

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5978821号  
(P5978821)

(45) 発行日 平成28年8月24日 (2016. 8. 24)

(24) 登録日 平成28年8月5日 (2016. 8. 5)

(51) Int. Cl.

G O 2 F 1 / 167 (2006. 01)

F I

G O 2 F 1 / 167

請求項の数 13 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2012-157224 (P2012-157224)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成24年7月13日 (2012. 7. 13)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-21176 (P2014-21176A)		東京都新宿区新宿四丁目 1 番 6 号
(43) 公開日	平成26年2月3日 (2014. 2. 3)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成27年5月22日 (2015. 5. 22)		弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100164633
			弁理士 西田 圭介
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(72) 発明者	山崎 泰志
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気泳動材料、電気泳動表示装置、及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも第一極性に帯電した第一粒子と、第二極性に帯電した第二粒子とを含む複数の粒子が溶媒に分散されている電気泳動材料において、

前記第一粒子の平均半径は、前記第二粒子の平均半径よりも大きく、

前記溶媒の体積を前記粒子の総数で割った体積を自由体積と称し、前記粒子の平均体積と前記自由体積との和が占める球形空間の半径を自由体積半径と称したとき、

前記自由体積半径と前記第一粒子の平均半径との差は、前記第二粒子の平均半径よりも大きく、

前記第二粒子の帯電量は、前記第一粒子の帯電量よりも大きい事を特徴とする電気泳動材料。

10

【請求項 2】

前記第二粒子の表面は前記第二極性を有する官能基を含む高分子にて被覆されている事を特徴とする請求項 1 に記載の電気泳動材料。

【請求項 3】

前記第一粒子と前記第二粒子との表面は無極性高分子にて被覆されており、

前記第一粒子の表面の前記無極性高分子による被覆率は、前記第二粒子の表面の前記無極性高分子による被覆率よりも大きい事を特徴とする請求項 1 に記載の電気泳動材料。

【請求項 4】

前記第一粒子は白色であり、前記第二粒子は前記白色とは異なる有色である事を特徴と

20

する請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の電気泳動材料。

【請求項 5】

前記第一粒子の体積濃度は前記第二粒子の体積濃度よりも大きい事を特徴とする請求項 4 に記載の電気泳動材料。

【請求項 6】

前記第一粒子の屈折率と前記溶媒の屈折率との比は 1 よりも大きく、

前記第一粒子平均半径は  $0.05 \mu\text{m}$  以上  $0.4 \mu\text{m}$  以下の範囲にある事を特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の電気泳動材料。

【請求項 7】

前記第一粒子平均半径は  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $0.15 \mu\text{m}$  以下の範囲にある事を特徴とする請求項 6 に記載の電気泳動材料。

10

【請求項 8】

前記第一粒子は内部に光学界面を含む樹脂である事を特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の電気泳動材料。

【請求項 9】

前記第一粒子は内部に空隙を含む事を特徴とする請求項 8 に記載の電気泳動材料。

【請求項 10】

前記粒子は、第三粒子を含み、

前記第二粒子の平均半径は、前記第三粒子の平均半径と等しいか、若しくはそれよりも大きく、

20

前記自由体積半径と前記第二粒子の平均半径との差は、前記第三粒子の平均半径よりも大きい事を特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の電気泳動材料。

【請求項 11】

前記第三粒子の帯電量は、前記第二粒子の帯電量と等しいか、若しくはそれよりも大きい事を特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の電気泳動材料。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の電気泳動材料を備えた事を特徴とする電気泳動表示装置。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の電気泳動表示装置を備えた事を特徴とする電子機器。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気泳動材料と電気泳動表示装置、及び電子機器の技術分野に関する。

【背景技術】

【0002】

電気泳動表示装置では、電気泳動材料を挟んで対向する画素電極と共通電極との間に電圧を印加して、帯電した白粒子や黒粒子等の電気泳動粒子を空間的に移動させる事で表示領域に画像を形成している。電気泳動粒子は一度空間的に移動すると、電圧が取り除かれても、粒子同士の凝集力により拡散が抑制される。その為に、電気泳動表示装置は、電力供給がなされずとも、画像を維持する性質があり、低消費電力の電子書籍などに適応されている。従来の電気泳動材料では、特許文献 1 に記載されている様に、電気泳動粒子に酸化チタンなどの白粒子と染色されたアクリル系樹脂粒子などの赤粒子とを用いていた。具体的には、平均粒径が  $0.25 \mu\text{m}$  の酸化チタン 8 g と、平均粒径が  $4 \mu\text{m}$  のアクリル系樹脂粒子 8 g と、を 80 mL のドデシルベンゼンに分散させて電気泳動材料としていた。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2011 - 118417 号公報

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかしながら、従来の電気泳動材料では、印加電圧に対する応答速度が遅く、低電圧での駆動が困難という課題があった。換言すれば、従来の電気泳動材料は電気泳動性（低電圧駆動や高速応答）が悪いという課題があった。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明は、前述の課題の少なくとも一部を解決する為になされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

10

## 【0006】

（適用例1） 本適用例に係わる電気泳動材料は、粒子が溶媒に分散されており、溶媒の全体積を粒子の総数で割った体積を自由体積と称し、粒子の平均体積と自由体積との和が占める球形空間の半径を自由体積半径と称し、粒子は、少なくとも第一極性に帯電した第一粒子と、第二極性に帯電した第二粒子とを含み、第一粒子の平均半径を第一粒子平均半径と称し、第二粒子の平均半径を第二粒子平均半径と称し、第一粒子平均半径は第二粒子平均半径よりも大きく、自由体積半径と第一粒子平均半径との差は第二粒子平均半径よりも大きく、第二粒子の帯電量は第一粒子の帯電量よりも大きい事の特徴とする。

この構成によれば、粒子サイズが小さい第二粒子の帯電量が大きいので、第二粒子の電気泳動移動度は第一粒子の電気泳動移動度よりも大きくなり、電気泳動が行い易くなる。その一方で、第二粒子平均半径は自由体積半径から第一粒子平均半径を減じた距離よりも小さいので、第二粒子は容易に第一粒子間の隙間をすり抜ける事ができる。要するに、電気泳動移動度の大きい第二粒子が容易に第一粒子間の隙間をすり抜ける事ができる。従って、電気泳動材料の応答速度を速め、低電圧で電気泳動材料を駆動させる事ができる。換言すると、優れた電気泳動性を有する電気泳動材料を提供する事ができる。

20

## 【0007】

（適用例2） 上記適用例に係わる電気泳動材料において、第二粒子の表面は第二極性を有する官能基を含む高分子にて被覆されている事が好ましい。

この構成によれば、第一粒子の表面を無極性又は第一極性を有する官能基を含む高分子にて被覆すると、第一粒子を第一極性に帯電させる事ができ、第二粒子を第二極性に帯電させる事ができる。而も第一粒子の帯電量も第二粒子の帯電量も独立に制御できるので、第二粒子の帯電量を第一粒子の帯電量よりも大きくする事ができる。

30

## 【0008】

（適用例3） 上記適用例に係わる電気泳動材料において、第一粒子と第二粒子との表面は無極性高分子にて被覆されており、第一粒子の表面の無極性高分子による被覆率は、第二粒子の表面の無極性高分子による被覆率よりも大きい事が好ましい。

粒子を溶媒中に分散させると、粒子と溶媒との仕事関数差を緩和すべく電荷分離現象が生じて、粒子は帯電する。一方、無極性高分子が粒子表面に吸着すると、粒子の表面帯電を中和させる。従って、この構成によれば、第一粒子と第二粒子とで、無極性高分子による被覆率を変える事で、第一粒子を第一極性に帯電させ、第二粒子を第二極性に帯電させ、第二粒子の帯電量を第一粒子の帯電量よりも大きくする事ができる。

40

## 【0009】

（適用例4） 上記適用例に係わる電気泳動材料において、第一粒子は白色であり、第二粒子は白色とは異なる有色である事が好ましい。

この構成によれば、電気泳動しにくい第一粒子が白色で電気泳動材料に比較的一様均一に分散されるので、光の散乱が比較的一様均一となり、明度の高い白表示を実現する事ができる。

## 【0010】

（適用例5） 上記適用例に係わる電気泳動材料において、第一粒子の体積濃度は第二粒子の体積濃度よりも大きい事が好ましい。

50

この構成によれば、白色の第一粒子の体積割合が、有色で動き易い第二粒子の体積割合よりも大きいので、明度の高い白表示を実現する事できる。

【0011】

(適用例6) 上記適用例に係わる電気泳動材料において、第一粒子の屈折率と溶媒の屈折率との比は1よりも大きく、第一粒子平均半径は0.05  $\mu\text{m}$ 以上0.4  $\mu\text{m}$ 以下の範囲にある事が好ましい。

この構成によれば、第一粒子による可視光の散乱効率を高くする事ができる。従って、明度の高い白表示を実現する事できる。

【0012】

(適用例7) 上記適用例に係わる電気泳動材料において、第一粒子平均半径は0.1  $\mu\text{m}$ 以上0.15  $\mu\text{m}$ 以下の範囲にある事が好ましい。 10

この構成によれば、第一粒子による可視光の散乱効率を特に高くする事ができる。従って、より明度の高い白表示を実現する事できる。

【0013】

(適用例8) 上記適用例に係わる電気泳動材料において、第一粒子は内部に光学界面を含む樹脂である事が好ましい。

この構成によれば、第一粒子の表面と内部の光学界面との両方で光を散乱する事ができる。従って、明度の高い白表示を実現する事できる。

【0014】

(適用例9) 上記適用例に係わる電気泳動材料において、第一粒子は内部に空隙を含む事が好ましい。 20

この構成によれば、第一粒子の内部に容易に光学界面を形成する事ができる。而も、第一粒子の密度は樹脂の密度よりも小さくなり、溶剤の密度に近づくので、分散安定性が向上すると共に、第一粒子を電気泳動材料の中で比較的一様均一に分散させる事ができる。従って、明度の高い白表示を実現する事できると共に画像保持特性を向上させる事ができる。

【0015】

(適用例10) 本適用例に係わる電気泳動表示装置は、上記適用例のいずれか一項に記載の電気泳動材料を備えた事を特徴とする。

この構成によれば、応答速度が速く、鮮やかな表示を行い、画像保持特性にも優れた電気泳動表示装置を提供する事ができる。 30

【0016】

(適用例11) 本適用例に係わる電子機器は、上記適用例に記載の電気泳動表示装置を備えた事を特徴とする。

この構成によれば、応答速度が速く、鮮やかな表示を行い、画像保持特性にも優れた電子機器を提供する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施形態1における電子機器の斜視図。

【図2】実施形態1に係わる電気泳動表示装置を説明した断面図。 40

【図3】電気泳動材料の構成を説明した模式図。

【図4】電気泳動材料の間隔と濃度との関係を説明する図。

【図5】粒子径と光の散乱強度との関係を説明した図。

【図6】粒子の帯電処理を説明した図。

【図7】実施形態1に係わる電気泳動表示装置の回路図。

【図8】電子ペーパーの構成を示す斜視図。

【図9】電子ノートの構成を示す斜視図。

【図10】実施形態2に係わる電気泳動表示装置を説明した断面図。

【図11】変形例1に係わる電気泳動材料を説明した図。

【図12】変形例2に係わる電気泳動材料を説明した図。 50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0018】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。尚、以下の各図においては、各層や各部材を認識可能な程度の大きさにするため、各層や各部材の尺度を実際とは異ならせしめている。

## 【0019】

(実施形態1)

「電子機器の概要」

図1は、実施形態1における電子機器の斜視図である。先ず、実施形態1に係わる電子機器と電気泳動表示装置との概要を、図1を参照して説明する。

10

## 【0020】

図1に示す様に、本発明に係わる電子機器100は、電気泳動表示装置150と、電子機器100を操作するためのインターフェイスとを備えている。インターフェイスとは、具体的には操作部120で、スイッチなどから構成される。電気泳動表示装置150は表示領域10を有するディスプレイモジュールである。表示領域10は複数の画素20(図7(a)参照)から成り、これらの画素20が電氣的に制御される事で表示領域10に画像が表示される。

## 【0021】

「電気泳動表示装置の構造」

図2は、実施形態1に係わる電気泳動表示装置を説明した断面図であり、(a)は第一表示を説明し、(b)は第二表示を説明している。尚、第一粒子241の色を第一の色とし、第一の色を表示する場合を第一表示とする。同様に、第二粒子242の色を第二の色とし、第二の色を表示する場合を第二表示とする。第一の色と第二の色とは異なっており、本実施形態では、一例として、第一の色を白色とし、第二の色を黒色としている。次に、図2を用いて、本実施形態に係わる電気泳動表示装置150の構造を説明する。

20

## 【0022】

電気泳動表示装置150は第一基板80と第二基板90とを有する。表示領域10には複数の画素20が行列状に配置されている。第一基板80で表示領域10となる領域には、画素20毎に画素電極22と画素回路(図7(b)参照)とが形成され、第二基板90にはほぼ全面に共通電極23が形成されている。画素回路は画素スイッチング用トランジスタ21と保持容量25とを含んでおり、一つの画素20は走査線30とデータ線40との交点に形成される。更に、画素20には共通電位線50も配線されている。第一基板80と第二基板90と間には電気泳動材料24が挟持されている。電気泳動材料24は粒子が溶媒に分散されている。粒子は、少なくとも第一極性に帯電した第一粒子241と、第二極性に帯電した第二粒子242と、を含み、これらの粒子が不図示の分散剤などの添加剤と共に不図示の溶媒に分散されて電気泳動材料24とされている。

30

## 【0023】

第一極性と第二極性とは電氣的に反対の極性で、本実施形態では、一例として、第一極性を負(マイナス)とし、第二極性を正(プラス)としている。この結果、電気泳動材料24は画素電極22と共通電極23との間で電気泳動性を示す事になる。第一粒子241と第二粒子242とが互いに逆極性に帯電しているので、電気泳動材料24に印加する電界で第一粒子241も第二粒子242もそれらの分布位置を制御する事ができる。即ち、異なった画像間で画像品位を安定させる事ができる。

40

## 【0024】

第一粒子241の第一の色と第二粒子242の第二の色とは互いに相補的で有る事が好ましい。即ち、白色光を第二粒子242に照射した際に、第二粒子242が第一の色を吸収して得られる反射色を第二の色とするのが好ましい。本実施形態では、一例として、第一の色は白色で、第一粒子241は白色を呈している。従って、第二粒子242が呈する第二の色は黒色である。

## 【0025】

50

第二基板 90 は透明で、使用者は第二基板 90 側から電気泳動表示装置 150 を見る。従って、図 2 ( a ) に示す様に、例えば、白表示をさせるには、白色の第一粒子 241 を共通電極 23 側に寄せ、黒色の第二粒子 242 を画素電極 22 側に寄せる。電気泳動表示装置 150 に入射する光は、第一粒子 241 によって散乱され、第一表示する事になる。反対に、黒表示をさせるには、図 2 ( b ) に示す様に、黒色の第二粒子 242 を共通電極 23 側に寄せ、白色の第一粒子 241 を画素電極 22 側に寄せる。電気泳動表示装置 150 に入射する光は、第二粒子 242 によって第一の色の光 ( この場合、白色 ) が吸収され、第二表示 ( この場合、黒表示 ) する事になる。

#### 【 0026 】

本実施形態では、第二粒子 242 が第二極性に帯電しているが、第二粒子 242 には第一粒子 241 よりも強く第二極性を示す帯電処理を施してある。即ち、第二粒子 242 の帯電量を第一粒子 241 の帯電量よりも大きくしてある。言い換えると、第二粒子 242 の電気泳動移動度を第一粒子 241 の電気泳動移動度よりも大きくしてある。図 2 ( a ) と ( b ) とを比較すると判る様に、本実施形態で電界に対して鋭敏に応答して電気泳動するのは第二粒子 242 である。その為に、第二粒子 242 は強く帯電している必要があり、電気泳動移動度も大きくなければならない。一方、第一粒子 241 は第一基板 80 と第二基板 90 との間には比較的均一に分布しておれば良く、必ずしも強く電気泳動される必要性はない。要するに、本実施形態では、電気泳動表示装置 150 で第二粒子 242 が主として電気泳動し、第一粒子 241 は弱く電気泳動する事で表示の切り替えが行われている。一般に粒子に帯電処理を施すと、溶媒中に反対極性のイオンが放出され、溶媒の絶縁性が低下する。本実施形態の電気泳動材料 24 では、第一粒子 241 の帯電処理が弱いので、溶媒中に放出されるイオンの量も減り、溶媒の絶縁性が増す。溶媒の電気絶縁性が増すと、帯電粒子に効率的に電界が印加されるので、電気泳動性が向上する。即ち、帯電粒子が被る実効的な電界強度が大きくなるので、電気泳動性が向上する。こうして電気泳動表示装置 150 は優れた電気泳動性を示す事になる。加えて、電気泳動材料 24 では、第一粒子 241 よりも第二粒子 242 は小さく、第一粒子 241 の粒子間の隙間を第二粒子 242 が容易にすり抜けられる構成とされている。こうすると、帯電量が大きく、従って、電気泳動移動度も大きく、小さい第二粒子 242 が容易に第一粒子 241 の隙間をすり抜ける事ができる様になる。この結果、電気泳動材料 24 の応答速度を速め、低電圧で電気泳動材料 24 を駆動させる事ができる。換言すると、優れた電気泳動性を有する電気泳動表示装置 150 とする事ができる。

#### 【 0027 】

##### 「電気泳動材料」

図 3 は電気泳動材料の構成を説明した模式図である。又、図 4 は電気泳動材料の間隔と濃度との関係を説明する図である。図 5 は粒子径と光の散乱強度との関係を説明した図である。図 6 は粒子の帯電処理を説明した図である。次に図 3 から図 6 を参照して、本実施形態に係わる電気泳動材料 24 を説明する。電気泳動材料 24 は、主として、第一粒子 241 や第二粒子 242 と言った粒子と、溶媒と、その他の添加剤と、から構成される。以降、第一粒子 241 と第二粒子 242 とを特に区別する必要がない場合、両者を総称して単に粒子と呼ぶ事もある。

#### 【 0028 】

出願人が鋭意研究したところによると、従来の電気泳動材料が電気泳動性に劣る理由は、電気泳動粒子の粒径や濃度、帯電量等に配慮が払われていなかった為だと判明した。そこで、次に、第一粒子 241 や第二粒子 242 等を含んだ電気泳動材料 24 の最適組成を説明する。まず、電気泳動材料 24 には第一粒子 241 から第  $k$  粒子迄の  $k$  種類の粒子を含んでいるとする。ここで  $k$  は 2 以上の整数である。電気泳動材料 24 での第  $i$  粒子の重量を  $W_i$  とし、密度を  $\rho_i$  とする。更に、電気泳動材料 24 で溶媒と添加剤とを合わせた材料の重量を  $W_0$  とし、その材料の密度を  $\rho_0$  とする。この際に、第  $i$  粒子の体積  $V_i$  は数式 1 で表される。

#### 【 0029 】

【数 1】

$$V_i = \frac{W_i}{\rho_i} \quad \dots (1)$$

【0030】

又、溶媒と添加剤とを合わせた材料の体積（溶媒の全体積と称する） $V_0$ は数式2で表される。

【0031】

【数 2】

10

$$V_0 = \frac{W_0}{\rho_0} \quad \dots (2)$$

【0032】

第  $i$  粒子の重量濃度  $C_{Wi}$  は電気泳動材料 24 の全重量に対する第  $i$  粒子の重量の割合であり、数式3にて表される。

【0033】

【数 3】

20

$$C_{Wi} = \frac{W_i}{\sum_{i=0}^k W_i} \quad \dots (3)$$

【0034】

同様に、第  $i$  粒子の体積濃度  $C_{Vi}$  は電気泳動材料 24 の全体積に対する第  $i$  粒子の体積の割合であり、数式4にて表される。

【0035】

【数 4】

30

$$C_{Vi} = \frac{V_i}{\sum_{i=0}^k V_i} \quad \dots (4)$$

【0036】

第  $i$  粒子の平均半径を第  $i$  粒子平均半径と称し、 $a_i$  にて表すと、第  $i$  粒子の数濃度  $C_{Ni}$  は数式5にて表される。一例としては、第一粒子 241 の平均半径が第一粒子平均半径  $a_1$  であり、第二粒子 242 の平均半径が第二粒子平均半径  $a_2$  である。尚、数濃度  $C_{Ni}$  とは、電気泳動材料 24 の単位体積当たりの第  $i$  粒子の個数である。

【0037】

40

【数 5】

$$C_{Ni} = \frac{C_{Vi}}{\frac{4}{3} \pi a_i^3} = \frac{1}{\frac{4}{3} \pi a_i^3} \cdot \frac{V_i}{\sum_{i=0}^k V_i} \quad \dots (5)$$

【0038】

数式5の二番目の等号では数式4を考慮している。 $k$  種類の粒子全体の数平均体積を粒子の平均体積と称し、 $V_p$  にて表すと、 $V_p$  は数式6となる。

【0039】

50

【数 6】

$$V_p = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{4}{3} \pi a_i^3 C_{Ni}}{\sum_{i=1}^k C_{Ni}} = \frac{4}{3} \pi \cdot \frac{\sum_{i=1}^k a_i^3 C_{Ni}}{\sum_{i=1}^k C_{Ni}} \equiv \frac{4}{3} \pi a^3 \quad \dots (6)$$

【0040】

尚、数式 6 の一番右の等号は  $a$  に関する定義式で、 $a$  を見掛けの粒子半径と称する。従って、見掛けの粒子半径  $a$  は数式 7 となる。

10

【0041】

【数 7】

$$a = \left( \frac{\sum_{i=1}^k a_i^3 C_{Ni}}{\sum_{i=1}^k C_{Ni}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \dots (7)$$

【0042】

20

又、電気泳動材料 24 における第  $i$  粒子の個数  $N_i$  は数式 8 となる。

【0043】

【数 8】

$$N_i = \frac{V_i}{\frac{4}{3} \pi a_i^3} \quad \dots (8)$$

【0044】

電気泳動材料 24 で溶媒と添加剤とを合わせた材料の体積を粒子の総数で割った体積を自由体積と称し、 $V_F$  にて表す。自由体積  $V_F$  とは、要するに粒子 1 個当たりが有する溶媒と添加剤とを合わせた材料の体積であり、数式 9 となる。

30

【0045】

【数 9】

$$V_F = \frac{V_0}{\sum_{i=1}^k N_i} \quad \dots (9)$$

【0046】

40

次に、数式 6 で表される粒子の平均体積  $V_p$  と数式 9 で表される自由体積  $V_F$  との和が占める球形空間の半径を自由体積半径と称し、 $R$  にて表す。この定義から自由体積半径  $R$  は数式 10 の関係を満たす。

【0047】

【数 10】

$$\frac{4}{3} \pi R^3 \equiv V_p + V_F \quad \dots (10)$$

【0048】

電気泳動材料 24 全体に対する粒子の総体積の割合を体積分率 とする。体積分率 は

50



数式 4 を  $k$  個の粒子に対して和を取る事になる。更に粒子 1 個に関して体積分率  $\phi$  を考えると、粒子の平均体積  $V_p$  と自由体積  $V_F$  との和に対する粒子の平均体積  $V_p$  の割合が体積分率  $\phi$  である。従って、体積分率  $\phi$  は数式 11 となる。

【 0 0 4 9 】

【数 1 1】

$$\phi = \sum_{i=1}^k C_{Vi} = \frac{\sum_{i=1}^k V_i}{\sum_{i=0}^k V_i} = \frac{V_p}{V_p + V_F} = \frac{\frac{4}{3} \pi a^3}{\frac{4}{3} \pi R^3} = \left( \frac{a}{R} \right)^3 \quad \dots (11)$$

10

【 0 0 5 0 】

電気泳動材料 24 では、第一粒子平均半径  $a_1$  は第二粒子平均半径  $a_2$  よりも大きく、自由体積半径  $R$  と第一粒子平均半径  $a_1$  との差は第二粒子平均半径  $a_2$  よりも大きくされている。即ち、粒子の半径に関しては、数式 12 が満たされる様にされている。

【 0 0 5 1 】

【数 1 2】

$$a_1 > a_2 \quad S_1 = 2R - 2a_1 > 2a_2 \quad \dots (12)$$

20

【 0 0 5 2 】

図 3 は第一粒子 241 と他の第一粒子 241 との粒子表面間の距離  $S_1$  (第一粒子表面間距離  $S_1$  と称す) や自由体積半径  $R$ 、第一粒子平均半径  $a_1$ 、第二粒子平均半径  $a_2$  等の関係を示している。第一粒子表面間距離  $S_1$  は、自由体積半径  $R$  の倍 (自由体積直径) と第一粒子平均半径  $a_1$  の倍 (第一粒子平均粒径) との差に等しい。一方、粒子表面間の距離  $S_1$  は、第二粒子平均半径  $a_2$  の倍 (第二粒子平均粒径) よりも大きくされている。

【 0 0 5 3 】

加えて、第二粒子 242 の帯電量は第一粒子 241 の帯電量よりも大きくされている。こうした構成に由来して、第二粒子 242 は容易に第一粒子 241 間の隙間を通過する事ができ、電気泳動材料 24 の電気泳動性は向上する。

30

【 0 0 5 4 】

更に、電気泳動材料 24 では、第一粒子 241 の体積濃度  $C_{v1}$  は第二粒子 242 の体積濃度  $C_{v2}$  よりも大きくされている。粒径が大きく、体積濃度  $C_{v1}$  が高い第一粒子 241 の移動度は第二粒子 242 よりも小さい。その結果、第一粒子 241 の移動速度が小さくなるため、溶媒が第一粒子 241 の移動によって受ける抵抗 (力) を小さくする事ができ、不要な溶媒の流動を抑制し、第二粒子 242 の移動を阻害することがない。換言すると、白色の第一粒子 241 の体積割合が、有色で動き易い第二粒子 242 の体積割合よりも大きくなり、明度の高い白表示が実現される。尚、電気泳動材料 24 での第  $i$  粒子の帯電量  $Q_i$  は数式 13 を用いて定義する。

【 0 0 5 5 】

【数 1 3】

$$\mu_i = \frac{V}{E} = \frac{Q_i}{6 \pi \eta a_i} \quad \dots (13)$$

40

【 0 0 5 6 】

ここで  $V$  は第  $i$  粒子に電界  $E$  が印加された際の平均速度で、 $\eta$  は溶媒の粘度、 $\mu_i$  は第  $i$  粒子の電気泳動移動度である。若しくは数式 14 で定義するゼータ電位  $\zeta_i$  を求めて算出する。

【 0 0 5 7 】

50

【数 1 4】

$$\zeta_i = \frac{Q_i}{4\pi a_i \varepsilon_0 \varepsilon_s} \quad \dots (14)$$

【0 0 5 8】

ここで  $\varepsilon_0$  は真空の誘電率で、 $\varepsilon_s$  は溶媒の比誘電率である。

【0 0 5 9】

数式 1 2 を満たすか否かは、次の様に調べられる。第  $i$  粒子平均半径  $a_i$  は粒度分布を計測する事などで特定できる。自由体積半径  $R$  は数式 1 1 を用いて、体積分率  $\phi$  と見掛けの粒子半径  $a$  とから求められる。体積分率  $\phi$  は数式 1 1 の最初の等号により、数式 4 にて表される体積濃度  $C_{vi}$  を  $k$  種類の粒子に関して和を取る事で求められる。見掛けの粒子半径  $a$  は数式 7 に数式 4 を適用する事で求められる。

10

【0 0 6 0】

図 4 ( a ) は、粒子濃度と、粒子表面間の距離 ( 粒子表面間距離  $S$  と称す ) と、 $\phi$  の関係を説明した図で、横軸は体積分率  $\phi$  で、縦軸は粒子表面間距離  $S$  である。粒子表面間距離  $S$  とは、図 4 ( b ) に示す様に、粒子と粒子との平均間隔であり、自由体積直径  $2R$  から見掛けの粒子半径  $a$  の倍 ( 見掛けの粒径 ) を減じた値である。数式 1 1 を考慮すると、 $S$  は、数式 1 5 と表現される。

【0 0 6 1】

20

【数 1 5】

$$S = 2R - 2a = 2a \left\{ \left( \frac{d}{\phi} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right\} \quad \dots (15)$$

【0 0 6 2】

ここで  $d$  は充填率で、球を空間に細密充填した際の体積割合である。可視光の中心波長は凡そ  $\lambda = 550 \text{ nm}$  である。粒子表面間距離  $S$  が  $\lambda/2$  (  $275 \text{ nm}$  ) よりも小さいと粒子による散乱効率が低下するが、粒子表面間距離  $S$  が  $\lambda/2$  (  $275 \text{ nm}$  ) よりも大きいと粒子による散乱効率は向上する。従って、図 4 ( a ) より、体積分率  $\phi$  は 10 % 以下となるのが好ましい。粒子表面間距離  $S$  が  $\lambda/2$  (  $275 \text{ nm}$  ) 程度の際に、散乱効率が最大となるので、体積分率  $\phi$  は 10 % 以下で、10 % に近い値が好ましい。

30

【0 0 6 3】

電気泳動材料 2 4 において、第一粒子 2 4 1 は白色であり、第二粒子 2 4 2 は白色とは異なる有色である。即ち、比較的粒径が大きく、帯電量も少ない為に電気泳動しにくい第一粒子 2 4 1 が白色で、電気泳動材料 2 4 に比較的一様均一に分散されている。この結果、光の散乱は比較的一様均一となり、明度の高い白表示を実現する事ができる。取り分け、体積分率  $\phi$  は 10 % 以下で、四捨五入して 10 % になる値の際に、殊の外明度の高い白表示となる。

40

【0 0 6 4】

図 5 は赤色光  $R$  や緑色光  $G$ 、青色光  $B$  の比散乱能と粒子径との関係を説明した図である。次に図 5 を参照して、粒径を説明する。電気泳動材料 2 4 において、第一粒子 2 4 1 の屈折率と溶媒の屈折率との比は 1 よりも大きくされている。粒子には、顔料その物と、樹脂系粒子に顔料や染料と云った色材を混ぜ合わせた物 ( 樹脂系色粒子 ) と、がある。粒子は、分散安定性の観点から、小さい物が好ましい。具体的には、第一粒子平均半径は、 $0.05 \mu\text{m}$  以上  $0.4 \mu\text{m}$  以下の範囲にある。第一粒子平均半径が  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $0.3 \mu\text{m}$  以下の範囲にあれば、より好ましい。即ち、第一粒子 2 4 1 の平均粒径は  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $0.8 \mu\text{m}$  以下の範囲にあるのが好ましく、より好ましくは、 $0.2 \mu\text{m}$  以上  $0.6 \mu\text{m}$  以下の範囲にある事である。図 5 に示す様に、こうした範囲では、可視光の比散乱能

50

が極大値を取る。従って、白表示をする第一粒子241が上述の条件を満たすと、散乱効率が高くなり、白の明度が向上する事になる。

【0065】

粒子として顔料その物を使用する際には、顔料その物をそのまま使用しても良いし、顔料その物の表面を樹脂材料や他の顔料などの材料で被覆して使用しても良い。この様に、第一粒子241はその内部に光学界面を含む樹脂である事が好ましい。顔料その物の表面を他の材料で被覆した粒子としては、例えば、酸化チタン粒子の表面を、酸化珪素や酸化アルミニウムで被覆した物が挙げられる。この粒子は白粒子として好適である。酸化珪素や酸化アルミニウムの屈折率は溶媒の屈折率と近く、光はあまり散乱されず内部の酸化チタン表面で散乱される。酸化珪素や酸化アルミニウムは酸化チタンの光触媒活性を抑制し、耐候性に優れる白粒子を得ることができる。第一粒子241の内部に光学界面を設ける他の方法としては、第一粒子241が内部に空隙を含む様にすれば良い。空隙を満たす流体（気体又は液体）と樹脂との界面が光学界面となる。而も、流体の密度は、大抵、樹脂の密度よりも小さいので、第一粒子241の密度は樹脂の密度よりも小さくなり、溶剤の密度に近づく。この結果、分散安定性が向上すると共に、第一粒子241を電気泳動材料の中で比較的一様均一に分散される様になる。従って、電気泳動表示装置150は、明度の高い白表示を実現すると共に画像保持特性を向上させる事ができる。

10

【0066】

粒子として樹脂系色粒子を使用する際には、樹脂系粒子の基礎材料として、アクリル系樹脂やウレタン系樹脂、尿素系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリスチレン、ポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン等が挙げられ、これらの内の一種又は二種以上を組み合わせ樹脂系粒子とする。樹脂系粒子に色材を混ぜ合わせた樹脂系色粒子は、顔料や染料と上述の基礎材料とを適当な組成比で混合した物の他に、樹脂系粒子の表面を顔料や染料で被覆した物をも含む。こうして得られた樹脂系色粒子の表面を、更に高分子ポリマーなどの有機物で修飾しても良いし、酸化珪素などの無機物で修飾しても良い。

20

【0067】

第一粒子241には第一の色を呈する顔料が使用され、本実施形態では第一の色が白色であるので、好適例として第一粒子241に酸化チタン（密度 $4\text{ g/cm}^3$ ）が使用される。酸化チタンの平均粒径は $250\text{ nm}$ である。第一粒子241はこの他に三酸化アンチモン（密度 $5.2\text{ g/cm}^3$ ）、酸化アルミニウム（密度 $4.0\text{ g/cm}^3$ ）、炭酸カルシウム（密度 $2.8\text{ g/cm}^3$ ）、酸化バリウム（密度 $5.7\text{ g/cm}^3$ ）、炭酸バリウム（密度 $4.3\text{ g/cm}^3$ ）、硫酸バリウム（密度 $4.5\text{ g/cm}^3$ ）、酸化マグネシウム（密度 $3.65\text{ g/cm}^3$ ）、などを使用しても良い。

30

【0068】

第二粒子242には第二の色を呈する顔料が使用され、本実施形態では第二の色が黒色であるので、好適例として第二粒子242にチタンブラック（密度 $4\text{ g/cm}^3$ ）を用いている。チタンブラックの平均粒径は $100\text{ nm}$ である。第二粒子242はこの他にアニリンブラックやカーボンブラックなどを使用しても良い。

【0069】

溶媒としては、高絶縁性の有機溶媒が好ましく、一例として、水、或いはメタノールやエタノール、ブタノール、イソプロパノール、オクタノール、メチルセルソルブなどのアルコール系溶剤、或いはo-キシレンやm-キシレン、p-キシレン、トルエン、ベンゼン、ドデシルベンゼン、ヘキシルベンゼン、フェニルキシリルエタン、ナフテン系炭化水素などの芳香族系炭化水素系溶剤、或いはシクロヘキサンやn-ヘキサン、ケロシン、パラフィン系炭化水素などの脂肪族炭化水素系溶剤、或いは酢酸エチルや酢酸ブチルなどの各種エステル系溶剤、或いはアセトンやメチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン等のケトン系溶剤、或いはポリジメチルシロキサンなどのシリコーンオイル、或いは大豆油やひまわり油、オリーブ油などの植物油、或いはクロロブタンやクロロホルム、ジクロロベンゼン、トリクロロエチレン、トリクロロフルオロエチレン、トリクロロエタン、四塩化炭素、シクロヘキシルクロライド、クロロベンゼン、1,1,2,2-テトラクロロエ

40

50

チレン、三塩化フッ化エタン、四フッ化二臭化エチル、臭化エタン、四フッ化二フッ化エタン、ヨウ化メチレン、トリヨードシラン、ヨウ化メチルなどのハロゲン化炭化水素系溶剤、或いは二硫化炭素、或いはイソパラフィン系溶剤の様な石油系溶剤など、水と殆どの有機溶剤が挙げられる。高い電気泳動性を示すには、溶媒に高絶縁性が求められ、最適な溶媒はシリコンオイルや石油系溶剤、エステル系溶剤である。エステル系溶剤では一般式が  $C_n H_{2n+1} C O O C_m H_{2m+1}$  で記述されるエステルが最も好ましく、本実施形態では、 $C_6 H_{13} C O O C H_3$  のエステルを用いた。電気泳動材料 24 は、30 wt % の白粒子及び 5 wt % の黒粒子をエステル系溶剤に入れ、超音波に 1 時間あてて分散させて作製された。

#### 【0070】

10

図 6 は粒子の帯電処理を説明した図で、(a) は第一粒子を表し、(b) は第二粒子を表している。次に、図 6 を参照して、粒子の帯電処理方法を説明する。電気泳動材料 24 で、第一粒子 241 の表面は無極性又は第一極性を有する官能基を含む高分子にて被覆され、第二粒子 242 の表面は第二極性を有する官能基を含む高分子にて被覆されている。こうすると、第一粒子 241 を第一極性に帯電させる事ができ、第二粒子 242 を第二極性に帯電させる事ができる。而も第一粒子 241 の帯電量も第二粒子 242 の帯電量も独立に制御できるので、第二粒子 242 の帯電量を第一粒子 241 の帯電量よりも大きくする事ができる。

#### 【0071】

第一粒子 241 も第二粒子 242 も、必要に応じて表面にシリカやアルミナ、ジルコニア等の金属酸化物を有しており、これらの粒子表面は、主に表面水酸基の解離によって、帯電している ( $-OH^-$  が表面に存在する)。表面処理剤にはシランカップリング剤等が用いられる。シランカップリング剤は、機能性高分子と加水分解性基 ( $-OR$ ) とを併せ持つ有機珪素化合物である。加水分解性基 ( $-OR$ ) には  $-OCH_3$  や  $-OC_2H_5$ 、 $-OCCOCH_3$  などが用いられる。加水分解性基 ( $-OR$ ) は一時的に加水分化してシランカップリング剤をシラノールとした後に、直ちに粒子表面の水酸基と脱水反応されて、粒子表面に結合する。

20

#### 【0072】

図 6 (a) に示す様に、第一粒子 241 を被覆する表面処理剤の機能性高分子は無極性高分子である。無極性高分子は、一例として、炭化水素やシリコンである。第一粒子 241 の表面に元々存在していた表面水酸基は、こうして共有結合で表面処理剤と結合され、第一粒子 241 の表面は無極性高分子により被覆される。この結果、負に帯電した表面水酸基の量は表面処理剤と結合する事で減少する。即ち、表面処理剤の被覆量によって負の帯電量を制御する事が可能となる。

30

#### 【0073】

図 6 (b) に示す様に、第二粒子 242 を被覆する表面処理剤の機能性高分子は第二極性を有する官能基を含む高分子である。第二極性を有する官能基を含む高分子は、一例として、四級アンモニウム基やアミノ基を含む高分子である。第二粒子 242 の表面に元々存在していた表面水酸基は、こうして共有結合で表面処理剤と結合されて減少すると共に、第二粒子 242 の表面は第二極性を有する官能基を含む高分子により被覆される。第二極性を有する官能基は解離して正に帯電している。従って、高分子中の第二極性基の量を増やす事などで、第二粒子 242 の帯電量が制御される。この様に、表面処理剤の被覆量によって正の帯電量を制御する事が可能となる。極性基を含む高分子は、共重合体でも良いし、ブロック重合体でも良い。

40

#### 【0074】

尚、表面処理剤は、機能性高分子を含むシランカップリング剤を粒子表面に吸着させた後に、これを反応させても良いし、シランカップリング剤と重合開始基を含む処理剤を先に吸着させて反応させた後に、既知の重合方法により、機能性高分子をシランカップリング剤に付けても良い。

#### 【0075】

50

## 「実施例」

本実施形態に関する実施例を以下に示す。電気泳動材料 2 4 で溶剤はイソパラフィンで、密度  $\rho_0 = 0.8 \text{ g/cm}^3$  であり、重量濃度  $C_{W0} = 65 \text{ wt\%}$  であり、体積濃度  $C_{V0} = 90.3\%$  である。電気泳動材料 2 4 で第一粒子 2 4 1 は酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) で、密度  $\rho_1 = 4 \text{ g/cm}^3$  であり、重量濃度  $C_{W1} = 30 \text{ wt\%}$  であり、第一粒子平均半径  $a_1 = 125 \text{ nm}$  である。従って、第一粒子 2 4 1 の体積濃度  $C_{V1} = 8.3\%$  である。電気泳動材料 2 4 で第二粒子 2 4 2 はチタンブラックで、密度  $\rho_2 = 4 \text{ g/cm}^3$  であり、重量濃度  $C_{W2} = 5 \text{ wt\%}$  であり、第二粒子平均半径  $a_2 = 50 \text{ nm}$  である。従って、第二粒子 2 4 2 の体積濃度  $C_{V2} = 1.4\%$  である。この結果、数式 1 1 により、体積分率  $\phi = 9.7\%$  となる。一方、数式 5 より第一粒子 2 4 1 の数濃度  $C_{N1} = 1.02 \times 10^{13} \text{ 個/cm}^3$  で、第二粒子 2 4 2 の数濃度  $C_{N2} = 2.65 \times 10^{13} \text{ 個/cm}^3$  となる。これら数濃度の値を数式 7 に代入して、見掛けの粒子半径  $a = 85.8 \text{ nm}$  となる。最後に数式 1 1 に体積分率  $\phi$  と見掛けの粒子半径  $a$  との値を代入して、自由体積半径  $R = 187 \text{ nm}$  が求まる。 $2R - 2a_1 = 124 \text{ nm}$  で、この値は  $2a_2 = 100 \text{ nm}$  よりも大きく、数式 1 2 を満たしている。即ち、第二粒子 2 4 2 は第一粒子 2 4 1 の隙間を容易に通抜けける事ができる。参考までに、 $2R - 2a_2 = 274 \text{ nm}$  で、この値は  $2a_1 = 250 \text{ nm}$  よりも大きく、第一粒子 2 4 1 は第二粒子 2 4 2 の隙間を容易に通抜けける事ができる。この様に、本実施形態に係わる電気泳動材料 2 4 では、第一粒子 2 4 1 と第二粒子 2 4 2 とが互いに相手の隙間を通り抜け易い構成になっているので、電界に対する電気泳動の応答が早くなる。

【0076】

## 「比較例」

比較例として特許文献 1 に記載の組成がどう云った関係になっているかを調べる。特許文献 1 で溶剤はドデシルベンゼンで、密度  $\rho_0 = 0.856 \text{ g/cm}^3$  であり、溶剤の体積  $V_0 = 80 \text{ mL}$ 、重量  $W_0 = 68.48 \text{ g}$  である。第一粒子に相当するアクリル系樹脂は、密度  $\rho_1 = 1.2 \text{ g/cm}^3$  であり、重量濃度  $C_{W1} = 9.5 \text{ wt\%}$ 、アクリル系樹脂平均半径  $a_1 = 2000 \text{ nm}$  である。従って、アクリル系樹脂の体積濃度  $C_{V1} = 7.5\%$  である。第二粒子に相当する酸化チタンは、密度  $\rho_2 = 4 \text{ g/cm}^3$  であり、重量濃度  $C_{W2} = 9.5 \text{ wt\%}$ 、酸化チタン平均半径  $a_2 = 125 \text{ nm}$  である。従って、酸化チタンの体積濃度  $C_{V2} = 2.3\%$  である。この結果、数式 1 1 により、体積分率  $\phi = 9.8\%$  となる。一方、数式 5 よりアクリル系樹脂の数濃度  $C_{N1} = 2.24 \times 10^9 \text{ 個/cm}^3$  で、酸化チタンの数濃度  $C_{N2} = 2.76 \times 10^{12} \text{ 個/cm}^3$  となる。これら数濃度の値を数式 7 に代入して、見掛けの粒子半径  $a = 204 \text{ nm}$  となる。最後に数式 1 1 に体積分率  $\phi$  と見掛けの粒子半径  $a$  との値を代入して、自由体積半径  $R = 442 \text{ nm}$  が求まる。 $2R - 2a_1 = -3120 \text{ nm}$  で、この値は  $2a_2 = 250 \text{ nm}$  よりも小さく、数式 1 2 を満たさない。即ち、酸化チタンはアクリル系樹脂の隙間を通り抜ける事が困難となっている。一方、 $2R - 2a_2 = 634 \text{ nm}$  で、この値は  $2a_1 = 4000 \text{ nm}$  よりも小さく、数式 1 2 を満たさない。即ち、アクリル系樹脂は酸化チタンの隙間を通り抜ける事が困難となっている。この様に、比較例では二種類の粒子が互いに相手の隙間を通り抜け難い構成になっているので、電界に対する電気泳動の応答が遅かったと考えられる。

【0077】

## 「回路構成」

図 7 は、実施形態 1 に係わる電気泳動表示装置の回路図であり、(a) は全体構成を説明する図、(b) は画素回路を説明する図である。次に、図 7 を用いて本実施形態に係わる電気泳動表示装置の駆動回路を説明する。

【0078】

図 7 (a) に示されている様に、表示領域 10 には、 $m$  行  $\times$   $n$  列分の画素 20 が行列状 (二次元平面的) に配列されている。又、表示領域 10 には、 $m$  本の走査線 30 (即ち、走査線  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、...、 $Y_m$ ) と、 $n$  本のデータ線 40 (即ち、データ線  $X_1$ 、 $X_2$ 、...、 $X_n$ ) とが互いに交差するように設けられている。具体的には、 $m$  本の走査線 30 は行方向 (即ち、 $X$  方向) に延在し、 $n$  本のデータ線 40 は列方向 (即ち、 $Y$  方向) に延在し

10

20

30

40

50

ている。m本の走査線30とn本のデータ線40との交差点に対応して画素20が配置されている。

【0079】

表示領域10の外側には駆動回路70が設けられている。駆動回路70は、コントローラ71や走査線駆動回路72、データ線駆動回路73、共通電位供給回路74などから構成されている。コントローラ71は走査線駆動回路72やデータ線駆動回路73、共通電位供給回路74などの動作を制御し、クロック信号やタイミング信号等の各種信号を各回路に供給する。

【0080】

走査線駆動回路72は、コントローラ71から供給されるタイミング信号に基づいて、走査線Y1、Y2、...、Ymの各々に走査信号をパルスの順次供給する。データ線駆動回路73は、コントローラ71から供給されるタイミング信号に基づいて、データ線X1、X2、...、Xnに画像信号を供給する。画像信号は、高電位V<sub>H</sub>(例えば15V)と中電位V<sub>M</sub>(例えば0V)と低電位V<sub>L</sub>(例えば-15V)との間で多値的な電位をとる。尚、本実施形態では、画像信号は三値であり、第二表示(黒表示)に書き換えられる画素電極22に対して高電位V<sub>H</sub>の画像信号が供給され、第一表示(白表示)に書き換えられる画素電極22に対して低電位V<sub>L</sub>の画像信号が供給される。

【0081】

共通電位供給回路74は、共通電位線50に共通電位V<sub>com</sub>を供給する。尚、共通電位V<sub>com</sub>は一定の電位であっても良いし、例えば書き込む階調やフレームに応じて変えても良い。又、行毎に個別に制御してもよい。本実施形態では、共通電位V<sub>com</sub>が総ての電位に対する基準電位としている。尚、コントローラ71、走査線駆動回路72、データ線駆動回路73及び共通電位供給回路74には、各種の信号が入出力されるが、本実施形態と特に関係のない物については説明を省略している。

【0082】

図7(b)の回路図に示される様に、画素20は、画素スイッチング用トランジスタ21と、画素電極22と、共通電極23と、電気泳動材料24と、保持容量25とを備えている。

【0083】

画素スイッチング用トランジスタ21は、例えばN型トランジスタで構成されている。ここでは、図2に示す様に、上ゲート型の薄膜トランジスタが採用されているが、下ゲート型の薄膜トランジスタであっても構わない。画素スイッチング用トランジスタ21は、そのゲートが走査線30に電氣的に接続されており、そのソースがデータ線40に電氣的に接続されており、そのドレインが画素電極22及び保持容量25の一端に電氣的に接続されている。保持容量25は、誘電体膜を介して対向配置された一对の電極からなり、一方の電極(一端)が、画素電極22及び画素スイッチング用トランジスタ21に電氣的に接続され、他方の電極(他端)が共通電位線50に電氣的に接続されている。この保持容量25によって画像信号を一定期間だけ維持することができる。画素スイッチング用トランジスタ21は、データ線駆動回路73からデータ線40を介して供給される画像信号を、走査線駆動回路72から走査線30を介してパルスの順次供給される走査信号に応じたタイミングで、画素電極22及び保持容量25に出力する。

【0084】

画素電極22には、データ線駆動回路73からデータ線40及び画素スイッチング用トランジスタ21を介して、画像信号が供給される。画素電極22は、電気泳動材料24を介して共通電極23と互いに対向するように配置されている。共通電極23は、共通電位V<sub>com</sub>が供給される共通電位線50に電氣的に接続されている。共通電極23は、画素電極22が形成された第一基板80に対向する第二基板90に設けられ、第一粒子241と第二粒子242とは、図2に示す断面図の上下方向で電気泳動する。尚、共通電極23を画素電極22が形成された第一基板80に設けて、電気泳動粒子が図2の断面図の水平方向(図2の左右方向)に電気泳動する構成としても良い。

## 【 0 0 8 5 】

## 「 電子機器 」

次に、前述した電気泳動表示装置を適用した電子機器について、図 8 及び図 9 を参照して説明する。以下では、前述した電気泳動表示装置 1 5 0 を電子ペーパー 4 0 0 及び電子ノート 5 0 0 に適用した場合を例にとる。

## 【 0 0 8 6 】

図 8 は、電子ペーパーの構成を示す斜視図である。図 8 に示す様に、電子ペーパー 4 0 0 は、本実施形態に係わる電気泳動表示装置 1 5 0 を備えている。電子ペーパー 4 0 0 は可撓性を有し、従来の紙と同様の質感及び柔軟性を示す書き換え可能なシートから構成されている。

10

## 【 0 0 8 7 】

図 9 は、電子ノートの構成を示す斜視図である。図 9 に示す様に、電子ノート 5 0 0 は、図 8 で示した電子ペーパー 4 0 0 が複数枚束ねられ、カバー 5 0 1 に挟まれているものである。カバー 5 0 1 は、例えば外部の装置から送られる表示データを入力する為の表示データ入力部を備える。これにより、その表示データに応じて、電子ペーパー 4 0 0 が束ねられた状態のまま、表示内容の変更や更新を行うことができる。

## 【 0 0 8 8 】

前述した電子ペーパー 4 0 0 及び電子ノート 5 0 0 は、本実施形態に係わる電気泳動表示装置 1 5 0 を備えるので、高品質な画像表示を行うことが可能である。尚、これらの他に、腕時計や携帯電話、携帯用オーディオ機器、電子タブレット端末、パーソナルコンピュータ、電子看板、電子黒板などの電子機器に、本実施形態に係わる電気泳動表示装置 1 5 0 を適用する事ができる。

20

## 【 0 0 8 9 】

以上述べた様に、本実施形態に係わる電気泳動材料 2 4 とそれを適応した電気泳動表示装置 1 5 0、及び電気泳動表示装置 1 5 0 を適応した電子機器に依れば、以下の効果を得る事ができる。

## 【 0 0 9 0 】

粒径が小さい第二粒子 2 4 2 の帯電量が、粒径が大きい第一粒子 2 4 1 の帯電量よりも、大きいので、第二粒子 2 4 2 の電気泳動移動度は第一粒子 2 4 1 の電気泳動移動度よりも大きくなり、電気泳動が行い易くなる。その一方で、第二粒子平均半径  $a_2$  は自由体積半径  $R$  から第一粒子平均半径  $a_1$  を減じた距離よりも小さいので、第二粒子 2 4 2 は容易に第一粒子 2 4 1 間の隙間をすり抜ける事ができる。要するに、電気泳動移動度の大きい第二粒子 2 4 2 が容易に第一粒子 2 4 1 間の隙間をすり抜ける事ができる。従って、電気泳動材料 2 4 の応答速度を速め、低電圧で電気泳動材料 2 4 を駆動させる事ができる。換言すると、優れた電気泳動性を有する電気泳動材料 2 4 を提供する事ができる。これに応じて、応答速度が速く、鮮やかな表示を行い、画像保持特性にも優れた電気泳動表示装置 1 5 0 や電子機器を提供する事ができる。

30

## 【 0 0 9 1 】

## ( 実施形態 2 )

## 「 三粒子系の形態 」

40

図 1 0 は、実施形態 2 に係わる電気泳動表示装置を説明した断面図であり、( a ) は第二表示を説明し、( b ) は第三表示を説明している。以下、本実施形態に係わる電気泳動材料 2 4 と電気泳動表示装置 1 5 0 について説明する。尚、実施形態 1 と同一の構成部位については、同一の符号を附し、重複する説明は省略する。

## 【 0 0 9 2 】

本実施形態 ( 図 1 0 ) は実施形態 1 ( 図 2 ) と比べて、三粒子系となっている点が異なっている。それ以外の構成は、実施形態 1 とほぼ同様である。実施形態 1 ( 図 2 ) では、粒子は第一粒子 2 4 1 と第二粒子 2 4 2 の二種類であったが、本実施形態では、粒子は第一粒子 2 4 1 と第二粒子 2 4 2 と第三粒子 2 4 3 の三種類で、 $k = 3$  となる。この三粒子系の場合は、第一粒子平均半径  $a_1$  は第二粒子平均半径  $a_2$  よりも大きく、第二粒子平均半

50

径  $a_2$  は第三粒子平均半径  $a_3$  と等しいか、若しくはそれよりも大きく、自由体積半径  $R$  と第一粒子平均半径  $a_1$  との差は第二粒子平均半径  $a_2$  よりも大きく、且つ、自由体積半径  $R$  と第二粒子平均半径  $a_2$  との差は第三粒子平均半径  $a_3$  よりも大きくされている。従って、当然、第一粒子平均半径  $a_1$  は第三粒子平均半径  $a_3$  よりも大きく、自由体積半径  $R$  と第一粒子平均半径  $a_1$  との差は第三粒子平均半径  $a_3$  よりも大きくなっている。即ち、粒子の半径に関しては、数式 16 が満たされる様にされている。

【 0 0 9 3 】

【 数 1 6 】

$$a_1 > a_2 \geq a_3 \quad S_1 = 2R - 2a_1 > 2a_2 \quad S_2 = 2R - 2a_2 > 2a_3 \quad \dots (16)$$

10

【 0 0 9 4 】

こうすると、第一粒子 2 4 1 間の隙間よりも第二粒子 2 4 2 や第三粒子 2 4 3 は小さいので、第一粒子 2 4 1 間の隙間を第二粒子 2 4 2 や第三粒子 2 4 3 は容易にすり抜け、電気泳動材料 2 4 の応答は速くなる。同時に、第二粒子 2 4 2 間や第三粒子 2 4 3 間の隙間よりも第一粒子 2 4 1 は小さい。又、第二粒子 2 4 2 間の隙間よりも第三粒子 2 4 3 は小さいので、第二粒子 2 4 2 間の隙間を第三粒子 2 4 3 は容易にすり抜け、電気泳動材料 2 4 の応答は速くなる。同時に、第三粒子 2 4 3 間の隙間よりも第二粒子 2 4 2 は小さいので応答が速い。

【 0 0 9 5 】

20

数式 16 から数式 17 が得られる。

【 0 0 9 6 】

【 数 1 7 】

$$2R - a_1 - a_2 > 2a_3 \quad 2R - a_1 - a_3 > 2a_2 \quad \dots (17)$$

【 0 0 9 7 】

数式 17 から判る様に、第一粒子 2 4 1 と第二粒子 2 4 2 との隙間よりも第三粒子 2 4 3 は小さいので電気泳動の応答が速い。更に第一粒子 2 4 1 と第三粒子 2 4 3 との隙間よりも第二粒子 2 4 2 は小さいので電気泳動の応答が速い。

30

【 0 0 9 8 】

粒子の帯電量に関しては、第一粒子 2 4 1 の帯電量  $Q_1$  は第二粒子 2 4 2 の帯電量  $Q_2$  よりも少なく、第二粒子 2 4 2 の帯電量  $Q_2$  は第三粒子 2 4 3 の帯電量  $Q_3$  と等しいか、若しくはそれよりも少ない。その結果、第一粒子 2 4 1 の移動度  $\mu_1$  は第二粒子 2 4 2 の移動度  $\mu_2$  よりも小さく、第二粒子 2 4 2 の移動度  $\mu_2$  は第三粒子 2 4 3 の移動度  $\mu_3$  と等しいか、若しくはそれよりも小さい。

【 0 0 9 9 】

三種類の粒子の色に関しては、任意の組み合わせが可能であるが、白色、黒色、赤色、緑色、青色、シアン、マゼンタ、イエロー、等から 3 つを第一の色や第二の色、第三の色にあてがうのが好ましい。上述の如く、本実施形態では、第一粒子 2 4 1 が一番電気泳動しにくいので、第一の色を白色とし、一番電気泳動し易い第三粒子 2 4 3 の第三の色を黒色とし、第二の色を赤色や緑色、青色、シアン、マゼンタ、イエロー、等から選ぶのがより好ましい。尚、第一表示を行う場合には、各画素に 2 つの画素電極を準備し、一方の画素電極には第二粒子 2 4 2 を集め、他方の画素電極には第三粒子 2 4 3 を集める。

40

【 0 1 0 0 】

以上述べた様に、本実施形態に係わる電気泳動材料 2 4 と電気泳動表示装置 1 5 0 によれば、実施形態 1 での効果に加えて、以下の効果を得る事ができる。三種類の粒子が互いに電気泳動を阻害しない様に組成が組まれているので、三種類の粒子を用いた電気泳動表示装置で、電界の変化に対して高速な応答を実現する事ができる。

【 0 1 0 1 】

50



尚、本発明は上述した実施形態に限定されず、上述した実施形態に種々の変更や改良などを加えることが可能である。変形例を以下に述べる。

【0102】

(変形例1)

「耐電処理が異なった形態1」

図11は、変形例1に係わる電気泳動材料を説明した図であり、(a)は第一粒子を説明し、(b)は第二粒子を説明している。以下、本変形例に係わる電気泳動材料24について説明する。尚、実施形態1と同一の構成部位については、同一の符号を附し、重複する説明は省略する。

【0103】

本変形例(図11)は実施形態1(図6)と比べて、粒子に対する耐電処理が異なっている。それ以外の構成は、実施形態1とほぼ同様である。実施形態1(図6)では、第一粒子241の表面は無極性の高分子(無極性高分子)にて被覆され、第二粒子242の表面は第二極性を有する官能基を含む高分子にて被覆されていた。これに対して、本変形例では、第一粒子241の表面は第一極性を有する官能基を含む高分子にて被覆されている。こうする事で、第一粒子241を第一極性に帯電させても良い。

【0104】

図11(a)に示す様に、第一粒子241を被覆する表面処理剤の機能性高分子は第一極性を有する官能基を含む高分子である。第一極性を有する官能基を含む高分子は、一例として、カルボキシ基を含む高分子である。第一粒子241の表面に元々存在していた表面水酸基は、シランカップリング剤との共有結合で減少するが、第一粒子241の表面は第一極性を有する官能基を含む高分子により被覆される。第一極性を有する官能基は解離して負に帯電している。こうして、第一粒子241の帯電量は制御される。

【0105】

図11(b)に示す様に、第二粒子242を被覆する表面処理剤の機能性高分子は第二極性を有する官能基を含む高分子であるが、高分子中の第二極性基の量を増やす事で、第二粒子242帯電量が第一粒子241の帯電量よりも大きくなる様に制御される。この様に、表面処理剤の被覆量によって正の帯電量を制御する事が可能となる。

【0106】

(変形例2)

「耐電処理が異なった形態2」

図12は、変形例2に係わる電気泳動材料を説明した図であり、(a)は第一粒子を説明し、(b)は第二粒子を説明している。以下、本変形例に係わる電気泳動材料24について説明する。尚、実施形態1と同一の構成部位については、同一の符号を附し、重複する説明は省略する。

【0107】

本変形例(図12)は実施形態1(図6)と比べて、粒子に対する耐電処理が異なっている。それ以外の構成は、実施形態1とほぼ同様である。実施形態1(図6)では、第一粒子241の表面は無極性の高分子(無極性高分子)にて被覆され、第二粒子242の表面は第二極性を有する官能基を含む高分子にて被覆されていた。これに対して、本変形例では、第一粒子241の表面も第二粒子242の表面も無極性高分子にて被覆されている。但し、第一粒子241の表面の被覆率と第二粒子242の表面の被覆率が異なっている。こうする事で、第一粒子241と第二粒子242の帯電極性と帯電量とを制御しても良い。

【0108】

図12に示す様に、第一粒子241と第二粒子242との表面は無極性高分子にて被覆されているが、第一粒子241の表面の無極性高分子による被覆率は、第二粒子242の表面の無極性高分子による被覆率よりも大きい。粒子を溶媒中に分散させると、粒子と溶媒との仕事関数差を緩和すべく電荷分離現象が生じて、粒子は帯電する。図12では、第一粒子241も第二粒子242も正に帯電している。同時に、これらの粒子は表面水酸基

10

20

30

40

50

の解離で負にも帯電している。一方、無極性高分子が粒子表面の水酸基に吸着して反応すると、水酸基による粒子の負の帯電を中和させる。従って、第一粒子 2 4 1 と第二粒子 2 4 2 とで、無極性高分子による被覆率を変える事で、第一粒子 2 4 1 を第一極性に帯電させ、第二粒子 2 4 2 を第二極性に帯電させ、第二粒子 2 4 2 の帯電量を第一粒子 2 4 1 の帯電量よりも大きくする事ができる。

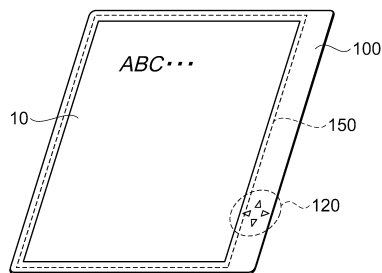
【符号の説明】

【 0 1 0 9 】

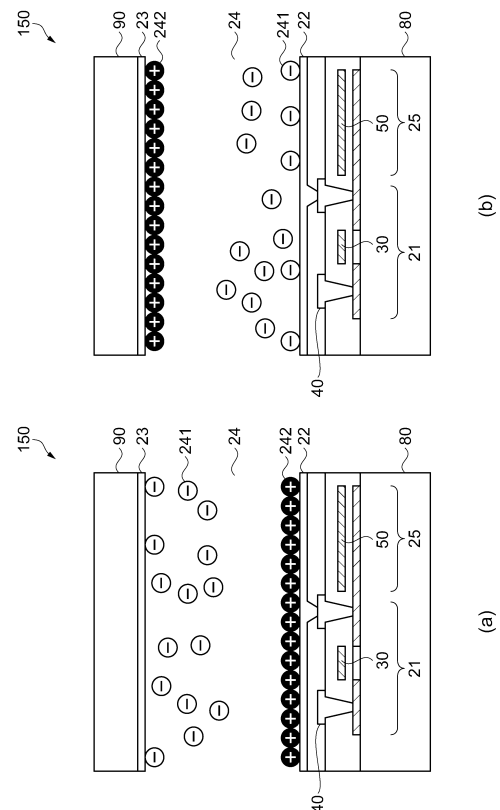
1 0 ... 表示領域、2 0 ... 画素、2 1 ... 画素スイッチング用トランジスター、2 2 ... 画素電極、2 3 ... 共通電極、2 4 ... 電気泳動材料、2 5 ... 保持容量、3 0 ... 走査線、4 0 ... データ線、5 0 ... 共通電位線、7 0 ... 駆動回路、7 1 ... コントローラー、7 2 ... 走査線駆動回路、7 3 ... データ線駆動回路、7 4 ... 共通電位供給回路、8 0 ... 第一基板、9 0 ... 第二基板、1 0 0 ... 電子機器、1 2 0 ... 操作部、1 5 0 ... 電気泳動表示装置、2 4 1 ... 第一粒子、2 4 2 ... 第二粒子、2 4 3 ... 第三粒子、4 0 0 ... 電子ペーパー、5 0 0 ... 電子ノート、5 0 1 ... カバー。

10

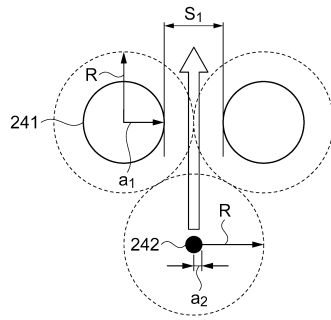
【図 1】



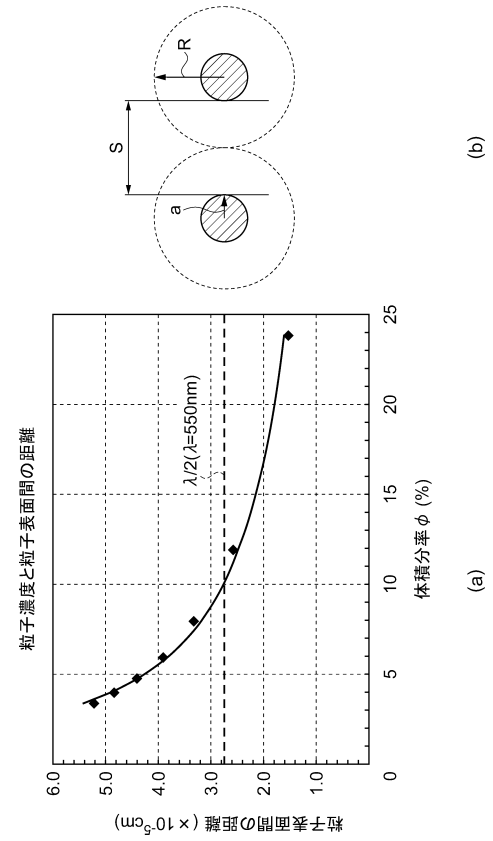
【図 2】



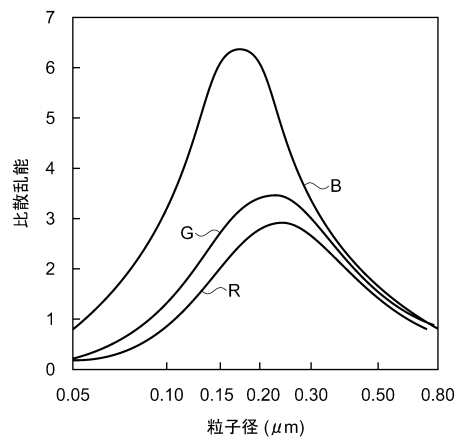
【図 3】



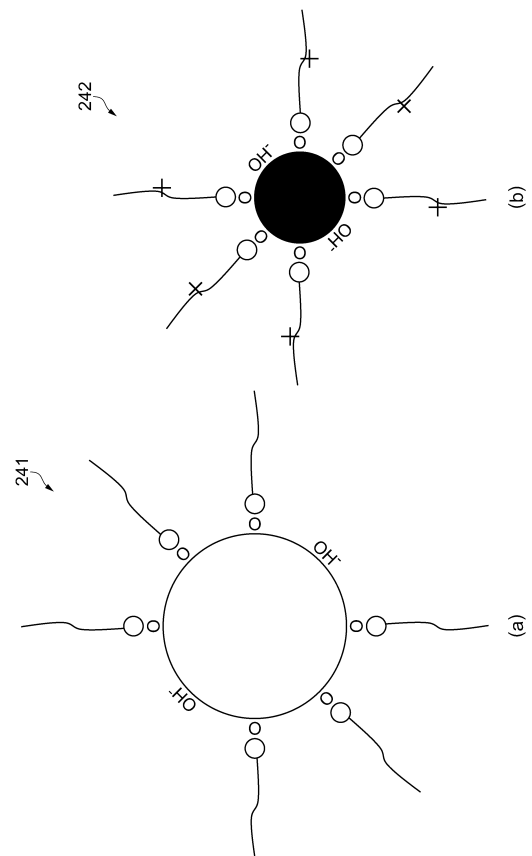
【図 4】



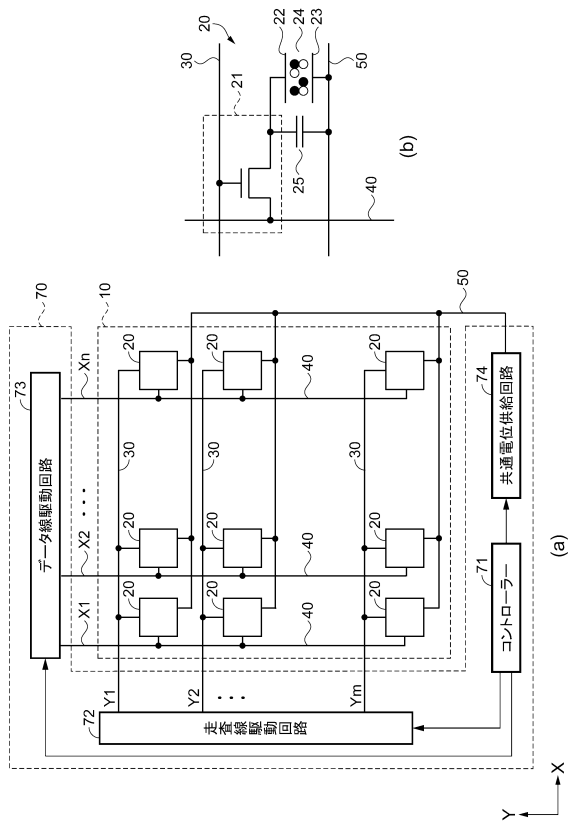
【図 5】



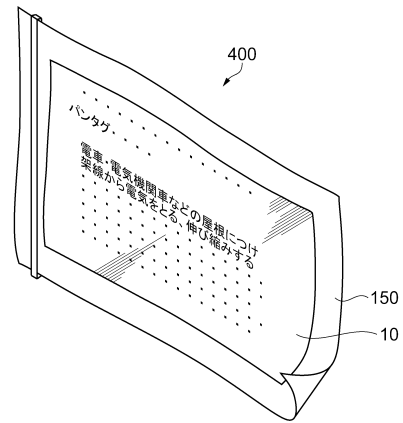
【図 6】



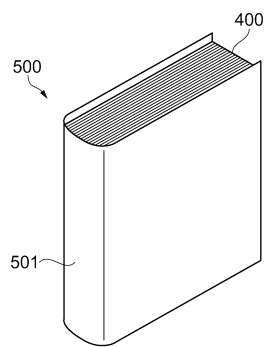
【図 7】



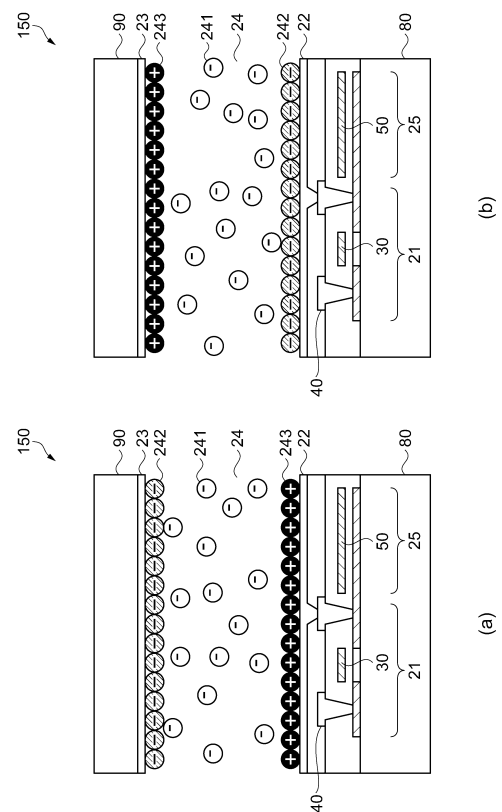
【図 8】



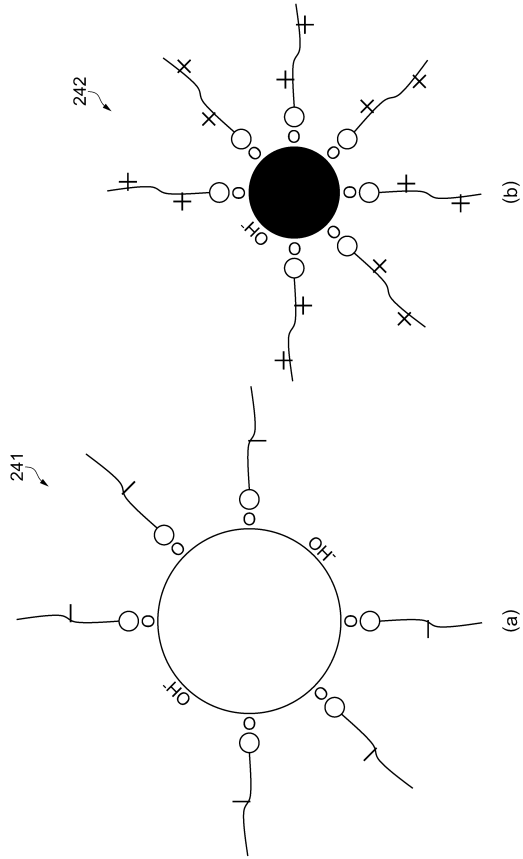
【図 9】



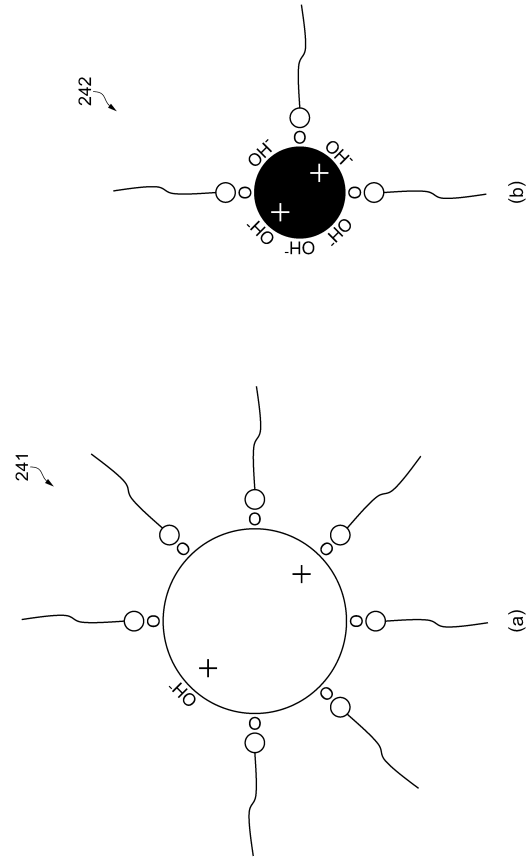
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



---

フロントページの続き

審査官 右田 昌士

- (56)参考文献 特開2007-212854(JP,A)  
特開2007-264285(JP,A)  
特開2009-064004(JP,A)  
特開2006-209018(JP,A)  
特開2010-276917(JP,A)  
特開2010-210660(JP,A)  
特開昭62-183439(JP,A)  
特開2006-113374(JP,A)  
特開2004-054029(JP,A)  
特開2011-170225(JP,A)  
特開2011-053539(JP,A)  
特開2002-123087(JP,A)  
米国特許第05932633(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/167 - 1/19