

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-111461

(P2017-111461A)

(43) 公開日 平成29年6月22日(2017.6.22)

|                             |            |             |
|-----------------------------|------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                | F 1        | テーマコード (参考) |
| <b>GO2F 1/167 (2006.01)</b> | GO2F 1/167 | 2K101       |
| <b>GO2F 1/17 (2006.01)</b>  | GO2F 1/17  |             |

審査請求 有 請求項の数 3 O L 外国語出願 (全 22 頁)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (21) 出願番号 特願2017-29827 (P2017-29827)<br>(22) 出願日 平成29年2月21日 (2017. 2. 21)<br>(62) 分割の表示 特願2015-193331 (P2015-193331) の分割<br>原出願日 平成17年3月23日 (2005. 3. 23)<br>(31) 優先権主張番号 60/555, 529<br>(32) 優先日 平成16年3月23日 (2004. 3. 23)<br>(33) 優先権主張国 米国 (US)<br>(31) 優先権主張番号 60/585, 879<br>(32) 優先日 平成16年7月7日 (2004. 7. 7)<br>(33) 優先権主張国 米国 (US) | (71) 出願人 500080214<br>イー インク コーポレーション<br>アメリカ合衆国 マサチューセッツ O 1<br>8 2 1, ビレリカ, テクノロジー パ<br>ーク ドライブ 1 0 0 0<br>(74) 代理人 100078282<br>弁理士 山本 秀策<br>(74) 代理人 100113413<br>弁理士 森下 夏樹<br>(72) 発明者 トーマス エイチ. ホワイトサイズ<br>アメリカ合衆国 マサチューセッツ O 2<br>1 4 4, サマービル, ウィロー アベ<br>ニュー 1 8 3<br><div style="text-align: right;">最終頁に続く</div> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

(54) 【発明の名称】 光変調器

(57) 【要約】

【課題】 光変調器としての使用を意図した電気泳動媒体およびディスプレイの様々な改善の提供。

【解決手段】 光変調器としての使用を意図した電気泳動媒体およびディスプレイの様々な改善には、懸濁流体の屈折率をその懸濁流体を取り囲む連続相の屈折率と合わせること、カプセル壁の屈折率をバインダの屈折率とマッチングすること、電気泳動カプセルを含む層をその層にラミネーション接着剤を付加する前に平坦化すること、ディスプレイの光透過状態における電気泳動カプセルまたはマイクロセルの側壁の限定されたエリアに電気泳動粒子を集中する方法、および、2枚の透明な板の間に挟まれた電気泳動層を備える光変調器の場合、透明な板の少なくとも一方が、電気泳動層に悪影響を及ぼす電磁放射を吸収するように形成することを含む。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

端壁および側壁を有する層状のキャリア媒体を備えた電気泳動ディスプレイであって、前記端壁および前記側壁は、その内部に形成された複数の閉じた空洞を規定し、前記側壁は、前記層状のキャリア媒体の厚さに実質的に垂直に拡がり、前記複数の空洞のそれぞれは、その内部に閉じ込められた懸濁流体と、前記懸濁流体内に配置された複数の帯電粒子とを有し、前記複数の帯電粒子は、前記懸濁流体に電界を印加すると、前記懸濁流体を介して移動可能であり、前記ディスプレイは、各側壁の少なくとも一部が導電性があることを特徴とする、電気泳動ディスプレイ。

10

## 【請求項 2】

前記層状媒体の一方の主表面に、あるいは、それに近接して提供される光透過性の前面電極と、前記層状媒体の他方の主表面に、あるいは、それに近接して提供される少なくとも 1 つの裏面電極とをさらに備え、前記導電性側壁は、前記裏面電極のうちの少なくとも 1 つに電氣的に接続されているが、前記前面電極から絶縁されている、請求項 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

## 【請求項 3】

互いに間隔をあけた 2 枚の光透過性パネルと、前記 2 枚のパネル間に配置された電気泳動媒体であって、前記電気泳動媒体は、光透過性状態と、その光透過状態より光透過が少ない暗状態とを有する、電気泳動媒体とを備えた光変調器であって、前記電気泳動媒体は、電磁放射の少なくとも 1 つの波長に敏感であり、前記光変調器は、前記光透過性パネルのうちの少なくとも 1 つのがこの波長の電磁放射に対する吸収体を備えることを特徴とする、光変調器。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光変調器、すなわち、自身を通り抜ける光放射量または電磁放射量を変調するように設計された可変透過性の窓、鏡、および、同様のデバイスに関する。簡便のために、本明細書で「光」という語が普通に使用されるが、この語は非可視波長での電磁放射を含む幅広い意味で、理解されるべきである。例えば、以下に述べるように、本発明は、ビル内の温度制御のための赤外線放射を変調できる窓を提供することに、適用される。より特定的には、本発明は、光変調を制御するために、粒子ベースの電気泳動媒体を使用する光変調器に関する。

30

## 【背景技術】

## 【0002】

複数の帯電粒子が、電界の影響下で懸濁流体 (s u s p e n d i n g f l u i d) を介して移動する粒子ベースの電気泳動ディスプレイは、長年にわたって、激しい研究開発の対象となってきた。このようなディスプレイは、液晶ディスプレイに比べ、良好な輝度とコントラスト、広い視野角、はっきりした双安定性、および、低電力消費という特性を有し得る。

40

## 【0003】

「双安定」および「双安定性」という語は、本明細書では、第一と第二のディスプレイ状態を有し、その両状態で少なくとも 1 つの異なる光学特性を有するディスプレイ構成要素も含むディスプレイで用いられる当該分野での従来の意味で使われる。その第一または第二のディスプレイ状態のいずれかを担うように、ある限られた継続時間のアドレッシングパルスによって、任意の所定の構成要素が駆動させられた後に、そのアドレッシングパルスが終了すると、その状態は、少なくとも数回 (例えば、少なくとも 4 回)、つまり、

50

ディスプレイ構成要素の状態を変化するのに必要なアドレッシングパルスの最小継続時間は続く。米国特許出願第2002/0180687号に示されているように、粒子ベースの電気泳動ディスプレイで、グレースケール(gray scale)が可能なものは、その両極端の黒と白のみならず、その中間的な灰色状態でも安定である。一部の他のタイプの電気光学ディスプレイにおいても、これと同じことが当てはまる。このタイプのディスプレイは、「双安定」というより、正確には「多安定(multi-stable)」というが、簡便のために、「双安定」という語は、本明細書では、双安定、多安定の双方をカバーして用いられ得る。

#### 【0004】

それにも関わらず、これらのディスプレイにおいて、長期的な画像の品質に関する問題があるため、その幅広い利用が妨げられてきた。例えば、電気泳動ディスプレイを構成する粒子は定着(settle)する傾向があり、その結果、こうしたディスプレイの耐用年数は不十分となる。

#### 【0005】

上述のように、電気泳動媒体には、懸濁流体の存在が必要である。従来技術における電気泳動媒体のほとんどにおいて、この懸濁流体は液体であるが、電気泳動媒体は、気体の懸濁流体を用いても製造され得る。例えば、Kitamura, T. らによる「Electrical toner movement for electronic paper-like display」、IDW Japan、2001年、Paper HCS1-1、および、Yamaguchi, Y. らによる「Toner display using insulative particles charged triboelectrically」、IDW Japan、2001年、Paper AMD4-4を参照。また、欧州特許出願第1,429,178号、第1,462,847号、第1,482,354号、および、第1,484,625号、ならびに、国際出願第WO2004/090626号、第WO2004/079442号、第WO2004/077140号、第WO2004/059379号、第WO2004/055586号、第WO2004/008239号、第WO2004/006006号、第WO2004/001498号、第WO03/091799号、および、第WO03/088495号も参照。このような気体ベースの電気泳動媒体は、粒子の定着によって、液体ベースの電気泳動媒体と同様のタイプの問題に陥りやすい。それは、媒体がこのような定着を可能とする一方向で使われるとき、例えば、媒体が垂直面に配置されるようなサインにおいて使われるときである。実際、粒子の定着は、液体ベースの電気泳動媒体に比べ、気体ベースの電気泳動媒体において、より深刻な問題となって現れる。なぜなら、気体の懸濁流体は液体の懸濁流体に比べ、粘性が低いので、電気泳動粒子が、より速く定着可能となるからである。

#### 【0006】

Massachusetts Institute of Technology (MIT) および E Ink Corporation に譲渡されたか、その名でなされた数多くの特許および特許出願で、最近公開されたものには、封入電気泳動媒体について述べてられている。このような封入媒体は、数多くの小さなカプセルを含み、そのカプセルそれぞれは、液体懸濁媒体中に懸濁する電気泳動的に可動な粒子を含む内部相と、内部相を囲むカプセル壁を備える。典型的には、カプセルは、2つの電極間に置かれたコヒーレントな層(coherent layer)を形成するポリマバインダ(polymeric binder)の中に包み込まれている。この種の封入媒体については、例えば、米国特許第5,930,026号、第5,961,804号、第6,017,584号、第6,067,185号、第6,118,426号、第6,120,588号、第6,120,839号、第6,124,851号、第6,130,773号、第6,130,774号、第6,172,798号、第6,177,921号、第6,232,950号、第6,249,271号、第6,252,564号、第6,262,706号、第6,262,833号、第6,300,932号、第6,312,304号、第6,312,9

71号、第6, 323, 989号、第6, 327, 072号、第6, 376, 828号、  
第6, 377, 387号、第6, 392, 785号、第6, 392, 786号、第6, 4  
13, 790号、第6, 422, 687号、第6, 445, 374号、第6, 445, 4  
89号、第6, 459, 418号、第6, 473, 072号、第6, 480, 182号、  
第6, 498, 114号、第6, 504, 524号、第6, 506, 438号、第6, 5  
12, 354号、第6, 515, 649号、第6, 518, 949号、第6, 521, 4  
89号、第6, 531, 997号、第6, 535, 197号、第6, 538, 801号、  
第6, 545, 291号、第6, 580, 545号、第6, 639, 578号、第6, 6  
52, 075号、第6, 657, 772号、第6, 664, 944号、第6, 680, 7  
25号、第6, 683, 333号、第6, 704, 133号、第6, 710, 540号、 10  
第6, 721, 083号、第6, 727, 881号、第6, 738, 050号、第6, 7  
50, 473号、第6, 753, 999号、第6, 816, 147号、第6, 819, 4  
71号、第6, 822, 782号、第6, 825, 068号、第6, 825, 829号  
、第6, 825, 970号、第6, 831, 769号、第6, 839, 158号、第6,  
842, 279号、第6, 842, 657号、および、第6, 842, 167号、ならび  
に、米国特許出願第2002/0060321号、第2002/0060321号、第2  
002/0063661号、第2002/0090980号、第2002/011377  
0号、第2002/0130832号、第2002/0131147号、第2002/0  
171910号、第2002/0180687号、第2002/0180688号、第2  
003/0011560号、第2003/0020844号、第2003/002585 20  
5号、第2003/0102858号、第2003/0132908号、第2003/0  
137521号、第2003/0151702号、第2003/0214695号、第2  
003/0214697号、第2003/0222315号、第2004/001283  
9号、第2004/0014265号、第2004/0027327号、第2004/0  
075634号、第2004/0094422号、第2004/0105036号、第2  
004/0112750号、第WO2004/0119681号、および、第2004/  
0196215号、第2004/0226820号、第2004/0233509号、第  
2004/0239614号、第2004/0252360号、第2004/02576  
35号、第2004/0263947号、第 2005/0000813号、第2005  
/0001812号、第2005/0007336号、第2005/0007653号、 30  
第2005/0012980号、第2005/0017944号、第2005/0018  
273号、および、第2005/0024353号、ならびに、国際出願公開第WO99  
/67678号、第WO00/05704号、第WO00/38000号、第WO00/  
38001号、第WO00/36560号、第WO00/67110号、第WO00/6  
7327号、第WO01/07961号、第WO01/08241号、第WO03/10  
7, 315号、第WO2004/023195号、第WO2004/049045号、第  
WO2004/059378号、第WO2004/088002号、第WO2004/0  
88395号、第WO2004/090857号、および、第WO2004/09986  
2号に記載されている。

#### 【0007】

既知の電気泳動媒体には、カプセルに封入された媒体、されていない媒体の双方とも、  
2つの大きなタイプに分けられ、本明細書では、以下、簡便のために、それぞれ「単一粒  
子(single particle)」および「二重粒子(dual particle)」と称する。単一粒子媒体は、懸濁媒体の中に懸濁する単一のタイプの電気泳動粒子  
しか有しない。ここで、この懸濁媒体の少なくとも1つの光学特性は、粒子の光学特性と  
異なる。(単一のタイプの粒子に関して述べると、そのタイプの全ての粒子が完全に同一  
であることまでは、意味しない。例えば、そのタイプの全ての粒子が、同じ光学特性と同  
じ極性の電荷を実質的に有することを除けば、粒子サイズや電気泳動移動性のようなパラ  
メータにおいて、媒体の有用性に影響を与えずに、かなりのばらつきが許容され得る。) 40  
このような媒体が、一對の電極の間に置かれたとき、少なくとも一方が透明であるこの2 50

つの電極の相対的な電位に依存して、媒体は粒子の光学特性（粒子が観察者に近い電極に隣接するとき、以下、本明細書で「表面」電極と称する）、あるいは、懸濁媒体の光学特性（粒子が観察者から遠い電極に隣接するとき、以下、本明細書で「裏面」電極と称する（粒子が懸濁媒体によって隠されるように））を表示し得る。

#### 【0008】

二重粒子媒体は、少なくとも1つの光学特性が異なる2つの異なるタイプの粒子と、無色または有色であり得るが、典型的には無色である懸濁流体とを有する。この2つのタイプの粒子は、電気泳動移動度が異なる。この移動度の相違は、極性（このタイプは、本明細書において、以下、「逆電荷二重粒子」媒体と称し得る）および／または大きさに起因する。このような二重粒子媒体が、前述の一对の電極の間に置かれたとき、この2つの電極の相対的な電位に依存して、媒体は、いずれかのセットの粒子の光学特性を表示し得る。しかしながら、これが達成される正確な方法は、移動度の相違が、極性によるのか、大きさのみによるのかに依存して、異なる。説明を簡単にするために、一方のタイプの粒子が黒で、他方のタイプが白である電気泳動媒体を考える。2つのタイプの粒子が極性において異なる場合（例えば、黒い粒子が正に帯電され、白い粒子が負に帯電されている場合）、これら粒子は2つの異なる電極に引き付けられる。こうして、例えば、表面電極が、裏面電極に対して負であれば、黒い粒子は、表面電極に、白い粒子は裏面電極に引き付けられる。この結果、媒体は、観察者から、黒く見える。逆に、表面電極が、裏面電極に対して正であれば、白い粒子は、表面電極に、黒い粒子は裏面電極に引き付けられる。この結果、媒体は、観察者から、白く見える。

#### 【0009】

2つのタイプの粒子が、同じ極性を有するが、電気泳動移動度の異なる場合（このタイプは、本明細書において、以下、「同極性二重粒子」媒体と称する）、両タイプの粒子は、同じ電極に引き付けられるが、一方のタイプが、他方のタイプよりも先に電極に到達する。観察者が相対するタイプは、どちらの粒子が電極に引き付けられたかによって、異なる。例えば、上述の説明で、黒と白の粒子双方が正に帯電しているが、黒い粒子は電気泳動移動度が高いものに変更されたと、仮定する。ここで、表面電極が、裏面電極に対して負である場合、黒と白の双方の粒子は、表面電極に引き付けられる。しかし、黒い粒子は移動度が高いので、表面電極に速く到達し、黒い粒子層が表面電極をコーティングし、媒体は観察者から黒く見える。逆に、表面電極が、裏面電極に対して正である場合、黒と白の双方の粒子は、裏面電極に引き付けられる。しかし、黒い粒子は移動度が高いので、裏面電極に速く到達し、黒い粒子層が裏面電極をコーティングする。このとき、白い粒子の層は、裏面電極から遠くに残され、観察者に相対する。こうして、媒体は観察者から白く見える。このタイプの二重粒子媒体では、裏面電極から離れた白い粒子層が容易に観察者から見えるように、懸濁流体は十分に透明であることが要求されることに、留意されたい。典型的には、このようなディスプレイの懸濁流体は、全く着色されていないが、白い粒子が自身を介して見られる任意の望まれない着色を修正する目的で、幾分かの色合いを組み入れ得る。

#### 【0010】

単一粒子および二重粒子による電気泳動ディスプレイの双方とも、前述した両極端の光学状態の中間的な光学特性を有する中間的な灰色状態であることも可能であり得る。

#### 【0011】

前掲の特許および公開出願の一部は、各カプセル内に3つ以上の異なるタイプの粒子を有する封入電気泳動媒体について、開示している。本発明の目的から、このような多数の粒子からなる媒体は、二重粒子媒体の下位種（*sub-species*）と見なされる。

#### 【0012】

封入電気泳動媒体中のディスクリット（*discrete*）なマイクロカプセルを取り囲む壁は、連続相によって置換され得て、こうして、電気泳動媒体は、電気泳動流体の複数のディスクリットな小滴およびポリマ材料の連続相（*continuous phase*）を備えたいわゆるポリマ分散型電気泳動ディスプレイを製造できることと、たとえ、

ディスクリットなカプセル膜は、それぞれ個別の小滴と連携していなくても、こうしたポリマ分散型の電気泳動ディスプレイのディスクリットな小滴は、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、前掲の特許および特許出願の多くが述べている。例えば、前掲の米国特許出願公開第2002/0131147号を参照。従って、本出願の目的として、このようなポリマ分散型電気泳動媒体は、封入電気泳動媒体の下位種として、見なされる。

#### 【0013】

電気泳動ディスプレイの関連するタイプとして、いわゆる「マイクロセル電気泳動ディスプレイ」がある。マイクロセル電気泳動ディスプレイにおいては、帯電粒子および懸濁流体は、マイクロカプセルに封入されていないが、その代わりに、キャリア媒体（典型的には、ポリマフィルム）の中に形成された複数の空洞の中に保持されている。例えば、国際出願公開第WO02/01281号、および、米国特許出願公開第2002/0075556号（いずれも、Sipix Imaging, Inc. による）を参照。

#### 【0014】

電気泳動媒体は、不透明であることが多く（なぜなら、例えば、電気泳動媒体の多くにおいて、粒子は、画面を介した可視光の透過を実質的に遮るから）、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、一つのディスプレイ状態が実質的に不透明で、一つのディスプレイ状態が光透過性であるような、いわゆる「シャッターモード」で動作するように、製造され得る。例えば、前掲の米国特許第6,130,774号および第6,172,798号、ならびに、米国特許第5,872,552号、第6,144,361号、第6,271,823号、第6,225,971号および第6,184,856号を参照。誘電泳動ディスプレイは、電気泳動ディスプレイに似ているが、電界強度の変化に応じるもので、似たようなモードで動作し得る。米国特許第4,418,346号を参照。また、電気光学ディスプレイの他のタイプも、シャッターモードで動作可能であり得る。

#### 【0015】

封入電気泳動ディスプレイまたはマイクロセル電気泳動ディスプレイは、従来型の電気泳動デバイスにおけるクラスター化や定着の不良モードを、典型的には被ることなく、更なる利点として、多種多様の柔軟で強固な基板上のディスプレイに印刷またはコーティングする能力などを有する。（「印刷（printing）」という語を用いる場合、あらゆる形式の印刷やコーティングを含み、パッチダイコーティング（patch die coating）、スロットまたは押し出しコーティング、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のような事前測定コーティング、ロール式ナイフ塗布、前進後退ロール塗布（forward and reverse roll coating）のようなロール塗布、グラビアコーティング、浸漬塗装、吹き付け塗装、メニスカスコーティング（meniscus coating）、回転塗装、ブラシ塗装、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、静電印刷プロセス、感熱式印刷プロセス、インクジェット印刷プロセス、電気泳動堆積、および、その他の同様のプロセスを含むが、これらに限定しない。）このように、これらの結果得られるディスプレイは、柔軟性を有し得る。さらに、ディスプレイ媒体は、（様々な方法を使って）印刷され得るので、ディスプレイ自身は、安価に製造され得る。

#### 【0016】

電気泳動媒体の潜在的に大きな市場の一つは、可変光透過性の窓である。ビルや車両のエネルギー効率が、ますます重要になるにつれ、窓のコーティング材として使用されるようになる可能性がある。それは、窓を介して透過される入射光の比率を、電気泳動媒体の光学状態を変化させて電氣的に制御できるようにするためである。このような「可変透過」（「VT」）技術をビルに、効率的に導入することで、（1）暑い天気の間、不要な加熱による影響の削減、こうして、冷却に必要とされるエネルギー量の削減、空調装置のサイズ縮小およびピーク電力供給の低下、（2）自然の日光の利用促進、こうして、照明に使用されるエネルギー削減およびピーク電力供給の低下、および、（3）熱的および視覚的双方での快適さ向上によるビル内の人々の快適さ向上に、寄与することが期待される。自動車

においては、囲まれた体積におけるガラス張り表面の比率が、典型的なビルよりも極めて高いので、さらなるメリットが増えることが期待されるだろう。特に、自動車において、VT技術を効率的に実装すると、上述したメリットのみならず、(1) 運転における安全度向上、(2) グレア (glare) 削減、(3) ミラー性能の向上、(ミラーに電気光学コーティングを使用することで)、および、(4) 注意勧告ディスプレイの使用における能力向上を提供する。VT技術の他の潜在的なアプリケーションには、プライバシーガラス、電子機器のグレア防止などが含まれる、

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明は、光変調器に使用するための粒子ベースの電気泳動媒体（カプセル封入される場合も、されない場合もあり得る）に関する。

【0018】

一局面において、本発明は、懸濁流体と、懸濁流体内に配置され、懸濁流体に電界を印加すると、懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを備える、電気泳動媒体を提供する。懸濁流体および帯電粒子は、複数のディスクリットな小滴として存在し、電気泳動媒体は、小滴を取り囲む連続相をさらに備える。ここで、媒体は、懸濁流体の屈折率と連続相との屈折率との差が、0.07以下である。

【0019】

本発明の本局面は、本明細書では、以下、簡便のために、本発明の「屈折率合致懸濁流体」媒体と、称される。懸濁流体の屈折率と連続相との屈折率との差は0.05以下であることが望ましいが、好ましくは、0.03未満であり、その差は小さければ小さいほど優れている。理想は、当然、この2つの屈折率が全く同じであることだが、実際には、使用される材料に他の制約があるので、これを達成することは困難であり得る。

【0020】

本発明の屈折率合致懸濁流体媒体は、幾つかの異なるタイプがあり得る。電気泳動媒体は、連続相が小滴を取り囲む複数のカプセル壁を備える封入電気泳動媒体であり得る。代替的に、懸濁流体と直接接触するポリマバインダを備えるポリマ分散型電気泳動媒体でもあり得る。電気泳動媒体は、また、その内部に複数の閉じた空洞を有するキャリア媒体を備えた連続相を備え、小滴は空洞の内部に閉じ込められるマイクロセルタイプでもあり得る。以下に詳細に議論するように、本発明の屈折率合致懸濁流体媒体の好ましい形式において、懸濁流体は、炭化水素およびクロロナフタレンの混合物を備える。

【0021】

本発明は、本発明の屈折率合致懸濁流体媒体層と、電気泳動媒体に電界を印加するようにアレンジされた電極手段とを備える、電気泳動ディスプレイにまで広がる。電極手段は、粒子が、懸濁流体媒体層のエリアで大きな比率を占めることで、懸濁流体媒体層を実質的に光非透過にして、電気泳動媒体を光非透過状態に駆動するように、および、粒子が、懸濁流体媒体層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、懸濁流体媒体層を実質的に光透過にして、電気泳動媒体を光透過状態に駆動するようにアレンジされている。

【0022】

別ではあるが、関連する局面において、本発明は、懸濁流体と、懸濁流体内に配置され、懸濁流体に電界を印加すると、懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを備える、電気泳動媒体を提供する。懸濁流体および帯電粒子は、複数のディスクリットな小滴として存在し、各小滴はカプセル壁によって取り囲まれ、電気泳動媒体は、さらに、カプセル壁を取り囲むポリマバインダ相を備え、媒体は、カプセル壁の屈折率とポリマバインダとの屈折率との差が、0.07以下である。本発明の本局面は、本明細書では、以下、簡便のために、本発明の「屈折率合致バインダ」媒体と称される。本発明の屈折率合致懸濁流体の局面と同様に、屈折率合致バインダ媒体の局面においても、カプセル壁の屈折率とポリマバインダの屈折率との差は0.05以下であることが望ましいが、好ましくは0.03未満であり、その差は小さければ小さいほど優れている。理想は、当然、この2つの

10

20

30

40

50

屈折率が全く同じであることだが、実際には、使用される材料に他の制約があるので、これを達成することは困難であり得る。

#### 【0023】

本発明は、本発明の屈折率合致バインダの電気泳動媒体層と、電気泳動媒体に電界を印加するようにアレンジされた電極手段とを備える電気泳動ディスプレイにまで拡張する。この電極手段は、粒子が、電気泳動媒体層のエリアで大きな比率を占めることで、電気泳動媒体層を実質的に光非透過にして、該電気泳動媒体を光非透過状態に駆動するように、および、粒子が、電気泳動媒体層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、電気泳動媒体層を実質的に光透過にして、電気泳動媒体を光透過状態に駆動するように、アレンジされている。

10

#### 【0024】

また、別の局面において、本発明は、電気泳動媒体を形成するプロセスの改善を提供する。本プロセスは、

(a) 基板を提供するステップと、

(b) 該基板に、液体相の中に複数のカプセルを備えるコーティング材料を付加するステップであって、

カプセルのそれぞれは、懸濁流体と、該懸濁流体内に配置され、該カプセルに電界を印加すると、該懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを備え、

該コーティング材料を、該基板上に、該カプセルを含むコヒーレントな固体層の形成を生じるのに効率的な条件にするステップと、

20

(c) 該基板上の該カプセルを含む層の上に接合層を付加するステップとを包含する。この改善は、ステップ(b)の後であるが、ステップ(c)の前に、該基板上の該カプセルを含む層を平坦化するステップを包含する。

#### 【0025】

本発明の本局面は、本明細書では、以下、簡便のために、本発明の「平坦化カプセル層」プロセスと称される。本プロセスにおいて、平坦化は、カプセルを含む層を、カプセル層の屈折率との差が0.1を超えない屈折率を有する材料でコーティングすることによって実行され得る。代替的に、平坦化は、カプセルを含む層に、機械的な圧力を加えることによって実行され得る。

#### 【0026】

30

別の局面において、本発明は、懸濁流体と、懸濁流体内に配置され、懸濁流体に電界を印加すると、懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを備える、電気泳動媒体層と、電気泳動媒体に電界を印加するためにアレンジされた電極手段とを備える電気泳動ディスプレイを提供する。この電極手段は、粒子が、電気泳動媒体層のエリアで大きな比率を占めることで、電気泳動媒体層を実質的に光非透過にして、電気泳動媒体を光非透過状態に駆動するために、および、粒子が、電気泳動媒体層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、電気泳動媒体層を実質的に光透過にして、電気泳動媒体を光透過状態に駆動するために、アレンジされている。懸濁流体および帯電粒子は、複数のディスクリートな小滴として存在し、電気泳動媒体は、小滴をその中に閉じ込める連続相をさらに含む。小滴は少なくとも2のアスペクト比を有する。

40

#### 【0027】

簡便のために、本発明の本局面は、本明細書では、以下、本発明の「平坦化小滴」ディスプレイと称される。このようなディスプレイに使用される電気泳動媒体は、上述した封入電気泳動媒体、ポリマ分散型電気泳動媒体、および、マイクロセル電気泳動媒体を含む様々なタイプであり得る。

#### 【0028】

別の局面において、本発明は、第一と第二の表面をその対向する側に有する電気泳動媒体層と、電気泳動媒体に電界を印加するようにアレンジされた電極手段とを備える電気泳動ディスプレイを駆動する方法を提供する。この電極手段は、電気泳動媒体層のエリアで大きな比率を占めることで、電気泳動媒体層を実質的に光非透過にして、電気泳動媒体を

50

光非透過状態に駆動するように、および、粒子が、電気泳動媒体層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、電気泳動媒体層を実質的に光透過にして、電気泳動媒体を光透過状態に駆動するように、アレンジされる。ここで、電気泳動媒体は、懸濁流体と、懸濁流体内に配置され、懸濁流体に電界を印加すると、懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを備える。懸濁流体および帯電粒子は、複数のディスクリットな小滴として存在し、電気泳動媒体は、小滴をその中に閉じ込める連続相をさらに含む。本方法は、

ディスプレイがその光非透過状態のとき、電極手段を介して直流電界を印加すると、電気泳動媒体の第一と第二の表面の一方に近い粒子を動かすことと、

その後、電極手段を介して交流電界を印加すると、電気泳動媒体内の側面に粒子を動かす、ディスプレイにその光透過状態とする。

10

#### 【0029】

簡便のために、本発明の本局面は、本明細書では、以下、本発明の「DC／AC駆動方法」ディスプレイと称される。このような方法に使用される電気泳動媒体は、上述した封入電気泳動媒体、ポリマ分散型電気泳動媒体、および、マイクロセル電気泳動媒体を含む様々なタイプであり得る。

#### 【0030】

別の局面において、本発明は、端壁および側壁を有する層状のキャリア媒体を有する電気泳動ディスプレイを提供する。端壁および側壁は、その内部に形成された複数の閉じた空洞を規定し、側壁は、層状キャリア媒体に、実質的に垂直に拡がり、空洞のそれぞれは、その内部に閉じ込められた懸濁流体と、懸濁流体内に配置され、懸濁流体に電界を印加すると、懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを有する。ここで、各側壁の少なくとも一部は導電性である。

20

#### 【0031】

簡便のために、本発明の本局面は、本明細書では、以下、本発明の「導電性側壁マイクロセルディスプレイ」と称される。このディスプレイは、層状媒体の一方の主表面に、あるいは、それに近接して、提供される光透過性の前面電極と、層状媒体の他方の主表面に、あるいは、それに近接して、提供される少なくとも1つの裏面電極とをさらに備え得る。この導電性側壁は、少なくとも1つの裏面電極と電氣的に接続されているが、前面電極から絶縁されてる。

#### 【0032】

別の局面において、本発明は、互いに間隔をあけた2枚の光透過性パネルと、これら2枚のパネル間に配置され、光透過性状態、および、その光透過状態より光透過が少ない暗状態を有する電気泳動媒体とを備える光変調器を提供する。ここで、電気泳動媒体は電磁放射の少なくとも1つの波長に敏感な媒体であって、少なくとも1つの光透過性パネルは、この波長の電磁放射に対する吸収体を備える。簡便のために、本発明の本局面は、本明細書では、以下、本発明の「放射吸収パネル光変調器」と称される。

30

#### 【0033】

最後に、本発明は、懸濁流体と、帯電および着色され、懸濁流体内に配置され、懸濁流体に電界を印加すると、懸濁流体を介して移動可能な複数の第一の粒子とを備える電気泳動媒体層と、電気泳動媒体に電界を印加するようにアレンジされた電極手段とを備える、電気泳動ディスプレイを提供する。電極手段は、第一の粒子が、電気泳動媒体層のエリアで大きな比率を占めることで、電気泳動媒体層を実質的に光非透過にして、電気泳動媒体を光非透過状態に駆動するように、および、第一の粒子が、電気泳動媒体層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、電気泳動媒体層を実質的に光透過にして、電気泳動媒体を光透過状態に駆動するように、アレンジされる。電気泳動媒体は、また、帯電し、実質的に透明であり、懸濁流体に配置され、懸濁流体への電界の印加によって、懸濁流体を介して移動可能である複数の第二の粒子を備え得る。

40

#### 【0034】

簡便のために、本発明の本局面は、本明細書では、以下、本発明の「透明粒子電気泳動ディスプレイ」と称される。このようなディスプレイに使用される電気泳動媒体は、上述

50

した封入電気泳動媒体、ポリマ分散型電気泳動媒体、および、マイクロセル電気泳動媒体を含む様々なタイプであり得る。

【0035】

添付図面の唯一の図は、本発明の電気泳動媒体に対して、印加した場の周波数に対する光学密度の変動を示すグラフである。

【0036】

上述のように、本発明は、光変調器としての使用を意図した電気泳動媒体およびディスプレイの様々な改善を提供する。これらの様々な局面は、以下に、個別に（あるいは、関連するグループで）、主として議論される。しかし、単一の電気泳動媒体またはディスプレイが、本発明の2つ以上の局面で使用され得ることは、理解されるべきである。例えば、電気泳動ディスプレイは、本発明のDC/AC駆動方法の局面および透明粒子の局面の双方で利用され得る。

例えば本願発明は、以下の項目を提供する。

（項目1）

懸濁流体と、

該懸濁流体内に配置され、該懸濁流体に電界を印加すると、該懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子と

を備える、電気泳動媒体であって、

該懸濁流体および該帯電粒子は、複数のディスクリートな小滴として存在し、

該電気泳動媒体は、小滴を取り囲む連続相をさらに備え、

該媒体は、該懸濁流体の屈折率と該連続相の屈折率との差が、0.07以下であることを特徴とする、電気泳動媒体。

（項目2）

前記懸濁流体の屈折率と前記連続相の屈折率との差が、0.05以下である、項目1に記載の電気泳動媒体。

（項目3）

前記連続相は、前記小滴を取り囲む複数のカプセル壁を備える、項目1に記載の電気泳動媒体。

（項目4）

前記連続相は、前記懸濁流体と直接接触するポリマバインダを備える、項目1に記載の電気泳動媒体。

（項目5）

前記連続相は、自身の内部に複数の閉じた空洞を有するキャリア媒体を備え、前記小滴は、該空洞の内部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6）

前記懸濁流体は、炭化水素およびクロロナフタレンの混合物を備える、項目1に記載の電気泳動媒体。

（項目7）

項目1に記載の電気泳動媒体の層と、

該電気泳動媒体に電界を印加するようにアレンジされた電極手段と

を備える、電気泳動ディスプレイであって、

該電極手段は、前記粒子が、該層のエリアで大きな比率を占めることで、該層を実質的に光非透過にして、該電気泳動媒体を光非透過状態に駆動するように、および、前記粒子が、該層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、該層を実質的に光透過にして、該電気泳動媒体を光透過状態に駆動するように、アレンジされている、電気泳動ディスプレイ。

（項目8）

懸濁流体と、

該懸濁流体内に配置され、該懸濁流体に電界を印加すると、該懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子と

10

20

30

40

50

を備える、電気泳動媒体であって、

該懸濁流体および該帯電粒子は、複数のディスクリートな小滴として存在し、各小滴はカプセル壁によって取り囲まれ、

該電気泳動媒体は、該カプセル壁を取り囲むポリマバインダ相をさらに備え、

該媒体は、該カプセル壁の屈折率と該ポリマバインダとの屈折率との差が、0.07以下であることを特徴とする、電気泳動媒体。

(項目9)

項目8に記載の電気泳動媒体の層と、

該電気泳動媒体に電界を印加するようにアレンジされた電極手段と

を備える、電気泳動ディスプレイであって、

10

該電極手段は、前記粒子が、該層のエリアで大きな比率を占めることで、該層を実質的に光非透過にして、該電気泳動媒体を光非透過状態に駆動するように、および、前記粒子が、該層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、該層を実質的に光透過にして、該電気泳動媒体を光透過状態に駆動するように、アレンジされている、電気泳動ディスプレイ。

(項目10)

電気泳動媒体を形成するプロセスであって、該プロセスは、

(a) 基板を提供するステップと、

(b) 該基板に、液体相の中に複数のカプセルを備えるコーティング材料を付加するステップであって、

20

カプセルのそれぞれは、懸濁流体と、該懸濁流体内に配置され、該カプセルに電界を印加すると、該懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを備え、

該コーティング材料を、該基板上に、該カプセルを含むコヒーレントな固体層の形成を生じるのに効率的な条件にするステップと、

(c) 該基板上の該カプセルを含む層の上に接合層を付加するステップと を包含し

該プロセスは、ステップ(b)の後であるが、ステップ(c)の前に、該基板上の該カプセルを含む層を平坦化することを特徴とする、プロセス。

(項目11)

前記平坦化は、前記カプセルを含む層を、前記カプセルを含む層の屈折率との差が0.1を超えない屈折率を有する材料でコーティングすることによって実行される、項目10に記載のプロセス。

30

(項目12)

前記平坦化は、前記カプセルを含む層に、機械的な圧力を加えることによって実行される、項目10に記載のプロセス。

(項目13)

懸濁流体と、該懸濁流体内に配置され、該懸濁流体に電界を印加すると該懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを備える、電気泳動媒体層と、

該電気泳動媒体に電界を印加するようにアレンジされた電極手段と

を備える、電気泳動ディスプレイであって、

40

該電極手段は、該粒子が、該層のエリアで大きな比率を占めることで、該層を実質的に光非透過にして、該電気泳動媒体を光非透過状態に駆動するように、および、該粒子が、該層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、該層を実質的に光透過にして、該電気泳動媒体を光透過状態に駆動するように、アレンジされており、

該懸濁流体および該帯電粒子は、複数のディスクリートな小滴として存在し、該電気泳動媒体は、該小滴をその中に閉じ込める連続相をさらに含み、

該ディスプレイは、該小滴が0.5以下のアスペクト比を有することを特徴とする、電気泳動ディスプレイ。

(項目14)

前記連続相は、前記小滴を取り囲む複数のカプセル壁を備える、項目13に記載の電気泳動ディスプレイ。

50

(項目 15)

前記連続相は、前記懸濁流体と直接接触するポリマバインダを備える、項目 13 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(項目 16)

前記連続相は、自身の内部に複数の閉じた空洞を有するキャリア媒体を備え、前記小滴は、該空洞の内部に閉じ込められている、項目 13 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(項目 17)

電気泳動ディスプレイを駆動する方法であって、

該ディスプレイは、第一と第二の表面をその対向する側に有する電気泳動媒体層と、該電気泳動媒体に電界を印加するようにアレンジされた電極手段とを備え、

10

該電極手段は、該粒子が、該層のエリアで大きな比率を占めることで、該層を実質的に光非透過にして、該電気泳動媒体を光非透過状態に駆動するように、および、該粒子が、該層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、該層を実質的に光透過にして、該電気泳動媒体を光透過状態に駆動するように、アレンジされており、

該電気泳動媒体は、懸濁流体と、該懸濁流体内に配置され、該懸濁流体に電界を印加すると、該懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを備え、

該懸濁流体および該帯電粒子は、複数のディスクリートな小滴として存在し、該電気泳動媒体は、該小滴をその中に閉じ込める連続相をさらに含み、

該方法は、

該ディスプレイがその光非透過状態のとき、該電極手段を介して直流電界を印加し、それによって、該電気泳動媒体の該第一と第二の表面の一方に近い粒子を動かすステップと

20

、

その後、該電極手段を介して交流電界を印加し、それによって、該電気泳動媒体内において横方向に粒子を動かし、該ディスプレイを光透過状態とするステップと、を特徴とする、方法。

(項目 18)

端壁および側壁を有する層状のキャリア媒体を有する、電気泳動ディスプレイであって、

、

該端壁および該側壁は、その内部に形成された複数の閉じた空洞を規定し、

該側壁は、該層状キャリア媒体の厚さに、実質的に垂直に拡がり、

30

該空洞のそれぞれは、その内部に閉じ込められた懸濁流体と、該懸濁流体内に配置され、該懸濁流体に電界を印加すると、該懸濁流体を介して移動可能な複数の帯電粒子とを有し、該ディスプレイは、

各側壁の少なくとも一部は導電性があることを特徴とする、電気泳動ディスプレイ。

(項目 19)

前記層状媒体の一方の主表面に、あるいは、それに近接して提供される光透過性の前面電極と、

前記層状媒体の他方の主表面に、あるいは、それに近接して提供される少なくとも 1 つの裏面電極と、

をさらに備え、

40

前記導電性側壁は、該裏面電極の少なくとも 1 つと電氣的に接続されているが、該前面電極から絶縁されている、項目 18 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(項目 20)

互いに間隔をあけた 2 枚の光透過性パネルと、

該 2 枚のパネル間に配置され、光透過性状態、および、その光透過状態より光透過が少ない暗状態を有する電気泳動媒体と

を備える、光変調器であって、

該電気泳動媒体は、電磁放射の少なくとも 1 つの波長に敏感な媒体であり

該光変調器は、少なくとも 1 つの光透過性パネルがこの波長の電磁放射に対する吸収体を備えることを特徴とする、光変調器。

50

## (項目 2 1)

懸濁流体と、帯電および着色され、該懸濁流体内に配置され、該懸濁流体に電界を印加すると、該懸濁流体を介して移動可能な複数の第一の粒子とを備える電気泳動媒体層と、該電気泳動媒体に電界を印加するようにアレンジされた電極手段とを備える、電気泳動ディスプレイであって、

該電極手段は、該第一の粒子が、該層のエリアで大きな比率を占めることで、該層を実質的に光非透過にして、該電気泳動媒体を光非透過状態に駆動するように、および、該第一の粒子が、該層のエリアで小さな比率のみしか占めないことで、該層を実質的に光透過にして、該電気泳動媒体を光透過状態に駆動するように、アレンジされており、

該電気泳動媒体が、帯電し、実質的に透明であり、該懸濁流体に配置され、該懸濁流体への電界の印加によって、該懸濁流体を介して移動可能である複数の第二の粒子によって特徴付けられる、電気泳動ディスプレイ。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0037】

【図1】添付図面の唯一の図は、本発明の電気泳動媒体に対して、印加した場の周波数に対する光学密度の変動を示すグラフである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0038】

(本発明の屈折率マッチングの局面)

今までは、多くの電気泳動媒体の電気光学特性は、媒体が不透明または実質的に不透明な状態な場合に、良好な光学密度を確保するために、最適化されてきた。そして、このような媒体が、シャッターモードまたは可変透過モードで使用される場合に、「透過」状態における光透過性を改善することは、比較的わずかにしか考慮されなかった。しかしながら、このような光透過性を改善するためには、数多くの技術が利用可能である。

## 【0039】

第一に、電気泳動媒体において、大きな一つの光散乱源は、それゆえ、透過状態において透過性を欠くのは、内部相の小滴（その中の懸濁流体および電気泳動粒子）と、小滴を取り囲む連続相との間の境界である。この境界における光散乱を減らすには、懸濁流体の屈折率と連続相材料の屈折率とを、できるだけ近づけることが望ましい。（例えば）0.07以内に、望ましくは0.05以内に、好ましくは0.03以内である。典型的には、従来技術の媒体では、連続相材料は、懸濁流体として使用される脂肪族炭化水素系溶媒より、実質的に高い屈折率を有した。また、後者の屈折率を上げるために、芳香族溶媒およびポリハライド溶媒（そして、おそらくシリコンも）は、その屈折率を上げるために、懸濁流体の中で使用され得る。例えば、懸濁流体は、屈折率 $n=1.42$ のIsopar（登録商標）を、ビフェニル（ $n=1.59$ ）、フェニルナフタレン（ $n=1.67$ ）、ブロモベンゼン（ $n=1.56$ ）、プロモナフタレン（ $n=1.64$ ）、メトキシナフタレン（ $n=1.69$ ）、ポリブロモ芳香族またはポリブロモアルカンのうちの任意の1つ以上とともに含み得る。

## 【0040】

光散乱は、異なる屈折率を有する任意の2相の境界で生じることは、光学業界の当業者には容易に理解される。本発明が減らそうとする光散乱は、懸濁流体を取り囲む連続相の正確な性質がどんなものであっても生じる光散乱であって、それゆえ、本発明の本局面は、任意のタイプの粒子ベースの電気泳動媒体およびディスプレイに適用可能である。例えば、電気泳動媒体は、封入電気泳動媒体であり得る。この場合、関連する境界は、懸濁流体と、小滴を取り囲む複数のカプセル壁との間の境界である。代替的に、電気泳動媒体は、ポリマ分散型電気泳動媒体であり得る。この場合、関連する境界は、懸濁流体と、懸濁流体と直接接するポリマバインダとの間の境界である。媒体は、また、マイクロセルタイプでもあり得る。この場合、関連する境界は、懸濁流体と、マイクロセルを規定する壁との間の境界である。

## 【0041】

特に、前掲の E Ink と M I T とによる特許および特許出願の多くに記載された封入電気泳動媒体で使用するゼラチンベースのカプセル壁は、屈折率が 1.53 である。この屈折率に合うように、Isopar の屈折率は、クロロナフタレン ( $n=1.63$ ) を混合して、高められ得る。クロロナフタレンの最適比率は、55 体積パーセントである。

#### 【0042】

同様に、前掲の E Ink と M I T とによる特許および特許出願の多くに記載されたような複数のカプセルがポリマバインダに組み込まれている封入電気泳動媒体において、電気泳動媒体自身の「連続相 (continuous phase)」は、2 つの個別の相 (すなわち、カプセル壁とバインダ) を含む。光散乱と透明性の欠如の大きな源は、すなわち、カプセル壁とバインダとの間の境界であり、カプセル壁とバインダとの屈折率をできるだけ近づけてマッチングすることが望ましい。再び、(例えば) 0.07 以内に、望ましくは 0.05 以内に、好ましくは 0.03 以内である。

#### 【0043】

既に述べたように、前掲の E Ink と M I T とによる特許および特許出願の多くに記載されたゼラチンベースのカプセル壁は、屈折率が約 1.53 である。このようなカプセル壁とともに、今まで典型的に使用されてきたポリウレタンベースのバインダは、ゼラチンベースのカプセル壁と、屈折率があまりマッチングしない。理想的には、当然、カプセル壁とバインダと同じ材料を使用し得るが、ゼラチンバインダを有する電気泳動媒体をコーティングすることは、実際的には困難を伴う。ゼラチンベースのカプセル壁に、よく屈折率がマッチングするバインダで、コーティングするのに容易であり得るバインダには、ゼラチン、ポリ (ビニルピロリドン) ( $n=1.53$ )、セルロース、( $n=1.54$ )、および、ポリ (メチルアクリルアミド) ( $n=1.514$ ) を含む。

#### 【0044】

典型的な電気泳動ディスプレイにおいて、光散乱が生じる場所には、他にも、電気泳動媒体層自身とラミネーション接着剤 (lamination adhesive) との界面がある。このラミネーション接着剤は、通常は、この電気泳動媒体層を最終的なディスプレイの別の層 (例えば、バックプレーンまたは他の電極アセンブリ) に固定するために、使用される。封入電気泳動媒体の場合、この界面における光散乱は、界面が典型的には平面的ではないという現実から、激しくなる。カプセル/バインダ層内のカプセルが、その層の表面で「バンプ (bump)」を生じ、その結果、非平面的な界面ができる。そして、屈折率がマッチングしない非平面的界面は、同様の平面的な界面に比べ、光散乱が大きいことは、光学業界の当業者には周知である。(ポリマ分散型電気泳動媒体における同じ界面は、同様の理由で、非平面的であり得る。しかしながら、非平面な度合いは、封入電気泳動媒体の場合より、少ないようである。) この界面における光散乱は、バインダ、カプセル壁および接合接着剤の屈折率を的確にマッチングさせることで、実質的に減少され得る。しかし、電気泳動媒体とともに使用するラミネーション接着剤に対する多数の機械的および電氣的制約 (特に米国特許出願公開第 2003/0025855 号を参照) を考えると、屈折率の的確なマッチングを達成し、さらに、その他の制約全てを満足するラミネーション接着剤を見出すのは、困難であり得る。したがって、屈折率のマッチングがある程度不十分なことは、電気泳動媒体とラミネーション接着剤との間の界面で許容されねばならないので、カプセル/バインダ層がラミネーション接着剤に接する前に、カプセル/バインダ層を平坦化して、できるだけ平面的にすることが有利である。このような平坦化は、カプセル/バインダ層の露出面を屈折率マッチング材料 (好ましくはゼラチン) の溶液でコーティングすること、および、カプセル/バインダ層をラミネーション接着剤と接触させる前に乾燥させることによって、実行され得る。代替的に、平坦化は、機械的にカレンダにかけることで、すなわち、カプセル/バインダ層を典型的にはローラと接触させて、圧力を加え、オブションとして熱を加えることで、実行され得る。機械的平坦化が使用された場合、当然、過度のカプセル破裂を生じないように、平坦化条件は注意深く選択されねばならない。

#### 【0045】

10

20

30

40

50

(小滴のアスペクト比と材料の検討)

光変調器において、少なくとも、電気泳動媒体の様々なコンポーネントの的確な屈折率マッチングを達成できなかった場合は、比較的大きな小滴（しばしば、大きなカプセルまたはマイクロセルの形状）を使用することが望ましい。電気泳動媒体は、非透過性モードで使用されるとき、小さな小滴および薄い（好ましくは単層）媒体であることが一般的に好ましい。それは、所定の動作電圧および内部相に対し、小滴が小さいほど、スイッチング速度が速くなるからである。スイッチング速度が速いことは、画像が変わりつつあるときに望ましい。そして、前掲の E Ink と MIT とによる特許および特許出願の多くは、約 20 ~ 50  $\mu\text{m}$  の直径を有するカプセル形状である小さな小滴の使用を示している。しかしながら、可変透過性の窓のような光変調器の多くにおいて、スイッチング速度は、通常は、重要性は大きくない。また、カプセル壁または他の連続相は主たる光散乱源であるので、変調器の単位面積当たりカプセル壁または連続相の量を減らすことが望ましい。電気泳動媒体の面積断面におけるカプセル壁またはマイクロセル壁の周囲は、カプセルまたはマイクロセルのサイズに、およそ反比例する（また、同様な効果がポリマ分散型電気泳動媒体でも見出される）。カプセル壁またはマイクロセル壁（あるいは、ポリマ分散型電気泳動媒体の場合、小滴と連続相との境界）は、主たる光散乱源と期待されるので、カプセルの直径を約 100 ~ 150  $\mu\text{m}$  に大きくすると、光散乱は 3 のファクタで減少するはずである。電気泳動層の厚さは、典型的には、カプセル直径（例えば、約 40 ~ 50  $\mu\text{m}$ ）より実質的に小さいこと、その理由は、大きなカプセルが、アスペクト比（高さ／幅）が 0.5 以下で、望ましくは 0.35 以下であるカプセル内の小滴とともに、「パンケーキ」状に平板化されるようにするためであることに留意すべきである。このようなパンケーキ状は、低い架橋結合度を有する非常にフレキシブルまたはコンフォーマル（conformal）なカプセルを使用することで、最適に達成され得る。これらは、前掲の E Ink と MIT とによる特許および特許出願において、典型的に使用されている。しかしながら、架橋結合されていないゼラチンカプセルは、非常に破裂しやすいことに留意すべきである。同様に、同様なアスペクト比を有する小滴、および、同様なアスペクト比を有するマイクロセルのポリマ分散型電気泳動媒体も使用できる。

#### 【0046】

電気泳動粒子のサイズと体積分率は、透明（「開」）状態で最高の透明度を、不透明（「閉」）状態で適切な不透明度を達成するために、最適化されるべきである。電気泳動粒子の体積分率は、最低値または最低値近くで維持することが望ましく、その最低値において、光を透過しない（「閉」）状態で適切な不透明度を達成する。なぜなら、体積分率は最低値から任意に増加されても、閉状態においては大きな影響はないが、光透過（「開」）状態においては、粒子の大きな凝集体を生成するからである。こうして、この状態における光透過を減らす。薄い色の色素（例えば、アルミまたは他の金属色素）を使用すると、開状態における光透過特性が改善され、同時に、閉状態の黒い外観より、より魅力的な薄い色の反射外観が提供されるはずである。

#### 【0047】

本発明の光変調器は、熱の透過を制御する窓または同様なガラスにおいて、使用されるとき、電気泳動粒子の赤外線反射率は高いことが望ましい。赤外線反射性の色素の例としては、二酸化チタンおよび硫化亜鉛が挙げられる。

#### 【0048】

本発明の光変調器は、典型的には、数時間以上にわたってまで、高い双安定性を有するはずである。その双安定性は、前掲の米国特許出願公開第 2002/0180687 号に記載されているように、ポリイソブチレン（PIB）またはクラトン（Kraton）を含む任意の流体力学的な添加物（addenda）を加えることで、向上し得る。多くの光変調器において、スイッチング速度は最も重要なことではないので、この公開された出願に記載されているように、優れた画像安定性は、欠乏—凝集（depletion-flocculation）のメカニズムによって達成され得る。

#### 【0049】

典型的には、本発明の光変調器は、前掲の米国特許出願公開第2004/013604 8号に記載されているように誘電泳動モードで動作する。上述のように、スイッチング速度は、多くの光変調器で最も重要性が高くはないが、粒子の誘電泳動の動きは、通常は、同じ粒子の電界のラインに沿った電気泳動的な動きより、かなり遅く、電気泳動媒体に特定の改変を実施して、誘電泳動によるスイッチング時間が過度に長くなるのを避けることが、賢明であり得る。例えば、電気泳動粒子として使用されることの多いカーボンブラックを、より大きく導電性も高い色素を有するに置き換えることは、有用であり得る。一方で、カーボン粒子は、その低コスト面で最適な選択を示し得る一方で、金属性または半導体性の粒子も利点を有し得る。誘電泳動効果は、その導電性に依存する。なぜなら、それは、電界との誘導双極性相互作用 (induced dipolar interaction) の結果だからである。導電性が高いと、その結果、粒子は、より敏速に反応する。特に、粒子が比較的高い導電性を有する高いドーピングレベルであるような半導体性粒子も、また、使用され得る。粒子の分極率は、誘電泳動性能にとって重要である。したがって、周期律表で低い元素が、好ましい (例えば、硫化カドミウム、セレン化合物、または、テルル化合物)。また、半導体性粒子に関しては、ドーピングレベルを変えることで、反応を調整することが可能であり得る。それは、ある周波数において、スイッチングがその大多数が電気泳動的であるのに対し、他の周波数において、誘電泳動が優先的に発生し得るようにしてである。この挙動は、単なる導電性粒子 (カーボンまたは金属のような) によって、また、表示される一方で、最大の応答が起こる周波数は、粒子の内部電気抵抗によって影響されると期待される。この効果 (すなわち、周波数応答の依存性) は、ディスプレイを閉じるようにする方法を提供し得る (以下の洗浄泡 (scrubbing bubble) 効果に関して以下参照)。

#### 【0050】

電気泳動粒子が小さければ、分極場 (polarizing field) に対する応答が速くなり得る。

#### 【0051】

本発明の透明粒子の局面に従うと、第一の有色電気泳動粒子に加え、第二に、実質的に透明な電気泳動粒子を光変調器の電気泳動媒体に組み込むことも、優位であり得る。これら第二の電気泳動粒子 (「洗浄泡」) は、いずれの極の電荷 (すなわち、第一の電気泳動粒子の電荷と同じまたは反対) も帯び得て、また、電気泳動媒体をかき混ぜるために、低周波数の波形によって移動し得る。このような透明粒子は、例えば、シリカまたは他のコロイドの非常に小さな ( $20 \sim 50 \mu\text{m}$ ) 粒子であり得て、これら粒子は、あまりにも小さいので、目に付くような光散乱を起こさない。代替的に、透明な粒子は、(懸濁流体の) ポリマ粒子 (的確な反射率の非膨張性ラテックス粒子か、架橋結合のマイクロゲル (microgel) を備え、膨張可能だが、不溶性でない粒子のいずれか) に屈折率マッチングされ得る。このようなマイクロゲルラテックスは、特に有利であり得る。なぜなら、その膨張形式の中に、大多数の溶媒を備え、それゆえ、媒体と屈折率マッチングする方が容易になり、その結果、散乱は少なくなるからである。

#### 【0052】

(駆動方法および粒子の動きを制限する方法)

本発明による光変調器は、透明状態は、電気泳動粒子の場合依存の凝集によって、引き起こされる。このような場合依存の凝集は、小滴 (その小滴が、ポリマ分散型媒体の中であれ、カプセルまたはマイクロセルの内部であれ) の側面壁に電気泳動粒子の誘電泳動移動の形式を、または、「チェーンニング (chaining)」 (すなわち、小滴内の電気泳動粒子のストランドの形成) を、あるいは、おそらく、他の方法を取り得る。凝集の達成が正確にどのタイプでなされるかに関わらず、このような電気泳動粒子の場合依存の凝集は、観察者が電気泳動媒体を通して見る画面に垂直に見る方向で、粒子が各小滴の見えるエリアのわずかな割合を占めるに過ぎない。このように、光透過性である状態すなわち開状態において、各小滴の見えるエリアの大部分は、電気泳動粒子がなく、光はそのエリアを介して自由に通過できる。対照的に、光透過性でない状態すなわち閉状態において、電気泳

動粒子は、各小滴の全体の見えるエリアが全体にわたって分配され（粒子は、懸濁流体の体積全体にわたって均一に分配され得るか、電気泳動層の1つの主表面に隣接して集中され得る）、光は一切そのエリアを介して通過できない。

#### 【0053】

従来の論理によって理解されるように、電気泳動粒子の電界依存凝集は、すなわち、開状態の形成は、電気泳動媒体に高周波数の電界（典型的には少なくとも10Hz）の印加と、不規則な形状の小滴、導電性の高い電気泳動粒子、および、低導電性と低誘電率の懸濁流体の使用によって促進される。逆に、電気泳動粒子の懸濁流体への分散、あるいは、電気泳動層の1つの主平面に隣接して集中は、すなわち、閉状態の形成は、電気泳動媒体に低周波数の場（典型的には10Hz未満）の印加と、大いに帯電した電気泳動粒子、導電性と誘電率との高い懸濁流体、および、帯電した小滴壁の使用によって促進される。言い換えれば、誘電泳動ディスプレイの閉時間（すなわち、誘電泳動マイグレーションからの回復）あるいはストランディング（stranding）ディスプレイの閉時間（すなわち、電子流動力学流体のように粒子が凝集するもの）を減らすには、変調器を開く際は高周波数、高電圧波形を使用して、変調器を閉じる際に、低周波数、低電圧波形を使用して、動作電圧と波形との双方を変化させるのが有利である。これらの波形における変化は、双方向への応答を最適化するために、パターン化した電極または上述した半導体性粒子のいずれとも結合され得る。

#### 【0054】

添付図面の唯一の図は、本発明の実験用電気泳動媒体に周波数場の印加に対する光学密度の変化を示すグラフである。この媒体は、100～150 $\mu$ mのカプセル内に、I s o p a r / クロロナフタレン懸濁流体とともに封入されたカーボンブラックを含む。このカプセルには、カプセル壁にグルタルアルデヒドと架橋結合されたゼラチン / アカシアコアセルベートとポリウレタンバインダを使用する。これらは、前掲の E I n k と M I T とによる特許および特許出願の多くに記載されている。カプセル / バインダ層は平坦化されず、従来のポリウレタンラミネーション接着剤はカプセル / バインダ層と屈折率のマッチングされていないものが使用された。図は、印加場の周波数に対する光学密度の変化を示し、光学密度は印加場の周波数をただ単に調整するだけで、約0.9から約0.3まで（光透過性としては、約10%と50%とにそれぞれ対応する）調整され得る。この媒体はわずかにヒステリシスを示した。したがって、媒体の開（黒から透明へ）と閉（透明から黒へ）に対する結果は、図中で別々にプロットされる。電気泳動媒体のDC駆動で得られた典型的な結果（例えば、前掲の米国特許出願公開第2003 / 0137521号参照）とは対照的に、この媒体の光学密度は、履歴依存性がない（すなわち、得られた光学密度が、媒体の以前の状態の関数ではない）ことが分かった。これは、媒体の駆動方法を大幅に単純化する。

#### 【0055】

以前に述べたように、本発明による電気泳動媒体の光学密度は、少なくとも電気泳動層の厚みに垂直に見られる場合、電気泳動粒子によって占められる可視面積の割合の関数であり、最も透明な状態を生成するために、この割合は、できるだけ小さくなるべきである。しかしながら、画像科学の当業者には容易に明らかなように、軸から外れて見た（すなわち、電気泳動層の厚さに対し、急峻な角度の方向で見たとき）媒体の透明な状態の外観は、電気泳動粒子によって占められる可視面積の割合の関数であるだけでなく、電気泳動層の厚みを介した電気泳動粒子の分布の関数でもある。粒子が、電気泳動層の全体厚さを介して拡がる構造を形成する場合（例えば、粒子が、小滴の側壁全体を占める場合、あるいは、層の厚み全体を介して拡がるストランドを形成する場合）、これら構造は、媒体が軸から外れて見られるときも見ることができ、可視面積の相当な割合を占め得る。こうして、媒体の軸から外れた場合の透明性が減る。しかしながら、粒子が電気泳動層の厚さの一部のみに拡がる構造を形成する場合に、媒体が軸から外れて見られると、これら構造は可視面積で小さな割合を占め、こうして、軸から外れた場合の媒体の透明度を向上することができる。

10

20

30

40

50

## 【0056】

軸から外れた場合の透明度を向上するためには、電気泳動層をできるだけ薄く保つことが有利であり得る。こうして、電気泳動層の厚さを介して拡がる任意の粒子構造のサイズを小さくする。しかしながら、上述のように、ディスプレイの閉状態における適切な不透明度を達成するためには、電気泳動層を薄くすると、それに見合う電気泳動粒子の体積分率の増加が要求される。それゆえ、光変調器の中で使用する任意の所定の材料選択に対する電気泳動層の最適な厚さがあり得る。また、構造が小滴の側壁を占めるタイプのものでは、幅広の小滴を使用するのが有利である。なぜなら、このことにより、粒子構造が形成される側壁の数が減り、こうして、電気泳動層が軸から外れて見られるとき、この構造によって占められる可視領域の割合も減るからである。換言すれば、軸から外れて見られたこのような電気泳動層の透明度は、小滴のアスペクト比（高さ対最大側面寸法）の関数である。

10

## 【0057】

軸から外れた透明度は、また、粒子構造が小滴の側壁全体を占めないように、粒子構造を制御することで改善され得る。特に、粒子構造が電気泳動媒体層の一方の主表面に隣接する側壁の一部のみを占めるように、粒子を集中することが有利である。このような粒子構造は、最初に、電気泳動層にDC場を印加し、電気泳動層の一方の主表面に隣接する小滴内に全ての粒子を導き、次いで、適切な周波数のAC場を用いて、側壁に粒子を駆動する本発明のDC/AC駆動方法に従って、生成され得る。

本発明の導電性側壁マイクロセルの局面に従うマイクロセル電気泳動媒体の場合、少なくとも、各側壁の一部を導電性とすることが有利であり得る。このような導電性側壁は、電気泳動媒体を駆動するために、電極から絶縁されることも、絶縁されないこともあり得る。媒体が駆動され、導電性側壁が駆動電極から絶縁されると、このような導電性側壁は、誘導によって分極され、マイクロセル内の電気泳動内部相によって受けた電界は、導電性側壁と駆動電極との間のエリアに集中する。それは、形成された任意の粒子構造が、これらエリアに近接して集中し、側壁全体に拡がらないようにするためである。代替的に、導電性側壁は、ディスプレイのバックプレーンで、電気接触し得るが、前面電極から絶縁され得る。こうして、側壁の「上部」近くに電界強度が集中する（すなわち、前面電極に隣接する側壁のポーション）。それは、ディスプレイの開状態において、電気泳動粒子は、側壁のこれらポーションに隣接して、集中するようになるためである。

20

30

## 【0058】

本発明の光変調器の電気光学性能は、ディスプレイを駆動するために使用される電極の幾何学的条件によって、実質的に影響を受ける。光変調器で、その開状態と閉状態とを切り替えるために、電気泳動粒子を側面に沿って（すなわち、電気泳動媒体の平面で）、電気泳動粒子を動かす必要がある。そして、このような側面的なスイッチングは、多数の異なる電極の幾何学的条件を使用して達成され得る。パターン化電極は、小滴サイズより大きな間隔があったとしても、小滴の側面まで（up to the sides）、電気泳動粒子の側面方向の動きを提供できる。この方法を用いると、電極幅は、電極間のギャップに比べて小さくあるべきであり、電気泳動層は、電界の側面コンポーネントを最大化するために、できるだけ薄くするべきである。パターン化されたバックプレーンと異なる極性を有するトッププレーンは、側面の電界を最大化するのに役立ち、最も高い電界の領域に粒子を集中する。

40

## 【0059】

誘電泳動は、その電界自身に依存しないが、電界勾配に依存するので、パターン化電極は、この技術を用いるディスプレイには有利であり得る。強い局所電界勾配が、例えば、異なる電圧で交互嵌合電極（inter-digitated electrode）（すなわち、2セットの交互の細長い枝（alternating elongate line）を有する電極配置で、各セットの枝は同じ電圧に保たれている）によって、おそらくトッププレーン電極と合わさって形成され得る。ここで、枝が同じ電位に置かれた場合、デバイスは、前後スイッチングの電気泳動効果に影響を与えるために使用され得る。こ

50

のデバイスは、（開で）透明なディスプレイの閉鎖速度を速めるはずである。

#### 【0060】

ガラス上に区分化されたパターン化電極は、（ほとんどの従来技術における電気泳動ディスプレイにおけるカラーベースで、反射コントラスト以上に）明／不透明のコントラストに基づく表示を可能とする。パターン化電極は、文字または画像を明確に示すために設置され、バックグラウンドから別個にアドレス指定されるように、配置され得る。

#### 【0061】

（結論）

本発明の光変調器に使用される電気泳動媒体は、経済的に製造され得る。なぜなら、小滴サイズを均一とすることが要求されず、ポリマ分散型封入媒体および／または分級なし（すなわち、サイズによる選択なし）の封入媒体で、おそらく限られた凝集手順（coalescence procedure）（2005年1月19日出願で同時係属の米国特許出願第10／905,746号および対応する国際出願PCT／US05／01806を参照）によって準備される封入媒体は、典型的な従来技術の封入手順における材料ロスを減らし得るからである。本発明における小滴サイズに対する要求が緩和されるのは、光変調器においてはスイッチング時間が遅くても実現可能だからであり、上記で議論した凝集しているブロックのコポリマのような、剪断劣化のない流体力学的な添加物の使用によってである。

#### 【0062】

電気泳動媒体のコストは、共有結合的に結び付いたポリマシェルの用いずに、電気泳動粒子を使用すること（前掲の米国特許第6,822,782号に記載のタイプ）で、減少され得る。それは、電気泳動粒子および懸濁流体に加え、界面活性剤／分散補助剤／荷電剤のみを含み得るようにするためである。製造業者からの購入ままのカーボン分散（bare carbon dispersion）を、何ら合成調製することなく、直接使用することも可能であり得る。

#### 【0063】

本発明の光変調器での所望のコントラストとは、電気泳動媒体によって光が遮られる閉状態と、光が遮られない開状態との間であるので、使用される電気泳動媒体は、典型的には、単一粒子であることに留意されるべきである。なぜなら、電気泳動媒体のタイプが2つ以上存在する必要があるからである。さらに、単一粒子媒体のような懸濁流体は、開状態での最大の透明度を提供するために、通常は着色されない。

#### 【0064】

スイッチング（開／閉）時間は、本発明の光変調器においては、比較的重要でないので、電気泳動媒体は、多層（単層ではなく）コーティングの形式を有し得るが、それでもなお、満足いく結果が得られる。内部相材料とバインダの適切な選択によって、屈折率が十分にマッチングするシステム、あるいは、さもなくば上述のように最適化されたシステムであれば、コスト削減と、多層コーティングによる透明度悪化／ヘイズ（散乱）増加とのトレードオフも、有利になる。

#### 【0065】

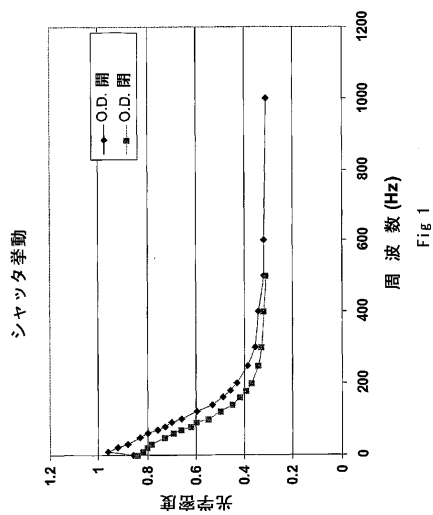
本発明の光変調器に使用する好ましいマルチレベル／マルチ周波数の波形は、既に上記で議論された。また、波形のパルス形状を制御することも望ましいこともある。方形波のパルス形状と、正弦波のパルス形状との間では、正弦波がより良好な閉挙動を示し得る。なぜなら、粒子の分極は、システムの流体力学的混合の発生の少ない状況において、より遅く形成されるからである。

#### 【0066】

前掲のE InkおよびMITによる特許および特許出願の一部に記載したように、電気泳動媒体は、とりわけ、媒体の動作寿命の低下をもたらす電磁放射の様々な波長に敏感なことが多い。それゆえ、媒体が敏感である放射から、媒体を遮蔽するために、フィルタ層を設けることが、しばしば望ましい。本発明の変透過性の窓は、2枚のガラスに挟まれた電気泳動媒体の形式を典型的には有する。本発明の放射吸収パネルの局面に従うと、

この構造において、電気泳動媒体の中に個別のフィルタ層を設けるのではなく、例えば、紫外線および／または赤外線フィルタリングといった必要なフィルタリングを一方または双方のガラス板（または、他の同様に使用されたパネル）に設けることで、コスト削減が達成され得る。

【図 1】



---

フロントページの続き

(72)発明者 マイケル エム. マックリアリー

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01720, アクトン, ステーション ウェイ 3

(72)発明者 リチャード ジェイ. パオリーニ ジュニア

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 ス  
トリート 62

Fターム(参考) 2K101 AA04 BA03 BA05 BC02 BD43 BD68 BD78 BE61 BE71 ED22  
EE02 EK05

【外国語明細書】  
2017111461000001.pdf