

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4776532号
(P4776532)

(45) 発行日 平成23年9月21日 (2011.9.21)

(24) 登録日 平成23年7月8日 (2011.7.8)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 F 1/167 (2006.01)

G O 2 F 1/167

請求項の数 39 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-514207 (P2006-514207)	(73) 特許権者	500080214
(86) (22) 出願日	平成16年4月30日 (2004.4.30)		イー インク コーポレーション
(65) 公表番号	特表2006-525557 (P2006-525557A)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ O 2
(43) 公表日	平成18年11月9日 (2006.11.9)		1 3 8, ケンブリッジ, コンコード
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/013573		アベニュー 7 3 3
(87) 国際公開番号	W02004/099862	(74) 代理人	100078282
(87) 国際公開日	平成16年11月18日 (2004.11.18)		弁理士 山本 秀策
審査請求日	平成19年3月7日 (2007.3.7)	(74) 代理人	100062409
(31) 優先権主張番号	60/320, 158		弁理士 安村 高明
(32) 優先日	平成15年5月2日 (2003.5.2)	(74) 代理人	100113413
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 森下 夏樹
(31) 優先権主張番号	60/320, 169	(72) 発明者	ウィルコックス, ラッセル ジェイ.
(32) 優先日	平成15年5月6日 (2003.5.6)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ O 1
(33) 優先権主張国	米国 (US)		7 6 0, ナッティック, ウィンメイ
			ストリート 1 7

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気泳動ディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気泳動ディスプレイであって、該電気泳動ディスプレイが電気泳動媒体を備え、該電気泳動媒体は、内部相を収容する少なくとも1つの微小空洞を規定する壁を有し、該内部相は、少なくとも1つの型の複数の電気泳動粒子を含有し、該電気泳動粒子は、懸濁流体中に懸濁しており、そして該電気泳動媒体への電場の印加の際に、該懸濁流体を通して移動し得、該媒体は、該少なくとも1つの微小空洞の平均高さ (μm) と、該電気泳動粒子の飽和粒子厚さ (μm) と、該内部相中の該電気泳動粒子の体積分率とが、

$$| \text{平均高さ} - (\text{飽和粒子厚さ} / \text{体積分率}) | \leq 5$$

の関係を満足することを特徴とする、電気泳動ディスプレイ。

10

【請求項 2】

前記飽和粒子厚さが、 $1\mu\text{m}$ と $5\mu\text{m}$ との間である、請求項1に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 3】

前記飽和粒子厚さが、 $1.5\mu\text{m}$ と $2.5\mu\text{m}$ との間である、請求項2に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 4】

時間 T にわたる前記媒体への特定の電場の印加が、該媒体をその両極端の光学状態の間を切り替えるために十分である場合、該特定の電場の印加の、 $0.9T \sim 1.1T$ の範囲内での時間の変動が、該電気泳動媒体のいずれの極端な状態の光学特性も、 L^* の 2 単位

20

より大きくは変化させない、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 5】

前記特定の電場の印加の、 $0.8\text{ T} \sim 1.2\text{ T}$ の範囲内での時間の変動が、前記電気泳動媒体のいずれの極端な状態の光学特性も、 L^* の 2 単位より大きくは変化させない、請求項 4 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 6】

前記電気泳動媒体が、単一の型の電気泳動粒子を、着色された懸濁流体中に含有する、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 7】

前記電気泳動媒体が、第一の光学特性および第一の電気泳動移動度を有する第一の型の電気泳動粒子、ならびに該第一の光学特性とは異なる第二の光学特性、および該第一の電気泳動移動度とは異なる第二の電気泳動移動度を有する第二の型の電気泳動粒子を含有する、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

10

【請求項 8】

前記懸濁流体が着色されていない、請求項 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 9】

前記電気泳動粒子および前記懸濁流体が、キャリア媒体内に形成された複数の空洞内に保持されている、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 10】

前記電気泳動粒子および前記懸濁流体が、複数のカプセル内に保持されている、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

20

【請求項 11】

前記電気泳動粒子が、チタニアを含有する、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 12】

前記電気泳動粒子が、カーボンブラックまたは亜クロム酸銅から形成された、暗色に着色された粒子をさらに含有し、該暗色に着色された粒子が、カーボンブラックまたは亜クロム酸銅から形成され、そして前記チタニア粒子の電気泳動移動度とは異なる電気泳動移動度を有する、請求項 11 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 13】

前記内部相における電気泳動粒子の体積分率が、 $3 \sim 40\%$ である、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

30

【請求項 14】

前記内部相における電気泳動粒子の体積分率が、 $6 \sim 18\%$ である、請求項 13 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 15】

前記電気泳動媒体が、 $10\text{ }\mu\text{m}$ と $30\text{ }\mu\text{m}$ との間の内部相高さ、および 3% と 15% との間の電気泳動粒子の体積分率を有する、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 16】

前記電気泳動媒体が、 $12\text{ }\mu\text{m}$ と $25\text{ }\mu\text{m}$ との間の内部相高さ、および 5% と 12% との間の電気泳動粒子の体積分率を有する、請求項 15 に記載の電気泳動ディスプレイ。

40

【請求項 17】

前記内部相の粘度が、 $5\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 未満である、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 18】

前記内部相の粘度が、 $1\text{ mPa}\cdot\text{s}$ より大きい、請求項 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 19】

請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイであって、前記電気泳動媒体に隣接して配置され、そして該電気泳動媒体に電場を印加するように配置された少なくとも 1 つの電極を備える、電気泳動ディスプレイ。

50

【請求項 2 0】

第一の光学状態および第二の光学状態を有し、該第一の光学状態において、前記ディスプレイは、1つの型の電気泳動粒子の光学特徴を表示し、そして該第二の光学状態において、該電気泳動媒体が光透過性である、請求項 1 9 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 2 1】

前記光透過性の光学状態において、前記電気泳動粒子が、各微小空洞の断面積の小さい部分に閉じ込められる、請求項 2 0 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 2 2】

複数のピクセル電極を備える背面板、および色フィルタまたは反射器を備え、該色フィルタまたは反射器は、該背面板と前記電気泳動媒体との間に配置されている、請求項 2 0 に記載の電気泳動ディスプレイ。

10

【請求項 2 3】

電気泳動ディスプレイであって、該電気泳動ディスプレイは、内部相を含む少なくとも1つの微小空洞を規定する壁を有する、電気泳動媒体を備え、該内部相は、少なくとも1つの型の、複数の電気泳動粒子を含み、該電気泳動粒子は、懸濁流体中に懸濁しており、そして該電気泳動媒体への電場の印加の際に、該懸濁流体を通して移動し得、該媒体は、特定の電場が、該媒体に、該媒体をその両極端の光学的状態の間で切り替えるために十分な時間 T にわたって印加される場合に、 $0.9T \sim 1.1T$ の範囲内での該特定の電場の印加の時間の変動が、該電気泳動媒体のいずれの極端な状態の光学特性も、 L^* の2単位より大きくは変化させないことを特徴とする、電気泳動ディスプレイ。

20

【請求項 2 4】

$0.8T \sim 1.2T$ の範囲内の前記特定の電場の印加の時間の変動が、該電気泳動媒体のいずれの極端な状態の光学特性も、 L^* の2単位より大きくは変化させない、請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 2 5】

前記電気泳動媒体が、単一の型の電気泳動粒子を、有色懸濁流体中に含む、請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 2 6】

前記電気泳動媒体が、第一の光学特徴および第一の電気泳動移動度を有する第一の型の電気泳動粒子、ならびに該第一の光学特性とは異なる第二の光学特性、および該第一の電気泳動移動度とは異なる第二の電気泳動移動度を有する第二の型の電気泳動粒子を含む、請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイ。

30

【請求項 2 7】

前記懸濁流体が、着色されていない、請求項 2 6 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 2 8】

前記電気泳動粒子および前記懸濁流体が、キャリア媒体内に形成された複数の空洞内に保持されている、請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 2 9】

前記電気泳動粒子および前記懸濁流体が、複数のカプセル内に保持されている、請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイ。

40

【請求項 3 0】

前記電気泳動粒子が、チタニアを含む、請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 3 1】

前記電気泳動粒子が、カーボンブラックまたは亜クロム酸銅から形成された暗色の有色粒子をさらに含み、カーボンブラックまたは亜クロム酸銅から形成された該暗色の有色粒子が、前記チタニア粒子の電気泳動移動度とは異なる電気泳動移動度を有する、請求項 3 0 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 3 2】

前記電気泳動粒子の、前記内部相における体積分率が、3% ~ 40% である、請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイ。

50

【請求項 3 3】

前記電気泳動粒子の、前記内部相における体積分率が、6 % ~ 1 8 %である、請求項 3 2 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 3 4】

前記内部相の粘度が、5 m P a 秒未満である、請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 3 5】

前記内部相の粘度が、1 m P a 秒より大きい、請求項 3 4 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 3 6】

請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイであって、該電気泳動ディスプレイが、少なくとも 1 つの電極を備え、該少なくとも 1 つの電極は、前記電気泳動媒体に隣接して配置され、そして該電気泳動媒体に電場を印加するように配置されている、電気泳動ディスプレイ。

【請求項 3 7】

第一の光学状態および第二の光学状態を有し、該第一の光学状態において、前記ディスプレイは、1 つの型の電気泳動粒子の光学特徴を表示し、そして該第二の光学状態において、該電気泳動媒体は、光透過性である、請求項 3 6 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 3 8】

前記光透過性の光学状態において、前記電気泳動粒子が、各微小空洞の断面積の小さい部分に閉じ込められる、請求項 3 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 3 9】

複数のピクセル電極を備える背面板、および色フィルタまたは反射器を備え、該色フィルタまたは反射器は、該背面板と前記電気泳動媒体との間に配置されている、請求項 3 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、制御された量の顔料を含有する、電気泳動ディスプレイに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

粒子に基づく電気泳動ディスプレイは、多年にわたって、熱心な研究および開発の主題であった。この型のディスプレイにおいて、複数の荷電粒子が、電場の影響下で、懸濁流体を通して移動する。電気泳動ディスプレイは、液晶ディスプレイと比較される場合、良好な輝度およびコントラスト、広い視角、安定な双安定性、ならびに低い電力消費という特質を有し得る（用語「双安定」および「双安定性」は、本明細書中で、当該分野におけるそれらの従来の意味で使用され、少なくとも 1 つの光学特性が異なる第一の表示状態および第二の表示状態を有し、その結果、任意の所定の要素が、有限の持続時間のアドレッシングパルスによって駆動された後に、その第一の表示状態または第二の表示状態のいずれかを呈するために、このアドレッシングパルスが停止された後に、その状態が、このディスプレイ要素の状態を変化させるために必要なアドレッシングパルスの最小持続時間の少なくとも数倍（例えば、少なくとも 4 倍）持続するディスプレイ要素を備えるディスプレイをいう）。それにもかかわらず、これらのディスプレイの長期間の画像の品質に伴う問題は、これらのディスプレイの広範な利用を妨げてきた。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についての不十分な有効期間を生じる。

【0 0 0 3】

Massachusetts Institute of Technology (MIT) および E Ink Corporation に譲渡されたか、またはその名義である、カプセル化された電気泳動媒体を記載する多数の特許および出願が、最近公開された

10

20

30

40

50

。このようなカプセル化された媒体は、多数の小さいカプセルを含有する内部相を含み、これらの内部相の各々自体が、液体懸濁媒体中に懸濁された電気泳動移動性粒子を含有し、そしてカプセル壁が、この内部相を囲んでいる。代表的に、これらのカプセルは、これら自体が、ポリマーバインダー内に保持されて、2つの電極の間に位置決めされる平行な層を形成する。この型のカプセル化された媒体は、例えば、

【 0 0 0 4 】

【 表 1 】

米国特許番号 5,930,026;

5,961,804; 6,017,584; 6,067,185; 6,118,426; 6,120,588; 6,120,839; 6,124,851;
6,130,773; 6,130,774; 6,172,798; 6,177,921; 6,232,950; 6,249,721; 6,252,564;
6,262,706; 6,262,833; 6,300,932; 6,312,304; 6,312,971; 6,323,989; 6,327,072;
6,376,828; 6,377,387; 6,392,785; 6,392,786; 6,413,790; 6,422,687; 6,445,374;
6,445,489; 6,459,418; 6,473,072; 6,480,182; 6,498,114; 6,504,524; 6,506,438;
6,512,354; 6,515,649; 6,518,949; 6,521,489; 6,531,997; 6,535,197; 6,538,801;
6,545,291; 6,580,545; 6,639,578; 6,652,075; 6,657,772; 6,664,944; 6,680,725;
6,683,333; 6,704,133; 6,710,540; 6,721,083; 6,724,519; および 6,727,881;

10

20

ならびに米国特許出願番号 2002/0019081; 2002/0021270;

2002/0060321; 2002/0063661; 2002/0090980; 2002/0113770; 2002/0130832;
2002/0131147; 2002/0171910; 2002/0180687; 2002/0180688; 2002/0185378;
2003/0011560; 2003/0011868; 2003/0020844; 2003/0025855; 2003/0038755;
2003/0053189; 2003/0102858; 2003/0132908; 2003/0137521; 2003/0137717;
2003/0151702; 2003/0214695; 2003/0214697; 2003/0222315; 2004/0008398;
2004/0012839; 2004/0014265; および 2004/0027327; ならびに国際出願公開番号

30

WO 99/67678; WO 00/05704; WO 00/26761; WO00/36560; WO

00/38000; WO 00/38001; WO 00/67110; WO 00/67327; WO 01/07961; WO

01/08241; WO 03/107,315; WO 04/017135; WO 04/023195; および WO 04/023202

に記載されている。

【 0 0 0 5 】

上記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中の不連続な微小カプセルを囲む壁が、連続層で置き換えられ得、これによって、いわゆる「ポリマーに分散された電気泳動ディスプレイ」を作製することを認識する。このディスプレイにおいて、電気泳動媒体は、電気泳動流体の複数の不連続な液滴、およびポリマー材料の連続層を含む。このようなポリマーに分散された電気泳動ディスプレイ内の電気泳動流体の不連続な液滴は、各個々の液滴に不連続なカプセル膜が付随していないにもかかわらず、カプセルまたは微小カプセルとみなされ得ることが、理解される。例えば、上記 2 0 0 2 / 0 1 3 1 1 4 7 を参照のこと。従って、本発明の目的で、このようなポリマーに分散された電気泳動媒体は、カプセル化された電気泳動媒体の下位概念とみなされる。

40

【 0 0 0 6 】

カプセル化された電気泳動ディスプレイは、代表的に、伝統的な電気泳動デバイスのクラスター化および沈降の失敗モードに悩まされず、そしてさらなる利点（例えば、このディスプレイを、広範な種々の可撓性基材および剛性基材に印刷またはコーティングする能

50

力)を提供する(用語「印刷」の使用は、印刷およびコーティングの全ての形態を包含することが意図され、そして予め軽量されたコーティング(例えば、バッチ代コーティング、スロットコーティングもしくは押し出しコーティング、スライドコーティングもしくはカスケードコーティング、カーテンコーティング);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、前方および逆方向でのロールコーティング);重力コーティング;浸漬コーティング;シルクスクリーン印刷プロセス;静電印刷プロセス;熱印刷プロセス;インクジェット印刷プロセス;ならびに他の類似の技術が挙げられるが、これらに限定されない)。従って、得られるディスプレイは、可撓性であり得る。さらに、ディスプレイ媒体は、(種々の方法を使用して)印刷され得るので、このディスプレイ自体が、安価に作製され得る。

10

【0007】

関連する型の電気泳動ディスプレイは、いわゆる「微小セル電気泳動ディスプレイ」であり、時々、「微小カップ電気泳動ディスプレイ」と称される。微小セル電気泳動ディスプレイにおいて、荷電粒子および懸濁流体は、カプセル内にカプセル化されず、その代わりに、キャリア媒体(代表的に、ポリマーフィルム)内に形成された複数の空洞内に保持される。例えば、国際出願公開番号WO 02/01281、および米国特許出願公開番号2002/0075556(両方が、Sipix Imaging, Inc.に譲渡された)を参照のこと。

【0008】

本明細書中以下で、用語「微小空洞電気泳動ディスプレイ」は、カプセル化された電気泳動ディスプレイと、微小セル電気泳動ディスプレイとの両方を網羅するように使用される。

20

【0009】

公知の微小空洞電気泳動ディスプレイは、2つの主要な型に分割され、本明細書中以下で、好都合なように、それぞれ、「単一粒子」および「二重粒子」と称される。単一粒子媒体は、1つの型の電気泳動流体のみが、着色された媒体に懸濁されており、この媒体の少なくとも1つの光学的特徴が、これらの粒子の特徴と異なる(単一の型の粒子を言う際に、全ての粒子の型が絶対的に同一であることを示唆しない。例えば、全ての粒子の型が、実質的に同じ光学的特徴および同じ極の電荷を保有する場合、パラメータ(例えば、粒子サイズおよび電気泳動移動度)のかなりの変動が、媒体の有用性に影響を与えることなく許容され得る)。光学的特徴は、代表的に、ヒトの目に見える色であるが、代替的に、またはさらに、反射性、逆反射性、発光、蛍光、りん光、または不可視波長における吸収もしくは反射の差を意味するより広い意味での色のうちの、任意の1つ以上であり得る。このような媒体が1対の電極(これらの電極のうちの少なくとも1つは、透明である)の間に配置される場合、これらの2つの電極の相対電位に依存して、この媒体は、その粒子の光学的特徴(粒子が観察者に近い方の電極(本明細書中以下で、「前」電極と称される)に隣接する場合)、または懸濁媒体の光学的特徴(粒子が観察者から離れた方の電極(本明細書中以下で、「後」電極と称される)に隣接し、その結果、これらの粒子が、着色された懸濁媒体によって隠される場合)を表示し得る。

30

【0010】

二重粒子媒体は、少なくとも1つの光学的特徴が異なる2つの異なる型の粒子、および懸濁流体(この懸濁流体は、着色されていなくてもされていてもよいが、代表的に、着色されていない)を有する。これらの2つの型の粒子は、電気泳動移動度が異なる;この移動度の差は、極性および/または大きさの差であり得る(極性が異なる型は、本明細書中以下で、「逆電荷の二重粒子」媒体と称され得る)。このような二重粒子の媒体が、上述の電極の対の間に配置される場合、これらの2つの電極の相対電位に依存して、この媒体は、いずれかのセットの粒子の光学的特徴を表示し得るが、これが達成される正確な様式は、移動度の差が極性にあるのか大きさのみにあるのかに依存して、異なる。説明を簡単にするために、1つの型の粒子が黒色であり、そして他の型が白色である、電気泳動媒体を考える。これらの2つの型の粒子が、極性が異なる場合(例えば、黒色の粒子が正に荷

40

50

電し、そして白色の粒子が負に荷電している場合)、これらの粒子は、2つの異なる電極に引き付けられ、その結果、例えば、前電極が後電極に対して正である場合、黒色の粒子は、前電極に引き付けられ、そして白色の粒子は、後電極に引き付けられ、その結果、その媒体は、観察者には黒色に見える。逆に、前電極が後電極に対して正である場合、白色の粒子は、前電極に引き付けられ、そして黒色の粒子は、後電極に引き付けられ、その結果、その媒体は、観察者には白色に見える。

【0011】

これらの2つの粒子が同じ極性の電荷を有するが、電気泳動移動度が異なる場合(この型の媒体は、本明細書中以下で、「同極性の二重粒子」媒体と称される)、両方の型の粒子が、同じ電極に引き付けられるが、1つの型が、他方のより前にその電極に達し、その結果、観察者に面する型が、これらの粒子が引き付けられる電極に依存して異なる。例えば、前述の説明が、黒色の粒子と白色の粒子との両方が正に荷電しているが、黒色の粒子が、より高い電気泳動移動度を有するように改変されると仮定する。ここで、前電極が後電極に対して負である場合、黒色の粒子と白色の粒子との両方が、前電極に引き付けられるが、黒色の粒子は、そのより高い移動度に起因して、先にこの前電極に達し、その結果、黒色粒子の層が、この前電極をコーティングし、そしてこの媒体は、観察者には黒色に見える。逆に、この前電極が後電極に対して正である場合、黒色の粒子と白色の粒子との両方が、後電極に引き付けられるが、黒色の粒子は、そのより高い移動度に起因して、この後電極に先に達し、その結果、黒色の粒子の層が、この後電極をコーティングし、白色の粒子の層を、この後電極から離れた位置に残し、そして観察者に面させ、その結果、この媒体は、この観察者には白色に見える:この型の二重粒子媒体は、懸濁流体が、後電極から離れた白色粒子の層が観察者に容易に見えることを可能にするように、十分に透明である必要があることに留意のこと。代表的に、このようなディスプレイにおける懸濁流体は、全く着色されず、いくらかの色が、この流体を通して見られる白色粒子のあらゆる望ましくない色合いを補正する目的で、組み込まれ得る。

【0012】

前述の、E InkおよびMITの特許および出願の特定のものは、2つより多くの型の電気泳動粒子を、単一のカプセル内に有する電気泳動媒体を記載する。本願の目的で、このような多粒子媒体は、二重粒子媒体のサブクラスとみなされる。

【0013】

単一粒子電気泳動ディスプレイと二重粒子電気泳動ディスプレイとの両方が、すでに記載された極端の光学状態の中間の光学的特徴を有する、中間の灰色状態が可能である。

【0014】

微小空洞電気泳動ディスプレイは、任意の適切な形状の微小空洞を有し得る;例えば、上述のE InkおよびMITの特許および出願のうちのいくつか(特に、米国特許第6,067,185号および同第6,392,785号を参照のこと)は、もともとは球状のカプセルが平坦化され、その結果、これらのカプセルが実質的に扁円の楕円の形状を有する、カプセル化された電気泳動ディスプレイを記載する。このような扁円の楕円形カプセルの多数が、基板上に堆積する場合、これらのカプセルが密に充填された状態に達するまで、これらのカプセルの壁が互いに接触し、この状態で、隣接するカプセルの壁が互いに対して平坦化され、その結果、これらのカプセルが、実質的に多角形の角柱の形状を呈する。理論的には、カプセルの密に充填された層において、個々のカプセルは、六角柱の形状を有し、そして実際に、いくつかのカプセル化された電気泳動媒体の顕微鏡写真は、この状態への近い接近を示す。しかし、より代表的には、個々のカプセルは、実質的に不規則な多角形の角柱の形状を有する。ポリマーに分散された、カプセル化された電気泳動媒体においては、もちろん、個々のカプセルは存在せず、内部相の液滴が、すでに議論されたカプセル形状と類所の形状を呈し得る。

【0015】

従って、微小空洞電気泳動ディスプレイにおける微小空洞は、不規則であり得る。以下の議論は、X軸およびY軸を有するとみなされる面内にかなりの寸法を有し、そしてこの

10

20

30

40

50

面に対して垂直に、より小さい寸法（この寸法は、Z軸と示される）を有する層状フィルム内の微小空洞を考慮する。この微小空洞の、Z軸に沿った平均内部高さは、この微小空洞の「内部相高さ」または「IP高さ」と示される。この微小空洞の、カプセル壁または空洞壁を除いた、XY面に平行な平均面積（Z軸に沿って平均される）は、「IP面積」と示され、一方で、カプセル壁または空洞壁を含めた対応する平均面積は、「カプセル面積」と示される。微小空洞のXY面に平行な、任意の高さにおける、カプセル壁または空洞壁を除いた最大直径は、「IP直径」と示され、一方で、カプセル壁または空洞壁を含めた、対応する平均直径は、「カプセル直径」と示される。

【0016】

電気泳動ディスプレイまたは他の電子光学ディスプレイの光学的性能を最適化するためには、ディスプレイ面積の活性部分（すなわち、このディスプレイ面積のうちの、この電気光学媒体に電場が印加される場合に光学状態を変化させ得る部分）を最大にすることが望ましいことが、長い間公知である。このディスプレイの不活性領域（例えば、液晶ディスプレイにおいてしばしば使用される、黒色マスク、および微小空洞電気泳動ディスプレイにおいてカプセルまたは微小空洞の壁によって占有される領域）は、電場が印加される場合に光学状態を変化させず、従って、このディスプレイの極端の光学状態の間のコントラストを低下させる。しかし、刊行された文献において、電気泳動ディスプレイの光学性能、および特に、この電気泳動媒体において必要とされる顔料の量に影響を与える他のパラメータに関する比較的小さな問題が存在する。これは、部分的には、これらの文献において議論されるほとんどの電気泳動ディスプレイが、単一粒子の電気泳動ディスプレイであり、そしてこのようなディスプレイにおいて、電気泳動媒体の厚さに対する限定因子が、通常、懸濁流体中の染料の光学密度であり、そして存在する顔料の量ではないという事実起因し得る。このことは、二重粒子の電気泳動ディスプレイの場合には、事実ではなく、そしてほとんどの従来技術の電気泳動ディスプレイにおいて使用される染料より高い光学密度を有する染料を使用する単一粒子のディスプレイの場合には、事実ではないかもしれない。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0017】

電気泳動ディスプレイの光学性能は、その電気泳動媒体中に存在する顔料の量の変動、その媒体のIP高さ、および内部相の顔料負荷（すなわち、内部相の体積の、顔料からなる割合）によって、かなり影響を受けることが、現在見出され、そして本発明は、これらの種々のパラメータの間の関係が、電気泳動媒体およびディスプレイの光学性能を改善し、そして望ましくは最適化するように制御される、電気泳動媒体およびディスプレイに関する。

【0018】

従って、本発明は、少なくとも1つの微小空洞を規定する壁を有する電気泳動媒体を提供し、この微小空洞は、内部相を含み、この内部相は、少なくとも1つの型の複数の電気泳動粒子を含み、これらの電気泳動粒子は、懸濁流体中に懸濁しており、そしてこの電気泳動媒体への電場の印加の際に、この流体を通して移動し得、この少なくとも1つの微小空洞の平均高さは、内部相における電気泳動粒子の体積部分で除算された、電気泳動粒子の飽和粒子厚さより約5 μm より大きくは異ならない。

【0019】

微小空洞内の電気泳動粒子の「飽和粒子厚さ」との用語は、本明細書中で、この媒体への、時間Tにわたる特定の電場の印加が、この電気泳動媒体を極端の光学状態の間で切り替えるために十分である場合に、この特定の電場の印加の時間の、0.95 ~ 1.05 Tの範囲内での変動が、この電気泳動媒体のいずれかの極端な状態の光学特性を、 L^* の2単位より大きくは変化させないためにちょうど十分な電気泳動粒子を含む内部相を使用して、微小空洞のIP面積にわたって形成される、粒子の層の厚さを表すために使用される。ここで、 L^* は、通常のCIE定義を有する。この飽和粒子厚さは、充填因子を考慮せ

ずに計算される；換言すれば、飽和粒子厚さは、電気泳動粒子が、この領域にわたって、空隙なしで完全に中実の層を形成する場合に、IP領域にわたって形成される層の、仮定の厚さである。例えば、電気泳動媒体が $50\text{ }\mu\text{m}$ のIP高さを有し、そして10体積%の電気泳動粒子を含む場合、その飽和粒子厚さは、 $5\text{ }\mu\text{m}$ である。多粒子層の充填に馴染み深い当業者に容易に明らかであるように、この厚さは、全ての粒子が微小空洞の一端の表面に駆動される場合に形成される粒子の層の、実際の厚さには対応しない。なぜなら、必然的に、この粒子の層は、かなりの体積部分の空隙を含むからである。単純化の目的で、電気泳動媒体が、本質的に密に充填された層を形成する、本質的に均一な直径の球状粒子を含むとする。密に充填された均一な球についての充填割合は、およそ 0.68 であるので、微小空洞の1端の表面に形成される層の実際の厚さは、約 $5 / 0.68\text{ }\mu\text{m}$ 、すなわち $7.4\text{ }\mu\text{m}$ である。

10

【0020】

本発明の好ましい形態において、この特定の電場の印加の時間の、 $0.9 \sim 1.1\text{ T}$ の範囲内での変動は、この電気泳動媒体のいずれかの極端な状態の光学特性を、 L^* の2単位より大きくは変化させず、そして本発明の特に好ましい形態において、この特定の電場の印加の時間の、 $0.8 \sim 1.2\text{ T}$ の範囲内での変動は、この電気泳動媒体のいずれかの極端な状態の光学特性を、 L^* の2単位より大きくは変化させない。

【0021】

飽和粒子厚さは、代表的に、約 $1\text{ }\mu\text{m}$ と約 $5\text{ }\mu\text{m}$ との間であり、そして望ましくは、約 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ と約 $2.5\text{ }\mu\text{m}$ との間である。電気泳動粒子の、内部相における体積割合（すなわち、電気泳動粒子によって占有される、内部相の体積の割合）は、代表的に、 $3 \sim 40\%$ であり、そして望ましくは、 $6 \sim 18\%$ の範囲である。

20

【0022】

本発明の電気泳動媒体は、上に記載された型の任意のものであり得る。従って、この電気泳動媒体は、単一の型の電気泳動粒子を、着色された懸濁流体中に含む、単一粒子媒体であり得る。あるいは、この電気泳動媒体は、第一の光学的特徴および第一の電気泳動移動度を有する、第一の型の電気泳動粒子、ならびに第一の光学的特徴とは異なる第二の光学特徴、および第一の電気泳動移動度とは異なる第二の電気泳動移動度を有する、第二の型の電気泳動粒子を含む、二重粒子媒体であり得る。この電気泳動媒体は、微小セルの型のものであり得、ここで、電気泳動粒子および懸濁流体は、キャリア媒体内に形成された複数の空洞内に保持される。あるいは、この電気泳動媒体は、カプセル化された電気泳動媒体であり得、ここで、電気泳動粒子および懸濁流体は、複数のカプセル内に保持される。

30

【0023】

本発明が特に有用であり得るディスプレイの1つの型は、いわゆる「シャッターモード」微小空洞ディスプレイである。シャッターモード微小空洞ディスプレイは、「不透明な」光学状態および第二の光学状態を有する微小空洞ディスプレイであり、この不透明な光学状態において、このディスプレイ（またはその任意の所定のピクセル）が、電気泳動粒子の色または他の光学特徴を表示し、そしてこの第二の光学状態において、電気泳動媒体またはそのピクセルは、光透過性である。このようなシャッターモードディスプレイは、単一粒子の型であっても二重粒子の型であってもよく、そして2つより多くの特定の光学状態を有し得る；例えば、黒色の電気泳動粒子および白色の電気泳動粒子を使用する、二重粒子のシャッターモードディスプレイは、黒色の不透明状態、白色の不透明状態、および光透過性状態を有し得る。シャッターモードディスプレイの光透過性状態は、代表的に、電気泳動粒子を、各微小空洞の断面積に小さい部分に閉じ込め、これによって、光に、この断面積の大きい割合を自由に通過させることによって生じる。電気泳動粒子を、この断面積の小さい割合に閉じ込めることは、成形された微小空洞を使用することによってか（例えば、上述の米国特許第6,130,774号および同第6,172,798号を参照のこと）、電極を微小空洞に対して特定の位置に配置することによってか（例えば、上述の2002/0180688および日本国公開特許公報2002-174828および

40

50

同 2001-356374 を参照のこと)、または電気泳動粒子の電気泳動による駆動によって(例えば、同時係属中の、2003年10月16日に出願された、出願番号10/687,166を参照のこと)、実施され得る。

【0024】

シャッターモードディスプレイの第二の光学状態は、上で「光透過性」といわれたが、シャッターモードディスプレイは、着色された反射器または着色されていない反射器を、微小空洞媒体に隣接して、この媒体の、通常は観察者とは反対の側(この反対側の表面は、本明細書中以下で、好都合なために、微小空洞媒体の「後表面」と称される)に組み込み得、その結果、(例えば、上述の同時係属中の出願番号10/687,166に記載されるように)このディスプレイの光透過性光学状態は、実際に、反射器の色(もしあれば)を表示する。具体的には、有色微小空洞ディスプレイの有利な形態は、複数のピクセル電極を有するバックプレーンを提供して、色フィルタまたは反射器をこのバックプレーン上に形成し、次いで、シャッターモード微小空洞媒体の層を、この色フィルタまたは反射器上に形成することによって、形成され得る。微小セル媒体は、光リソグラフィ技術によって、色フィルタの上にフォトレジストの層を形成し、そして従来の様式で露光および現像して、複数の微小セルを分離するセル壁を形成することによって、形成され得る。あるいは、層(代表的には、ポリマー層)が、色フィルタの上に提供され得、そして微小空洞が、この層の中に機械的に形成されるか、または微小空洞を予め形成された層が、色フィルタ上に提供される。いずれの場合においても、形成される微小空洞は、電気泳動混合物(電気泳動粒子および懸濁流体)を満たされ得、そして密封され得る。

【0025】

その製造のために使用される正確な方法および使用される電気泳動媒体の正確な型にかかわらず、この型の有色シャッターモードディスプレイは、ピクセル電極に対する色フィルタの位置が単純化されるという利点を有する。なぜなら、ピクセル電極が、このフィルタの形成または取り付けの間に、容易に見えるからである。そしてより重要なことには、ピクセル電極に隣接する色フィルタの位置決めが、バックプレーンから実質的に分離される色フィルタ(例えば、電気泳動媒体の、バックプレーンとは反対側の色フィルタ)が軸からずれて見られる場合に視差に起因して起こり得る可視のアーティファクトを回避するという利点を有する。

【0026】

このようなシャッターモードの微小空洞ディスプレイに付随する1つの問題は、良好なコントラスト比を確実にすることである。なぜなら、このようなシャッターモードディスプレイの光透過性光学状態においてさえも、電気泳動粒子によって占有される各微小空洞の小さい割合は、依然として、これらの粒子の色(または二重粒子ディスプレイの場合、関連する色の混合物)を表示し、そして電気泳動粒子の色のこの連続的な表示は、コントラスト比を低下させるからである。本発明は、微小空洞ディスプレイにおいて必要とされる電気泳動粒子の量を制御することを可能にし、これによって、このディスプレイの光透過性状態において電気泳動粒子によって占有される各微小空洞の割合を最小にし、そしてコントラスト比を最大にし、一方で、依然として、このディスプレイの第一の光学状態における良好な光学特性を確実にするために十分な電気泳動粒子を提供する。

【0027】

本発明の電気泳動媒体において使用するための好ましい白色電気泳動粒子は、チタニア(TiO_2)を含有する。この電気泳動媒体が、二重粒子の型のものである場合、この媒体は、カーボンブラックまたは亜クロム酸銅から形成される、暗色の有色粒子をさらに供え、この暗色の有色粒子は、カーボンブラックまたは亜クロム酸銅から形成され、そしてチタニア粒子の電気泳動移動度とは異なる電気泳動移動度を有する。

【0028】

本発明の有用な実施形態は、約10 μm と約30 μm との間のIP高さ、および約3%と約15%との間の電気泳動粒子の体積分率を有し得る。好ましい実施形態は、約12 μm と約25 μm との間のIP高さ、および約5%と約12%との間の電気泳動粒子の体積

分率を有する。内部相の粘度は、代表的に、約 5 m P a 秒未満であり、そして代表的には、約 1 m P a 秒より大きい。

【 0 0 2 9 】

本発明は、本発明の電気泳動媒体、およびこの電気泳動媒体に隣接して配置され、かつ電場を印加するように配置された、少なくとも 1 つの電極を備える電気泳動ディスプレイまで広がる。代表的に、このような電気泳動ディスプレイは、電気泳動媒体に電場を印加するように配置された複数の電極を有する、後電極構造体を有する。

【 0 0 3 0 】

別の局面において、本発明は、電気泳動ディスプレイにおいて使用することを意図された電気泳動懸濁物を提供し、この懸濁物は、約 5 重量 % より多くの白色粒子を含有し、この懸濁物は、約 2 m P a 秒 ~ 約 7 m P a 秒の粘度を有する。

10

【 0 0 3 1 】

本発明のこの電気泳動懸濁物は、すでに記載されたような、本発明の電気泳動媒体の好ましい特徴のいずれかを含み得る。

【 0 0 3 2 】

すでに示されたように、微小空洞電気泳動ディスプレイにおいて、2 つの主要な変数 (すなわち、電気泳動粒子の標準粒子厚さ (すなわち、十分な光学状態を達成するための、各顔料の最小厚さ) およびこのディスプレイの内部相中のその顔料の体積分率) に関する、最適な I P 高さが存在することが見出された。

【 0 0 3 3 】

20

一見して、電気泳動ディスプレイにおける「十分な光学状態」は、単に、任意の所定の適用のために使用される顔料の所望の光学特性によって変化することが、明らかであり得る。しかし、電気泳動媒体が十分な顔料を含まない場合、その媒体の光学特性は、不利に影響を受け得ることが見出された; 例えば、電気泳動媒体が、不十分な白色顔料を含有する場合、この媒体の白色状態の反射率は、より多くの白色顔料を含む類似の媒体の同じ状態より低くあり得る。

【 0 0 3 4 】

種々の技術的理由により、電気泳動媒体を、良好な光学特性と一致させて、可能な限り薄く維持することが、非常に望ましい。電気泳動粒子が移動する速度は、電場の強度によって決定され、そして電気泳動ディスプレイにおける電場の強度は、(他の全ての因子が等しい場合に) 電極間の距離で除算した、これらの電極間に印加される電圧に比例するので、作動電圧を可能な限り低く維持し、そしてこのディスプレイを駆動するために必要とされる電気回路の費用および複雑さを最小にする目的で、この距離を最小に維持すること (すなわち、電気泳動媒体を可能な限り薄く維持すること) が、一般的に望ましい。低い作動電圧は、(特に、可搬型のバッテリー駆動式デバイスにおいて) ディスプレイによって消費されるエネルギーを減少させるために望ましい。また、電気泳動媒体を可能な限り薄くすることによって、ディスプレイの極端な光学状態の間でこのディスプレイを切り替える間に、電気泳動粒子が移動する必要がある距離が減少し、従って、一定の電場において、このディスプレイの切り替え速度が増加する。また、特定の用途において、電気泳動ディスプレイは、これらが可撓性にされ得、そして薄い電気泳動媒体を用いて可撓性ディスプレイを製造することがより容易であるので、魅力的である。従って、一見して、電気泳動ディスプレイは、最小の I P 高さおよび内部層における顔料の高い体積分率を有し、これによって、顔料が見える場合に、最適な光学状態を確実にするために十分な顔料を提供するべきであることが、明らかであり得る。

30

40

【 0 0 3 5 】

しかし、いくらかの対抗する問題が存在する。増加した顔料は、代表的に、内部相のより高い粘度を生じ、そしてこのより高い粘度は、電気泳動粒子の速度を低下させ、そして所定の印加電場に対して、このディスプレイの切り替え速度を遅くする。

【 0 0 3 6 】

従って、顔料、懸濁流体、作動電圧および所望の切り替え時間の任意の特定の組み合わせ

50

せについての、電気泳動媒体の最適な処方は、複雑な問題である。その状況は、印加電圧と電気泳動ディスプレイにおける光学状態との間の複雑な関係によって、さらに複雑にされる。上述の2003/0137521ならびに他のいくつかの上述のE InkおよびMITの特許および出願において議論されるように、電気泳動媒体は、(液晶ディスプレイが働くように)単なる電圧変換器として働かず、むしろ、第一近似として、インパルス変換器として働き、その結果、ピクセルの最終状態は、印加電場に依存するのみでなく、電場の印加の前のピクセルの状態にもまた依存する。この型の挙動は、おそらく均一な色の領域をディスプレイ上に作製することが望ましい場合、重大な複雑さを引き起こし得る。例えば、照射ありまたはなしで、白色の背景上の黒色の文章を読む際に使用することを意図された、白黒のディスプレイを考える。このようなディスプレイが再度書き込まれる場合(すなわち、新たなページが表示される場合)、電気泳動媒体処方物と使用されるスキームとの両方が、注意深く選択されない限り、おそらく均一な白色背景における多数のピクセルの光学状態の間に、小さい変動が存在し得、そしてヒトの目は、おそらく均一な領域におけるこのような光学状態の小さい変動に非常に感受性である。なぜなら、特に、読者は、印刷されたページ上の非常に均一な白色の背景に慣れているからである。

10

【0037】

本発明によれば、微小空洞電気泳動媒体からの良好な光学性能を確実にするために、これらの微小空洞の平均高さを、飽和粒子厚さ(上で定義されるような)および電気泳動媒体の内部相における電気泳動粒子の体積分率に相関付けることが重要であることが見出された。微小空洞電気泳動媒体に対して、最適なIP高さが存在することが、見出された。顔料の飽和厚さがTであり、そして内部層におけるこの顔料の体積分率がFである場合、最適なIP高さは、 T/F であり、そして実際に、実際のIP高さが、この最適値から約 $5\mu m$ 異ならないことが望ましい。電気泳動媒体が、2つ以上の顔料を含有する場合、 T/F の値は、各顔料について別個に計算されるべきであり、そして最適なIP高さは、得られる値の最大のものに設定されるべきである。

20

【0038】

1つより多くの型の電気泳動粒子を含む電気泳動媒体において、各型の粒子は、その独自の飽和粒子厚さを有することが、容易に明らかである。単一粒子の電気泳動媒体は、代表的に、染色された懸濁流体中に白色顔料を含有し、一方で、二重粒子の電気泳動媒体は、代表的に、未着色の懸濁流体中に、白色粒子および黒色粒子を含有する。しかし、両方の場合において、重大な飽和粒子厚さは、通常、白色粒子の飽和粒子厚さである。なぜなら、白色粒子は光を散乱し、一方で、黒色粒子は光を吸収するからであり、そして、光を散乱するために必要とされる顔料の厚さは、光を吸収するために必要とされる厚さより大きいからである。

30

【0039】

電気泳動媒体中の微小空洞が、この最適 T/F 値よりかなり大きいIP高さを有する場合、ディスプレイ性能が低下することが、見出された。1つの理由は、微小空洞の壁に達するために顔料が移動しなければならない距離が、より大きいことである。第二の理由は、内部相にわたる所定の電場について、電場の強度が低下することである。低い電場強度は、粒子の速度を低下させる。さらに、逆の電荷の粒子が凝集する傾向があり得る多顔料系において、低い電場強度は、分離される凝集物の数を減少させる。他方で、微小空洞が、この最適値よりかなり低いIP高さを有する場合、所望の光学状態は、顔料の不十分な光学密度に起因して、達成されないかもしれない。

40

【0040】

種々の電気泳動媒体を評価するために、パルス長さ時間および内部相にわたる電場レベル(この影響下で、パルス期間の変化が、視覚アーティファクトについての所望の閾値量以下で、顔料の光学特性を変化させる)から達成される、全顔料の「飽和厚さ」を測定し得る。およそ $300ms$ の代表的な白黒切り替え速度を有する代表的なシステムにおいて、飽和厚さにおいて、 $15V$ における $50ms$ のパルス長変化は、その光学特性を、 $2L^*$ 未満変化させる。より迅速に切り替わる電気泳動媒体を使用するシステムにおいて、飽

50

和厚さは、その光学特性が、その媒体の代表的な白黒切り替え速度の約5～20%のパルス長変化について、 $2L^*$ 未満変化する場合に、十分であり得る。すでに言及されたように、定義を明瞭にする目的で、微小空洞中の電気泳動粒子の「飽和粒子厚さ」との用語は、本明細書中において、この媒体への特定の電場の、時間Tにわたる印加が、その極端な光学状態の間で電気泳動媒体を切り替えるために充分である場合に、この特定の電場の印加の、0.95から1.05Tの範囲内での時間の変動（すなわち、 $\pm 5\%$ の時間の変動）が、この電気泳動媒体のいずれかの極端な状態の光学特性を、 L^* の2単位より大きくは変化させないために、ちょうど充分な電気泳動粒子を含む内部相を使用して、微小空洞のIP領域にわたって形成される粒子の層の（100%充填を仮定する）厚さを示すために使用される。望ましくは、このシステムは、 $2L^*$ を超えて光学特性を変化させずに、 $\pm 10\%$ の時間の変動、そして好ましくは、 $\pm 20\%$ の時間の変動に耐えるべきである。

10

【0041】

電気泳動媒体において使用するために好ましい白色顔料は、チタニアである。チタニアは、望ましくは、シリカおよび/またはアルミニウムの表面コーティングを有し、そしてまた望ましくは、上述の2002/0185378または関連する同時係属中の米国出願番号60/481,572（2003年10月28日出願）に記載されているように、ポリマーコーティングされる。顔料および塗料の分野において公知であるように、チタニア粒子は、最小の厚さでの最大の散乱効率のために、望ましくは、直径が0.1 μm と0.5 μm との間、そして理想的には、直径が0.2 μm と0.4 μm との間であるべきである。しかし、複数の顔料粒子を含む、複合粒子がまた使用され得る。チタニア粒子（特に、上述の2002/0185378および60/481,572に記載されるもの）は、使用されるアドレッシング波長にいくらか依存して、約1～約10 μm の範囲の飽和粒子厚さ、そして望ましくは、約1～約5 μm の飽和粒子厚さを有し得る。本発明者らは、本発明の1つの好ましいチタニア/カーボンブラックの二重粒子の電気泳動媒体（15Vの好ましいアドレッシングパルスおよび200msと500msとの間のパルス長を使用する）において、このチタニアが、1.5 μm と2.5 μm との間の厚さで、充分な被覆レベルを提供することを見出した。より低い粘度の、100msのパルス長で15Vのパルスによって駆動される、より迅速に切り替わる内部相を有する別の好ましい電気泳動媒体において、このチタニアはまた、1.5 μm と2.5 μm との間の厚さで、充分な被覆を提供した。

20

30

【0042】

亜クロム酸銅粒子は、本発明の二重粒子の媒体において（または実際には、暗色粒子が望ましい単一粒子の媒体において）、暗色の有色粒子として、カーボンブラック粒子の代わりに使用され得る。亜クロム酸銅粒子の調製および電気泳動媒体における使用は、2004年2月11日に出版された、同時係属中の米国出願番号10/708,142に完全に記載されている。

【0043】

上で議論されたように、一見して、高い顔料負荷を有する薄い電気泳動媒体を処方することが望ましいようであるが、それを行う能力は、高い顔料負荷に関連する粘度の増加によって、制限される。顔料負荷のいくらかの増加は、従来技術の電気泳動ディスプレイにおいて使用される顔料負荷と比較して、有利である。例えば、より白色のシステムを達成するためには、通常、チタニア負荷を、5～7 μm の厚さのような高レベルまで増加させることが有用であり得る。また、当該分野において公知のいくらかの電気泳動懸濁物は、2重量%未満の顔料負荷を使用しているが、45重量%または15体積%のチタニア粒子の顔料負荷を含む内部相は、これらの粒子が、市販のデバイスにおいて有用な強度の電場の下で、これらのデバイスが代表的に15V未満の駆動電圧を使用することを可能にする、充分な速度を達成することを可能にする粘度を有し得ることが見出された。本発明の好ましい媒体は、代表的に、5～15体積%のチタニア負荷を有し得、ここで、内部相の粘度は、1mPa秒と6mPa秒との間である。1.5～2.5 μm の飽和粒子厚さ、および10体積%のチタニア負荷を仮定すると、可視のアーティファクトは、微小空洞のIP

40

50

高さが $15\ \mu\text{m}$ と $25\ \mu\text{m}$ との間である場合に減少され、最適値は、実質的に、 $20\ \mu\text{m}$ である。

【0044】

他の型の内部相は、低下した粘度を可能にし得、従って、より高い顔料負荷を可能にし得る。例えば、気体の懸濁流体を使用する内部相（例えば、同時係属中の出願番号 $10/605,039$ （ 2003 年 9 月 3 日出願）、および上述の同時係属中の国際出願 $WO/2004/023202$ を参照のこと）は、ずっとより高い顔料負荷および対応してより低い IP 高さを支持し得る。このような気体ベースの層は、 90 体積%にまで高い粒子負荷で機能し得る。

【0045】

本発明によって達成される、改善された光学状態に対する理由の1つは（本発明は、この考えによっていかなる様式でも限定されないが）、微小空洞電気泳動ディスプレイにおいて、顔料が十分に厚くない場合、このディスプレイは、画像の輪郭がおぼろげになりやすいことであると考えられる。このような、画像の輪郭がおぼろげになることに対する理由としては、アドレッシングシステムにおける小さい電圧変動、ディスプレイの微小空洞においてゆっくりと崩壊する残留電圧または極性、経時的な顔料の沈降、種々の顔料の不適切な混合、および存在する任意の結合剤を含む、内部相と外部環境との RC 時間コントラストが挙げられ得る。これらの影響の全てが、ディスプレイのアドレッシングによって引き起こされることが意図される変動に重ねて、観察者に見える顔料の量を変化させ得る。

【0046】

ディスプレイ（代表的に、高解像度ディスプレイ）の「可視のアーティファクトレベル」は、任意の適切な手段によって測定され得る。1つの方法において、多くのピクセルが、各々、意図された使用モデルに代表的な異なる切り替え履歴に供される。任意の2つのピクセルの間での最も大きい光学的な差が、「最大可視アーティファクトレベル」である。あるいは、単一のピクセルが、多くの異なる切り替え履歴に供され得、次いで、一貫した試験アドレッシングパルスが適用され得る。得られた光学状態の間での最も大きい光学的な差が、「最大可視アーティファクトレベル」を測定するための、別の様式である。

【0047】

最小の可視アーティファクトの一貫した画質を達成するために、電気泳動媒体が、顔料レベルの変動が最小の光学的影響を有するように、最小の十分な厚さの顔料を含むことが望ましい。可搬型の高解像度ディスプレイの用途については、この光学的影響は、理想的には、実際の顔料充填厚さの代表的な変動を考慮して、 $1 \sim 2\ L^*$ 単位以下であるべきである。

【0048】

以下の実施例は、ここで、説明によってのみであるが、本発明において使用される好ましい材料、条件および技術の詳細を示す。

【実施例】

【0049】

炭化水素懸濁流体中に、体積で 10 体積%の白色粒子および 1 体積%の黒色粒子（カーボンブラック）を含む内部相を調製した；この内部相は、 $4.75\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ の粘度を有した。これらの白色粒子は、チタニアを含み、そして約 $0.6\ \mu\text{m}$ の平均サイズ、および $1.5 \sim 2.4\ \mu\text{m}$ の推定飽和粒子厚さを有した。この内部相を、実質的に、上述の $2002/0180687$ の段落 [0069] ~ [0074] に記載されるように、ゼラチン/アカシア微小カプセル中にカプセル化した。得られた微小カプセルを、湿潤カプセル直径のサイズ分布が異なる3バッチに分離した。実質的に、上述の $2002/0180687$ の段落 [0075] および段落 [0076] に記載されるように、各バッチを、ポリマー結合剤とスラリーに混合し、コーティングして、電気泳動フィルムを形成し、そして後電極に積層して、切り替え可能なディスプレイピクセルを形成した。このコーティングプロセスの間、適切な設備設定（例えば、速度、圧力およびダイ高さ）を使用して、湿潤フィルムコート重量の範囲を達成し、これを次いで、結合剤の蒸発および表面張力の影響に部

10

20

30

40

50

分的に起因して、異なるIP高さのカプセルに乾燥させた。1つのバッチにおいて、乾燥したカプセルは、ほぼ球状であった；第二のバッチにおいて、乾燥したカプセルは、実質的に扁円の楕円の形状を有した；そして第三のバッチにおいて、乾燥したカプセルは、実質的に扁長の長円体の形状（高さが直径より大きい）を有した。各場合において、これらの長円体は、XY投影が円形から六角形の範囲であり、電気泳動媒体のフィルム中の充填密度と共に変動した。

【0050】

これらの3つの得られた電気泳動媒体は、350msの15Vのパルスで切り替えられる場合、以下の表に示されるように、推定IP高さおよび代表的なピクセル光学特性が異なった。

【0051】

【表2】

表

微小空洞内の 推定IP高さ (μm)	白色状態 L^*	暗色状態 L^*	コントラスト比	最大視覚アーティファクト L^*
18	62	21	9.4:1	1.5
44	59	27	5.3:1	3.7
55	60	24	6.9:1	5.5

チタニアについて、2 μm の飽和粒子厚さを仮定すると、本発明によれば、最適IP高さは、20 μm であるべきである；黒色顔料について計算されるIP高さは、実質的に低く、その結果、この媒体に対して重要なものは、チタニアについての最適なIP高さである。上記表におけるデータから、18 μm の推定IP高さ（計算値20 μm に近い）を有するカプセルは、実質的により大きいIP高さを有する他の2つの媒体と比較して、実質的により良好な光学特性（改善されたコントラスト比が挙げられる）を有したことがわかる。

フロントページの続き

(72)発明者 ツァオ, ラン

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02474, アーリントン, エベレット ストリート
128, アpartment ナンバー4

(72)発明者 ダンナー, ガイ エム.

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02143, サマービル, ギベンズ ストリート 11

(72)発明者 パオリニ, リチャード ジェイ.

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02476, アーリントン, マウント ヴァーノン 6
2

審査官 高松 大

(56)参考文献 特開平10-258582(JP, A)

特開昭62-207375(JP, A)

特開2002-250944(JP, A)

特開2000-319301(JP, A)

特開2002-287176(JP, A)

特開2000-322007(JP, A)

特開2001-117123(JP, A)

特開2002-287179(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/167