、印加電位差は + 1 5 V である。この場合、黒色粒子 ( 4 2 ) は、移動して画素電極 ( 4 5 ) に又はその近傍に存在し、白色粒子 ( 4 1 ) 及び着色粒子 ( 4 3 ) は、移動して共通電極 ( 4 4 ) に又はその近傍に存在する。その結果、視野側で着色粒子の色が見られる。白色粒子 ( 4 1 ) は、共通電極 ( 4 4 ) の方に移動するが、それらの低い電荷強度とより大きなサイズのため、それらは、着色粒子より遅く移動する。

40

## 【 0 0 7 3 】

図 4 b において、- 1 5 V の電位差を印加する場合、着色粒子 ( 4 3 ) は、移動して画素電極 ( 4 5 ) に又はその近傍に存在し、黒色粒子は、移動して共通電極 ( 4 4 ) に又はその近傍に存在する。その結果、視野側で黒色が見られる。

## 【 0 0 7 4 】

白色粒子 ( 4 1 ) は、正に帯電しているので、画素電極の方に移動する。しかし、それらの低い電荷強度とより大きなサイズのため、それらは、着色粒子より遅く移動する。

## 【 0 0 7 5 】

図 4 c において、印加電位差は + 5 V に変わった。この場合、負に帯電した黒色粒子 ( 4 2 ) は、画素電極 ( 4 5 ) の方に移動する。着色粒子 ( 4 3 ) は、5 V のしきい電圧のために、ほとんど移動しない。白色粒子 ( 4 1 ) は顕著なしきい電圧を有さないという事

50

実のために、それらは、移動して共通電極（４４）に又はその近傍に存在し、その結果、白色が視野側から見える。

【００７６】

本発明の他の態様において、全ての３つのタイプの顔料粒子は、異なるレベルの電荷強度を有し、従って、異なるレベルの移動度（又は移動性）を有する。

【００７７】

例えば、第１及び第２タイプの粒子は、逆の極性の電荷を帯びる、そして第１タイプの粒子の電荷強度は、第２タイプの粒子の電荷強度の、少なくとも約２倍、好ましくは約３倍～約１５倍であり、又はその逆である。第３タイプの粒子の電荷強度は、第１又は第２タイプの粒子の、どちらかより小さい電荷強度を有する粒子の電荷強度の、約５０％より小さく、好ましくは約５％～約３０％である。具体的な例では、もし黒色粒子が白色粒子の２倍の電荷強度を有するならば、着色粒子は白色粒子の電荷強度の５０％より小さい電荷強度を有しえる。

10

【００７８】

最も小さい電荷強度を帯びる粒子が、他の二つのタイプの粒子より大きいことが好ましい。

【００７９】

異なるレベルの電荷強度のために、三タイプの顔料粒子は、異なるレベルの移動性を有するであろう。電荷強度が高いほど、粒子はより速く移動する。下記の例は、本発明のこの態様を説明する。

20

【００８０】

例２

この例を、図５に示す。黒色粒子（５２）の電荷強度は、白色粒子（５１）の２倍の電荷強度であり、従って、黒色粒子は白色粒子より２倍速く移動すると仮定する。着色粒子（５３）は、白色粒子の５０％の電荷強度より小さい電荷強度を有する。

【００８１】

従って、黒色粒子が共通電極と画素電極の間（ $d$ ）を移動するために駆動時間  $t$  を要し、同じ距離  $d$  を移動するために、白色粒子は  $2t$  要し、着色粒子は少なくとも  $4t$  要す。

【００８２】

更に、黒色粒子は正に帯電し、白色粒子は負に帯電している。着色粒子は、最も大きな強度を有する粒子、即ち、この場合は黒色粒子、と同じ極性の電荷を帯びる。

30

【００８３】

図５aにおいて、負の電位差を、共通電極（５４）と画素電極（５５）に印加する場合、 $2t$ の駆動時間後、白色顔料粒子（５１）は共通電極（即ち、視野側）に又はその近傍に存在し、黒色顔料粒子（５２）は、画素電極に又はその近傍に存在するであろう。その結果、白色状態が見られる。着色粒子（５３）は、より大きなサイズ及びより低い電荷強度/より低い移動度のために、少し移動するであろう。更に、正に帯電しているので、画素電極（５５）の方に移動するであろう。

【００８４】

図５bにおいて、正の電位差を、共通電極（５４）と画素電極（５５）に印加する場合、 $2t$ の駆動時間後、黒色顔料粒子（５２）は共通電極に又はその近傍に存在し、白色顔料粒子（５１）は、画素電極に又はその近傍に存在するであろう。その結果、黒色状態が見られる。

40

【００８５】

低電荷強度及び低移動性のため、着色粒子は、ほとんど移動しないであろう。黒色粒子と着色粒子は同じ極性の電荷を帯びているが、黒色粒子は、より高い電荷強度とよりサイズが小さいので、移動して共通電極のより近くに存在するであろう。

【００８６】

図５cのステップの前に、白色粒子は画素電極（５５）に又はその近傍に存在し、黒色粒子と着色粒子は共通電極（５４）に又はその近傍に存在することが好ましい。図５cに

50

において、共通電極（54）と画素電極（55）の間に、負の電位差を印加すると、駆動時間  $t$  の後、底部の白色粒子（51）は、共通電極と画素電極の間の領域、およそ中間レベルの領域に移動し、一方、黒色粒子（52）は、全部の距離  $d$  を移動して、画素電極に又はその近傍に存在するであろう。着色粒子は、下方に短い距離を移動するであろうが、共通電極のより近くにとどまるであろう。その結果、着色粒子（53）の色が視野側で見られる。

【0087】

この例で示すように、三つの光学状態の間のスイッチングは、従って、駆動タイムフレーム（又は時間：driving time frame）、駆動強度（又は駆動の大きさ：driving amplitude）又はその両方を制御することによって達成することができる。

10

【0088】

この例でより大きくより遅く移動する粒子は、着色粒子である。しかし、設計は、ニーズに応じて種々変わり得る。黒色又は白色粒子を、より大きくより遅く移動する粒子にすることも可能である。

【0089】

電気泳動ディスプレイデバイスの電気泳動流体は、ディスプレイセル内に満たされる。ディスプレイセルは、米国特許第6,930,818に記載されたようなマイクロカップでありえる。その内容は、参照することによって本明細書に組み込まれる。ディスプレイセルは、形状やサイズにかかわらず、他のタイプのマイクロコンテナ、例えば、マイクロカプセル、マイクロチャンネル又は均等物でもありえる。これらの全ては、本願発明の範囲内にある。

20

【0090】

本発明の一の態様において、本発明の電気泳動流体を使用するディスプレイデバイスは、ハイライト（高光量又は高照度：high-light）ディスプレイデバイスであり、この態様において、着色粒子は、全てのディスプレイセル内で同じ色である。各ディスプレイセルは、そのようなハイライトディスプレイデバイス内で画素になるであろう。更に、図6に示すように、ディスプレイセルは、画素電極と整列することができ（図6a参照）、又は画素電極と整列しないこともできる（図6b参照）。

【0091】

もう一つの態様において、本発明の電気泳動流体を用いるディスプレイデバイスは、多色（マルチカラー）ディスプレイデバイスでありえる。この態様において、着色粒子は、ディスプレイセルで色が異なる。この態様において、ディスプレイセルと画素電極は整列している。

30

【0092】

図7は、本発明のディスプレイデバイスを用いて、如何に多色を表示するかを示す。各々のディスプレイセルは、サブピクセル（sub-pixel）を意味し、各々のサブピクセルは、三つのサブピクセルを有する。三つのディスプレイセルは、各々サブピクセルを意味し、第3タイプの顔料粒子が、各々、赤色、緑色及び青色である本発明の電気泳動流体で満たされている。

【0093】

図7aにおいて、白色の画素を要する場合、全ての三つのサブピクセルは白色状態に変えられる。図7bにおいて、黒色の画素を要する場合、全ての三つのサブピクセルは黒色状態に変えられる。図7cにおいて、赤色の画素を要する場合、サブピクセルの一つは赤色に変えられ、残りの二つのサブピクセルは最大の彩度のために黒色状態に変えられる。同様に、図7d及び図7eは、各々緑色及び青色を表示する。別法では、図7c、7d及び7eにおいて、サブピクセルの一つが、着色状態に駆動され、残りの二つは最大の明度（又は光度）のために（彩度を犠牲にして）白色状態に駆動される。更に、別法では、図7c、7d及び7eにおいて、サブピクセルの一つが、着色状態に駆動され、残りの二つのサブピクセルは、各々黒色状態と白色状態に駆動される。

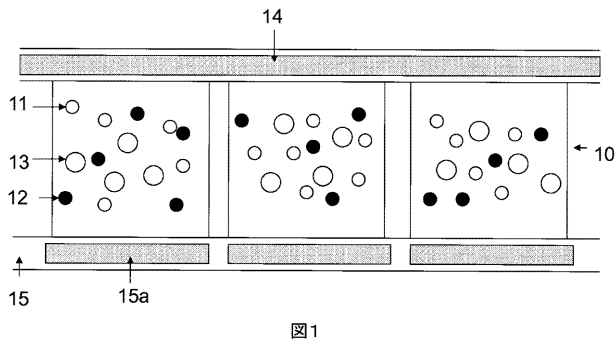
40

【0094】

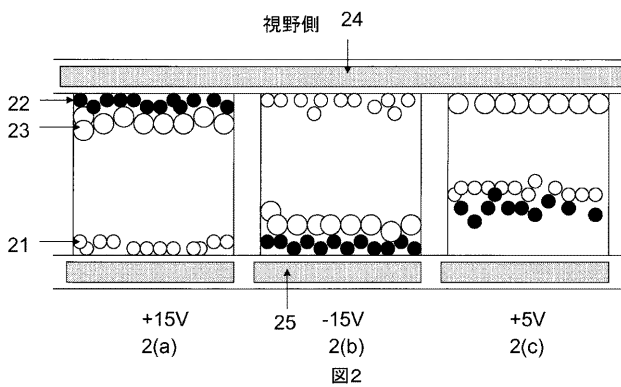
50

本発明を、その具体的な態様を参照して説明したが、本発明の真の精神及び範囲から離れることなく、種々の変更が可能であり、均等物で置き換え可能であることを、当業者であれば、理解されるべきである。更に、本発明の目的及び範囲に、特定の状況、材料、組成物、プロセス、プロセスの工程又は複数の工程を適合させるために、多くの変更が可能である。全てのそのような変更は添付された特許請求の範囲内にあるように意図される。

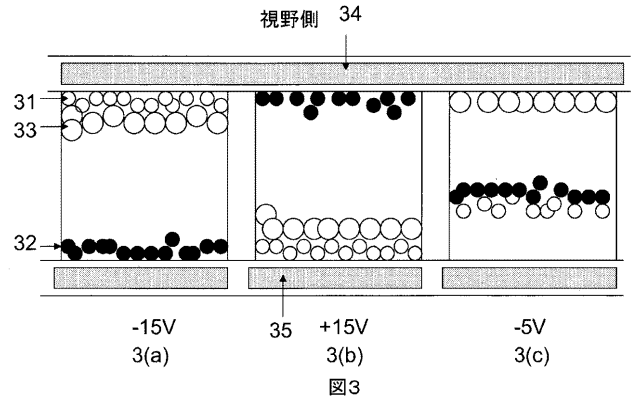
【 図 1 】



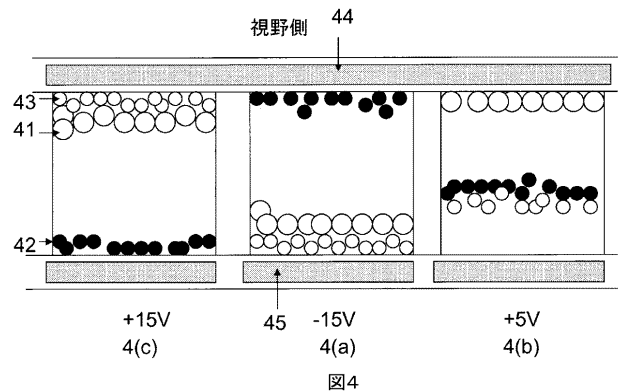
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

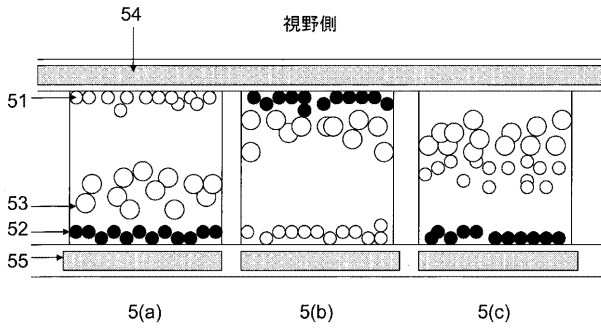


図5

【 図 6 】

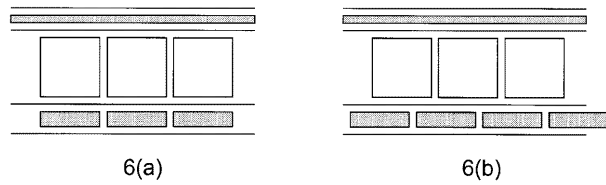


図6

【 図 7 】

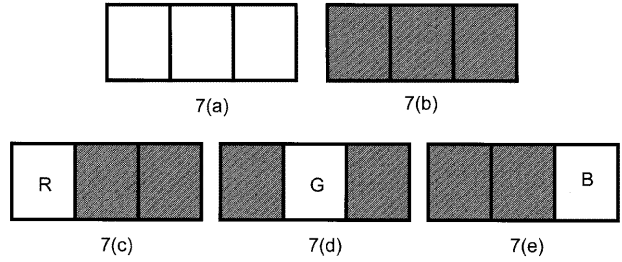


図7

【 図 8 】

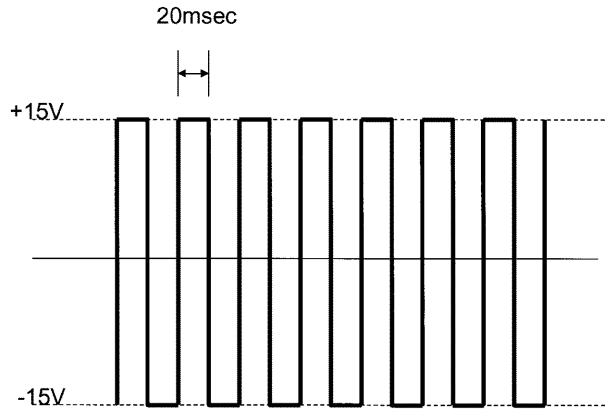


図8

【 手続補正書 】

【 提出日 】平成29年3月6日 (2017.3.6)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】全文

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

電気泳動流体で満たされるディスプレイセルを含むディスプレイデバイスであって、ディスプレイセルは、共通電極層と画素電極層との間に挟まれ、

電気泳動流体は、第 1 タイプの顔料粒子、第 2 タイプの顔料粒子及び第 3 タイプの顔料粒子を含み、それらの全ては、溶媒又は溶媒混合物に分散され、

( a ) 第 1 タイプの顔料粒子と第 2 タイプの顔料粒子は、反対の極性の電荷を帯び ;

( b ) 第 3 タイプの顔料粒子は、第 2 タイプの顔料粒子と同じ極性の電荷を帯びるが、より強度が低く ;

( c ) 第 2 タイプの顔料粒子は、しきい電圧を有し ; 及び

( d ) 第 1 タイプの顔料粒子の色が共通電極で表示される場合、第 2 タイプの顔料粒子のしきい電圧と同じ又は低い電圧を電気泳動流体に印加すると、共通電極で第 3 タイプの顔料粒子の色を表示し、及び画素電極で第 1 タイプの顔料粒子の色と第 2 タイプの顔料粒子の色の間の中間色を表示する、ディスプレイデバイス。

【 請求項 2 】

第 1 タイプの顔料粒子と、第 2 タイプの顔料粒子は、各々、黒色及び白色である、請求項 1 に記載のディスプレイデバイス。

【 請求項 3 】

第3タイプの顔料粒子は、白色でも、黒色でもない、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項4】

第3タイプの顔料粒子は、赤色、緑色及び青色からなる群から選択される色である、請求項3に記載のディスプレイデバイス。

【請求項5】

第3タイプの顔料粒子は、第1タイプの顔料粒子又は第2タイプの顔料粒子より大きい、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項6】

第3タイプの顔料粒子は、第1タイプの顔料粒子又は第2タイプの顔料粒子より、約2倍～約50倍大きい、請求項5に記載のディスプレイデバイス。

【請求項7】

第3タイプの顔料粒子は、第1タイプの顔料粒子又は第2タイプの顔料粒子の電荷強度の約50%より小さい電荷レベルを有する、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項8】

しきい電圧は、反対の電荷を帯びる粒子の相互作用による、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項9】

ディスプレイセルは、マイクロカップである、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項10】

ディスプレイセルは、マイクロカプセルである、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項11】

ディスプレイセルは、画素電極と整列する、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項12】

ディスプレイセルは、画素電極と整列しない、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項13】

第3タイプの顔料粒子は、全てのディスプレイセルで同色である、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項14】

第3タイプの顔料粒子は、ディスプレイセルで異なる色である、請求項1に記載のディスプレイデバイス。

【請求項15】

電気泳動流体で満たされるディスプレイセルを含むディスプレイデバイスを駆動する、駆動方法であって、

ディスプレイセルは、共通電極層と画素電極層との間に挟まれ、

電気泳動流体は、第1タイプの顔料粒子、第2タイプの顔料粒子及び第3タイプの顔料粒子を含み、それらの全ては、溶媒又は溶媒混合物に分散され、

(a) 第1タイプの顔料粒子と第2タイプの顔料粒子は、反対の極性の電荷を帯び；

(b) 第3タイプの顔料粒子は、第2タイプの顔料粒子と同じ極性の電荷を帯びるが、より強度が低く；及び

(c) 第2タイプの顔料粒子は、しきい電圧を有し、

駆動方法は、

(i) 共通電極で第1タイプの顔料粒子の色の状態に電気泳動流体を駆動すること；及び

(ii) 第2タイプの顔料粒子のしきい電圧と同じ又は低い電圧を電気泳動流体に印加して、そのことによって、共通電極で第3タイプの顔料粒子の色の表示を生ずること、及び画素電極で第1タイプの顔料粒子の色と第2タイプの顔料粒子の色との中間色の表示を生

ずること

を含む、ディスプレイデバイスの駆動方法。

## 【請求項 16】

第1タイプの顔料粒子と、第2タイプの顔料粒子は、各々、黒色及び白色である、請求項 15 に記載の方法。

## 【請求項 17】

第3タイプの顔料粒子は、白色でも、黒色でもない、請求項 15 に記載の方法。

## 【請求項 18】

第3タイプの顔料粒子は、赤色、緑色、青色、イエロー、シアン及びマゼンタからなる群から選択される色である、請求項 17 に記載の方法。

## 【請求項 19】

第3タイプの顔料粒子は、第1タイプの顔料粒子又は第2タイプの顔料粒子の電荷強度の50%より小さい電荷レベルを有する、請求項 15 に記載の方法。

## 【請求項 20】

第3タイプの顔料粒子は、第1タイプの顔料粒子及び第2タイプの顔料粒子より大きい、請求項 15 に記載の方法。

## 【請求項 21】

第3タイプの顔料粒子は、第1タイプの顔料粒子又は第2タイプの顔料粒子より、約2倍～約50倍大きい、請求項 20 に記載の方法。

## 【請求項 22】

ディスプレイが、第1タイプの顔料粒子の色の状態に駆動される前に、振動波形を加えることを更に含む、請求項 15 に記載の方法。

## 【請求項 23】

第1タイプの顔料粒子の完全な色の状態から、第2タイプの顔料粒子の完全な色の状態に駆動するために、又はその逆のために、必要とされる時間の半分以下の時間、各々の駆動パルスを印加する、請求項 22 に記載の方法。

## 【請求項 24】

第3タイプの顔料粒子の色が、視野側で見られ、第1タイプの顔料粒子と、第2タイプの顔料粒子は、視野側と反対側に集まり、第1タイプの顔料粒子の色と、第2タイプの顔料粒子の色との中間色を生ずる、請求項 15 に記載の方法。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0094

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0094】

本発明を、その具体的な態様を参照して説明したが、本発明の真の精神及び範囲から離れることなく、種々の変更が可能であり、均等物で置き換え可能であることを、当業者であれば、理解されるべきである。更に、本発明の目的及び範囲に、特定の状況、材料、組成物、プロセス、プロセスの工程又は複数の工程を適合させるために、多くの変更が可能である。全てのそのような変更は添付された特許請求の範囲内にあるように意図される。

本明細書には、下記態様が含まれる。

1. 第1タイプの顔料粒子、第2タイプの顔料粒子及び第3タイプの顔料粒子を含む電気泳動流体であって、それらの全ては、溶媒又は溶媒混合物に分散され、

(a) 第1タイプの顔料粒子と第2タイプの顔料粒子は、反対の極性の電荷を帯び；

(b) 第3タイプの顔料粒子は、第2タイプの顔料粒子と同じ極性の電荷を帯びるが、より強度が低く；

(c) 第2タイプの顔料粒子は、しきい電圧を有する、電気泳動流体。

2. 第1タイプの顔料粒子と、第2タイプの顔料粒子は、各々、黒色及び白色である

、上記 1 に記載の電気泳動流体。

3 . 第 3 タイプの顔料粒子は、白色でも、黒色でもない、上記 1 に記載の電気泳動流体。

4 . 第 3 タイプの顔料粒子は、赤色、緑色及び青色からなる群から選択される色である、上記 3 に記載の電気泳動流体。

5 . 第 3 タイプの顔料粒子は、第 1 タイプの顔料粒子又は第 2 タイプの顔料粒子より大きい、上記 1 に記載の電気泳動流体。

6 . 第 3 タイプの顔料粒子は、第 1 タイプの顔料粒子又は第 2 タイプの顔料粒子より、約 2 倍～約 50 倍大きい、上記 5 に記載の電気泳動流体。

7 . 第 3 タイプの顔料粒子は、第 1 タイプの顔料粒子又は第 2 タイプの顔料粒子の電荷強度の約 50 % より小さい電荷レベルを有する、上記 1 に記載の電気泳動流体。

8 . しきい電圧は、第 2 タイプの顔料粒子の固有の特性である、上記 1 に記載の電気泳動流体。

9 . しきい電圧は、添加剤によって誘起される性質である、上記 1 に記載の電気泳動流体。

10 . しきい電圧は、反対の電荷を帯びる粒子の相互作用による、上記 1 に記載の電気泳動流体。

11 . 上記 1 に記載の流体で満たされるディスプレイセルを含むディスプレイデバイスであって、

共通電極層と画素電極層との間に、ディスプレイセルが挟まれる、ディスプレイデバイス。

12 . ディスプレイセルは、マイクロカップである、上記 11 に記載のディスプレイデバイス。

13 . ディスプレイセルは、マイクロカップセルである、上記 11 に記載のディスプレイデバイス。

14 . ディスプレイセルは、画素電極と整列する、上記 11 に記載のディスプレイデバイス。

15 . ディスプレイセルは、画素電極と整列しない、上記 11 に記載のディスプレイデバイス。

16 . 第 3 タイプの顔料粒子は、全てのディスプレイセルで同色である、上記 11 に記載のディスプレイデバイス。

17 . 第 3 タイプの顔料粒子は、ディスプレイセルで異なる色である、上記 11 に記載のディスプレイデバイス。

18 . 第 2 タイプの顔料粒子のしきい電圧と同じ又は低い電圧を印加することによって、第 1 タイプの顔料粒子の色の状態から、第 3 タイプの顔料粒子の色の状態に駆動することを含む、上記 11 に記載のディスプレイデバイスの駆動方法。

19 . 第 1 タイプの顔料粒子と、第 2 タイプの顔料粒子は、各々、黒色及び白色である、上記 18 に記載の方法。

20 . 第 3 タイプの顔料粒子は、白色でも、黒色でもない、上記 18 に記載の方法。

21 . 第 3 タイプの顔料粒子は、赤色、緑色、青色、イエロー、シアン及びマゼンタからなる群から選択される色である、上記 20 に記載の方法。

22 . 第 3 タイプの顔料粒子は、第 1 タイプの顔料粒子又は第 2 タイプの顔料粒子の電荷強度の 50 % より小さい電荷レベルを有する、上記 18 に記載の方法。

23 . 第 3 タイプの顔料粒子は、第 1 タイプの顔料粒子及び第 2 タイプの顔料粒子より大きい、上記 18 に記載の方法。

24 . 第 3 タイプの顔料粒子は、第 1 タイプの顔料粒子又は第 2 タイプの顔料粒子より、約 2 倍～約 50 倍大きい、上記 23 に記載の方法。

25 . ディスプレイが、第 1 タイプの顔料粒子の色の状態に駆動される前に、振動波形を加えることを更に含む、上記 18 に記載の方法。

26 . 振動波形は、多くのサイクルの間に、一組の反対の駆動パルスを繰り返すこと

からなる、上記 2 5 に記載の方法。

27. 第 1 タイプの顔料粒子の完全な色の状態から、第 2 タイプの顔料粒子の完全な色の状態に駆動するために、又はその逆のために、必要とされる時間の半分以下の時間、各々の駆動パルスを印加する、上記 2 5 に記載の方法。

28. 第 3 タイプの顔料粒子の色が、視野側で見られ、第 1 タイプの顔料粒子と、第 2 タイプの顔料粒子は、視野側と反対側に集まり、第 1 タイプの顔料粒子の色と、第 2 タイプの顔料粒子の色の間色を生ずる、上記 1 8 に記載の方法。

29. 印加電圧は、第 2 タイプの顔料粒子と同じ極性を有する、上記 1 8 に記載の方法。

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
	G 0 9 G    3/20    6 4 1 C	
	G 0 9 G    3/20    6 2 1 B	
	G 0 9 G    3/20    6 2 1 A	

(72)発明者 ワン・ミン  
アメリカ合衆国 9 4 5 3 6 カリフォルニア州フレモント、マジエラン・ドライブ 3 6 0 3 6 番

(72)発明者 リ・ユー  
アメリカ合衆国 9 4 5 3 8 カリフォルニア州フレモント、ビッドウェル・ドライブ 4 4 2 5 番、アパートメント 1 1 0 5

(72)発明者 ドウ・ホイ  
アメリカ合衆国 9 5 0 3 5 カリフォルニア州ミルピタス、クローサー・ドライブ 7 3 0 番

(72)発明者 シャオジア・ジャン  
アメリカ合衆国 9 4 5 3 9 カリフォルニア州フレモント、ガレゴス・テラス 7 2 5 番

(72)発明者 クレイグ・リン  
アメリカ合衆国 9 5 1 3 1 カリフォルニア州サンノゼ、イーグル・ポイント・ランディング 1 2 9 6 番

F ターム (参考) 2K101 AA04 BA02 BB22 BB44 BB54 BB58 BB64 BB96 BC02 BD21  
BD61 BE06 BE26 BE32 BE61 BE71 EC12 EC22 ED25 ED35  
EE02  
5C080 AA13 AA16 BB05 CC03 DD03 EE28 FF02 FF03 FF11 JJ04  
JJ06 KK07

【 外国語明細書 】

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

## COLOR DISPLAY DEVICE

### Field of the Invention

5           The present invention is directed to a color display device in which each display cell can display high quality color states, and an electrophoretic fluid for such an electrophoretic display.

### Background of the Invention

10

In order to achieve a color display, color filters are often used. The most common approach is to add color filters on top of black/white sub-pixels of a pixelated display to display the red, green and blue colors. When a red color is desired, the green and blue sub-pixels are turned to the black state so that the only  
15 color displayed is red. When the black state is desired, all three-sub-pixels are turned to the black state. When the white state is desired, the three sub-pixels are turned to red, green and blue, respectively, and as a result, a white state is seen by the viewer.

The disadvantage of such a technique is that since each of the sub-pixels has a reflectance of about one third (1/3) of the desired white state, the white state is fairly  
20 dim. To compensate this, a fourth sub-pixel may be added which can display only the black and white states, so that the white level is doubled at the expense of the red, green or blue color level (where each sub-pixel is only one fourth of the area of the pixel). Brighter colors can be achieved by adding light from the white pixel, but this is achieved at the expense of color gamut to cause the colors to be very light and  
25 unsaturated. A similar result can be achieved by reducing the color saturation of the three sub-pixels. Even with these approaches, the white level is normally substantially less than half of that of a black and white display, rendering it an unacceptable choice for display devices, such as e-readers or displays that need well readable black-white brightness and contrast.

30

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

### Brief Description of the Drawings

Figure 1 depicts an electrophoretic display device of the present invention.

Figures 2-4 depict one embodiment of the present invention.

5 Figure 5 depicts an alternative embodiment of the present invention.

Figure 6 shows two options where the display cells are aligned or unaligned, respectively, with the pixel electrodes.

Figure 7 shows how a full color display of the present invention is realized.

10 Figure 8 shows an example of shaking waveform.

### Summary of the Invention

15 The present invention not only provides a realistic solution for a color display device in which each display cell can display highly saturated color states, but also eliminates the need of color filters.

20 More specifically, the present invention is directed to an electrophoretic fluid comprising a first type of pigment particles, a second type of pigment particles and third type of pigment particles, all of which are dispersed in a solvent or solvent mixture, wherein

(a) the first type of pigment particles and the second type of pigment particles carry opposite charge polarities;

(b) the third type of pigment particles are slightly charged; and

25 (c) the three types of pigment particles have different levels of threshold voltage, or different levels of mobility, or both.

In one embodiment, the first type of pigment particles and the second type of pigment particles are of the black and white colors, respectively.

30

In one embodiment, the third type of pigment particles are non-white and non-black.

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

In one embodiment, the third type of pigment particles is of a color selected from the group consisting red, green and blue, yellow, cyan and magenta.

5 In one embodiment, the three types of pigment particles have different levels of threshold voltage. One of the first type and second type of particles may have a threshold voltage. The third type of particles may be larger than the first or the second type of particles. The third type of particles may be about 2 to about 50 times larger than the first or second type of particles. The third type of particles may carry the same charge polarity as the type of particles which has a threshold voltage. The  
10 third type of particles may have a charge level being less than about 50% the charge intensity of the first type or second type of particles.

In one embodiment, the three types of pigment particles have different levels of mobility. The charge intensity of the first type of pigment particles may be at least  
15 about 2 times the charge intensity of the second type of pigment particles and the charge intensity of the third type of particles may be about 50% less than the charge intensity of the second type of particles. The third type of particles may be larger than the first or the second type of particles. The third type of particles may be about 2 to about 50 times larger than the first or second type of particles.  
20

In one embodiment, the fluid of the present invention is filled in display cells and sandwiched between a common electrode layer and a layer of pixel electrodes. The display cells may be microcups or microcapsules.

25 In one embodiment, the display cells are aligned with the pixel electrodes. In another embodiment, the display cells are not aligned with the pixel electrodes.

In one embodiment, the third type of pigment particles is of the same color in all display cells. In another embodiment, the third type of pigment particles is of different  
30 colors in display cells.

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

In one embodiment, the fluid of the present invention is driven by a voltage potential difference between the common electrode and a pixel electrode. In another embodiment, there are at least three different levels of voltage potential difference applied to the common electrode layer and the pixel electrode.

5

In one embodiment, a driving method for an electrophoretic display which comprises display cells filled with an electrophoretic fluid which fluid comprises a first type of pigment particles, a second type of pigment particles and a third type of pigment particles, all of which are dispersed in a solvent or solvent mixture, wherein

- 10 (a) the first type of pigment particles and the second type of pigment particles carry opposite charge polarities;
- (b) the third type of pigment particles has the same charge polarity as the second type of pigment particles but at a lower intensity; and
- (c) the second type of pigment particles has a threshold voltage,
- 15 which method comprises driving from a color state of the first type of pigment particles to a color state of the third type of pigment particles by applying a voltage which is the same or lower than the threshold voltage of the second type of pigment particles.

20 In one embodiment, the voltage applied has the same polarity as that of the second type of particles.

In one embodiment, the method further comprises a shaking waveform applied before the display is driven to the color state of the first type of pigment particles.

25 In one embodiment, when the color of the third type of particles is seen at a viewing side, the first and second types of particles gather at the side opposite of the viewing side resulting in an intermediate color between the colors of the first and second types of particles.

30

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

### Detailed Description of the Invention

The present inventors have proposed a new architecture for color displays.

5           The electrophoretic fluid of present invention comprises three types of pigment particles dispersed in a dielectric solvent or solvent mixture. For ease of illustration, the three types of pigment particles may be referred to as white particles (11), black particles (12) and colored particles (13), as shown in Figure 1. However, it is understood that the scope of the invention broadly encompasses pigment particles of  
10 any colors as long as the three types of pigment particles have visually contrasting colors.

          The display fluid is sandwiched between two electrode layers. One of the electrode layers is a common electrode (14) which is a transparent electrode layer (e.g.,  
15 ITO), spreading over the entire top of the display device. The other electrode layer (15) is a layer of pixel electrodes (15a). The color state displayed by the fluid is determined by the applied voltages between the common electrode and a pixel electrode.

          The pixel electrodes are described in US Patent No. 7,046,228, the content of  
20 which is incorporated herein by reference in its entirety. It is noted that while active matrix driving with a thin film transistor (TFT) backplane is mentioned for the layer of pixel electrodes, the scope of the present invention encompasses other types of electrode addressing as long as the electrodes serve the desired functions.

25           For the white particles (11), they may be formed from an inorganic pigment, such as TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BaSO<sub>4</sub>, PbSO<sub>4</sub> or the like.

          For the black particles (12), they may be formed from CI pigment black 26 or  
30 28 or the like (e.g., manganese ferrite black spinel or copper chromite black spinel) or carbon black.

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

The third type of pigment particles may be of a color such as red, green, blue, magenta, cyan or yellow. The pigments for this type of particles may include, but are not limited to, CI pigment PR 254, PR122, PR149, PG36, PG58, PG7, PB28, PB15:3, PY138, PY150, PY155 or PY20. Those are commonly used organic pigments

5 described in color index handbook "New Pigment Application Technology" (CMC Publishing Co, Ltd, 1986) and "Printing Ink Technology" (CMC Publishing Co, Ltd, 1984). Specific examples include Clariant Hostaperm Red D3G 70-EDS, Hostaperm Pink E-EDS, PV fast red D3G, Hostaperm red D3G 70, Hostaperm Blue B2G-EDS, Hostaperm Yellow H4G-EDS, Hostaperm Green GNX, BASF Irgazine red L 3630,

10 Cinquasia Red L 4100 HD, and Irgazin Red L 3660 HD; Sun Chemical phthalocyanine blue, phthalocyanine green, diarylide yellow or diarylide AAOT yellow.

The percentages of the three types of pigment particles in the fluid may vary.

15 For example, the black particle may take up about 0.1% to 10%, preferably 0.5% to 5% by volume of the electrophoretic fluid; the white particle may take up about 1% to 50%, preferably 5% to 15% by volume of the fluid; and the colored particle may take up about 2% to 20%, preferably 4% to 10% by volume of the fluid.

20 There may be other particulate matters in the fluid which are included as additives to enhance performance of the display device, such as switching speed, imaging bistability and reliability.

The solvent in which the three types of pigment particles are dispersed is clear

25 and colorless. It preferably has a low viscosity and a dielectric constant in the range of about 2 to about 30, preferably about 2 to about 15 for high particle mobility. Examples of suitable dielectric solvent include hydrocarbons such as isopar, decahydronaphthalene (DECALIN), 5-ethylidene-2-norbornene, fatty oils, paraffin oil, silicon fluids, aromatic hydrocarbons such as toluene, xylene, phenylxylylene, dodecylbenzene or alkylnaphthalene, halogenated solvents such as perfluorodecalin,

30 perfluorotoluene, perfluoroxylene, dichlorobenzotrifluoride, 3,4,5 -trichlorobenzotri

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

fluoride, chloropentafluoro-benzene, dichlorononane or pentachlorobenzene, and perfluorinated solvents such as FC-43, FC-70 or FC-5060 from 3M Company, St. Paul MN, low molecular weight halogen containing polymers such as poly(perfluoropropylene oxide) from TCI America, Portland, Oregon,  
5 poly(chlorotrifluoro-ethylene) such as Halocarbon Oils from Halocarbon Product Corp., River Edge, NJ, perfluoropolyalkylether such as Galden from Ausimont or Krytox Oils and Greases K-Fluid Series from DuPont, Delaware, polydimethylsiloxane based silicone oil from Dow-corning (DC -200).

10 Two of the three types of pigment particles carry opposite charge polarities and the third type of pigment particles is slightly charged. The term "slightly charged" is defined in sections below.

For example, if the black particles are positively charged and the white  
15 particles are negatively charged, and then the colored pigment particles are slightly charged. In other words, in this example, the charge carried by the black and the white particles is much more intense than the charge carried by the colored particles.

In addition, the third type of particles which carries a slight charge has a  
20 charge polarity which is the same as the charge polarity carried by either one of the other two types of the stronger charged particles.

The three types of pigment particles may have varying sizes. In one  
embodiment, one of the three types of pigment particles is larger than the other two  
25 types.

It is noted that among the three types of pigment particles, the one type of  
particles which is slightly charged is preferably has a larger size.

30 For example, both the black and the white particles are relatively small and their sizes (tested through dynamic light scattering) may range from about 50 nm to

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

about 800 nm and more preferably from about 200 nm to about 700 nm, and in this example, the colored particles which are slightly charged, preferably are about 2 to about 50 times and more preferably about 2 to about 10 times larger than the black particles and the white particles.

5

The term "threshold voltage", in the context of the present invention, is defined as the maximum bias voltage that may be applied to a group of pigment particles, without causing the pigment particles to appear at the viewing side of the display device. The term "viewing side" refers to a side of a display device where images are seen by the viewers.

10

In the present invention, at least one of the three types of pigment particles may demonstrate a threshold voltage under triangle voltage driving testing.

15

The threshold voltage is either an inherent characteristic of the charged pigment particles or an additive-induced property.

20

In the former case, the threshold is generated, relying on certain attraction force between particles or between particles and certain substrate surfaces. A threshold may also be generated via interaction of two types of oppositely charged particles.

25

In the latter case referred to above, to achieve a threshold voltage, a threshold agent which induces or enhances the threshold characteristics of an electrophoretic fluid may be added. The threshold agent may be any material which is soluble or dispersible in the solvent or solvent mixture of the electrophoretic fluid and carries or induces a charge opposite to that of the charged pigment particles. The threshold agent may be sensitive or insensitive to the change of applied voltage. The term "threshold agent" may broadly include dyes or pigments, electrolytes or polyelectrolytes, polymers, oligomers, surfactants, charge controlling agents and the like.

30

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

Additional information relating to the threshold agent may be found in US Patent No. 8,115,729, the content of which is incorporated herein by reference in its entirety.

The following are a few examples illustrating the present invention.

5

### Examples

#### Example 1(a)

This example is demonstrated in Figure 2. The black particles (22) are assumed to have a threshold voltage of 5V. Therefore, the black particles (22) would not move to the viewing side if an applied voltage potential difference is 5V or lower.

The white pigment particles (21) are negatively charged while the black pigment particles (22) are positively charged, and both types of the pigment particles are smaller than the colored particles (23).

The colored particles (23) carry the same charge polarity as the black particles which have the threshold voltage, but are slightly charged. The term "slightly charged" is intended to refer to the charge level of the particles being less than about 50%, preferably about 5% to about 30%, the charge intensity of the black or the white particles. As a result, the black particles move faster than the colored particles (23), when an applied voltage potential is higher than the threshold voltage of the black particles because of the stronger charge intensity they carry.

In Figure 2a, the applied voltage potential is +15V. In this case, the white particles (21) move to be near or at the pixel electrode (25) and the black particles (22) and the colored particles (23) move to be near or at the common electrode (24). As a result, the black color is seen at the viewing side. The colored particles (23) move towards the common electrode (24); however because their lower charge intensity and larger size, they move slower than the black particles.

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

In Figure 2b, when a voltage potential difference of -15V is applied, the white particles (21) move to be near or at the common electrode (24) and the black particles and the colored particles move to be near or at the pixel electrode (25). As a result, the white color is seen at the viewing side.

5

The colored particles (23) move towards the pixel electrode because they are also positively charged. However, because of their lower charge intensity and larger size, they move slower than the black particles.

10 In Figure 2c, the applied voltage potential difference has changed to +5V. In this case, the negatively charged white particles (21) move towards the pixel electrode (25). The black particles (22) move little because of their threshold voltage being 5V. Due to the fact that the colored particles (23) do not have a significant threshold voltage, they move to be near or at the common electrode (24) and as a result, the color of the  
15 colored particles is seen at the viewing side.

The driving from the white color state in Figure 2b to the colored state in Figure 2c may be summarized as follows:

20 A driving method for an electrophoretic display comprising display cells filled with an electrophoretic fluid which fluid comprises a first type of pigment particles, a second type of pigment particles and a third type of pigment particles, all of which are dispersed in a solvent or solvent mixture, wherein

- 25
- (a) the first type of pigment particles and the second type of pigment particles carry opposite charge polarities;
  - (b) the third type of pigment particles has the same charge polarity as the second type of pigment particles but at a lower intensity; and
  - (c) the second type of pigment particles has a threshold voltage,

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

which method comprises driving from a color state of the first type of pigment particles to a color state of the third type of pigment particles by applying a voltage which is the same or lower than the threshold voltage of the second type of pigment particles.

5           In this method, the first type of pigment particles (21) is of the white color; the second type of pigment particles (22) is of the black color; and the third type of pigment particles (23) is of the red color, as shown in Figure 2.

          In order to drive the display to the color state of the third type of pigment particles, i.e., red (see Figure 2c), the method starts from the color state of the first  
10           type of pigment particles, i.e., white (see Figure 2b).

          In Figure 2b, the first type of pigment particles (i.e., white) are at or near the common electrode (24) and the second and third types of pigment particles (i.e.,  
15           black and red) are at or near the pixel electrode (25). When a voltage which is the same or lower than the threshold voltage of the second type of pigment particles (i.e., black) is applied, the first type of pigment particles (i.e., white) are pushed downwards; the third type of pigment particles (i.e., red) move up towards the common electrode (24) to reach the viewing side; and the second type of pigment  
20           particles (i.e., black) barely move because of their threshold voltage.

          In this scenario, when the color of the third type of particles is seen at the viewing side, the other two types of the particles may be mixed at the non-viewing side (side opposite of the viewing side), resulting in an intermediate color state  
25           between the colors of the first and second types of particles. If the first and second types of particles are black and white and the third type of particles is red, then in Figure 2(c), when the red color is seen at the viewing side, a grey color is seen at the non-viewing side.

30           The driving method ideally would ensure both color brightness (i.e., preventing the black particles from being seen) and color purity (i.e., preventing the white

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

particles from being seen) in the scenario of Figure 2c. However, in practice, this desired result is difficult to control for various reasons, including particle size distribution, particle charge distributions and other factors.

5           One solution to this is the use of a shaking waveform prior to driving from the color state of the first type of pigment particles (i.e., white) to the color state of the third type of pigment particles (i.e., red). The shaking waveform consists of repeating a pair of opposite driving pulses for many cycles. For example, the shaking waveform may consist of a +15V pulse for 20 msec and a -15V pulse for 20 msec and such a  
10 pair of pulses is repeated for 50 times. The total time of such a shaking waveform would be 2000 msec (see Figure 8).

          In practice, there may be at least 10 repetitions (i.e., ten pairs of positive and negative pulses).

15

          The shaking waveform may be applied to the display regardless of the optical state (black, white or red) prior to a driving voltage is applied. After the shaking waveform is applied, the optical state would not be a pure white, pure black or pure red. Instead, the color state would be from a mixture of the three types of pigment  
20 particles.

          For the method as described above, a shaking waveform is applied prior to the display being driven to the color state (i.e., white) of the first type of pigment particles. With this added shaking waveform, even though the white state is measurably the  
25 same as that without the shaking waveform, the color state (i.e., red) of the third type of pigment particles would be significantly better than that without the shaking waveform, on both color brightness and color purity. This is an indication of better separation of the white particles from the red particles as well as the black particles from the red particles.

30

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

Each of the driving pulse in the shaking waveform is applied for not exceeding 50% (or not exceeding 30%, 10% or 5%) of the driving time required from the full black state to the full white state. For example, if it takes 300 msec to drive a display device from a full black state to a full white state or vice versa, the shaking waveform may consist of positive and negative pulses, each applied for not more than 150 msec. In practice, it is preferred that the pulses to be shorter.

**Example 1(b)**

10 In an alternative design as demonstrated in Figure 3, the white particles (31) are assumed to have a threshold voltage of 5V. Therefore, the white particles (31) would not move to the viewing side if an applied voltage potential difference is 5V or lower.

15 The white pigment particles (31) are negatively charged while the black pigment particles (32) are positively charged, and both types of the pigment particles are smaller than the colored particles (33).

20 The colored particles (33) carry the same charge polarity as the white particles which have the threshold voltage, but are slightly charged. The term "slightly charged" is as defined in Example 1(a) above. As a result, the white particles move faster than the colored particles (33), when an applied voltage potential is higher than the threshold voltage of the white particles because of the stronger charge intensity they carry.

25 In Figure 3a, the applied voltage potential is -15V. In this case, the black particles (32) move to be near or at the pixel electrode (35) and the white particles (31) and the colored particles (33) move to be near or at the common electrode (34). As a result, the white color is seen at the viewing side. The colored particles (33) move towards the common electrode (34); however because of their lower charge intensity and larger size, they move slower than the white particles.

30

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

In Figure 3b, when a voltage potential difference of +15V is applied, the white particles (31) move to be near or at the pixel electrode (35) and the black particles move to be near or at the common electrode (34). As a result, the black color is seen at the viewing side.

5

The colored particles (33) move towards the pixel electrode as they are also negatively charged. However, because of their lower charge intensity and larger size, they move slower than the white particles.

10 In Figure 3c, the applied voltage potential difference has changed to -5V. In this case, the positively charged black particles (32) move towards the pixel electrode (35). The white particles (32) move little because of their threshold voltage being 5V. Due to the fact that the colored particles (33) do not have a significant threshold voltage, they move to be near or at the common electrode (34) and as a result, the color of the  
15 colored particles is seen at the viewing side.

#### **Example 1(c)**

It is also possible to have the colored particles to have a threshold voltage, as  
20 shown in Figure 4. In this case, the colored particles (43) would not move to the viewing side if an applied voltage potential difference is 5V or lower.

The black pigment particles (42) are negatively charged while the colored pigment particles (43) are positively charged, and both types of the pigment particles  
25 are smaller than the white particles (41).

The white particles (41) carry the same charge polarity as the colored particles which have the threshold voltage, but are slightly charged. The term "slightly charged" is as defined in Example 1(a) above. As a result, the colored particles move faster than  
30 the white particles (41), when an applied voltage potential is higher than the threshold voltage of the colored particles because of the stronger charge intensity they carry.

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

In Figure 4a, the applied voltage potential is +15V. In this case, the black particles (42) move to be near or at the pixel electrode (45) and the colored particles (43) and the white particles (41) move to be near or at the common electrode (44). As a result, the color of the colored particles is seen at the viewing side. The white particles (41) move towards the common electrode (44); however because of their lower charge intensity and larger size, they move slower than the colored particles.

In Figure 4b, when a voltage potential difference of -15V is applied, the colored particles (43) move to be near or at the pixel electrode (45) and the black particles move to be near or at the common electrode (44). As a result, the black color is seen at the viewing side.

The white particles (41) move towards the pixel electrode as they are also positively charged. However, because of their lower charge intensity and larger size, they move slower than the colored particles.

In Figure 4c, the applied voltage potential difference has changed to +5V. In this case, the negatively charged black particles (42) move towards the pixel electrode (45). The colored particles (43) move little because of their threshold voltage being 5V. Due to the fact that the white particles (41) do not have a significant threshold voltage, they move to be near or at the common electrode (44) and as a result, the white color is seen at the viewing side.

In an alternative embodiment of the present invention, all three types of pigment particles have different levels of charge intensity, thus different levels of mobility.

For example, the first and second types of particles carry opposite charge polarities and the charge intensity of first type of particles is at least about 2 times, preferably about 3 to about 15 times, the charge intensity of the second type of particles, or vice versa. The charge intensity of the third type of particles is less than

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

about 50%, preferably about 5% to about 30%, the charge intensity of the first or second type of particles, whichever has a lower charge intensity. In a specific example, if black particles have twice the charge intensity of the white particles, then the colored particles may have less than 50% the charge intensity of the white particles.

5

The particles that carry the least charge intensity are preferably larger than the other two types of particles.

Due to different levels of charge intensity, the three types of pigment particles would have different levels of mobility. The higher the charge intensity, the faster the particles move. The following example demonstrates this embodiment of the invention.

### Example 2

This example is shown in Figure 5. It is assumed that the charge intensity of the black particles (52) is twice the charge intensity of the white particles (51) and therefore the black particles move twice as fast as the white particles. The colored particles (53) have a charge intensity which is less than 50% the charge intensity of the white particles.

20

Therefore if it takes a driving time,  $t$ , for the black particles to travel the distance between the common electrode and a pixel electrode ("d"), it would then take  $2t$  for the white particles and at least  $4t$  for the colored particles, to travel the same distance,  $d$ .

25

In addition, the black particles are positively charged and the white particles are negatively charged. The colored particles carry the same charge polarity as the particles having the highest intensity, that is, the black particles in this case.

30

In Figure 5a, when a negative voltage potential is applied to the common electrode (54) and the pixel electrode (55), after a driving time of  $2t$ , the white

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

pigment particles (51) would be near or at the common electrode (i.e., the viewing side) and the black pigment particles (52) would be near or at the pixel electrode. As a result, the white color state is seen. The colored particles (53), due to their larger size and lower charge intensity/lower mobility, they would move a little. In addition, because they are positively charged, they would move towards the pixel electrode (55).

In Figure 5b, when a positive voltage potential is applied to the common electrode (54) and the pixel electrode (55), after a driving time of  $2t$ , the black pigment particles (52) would be near or at the common electrode and the white pigment particles (51) would be near or at the pixel electrode. As a result, the black color state is seen.

Because of their low charge intensity and low mobility, the colored particles barely move. While the black and colored particles carry the same charge polarity, the black particles would move to be closer to the common electrode because of their higher charge intensity and smaller size.

Before the step of Figure 5c, it is preferred that the white particles are at or near the pixel electrode (55) and the black and colored particles are at or near the common electrode (54). In Figure 5c, when a negative voltage potential is applied between the common electrode (54) and the pixel electrode (55), after a driving time of  $t$ , the white particles (51) at the bottom would move to an area between the common electrode and the pixel electrode, about at the mid-level, while the black particles (52) would travel the full distance,  $d$ , to be at or near the pixel electrode. The colored particles would travel a short distance downward; but remain closer to the common electrode. As a result, the color of the colored particles (53) is seen at the viewing side.

As shown in this example, the switching among three optical states therefore could be achieved by controlling the driving time frame, driving amplitude or both.

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

The larger and slower moving particles in this example are the colored particles. However, the designs may vary depending on the needs. It is also possible to make the black or white particles the larger and slower moving particles.

5

The electrophoretic fluid in an electrophoretic display device is filled in display cells. The display cells may be microcups as described in US Patent No. 6,930,818, the content of which is incorporated herein by reference in its entirety. The display cells may also be other types of micro-containers, such as microcapsules, microchannels or equivalent, regardless of their shapes or sizes. All of these are within the scope of the present application.

10

In one embodiment of the present invention, the display device utilizing the present electrophoretic fluid is a high-light display device and in this embodiment, the colored particles are of the same color in all display cells. Each display cell would be a pixel in such a highlight display device. In addition, as shown in Figure 6, the display cells may be aligned with the pixel electrodes (see Figure 6a) or un-aligned with the pixel electrodes (see Figure 6b).

15

In another embodiment, the display device utilizing the present electrophoretic fluid may be a multi-color display device. In this embodiment, the colored particles are of different colors in the display cells. In this embodiment, the display cells and the pixel electrodes are aligned.

20

Figure 7 illustrates how multiple colors are displayed with a display device of the present invention. Each display cell represents a sub-pixel and each pixel has three sub-pixels. The three display cells, each representing a sub-pixel, are filled with an electrophoretic fluid of the present invention in which the third type of pigment particles is red, green and blue, respectively.

25

30

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

In Figure 7a, when a white pixel is desired, all three sub-pixels are turned to the white color state. In Figure 7b, when a black pixel is desired, all three sub-pixels are turned to the black color state. Figure 7c, when a red color is desired, one of the sub-pixels is turned to red and the remaining two sub-pixels are turned to the black state for maximum color saturation. Similarly, Figure 7d and Figure 7e display the green and blue colors respectively. Alternatively, in Figures 7c, 7d and 7e, one of the sub-pixels is driven to the color state while the remaining two sub-pixels are driven to the white state for maximum brightness (at the expense of the color saturation). Further alternatively, in Figures 7c, 7d and 7e, one of the sub-pixel is driven to the color state while the remaining two sub-pixels are driven to the black and white states respectively.

While the present invention has been described with reference to the specific embodiments thereof, it should be understood by those skilled in the art that various changes may be made and equivalents may be substituted without departing from the true spirit and scope of the invention. In addition, many modifications may be made to adapt a particular situation, materials, compositions, processes, process step or steps, to the objective and scope of the present invention. All such modifications are intended to be within the scope of the claims appended hereto.

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

**What is claimed is:**

1. An electrophoretic fluid comprising a first type of pigment particles, a second type of pigment particles and a third type of pigment particles, all of which are dispersed in a solvent or solvent mixture, wherein
- 5
- (a) the first type of pigment particles and the second type of pigment particles carry opposite charge polarities;
  - (b) the third type of pigment particles has the same charge polarity as the second type of pigment particles but at a lower intensity; and
  - 10 (c) the second type of pigment particles has a threshold voltage.
2. The fluid of Claim 1, wherein the first type of pigment particles and the second type of pigment particles are of the black and white colors, respectively.
- 15
3. The fluid of Claim 1, wherein the third type of pigment particles is non-white and non-black.
4. The fluid of Claim 3, wherein the third type of pigment particles is of a color selected from the group consisting red, green and blue.
- 20
5. The fluid of Claim 1, wherein the third type of particles is larger than the first or the second type of particles.
6. The fluid of Claim 5, wherein the third type of particles is about 2 to about 50 times larger than the first or second type of particles.
- 25
7. The fluid of Claim 1, wherein the third type of particles has a charge level being less than about 50% the charge intensity of the first type or the second type of particles.
- 30

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

8. The fluid of Claim 1, wherein the threshold voltage is an inherent characteristic of the second type of particles.

9. The fluid of Claim 1, wherein the threshold voltage is an additive  
5 induced property.

10. The fluid of Claim 1, wherein the threshold voltage is via interaction of the oppositely charged particles.

10 11. A display device comprising display cells filled with the fluid of Claim 1, wherein the display cells are sandwiched between a common electrode layer and a layer of pixel electrodes.

12. The display device of Claim 11, wherein the display cells are microcups.  
15

13. The display device of Claim 11, wherein the display cells are microcapsules.

14. The display device of Claim 11, wherein the display cells are aligned with  
20 the pixel electrodes.

15. The display device of Claim 11, wherein the display cells are not aligned with the pixel electrodes.

25 16. The display device of Claim 11, wherein the third type of pigment particles is of the same color in all display cells.

17. The display device of Claim 11, wherein the third type of pigment particles is of different colors in display cells.  
30

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

18. A driving method for the display device of Claim 11, comprising driving from a color state of the first type of pigment particles to a color state of the third type of pigment particles by applying a voltage which is the same or lower than the threshold voltage of the second type of pigment particles.

5

19. The method of Claim 18, wherein the first and second type of pigment particles are white and black respectively.

20. The method of Claim 18, wherein the third type of pigment particles are non-white and non-black.

10

21. The method of Claim 20, wherein the third type of pigment particles is of a color selected from the group consisting red, green, blue, yellow, cyan and magenta.

15

22. The method of Claim 18, wherein the third type of particles has a charge level being less than about 50% the charge intensity of the first type or second type of pigment particles.

23. The method of Claim 18, wherein the third type of pigment particles is larger than the first and the second type of pigment particles.

20

24. The method of Claim 23, wherein the third type of pigment particles is about 2 to about 50 times larger than the first or second type of pigment particles.

25. The method of Claim 18, further comprising a shaking waveform applied before the display is driven to the color state of the first type of pigment particles.

25

26. The method of Claim 25, wherein the shaking waveform consists of repeating a pair of opposite driving pulses for many cycles.

30

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

27. The method of Claim 25, wherein each of the driving pulse is applied for not more than half of the time required for driving from a full color state of the first type of particles to a full color state of the second type of particles, or vice versa.

5 28. The method of Claim 18, wherein when the color of the third type of particles is seen at a viewing side, the first and second types of particles gather at the side opposite of the viewing side resulting in an intermediate color between the colors of the first and second types of particles.

10 29. The method of claim 18, wherein the voltage applied has the same polarity as that of the second type of particles.

15

**(57) Abstract:** The present invention provides a solution for a highlight or multicolor display device, in which each display cell can display high quality color states. More specifically, an electrophoretic fluid is provided which comprises a first type of pigment particles, a second type of pigment particles and a third type of pigment particles, all of which are dispersed in a solvent or solvent mixture, wherein the first type of pigment particles and the second type of pigment particles carry opposite charge polarities; the third type of pigment particles has the same charge polarity as the second type of pigment particles but at a lower intensity; and the second type of pigment particles has a threshold voltage.

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

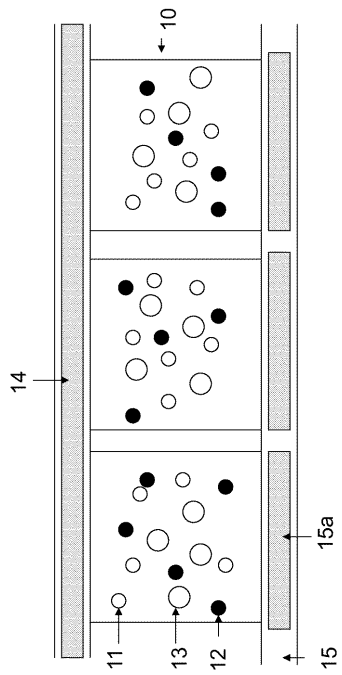


Figure 1

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

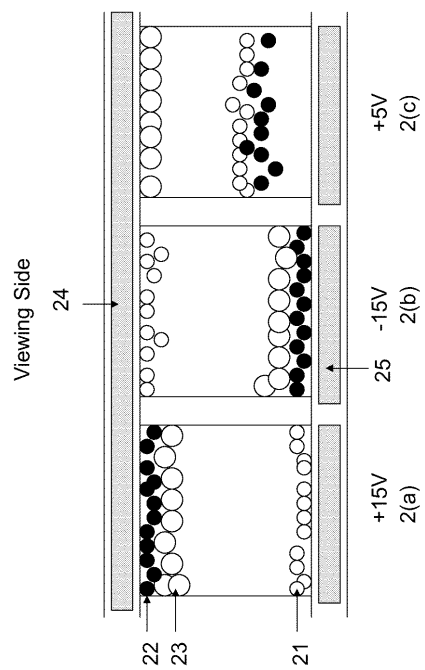


Figure 2

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

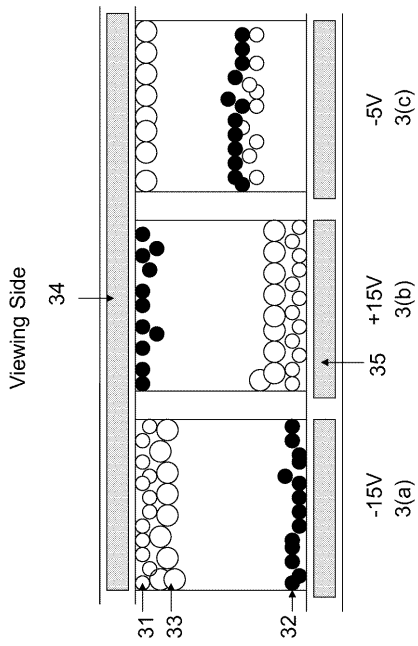


Figure 3

3/8

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

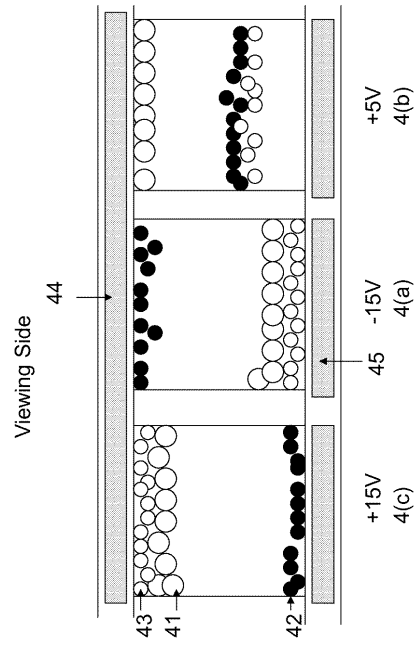


Figure 4

4/8

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

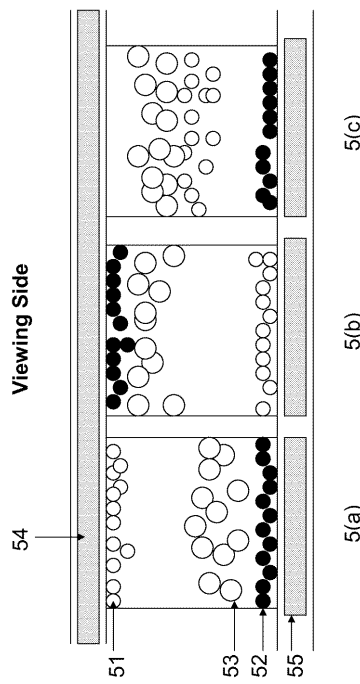


Figure 5

5/8

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

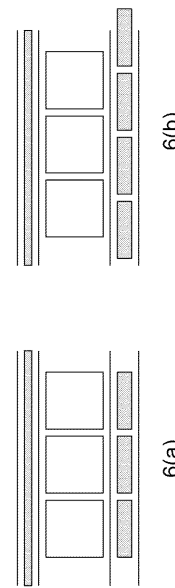


Figure 6

6/8

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

WO 2014/055551

PCT/US2013/062915

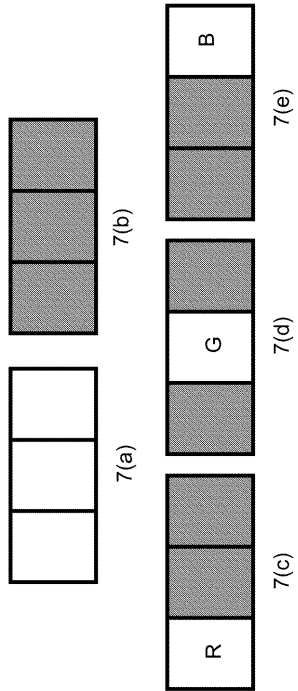


Figure 7

7/8

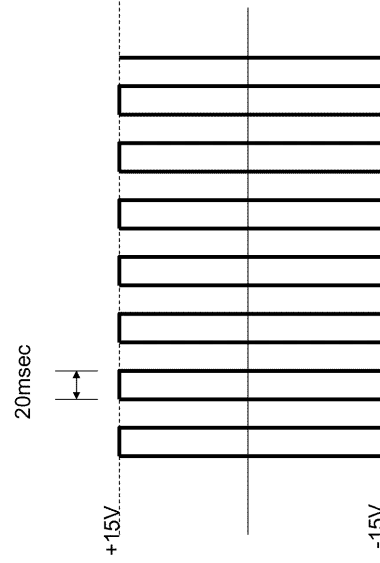


Figure 8

8/8