

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6247750号  
(P6247750)

(45) 発行日 平成29年12月13日(2017.12.13)

(24) 登録日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>GO2F</b>	<b>1/167</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2F 1/167
<b>GO9F</b>	<b>9/37</b>	<b>(2006.01)</b>	GO9F 9/37
<b>GO9F</b>	<b>9/30</b>	<b>(2006.01)</b>	GO9F 9/30 370Z
<b>GO9G</b>	<b>3/16</b>	<b>(2006.01)</b>	GO9G 3/16
<b>GO9G</b>	<b>3/34</b>	<b>(2006.01)</b>	GO9G 3/34

請求項の数 26 (全 60 頁)

(21) 出願番号 特願2016-514056 (P2016-514056)  
 (86) (22) 出願日 平成26年5月14日(2014.5.14)  
 (65) 公表番号 特表2016-520209 (P2016-520209A)  
 (43) 公表日 平成28年7月11日(2016.7.11)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/037979  
 (87) 国際公開番号 W02014/186449  
 (87) 国際公開日 平成26年11月20日(2014.11.20)  
 審査請求日 平成28年5月26日(2016.5.26)  
 (31) 優先権主張番号 61/823,031  
 (32) 優先日 平成25年5月14日(2013.5.14)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500080214  
 イー インク コーポレーション  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01  
 821, ビレリカ, テクノロジー パ  
 ーク ドライブ 1000  
 (74) 代理人 100078282  
 弁理士 山本 秀策  
 (74) 代理人 100113413  
 弁理士 森下 夏樹  
 (72) 発明者 テルファー, スティーブ  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02  
 474-2254, アーリントン, カ  
 レッジ アベニュー 40

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 着色電気泳動ディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流体(806)と前記流体(806)内に配置されている少なくとも第1の粒子種(804、1004、1104)とを含む電気泳動媒体(800、1000、1100)であって、前記第1の粒子種(804、1004、1104)は、第1のアドレスインパルスが前記媒体(800、1000、1100)に印加されると、前記第1の粒子種(804、1004、1104)が電場に対して1つの方向に移動するように存在し、前記媒体(800、1000、1100)は、前記第1のアドレスインパルスよりも大きいが同一の極性を有する第2のアドレスインパルスが前記媒体(800、1000、1100)に印加されると、前記第1の粒子種(804、1004、1104)が前記電場に対して反対

10

【請求項2】

前記流体(806)は、着色されており、前記電気泳動媒体(800、1100)は、前記第1の粒子種(804、1104)とは異なる色を有する第2の粒子種(802、1102、1106)を含み、前記第2の粒子種は、前記第1および第2のアドレスインパルスの両方の下で前記電場に対して同一の方向に移動する、請求項1に記載の電気泳動媒体(800、1100)。

【請求項3】

前記第2の粒子種(802、1102)は、前記第1のアドレスインパルスの下で前記第1の粒子種(804、1104)とは反対の方向に移動し、前記第2のアドレスインパ

20

ルスの下で前記第1の粒子種と同一の方向に移動する、請求項2に記載の電気泳動媒体(800、1100)。

【請求項4】

前記着色された流体および前記2つの粒子種のうちの一つは、加法混色の原色の一つを有し、前記着色された流体および前記2つの粒子種のうちの一つは、補色の減法混色の原色を有する、請求項2に記載の電気泳動媒体。

【請求項5】

前記第1の粒子種は、白であり、前記着色された流体および前記第2の粒子種のうちの一つは、前記加法混色の原色の一つを有し、前記着色された流体および前記第2の粒子種のうちの一つは、前記補色の減法混色の原色を有する、請求項4に記載の電気泳動媒体。

10

【請求項6】

前記電気泳動媒体(1100)は、前記第1の粒子種(1104)と異なり、かつ互いに異なる色を有する第2(1102)および第3(1106)の粒子種を含み、前記第2(1102)および第3(1106)の粒子種は、反対の極性の電荷を帯びており、前記第1の粒子種(1104)は、前記第3の粒子種(1106)と同一の極性の電荷を帯びており、その結果、前記第1のアドレスインパルスが1つの方向に印加されると、前記電気泳動媒体の1つの表面は、前記第3の粒子種の色を表示し、前記第1のアドレスインパルスが反対の方向に印加されると、前記電気泳動媒体の前記1つの表面は、前記第1および第2の粒子の色の混合色を表示する一方、前記第2のアドレスインパルスが前記1つの方向に印加されると、前記1つの表面は、前記第1および第3の粒子の色の混合色を表示し、前記第2のアドレスインパルスが前記反対の方向に印加されると、前記1つの表面は、前記第2の粒子の色を表示する、請求項1に記載の電気泳動媒体(1100)。

20

【請求項7】

前記流体は、無着色である、請求項6に記載の電気泳動媒体。

【請求項8】

前記第2および第3の粒子種は、白および黒である、請求項7に記載の電気泳動媒体。

【請求項9】

前記第2のアドレスインパルスよりも大きい第3のアドレスインパルスが印加されると、前記第1、第2、および第3の粒子は全て、前記電場に対して同一の方向に移動する、請求項6に記載の電気泳動媒体。

30

【請求項10】

前記流体は、前記第1、第2、および第3の粒子種の色とは異なる色で着色されている、請求項9に記載の電気泳動媒体。

【請求項11】

前記粒子種の一つは、白であり、前記粒子種の一つの他の2つの粒子種および前記流体の色は、黄、シアン、およびマゼンタから任意の順序で選択されている、請求項10に記載の電気泳動媒体。

【請求項12】

前記粒子および前記流体は、複数のカプセルまたはマイクロセルの中に閉じ込められている、請求項1に記載の電気泳動媒体。

40

【請求項13】

前記粒子および前記流体は、ポリマー材料を含む連続相によって包囲されている複数の個別の液滴として存在する、請求項1に記載の電気泳動媒体。

【請求項14】

請求項1に記載の電気泳動媒体を含む、前面ラミネート、二重剥離シート、反転された前面ラミネート、または電気泳動ディスプレイ。

【請求項15】

請求項1に記載の電気泳動媒体と、前記電気泳動媒体に電場を印加するように配列されている少なくとも一つの電極とを含む電気泳動ディスプレイ。

50

## 【請求項 16】

請求項 15 に記載の電気泳動媒体を組み込んでいる、電子書籍リーダー、携帯用コンピュータ、タブレットコンピュータ、携帯電話、スマートカード、サイン、腕時計、棚ラベル、またはフラッシュドライブ。

## 【請求項 17】

流体と、前記流体内に配置されている少なくとも第 1 の粒子種とを含む電気泳動媒体を駆動する方法であって、前記方法は、

(a) 第 1 のアドレスインパルスを実記媒体に印加し、それによって、前記第 1 の粒子種を電場に対して 1 つの方向に移動させることと、

(b) 前記第 1 のアドレスインパルスよりも大きい、同一の極性を有する第 2 のアドレスインパルスを実記媒体に印加し、それによって、前記第 1 の粒子種を前記電場に対して反対の方向に移動させることと

を含む、方法。

## 【請求項 18】

前記流体は、着色されており、前記電気泳動媒体は、前記第 1 の粒子種とは異なる色を有する第 2 の粒子種を含み、前記第 2 の粒子種は、前記第 1 および第 2 のアドレスインパルスの両方の下で前記電場に対して同一の方向に移動する、請求項 17 に記載の方法。

## 【請求項 19】

前記電気泳動媒体は、前記第 1 の粒子種とは異なり、かつ互いに異なる色を有する第 2 および第 3 の粒子種を含み、前記第 2 および第 3 の粒子種は、反対の極性の電荷を帯びており、前記第 1 の粒子種は、前記第 3 の粒子種と同一の極性の電荷を帯びており、前記方法は、

(a) 前記第 1 のアドレスインパルスを 1 つの方向に印加し、それによって、前記電気泳動媒体の 1 つの表面に前記第 3 の粒子種の色を表示させることと、

(b) 第 1 のアドレスインパルスを反対の方向に印加し、それによって、前記電気泳動媒体の前記 1 つの表面に前記第 1 および第 2 の粒子の色の混合色を表示させることと、

(c) 前記第 2 のアドレスインパルスを前記 1 つの方向に印加し、それによって、前記 1 つの表面に前記第 1 および第 3 の粒子の色の混合色を表示させることと、

(d) 前記第 2 のアドレスインパルスを前記反対の方向に印加し、それによって、前記 1 つの表面に前記第 2 の粒子の色を表示させることと

を含む、請求項 17 に記載の方法。

## 【請求項 20】

前記第 2 のアドレスインパルスよりも大きい第 3 のアドレスインパルスを前記媒体に印加し、それによって、前記第 1、第 2、および第 3 の粒子の全てに、前記電場に対して同一の方向に移動させることをさらに含む、請求項 19 に記載の方法。

## 【請求項 21】

ステップ (b) は、電気泳動媒体に、一方の極性の一連の短電圧パルスを含む波形を印加することによって達成され、前記短電圧パルスの最後を除く各々の後に、反対の極性のより長い電圧パルスが続く、請求項 19 に記載の方法。

## 【請求項 22】

流体と、前記流体内に配置されている第 1、第 2、および第 3 の粒子種とを含む電気泳動媒体であって、前記第 1 の粒子種は、一方の極性の電荷を帯びており、前記第 2 および第 3 の粒子種は、反対の極性の電荷を帯びており、その結果、第 1 のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第 1 および第 3 の粒子種は、電場に対して 1 つの方向に移動し、前記第 2 の粒子種は、前記電場に対して反対の方向に移動するが、前記第 1 のアドレスインパルスよりも大きいが同一の極性である第 2 のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第 1 の粒子種は、前記電場に対して前記 1 つの方向に移動する一方、前記第 2 および第 3 の粒子種は、前記電場に対して前記反対の方向に移動する、電気泳動媒体。

## 【請求項 23】

前記第2の粒子種は、ポリマー表面処理を有し、前記第3の粒子種は、ポリマー表面処理を有していないか、または前記第2の粒子種よりも低い前記粒子表面の単位面積当りの質量被覆率を有するポリマー表面処理を有するかのいずれかである、請求項22に記載の電気泳動媒体。

【請求項24】

複数の異なる色をレンダリングすることが可能な電気泳動ディスプレイであって、前記ディスプレイは、電気泳動媒体と前記電気泳動媒体の対向側面に配置されている第1および第2の電極とを含み、前記電気泳動媒体は、流体と、負電荷を有する複数の第1の粒子種と、正電荷を有する複数の第2の粒子種と、正電荷を有する複数の第3の粒子種とを含み、粒子間の相互作用は、クーロン力および非クーロン引力のいずれも、前記第1の粒子種と前記第2の粒子種との間で、前記第1の粒子種と前記第3の粒子種との間よりも小さく、その結果、第1のアドレスインパルスにより、前記第1および第3の種の前記粒子は、より正の方の前記電極に向かって移動し、前記第2の種の前記粒子は、より負の方の前記電極に向かって移動するが、前記第1のアドレスインパルスよりも大きい第2のアドレスインパルスにより、前記第1の種の前記粒子は、より正の方の前記電極に向かって移動するか、またはより正の方の前記電極の付近に留まり、前記第3の種の前記粒子は、より負の方の前記電極に向かって移動する一方、前記第2の種の前記粒子は、より負の方の前記電極の付近に留まる、電気泳動ディスプレイ。

【請求項25】

第1の色に染色された流体と、前記流体内に配置されている第1、第2、および第3の粒子種とを含む電気泳動媒体であって、前記第1の粒子種は、光散乱性であり、一方の極性の電荷を帯びている一方、前記第2および第3の粒子種は、光散乱性でなく、それぞれ、前記第1の色と異なり、かつ互いに異なる第2および第3の色であり、反対の極性の電荷を帯びており、前記第1、第2、および第3の粒子種の特徴は、粒子間の相互作用が、前記第1の種の前記粒子と前記第2の種の前記粒子との間で、前記第1の種の前記粒子と前記第3の種の前記粒子との間よりも小さいことであり、その結果、第1のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第1および第3の粒子種は、電場に対して1つの方向に移動し、前記第2の粒子種は、前記電場に対して反対の方向に移動するが、前記第1のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性である第2のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第1の粒子種は、前記電場に対して前記1つの方向に移動する一方、前記第2および第3の粒子種は、前記電場に対して前記反対の方向に移動し、前記第2のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性である第3のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第1の粒子種は、前記電場に対して前記反対の方向に移動する一方、前記第2および第3の粒子種は、前記電場に対して前記反対の方向に移動し続ける、電気泳動媒体。

【請求項26】

複数の異なる色をレンダリングすることが可能な電気泳動ディスプレイであって、前記ディスプレイは、電気泳動媒体と前記電気泳動媒体の対向側面に配置されている第1および第2の電極とを含み、前記電気泳動媒体は、第1の色に染色された流体と、負電荷を有し、光散乱性である複数の第1の粒子種と、第2の色および正電荷を有し、光散乱性でない複数の第2の粒子種と、第3の色および正電荷を有し、光散乱性でない複数の第3の粒子種とを含み、粒子間の相互作用は、クーロン力および非クーロン引力のいずれも、前記第1の粒子種と前記第2の粒子種との間で、前記第1の粒子種と前記第3の粒子種との間よりも小さく、その結果、第1のアドレスインパルスが前記ディスプレイに印加されると、前記第1および第3の粒子種は、より正の方の前記電極に向かって移動し、第2の種類の色料粒子は、より負の方の前記電極に向かって移動するが、前記第1のアドレスインパルスよりも大きい第2のアドレスインパルスが前記ディスプレイに印加されると、前記第1の粒子種は、より正の方の前記電極に向かって移動するか、またはより正の方の前記電極の付近に留まり、前記第3の粒子種は、より負の方の前記電極に向かって移動する一方、前記第2の粒子種は、より負の方の前記電極の付近に留まり、前記第2のアドレスイン

10

20

30

40

50

パルスよりも大きい第3のアドレスインパルスが前記ディスプレイに印加されると、前記第1の粒子種は、より負の方の前記電極に向かって移動する、電気泳動ディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

下記に述べられる全ての米国特許ならびに公開されたおよび同時係属中の出願の内容の全体は、参照することによって本明細書に組み込まれる。

【0002】

本発明は、着色電気泳動ディスプレイに関し、より具体的には、複数の着色粒子を含む電気泳動材料の単一の層を使用して3つ以上の色をレンダリングすることが可能な電気泳動ディスプレイに関する。

10

【0003】

本明細書で使用される場合、色という用語は、黒および白を含む。白粒子は、多くの場合、光散乱型である。

【0004】

本明細書において、グレー状態という用語は、画像化技術分野におけるその従来的な意味で使用され、2つの極端なピクセルの光学的状態の中間の状態を指し、必ずしもこれらの2つの極端な状態の間の黒 - 白の遷移を意味するわけではない。例えば、下記に参照されるいくつかの電気泳動インクに関する *Electrochromic Ink* の特許および公開された出願は、極端な状態が白および濃青であり、中間のグレー状態が実際には薄青になる電気泳動ディスプレイを説明している。実際、既に述べたように、光学的状態の変化は、色の変化では全くない場合もある。黒および白という用語は以下において、ディスプレイの2つの極端な光学的状態を指すように以下で使用される場合があり、例えば、前述の白および濃青状態等の厳密には黒および白ではない極端な光学的状態を通常含むものとして理解されるべきである。

20

【0005】

本明細書において、双安定および双安定性という用語は、当該技術分野におけるそれらの従来的な意味で使用され、少なくとも1つの光学的特性の異なる第1および第2のディスプレイ状態を有するディスプレイ要素を含み、したがって、任意の所与の要素が有限継続時間のアドレスパルスによって駆動されて、その第1または第2のディスプレイ状態のいずれかになった後、アドレスパルスが終了した後に、その状態が少なくとも複数回、例えば、少なくとも4回持続することになり、最小のアドレスパルスの継続時間がディスプレイ要素の状態を変化させるために必要とされるディスプレイを指す。グレースケールが可能ないくつかの粒子ベース電気泳動ディスプレイは、それらの極端な黒および白状態においてのみではなく、同様に、それらの中間のグレー状態においても安定しており、同じことが他の種類の電気光学ディスプレイにも当てはまること米国特許第7,170,670号に示されている。この種類のディスプレイは、双安定というよりもむしろ多安定と呼ぶのが適切であるが、便宜上、双安定という用語は、本明細書において双安定および多安定ディスプレイの両方を対象とするように使用され得る。

30

40

【0006】

本明細書において、インパルスという用語は、電気泳動ディスプレイの駆動に関して使用されるとき、ディスプレイが駆動される期間中の時間に対する印加電圧の積分を指すために使用される。

【0007】

本明細書において、広帯域において、または選択される波長において光を吸収、散乱、または反射する粒子は、着色または顔料粒子と称される。染料または光結晶等の、顔料以外の光を吸収または反射する種々の材料（不溶性着色材料を意味する用語の厳密な意味における）もまた、本発明の電気泳動媒体およびディスプレイにおいて使用され得る。

【背景技術】

50

## 【0008】

粒子ベース電気泳動ディスプレイは、長年にわたり研究および開発の関心の対象である。そのようなディスプレイにおいて、複数の帯電粒子（顔料粒子と称される場合もある）が、電場の影響下で流体を通して移動し、電気泳動ディスプレイは、液晶ディスプレイと比較したときに、良好な輝度およびコントラスト、広視野角、状態双安定、ならびに低電力消費の属性を有することができる。それにもかかわらず、これらのディスプレイの長期の画像品質に伴う問題は、その広範な利用を妨げている。例えば、電気泳動ディスプレイを構成する粒子は、沈降する傾向があり、これらのディスプレイの不十分な使用可能寿命をもたらす。

## 【0009】

上述のように、電気泳動媒体は、流体の存在を必要とする。ほとんどの従来技術の電気泳動媒体では、この流体は、液体であるが、電気泳動媒体は、ガス状流体を使用して生産されることができる（例えば、Kitamura, T., et al. Electric al toner movement for electronic paper-like display, IDW Japan, 2001, Paper HCS1-1（非特許文献1）、および Yamaguchi, Y., et al., Toner display using insulative particles charged triboelectrically, IDW Japan, 2001, Paper AMD4-4（非特許文献2）を参照）。同様に、米国特許第7,321,459号（特許文献1）および第7,236,291号（特許文献2）も参照されたい。そのようなガスベース電気泳動媒体は、例えば、媒体が垂直な平面に配置される看板等、媒体がそのような沈降を可能にする向きで使用されるときに、粒子沈降のために液体ベース電気泳動媒体と同じ種類の問題の影響を受けやすいと考えられる。実際、粒子沈降は、液体ベース電気泳動媒体よりもガスベース電気泳動媒体において深刻な問題であると考えられる。なぜなら、流体の粘度と比較してより低いガス状懸濁流体の粘度は、電気泳動粒子のより高速の沈降を可能にするからである。

## 【0010】

Massachusetts Institute of Technology (MIT) および E Ink Corporation に譲渡された、またはそれらの名義の多数の特許および出願は、カプセル化された電気泳動および他の電気光学媒体に使用される種々の技術を説明している。そのようなカプセル化された媒体は、多数の小型カプセルを含み、それらの各々は、それ自体が、電気泳動により移動可能な粒子を流体媒体中に含む内相と、内相を包囲するカプセル壁とを含む。典型的には、カプセルはそれ自体が、ポリマー接着剤内に保持され、2つの電極間に位置付けられるコヒーレント層を形成する。これらの特許および出願に説明される技術としては、以下が挙げられる。

(a) 電気泳動粒子、流体、および流体添加物（例えば、米国特許第7,002,728号および第7,679,814号を参照）

(b) カプセル、接着剤、およびカプセル化プロセス（例えば、米国特許第6,922,276号および第7,411,719号を参照）

(c) 電気光学材料を含むフィルムおよび組み立て部品（例えば、米国特許第6,982,178号および第7,839,564号を参照）

(d) 後面、接着剤層、および他の補助層、ならびにディスプレイに使用される方法（例えば、米国特許第7,116,318号および第7,535,624号を参照）

(e) 色形成および色調節（例えば、米国特許第6,017,584号、第6,664,944号、第6,864,875号、第7,075,502号、第7,167,155号、第7,667,684号、第7,791,789号、第7,956,841号、第8,040,594号、第8,054,526号、第8,098,418号、第8,213,076号、および第8,363,299号、ならびに米国特許出願公開第2004/0263947号、第2007/0109219号、第2007/0223079号、第2008/0023332号、第2008/0043318号、第2008/0048970

10

20

30

40

50

号、第2009/0004442号、第2009/0225398号、第2010/0103502号、第2010/0156780号、第2011/0164307号、第2011/0195629号、第2011/0310461号、第2012/0008188号、第2012/0019898号、第2012/0075687号、第2012/0081779号、第2012/0134009号、第2012/0182597号、第2012/0212462号、第2012/0157269号、および第2012/0326957号を参照)

(f) ディスプレイを駆動するための方法(例えば、米国特許第5,930,026号、第6,445,489号、第6,504,524号、第6,512,354号、第6,531,997号、第6,753,999号、第6,825,970号、第6,900,851号、第6,995,550号、第7,012,600号、第7,023,420号、第7,034,783号、第7,116,466号、第7,119,772号、第7,193,625号、第7,202,847号、第7,259,744号、第7,304,787号、第7,312,794号、第7,327,511号、第7,453,445号、第7,492,339号、第7,528,822号、第7,545,358号、第7,583,251号、第7,602,374号、第7,612,760号、第7,679,599号、第7,688,297号、第7,729,039号、第7,733,311号、第7,733,335号、第7,787,169号、第7,952,557号、第7,956,841号、第7,999,787号、第8,077,141号、第8,125,501号、同第8,139,050号、第8,174,490号、第8,289,250号、第8,300,006号、および第8,314,784号、ならびに米国特許出願公開第2003/0102858号、第2005/0122284号、第2005/0179642号、第2005/0253777号、第2007/0091418号、第2007/0103427号、第2008/0024429号、第2008/0024482号、第2008/0136774号、第2008/0150888号、第2008/0291129号、第2009/0174651号、第2009/0179923号、第2009/0195568号、第2009/0322721号、第2010/0045592号、第2010/0220121号、第2010/0220122号、第2010/0265561号、第2011/0187684号、第2011/0193840号、第2011/0193841号、第2011/0199671号、および第2011/0285754号(これらの特許および出願は以下、MEDEOD(Methods for Driving Electro-optic Displays)出願と称される場合もある)を参照)

(g) ディスプレイの適用(例えば、米国特許第7,312,784号および第8,009,348号を参照)

(h) 非電気泳動ディスプレイ(米国特許第6,241,921号、第6,950,220号、第7,420,549号、および第8,319,759号、ならびに米国特許出願公開第2012/0293858号に説明)

前述の特許および出願の多くは、カプセル化された電気泳動媒体内の個別のマイクロカプセルを包囲する壁が、連続相によって置き換えられることができ、したがって、電気泳動媒体が電気泳動流体の複数の個別の液滴とポリマー材料の連続相とを含む、いわゆるポリマー分散電気泳動ディスプレイを生成すること、および、そのようなポリマー分散電気泳動ディスプレイ内の電気泳動流体の個別の液滴は、個別のカプセル膜が各個々の液滴に関連付けられないとしても、カプセルまたはマイクロカプセルと見なされ得ることを認識しており、例えば、米国特許第6,866,760号を参照されたい。したがって、本出願の目的のために、そのようなポリマー分散電気泳動媒体は、カプセル化された電気泳動媒体の亜種と見なされる。

#### 【0011】

関連する種類の電気泳動ディスプレイは、いわゆるマイクロセル電気泳動ディスプレイである。マイクロセル電気泳動ディスプレイでは、帯電粒子および流体は、マイクロカプ

10

20

30

40

50

セル内にカプセル化されず、その代わりに、キャリア媒体内、典型的には、ポリマーフィルム内に形成される複数の空洞内に保持される。例えば、どちらも *Sipix Imaging, Inc* に譲渡された米国特許第 6,672,921 号および第 6,788,449 号を参照されたい。

【0012】

多くの場合、電気泳動媒体は不透明であり（なぜなら、例えば、多くの電気泳動媒体では、粒子は、ディスプレイを通る可視光の透過を実質的に遮断するから）、反射モードで動作するが、多くの電気泳動ディスプレイは、1つのディスプレイ状態が実質的に不透明であり、1つが光透過性である、いわゆるシャッターモードで動作するように作製され得る。例えば、米国特許第 5,872,552 号、第 6,130,774 号、第 6,144,361 号、第 6,172,798 号、第 6,271,823 号、第 6,225,971 号、および第 6,184,856 号を参照されたい。誘電泳動ディスプレイは、電気泳動ディスプレイと類似するが、電場強度の変動に依存し、類似のモードで動作し得る。米国特許第 4,418,346 号を参照されたい。他の種類の電気光学ディスプレイもまた、シャッターモードで動作することが可能であり得る。シャッターモードで動作する電気光学媒体は、フルカラーディスプレイ用の多層構造で使用されることができ、そのような構造では、ディスプレイの画面に隣接する少なくとも1つの層は、シャッターモードで動作して、画面からより遠くにある第2の層を露出させるか、または隠す。

10

【0013】

カプセル型電気泳動ディスプレイは、典型的には、従来の電気泳動機器のクラスタ化および沈降故障モードに悩まされることがなく、多様な可撓性および剛体の基材上にディスプレイを印刷またはコーティングする能力等のさらなる利点を提供する。（印刷という語の使用は、全ての形態の印刷およびコーティングを含むことが意図され、限定ではないが、前計量コーティング（例えば、パッチダイコーティング、スロットまたは押出コーティング、スライドまたはカスケードコーティング、カーテンコーティング等）、ロールコーティング（例えば、ナイフオーバーロールコーティング、フォワードおよびリバースロールコーティング等）、グラビアコーティング、浸漬コーティング、吹き付けコーティング、メニスカスコーティング、スピンコーティング、ブラシコーティング、エアナイフコーティング、シルクスクリーン印刷プロセス、静電気印刷プロセス、熱印刷プロセス、インクジェット印刷プロセス、電気泳動析出（米国特許第 7,339,715 号を参照）、

20

30

【0014】

前述の米国特許第 6,982,178 号は、大量生産に非常に適した固体電気光学ディスプレイ（カプセル型電気泳動ディスプレイを含む）を組み立てる方法を説明している。本質的に、この特許は、順に、光透過性導電性層、導電性層と電気接点を有する固体電気光学媒体の層、接着剤層、および剥離シートを備えるいわゆる前面ラミネート（FPL）を説明している。典型的には、光透過性導電性層は、光透過性基材上に支持され、好ましくは、基材が永久的な変形を伴わずに、（例えば）直径 10 インチ（254 mm）のドラムの周囲に手で巻き付けられ得るという意味で可撓性である。この出願および本明細書において、光透過性という用語は、そのように指定される層が、その層を通して見ている観察者が、電気光学媒体のディスプレイ状態の変化を観察すること（通常、それは、導電性層および隣接する基材（存在する場合）を通して見られる）を可能にするために十分な光を透過させることを意味するために使用され、電気光学媒体ディスプレイが非可視波長における反射率において変化する場合、光透過性という用語は、当然ながら、関連する非可視波長の透過に関して解釈されるべきである。

40

【0015】

そのような前面ラミネートを使用した電気光学ディスプレイの組立は、剥離シートを前面ラミネートから除去し、接着剤層を後面に接着させるのに効果的な条件下で接着剤層を

50

後面に接触させ、それによって、接着剤層、電気光学媒体の層、および導電性層を後面に固定することによって達成され得る。このプロセスは、前面ラミネートが、典型的にはロールからロールへのコーティング技術を使用して大量生産され、次に、特定の後面との使用に必要とされる任意のサイズの片に切断され得るため、大量生産に非常に適している。

【0016】

米国特許第7,561,324号は、いわゆる二重剥離シートを説明しており、これは、本質的には、前述の米国特許第6,982,178号の前面ラミネートの単純化された変形である。二重剥離シートの1つの形態は、2つの接着剤層間に挟まれた固体電気光学媒体の層を備え、接着剤層の一方または両方は、剥離シートによって被覆される。二重剥離シートの別の形態は、2つの剥離シート間に挟まれた固体電気光学媒体の層を備える。二重剥離フィルムの方の形態も、既に説明された前面ラミネートから電気光学ディスプレイを組み立てるためのプロセスに概して類似するプロセスにおける使用を意図されるが、2つの分離したラミネート加工を含み、典型的には、第1のラミネート加工において、二重剥離シートは前面電極にラミネート加工されて、前面組み立て部品を形成し、次に、第2のラミネート加工において、前面組立部品は、後面にラミネート加工されて、最終的なディスプレイを形成するが、但し、これらの2つのラミネート加工の順序は所望により逆転され得る。

【0017】

米国特許第7,839,564号は、いわゆる反転された前面ラミネートを説明しており、これは、前述の米国特許第6,982,178号に説明される前面ラミネートの変形である。この反転された前面ラミネートは、光透過性保護層および光透過性導電性層のうちの少なくとも1つ、接着剤層、固体電気光学媒体の層、ならびに剥離シートを順に備える。この反転された前面ラミネートは、電気光学層と前面電極または前面基材との間にラミネート加工接着剤の層を有する電気光学ディスプレイを形成するために使用され、第2の、典型的には薄い接着剤の層が、電気光学層と後面との間に存在することも、存在しないこともある。そのような電気光学ディスプレイは、良好な解像度と良好な低温性能とを組み合わせることができる。

【0018】

上に示されるように、最も単純な従来技術の電気泳動媒体は、2つの色のみを本質的に表示する。そのような電気泳動媒体は、第2の異なる色を有する着色流体内の第1の色を有する1種類の電気泳動粒子（この場合、粒子がディスプレイの画面に隣接しているときには第1の色が表示され、粒子が画面から離れているときには第2の色が表示される）か、または無着色流体内の異なる第1および第2の色を有する第1および第2の種類の電気泳動粒子（この場合、第1の種類の粒子がディスプレイの画面に隣接しているときには第1の色が表示され、第2の種類の粒子が画面に隣接しているときには第2の色が表示される）かのいずれかを使用する。典型的には、2つの色は、黒および白である。フルカラーディスプレイが所望される場合、色フィルタ配列が、モノクロ（黒および白）ディスプレイの画面上に堆積され得る。色フィルタ配列を有するディスプレイは、領域配分および色配合を利用して色刺激を作成する。利用可能なディスプレイ領域が、赤/緑/青（RGB）または赤/緑/青/白（RGBW）等の3つまたは4つの原色間で共有され、フィルタが、1次元（縦縞）または2次元（ $2 \times 2$ ）の反復パターンで配列され得る。他の原色の選択または4つ以上の原色も、当該技術分野において既知である。意図される視距離において均一な色刺激を有する単一のピクセルに視覚的に混ざり合うために、十分に小さい3つ（RGBディスプレイの場合）または4つ（RGBWディスプレイの場合）のサブピクセルが選択される（「色配合」）。領域配分特有の不利点は、着色剤が常に存在し、色は、その下部のモノクロディスプレイの対応するピクセルを白または黒に切り替える（対応する原色を入または切に切り替える）ことによってのみ調整され得るということである。例えば、理想的なRGBWディスプレイでは、赤、緑、青、および白原色の各々は、ディスプレイ領域の4分の1（4つのサブピクセルのうちの一つ）を占め、白サブピクセルは、その下部のモノクロディスプレイの白と同程度の輝度であり、着色サブピクセルの各々

10

20

30

40

50

は、モノクロディスプレイの白の3分の1より明るくない。全体としてディスプレイによって示される白色の輝度は、白サブピクセルの輝度の2分の1超にはなり得ない(ディスプレイの白領域は、各4つのうち1つの白サブピクセルと、白サブピクセルの3分の1に等しいその着色形態である各着色サブピクセルとを表示することによって生成され、したがって、組み合わせられた3つの着色サブピクセルは、1つの白サブピクセルより寄与しない)。色の輝度および飽和度は、黒に切り替えられた色ピクセルとの領域配分によって低下される。黄は等輝度のいかなる他の色よりも明るく、飽和した黄は白とほぼ同程度の輝度であるため、領域配分は、黄を混合するときに特に問題である。青ピクセル(ディスプレイ領域の4分の1)の黒への切り替えは、黄を暗くし過ぎる。

【0019】

多積層電気泳動ディスプレイは、当該技術分野において既知である。J. Heikelfeld, P. Drzaic, J-S Yeo and T. Koch, *Journal of the SID*, 19(2), 2011, pp. 129-156。そのようなディスプレイでは、周辺光が、従来の色印刷と同様に3つの減法混色の原色の各々において画像を通過する。米国特許第6,727,873号は、切り替え可能なセルの3つの層が反射性背景上に設置された積層電気泳動ディスプレイを説明している。着色粒子が、横方向に移動させられる(国際出願第WO2008/065605号を参照)か、または縦および横方向の動きの組み合わせを使用してマイクロピット内に隔離される、類似のディスプレイが既知である。どちらの場合においても、各層は、着色粒子をピクセルベースで集中または分散させるように働く電極とともに提供され、その結果、3つの層の各々は、薄膜トランジスタ(TFT)の層(TFTの3つの層のうち2つは実質的に透明でなければならない)と光透過性対電極とを必要とする。そのような電極の複雑な配列は、製造費用がかかり、当該技術分野の現在の状況では、ピクセル電極の適切に透明な平面を提供することは、特に、ディスプレイの白状態は、電極の複数の層を通して見られなければならないため、困難である。多層ディスプレイはまた、ディスプレイの積み重ねの厚さがピクセルサイズに近づくか、またはそれを超えるため、視差の問題を有する。

【0020】

米国出願公開第2012/0008188号および第2012/0134009号は、独立してアドレス可能なピクセル電極と共通の光透過性前面電極とを備える単一の後面を有する、多色電気泳動ディスプレイを説明している。後面と前面電極との間に、複数の電気泳動層が配置される。これらの出願に説明されるディスプレイは、任意のピクセル場所で原色(赤、緑、青、シアン、マゼンタ、黄、白、および黒)のいずれかをレンダリングすることが可能である。しかしながら、単一の組のアドレス電極間に設置される複数の電気泳動層の使用に対して不利点が存在する。特定の層内の粒子が経験する電場は、同一の電圧でアドレスされる単一の電気泳動層の場合よりも低い。それに加えて、画面に最も近い電気泳動層における光学的損失(例えば、光の散乱または不要な吸収によって引き起こされる)は、その下部の電気泳動層に形成される画像の見た目に影響を及ぼす場合がある。

【0021】

単一の電気泳動層を使用するフルカラー電気泳動ディスプレイを提供する試みが行われてきた。例えば、米国特許出願公開第2011/0134506号を参照されたい。しかしながら、当該技術分野の現在の状況では、そのようなディスプレイは、典型的には、低い切り替え速度(数秒もの長さ)または高いアドレス電圧等の妥協を有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0022】

【特許文献1】米国特許第7,321,459号明細書

【特許文献2】米国特許第7,236,291号明細書

【非特許文献】

【0023】

【非特許文献1】Kitamura, T., et al., Electrical toner movement for electronic paper-like display, IDW Japan, 2001, Paper HCS1-1

【非特許文献2】Yamaguchi, Y., et al., Toner display using insulative particles charged triboelectrically, IDW Japan, 2001, Paper AMD4-4

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0024】

本発明は、単一の電気泳動層のみを使用するが、ディスプレイの活動領域の全場所に3つ以上の色、好ましくは、フルカラーを表示することが可能なカラーディスプレイ、ならびにそのような電気泳動ディスプレイを駆動する方法を提供することを目的とする。

【0025】

したがって、本発明は、流体と流体内に配置される少なくとも第1の粒子種とを含む電気泳動媒体であって、第1の粒子種は、第1のアドレスインパルスが媒体に印加されると、第1の粒子種が電場に対して1つの方向に移動するが、第1のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性を有する第2のアドレスインパルスが媒体に印加されると、第1の粒子種は、電場に対して反対の方向に移動するように存在する、電気泳動媒体を提供する。

【0026】

第1および第2のアドレスインパルスは、電場強度、持続時間、またはその両方が互いに異なり得る。さらに、第1の電場を印加することを含む第1のアドレスインパルスは、第1の期間の間、本媒体に印加され、第2の電場を印加することを含む第2のアドレスインパルスは、第2の期間の間、本媒体に印加されるが、第1および第2の電場は、それぞれ、第1および第2の期間の間、一定でなければならないことを意味することが意図されるものではなく、第1および第2の電場は規模が互いに異なっているか、または第1および第2の期間は持続時間が異なっている必要があると理解されるべきでもない。第2のアドレスインパルス（すなわち、第2の期間にわたる、第2の電場を作成するために使用される電圧の時間に関する積分）は、第1のアドレスインパルスよりも大きいことだけが求められる。

【0027】

本発明はまた、流体と流体内に配置される少なくとも第1の粒子種とを含む電気泳動媒体を駆動する方法であって、

(a) 第1のアドレスインパルスを媒体に印加し、それによって第1の粒子種を電場に対して1つの方向に移動させることと、

(b) 第1のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性を有する第2のアドレスインパルスを媒体に印加し、それによって、第1の粒子種を該電場に対して反対の方向に移動させることとを含む、方法も提供する。

【0028】

本発明はまた、複数の異なる色をレンダリングすることが可能な電気泳動ディスプレイであって、流体と流体内に配置される複数の粒子とを含む電気泳動媒体を含み、電気泳動媒体の対向側面に配置される第1および第2の電極をさらに含み、第1のアドレスインパルスを電気泳動媒体に印加すると、粒子は、第1の電極に向かって移動するが、第1のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性である第2のアドレスインパルスを印加すると、粒子は、第2の電極に向かって移動する、電気泳動ディスプレイも提供する。

【0029】

そのような電気泳動ディスプレイの1つの形態では、第1のアドレスインパルスを印加すると、粒子はより正の方の電極に向かって移動するが、第2のアドレスインパルスを印

10

20

30

40

50

加すると、粒子はより負の方の電極に向かって移動する。そのような電気泳動ディスプレイでは、粒子は、通常、電場が粒子に印加されていないとき、負の電荷を有する。そのようなディスプレイは、第1の種類の粒子とは異なる色を有し、第1または第2のいずれかのアドレスインパルス印加するとより負の方の電極に向かって移動する、第2の種類の粒子をさらに含み得る。

【0030】

前述の本発明の媒体およびディスプレイは、以下、便宜上、本発明の電荷切り替え粒子またはCSP媒体およびディスプレイと称され得る。

【0031】

別の側面では、本発明は、流体と、流体内に配置される第1、第2、および第3の粒子種とを含む電気泳動媒体を提供する。第1の粒子種は、一方の極性の電荷を帯び、第2および第3の粒子種は、反対の極性の電荷を帯びている。第1、第2、および第3の粒子種の特徴は、粒子間の相互作用が、第1の種の粒子と第2の種の粒子との間で、第1の種の粒子と第3の種の粒子との間よりも小さいことである。第1のアドレスインパルスが本電気泳動媒体に印加されると、第1および第3の粒子種は、電場に対して1つの方向に移動し、第2の粒子種は、電場に対して反対の方向に移動する。第1のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性である第2のアドレスインパルスが本電気泳動媒体に印加されると、第1の粒子種は、電場に対して該1つの方向に移動する一方、第2および第3の粒子種は、電場に対して該反対の方向に移動する。

10

【0032】

そのような電気泳動媒体では、第1、第2、および第3の粒子種間の相互作用を制御する1つの方法は、粒子上のポリマーコーティングの種類、量、および厚さを制御することによる。例えば、粒子間相互作用が第1の種の粒子と第2の種の粒子との間で、第1の種の粒子と第3の種の粒子との間よりも小さくなるように粒子特徴を制御するために、第2の粒子種は、ポリマー表面処理を有し得、第3の粒子種は、ポリマー表面処理を有していないか、または第2の粒子種よりも低い粒子表面の単位面積当りの質量被覆率を有するポリマー表面処理を有するかのいずれかであり得る。より一般的には、ハーマーカー定数（これは、2つの粒子間のファンデルワールス相互作用の強度の尺度であり、対電位は、ハーマーカー定数に比例し、2つの粒子間の距離の6乗に反比例する）および/または粒子間間隔は、3つの粒子種上のポリマーコーティングの賢明な選択によって調節される必要がある。

20

30

【0033】

別の側面では、本発明は、複数の異なる色をレンダリングすることが可能な電気泳動ディスプレイであって、電気泳動媒体と、電気泳動媒体の対向側面に配置される第1および第2の電極とを含む、ディスプレイを提供する。電気泳動媒体は、流体と、負電荷を有する複数の第1の粒子種と、正電荷を有する複数の第2の粒子種と、正電荷を有する複数の第3の粒子種とを含む。粒子対相互作用は、クーロン力および非クーロン引力のいずれも、第1の粒子種と第2の粒子種との間で、第1の粒子種と第3の粒子種との間よりも小さい。第1のアドレスインパルスにより、第1および第3の種の粒子は、より正の方の電極に向かって移動し、第2の種の粒子は、より負の方の電極に向かって移動する。しかしながら、第1のアドレスインパルスよりも大きい第2のアドレスインパルスにより、第1の種の粒子は、より正の方の電極に向かって移動するか、またはより正の方の電極の付近に留まり、第3の種の粒子は、より負の方の電極に向かって移動し、一方、第2の種の粒子は、より負の方の電極の付近に留まる。

40

【0034】

下記に記載される理由のため、これらの本発明の電気泳動媒体およびディスプレイは、以下、便宜上、本発明のスポット色またはSC媒体およびディスプレイと称され得る。

【0035】

別の側面では、本発明は、流体と、流体内に配置される第1、第2、および第3の粒子種とを含む電気泳動媒体を提供する。流体は、第1の色に染色される。第1の粒子種は、

50

光散乱性であり、一方の極性の電荷を帯びる一方、第2および第3の粒子種は、光散乱性でなく、それぞれ、第1の色と異なり、かつ互いに異なる第2および第3の色であり、反対の極性の電荷を帯びている。第1、第2、および第3の粒子種の特徴は、粒子間の相互作用が、第1の種の粒子と第2の種の粒子との間で、第1の種の粒子と第3の種の粒子との間よりも小さいことである。第1のアドレスインパルスが本電気泳動媒体に印加されると、第1および第3の粒子種は、電場に対して1つの方向に移動し、第2の粒子種は、電場に対して反対の方向に移動する。第1のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性である第2のアドレスインパルスが本電気泳動媒体に印加されると、第1の粒子種は、電場に対して該1つの方向に移動する一方、第2および第3の粒子種は、電場に対して該反対の方向に移動する。第2のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性である第3のアドレスインパルスが本電気泳動媒体に印加されると、第1の粒子種は、電場に対して該反対の方向に移動する一方、第2および第3の粒子種は、電場に対して該反対の方向に移動し続ける。

10

**【0036】**

本発明はまた、複数の異なる色をレンダリングすることが可能な電気泳動ディスプレイであって、電気泳動媒体と電気泳動媒体の対向側面に配置される第1および第2の電極とを含む、電気泳動ディスプレイも提供する。電気泳動媒体は、第1の色に染色された流体と、負電荷を有し、光散乱性である複数の第1の粒子種と、第2の色および正電荷を有し、光散乱性でない複数の第2の粒子種と、第3の色および正電荷を有し、光散乱性でない複数の第3の粒子種とを含む。粒子対相互作用（本発明のSC媒体およびディスプレイに関連して上記に説明される方法で調節され得る）は、クーロン力および非クーロン引力のいずれも、第1の粒子種と第2の粒子種との間で、第1の粒子種と第3の粒子種との間よりも小さい。第1のアドレスインパルスが本ディスプレイに印加されると、第1および第3の粒子種は、より正の方の電極に向かって移動し、第2の種類の顔料粒子は、より負の方の電極に向かって移動する。第1のアドレスインパルスよりも大きい第2のアドレスインパルスが本ディスプレイに印加されると、第1の粒子種は、より正の方の電極に向かって移動するか、またはより正の方の電極の付近に留まり、第3の粒子種は、より負の方の電極に向かって移動する一方、第2の粒子種は、より負の方の電極の付近に留まる。第2のアドレスインパルスよりも大きい第3のアドレスインパルスが本ディスプレイに印加されると、第1の粒子種は、より負の方の電極に向かって移動する。

20

30

**【0037】**

下記に記載される理由のため、これらの本発明の電気泳動媒体およびディスプレイは、以下、便宜上、本発明のフルカラーまたはFC媒体およびディスプレイと称される場合もある。

**【0038】**

最後に、本発明は、流体と、流体内に配置され、媒体に電場が印加されると流体を通過して移動することが可能な少なくとも1つの種類の帯電粒子とを含む電気泳動媒体であって、帯電粒子に、より正の電荷を与えることが可能な電荷制御補助剤をさらに含み、電荷制御補助剤は、カルボン酸の金属塩であり、金属は、リチウム、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、ルビジウム、バリウム、亜鉛、銅、スズ、チタン、マンガン、鉄、バナジウム、およびアルミニウムから成る群から選択される、電気泳動媒体を提供する。

40

**【0039】**

本発明は、本発明の電気泳動媒体を含む前面ラミネート、二重剥離シート、反転された前面ラミネート、または電気泳動ディスプレイに及ぶ。本発明のディスプレイは、従来技術の電気光学ディスプレイが使用されてきた任意の用途に使用され得る。したがって、例えば、本発明のディスプレイは、電子書籍リーダー、携帯用コンピュータ、タブレットコンピュータ、携帯電話、スマートカード、サイン、腕時計、棚ラベル、およびフラッシュドライブに使用され得る。

本明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

(項目1)

50

流体（８０６）と前記流体（８０６）内に配置されている少なくとも第１の粒子種（８０４、１００４、１１０４）とを含む電気泳動媒体（８００、１０００、１１００）であって、前記第１の粒子種（８０４、１００４、１１０４）は、第１のアドレスインパルスが前記媒体（８００、１０００、１１００）に印加されると、前記第１の粒子種（８０４、１００４、１１０４）が電場に対して１つの方向に移動するように存在し、前記媒体（８００、１０００、１１００）は、前記第１のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性を有する第２のアドレスインパルスが前記媒体（８００、１０００、１１００）に印加されると、前記第１の粒子種（８０４、１００４、１１０４）が前記電場に対して反対の方向に移動することを特徴とする、電気泳動媒体。

（項目２）

前記流体（８０６）は、着色されており、前記電気泳動媒体（８００、１１００）は、前記第１の種（８０４、１１０４）の粒子とは異なる色を有する第２の粒子種（８０２、１１０２、１１０６）を含み、前記第２の粒子種は、前記第１および第２のアドレスインパルスの両方の下で前記電場に対して同一の方向に移動する、項目１に記載の電気泳動媒体（８００、１１００）。

（項目３）

前記第２の粒子種（８０２、１１０２）は、前記第１のアドレスインパルスの下で前記第１の粒子種（８０４、１１０４）とは反対の方向に移動し、前記第２のアドレスインパルスの下で前記第１の粒子と同一の方向に移動する、項目２に記載の電気泳動媒体（８００、１１００）。

（項目４）

前記染色された流体および前記２つの粒子種のうちの１つは、加法混色の原色のうちの１つを有し、前記染色された流体および前記２つの粒子種のうちの別の１つは、補色の減法混色の原色を有する、項目２に記載の電気泳動媒体。

（項目５）

前記第１の粒子種は、白であり、前記染色された流体および前記第２の粒子種のうちの一方は、前記加法混色の原色のうちの１つを有し、前記染色された流体および前記第２の粒子種のうちの他方は、前記補色の減法混色の原色を有する、項目４に記載の電気泳動媒体。

（項目６）

前記電気泳動媒体（１１００）は、前記第１の種（１１０４）の粒子と異なり、かつ互いに異なる色を有する第２（１１０２）および第３（１１０６）の粒子種を含み、前記第２（１１０２）および第３（１１０６）の粒子種は、反対の極性の電荷を帯びており、前記第１（１１０４）の粒子種は、前記第３（１１０６）の粒子種と同一の極性の電荷を帯びており、その結果、前記第１のアドレスインパルスが１つの方向に印加されると、前記電気泳動媒体の１つの表面は、前記第３の粒子種の色を表示し、前記第１のアドレスインパルスが反対の方向に印加されると、前記ディスプレイの前記１つの表面は、前記第１および第２の粒子の色の混合色を表示する一方、前記第２のアドレスインパルスが前記１つの方向に印加されると、前記１つの表面は、前記第１および第３の粒子の色の混合色を表示し、前記第２のアドレスインパルスが前記反対の方向に印加されると、前記１つの表面は、前記第２の粒子の色を表示する、項目１に記載の電気泳動媒体（１１００）。

（項目７）

前記流体は、無着色である、項目６に記載の電気泳動媒体。

（項目８）

前記第２および第３の粒子種は、白および黒である、項目７に記載の電気泳動媒体。

（項目９）

前記第２のアドレスインパルスよりも大きい第３のアドレスインパルスが印加されると、前記第１、第２、および第３の粒子は全て、前記電場に対して同一の方向に移動する、項目６に記載の電気泳動媒体。

（項目１０）

10

20

30

40

50

前記流体は、前記第 1、第 2、および第 3 の粒子種の色とは異なる色で着色されている、項目 9 に記載の電気泳動媒体。

(項目 1 1)

前記粒子種のうちの一つは、白であり、前記粒子種のうち他の 2 つの粒子種および前記流体の色は、黄、シアン、およびマゼンタから任意の順序で選択されている、項目 1 0 に記載の電気泳動媒体。

(項目 1 2)

前記粒子および前記流体は、複数のカプセルまたはマイクロセルの中に閉じ込められている、項目 1 に記載の電気泳動媒体。

(項目 1 3)

前記粒子および前記流体は、ポリマー材料を含む連続相によって包囲されている複数の個別の液滴として存在する、項目 1 に記載の電気泳動媒体。

(項目 1 4)

項目 1 に記載の電気泳動媒体を含む、前面ラミネート、二重剥離シート、反転された前面ラミネート、または電気泳動ディスプレイ。

(項目 1 5)

項目 1 に記載の電気泳動媒体と、前記電気泳動媒体に電場を印加するように配列されている少なくとも 1 つの電極とを含む電気泳動ディスプレイ。

(項目 1 6)

項目 1 5 に記載の電気泳動媒体を組み込んでいる、電子書籍リーダー、携帯用コンピュータ、タブレットコンピュータ、携帯電話、スマートカード、サイン、腕時計、棚ラベル、またはフラッシュドライブ。

(項目 1 7)

流体と、前記流体内に配置されている少なくとも第 1 の粒子種とを含む電気泳動媒体を駆動する方法であって、前記方法は、

( a ) 第 1 のアドレスインパルスを実記媒体に印加し、それによって、前記第 1 の粒子種を電場に対して 1 つの方向に移動させることと、

( b ) 前記第 1 のアドレスインパルスよりも大きい、同一の極性を有する第 2 のアドレスインパルスを実記媒体に印加し、それによって、前記第 1 の粒子種を前記電場に対して反対の方向に移動させることと

を含む、方法。

(項目 1 8)

前記流体は、着色されており、前記電気泳動媒体は、前記第 1 の粒子種とは異なる色を有する第 2 の粒子種を含み、前記第 2 の粒子種は、前記第 1 および第 2 のアドレスインパルスの下で前記電場に対して同一の方向に移動する、項目 1 7 に記載の方法。

(項目 1 9)

前記電気泳動媒体は、前記第 1 の粒子種とは異なり、かつ互いに異なる色を有する第 2 および第 3 の粒子種を含み、前記第 2 および第 3 の粒子種は、反対の極性の電荷を帯びており、前記第 1 の粒子種は、前記第 3 の粒子種と同一の極性の電荷を帯びており、前記方法は、

( a ) 前記第 1 のアドレスインパルスを 1 つの方向に印加し、それによって、前記電気泳動媒体の 1 つの表面に前記第 3 の粒子種の色を表示させることと、

( b ) 第 1 のアドレスインパルスを反対の方向に印加し、それによって、前記ディスプレイの前記 1 つの表面に前記第 1 および第 2 の粒子の色の混合色を表示させることと、

( c ) 前記第 2 のアドレスインパルスを前記 1 つの方向に印加し、それによって、前記 1 つの表面に前記第 1 および第 3 の粒子の色の混合色を表示させることと、

( d ) 前記第 2 のアドレスインパルスを前記反対の方向に印加し、それによって前記 1 つの表面に前記第 2 の粒子の色を表示させることと

を含む、項目 1 7 に記載の方法。

(項目 2 0)

10

20

30

40

50

前記第2のアドレスインパルスよりも大きい第3のアドレスインパルスを前記媒体に印加し、それによって、前記第1、第2、および第3の粒子の全てに、前記電場に対して前記同一の方向に移動させることをさらに含む、項目19に記載の方法。

(項目21)

ステップ(b)は、電気泳動媒体に、一方の極性の一連の短電圧パルスを含む波形を印加することによって達成され、前記短電圧パルスの最後を除く各々の後に、反対の極性のより長い電圧パルスが続く、項目19に記載の方法。

(項目22)

複数の異なる色をレンダリングすることが可能な電気泳動ディスプレイであって、前記ディスプレイは、流体と前記流体内に配置されている複数の粒子とを含む電気泳動媒体を含み、前記ディスプレイは、前記電気泳動媒体の対向側面に配置されている第1および第2の電極をさらに含み、第1のアドレスインパルスを前記電気泳動媒体に印加すると、前記粒子は、前記第1の電極に向かって移動するが、前記第1のアドレスインパルスよりも大きい第2のアドレスインパルスと同一の極性である第2のアドレスインパルスを印加すると、前記粒子は、前記第2の電極に向かって移動する、電気泳動ディスプレイ。

10

(項目23)

前記第1のアドレスインパルスを印加すると、前記粒子は、より正の方の前記電極に向かって移動するが、前記第2のアドレスインパルスを印加すると、前記粒子は、より負の方の前記電極に向かって移動する、項目22に記載の電気泳動ディスプレイ。

20

(項目24)

前記第1の種類の粒子とは異なる色を有している第2の種類の粒子をさらに含み、前記第2の種類の粒子は、前記第1または第2のいずれかのアドレスインパルスを印加すると、より負の方の前記電極に向かって移動する、項目23に記載の電気泳動ディスプレイ。

(項目25)

流体と、前記流体内に配置されている第1、第2、および第3の粒子種とを含む電気泳動媒体であって、前記第1の粒子種は、一方の極性の電荷を帯びており、前記第2および第3の粒子種は、反対の極性の電荷を帯びており、その結果、第1のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第1および第3の粒子種は、電場に対して1つの方向に移動し、前記第2の粒子種は、前記電場に対して反対の方向に移動するが、前記第1のアドレスインパルスよりも大きい第2のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第1の粒子種は、前記電場に対して前記1つの方向に移動する一方、前記第2および第3の粒子種は、前記電場に対して前記反対の方向に移動する、電気泳動媒体。

30

(項目26)

前記第2の粒子種は、ポリマー表面処理を有し、前記第3の粒子種は、ポリマー表面処理を有していないか、または前記第2の粒子種よりも低い前記粒子表面の単位面積当りの質量被覆率を有するポリマー表面処理を有するかのいずれかである、項目25に記載の電気泳動媒体。

(項目27)

複数の異なる色をレンダリングすることが可能な電気泳動ディスプレイであって、前記ディスプレイは、電気泳動媒体と前記電気泳動媒体の対向側面に配置されている第1および第2の電極とを含み、前記電気泳動媒体は、流体と、負電荷を有する複数の第1の粒子種と、正電荷を有する複数の第2の粒子種と、正電荷を有する複数の第3の粒子種とを含み、前記粒子対の相互作用は、クーロン力および非クーロン引力のいずれも、前記第1の粒子種と前記第2の粒子種との間で、前記第1の粒子種と前記第3の粒子種との間よりも小さく、その結果、第1のアドレスインパルスにより、前記第1および第3の種の前記粒子は、より正の方の前記電極に向かって移動し、前記第2の種の前記粒子は、より負の方の前記電極に向かって移動するが、前記第1のアドレスインパルスよりも大きい第2のアドレスインパルスにより、前記第1の種の前記粒子は、より正の方の前記電極に向かって

40

50

移動するか、またはより正の方の前記電極の付近に留まり、前記第3の種の前記粒子は、より負の方の前記電極に向かって移動する一方、前記第2の種の前記粒子は、より負の方の前記電極の付近に留まる、電気泳動ディスプレイ。

(項目28)

第1の色に染色された流体と、前記流体内に配置されている第1、第2、および第3の粒子種とを含む電気泳動媒体であって、前記第1の粒子種は、光散乱性であり、一方の極性の電荷を帯びている一方、前記第2および第3の粒子種は、光散乱性でなく、それぞれ、前記第1の色と異なり、かつ互いに異なる第2および第3の色であり、反対の極性の電荷を帯びており、前記第1、第2、および第3の粒子種の特徴は、前記粒子間の相互作用が、前記第1の種の前記粒子と前記第2の種の前記粒子との間で、前記第1の種の前記粒子と前記第3の種の前記粒子との間よりも小さいことであり、その結果、第1のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第1および第3の粒子種は、電場に対して1つの方向に移動し、前記第2の粒子種は、前記電場に対して反対の方向に移動するが、前記第1のアドレスインパルスよりも大きい同一の極性である第2のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第1の粒子種は、前記電場に対して前記1つの方向に移動する一方、前記第2および第3の粒子種は、前記電場に対して前記反対の方向に移動し、前記第2のアドレスインパルスよりも大きい前記同一の極性である第3のアドレスインパルスが前記電気泳動媒体に印加されると、前記第1の粒子種は、前記電場に対して前記反対の方向に移動する一方、前記第2および第3の粒子種は、前記電場に対して前記反対の方向に移動し続ける、電気泳動媒体。

(項目29)

複数の異なる色をレンダリングすることが可能な電気泳動ディスプレイであって、前記ディスプレイは、電気泳動媒体と前記電気泳動媒体の対向側面に配置されている第1および第2の電極とを含み、前記電気泳動媒体は、第1の色に染色された流体と、負電荷を有し、光散乱性である複数の第1の粒子種と、第2の色および正電荷を有し、光散乱性でない複数の第2の粒子種と、第3の色および正電荷を有し、光散乱性でない複数の第3の粒子種とを含み、前記粒子対の相互作用は、クーロン力および非クーロン引力のいずれも、前記第1の粒子種と前記第2の粒子種との間で、前記第1の粒子種と前記第3の粒子種との間よりも小さく、その結果、第1のアドレスインパルスが前記ディスプレイに印加されると、前記第1および第3の粒子種は、より正の方の前記電極に向かって移動し、前記第2の種類の前記顔料粒子は、より負の方の前記電極に向かって移動するが、前記第1のアドレスインパルスよりも大きい第2のアドレスインパルスが前記ディスプレイに印加されると、前記第1の粒子種は、より正の方の前記電極に向かって移動するか、またはより正の方の前記電極の付近に留まり、前記第3の粒子種は、より負の方の前記電極に向かって移動する一方、前記第2の粒子種は、より負の方の前記電極の付近に留まり、前記第2のアドレスインパルスよりも大きい第3のアドレスインパルスが前記ディスプレイに印加されると、前記第1の粒子種は、より負の方の前記電極に向かって移動する、電気泳動ディスプレイ。

(項目30)

流体と、前記流体内に配置され、媒体に電場が印加されると前記流体を通過して移動することが可能な少なくとも1つの種類の帯電粒子とを含む電気泳動媒体であって、前記媒体は、前記帯電粒子に、より正の電荷を与えることが可能な電荷制御補助剤をさらに含み、前記電荷制御補助剤は、カルボン酸の金属塩であり、前記金属は、リチウム、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、ルビジウム、バリウム、亜鉛、銅、スズ、チタン、マンガン、鉄、バナジウム、およびアルミニウムから成る群から選択される、電気泳動媒体。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】添付の図面の図1は、本発明の電気泳動ディスプレイの概略的な断面図である。

【図2】図2は、2つの遮断されていない電極を有する電気泳動ディスプレイの極めて概

10

20

30

40

50

略的な断面図であり、切り替え中の電気泳動流体内の帯電した種の変位を示す。

【図3】図3 Aおよび3 Bは、印加される電場の方向の距離の関数として電気泳動媒体内の電位を図示するグラフである。

【図4】図4は、図2のものに類似する2つの遮断されていない電極を有する電気泳動ディスプレイの極めて概略的な断面図であり、電気化学的に発生させたイオンの追加の流れとの切り替え中の帯電した種の変位を示す。

【図5】図5 Aおよび5 Bは、縮尺通りではない、負に帯電した電気泳動粒子および包囲流体の概略的な断面図であり、粒子の付近の電荷の輸送のモードに関する仮説を図示する。

【図6】図6は、下記に説明される特定の実験における、負に帯電した白顔料の移動を図示する顕微鏡写真を示す。

10

【図7】図7は、図2および4のものに類似する電気泳動ディスプレイの極めて概略的な断面図であり、電気化学的に発生させたイオンの追加の流れとの切り替え中の帯電した種の変位を示す。

【図8】図8 Aおよび8 Bは、第1および第2のアドレスインパルス下のディスプレイの種々の光学的状態を示す、本発明のカプセル化されたC S P電気泳動ディスプレイの概略的な断面図である。

【図9】図9は、図8 Aおよび8 Bに示されるもののような本発明のC S P電気泳動ディスプレイによって生成され得る色を示すグラフである。

【図10】図10 Aおよび10 Bは、第1および第2のアドレスインパルス下のディスプレイの種々の光学的状態を示す、本発明のカプセル化されたS C電気泳動ディスプレイの概略的な断面図である。

20

【図11 A】図11 A - 11 Dは、第1、第2、第3の反対の極性のアドレスインパルス下のディスプレイの種々の光学的状態を示す、本発明のカプセル化されたF C電気泳動ディスプレイの概略的な断面図である。

【図11 B】図11 A - 11 Dは、第1、第2、第3の反対の極性のアドレスインパルス下のディスプレイの種々の光学的状態を示す、本発明のカプセル化されたF C電気泳動ディスプレイの概略的な断面図である。

【図11 C】図11 A - 11 Dは、第1、第2、第3の反対の極性のアドレスインパルス下のディスプレイの種々の光学的状態を示す、本発明のカプセル化されたF C電気泳動ディスプレイの概略的な断面図である。

30

【図11 D】図11 A - 11 Dは、第1、第2、第3の反対の極性のアドレスインパルス下のディスプレイの種々の光学的状態を示す、本発明のカプセル化されたF C電気泳動ディスプレイの概略的な断面図である。

【図12】図12は、本発明の電気泳動流体内の顔料の帯電を制御する少ない割合のアルミニウムジ(t-ブチル)サリシレート電荷制御剤として添加することの効果を図示するグラフである。

【図13】図13 Aおよび13 Bは、下記の実施例2に説明されるように、本発明のディスプレイから得られた色を示すL \* b \* グラフである。

【図14】図14は、下記の実施例3において本発明のディスプレイに印加された駆動波形、および結果として得られたL \* およびb \* 値を示すグラフである。

40

【図15 A】図15 A - 15 Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された種々の波形を示すグラフである。

【図15 B】図15 A - 15 Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された種々の波形を示すグラフである。

【図15 C】図15 A - 15 Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された種々の波形を示すグラフである。

【図15 D】図15 A - 15 Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された種々の波形を示すグラフである。

【図15 E】図15 A - 15 Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された

50

種々の波形を示すグラフである。

【図15F】図15A - 15Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された種々の波形を示すグラフである。

【図15G】図15A - 15Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された種々の波形を示すグラフである。

【図15H】図15A - 15Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された種々の波形を示すグラフである。

【図15I】図15A - 15Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された種々の波形を示すグラフである。

【図15J】図15A - 15Jは、下記の実施例6に説明される実験において使用された種々の波形を示すグラフである。

10

【図16A】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

【図16B】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

【図16C】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

【図16D】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

【図16E】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

20

【図16F】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

【図16G】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

【図16H】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

【図16I】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

【図16J】図16A - 16Jはそれぞれ、図15A - 15Jの波形を使用して得られた、時間の関数としての $L^*$ 、 $a^*$ 、および $b^*$ 値を示すグラフである。

30

【図17】図17は、下記の実施例6に説明される実験において得られた色域を示す、従来の $L^* a^* b^*$ 色空間の $a^* b^*$ 平面のプロットである。

【図18】図18および19は、図17のものに類似するが、それぞれ下記の実施例7および8に説明される実験において得られた色域を示す $a^* b^*$ 平面のプロットである。

【図19】図18および19は、図17のものに類似するが、それぞれ下記の実施例7および8に説明される実験において得られた色域を示す $a^* b^*$ 平面のプロットである。

【図20】図20は、図14のものに類似するが、下記の実施例9において本発明のディスプレイに印加された修正された波形によって達成された結果を示すグラフである。

【図21】図21は、図20に示される修正された波形を使用して達成された改善された色を示す、CIE  $L^* a^* b^*$ 色空間の $L^* b^*$ 平面の図である。

40

【図22】図22は、下記の実施例9において解説される直流平衡駆動スキームの概略的な図である。

【図23】図23は、下記の実施例9において説明される、単純な方形波形および結果として得られたインパルス電位を示すグラフである。

【図24】図24は、下記の実施例9における黒から黄への遷移に使用された波形に関する電圧対時間のグラフである。

【図25】図25は、下記の実施例9に説明される実験において得られた最適な駆動電圧のバッチ間変動を示すグラフである。

【図26】図26は、下記の実施例9において使用されたいくつかのピケットフェンス波

50

形に関する、電圧対時間のグラフを示す。

【図27】図27は、図26に示されるピケットフェンス波形を使用して得られた白状態の $L^*$ および $b^*$ 値を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0041】

上に示されるように、本発明は、種々の種類のカラー電気泳動媒体およびディスプレイを提供する。しかしながら、全てのこれらの種類の電気泳動媒体およびディスプレイは、媒体またはディスプレイが低アドレスインパルスによって駆動されると、電場に沿って1つの方向に、かつ、媒体またはディスプレイがより高いアドレスインパルスで駆動されると電場に沿って反対の方向に移動させられる着色粒子を利用する。アドレスインパルスの増大時のこの着色粒子の移動の方向の逆転は、着色粒子上の電荷の極性の実際の逆転に起因するか（本発明のCSP媒体およびディスプレイのように）、または、着色粒子が、低アドレスインパルスでは、第2の粒子と集合体の一部を形成するが、高アドレスインパルスでは集合体から遊離するようになることに起因するか（本発明のSCおよびFC媒体およびディスプレイのように）のいずれかであり得る。

【0042】

3つの減法混色の原色着色材料（すなわち、シアン、マゼンタ、および黄）を使用して混合色をレンダリングするとき、3つの着色材料が電気泳動ディスプレイの同一の積層に存在するか異なる積層に存在するかにかかわらず、光は、反射して視者に返される前に、白の反射体によって（3つ全ての材料が光透過性である場合）か、または第3の後方散乱材料によってかのいずれかで、少なくとも2つの着色材料を通して選択的に透過させられなければならないことが留意されるべきである。第3の着色材料は、下記により詳細に説明されるように、光透過性または反射性であり得る。したがって、3つのそのような減法混色の原色着色材料が本発明の媒体またはディスプレイにおいて使用されるとき、着色材料のうち少なくとも2つは、光透過性であり、実質的に後方散乱しないことが必要である。したがって、例えば、緑光を吸収することが意図されるマゼンタ顔料は、赤または青等の色をレンダリングするために、光が散乱させられて視者に返る前に下部の着色材料まで青および赤光を透過させなければならない。

【0043】

（例えば）緑光が吸収されるべきではない区域では、緑を吸収するマゼンタ着色材料は、ディスプレイの画面から光が散乱させられて視者に返される場所まで延びる光路から、除去されることが必要である。この着色材料の除去は、それが見られることを意図されないときには、各ピクセルの領域の一部分のみに着色材料を集中させることによって（したがって、その被覆力を低減することによって）、またそれが最大量の光に対して吸収されることを意図されるときには、着色材料を全ピクセル領域に広げることによって達成され得る。以下、着色材料を空間的に集中させて、その領域被覆力を低減することは、材料をシャッターすると称される。本発明の媒体およびディスプレイでは、不要な顔料粒子は、シャッターすることによってではなく、ディスプレイの画面から見えるように、光散乱粒子の後ろに隠されることによって、光路から除去される。

【0044】

本発明のディスプレイは、この方法において、高品質色印刷の外観を再現し得る。そのような高品質印刷は、典型的には、減法混色の原色システム内の少なくとも3つの着色剤、典型的には、シアン/マゼンタ/黄（CMY）、および任意に黒を使用して達成される。いわゆる3色CMY印刷システムは、実際には4色システムであり、第4の色は、着色剤が塗布される基材（紙または類似の）表面によって提供される白背景であり、それが減法混色の着色剤によってフィルタされた光を反射して視者に返す機能を果たすことは、多くの場合、理解されていない。シャッターモードで使用されていない限り、本質的に不透明な電気泳動媒体内に匹敵する背景色が存在しないため、非シャッターモードの電気泳動媒体は、4つの色（白および3つの原色、3つの原色は、典型的には、シアンとマゼンタと黄、または赤と緑と青である）を調整することが可能なはずである。任意に、黒材料も

10

20

30

40

50

含まれ得るが、シアン、マゼンタ、黄色の組み合わせによって黒をレンダリングすることが可能である。

【0045】

本発明の好ましい電気泳動媒体およびディスプレイを詳細に説明する前に、そのような媒体およびディスプレイにおける使用のための材料ならびにその調製のための好ましいプロセスに関するいくつかの一般的なガイダンスが与えられる。

【0046】

本発明の媒体およびディスプレイの調製に使用される材料およびプロセスは概して、類似の従来技術の媒体およびディスプレイに使用されるものと類似する。例えば、本発明の譲受人に譲渡された米国特許第6,822,782号に説明されるように、典型的な電気泳動媒体は、流体と、流体内に配置され、電場を流体に印加すると流体を通過して移動する（すなわち、単純に回転するのではなく、移転する）ことが可能な複数の電気泳動粒子を含む。流体はまた、典型的には、少なくとも1つの電荷制御剤（CCA）、帯電補助剤、およびポリマーレオロジー修飾剤を含む。これらの種々の構成要素を、次に別個に説明する。

【0047】

(A: 流体)

流体は、電場の影響下で流体を通過して移動する帯電した電気泳動粒子を含む。好ましい懸濁流体は、低誘電率（約2）、高体積抵抗率（約 $10^{15}$  Ohm·cm）、低粘度（5 mPa·s未満）、低毒性および環境影響、低水溶性（従来のカプセル化の水性方法が使用される場合、10 ppm未満、しかしながら、カプセル化されていないか、または特定のマイクロセルディスプレイに関しては、この要件は、緩和され得ることに留意されたい）、高沸点（約90 超）、ならびに低屈折率（1.5未満）を有する。最後の要件は、その散乱効率が粒子と流体との間の屈折率の不一致に依存する高屈折率の散乱型（典型的には、白）顔料の使用から生じる。

【0048】

飽和直鎖または分岐炭化水素、シリコーン油、ハロゲン化有機溶媒、および低分子量ハロゲン含有ポリマー等の有機溶媒は、いくつかの有用な流体である。流体は、単一の構成要素を含み得るか、またはその化学的または物理的特性を調整するための2つ以上の構成要素の配合物であり得る。油溶性モノマー等のマイクロカプセル化プロセスのための反応剤または溶媒（使用される場合）も、流体内に含まれ得る。

【0049】

有用な有機流体としては、限定されるものではないが、飽和または不飽和炭化水素（例えば、限定ではないが、ドデカン、テトラデカン、Isopar（登録商標）シリーズ（Exxon, Houston, Texas）、Norpar（登録商標）（通常のパラフィン液体のシリーズ）、Shell-Sol（登録商標）（Shell, Houston, Texas）、およびSol-Trol（登録商標）（Shell）内の脂肪族炭化水素、ナフサ、ならびに他の石油溶媒等）、シリコーン油（例えば、限定ではないが、オクタメチルシクロシロキサンおよび高分子量環状シロキサン、ポリ（メチルフェニルシロキサン）、ヘキサメチルジシロキサン、ならびにポリジメチルシロキサン）、ビニルエーテル、例えば、シクロヘキシルビニルエーテルおよびDecave（International Flavors & Fragrances, Inc., New York, NYの登録商標）等、芳香族炭化水素、例えば、トルエン等、また、テトラフルオロエチレン、テトラクロロエチレン、トリフルオロクロロエチレン、1,2,4-トリクロロベンゼンおよび四塩化炭素、ならびにベルフルオロまたは部分フッ素化炭化水素を含むが、これらに限定されない、ハロゲン化材料が挙げられる。

【0050】

本発明のいくつかの電気泳動媒体において、流体が光学的吸収染料を含むことが有利である。この染料は、流体中で可溶性または分散性でなければならぬが、マイクロカプセルの他の構成要素中では、概して、不溶性である。染料材料の選択は、高い柔軟性を有す

10

20

30

40

50

る。染料は、純粋な化合物であり得るか、または染料の配合物が、黒を含む特定の色を達成するために使用され得る。染料は、蛍光性であり得、蛍光特性が粒子の位置に依存するディスプレイを生産するであろう。染料は、光活性であり得、可視光かまたは紫外線光かのいずれかの照射時に別の色に変化するか、または無色になり、光学的応答を得るための別の手段を提供し得る。染料はまた、例えば、固体吸収ポリマーを境界殻の内側に形成する熱的、光化学的、または化学的拡散プロセスによって、重合可能であり得る。

【0051】

多くの染料が、電気泳動媒体に使用され得る。重要な染料特性としては、耐光性、流体内での可溶性または分散性、色、および費用が挙げられる。染料は、概して、アゾ、アゾメチン、フルオラン、アントラキノン、およびトリフェニルメタン染料の種類から選択され、流体内でのそれらの可溶性を増大させ、粒子表面へのそれらの吸着を低減させるように化学的に修飾され得る。

10

【0052】

(B: 電気泳動粒子)

本発明の媒体およびディスプレイにおいて使用される電気泳動粒子は、好ましくは、白、黒、黄、マゼンタ、シアン、赤、緑、または青の色であるが、但し、他の(スポット)色が使用され得る。そのような粒子の選択は、高い柔軟性を有する。本発明の目的のため、電気泳動粒子は、流体内で不溶性であり、帯電しているか、または電荷を取得することが可能な(すなわち、電気泳動移動性を有するか、または電気泳動移動性を取得することが可能な)任意の粒子である。場合により、この移動性は、ゼロまたはゼロ付近であり得る(すなわち、粒子は移動しない)。粒子は、例えば、非誘導体化された顔料もしくは染色(レーキ化)された顔料であり得るか、または帯電しているか、もしくは電荷を取得することが可能な任意の他の構成要素であり得る。電気泳動粒子に対する典型的な留意事項は、その光学的特性、電気的特性、および表面化学である。粒子は、有機または無機化合物であり得、それらは、光を吸収するかまたは光を散乱するかのいずれかであり得、すなわち、本発明における使用のための粒子は、散乱顔料、吸収顔料、および発光性粒子を含み得る。粒子は、再帰反射性であり得るか、または硫化亜鉛粒子等の電子発光性であり得、もしくは光輝性であり得る。

20

【0053】

電気泳動粒子は、任意の形状、すなわち、球形、プレート状、または針状形状を有し得る。散乱粒子は、典型的には、高屈折率、高散乱係数、および低吸収係数を有し、ルチル(チタニア)、アナターゼ(チタニア)、硫酸バリウム、酸化ジルコニウム、カオリン、または酸化亜鉛等の無機材料で構成され得る。他の粒子は、例えば、ペンキまたはインクに使用されるもの等のカーボンブラックまたは着色有機もしくは無機顔料等、吸収性である。金属粒子等の反射性材料も、採用され得る。有用な粒子直径は、10 nm ~ 最大約10 μmの範囲であり得るが、但し、光散乱粒子に関しては、粒子直径は約200 nm未満でないことが好ましい。

30

【0054】

電気泳動粒子における使用に有用な原顔料としては、PbCrC<sub>4</sub>、Cyan blue GT55-3295 (American Cyanamid Company, Wayne, NJ)、Cibacron Black BG (Ciba Company, Inc., Newport, Delaware)、Cibacron Turquoise Blue G (Ciba)、Cibalon Black BGL (Ciba)、Orasol Black BRG (Ciba)、Orasol Black RBL (Ciba)、Acetamine Black、CBS (E. I. du Pont de Nemours and Company, Inc., Wilmington, Delaware、以下、du Pontと略す)、Crocein Scarlet N Ex (du Pont) (27290)、Fiber Black VF (du Pont) (30235)、Luxol Fast Black L (du Pont) (Solv. Black 17)、Nirosine Base No. 424 (du Pont

40

50

) (50415B)、Oil Black BG (du Pont) (Solv. Black 16)、Rotalin Black RM (du Pont)、Sevron Brilliant Red 3B (du Pont); Basic Black DSC (Dye Specialties, Inc.)、Hectolene Black (Dye Specialties, Inc.)、Azosol Brilliant Blue B (GAF, Dyestuff and Chemical Division, Wayne, NJ) (Solv. Blue 9)、Azosol Brilliant Green BA (GAF) (Solv. Green 2)、Azosol Fast Brilliant Red B (GAF)、Azosol Fast Orange RA Cone. (GAF) (Solv. Orange 20)、Azosol Fast Yellow GRA Cone. (GAF) (13900A)、Basic Black KMPA (GAF)、Benzofix Black CW-CF (GAF) (35435)、Cellitazol BNFV Ex Soluble CF (GAF) (Disp. Black 9)、Celliton Fast Blue AF Ex Cone (GAF) (Disp. Blue 9)、Cyper Black IA (GAF) (Basic Black 3)、Diamine Black CAP Ex Cone (GAF) (30235)、Diamond Black EAN Hi Con. CF (GAF) (15710)、Diamond Black PBBA Ex (GAF) (16505); Direct Deep Black EA Ex CF (GAF) (30235)、Hansa Yellow G (GAF) (11680); Indanthrene Black BBK Powd. (GAF) (59850)、Indocarbon CLGS Cone. CF (GAF) (53295)、Katigen Deep Black NND Hi Cone. CF (GAF) (15711)、Rapido gen Black 3G (GAF) (Azoic Black 4): Sulphone Cyanine Black BA-CF (GAF) (26370)、Zambezi Black VD Ex Cone. (GAF) (30015): Rubanox Red CP-1495 (The Sherwin-Williams Company, Cleveland, Ohio) (15630); Raven 11 (Columbian Carbon Company, Atlanta, Ga.) (約25 $\mu$ mの粒径を有するカーボンブラック集合体)、Statex B-12 (Columbian Carbon Co.) (平均粒径33 $\mu$ mのファーンエスブラック)、Green 223および425 (The Shepherd Color Company, Cincinnati, Ohio 45246); Black 1、1G、および430 (Shepherd); Yellow 14 (Shepherd); Krolor Yellow KO-788-D (Dominion Colour Corporation, North York, Ontario、KROLORは登録商標); Red Synthetic 930および944 (Alabama Pigments Co., Green Pond, Ala. 35074)、Krolor Orange KO-786-DおよびKO-906-D (Dominion Colour Corporation); Green GX (Bayer); Green 56 (Bayer); Light Blue ZR (Bayer); Fast Black 100 (Bayer); Bayferrox 130M (Bayer BAYFERROXは登録商標); Black 444 (Shepherd); Light Blue 100 (Bayer); Light Blue 46 (Bayer); Yellow 6000 (First Color Co., Ltd., 1236-1, Jungwang-dong, Siheung-city, Kyonggi-do, Korea 429-450)、Blue 214および385 (Shepherd); Violet 92 (Shepherd); ならびにクロムグリーンが挙げられるが、これらに限定されない。

【0055】

電気泳動粒子はまた、レーキ化された、または染色された顔料を含み得る。レーキ化さ

10

20

30

40

50

れた顔料は、その上に沈殿した染料を有するか、または染められた粒子である。レーキは、容易に溶けるアニオン性染料の金属塩である。これらは、1つ以上のスルホン酸またはカルボン酸群を含むアゾ、トリフェニルメタン、またはアントラキノンの構造の染料である。それらは、通常、カルシウム、バリウム、またはアルミニウム塩によって基材上に沈殿される。典型的な実施例は、ピーコックブルーレーキ (CI Pigment Blue 24) およびペルシャオレンジ (CI Acid Orange 7 のレーキ)、Black M Toner (GAF) (レーキ上で沈殿させたカーボンブラックと黒染料との混合物) である。

【0056】

3つの減法混色の原色 (黄、マゼンタ、およびシアン) における顔料は、入射光を実質的に散乱しないように高い吸光係数および十分に小さい粒径を有することが好ましい。

10

【0057】

本発明の特に好ましい原顔料粒子は、米国特許第 8,270,064 号に説明されるブラックスピネル、好ましくは、シリカ、アルミナ、またはジルコニアコーティングを有する、チタニア、赤: Pigment Red 112、Pigment Red 179、Pigment Red 188、および Pigment Red 254、緑: Pigment Green 7、青: Pigment Violet 23、黄: Pigment Yellow 74、Pigment Yellow 120、Pigment Yellow 138、Pigment Yellow 139、Pigment Yellow 151、Pigment Yellow 155、および Pigment Yellow 180、マゼンタ: Pigment Violet 19、Pigment Red 52:2、および Pigment Red 122、シアン: Pigment Blue 15:2、Pigment Blue 15:3、Pigment Blue 15:4、および Pigment Blue 15:6 である。

20

【0058】

関連し得るさらなる顔料特性は、粒径分布および耐光性である。複合粒子 (すなわち、より小さい顔料粒子または染料を組み込むポリマー粒子) が本発明に使用され得る。顔料は、下記に説明されるように表面官能化され得るか、または官能化を伴わずに使用され得る。

【0059】

30

電気泳動粒子の物理的特性および表面特徴は、粒子の表面上に種々の材料を吸着させるか、またはこれらの表面に種々の材料を化学的に結合させることによって修飾され得ることは長年知られており、米国特許第 6,822,782 号、特に、第 4 欄第 27 行 ~ 第 5 欄第 32 行を参照されたい。この同米国特許は、堆積されるべきポリマーの最適量が存在すること (修飾された粒子内の過剰な割合のポリマーは、粒子の電気泳動移動性の不要な低減を引き起こす)、および粒子上にコーティングを形成するために使用されるポリマーの構造が重要であることを実証している。

【0060】

(C: 電荷制御剤)

本発明の電気泳動媒体は、典型的には、電荷制御剤 (CCA) を含み、電荷導子 (charge director) を含み得る。これらの電気泳動媒体構成要素は、典型的には、低分子量界面活性剤、ポリマー剤、または 1 つ以上の構成要素の混合物を含み、電気泳動粒子上の電荷の符号および / または規模を安定させるか、あるいは別様に修正するように働く。CCA は、典型的には、イオン性または他の極性群を含む分子であり、これは、以下、頭部基と称される。正または負のイオン性頭部基のうちの少なくとも 1 つは、好ましくは、非極性鎖 (典型的には、炭化水素鎖) に付着され、これは、以下、尾部基と称される。CCA は、内相中に逆ミセルを形成し、典型的には、電気泳動流体として使用される極めて非極性の流体中に導電率をもたらす、小さな割合の帯電逆ミセルであると考えられる。

40

【0061】

50

逆ミセルは、高極性コア（典型的には、水を含む）を含み、C C A分子の非極性尾部基によって包囲され、1 nm ~ 10 ナノメートルのサイズで変動し得る（および、球形、円筒形、または他の幾何学を有し得る）。逆ミセルは、特に、油 / 水 / 界面活性剤混合物等の三重混合物において、よく研究されている。例は、例えば、Payer et al., J. Chem. Phys., 131, 14704 (2009) に説明される、イソ - オクタン / 水 / AOT 混合物である。電気泳動媒体では、3つの相は、典型的には、表面を有する固体粒子と、極端に小さい液滴（逆ミセル）の形態で分散された高極性相と、流体を含む連続相とに区別される。帯電粒子および帯電逆ミセルのどちらも、電場を印加すると、流体を通して移動し得、したがって、流体（典型的には、それ自体は無視できるほど小さい導電率を有する）を通じた電気伝導のための2つの平行した経路が存在する。

10

## 【0062】

C C Aの極性コアは、表面上への吸着によって表面上の電荷に影響を及ぼすと考えられる。電気泳動ディスプレイでは、そのような吸着は、電気泳動粒子の表面、またはマイクロカプセルの内壁（またはマイクロセルの壁等の他の固相）へのものであり、逆ミセルに類似の構造を形成し得、これらの構造は、以下、ヘミミセルと称される。イオン対のうちの一方のイオンが他方よりも強く表面に付着される（例えば、共有結合によって）とき、ヘミミセルと非結合逆ミセルとの間のイオン交換は、電荷分離をもたらし得、より強く結合したイオンは、粒子に関連付けられたままであり、より弱く結合したイオンは、遊離した逆ミセルのコア内に組み込まれるようになる。

## 【0063】

20

また、C C Aの頭部基を形成するイオン性材料が、粒子（または他の）表面にイオン対形成を誘発し得ることも可能である。したがって、C C Aは、表面での電荷発生および表面からの電荷分離という2つの基本的機能を果たし得る。電荷発生は、C C A分子内に存在する一部か、または別様に逆ミセルコアまたは流体内に組み込まれる部分と、粒子表面との間の酸塩基またはイオン交換反応から生じ得る。したがって、有用なC C A材料は、そのような反応または当該技術分野において既知である任意の他の帯電反応に関与することが可能なものである。

## 【0064】

本発明の媒体に有用な電荷制御剤の非限定的な種類としては、有機スルフェートまたはスルホネート、金属せっけん、ブロックまたは楕形コポリマー、有機アミド、有機両性イオン、ならびに有機フォスフェートおよびホスホネートが挙げられる。有用な有機スルフェートおよびスルホネートとしては、限定ではないが、ナトリウムビス（2 - エチルヘキシル）スルホサクシネート、カルシウムドデシルベンゼンスルホネート、カルシウム石油スルホネート、中性または塩基性バリウムジノニルナフタレンスルホネート、中性または塩基性カルシウムジノニルナフタレンスルホネート、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム塩、およびアンモニウムラウリルスルフェートが挙げられる。有用な金属せっけんとしては、限定ではないが、ナフテン酸、オクタン酸、オレイン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、およびミリスチン酸等のカルボン酸の、塩基性または中性のバリウムペトロネート（barium petronate）、カルシウムペトロネート（calcium petronate）、コバルト、カルシウム、銅、マンガン、マグネシウム、ニッケル、亜鉛、アルミニウム、および鉄の塩等が挙げられる。有用なブロックまたは楕形コポリマーとしては、限定ではないが、（A）メチルp - トルエンスルホネートで4級化された2 - （N, N - ジメチルアミノ）エチルメタクリレートのポリマーと（B）ポリ（2 - エチルヘキシルメタクリレート）とのABジブロックコポリマー、およびポリ（メチルメタクリレート - メタクリル酸）の油溶性アンカ基上にペンダントした、ポリ（12 - ヒドロキシステアリン酸）の油溶性尾部を有し、約1800の分子量を有する楕形グラフトコポリマーが挙げられる。有用な有機アミド / アミンとしては、限定ではないが、ポリイソブチレンスクシンイミド、例えば、OLOA 371または1200（Chevron Oronite Company LLC, Houston, Tex. から入手可能）、またはSolsperse 17000（Lubrizol, Wickliffe, OHから入

30

40

50

手可能、Solsperserは登録商標)、およびN-ビニルピロリドンポリマーが挙げられる。有用な有機両性イオンとしては、限定ではないが、レシチンが挙げられる。有用な有機フォスフェートおよびホスホネートとしては、限定ではないが、飽和および不飽和酸置換基でリン酸化されたモノ-およびジ-グリセリドのナトリウム塩が挙げられる。CCAのための有用な尾部基としては、オレフィンのポリマー、例えば、200~10,000の範囲内の分子量のポリ(イソブチレン)が挙げられる。頭部基は、スルホン酸、リン酸、もしくはカルボン酸もしくはアミド、または代替として、第1級、第2級、第3級、または第4級アンモニウム基等のアミノ基であり得る。

#### 【0065】

本発明の媒体に使用される電荷補助剤は、下記により詳細に説明されるように、電気泳動粒子表面上の電荷をバイアスし得る。そのような電荷補助剤は、ブレンステッドまたはルイス酸または塩基であり得る。

10

#### 【0066】

粒子分散安定剤が、カプセルまたは他の壁もしくは表面への粒子の軟集合または付着を防止するために添加され得る。電気泳動ディスプレイにおいて流体として使用される典型的な高抵抗率液体に対して、非水性界面活性剤が使用され得る。これらとしては、限定ではないが、グリコールエーテル、アセチレングリコール、アルカノールアミド、ソルビトール誘導体、アルキルアミン、第4級アミン、イミダゾリン、酸化ジアルキル、およびスルホサクシネートが挙げられる。

#### 【0067】

20

(D:ポリマー添加物)

米国特許第7,170,670号に説明されるように、電気泳動媒体の双安定は、約20,000を越える数平均分子量を有するポリマーを流体内に含むことによって改善されることができ、このポリマーは、電気泳動粒子上で本質的に非吸収であり、ポリ(イソブチレン)は、この目的のために好ましいポリマーである。

#### 【0068】

例えば、米国特許第6,693,620号に説明されるように、その表面上に不動にされた電荷を有する粒子は、包囲する流体内に反対の電荷の電氣的二重層を構成する。CCAのイオン性頭部基は、電気泳動粒子表面の帯電基とイオン対にされて、不動にされた、または部分的に不動にされた帯電種の層を形成し得る。この層の外側は、流体内にCCA分子を含む帯電(逆)ミセルを含む拡散層である。従来の直流電気泳動では、印加される電場は、固定された表面電荷に力を及ぼし、移動可能な対電荷に相反する力を及ぼし、その結果、拡散層内に滑りが生じ、粒子は、流体に対して移動する。滑り面における電位は、ゼータ電位として知られている。

30

#### 【0069】

流体内の帯電粒子の電気泳動運動は、コロイド化学に関する多くの教本において取り上げられている。例えば、Hiemenz, P. C. and Rajagopalan, R., Principles of Colloid and Surface Chemistry, 3rd ed., Marcel Dekker, NY, 1997を参照されたい。電気泳動ディスプレイに対する関心のシステムにおいて、誘電率は、通常、低く(2~10の範囲内)、イオンの数は、少ない。このレジームにおいては、以下の等式が成り立つ。

40

#### 【0070】

【数1】

$$\zeta = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r a} \quad (1)$$

式中、 $\zeta$ は、ゼータ電位であり、 $q$ は、粒子上の正味電荷であり、 $\epsilon_0$ は、真空誘電率定数であり、 $\epsilon_r$ は、誘電率であり、 $a$ は、粒子半径である。約50mVのゼータ電位および約150nmの半径を有する粒子は、したがって、誘電率2の媒体内でわずか約10電

50

子電荷単位の正味電荷を有することに留意されたい。

【0071】

これで、電気泳動媒体およびディスプレイの構成要素の一般的考察を終了する。本発明の好ましい電気泳動媒体およびディスプレイが、添付の図面への参照とともに次に説明される。

【0072】

添付の図面の図1は、カプセル化された電気泳動媒体を含む本発明の電気泳動ディスプレイ（概して100と指定される）の概略的な断面図であり、そのようなディスプレイおよびその製造方法は、米国特許第6,982,178号に説明される。ディスプレイ100は、光透過性基材102を備え、典型的には、約25~200 $\mu\text{m}$ の厚さのポリ（エチレンテレフタレート）（PET）シート等の透明なプラスチックフィルムである。図1には示されていないが、基材102（図1に説明されるように、その上面は、ディスプレイの画面を形成する）は、1つ以上の追加の層、例えば、紫外線放射を吸収するための保護層、ディスプレイ内への酸素または水分の進入を防止するための障壁層、およびディスプレイの光学的特性を改善するための反射防止コーティング等を備え得る。

10

【0073】

基材102は、ディスプレイの前面電極として機能する薄い光透過性導電性層104を支持する。層104は、インジウムスズ酸化物（ITQ）、ポリ（3,4-エチレンジオキシチオフェン）ポリ（スチレンスルホネート）（PEDOT: PSS）、グラフェン等の、可視スペクトル域において電磁波放射の最小固有吸収を有する導電性材料の連続的なコーティングを備え得るか、または銀（例えば、ナノワイヤもしくは印刷された格子の形態）もしくは炭素（例えば、ナノチューブ形態）等の、可視光を吸収もしくは反射するがその層全体が事実上透明である表面被覆率で存在する材料の非連続層であり得る。

20

【0074】

電気泳動媒体の層（概して108と指定される）は、下記により詳細に説明されるように、任意のポリマー層（単数）または層（複数）106を通して導電性層104と電氣的に接触する。電気泳動媒体108は、複数のマイクロカプセルを含むカプセル化された電気泳動媒体として示されている。マイクロカプセルは、ポリマー接着剤内に保持され得る。電場を層108に印加すると、その中の負に帯電した粒子は、正の電極に向かって移動し、正に帯電した粒子は、負の電極に向かって移動し、その結果、層108は、基材102を通してディスプレイを見ている観察者にとって、色を変化させるように見える。

30

【0075】

ディスプレイ100はカプセル化された電気泳動層108を有するように図示されているが、これは本発明の本質的な特徴ではない。層108は、カプセル化されるか、または封止されたもしくは封止されていないマイクロセルもしくはマイクロカップを備え得るか、あるいはカプセル化されなくてもよい。層がカプセル化されない場合、電気泳動内相（電気泳動粒子および流体）は、2つの平面電極間に設置されないこともあり、そのうちの少なくとも1つは光透過性である。電極間の間隔は、スペーサの使用によって制御され得、スペーサは、リブまたはビーズの形態を有し得る。代替として、間隔は、内相を含むマイクロカプセルの使用によって制御され得、内相は、カプセルの内部および外側に設置され得る。マイクロカプセルの内側および外側の内相は、必ずしも同じでなくてもよいが、但し、特定の環境では、それが好ましい場合がある。例えば、カプセルの外側の内相と同一の内相を含むカプセルがスペーサとして使用されるとき、スペーサの存在は、（内側および外側の内相は、少なくとも実質的に同一の色に切り替わるため）ディスプレイの視者によってより認識されにくいことがあり得る。

40

【0076】

米国特許第6,982,178号および第7,012,735号に説明されるように、ディスプレイ100は、電気泳動層108を被覆するラミネート加工接着剤の層110をさらに備える。ラミネート加工接着剤は、2つの組立部品、すなわち、ピクセル電極112の配列、および回路を駆動するためのピクセル電極を接続する適切な伝導体の配列を備

50

える後面 118 と、透明な電極 104 を有する基材 102、電気泳動層 108、ラミネート加工接着剤 110、およびポリマー層（単数）または層（複数）106 等の任意の追加の構成要素を備える前面 116 とを組み合わせることによって、電気光学ディスプレイの構築を可能にする。最終的なディスプレイを形成するために、前面 116 は、ラミネート加工接着剤 110 の手段によって後面 118 にラミネート加工される。ラミネート加工接着剤は、熱的に、もしくは化学線によって（例えば、UV 硬化によって）硬化されても、硬化されなくてもよい。

#### 【0077】

ラミネート加工接着剤 110 は後面電極 112 から前面電極 104 までの電気路内にあるため、その電気的特性は、慎重に調整されなければならない。米国特許第 7,012,735 号に説明されるように、ラミネート加工接着剤は、ポリマー材料に加えて、イオン性ドーパントを含み得、塩、高分子電解質、ポリマー電解質、固体電解質、導電性金属粉末、磁性流体、非反応性溶媒、導電性有機化合物、およびそれらの組み合わせから選択される添加物であり得る。本発明のカプセル化された電気泳動媒体の体積抵抗率は、典型的には、およそ  $10^{10} \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$  であり、他の電気光学媒体の抵抗率は、通常、同じ桁である。したがって、ラミネート加工接着剤の体積抵抗率は、通常、典型的には、およそ  $20^8$  であるディスプレイの動作温度において、およそ  $10^8 \sim 10^{12} \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$  である。

#### 【0078】

ポリマー層 106 は、ラミネート加工接着剤層 110 の特性と類似の特性を有するラミネート加工接着剤層であり得る（例えば、米国特許第 7,839,564 号を参照）が、但し、ポリマー層 106 は、ピクセル化されていない光透過性の共通電極 104 に隣接するため、その導電率は、ピクセル化された後面電極 112 に隣接するラミネート加工接着剤層 110 の導電率よりも高くあり得、かつ、ディスプレイの切り替え中にそれらが異なる電位に保持されているときに、1つの後面電極からその近隣に流れる著しい電流を導く程に導電性であることはできない。ポリマー層 106 がラミネート加工接着剤である場合、それは、前述の米国特許出願第 6,982,178 号に詳細に説明されるように、前面の製造中に電気泳動層 108 を前面電極 104 に貼り付けるために使用され得る。

#### 【0079】

図 2 は、電極 202 および 204 によって印加される電場に応答して、セル（概して 200 と指定される）内に含まれた本発明の電気泳動媒体内に生じ得る帯電材料の流動を概略的に図示する。電気泳動流体内の移動可能な帯電種は、総じて帯電粒子  $P^+$  および  $P^-$  として示され、帯電（逆）ミセルは、 $RM^+$  および  $RM^-$  として示される。電場の印加時、帯電種は移動し、それに伴ってセル内部の場をスクリーニングする。電極が遮断される（すなわち、電極が電気化学的電流を通過させない）場合、帯電種は、電極間の中間点の場がゼロに降下するまで電極界面に集積する。この分極化プロセスは、電気泳動内相を通じた伝導による界面コンデンサの帯電と考えられ得る（但し、当業者により理解されるであろうように、中性逆ミセルの帯電ミセルへの電離は、内相内に電荷発生をもたらすため、状況はこの基本的な図が示すよりも複雑である）。

#### 【0080】

遮断された電極に伴う図 2 に図示されるような配列内の帯電種の移動は、偏微分方程式のポアソン・ネルンスト・プランクシステムを使用してモデル化され得る。パトラー・ウォリメル・フラムキン方程式 (Butler-Volmer-Frumkin equation) を使用することによって、電極における電気化学反応の効果が、そのようなモデルに組み込まれ得る。図 3A および 3B は、そのようなモデル化の結果を示し、第 1 の電極からの距離の関数として、2つの電極を分離する電気泳動内相内の電位を図示する。図 3A は、電極が遮断される場合の時間に伴うこの電位の発生を示し、電極界面に大幅な電位降下が生じ、セルの中心の電位勾配はゼロになる。したがって、セルの分極化後、正味の電気泳動粒子（および逆ミセル）の流れは、漂流と熱拡散とが互いに平衡を保つときに停止する。内相は、仮に、分極化が完了した後、電極がいずれも接地される（または共

10

20

30

40

50

通の電位になる)場合、初めに印加された場と等く、かつそれと反対の電場を経験するであろうことに留意されたい。これは、媒体上の任意の画像の消去をもたらすことになる(いわゆるキックバック問題)。

【0081】

図3Bは、電気化学反応(電荷注入)が電極界面で生じ得る場合を図示する。この場合、初めの分極化の後、電極付近の電場は、十分に高く、電子が、内相内の分子と電極との間を両方向に伝達される。材料は、陽極において酸化され、陰極において還元される。電極に隣接して十分な酸化還元活性材料が供給されたならば、定常電流が、セル200内に流れる(また、セルの中心の電位勾配は、ゼロではない)。

【0082】

図4は、図2のものに類似するが、(図3Bを参照して考察される)電気化学反応が電極界面に生じる場合を図示する概略的な断面図である。図4では、単極性電気化学的電流が示され、すなわち、イオンは一方の電極において発生され、他方において消費される。したがって、陽極204において、種Aは、陽子の生成に伴い電子を失い、矢印206によって示されるように内相を通過して陰極202へ移動し、そこで、図4においてHと示される中性水素種に還元され、それは、水素ガスであり得る。

【0083】

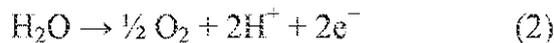
(本発明はこの考えによっていかようにも限定されないが)本発明の電気泳動媒体において生じる電気化学反応のうちの一つは、水の電気分解であると考えられる。

純水中では、水の酸化が陽極において起こり、陽子が生成され、したがって、以下となる。

陽極(酸化):

【0084】

【数2】



陰極において、陽子は還元され、以下のように、水素(または他の水素ラジカル生成物)が生成される。

陰極(還元):

【0085】

【数3】



これらの電気化学反応の正味の効果は、図4の太矢印206によって説明されるように、水の消費を伴って陽子を陽極から陰極へ伝達することである。陽子の単極性(一方向)伝達は、負に帯電した逆ミセルおよび顔料の移動とは反対の方向であることに留意されたい。

【0086】

上述のように、本発明は、流体と流体内に配置される少なくとも第1の粒子種とを含む電気泳動媒体であって、第1の粒子種は、第1の電場が媒体に第1の期間印加され、それによって、第1のアドレスインパルスが媒体に印加すると、第1の粒子種は電場に対して1つの方向に移動するが、第1の電場と同一の極性を有する第2の電場が媒体に第2の期間印加されて、それによって、第1のアドレスインパルスよりも大きい第2のアドレスインパルスが媒体に印加すると、第1の粒子種は電場に対して反対の方向に移動するように存在する、電気泳動媒体を提供する。本発明のより深い理解を提供する目的のために、顔料粒子がどのようにして第1のアドレスインパルスによって第1の方向に移動し(すなわち、まるで粒子が負電荷を有するかのよう挙動する)、第2のより高いアドレスインパルスによって第2の方向に移動する(すなわち、まるで粒子が正電荷を有するかのよう挙動する)かに関する以下の仮説が提供されるが、本発明は、この仮説によっていかようにも限定されるものではない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 7 】

図 5 A は、4 つの電子電荷単位の正味電荷を有する負に帯電した粒子 5 0 0 を示し、電気化学的電流の不在下で図 5 A の点線矢印の方向に移動するであろう。高誘電率のヘミセル材料の層 5 0 2 が、粒子 5 0 0 上に吸着される。(図 5 A および 5 B は縮尺通りに描かれておらず、粒子および吸着された層の形状は、同心円の楕円として理想的な形態で示されている。) 実際には、吸着された層は分極化しやすく、また実際には、連続相でなくともよく、一定の厚さでもなくともよい。

## 【 0 0 8 8 】

層 5 0 2 の材料は、逆ミセル内のコア材料に類似する組成を有することが多く、また水を含むことが多い。4 つの表面に結合した(または表面に吸着した)負電荷 5 0 4 は、高誘電率の層 5 0 2 に組み込まれて図示される。これらの 4 つの電荷に対する対イオンは、これらの電荷が、粒子を包囲する流体力学的なスリップエンベロープを超えて存在するため、電場内の粒子の方向と反対の方向に移動可能な非付着ミセル拡散層(図示なし)を形成する。これは、逆ミセル帯電種を含む低誘電率の懸濁液体中での電気泳動運動に関する標準的状态である。

## 【 0 0 8 9 】

図 5 B に示されるように、逆ミセルによって大部分が運ばれる電流が、内相を流れるときには、状況は異なると考えられる。そのような電流は、電極における電気化学反応からか、または内相に接する層からの電荷の変位から生じ得る。電流は、1 つの符号の複数の電荷担体によって主に運ばれると考えられ、これは、特定の電気化学反応(上述のように)か、または反対の極性の電荷担体の異なる移動性から生じ得る。図 5 B において、電荷担体は、中性または酸性 pH での水の電気分解の場合のように、圧倒的に正に帯電していると考えられる。

## 【 0 0 9 0 】

前述のように、高度に非極性の流体内での伝導は、帯電逆ミセルまたは帯電電気泳動粒子によって媒介されやすい。したがって、任意の電気化学的に発生させた陽子(または他のイオン)は、ミセルコア内の流体を通して輸送されるか、または電気泳動粒子上に吸着されやすい。図 5 B では、粒子 5 0 0 に接近し、内相の分極化中に粒子 5 0 0 が移動したであろう方向とは反対の方向に移動する正に帯電した逆ミセル 5 0 6 が示される。より大きな粒子に接近する逆ミセルは、相互作用を伴わずに粒子の側を移動し得るか、または反対に帯電した粒子の周囲の電気二重層内に組み込まれ得る。電気二重層は、強化された対イオン濃縮を有する電荷の拡散層と、粒子上のヘミセル表面吸着コーティングとの両方を含み、後者の場合、逆ミセル電荷は、上述のように、粒子のゼータ電位を定義するスリップエンベロープ内の粒子に関連付けられるようになる。したがって、正に帯電したイオンの電気化学的電流が流れている間、負に帯電した粒子は、ミセルコア内の流体を通るイオン(図 5 B のイオン 5 0 8 等)の輸送によって駆動される粒子表面における一種のイオン交換の結果として、正の電荷の方に向かってバイアスされ得ると仮定される。さらに、逆ミセルは、図 5 B の逆ミセル 5 1 0 によって示されるように、粒子から分離して生まれ得ると仮定される。したがって、粒子の正味電荷は、電気化学的電流の規模および粒子表面付近の正電荷の滞留時間の関数となるであろう。この滞留時間は、流体内のミセルおよび粒子表面上に吸着されるヘミセルの粒径、その表面化学、および化学的性質によって影響を受けやすい。

## 【 0 0 9 1 】

図 6 は、粒子運動を追跡することによって上記の仮説を検証することを意図した 1 つの実験の結果を図示する顕微鏡写真である。図 6 は、ガラス表面上に配置され、25  $\mu\text{m}$  のギャップによって分離された交差指型電極を示す。セルは、交差指型電極を 1 つの境界として、かつ平坦なガラス片を第 2 の境界として構築される。2 つの境界の間に、流体(Isopar V)と、CCA(Solsperse 17000)と、負電荷を帯び、約 -40 mV のゼータ電位を有する複数の白(光散乱)ポリマーコーティングチタニア粒子とを含む内相が設置され、ポリマーコーティングチタニアは、実質的に米国特許第 6, 8 2

10

20

30

40

50

2, 782号の実施例28に説明されるように調製された。1つの電極が接地され、その付近が+40Vであるとき、白粒子は、より正の方の電極に集まる。電圧が増大される(および、それに対応して電流が増大される)と、白粒子は、+160Vで白粒子の大部分がより正ではない電極の付近に集まるまで、より正ではない方の電極に向かって移動する。使用された実験セルの厚さのため、本実験で使用された電圧は、電気泳動媒体のはるかにより薄い層を使用する商業用電気泳動ディスプレイに求められるものよりもはるかに高い。

【0092】

図7は、図4のものに類似する、上記の原理を具現化する電気泳動ディスプレイ(概して700と指定される)の概略的な断面図である。電気泳動媒体層706は、ポリマーラミネート加工接着剤層708と710との間に挟まれ、(カプセル化された)内相流体が電極704および712のうちの1つに直接コーティングされる場合、単一のラミネート加工接着剤層のみが使用される必要がある。機器を通して流れる電気化学的電流は、太矢印によって説明される。上述のように、ラミネート加工接着剤は、移動可能なイオン性種でドーブされ得、陽極712と陰極704との間を流れる(単極性)電流は、必ずしも共通のイオンによって運ばれなくてもよい。したがって、カチオン性種B+は、ラミネート加工接着剤層710と電気泳動層706との間の境界を横切るように示され、B+は、陽子または別の陽のイオンであり得る。同様に、イオンC+は、電気泳動層706とラミネート加工接着剤層708との間の境界を横切るように示される。ここでも、C+は、陽子または別のカチオンであり得る。陰極704自体においては、陽子は、還元されて示されるが、これは、本発明の本質的な特徴ではない。

【0093】

上述のように、機器内を流れる電流が、必ずしも電気化学的起源ではなくてもよい本発明においては、イオンB+およびC+の流れを含む変位電流は、そのような変位電流が単極性であれば、負に帯電した粒子の逆方向の運動を誘発するために十分であり得る。電気化学的または変位電流は、正に帯電したイオン内で単極性であり、したがって負に帯電した粒子の方向逆転を導き得ると仮定する上記の議論は、負に帯電したイオン内の単極性電気化学的電流に適用され、この場合、方向を逆転させるのは、正の帯電粒子となるであろう。しかしながら、実践においては、負に帯電した粒子の方向逆転を設計する方がより容易であることが見出されている。

【0094】

さらに、電流の単極性の性質は、本発明の要件ではないが、単極性電流が想定される場合、観察される現象(例えば、図6に実証される挙動)の理解は、より容易である。

【0095】

本発明の電気泳動媒体およびディスプレイの種々の実施形態、ならびに着色画像を形成するためのそれらの使用が、次により詳細に説明される。これらの実施形態では、以下の一般的な切り替え機構が利用される。

(A) 従来の電気泳動運動: 電荷に関連付けられる(表面結合かまたは吸着かのいずれか)粒子が電場内で移動する。

(B) 従来のレーシング粒子: より高いゼータ電位の粒子が、より低いゼータ電位の粒子よりも速く移動する(例えば、米国特許第8,441,714号およびその中に引用される先行特許に説明される)。

(C) 反対符号の粒子間のクーロン力の集合: 電気化学的(または変位)電流の不在下では、集合体は、その正味電荷に従って電場内を移動するが、集合体は、電気化学的(または変位)電流による粒子のうちの少なくとも1つの上の電荷の調整によって分離される。

(D) 電気化学的(または変位)電流の結果としての少なくとも1つの粒子種の運動の方向の逆転。

【0096】

本発明のディスプレイを駆動するために使用される波形は、以下の少なくとも4つの異なる方法のうちの1つ以上のいずれかを使用して、ディスプレイに提供される電氣的イン

10

20

30

40

50

パルス进行调整し得る。

( i ) パルス幅調整：特定の電圧のパルスの継続時間が変更される。

( i i ) 負荷サイクル調整：その負荷サイクルが所望のインパルスに従って変更される、一連のパルスが提供される。

( i i i ) 電圧調整：供給される電圧が、必要とされるインパルスに従って変更される。

( i v ) A C 波形（それ自体は正味ゼロのインパルスを有する）に印加される直流電圧オフセット。

【 0 0 9 7 】

これらの方法のうちの使用されるものは、意図する用途および使用されるディスプレイの実際の形態に依存する。上述のように、本明細書においてインパルスという用語は、媒体またはディスプレイがアドレスされる期間中の時間に対する印加電圧の積分を指すように使用される。同様に、上述のように、特定の電気化学的または変位電流は、（典型的には、負に帯電した）粒子種の方向の変化またはクーロン力集合の分解のために必要であり、したがって、高インパルスがディスプレイの媒体に印加されるとき、アドレス電圧は、そのような電流を提供するために十分でなければならない。より低いインパルスは、より低いアドレス電圧によって、または同一のより高い電圧におけるアドレス時間の低減によって提供され得る。上述のように、電気化学的電流がそれらの最大値ではない、分極相が存在し、この分極相の間、粒子は、それらの本来の電荷（すなわち、任意のアドレス電圧が媒体またはディスプレイに印加される前にそれらが帯びている電荷）に従って移動する。したがって、高電圧での低インパルスアドレッシングは、電気泳動媒体を分極化させる

10

20

【 0 0 9 8 】

図 8 A および 8 B は、黄染料で染色された流体 8 0 6（帯電していない黄粒子は黄染料に置換され得る）を含む単一のマイクロカプセル 8 0 0（封止されたもしくは封止されていないマイクロセル、または他の類似の筐体が代替的に使用され得る）の種々の可能な状態を示す、概略的な断面図である。正に帯電した光透過性マゼンタ粒子 8 0 2 および負に帯電した白粒子 8 0 4 が、流体 8 0 6 内に配置される。マイクロカプセル 8 0 0 の上側には、図 8 A および 8 B に図示されるように、実質的に透明な前面電極 8 1 0 があり、その上面は（図示されるように）ディスプレイの前面を形成する一方、マイクロカプセル 8 0 0 の反対側には、背面またはピクセル電極 8 1 2 がある。図 8 A および 8 B、ならびに後述の類似の図において、前面電極 8 1 0 は、地電位に保持されること（但し、これは、本発明の本質的な特徴ではなく、この電極の電位の変動は、例えば、より高い電場を提供するため等、場合により望ましいこともある）、またマイクロカプセル 8 0 0 を横切る電場は、背面電極 8 1 2 の電圧を変化させることによって制御されることが仮定されるであろう。

30

【 0 0 9 9 】

図 8 A は、低インパルスで駆動されるときマイクロカプセル 8 0 0 の 2 つの可能な状態を図示する。そのような低インパルス下では、粒子 8 0 2 および 8 0 4 は、従来の電気泳動運動を受ける。図 8 A の左側に示されるように、背面電極 8 1 2 が正の電圧にあるとき、白粒子 8 0 4 は、背面電極 8 1 2 に向かって移動する一方、マゼンタ粒子 8 0 2 は、前面電極 8 1 0 に隣接して存在し、その結果、マイクロカプセル 8 0 0 は、白粒子によって提供される白背景に対して見えるマゼンタ粒子と黄染料との組み合わせによって引き起こされる赤色を表示する。図 8 A の右側に示されるように、背面電極 8 1 2 が負の電圧にあるとき、白粒子 8 0 4 は、前面電極 8 1 0 に隣接して移動し、マイクロカプセル 8 0 0 は、白色を表示する（黄流体 8 0 6 およびマゼンタ粒子 8 0 2 の両方が白粒子 8 0 4 によってマスクされる）。

40

【 0 1 0 0 】

図 8 B は、高インパルスで駆動されるときマイクロカプセル 8 0 0 の 2 つの可能な状態を図示する。そのような高インパルスでは、マゼンタ粒子 8 0 2 は、従来の電気泳動運動を受け続ける。しかしながら、白粒子 8 0 4 は、電荷逆転を受け、正に帯電している

50

かのように挙動する。したがって、図 8 B の左側に示されるように、背面電極 8 1 2 が正の電圧にあるとき、マゼンタ粒子 8 0 2 は、前面電極 8 1 0 に隣接して存在するが、白粒子 8 0 4 もまた、前面電極に向かって移動し、マゼンタ粒子の真下に配置および堆積され、その結果、マイクロカプセル 8 0 0 は、マゼンタ色を表示する（画面からマゼンタ粒子 8 0 2 を通して通過する光は、白粒子 8 0 4 から反射されて、マゼンタ粒子 8 0 2 を通して返され、画面の外へ出る。白粒子 8 0 4 は、黄流体 8 0 6 をマスクする）。図 8 B の右側に示されるように、背面電極 8 1 2 が負の電圧にあるとき、白粒子 8 0 4 は、背面電極 8 1 2 に向かって移動し、マゼンタ粒子 8 0 2 の上に配置され、したがってマイクロカプセルは、黄色を表示する（画面から通過する光は、黄流体 8 0 6 によってフィルタされ、白粒子 8 0 4 から反射されて、黄流体 8 0 6 を通して返され、画面の外へ出る。白粒子 8 0 4 は、マゼンタ粒子 8 0 2 をマスクする）。したがって、低アドレスインパルスにおいては、白/赤の補色対が生成され、高アドレスインパルスにおいては、黄/マゼンタの色対が生成される。

10

#### 【 0 1 0 1 】

明らかに、着色粒子および染料の他の組み合わせは、図 8 A および 8 B で使用される白およびマゼンタ粒子ならびに黄染料に置換され得る。本発明の特に好ましい実施形態は、1つの染料または粒子が加法混色の原色のうちの1つを有し、別のものが補色の減法混色の原色であるものである。したがって、例えば、染料は、シアンであり、2つの粒子は、白および赤であり得る。この組み合わせによって得られる4つの状態は、白および黒（低インパルス駆動時）ならびに赤およびシアン（高インパルス駆動時）である。同様に、緑/マゼンタおよび青/黄の染料および粒子の組み合わせが、白粒子とともに使用され得る。

20

#### 【 0 1 0 2 】

図 9、1 0 A、および 1 0 B は、黒、白、および単一のスポット色を提供することを意図される本発明の別の実施形態を図示する。そのようなディスプレイにおいては、白と黒との間、白とスポット色との間、および黒とスポット色との間の中間のグレーレベルを提供することが可能であることが望ましい。図 1 0 A および 1 0 B は、スポット色が黄であるディスプレイを説明する。

#### 【 0 1 0 3 】

図 9 は、この種類のディスプレイから得ることができる C I E L\*（明度）および C I E C\*（彩度）値を示すグラフである。ディスプレイは、黒、白、またはスポット色（黄とする）に描かれることができ、中間のグレーの状態（矢印 9 0 4）、黒/黄（矢印 9 0 6）、および白/黄（矢印 9 0 2）を達成することができる。黒および白に加え、スポット（ハイライト）色を有することを提供する電子書籍リーダ等の用途に対して、テキストおよび画像をレンダリングするために、これらの中間の状態が利用可能であることが重要である。

30

#### 【 0 1 0 4 】

図 1 0 A および 1 0 B は、本発明のディスプレイの種々の可能な状態を概略的に図示する。このディスプレイは、接地された前面電極 1 0 1 0（図示されるように、その上面は、ディスプレイの画面を提供する）と背面電極 1 0 1 2 とを有するマイクロカプセル 1 0 0 0 を含む。これらの全ての整数は、本質的に同一であり、図 8 A および 8 B における整数に対応する。しかしながら、マイクロカプセル 1 0 0 0 内の流体は、染色されておらず、3つの粒子種、すなわち、正に帯電した黒粒子 1 0 0 8、正に帯電した着色粒子 1 0 0 2（黄と図示される）、および負に帯電した白粒子 1 0 0 4 をその中に配置している。黄粒子 1 0 0 2 は、光透過性であり、また好ましくは、実質的に散乱しない。粒子 1 0 0 2、1 0 0 4、および 1 0 0 8 上に電荷が示され、それぞれ + 2、- 3、および + 8 と指示されるが、これらは、単に、図示のためであり、本発明の範囲を限定しない。

40

#### 【 0 1 0 5 】

黒粒子 1 0 0 8 は、ポリマーコーティングを有する（図 1 0 A および 1 0 B に太い輪郭として示される）。黄粒子 1 0 0 2 は、ポリマーコーティングを有していないか、または

50

粒子の単位面積あたり、黒粒子1008が有するものより低い被覆率のポリマーコーティングを有し、白粒子1004もまた、ポリマーコーティングを有していないか、または粒子の単位面積あたり、黒粒子1008が有するものより低い被覆率のポリマーコーティングを有する。黒粒子1008上のポリマーコーティングは、黒粒子1008と白粒子1004との間で間隔が維持され、その結果、粒子1004と1008との間に形成される任意のクーロン力集合は、低アドレスインパルスによって分離されるために十分に弱いことを確実にする。一方、黄粒子1002および白粒子1004上のポリマーの不在または最小量のポリマーは、これらの2つの粒子の種類の間より強い集合を可能にし、その結果、下記により詳細に説明されるように、集合体は、低アドレスインパルスによっては分離されないが、高アドレスインパルスによって分離され得る。

10

## 【0106】

より一般的には、ハーマーカー定数（これは、2つの粒子間のファンデルワールス相互作用の強度の測定値であり、対電位は、ハーマーカー定数に比例し、2つの粒子間の距離の6乗に反比例する）および/または粒子間間隔は、粒子対相互作用が、クーロン力および非クーロン引力のいずれも、白粒子と黒粒子との間で、白粒子と黄粒子との間よりも小さくなるように、ポリマーコーティングの賢明な選択によって調節される必要がある。

## 【0107】

これらの粒子間相互作用の効果は、アドレスインパルスの不在下または低アドレスインパルスの存在下で、クーロン力集合が黄粒子1002と白粒子1004との間に形成され、この2つは、弱く負に帯電した単位として一緒に移動するということである。したがって、電気化学的または変位イオン電流の不在下で、マイクロカプセル1000流体内の内相は、まるで正の黒粒子および負の黄粒子を含んでいるかのように挙動する。一方、高インパルス駆動条件下では、白粒子1004および（おそらく）黄粒子1002は、上記に説明されるように、電気化学的に発生させた、または変位発生させた陽のイオンの流動によって正の方に帯電した状態に移動させられ、白粒子と黄粒子との間に形成されるクーロン力集合の強度は、弱められる。電場は、このとき、2つの粒子の種類を分離するために十分であり、その結果、黄粒子1002は、黒粒子1008と一緒に負の方の電極に向かって移動する一方、白粒子1004は、内相を通る電流の不在時よりも弱く負に帯電しているものの、依然として、より正の方の電極に向かって移動する。

20

## 【0108】

これらの変化の効果は、図10Aおよび10Bに示される。図10Aの左側は、低インパルス駆動条件下での、背面電極1012が前面電極1010に対して正である状態のマイクロカプセル1000を示す。黒粒子1008は、前面電極1010に移動する一方、白粒子/黄粒子集合体（低インパルス駆動下では無傷のままである）は、背面電極1012に移動する。黒粒子は、白および黄粒子をマスクし、その結果、マイクロカプセルは、黒色を示す。図10Aの右側は、低インパルス駆動条件下であるが、背面電極1012が前面電極1010に対して負である状態のマイクロカプセル1000を示す。黒粒子1008は、背面電極1010に移動する一方、白粒子/黄粒子集合体は、前面電極1010に移動する。したがって、マイクロカプセル1000は、黄色を表示する。

30

## 【0109】

それに対し、図10Bの左側は、高インパルス駆動条件下での、背面電極1012が前面電極1010に対して正である状態のマイクロカプセル1000を示す。高インパルス駆動条件は、白粒子/黄粒子集合体を破壊し、その結果、白、黄、および黒粒子は全て、互いに独立して移動する。したがって、黒および黄粒子は前面電極1010に隣接して移動する一方、白粒子は、背面電極1012に隣接して移動し、マイクロカプセルは、黒色を表示し、光透過性黄粒子は、光吸収黒粒子が画面上に入射する全ての光を吸収し、かつ白粒子をマスクするようにも働くため、この状態の黒色には影響を及ぼさない。図10Bの右側は、高インパルス駆動条件下であるが、背面電極1012が前面電極1010に対して負である状態のマイクロカプセル1000を示す。黒および黄粒子は、背面電極1012に隣接して移動する一方、白粒子は、前面電極1010に隣接して移動し、黒および

40

50

黄粒子をマスクする。したがって、マイクロカプセルは白色を表示する。

【0110】

したがって、低インパルス駆動条件下では、マイクロカプセル1000は、黒状態と黄状態との間で切り替えられることができる一方、高インパルス駆動条件下では、マイクロカプセルは、黒状態と白状態との間で切り替えられることができる。

【0111】

スポット色(図10Aでは黄)およびグレーレベルを表示させるための駆動シーケンスは、以下の通りである。高インパルス駆動条件を使用し、後面が正である状態で(図10Bの左側)、ディスプレイは、黒に駆動される。次に、低インパルス駆動条件を使用し、後面が負である状態で(図10Aの右側)、ディスプレイは、黄に駆動される(図9の矢印906に従う)。黄状態から、高インパルス駆動は、後面が負である状態で(図10Bの右側)、白状態を生成する(図9の矢印902に従う)。最後に、低インパルス駆動条件で、後面が正である状態での白からの駆動は(図10Aの左側)、黒への途中のグレーレベルを提供する(図9の矢印904に従う)。

【0112】

添付の図面の図11A~11Dは、図8A、8B、10A、および10Bに示されるディスプレイの原理を使用するディスプレイの種々の状態と、各マイクロカプセルが黒および白、およびに加法および減法混色の原色の両方(赤、緑、青、シアン、マゼンタ、および黄)を表示することが可能なディスプレイを提供するための3つの異なるレベルの駆動インパルスとを説明する。図11A-11Dにおいて、粒子電荷は、単に説明のために示され、本発明の範囲をいかようにも限定しない。

【0113】

図11A-11Dは、接地された前面電極1110(図示されるように、その上面は、ディスプレイの画面を提供する)と背面電極1112とを有するマイクロカプセル1100を示す。これらの全ての整数は、本質的に同一であり、図8A、8B、10A、および10Bにおける整数に対応する。マイクロカプセル1100は、シアン染料で染色された流体1108を含む。しかしながら、流体1108は、その中に配置される3つの粒子種、すなわち、正に帯電した光透過性マゼンタ粒子1102、正に帯電した光透過性黄粒子1104、および負に帯電した光散乱白粒子1106を有し、マゼンタ粒子1102は、ポリマーコーティングを有し、それに対し白および黄粒子1104および1106は、ポリマーコーティングを有していないか、薄いポリマーコーティングのみを有する。したがって、低インパルス駆動条件下では、図11Aに示されるように、マイクロカプセル1100は、図10Aおよび10Bに示されるマイクロカプセル1000に極めて類似する様式で働き、白および黄粒子は、負に帯電した集合体内で一緒に移動し、マイクロカプセル1100は、濃青(図11Aの左側参照)状態と黄(図11Aの右側参照)状態との間で切り替えられ得る。(濃青状態は、画面から進入し、シアン流体を通過し、白粒子から反射されて、シアン流体およびマゼンタ粒子を通過して返される光に起因する。)白および黄粒子は、一緒に集合されて、視者と白粒子との間に黄粒子が設置される場合に得ることができるものより弱い黄を提供し、より高いインパルスの非常に短いパルス(マゼンタおよび白粒子の位置を反転させるには不十分である)が、黄粒子から白を分離するために使用されて、より良好な黄(または、図11Aの左側に示される状態ではより良好な青)色を可能にし得る。図11A-11Dに示される本発明の実施形態では、最も弱い色は、より低い正電荷を有する粒子に対する補色である可能性が高い(図11A-11Dでは、これらは、黄粒子であり、したがって、弱い色は、青である)。

【0114】

中間インパルス駆動条件(図11B参照)下では、マイクロカプセルはまた、図10Bの高インパルス駆動条件に極めて類似する様式で働き、白粒子と黄粒子との間の集合体は、壊れ、3つ全ての粒子種は、独立して移動し、その結果、マイクロカプセルは、黒(図11Bの左側参照)状態と白(図11Bの右側参照)状態との間で切り替わる。図10Bおよび11Bの唯一の差は、後者の場合では、黒状態は、前面電極1110に隣接して配

10

20

30

40

50

置されているマゼンタおよび黄粒子の両方、ならびにこれらの粒子を通過し、シアン流体 1108 を通過する光によって引き起こされるということである。

【0115】

駆動インパルスがさらに増大されると(図11Cを参照)、白粒子は、あたかも正に帯電しているかのように挙動し、3つ全ての顔料は、より負の方の電極に向かって移動し、その結果、図8Bと比較して、より負の方の電極から外側に読み取ってマゼンタ、黄、および白層が連続して形成される。結果として得られる表示色は、赤(図11Cの左側を参照:その色は、マゼンタおよび黄粒子を通過し、白粒子から反射されて、マゼンタおよび黄粒子を通過して返る光によって生成される)およびシアン(図11Cの右側を参照:その色は、シアン流体1108を通過し、白粒子から反射されて、シアン流体を通過して返る光によって生成される)である。

10

【0116】

マイクロカプセル1100の最後の2つの色は、図11Dに示される、いわゆる極性逆転状態によって生成される。図11Dの左側に示される緑状態を生成するためには、まず、背面電極1112が正である状態で中間レベルのインパルスでマイクロカプセルを駆動して、図11Bの左側に示される状態を生成した後、背面電極を負の極性に逆転させ、中間レベルのインパルスを引き続き使用しながら、高度に帯電したマゼンタ粒子を、それらが背面電極に隣接して存在し、マイクロカプセルが図11Dの左側に示される状態になるまで黄および白粒子を通して移動させるために十分な期間、負の極性を印加する。この状態において、画面に進入する光は、シアン流体および黄粒子を通過して、(マゼンタ粒子をマスクする)白粒子から反射され、黄粒子およびシアン流体を通過して返り、その結果、マイクロカプセルは緑色を表示する。

20

【0117】

同様に、図11Dの右側に示されるマゼンタ状態は、まず、背面電極1112が負である状態で中間レベルのインパルスでマイクロカプセルを駆動して、図11Bの右側に示される状態を生成した後、背面電極を正の極性に逆転させ、中間レベルのインパルスを引き続き使用しながら、高度に帯電したマゼンタ粒子を、それらが前面電極に隣接して存在し、マイクロカプセルが図11Dの右側に示される状態になるまで黄および白粒子を通して移動させるために十分な期間、正の極性を印加することによって生成される。この状態において、画面に進入する光は、マゼンタ粒子を通過して、(黄粒子をマスクする)白粒子から反射され、マゼンタ粒子を通過して返り、その結果、マイクロカプセルはマゼンタ色を表示する。

30

【0118】

本発明の電気泳動媒体は、流体と少なくとも以下の追加の構成要素とを含む。

(a) 反対の極性の電荷を帯びている第1および第2の粒子。典型的には、粒子のうちの少なくとも1つ、通常は、両方が、ポリマー表面コーティングを有するが、但し、先に述べたように、他の方法で粒子間相互作用を制御する可能性も、除外されない。例えば、図11A-11Dに示されるマイクロカプセル1100は、負に帯電した白粒子と正に帯電したマゼンタ粒子とを含む。非白粒子は、好ましくは、実質的に散乱せず(すなわち、光透過性)、減法混色の原色(黄、マゼンタ、またはシアン)のうちの1である。

40

(b) 粒子の単位面積あたり、第1および第2の粒子のポリマー表面コーティングよりも少ない質量被覆率を有するポリマー表面コーティング(または粒子間相互作用を制御するための他の処理)を有することも、有していないこともある第3の粒子。より一般的には、ハーマーカー一定数および/または粒子間間隔は、粒子対の相互作用が、クーロン力および非クーロン引力のいずれも、第1の種類粒子と第2の種類粒子との間で、第1の種類粒子と第3の種類粒子との間よりも小さくなるように、ポリマーコーティングの賢明な選択によって調節される。例えば、図11A-11Dに示されるマイクロカプセル1100は、正に帯電した黄粒子を含む。第3の粒子は、好ましくは、実質的に散乱せず(すなわち、光透過性)、第1または第2の顔料のものとは異なる減法混色の原色のうちの1つのものである。

50

(c) 流体内で可溶性または分散性であり、第3の減法混色の原色のものである染料。例えば、図11A-11Dに示されるマイクロカプセル1100は、シアン染料を含む。

(d) 少なくとも1つの電荷制御剤。

(e) 帯電補助剤。

(f) ポリマー安定剤。

【0119】

本発明の1つの好ましい実施形態では、第1の(白)粒子は、ポリマー材料が付着された二酸化チタン等のシラノール官能化散乱材料であり、第2の粒子は、下記に説明されるように、コーティングされたジメチルキナクリドン等の正に帯電したマゼンタ材料であり、第3の顔料は、シアンの場合、BASFから入手可能なHelioGen(登録商標) Blue D7110F等の未コーティングのまま使用される銅フタロシアニン材料であるか、または黄の場合、Pigment Yellow 180等の、同じく未コーティングのまま使用される有機顔料である。

10

【0120】

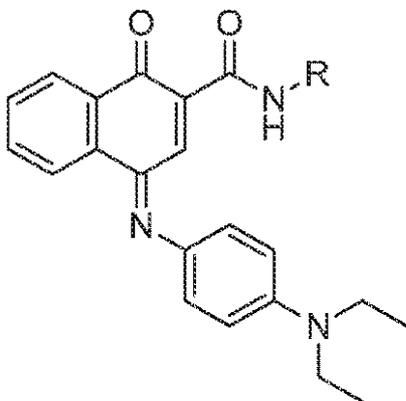
染料は、この好ましい実施形態では、炭化水素(Isopar E)可溶性材料であり、Sudan IもしくはSudan IIまたはそれらの誘導体等のアゾ染料であり得る。アゾメチン(黄およびシアンは容易に入手可能である)、または当該技術分野において周知である他の材料等の他の炭化水素可溶性染料も、下記の実施例に示されるように使用され得る。

本発明の媒体における使用に特に好ましいシアン染料は、下記の構造によって表される。

20

【0121】

【化1】



30

式中、Rは、飽和または不飽和であり得る、少なくとも6個の炭素原子を含む分岐または非分岐炭化水素鎖である。染料の混合物、例えば、異なるR基を有する上記の式の2つ以上の染料の混合物を使用することが、望ましい場合もある。そのような混合物の使用は、個々の染料分子を再結晶により精製することを依然として可能にしながら、炭化水素流体内でのより良好な可溶性を提供し得る。これらの染料の調製は、下記の実施例5に説明される。

40

【0122】

単一のCCA(例えば、Solsperser 17000)の存在下での種々の粒子のゼータ電位は、上記に説明されるように、切り替えのために理想的に配列されていない場合がある。補助的な(または共)CCAが、種々の粒子のゼータ電位を調節するために電気泳動媒体に添加され得る。共CCAの慎重な選択は、他の粒子のゼータ電位を本質的に変化させないままで1つの粒子のゼータ電位の変更を可能にし得、切り替え中の種々の粒子の電気泳動速度と粒子間相互作用との両方の厳密な制御を可能にする。図12は、少ない割合の酸性材料(Bontron E-88、Orient Corporation, Kenilworth, NJから入手可能であり、製造者によって、ジ-t-ブチルサリチル酸のアルミニウム塩であると記載される)の添加を伴う、Isopar E中のSo

50

l s p e r s e 1 7 0 0 0 の存在下での4つの粒子のゼータ電位の変動を示すグラフである。酸性材料の添加は、多くの粒子(但し、全てではない)のゼータ電位をより正の値に移動させる。図12から、1%の酸性材料および99%のS o l s p e r s e 1 7 0 0 0 の使用(2つの材料の総重量を基準とする)は、P i g m e n t Y e l l o w 1 8 0 のゼータ電位を約 - 5 m V から約 + 2 0 m V に移動させることが分かる。同割合の酸性材料の添加は、ポリマーコーティング白粒子(米国特許第7, 0 0 2, 7 2 8号に説明されるように調製した)のゼータ電位を約 - 4 5 m V から約 - 2 0 m V に変化させる。しかしながら、マゼンタ顔料のゼータ電位は、アルミニウム塩の添加によって、大部分は、変更されない。特定の粒子のゼータ電位がルイス酸性材料に類似のアルミニウム塩によって変更されるかどうかは、粒子の表面化学の詳細に依存するであろう。

10

## 【0123】

塩基性共CCA(例えば、O L O A 3 7 1、C h e v r o n C o r p o r a t i o n, S a m R a m o n, C A から入手可能)の添加は、種々の顔料のゼータ電位をより負の値に移動させるであろう。

## 【0124】

以下の実施例は、単に図示のためにはあるが、本発明の媒体および電気泳動ディスプレイを調製するために使用される特に好ましい材料、プロセス、条件、および技術の詳細を示すためにここに与えられる。

## 【0125】

(実施例1)

本実施例は、添付の図面の図8に例証される種類の2粒子着色流体電気泳動ディスプレイの調製を例証する。

20

## 【0126】

(パートA: マゼンタ顔料分散体の調製)

C l a r i a n t ( B a s e l, S w i t z e r l a n d ) から入手可能な I n k J e t M a g e n t a E 0 2 V P 2 6 2 1 ( 1 5 g ) をトルエン中に分散させた。結果として得られた分散体を、500 mL の丸底フラスコに移し、フラスコを窒素で脱気した。次に、反応混合物を42 に加熱し、温度平衡で、4 - ビニルベンジルクロリドを添加して反応させて、窒素下で一晩、42 で攪拌した。結果として得られた反応混合物を、室温に冷却させた後、遠心分離して官能化した顔料を分離した。遠心分離ケーキをトルエン(3 x 250 mL)で洗浄して、14.76 g のポリマー鎖が付着され得るビニル基で官能化されたマゼンタ顔料を生成した。

30

## 【0127】

このようにして乾燥させた顔料を、超音波処理によってトルエン中で分散させ、ロールミル上で回転させ、結果として得られた分散体を大きな磁気攪拌棒を備え付けた500 mL の二首丸底フラスコに移し、フラスコを予熱し65 に保持したシリコーン油槽内に設置した。メタクリル酸ラウリルをフラスコに添加し、V i g r e u x 蒸留塔を空気冷却器として使用するために取り付け、フラスコの第2の首をゴム膜で閉鎖した。システムを窒素で少なくとも1時間パージした後、トルエン中のA I B N ( 2, 2', - アゾビス(2 - メチルプロピオニトリル) ) の溶液をシリンジで反応フラスコ内に1度に注入した。反応混合物を65で一晩しっかりと攪拌した後、1 L のプラスチック遠心分離ボトルに注ぎ、トルエンで希釈し、4500 RPM で30分間遠心分離した。遠心分離ケーキをトルエンで1度洗浄し、混合物を4500 RPM で30分間、再び遠心分離した。上清を静かに移し、結果として得られた顔料を70 の真空オープン内で一晩乾燥させた後、すり鉢とすりこぎで挽き、I s o p a r E 内で分散させて、20重量%の分散体を形成し、それを超音波処理し、ロールミル上で少なくとも24時間(所望により長く)回転させた。結果として得られた分散体を、メッシュ布で濾過して大きな粒子を除去し、除去した試料およびその固体含有量を測定した。

40

## 【0128】

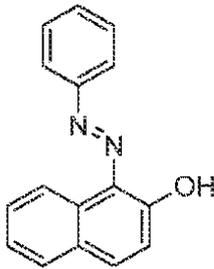
(パートB: 内相の調製)

50

上記のパートAで調製したマゼンタ顔料分散体(13.92gのIsopar E中14重量/重量%分散体)を、83.07gの二酸化チタンの60重量/重量%Isopar E分散体(前述の米国特許第7,002,728号に説明されるようにポリマーコーティングされた)、7.76gのIsopar E中Solsperser 17000の20重量/重量%溶液、分子量1,270,000のIsopar E中ポリ(イソブチレン)の15重量/重量%溶液(このポリ(イソブチレン)は、画像安定剤として働く。米国特許第7,170,670号を参照)、0.575gの式:

【0129】

【化2】



10

のSudan 1(Acros Organics(New Jersey)から入手可能)、および5.82gのIsopar Eと組み合わせた。結果として得られた混合物を、機械ローラ上で一晩分散させて、カプセル化の準備が整った304.7pS/cmの導電率を有する内相を生成した。

20

【0130】

(パートC:マイクロカプセル化)

パートBで調製した内相を、米国特許第7,002,728号に説明される手順に従ってカプセル化した。結果として得られたカプセル化された材料を、沈降によって分離し、脱イオン水で洗浄し、篩過によってサイズに従って分離した。Coulter Multisizerを使用したカプセルサイズ分析は、結果として得られたカプセルは、40μmの平均サイズを有し、総カプセル体積の85パーセント超は、20~60μmの間の所望のサイズを有するカプセルであったことを示した。

30

【0131】

(パートD:ディスプレイの調製)

上記のパートCで生成した篩過したカプセルを、水酸化アンモニウム溶液でpH9に調節し、過剰な水を除去した。次に、カプセルを濃縮し、上清液体を廃棄した。濃縮されたカプセルを、水性ポリウレタン接着剤(米国特許出願公開第2005/0124751号に説明されるものと類似の様式で調製した)と1重量部の接着剤に対して15重量部のカプセルの比率で混合した後、Triton X-100界面活性剤およびヒドロキシプロピルメチルセルロースを添加し、全体的に混合してスラリーを得た。

【0132】

そのように調製したカプセルスラリーを、棒コーターを使用して、厚さ125μmのポリ(エチレンテレフタレート)(PET)/ITフィルムの表面にコーティングされたインジウムスズ酸化物(ITO)上にコーティングし、コーティングしたフィルムを60で乾燥させた。これとは別に、導電性ドーパントとしてテトラエチルアンモニウムヘキサフルオロフォスフェートをドーパしたポリウレタン接着剤の層を、剥離シート上にコーティングし、結果として得られたPETフィルム/接着剤組立部品を、上述の米国特許第7,002,728号に説明されるように、コーティングされたカプセルの上部にラミネート加工した。剥離シートを除去し、結果として得られた多層構造を、グラファイト背面電極上にラミネート加工して、その画面から順に、PETフィルム、ITOの層、カプセル層、ラミネート加工接着剤層、およびグラファイト背面電極を備える実験用の単一ピクセルディスプレイを製造した。

40

【0133】

50

## (パートE：電気光学試験)

結果として得られたディスプレイを、グラフィト背面電極に（前面ITO電極が設置されているときに）印加された $\pm 30\text{V}$ および $50\text{Hz}$ の方形波AC波形を使用して切り替え、下記に示されるように、ゼロからオフセットされた（例えば、 $5\text{V}$ のオフセットは、 $+35/-25\text{V}$ の $50\text{Hz}$ の方形波振動を提供するであろう）。下記の表1は、ディスプレイの指定の色状態に関して得られた種々の波長における反射率（パーセント）を示す。

【0134】

(表1)

【0135】

【表1】

10

表1

	赤	マゼンタ	白	黄
450nm	13.4	16.8	31.5	13.5
550nm	8.8	9.7	44.9	35.2
650nm	60.8	55.0	60	54.4

赤/白の切り替えに関する直流オフセットは、 $\pm 10\text{V}$ であった。この場合、白およびマゼンタ顔料は、黄の染色された流体を通して移動する。赤状態は、マゼンタ（緑を吸収する）顔料および黄（青を吸収する）染料を白背景に対して見ることによって得られる。マゼンタ/黄の切り替えに対する直流オフセットは、 $\pm 60\text{V}$ であった。黄色は、上記の図8に関して説明されるように、ディスプレイの画面側から負に帯電した背面電極に向かって移動する白顔料として得られる。

20

【0136】

まとめると、低印加場では、白顔料は、まるで負に帯電しているかのように挙動し、背面電極が相対的に低い負の電圧であるときに、前面電極に対して駆動され、 $450\text{nm}$ での高い反射率を提供する（染料によって吸収される波長）。より負で印加された背面電極電圧では、白顔料は、背面電極に向かって移動し、まるで正に帯電しているかのように挙動し、染料を曝露して $450\text{nm}$ での反射率を低減する。

30

【0137】

(実施例2)

本実施例は、添付の図面の図10Aおよび10Bに説明される種類の、3粒子無染色流体電気泳動ディスプレイの調製を例証する。

【0138】

(パートA：黄顔料分散体の調製)

Clariant (Basel, Switzerland) から入手可能である黄顔料、Novoperm Yellow P-HGを、Isopar EおよびSolsperser 17000のIsopar E中溶液と組み合わせ、混合物を、 $0.4\sim 0.6\text{m}$ のガラスビーズを有するSzegvari Attritor (登録商標) 01-HD型、サイズ01を使用して $650\text{rpm}$ で1時間しっかりと磨滅させることによって分散させて、黄顔料分散体を得た。

40

【0139】

(パートB：白顔料分散体の調製)

二酸化チタンを、前述の米国特許第7,002,728号に説明されるように、シランで処理した。結果として得られたシラン処理した白顔料を、米国特許出願公開第2011/0012825号に説明されるように、モノマーおよび重合開始剤で処理して、ポリマーコーティングされた白顔料を生成し、Isopar Eと組み合わせ、白顔料分散体を獲得した。

50

## 【0140】

(パートC：黒顔料分散体の調製)

黒顔料(BK444またはBK20C920、Shepherd Color Company (Cincinnati, OH)から入手可能)を、BK444は約300nm、BK20C920は500nmの粒径に、水中で粉碎した。粉碎した顔料を、N-[3-(トリメトキシシリル)プロピル]-N'-(4-ビニルベンジル)エチレンジアミンビスヒドロクロリド(United Chemical Technologiesから入手可能)を使用して、米国特許第6,822,782号に説明されるものと類似の様式で表面官能化した。熱重量分析(TGA)は、BK444に関して4~10%の揮発性(有機)材料、BK20C920に対して1.1~1.3%の揮発性材料の存在を示した。次に、メタクリル酸ラウリルコーティングを、米国特許第6,822,782号に説明されるように、顔料上に提供した。最終的な顔料は、TGAによってBK444に対して15~25%の揮発性材料、BK20C920に関して4~6%の揮発性材料を示した。

10

## 【0141】

(パートD：電気泳動媒体の調製)

上記のパートAで調製した黄顔料分散体(1.91g)を、上記のパートCでBK444から作製した黒分散体(0.92g)、上記のパートBで調製した白分散体(4.95g)、Esprix Technologies (Sarasota, FL)から入手可能なアルミニウム3,5-ジ-tert-ブチルサリシレート(0.1gのIsopar E中1重量/重量%溶液)、上述の実施例1と同一のポリ(イソブチレン)(0.46gのIsopar E中15重量/重量%溶液)、および1.66gのIsopar Eと組み合わせた。結果として得られた混合物を、超音波処理し、42℃に30分間加熱して、240 pS/cmの導電率を有する炭化水素流体中に3つの顔料を含む電気泳動媒体を生成した。

20

## 【0142】

(パートE：電気光学試験)

セル(a)：各々がITOの透明な導電性コーティングでコーティングされた2枚の50mm×55mmガラスプレートから成る平行板セルを調製した。上記のパートDで調製した電気泳動媒体(15μL)を、下部ガラスプレートのITOでコーティングされた面に施し、次に、ITOコーティングが流体と接触するように上部ガラスプレートを電気泳動媒体上に設置した。次に、ガラスプレートの上部および底部の両方のITOコーティングされた側に貼り付けられた導電性銅テープを使用して、電気接点をセルに作製した。

30

## 【0143】

セル(b)：セル(b)を、ガラスプレートの上の導電性ITOコーティングが、コーティング上にポリマーを塗布することによって遮断されたことを除いて、セル(a)に関して上記に説明されるように調製した(アセトン中のポリ(メチルメタクリレート)(PMMA)の溶液を、#7 Mayer rodを使用して棒コーティングして、厚さ約0.5μmの乾燥コーティングを得た)。

## 【0144】

セル(a)および(b)を、±30V、10Hz、6×1秒間隔、0.05、0.1、0.2、0.4、0.8、および1の負荷サイクルの1組のシェークアップパルス列の後に、下記の表2に示される負荷サイクルシーケンスを使用して、±30、15、および7.5Vの電圧で上部電極が接地されている間に下部電極に印加した10Hz周波数の方形波から成る波形によって、電気的に駆動した。

40

## 【0145】

(表2)

## 【0146】

【表 2】

表2

時間(秒)	負荷サイクル
0	0.05
1	0.1
2	0.2
3	0.4
4	0.8
5	1
6	0.8
7	0.4
8	0.2
9	0.1
10	0.05

10

セル ( a ) および ( b ) を電氣的に駆動したときに反射スペクトルを取得し、それぞれ、図 1 3 A および 1 3 B に示される結果が得られた。これらの図から分かるように、セル ( a ) では、電極が遮断されておらず、セルは、黒、白、および黄状態をレンダリングすることが可能であった ( 図 1 3 A および 1 3 B において、 $b^*$  のより正の値は、黄着色の増大を示し、 $L^*$  のより正の値は、明度の増大を示す)。対照的に、セル ( b ) では、電極は、遮断され、最小の電流が通過し、白状態は、見られず ( 高  $L^*$  かつ低  $b^*$  の状態が存在しない)、セルは、黒状態と黄状態との間で単純に切り替えられた。

20

【 0 1 4 7 】

( 実施例 3 )

本実施例は、添付の図面の図 1 0 A および 1 0 B に図示される種類の、さらなる 3 粒子無染色流体電気泳動ディスプレイの調製を図示する。

30

【 0 1 4 8 】

内相を、以下の構成要素 ( 重量基準 ) から調製した。

白顔料 ( 実施例 2 パート B より ) : 2 9 . 7 %

黒顔料 ( 実施例 2 パート C より ) : 6 . 0 %

黄顔料 ( 実施例 2 パート A より ) : 3 . 0 %

S o l s p e r s e 1 7 0 0 0 : 2 . 0 %

アルミニウムジ - t - ブチルサリシレート : 0 %

ポリ ( イソブチレン ) ( 実施例 1 および 2 のように ) : 1 . 0 5 %

そのように調製した内相を、次に、米国特許第 7 , 0 0 2 , 7 2 8 号に記載されるように、カプセル化した。結果として得られたカプセルを、沈降によって単離し、脱イオン水で洗浄し、篩過によってサイズに従って分離した。C o u l t e r M u l t i s i z e r を使用したカプセルサイズ分析は、結果として得られたカプセルが、4 0  $\mu$  m の平均サイズを有し、総カプセル体積の 8 5 パーセント超は、2 0 ~ 6 0  $\mu$  m の間の所望のサイズを有するカプセルであったことを示した。次に、カプセルを、上記の実施例 1 パート D に記載されるように、グラファイト背面電極とともに単一ピクセル実験用ディスプレイに変換した。

40

【 0 1 4 9 】

そのように構築したディスプレイを、図 1 4 に示される波形を使用して駆動した ( 背面電極電圧が、接地された前面電極に対して示されている)。波形は、- 1 5 V の 1 秒のパルス、その後の + 1 5 V の 1 秒のパルス、その後の 5 0 m s の増分で 5 0 m s ~ 4 0 0 m

50

sの長さに変動する - 15 Vの試験パルスから成った。また、ディスプレイが駆動されたときに測定された $L^*$ および $b^*$ 値も図14に示される。試験パルス中、ディスプレイは、黒から黄を介して白へと切り替わり(図9の矢印906および902に示される)、+15 Vのパルス中は、ディスプレイは、白から黒に切り替わった(図9の矢印904に示される)。

【0150】

(実施例4)

本実施例は、添付の図面の図11A - 11Dに図示される種類の、3粒子染色流体電気泳動ディスプレイの調製を図示する。

【0151】

(パートA:シアン顔料分散体の調製)

BASF (Ludwigshafen, Germany) から入手可能なシアン顔料、Irgalite Blue GLVOを、Isopar EおよびSolsperser 17000の溶液と組み合わせて、結果として得られた混合物を、0.4 ~ 0.6 mmのガラスビーズで650 rpmで1時間しっかりと磨滅させることによって分散させて、シアン顔料分散体を得た。

【0152】

(パートB:電気泳動媒体の調製)

電気泳動媒体を、以下の構成要素(重量基準)から調製した。

白顔料(実施例1パートBによる): 29.7%

マゼンタ顔料(実施例1パートAによる): 1.3%

シアン顔料(上記のパートAによる): 0.75%

Sudan Yellow染料 0.75%

Solsperser 17000: 2.0%

アルミニウムジ-*t*-ブチルサリシレート: 0.02%

ポリ(イソブチレン)(実施例1~3のように): 1.05%

結果として得られた流体を、上記の実施例2に説明されるセル(a)内に充填し、上記の表2に示される負荷サイクルシーケンスを使用して、前面電極が接地されている間に±10、15、20、および40 Vの電圧で背面電極に印加した30 Hz周波数の方形波から成る波形によって、アドレスした。

【0153】

試験セルから反射された光を、分光光度法で分析し、CIEL\*a\*b\*におけるSNAP色標準への最近のアプローチを記録した。これらの値( $a^*$ および $b^*$ )は、下記の表3に示される。電気泳動流体は、全ての原色(CMYRGBKW)を識別することが可能であったことが分かる。

【0154】

(表3)

【0155】

10

20

30

【表 3】

表3

	L*	a*	b*
C	49.5	-23.4	-15.7
G	61.6	-18.4	1.9
Y	43.9	-5	20
R	27.6	22.9	12.2
M	33.6	30.8	-7.9
B	38.1	6.5	-21.4
K	28.1	1.4	3.3
W	63.8	-9	4.3

(実施例 5)

本実施例は、本発明の電気泳動媒体およびディスプレイに有用なシアン染料の基の調製を例証する。

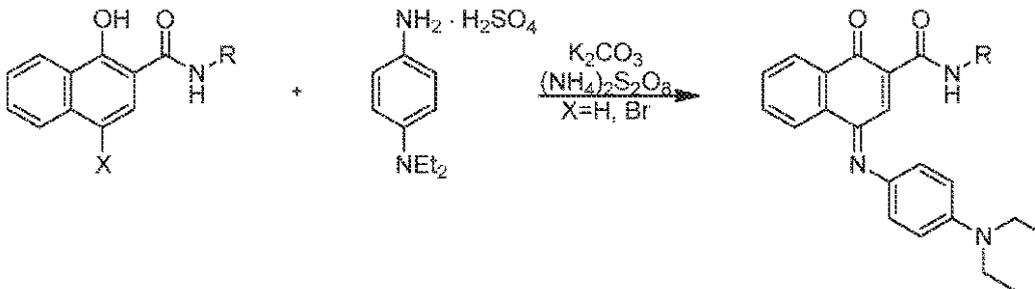
【0156】

(パートA：第1のシアン染料の調製)

本実施例のこのパートは、反応：

【0157】

【化3】



によるシアン染料の調製を例証し、式中、Rは、 $C_{1-5}$ アルキル基を表す。反応は、米国特許第5,122,611号の実施例3を改作したものである。

【0158】

還流冷却器および磁気攪拌棒を備え付けた500mLの二首丸底フラスコに、4-プロモ-N-ドデシル-1-ヒドロキシ-2-ナフトアミド、ジクロロメタン(DCM)、およびエタノールを添加した。結果として得られた反応混合物に、脱イオン水中のN,N-ジエチル-p-フェニレンジアミン硫酸塩、脱イオン水中の炭酸カリウム、その後脱イオン水中の過硫酸アンモニウムを添加した。反応混合物を、室温で30分間攪拌した後、大きい分液漏斗内に注いで分離した。水性層を、DCMで抽出し、有機層を、脱イオン水で洗浄した。結果として得られた有機相を、減圧下で濃色させ、生成された粗材料を、再結晶を介してDCMおよびメタノールで精製した。

【0159】

染料は、Isopar E溶液中で648nmの $\lambda_{max}$ を有し、 $\epsilon = 28,100 L mol^{-1} cm^{-1}$ であった。4におけるIsopar E内での染料の可溶性は、1.2重量%であった。

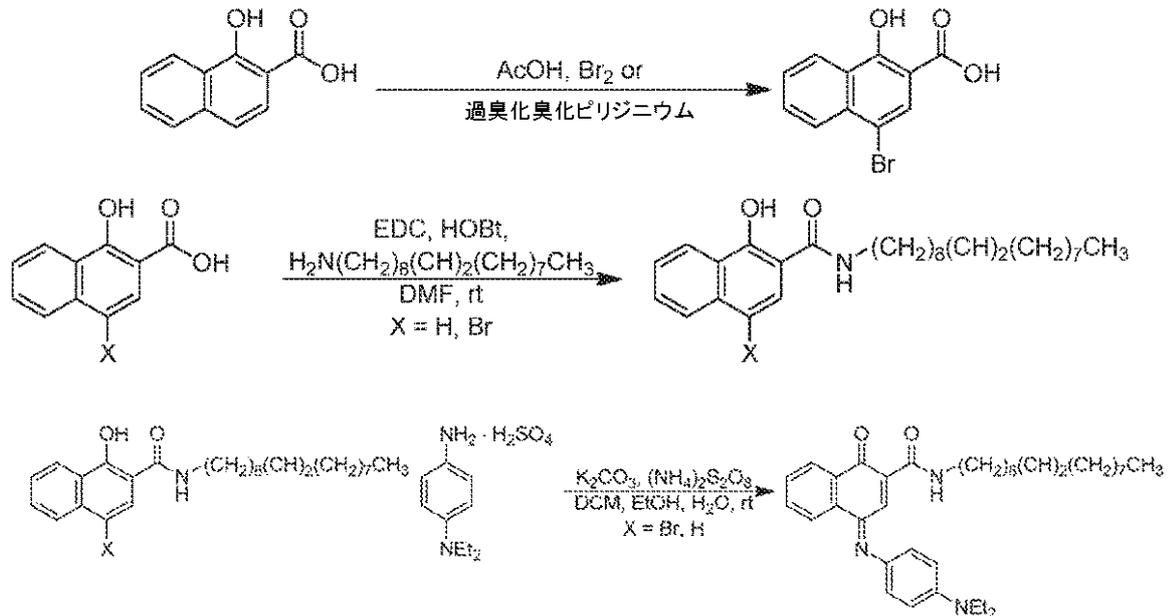
## 【 0 1 6 0 】

(パートB：第2のシアン染料の調製)

本実施例のこのパートは、3ステップ反応シーケンスによるシアン染料の調製を例証する。

## 【 0 1 6 1 】

## 【化4】



10

20

この反応シーケンスの第1のステップは、Huang, Y.; Luedtke, R. R.; Freeman, R. A.; Wu, L.; Mach, R. H. *J. Med. Chem.* 2001, 44, 1815-1826を、また第3のステップは米国特許第5,122,611号を改作したものである。

## 【 0 1 6 2 】

(ステップ1)

頭上攪拌機を備え付けた1Lの丸底フラスコに、1-ヒドロキシ-2-ナフトエ酸、過臭化臭化ピリジニウム、および酢酸を添加した。結果として得られた反応混合物を、室温で一晩攪拌した後、濾過し、結果として得られた固体を脱イオン水で洗浄し、真空下で乾燥させて、さらなる精製をすることなく使用した。

30

## 【 0 1 6 3 】

(ステップ2)

250mlの丸底フラスコに、4-ブロモ-1-ヒドロキシ-2-ナフトエ酸およびN,N-ジメチルホルムアミド(DMF)を添加した。酸が溶解した後、1-ヒドロキシベンゾトリアゾール水和物およびN-(3-ジメチルアミノプロピル)-N'-エチルカルボジイミドヒドロクロリドを、フラスコに添加した。最後に、オレイルアミンを、シリンジを介してフラスコに添加した。結果として得られた反応混合物を、室温で5日間攪拌した後、脱イオン水中に注ぎ、ジクロロメタン(DCM、3×100mLアリコート)で抽出した。有機相を組み合わせ、10重量%の塩酸溶液(4×100mL)で洗浄した。固体を形成し、濾過して有機層から離れた。有機層を、シリカプラグを通して濾過し、生成物を、減圧下で濃縮させた(48%収率)。

40

## 【 0 1 6 4 】

(ステップ3)

還流冷却器および磁気攪拌棒を備え付けた500mLの二首丸底フラスコに、4-ブロモ-1-ヒドロキシ-N-オレイル-2-ナフトアミド、DCM、およびエタノールを添加した。結果として得られた反応混合物に、脱イオン水中のN,N-ジエチル-p-フェニレンジアミンスルフェート塩、脱イオン水中の炭酸カリウム、その後脱イオン水中の

50

過硫酸アンモニウムを添加した。反応混合物を、室温で30分間攪拌した後、大きい分液漏斗内に注いで分離した。水性層を、DCMで抽出し、組み合わせた有機層を、脱イオン水で洗浄した。結果として得られた有機相を、減圧下で濃色させて、粗材料を得て、それを、DCMを溶離剤としてシリカゲルクロマトグラフィを介して精製した。

【0165】

結果として得られた染料は、Isopar E溶液中で622nmの $m_{max}$ を有し、 $\epsilon = 25,800 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ であった。4におけるIsopar E内での染料の可溶性は、3.9重量%であった。

【0166】

(実施例6)

本実施例は、添付の図面の図11A~11Dに図示される種類の、3粒子、染色流体電気泳動ディスプレイの調製を図示する。

【0167】

(パートA：黄顔料分散体の調製)

Clariant (Basel, Switzerland)から入手可能な黄顔料、Novoperm Yellow P-HGを、Isopar EおよびIsopar E中のSolsperser 17000の溶液と組み合わせ、混合物を、0.4~0.6mmのガラスビーズを有するSzegvari Attritor、01-HD型、サイズ01を使用して650rpmで1時間しっかりと磨滅させることによって分散させて、黄顔料分散体を得た。

【0168】

(パートB：マゼンタ顔料分散体の調製)

Clariant (Basel, Switzerland)から入手可能なInk Jet Magenta E02 VP2621を、トルエン中で10重量/重量で分散させた。顔料分散体を、500mLの丸底フラスコに移し、フラスコを窒素で脱気し、溶液を42に加熱した。この温度に達した後、4-ビニルベンジルクロリドを添加し、結果として得られた反応混合物を、42で一晩、窒素下で攪拌した。結果として得られた生成物を、室温に冷却させて、遠心分離して、官能化された顔料を分離した。遠心分離ケーキを、トルエン(3x250mL)で洗浄して、官能化されたマゼンタ顔料を生成した。

【0169】

そのように調製したマゼンタ顔料を、上述の米国特許第7,002,728号に記載されるように、メタクリル酸ラウリルコーティングでコーティングした。次に、最終顔料をIsopar Eと組み合わせて、マゼンタ顔料分散体を生成し、それを200マイクロメートルのメッシュフィルムを通して濾過し、その固体含有量を15.9%と決定した。

【0170】

(パートC：白顔料分散体の調製)

チタニア分散体を、上記の実施例2パートBのように生成した。

【0171】

(パートD：電気泳動媒体の調製および電気光学試験)

上記のパートAで調製した黄顔料分散体(0.65g)、上記のパートBで調製したマゼンタ分散体(0.83g)、上記のパートCで調製した白分散体(3.22g)、上記の実施例5のパートAで調製したシアン染料(0.10g)、アルミニウム3,5-ジテート-ブチルサリシレート(0.07gのIsopar E中の1重量/重量%溶液)、分子量600,000のポリ(イソブチレン)(0.31gのIsopar E中の15重量/重量%溶液)、および1.26gのさらなるIsopar Eを、混合した。結果として得られた混合物を、超音波処理し、42に30分間加熱して、74pS/cmの導電率を有する電気泳動媒体を生成した。

【0172】

この電気泳動媒体流体を、上記の実施例2に説明される第1の試験セル内に充填した。前面電極が接地されている間に、図15A-15Jに示される波形によって背面電極が駆

10

20

30

40

50

動されるときに反射スペクトルを得た。図 16 A - 16 J は、それぞれ、図 15 A - 15 J の波形を使用して達成された光学的状態（時間に対する  $L^*$ 、 $a^*$ 、および  $b^*$  のグラフとしてプロット）を示す。分光計の試料率は、20 Hz であり、各波形の開始時点のリセットパルス間の光学過度は、記録しなかった。

【0173】

図 15 A - 15 F において、使用される波形は、 $\pm 30$  V または  $\pm 15$  V の一連の高速発振リセットパルスから成り、その後、 $-30$  V (図 15 A)、 $-15$  V (図 15 B)、 $-7.5$  V (図 15 C)、 $+30$  V (図 15 D)、 $+15$  V (図 15 E)、または  $+7.5$  V (図 15 F) の一定の背面電極で駆動される 1.5 秒のパルスが続く。図 15 G - 15 J に示される波形は、 $\pm 30$  V または  $\pm 15$  V の同じ一連の高速発振リセットパルスから成るが、背面電極電圧が正電圧と負電圧との間で交互し、正インパルスと負インパルスとの間でゼロ電圧でのリセットを伴う波形の駆動部分を使用する、異なる種類のものである。パルスは、 $\pm 30$  V (図 15 G) および  $\pm 15$  V (図 15 H) である。図 15 I および 15 J の波形は、図 15 G および 15 H では、駆動シーケンスは、正 - ゼロ - 負 - ゼロ - 正 - ゼロ - 負 - ゼロ等であり、それに対して図 15 I および 15 J では、駆動シーケンスは、負 - ゼロ - 正 - ゼロ - 負 - ゼロ - 正 - ゼロ等であるという意味で、それぞれ、図 15 G および 15 H の波形の本質的に反転された形態である。

【0174】

図 16 A - 16 C より、図 15 A - 15 C の波形の結果は、 $b^*$  は、3 つ全ての場合において正で開始し、パルスが継続するのに伴い負の値に移動する一方、 $a^*$  は、極めて一定のままであり、したがって、ディスプレイは、(緑がかった) 淡い黄から淡いシアンに変化し、シアンがかった白でゼロを通過するのであることが分かるであろう。図 15 C の波形は、ほぼ白の状態を生成する。これらの結果は、図 11 A - 11 C の右側に関して上記に提示される切り替え機構と一致する。対照的に、図 15 D - 15 F の正の駆動波形に関して、図 16 D ~ 16 F は、濃青状態 ( $b^*$  が約  $-10$ ) から赤状態 ( $a^*$  が  $+22$ 、 $b^*$  が約  $+10$ ) へのディスプレイ切り替えを示す。図 15 F の波形は、ほぼ黒の状態を生成する。これらの結果は、図 11 A - 11 C の左側に関して上記に提示される切り替え機構と一致する。

【0175】

図 16 G および 16 H は、図 15 G および 15 H の逆転波形が、ディスプレイをマゼンタ状態 (背面電極正) と緑状態 (背面電極負) との間で振動させて、最良のマゼンタが図 15 H の波形を使用して得られることを示す。同様に、図 16 I および 16 J は、図 15 I および 15 J の逆転波形が、ディスプレイを緑状態 (背面電極負) および赤 / マゼンタ状態 (背面電極正) で振動させて、最良の緑が図 15 J の波形を使用して得られることを示す。各々が正および負の駆動インパルス間で交互する図 15 G / 15 H の波形と図 15 I / 15 J の波形との差は、リセット列が、図 15 G / 15 H の波形を波形内の負のパルスで開始および終了させ、図 15 I / 15 J では正のパルスで開始および終了させることである。したがって、開始点は、図 15 G / 15 I T の波形において正味の負インパルスを有し、図 15 I / 15 J の波形においては正味の正インパルスを有する。開始正味負インパルスは、緑よりもマゼンダを選好し、開始正味正インパルスは、マゼンよりも緑を選好する。

【0176】

図 17 は、図 15 A - 15 J の波形によって得られる全ての色の  $a^*$  /  $b^*$  平面上のプロットであり、この図から、全ての原色が、本発明の本電気泳動ディスプレイによって可能であることが分かる。

【0177】

(実施例 7)

本実施例は、添付の図面の図 11 A ~ 11 D に図示される種類の、第 2 の 3 粒子、染色流体電気泳動ディスプレイの調製を図示する。

【0178】

10

20

30

40

50

(パートA：シアン顔料分散体の調製)

Clariant (Basel, Switzerland) から入手可能なシアン顔料、Hostaperm Blue BT-617-D (26g) を、Isopar E (70g) および Solspers 17000 の溶液 (70g の isopar E 中の 20 重量 / 重量 % 溶液) と混合し、結果として得られた混合物を、0.4 ~ 0.6 mm のガラスビーズを用いて 650 rpm で 1 時間しっかりと磨滅させることによって分散させて、シアン顔料分散体を得た。

【0179】

(パートB：電気泳動媒体の調製および電気光学試験)

電気泳動媒体を、以下の構成要素 (重量基準) から調製した。

白顔料 (実施例 3 パート C より) : 29.7 %

マゼンタ顔料 (実施例 1 パート A より) : 2.1 %

マゼンタ顔料 (上記のパート A より) : 0.75 %

Automate Yellow 染料 (Dow Chemical) 0.75 %

Solspers 17000 : 0.785 %

アルミニウムジ - t - ブチルサリシレート : 0.01 %

ポリ (イソブチレン) (実施例 1 - 3 のように) : 1.05 %

結果として得られた流体を、上記の実施例 2 に説明されるセル (a) 内に設置し、図 15 A - 15 J に示される波形で駆動した。図 18 は、 $a * b *$  平面のプロットであり、図 17 のものに類似しており、全ての色が得られた。図 18 から、赤を除く全ての原色が本電気泳動媒体によって提供されることが分かるであろう。

【0180】

(実施例 8)

本実施例は、添付の図面の図 11 A - 11 D に図示される種類の、第 3 の 3 粒子、染色流体電気泳動ディスプレイの調製を図示する。

【0181】

内相を、以下の構成要素 (重量基準) から調製した。

白顔料 (実施例 3 パート C より) : 29.7 %

マゼンタ顔料 (実施例 1 パート A より) : 3.0 %

黄顔料 (実施例 2 パート A より) : 2.5 %

シアン染料 (実施例 6 パート A より) 1.5 %

Solspers 17000 : 1.24 %

アルミニウムジ - t - ブチルサリシレート : 0.01 %

ポリ (イソブチレン) (実施例 1 ~ 3 のように) 1.05 %

そのように調製した内相を、米国特許第 7,002,728 号に説明される手順に従ってカプセル化した。結果として得られたカプセル化された材料を、沈降によって分離し、脱イオン水で洗浄して、篩過によってサイズに従って分離した。Coulter Multisizer を使用したカプセルサイズ分析は、結果として得られたカプセルが、74  $\mu\text{m}$  の平均サイズを有し、総カプセル体積の 85 パーセント超は、50 ~ 100  $\mu\text{m}$  の間の所望のサイズを有するカプセルであったことを示した。次に、カプセルを、上記の実施例 1 パート D と同一の様式で、実験用単一ピクセルディスプレイに変換した。

【0182】

次に、これらのディスプレイを、図 15 A - 15 J に示される波形で駆動した。図 19 は、 $a * b *$  平面のプロットであり、図 17 および 18 のものに類似しており、全ての色が得られた。図 19 から、全原色が本電気泳動媒体によって提供されることが分かるであろう。

【0183】

(実施例 9) スポット色のための波形最適化

上記の実施例 3 に記載される実験に続き、図 14 に示される波形の種類は、図 10 A および 10 B に示される 3 粒子黒 / 白 / スポット色電気泳動媒体の種類において、実際には

10

20

30

40

50

、良好なスポット色を得るための最適な波形ではないことが見出された（スポット色は、図10Aおよび10Bでは黄として示され、同一のスポット色が、以下の考察においても仮定されるが、これは単に例証のためであり、当然ながら、白または黒以外の任意のスポット色が使用され得る。）より良好な飽和度（すなわち、黄スポット色に関する増大した $b^*$ 値、およびいくつかの他のスポット色に関する増大した $a^*$ 値）が、適切に選択された周波数および負荷サイクルを有する方形波を使用することによって達成され得ることが見出された。

#### 【0184】

図10Aおよび10Bに図示されるように、正に帯電した黒顔料は、背面電極1012が前面電極1010に対して正であるときにディスプレイの画（上）面に移動し、背面電極1012が前面電極1010に対して負電圧であるときに、ディスプレイの後面に戻る。一方、負に帯電した白顔料は、背面電極が負であるときにディスプレイの画面に移動し、背面電極が正であるときに、ディスプレイの後面に戻る。第3の（黄）顔料は、初め、低インパルス下で負に帯電しており、背面電極が負であるとき、黄顔料は、初め、ディスプレイの画面へ移動する（図10A右側、ディスプレイは黄に見える）が、電圧が、高アドレスインパルスを提供するために十分な長さで印加されると、黄着色顔料は、白顔料の後方に姿を消し、ディスプレイは、黄から白に変化する（図10B右側）。

#### 【0185】

これらの色の変化は、図14に説明される。図14に示される第1の周期を考慮されたい。初め、ディスプレイは、その黒状態である（図10A左側）。-15Vのパルスが印加されると、黒顔料は、背面へ移動し、白および黄顔料は、画面へ移動する（図10A右側）。初め、 $b^*$ および $L^*$ は、ディスプレイが黄に代わる際に増大する。一定の時間後、 $b^*$ （「黄味」）は、その最大値に達し、その後減少し、それに対し $L^*$ は、高アドレスインパルスが到達されるのに伴い増大し続け、ディスプレイは、白に代わる（図10B右側）。

#### 【0186】

負および正のパルスを交互に使用する極めて単純な波形は、図14に示されるように、単一の正負周期によって達成可能なものよりも高い最大 $b^*$ 値を達成し得ることが見出された。この波形は、図20に図示され、ここから、この波形は、より長い（1秒）の正のパルスによって分離される一連の短い（約0.5秒）負のパルスを含み、負のパルスのうちの1つで終了することが分かるであろう。正および負の遷移の最適な間隔は、電気泳動媒体の組成にある程度依存し、通常、数百ミリ秒の長さである。負のパルスが、どれくらいの長さ必要であるかを決定する際に重要な要因は、黄色状態が減少する前にどれくらいの長さ負の駆動を（黒から）印加し得るかである。正のパルスは、負のパルスより長くなければならず、ディスプレイを駆動して黒の極端な光学的状態に戻すために十分な長さである必要がある。図20に示されるように、使用された波形は、図14に示される波形に関して約4.1であるのに比べ、 $b^*$ を約5.5に増大させた。

#### 【0187】

図21は、図14に示される第1の周期および図20の波形に関する $b^*$ に対する $L^*$ のプロットを示す。図20の波形の極端な黄状態（図21に「Y」として示される）は、図14の波形のものよりも実質的に高い $b^*$ 値を有することが分かるであろう。 $b^*$ のこの改善に関する1つの可能な説明は、黄顔料の一部が、最良の黄状態が達成される前に「方向転換」を開始する（すなわち、ディスプレイの画面から離れて移動する）ということである。駆動パルスの極性を簡潔に逆転させることにより、黄顔料上の電荷は、リセットされ、電圧が負に切り替わるときに、黄顔料は、ディスプレイの画面へ移動し続け、全部ではないにしても大部分がこの表面に到達し、より良好な黄状態および改善された最大 $b^*$ をもたらす。

#### 【0188】

前述の議論は改善された黄状態に焦点をあてているが、図20に示される波形は、他の利点を有する。駆動パルスの長さを変動させることによって、改善された中間の光学的状

10

20

30

40

50

態を達成することが可能であった。図 2 1 に示されるように、多様な  $L^*$  および極めて低い  $b^*$  を有する「グレー」状態は、図 2 1 の W 経路に沿って移動することによって得られる一方、多様な  $L^*$  および多様な  $b^*$  を有する「Y - グレー」状態は、図 2 1 の K - Y - W 経路に沿って移動することによって得られる。

【 0 1 8 9 】

図 2 0 に示される波形の種類は、種々の方法で、全体的な直流平衡駆動スキーム（前述の双安定電気光学ディスプレイのための駆動スキームにおける全体的な直流平衡の維持の重要性に対する M E D E O D 出願を参照）に組み込むことができ、例えば、

( a ) 自己平衡遷移：米国特許第 7 , 1 1 9 . 7 7 2 号に説明されるように、そのような駆動スキームでは、2 つの光学的状態間の遷移を規定する各波形は、ゼロの正味インパルス 10 を有する。黄への遷移に最適な図 2 0 の種類の波形は、正味インパルスを有するため、この正味インパルスは、例えば、逆インパルスを有する事前パルスによって、平衡させられなければならない。黄への遷移に関する図 2 0 に示される波形は、正味正インパルスを有し、黄への全体的な遷移はまず、図 2 0 の波形の前に、等しい負のインパルス（白に向かう）を有するであろう。

( b ) 往復直流平衡：米国特許第 7 , 0 1 2 , 6 0 0 号に記載されるように、多くの従来技術の駆動スキームでは、個々の波形は、直流平衡ではない。代わりに、全体の駆動スキームは、遷移の全ての閉じたループ（すなわち、同一のグレーレベルで開始および終了する遷移の各セット）が、ゼロの正味インパルスを有するように設計される。これを達成するために、各光学的状態は、「インパルス電位」を割り当てられ、2 つの異なる光学的 20 状態間での任意の遷移に使用される波形の正味インパルスは、それらの 2 つの光学的状態間のインパルス電位の差に等しくなければならない。図 2 2 は、そのような駆動スキームを説明する。楕円は、割り当てられるインパルス電位を伴う光学的状態を表す。方向付き矢印は、矢印の端部に表される 2 つの光学的状態間の波形の正味インパルスを示し、このインパルスは、これらの 2 つの光学的状態間のインパルス電位の差に等しくなければならない。図 2 0 の種類の黄遷移は、そのような駆動スキームに多数の方法で組み込まれ得る。例えば、黄への遷移は、理論上、2 つの部分的遷移と考えられ、1 つは現在の状態から黒へ、また次に黒から黄であることができる。図 2 0 の種類の黄波形は、正味の正インパルスを有するため、黒への第 1 の遷移の一部と考えることができる（それもまた、正味正インパルスを有する）。次に、波形の第 2 の部分は、黄への負のセットのパルスであり、 30 黒および選択される黄インパルス電位の差に等しい。図 2 3 および 2 4 は、このアプローチを図示する。図 2 3 は、単純な方形波駆動およびインパルス電位を示す。強調された領域は、黒から黄への遷移を示す。波形の図 2 0 の種類の波形の黄の部分は、図 2 4 に示されるこの遷移の白から黒への部分の構成要素と考えることができ、黒から黄への遷移に使用される実際の電圧パルスを示す。

【 0 1 9 0 】

最適な図 2 0 の種類の波形は、それが、バッチが同じ理論上の組成を有する場合であっても電気泳動材料のバッチ間で異なる様式で、電圧に依存することが見出された。図 2 5 は、黄を駆動するために使用される最適な電圧が、上記で使用される 1 5 V とは対照的に、 40 2 0 ~ 2 9 V の範囲であるバッチの例を示す。

【 0 1 9 1 】

図 1 0 A および 1 0 B に示されるディスプレイの種類のパフォーマンスを制限する要因の 1 つは、黒または黄から白に必要なとされる波形の持続時間である。図 1 4 に示されるように、いかなる逆極性パルスを伴わない場合であっても、黒から白への遷移には 2 秒間を必要とし得る。これは、波形が逆極性の期間を含むとき、および/またはより高い駆動電圧が使用されるときに一層顕著である。これらの性能制限を克服するため、図 2 6 に示されるように「ピケットフェンス」型の波形が使用され得、図 2 6 は、この種類の波形の 4 つの（単純化された）実施例を示す。上から下へ、図 2 6 は、元の波形、負のパルスが延長されている波形、ゼロ電圧の期間が挿入されている波形、および逆（正）電圧の期間が追加されている波形を図示する。ゼロまたは正の短い間隔を追加することは、この様式での波形への 50

電圧は、白状態からの黄のより迅速な除去を可能にし、したがって、より短い波形を可能にし、および/または黄の量を低減することによる白状態を改善する。図27は、ピケットフェンス波形の使用によって達成され得る白光学的状态の $L^*$ および $b^*$ 値の改善を示す。図27では、ピケットギャップ符号は、どの種類のピケットフェンスが使用されたかを表し、1の値は、駆動を延長することを意味し、0の値は、ゼロ電圧の期間を追加することを意味し、-1の値は、逆(正の)電圧を追加することを意味する。総ギャップ時間は、この方法において追加される駆動時間の総量を表す。

【0192】

電気泳動ディスプレイの技術分野の当業者には、上述の波形の使用が、遷移中に見える著しい量の点滅を引き起こす可能性があることが理解されるであろう。そのような点滅は、ピクセルの2つ以上の小集団に対して異なる波形を使用し、その結果、ある割合のピクセルが明るい光学的状态になり、ある他の割合のピクセルが、暗い光学的状态になり、一定の距離から見たそのようなディスプレイの平均光学的状态が、ゆっくりと変動するグレーとなることによって、低減され得る。この点滅低減技術は、両極性の駆動パルスを有するクリア信号(clearing signal)に適用された場合、最も効果的である。なぜなら、全てのピクセルが、周期的な黒への駆動および白への駆動の等しい負荷サイクルを経験し、したがって、異なる波形を使用して群に容易に分割されるからである。これらの技術は、前述のMEDEOD出願のうちいくつかにこれまでに開示されている(黒および白電気泳動ディスプレイに関する)。

【0193】

前述の内容から、本発明は、ディスプレイの全領域にわたって全原色をレンダリングすることが可能なフルカラーディスプレイを提供し得ることが分かるであろう。所望により、本発明によって提供される色調整に加えて、ディスプレイが各色の彩度の全範囲を示すことを可能にするように、領域調整が使用され得る。本発明はまた、ディスプレイの全領域にわたってスポット色を生成することが可能なディスプレイを提供することができる。

【図1】

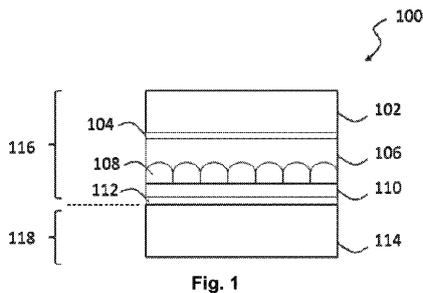


Fig. 1

【図2】

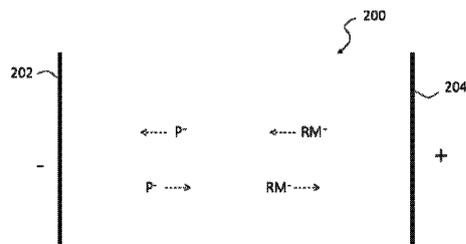


Fig. 2

【図3】

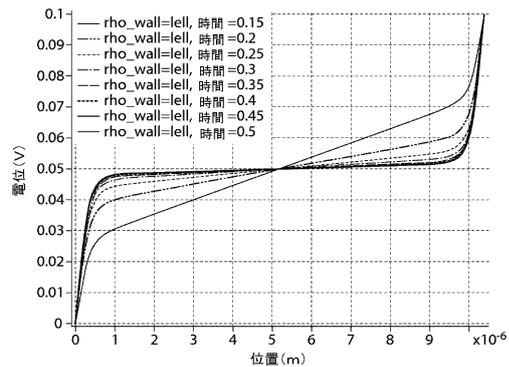


Fig. 3A

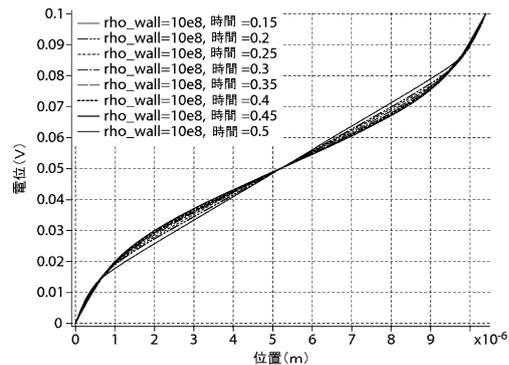


Fig. 3B

10

20

【 図 4 】

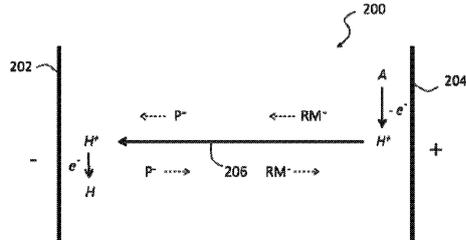


Fig. 4

【 図 5 B 】

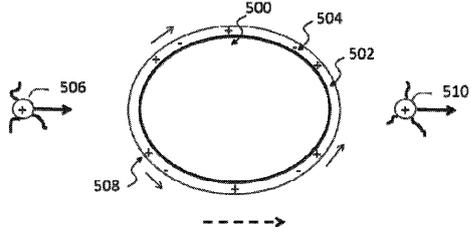


Fig. 5B

【 図 5 A 】

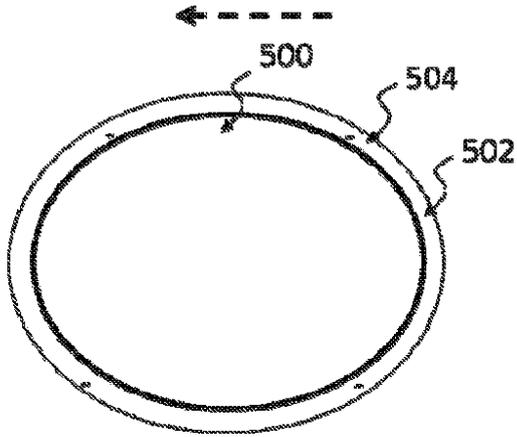


Fig. 5A

【 図 6 】

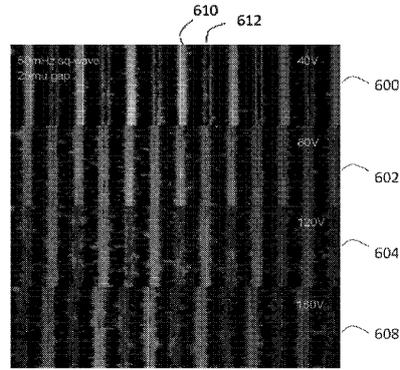


Fig. 6

【 図 7 】

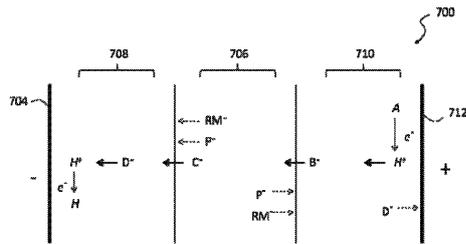


Fig. 7

【 図 8 】

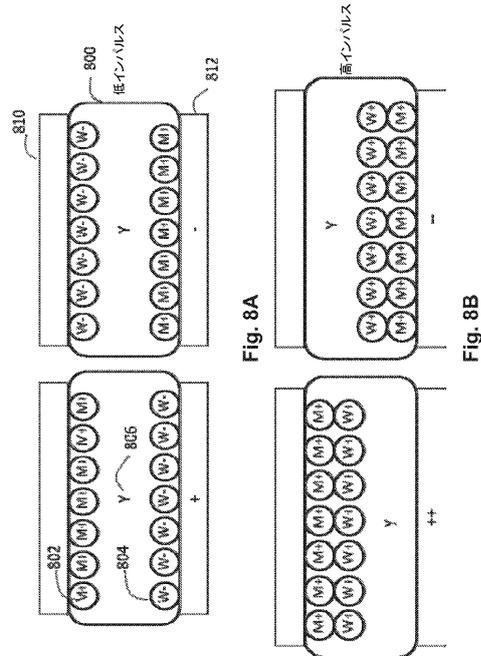


Fig. 8A

Fig. 8B

【図 9】

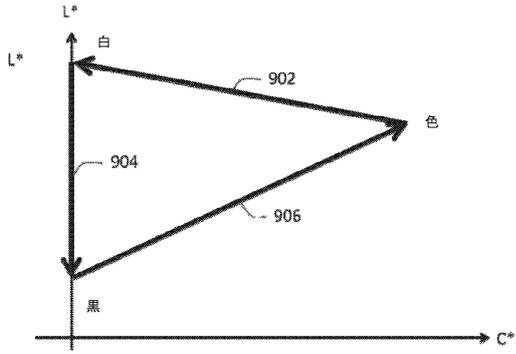


Fig. 9

【図 10】

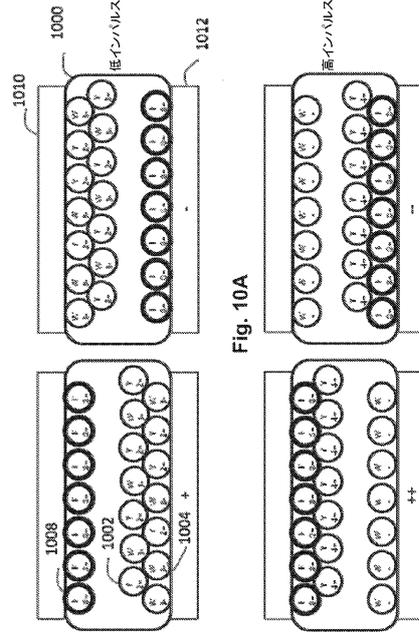


Fig. 10A

Fig. 10B

【図 11 A】

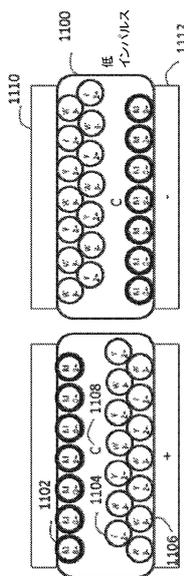


Fig. 11A

【図 11 B】

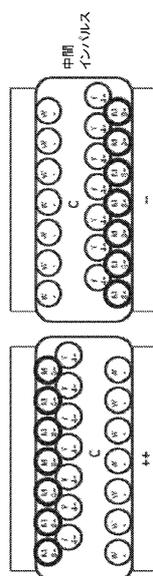


Fig. 11B

【図11C】

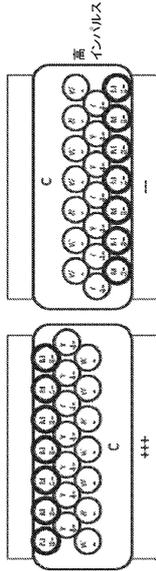


Fig. 11C

【図11D】

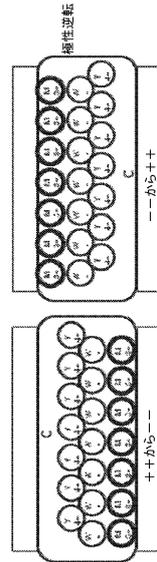


Fig. 11D

【図12】

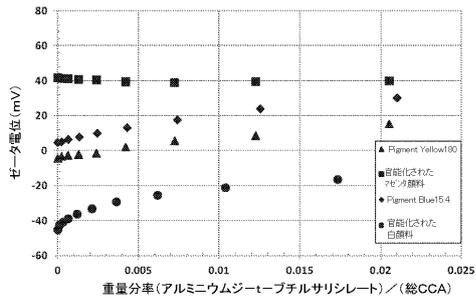


Fig. 12

【図13B】

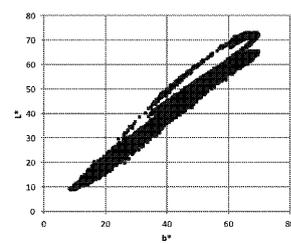


Fig. 13B

【図13A】

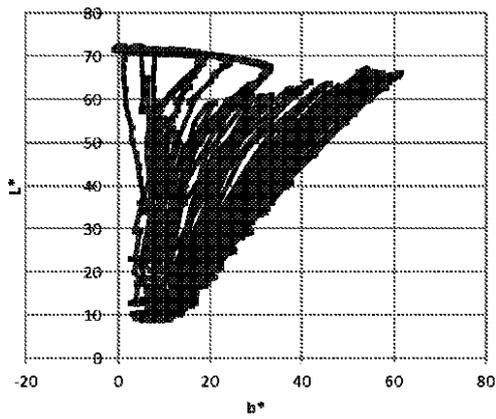


Fig. 13A

【図14】

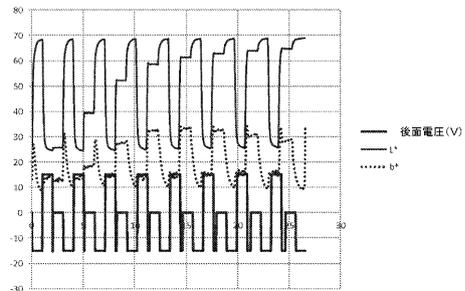


Fig. 14

【 15 A】

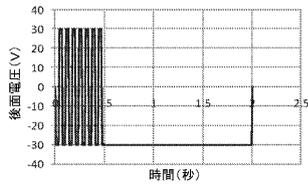


Figure 15A

【 15 D】

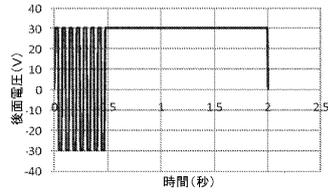


Figure 15D

【 15 B】

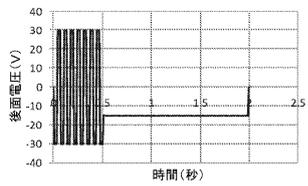


Figure 15B

【 15 E】

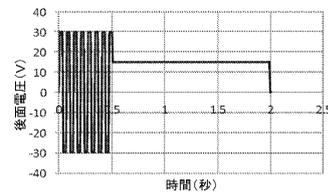


Figure 15E

【 15 C】

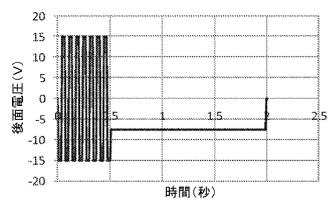


Figure 15C

【 15 F】

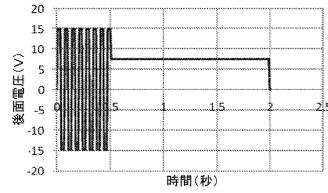


Figure 15F

【 15 G】

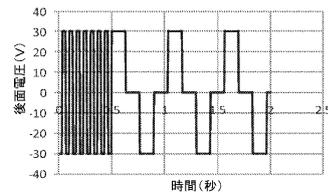


Figure 15G

【 15 J】

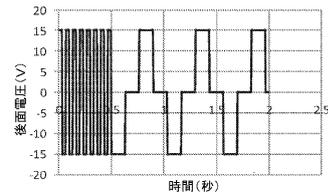


Figure 15J

【 15 H】

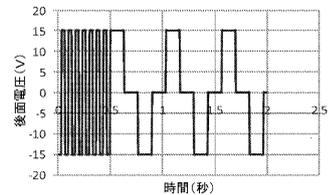


Figure 15H

【 16 A】

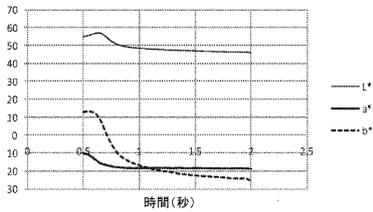


Figure 16A

【 15 I】

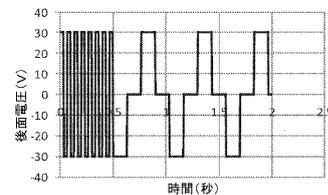


Figure 15I

【 16 B】

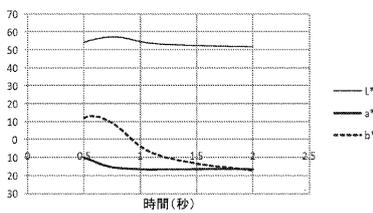


Figure 16B

【 16 C 】

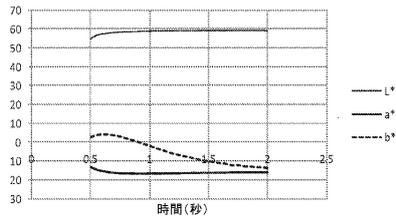


Figure 16C

【 16 F 】

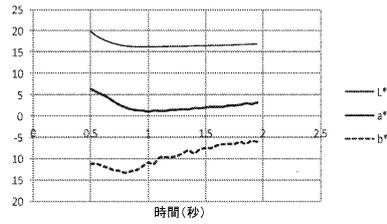


Figure 16F

【 16 D 】

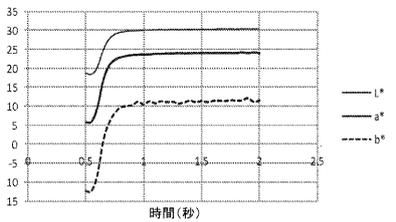


Figure 16D

【 16 G 】

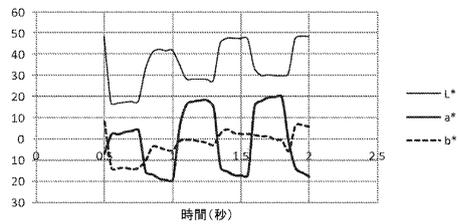


Figure 16G

【 16 E 】

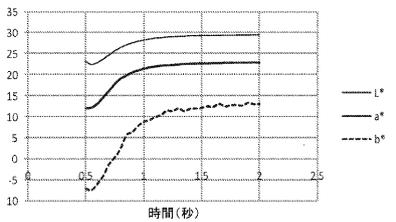


Figure 16E

【 16 H 】

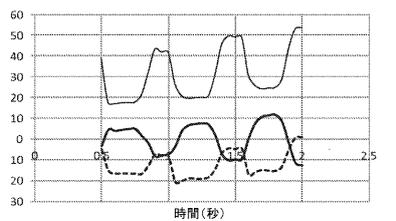


Figure 16H

【 17 】

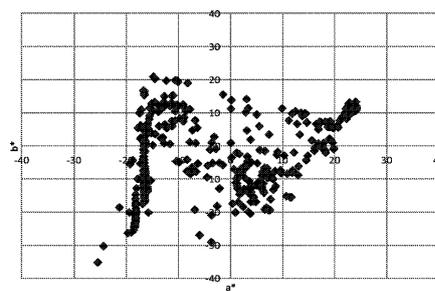


Figure 17

【 16 I 】

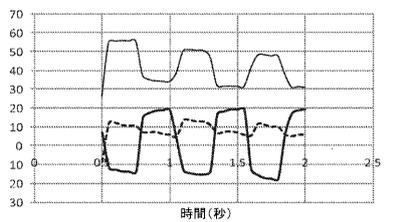


Figure 16I

【 18 】

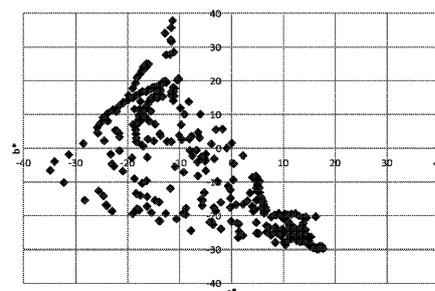


Fig. 18

【 16 J 】

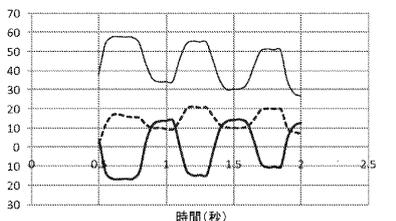


Figure 16J

【 図 19 】

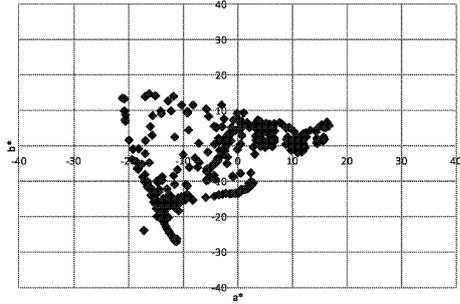


Fig. 19

【 図 21 】

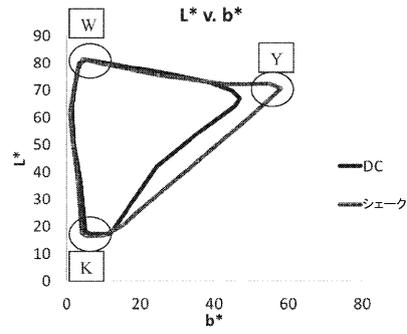


Fig. 21

【 図 20 】

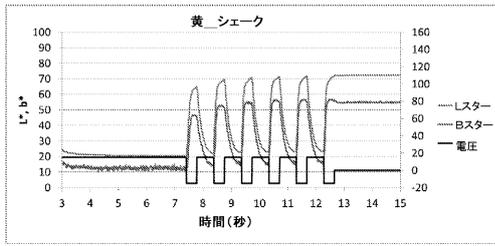


Fig. 20

【 図 22 】

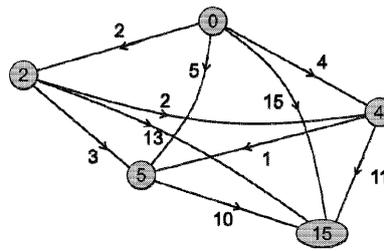


Fig. 22

【 図 23 】

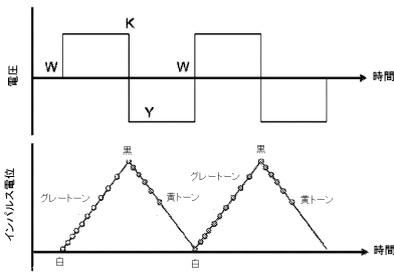


Fig. 23

【 図 25 】

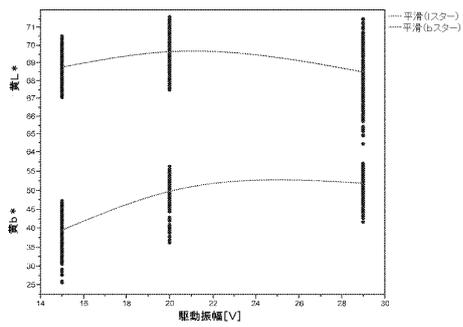


Fig. 25

【 図 24 】

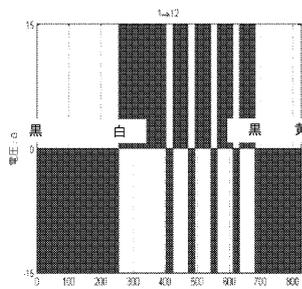


Fig. 24

【 図 26 】

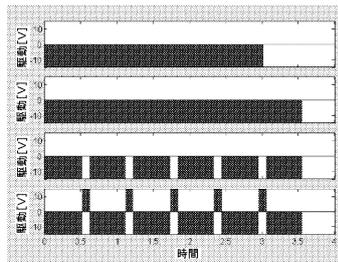


Fig. 26

【 図 27 】

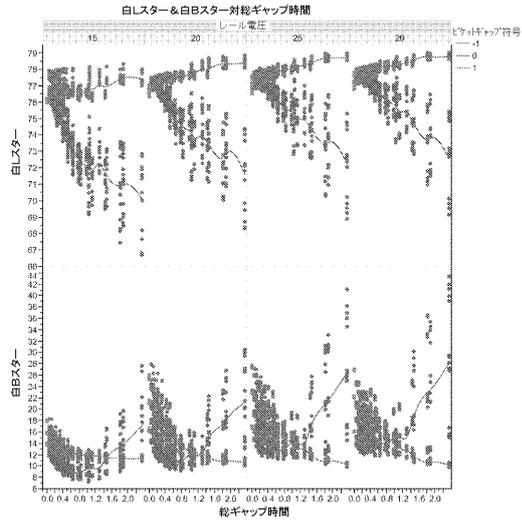


Fig. 27

## フロントページの続き

- (72)発明者 ブル, スティーブン  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 03087, ウィンダム, ブロッサム ロード 65
- (72)発明者 ブシャード, アラン  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02125, ボストン, ドーチェスター アベニュー  
944, ユニット 8
- (72)発明者 ハーブ, クレイグ  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02155, メドフォード, イースト ボーダー ロード  
242
- (72)発明者 ラダバック, コスタ  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02143, サマビル, ビーコン ストリート 278  
, アpartment ナンバー 15
- (72)発明者 ラット, アナ エル.  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02459, ニュートン, エイボンデール ロード 3  
2
- (72)発明者 モリソン, ジェニファー エム.  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02172, ウォータータウン, ローレル ストリート  
16, アpartment ナンバー 2
- (72)発明者 パオリニ, リチャード ジェイ. ジュニア  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01702, フレーミンガム, ヒッコリー ヒル レー  
ン 10
- (72)発明者 レーガン, マイケル トーマス  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02140, ケンブリッジ, ケンブリッジ パーク ド  
ライブ 30, アpartment ナンバー 1142
- (72)発明者 スロミンスキ, ルーク エム.  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02459, ニュートン, ビーコン ストリート 92  
9
- (72)発明者 イェゼック, リー  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02472, ウォータータウン, ボイルストン ストリ  
ート 86
- (72)発明者 クロウンス, ケネス アール.  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02143, サマビル, マウンテン アベニュー 3
- (72)発明者 クルーゼ, ジェイ. ライアン  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01821, ウォルサム, オレンジ ストリート 59  
, アpartment ナンバー 1
- (72)発明者 ホーゲブーム, クリストファー エル.  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01803, パーリントン, センター ストリート 8  
5
- (72)発明者 フェイック, ジェイソン ディー.  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02466, オーバーンデール, クレセント ストリ  
ート 97
- (72)発明者 ミラー, デイビッド ダレル  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01880, ウェイクフィールド, プロスペクト スト  
リート 152

審査官 岩村 貴

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0007381(US, A1)  
国際公開第2004/090626(WO, A1)

米国特許出願公開第2012/0241695(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 F	1 / 1 6 7
G 0 9 F	9 / 3 0
G 0 9 F	9 / 3 7
G 0 9 G	3 / 1 6
G 0 9 G	3 / 3 4