

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6088427号
(P6088427)

(45) 発行日 平成29年3月1日(2017.3.1)

(24) 登録日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(51) Int. Cl.	F I	
GO2F 1/167 (2006.01)	GO2F 1/167	
GO2F 1/17 (2006.01)	GO2F 1/17	
GO2F 1/19 (2006.01)	GO2F 1/19	
GO9G 3/20 (2006.01)	GO9G 3/20	Y
GO9G 3/34 (2006.01)	GO9G 3/20	611A
請求項の数 12 (全 69 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2013-520641 (P2013-520641)	(73) 特許権者	511259360
(86) (22) 出願日	平成23年7月13日 (2011.7.13)		ナノブリック カンパニー リミテッド
(65) 公表番号	特表2013-538365 (P2013-538365A)		大韓民国キョンギド443-270・スウ
(43) 公表日	平成25年10月10日 (2013.10.10)		オンシ・ヨントング・イウィドン906ー
(86) 国際出願番号	PCT/KR2011/005136		5・アドヴァンスト インスティテュート
(87) 国際公開番号	W02012/011695		オブ コンバージェンス テクノロジー
(87) 国際公開日	平成24年1月26日 (2012.1.26)		ビル C4階
審査請求日	平成26年6月30日 (2014.6.30)	(74) 代理人	110001379
審判番号	不服2016-4300 (P2016-4300/J1)		特許業務法人 大島特許事務所
審判請求日	平成28年3月22日 (2016.3.22)	(74) 復代理人	100135345
(31) 優先権主張番号	10-2011-0068933		弁理士 木村 政彦
(32) 優先日	平成23年7月12日 (2011.7.12)	(74) 復代理人	100142457
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		弁理士 立川 幸男
(31) 優先権主張番号	10-2011-0068798	(74) 復代理人	100158816
(32) 優先日	平成23年7月12日 (2011.7.12)		弁理士 高尾 智満
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表示装置、表示方法及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御し、

前記粒子の間隔を規則的に制御することによって、前記間隔が規則的に制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、

前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第2モードを

前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現し、

前記粒子、溶媒及び溶液のうちの少なくとも1つは、可変電気分極特性 - 印加された電場が変化することによって誘発される電気分極量が変わる - を有し、

前記電場が印加されると、前記粒子は、前記溶媒内で3次的に短距離配列を有するように配列され、

その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数垂直に積層させ、互いに積層されている複数の単一画素の間に位置する電極は光透過性であり、各積層された単一画素内で前記モードが独立して実現されて、積層された複数の単一画素のそれぞれで実現される色を混色可能となるように構成されることを特徴とする表示方法。

【請求項 2】

複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電

10

20

場の強度、方向、印加回数、印加位置及び印加時間のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御し、

前記粒子の間隔を規則的に制御することによって、前記間隔が規則的に制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、

前記粒子の間隔を規則的に制御するか又は前記粒子の配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第2モードを

前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現し、

前記粒子、溶媒及び溶液のうちの少なくとも1つは、可変電気分極特性 - 印加された電場が変化することによって誘発される電気分極量が変わる - を有し、

前記電場が印加されると、前記粒子は、前記溶媒内で3次元的に短距離配列を有するよう
10

に配列され、
その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数垂直に積層させ、互いに積層されている複数の単一画素の間に位置する電極は光透過性であり、各積層された単一画素内で前記モードが独立して実現されて、積層された複数の単一画素のそれぞれで実現される色を混色可能となるように構成されることを特徴とする表示方法。

【請求項3】

複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加位置及び印加時間のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御し、

前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極
20

のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第1モードと、
前記粒子の間隔を規則的に制御するか又は前記粒子の配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第2モードを

前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現し、

前記粒子、溶媒及び溶液のうちの少なくとも1つは、可変電気分極特性 - 印加された電場が変化することによって誘発される電気分極量が変わる - を有し、

前記電場が印加されると、前記粒子は、前記溶媒内で3次元的に短距離配列を有するよう
30

に配列され、
その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数垂直に積層させ、互いに積層されている複数の単一画素の間に位置する電極は光透過性であり、各積層された単一画素内で前記モードが独立して実現されて、積層された複数の単一画素のそれぞれで実現される色を混色可能となるように構成されることを特徴とする表示方法。

【請求項4】

複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加位置及び印加時間のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御し、

前記粒子の間隔を規則的に制御することによって、前記間隔が規則的に制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、

前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極
40

のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第2モードと、
前記粒子の間隔を規則的に制御するか又は前記粒子の配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第3モードを

前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現し、

前記粒子、溶媒及び溶液のうちの少なくとも1つは、可変電気分極特性 - 印加された電場が変化することによって誘発される電気分極量が変わる - を有し、

前記電場が印加されると、前記粒子は、前記溶媒内で3次元的に短距離配列を有するよう
50

に配列され、
その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数垂直に積層させ、互いに積層されている複数の単一画素の間に位置する電極は光透過性であり、各積層された単一画素内で前記モードが独立して実現されて、積層された複数の単一画素のそれぞれで実現される

色を混色可能となるように構成されることを特徴とする表示方法。

【請求項 5】

前記粒子及び前記溶媒は、光透過性物質によってカプセル化されるか、絶縁性物質によって区画化されることを特徴とする請求項 1～4 の何れか一項に記載の表示方法。

【請求項 6】

前記粒子及び前記溶媒に入射される光を用いてエネルギーを発生させ、前記発生したエネルギーを用いて前記電場を印加することを特徴とする請求項 1～4 の何れか一項に記載の表示方法。

【請求項 7】

発光型表示手段又は透過型表示手段を前記モードと組み合わせて用いることを特徴とする請求項 1～4 の何れか一項に記載の表示方法。

10

【請求項 8】

前記粒子、前記溶媒又は前記電極から反射されるか、前記粒子、前記溶媒又は前記電極を透過する光が前記電極に結合されているカラーフィルタを通過して表示されるようにすることを特徴とする請求項 1～4 の何れか一項に記載の表示方法。

【請求項 9】

表示装置であって、

少なくとも 1 つが透明な少なくとも 2 つの互いに対向する電極間に複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部と、

前記電極に印加される電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも 1 つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも 1 つを制御する制御部とを含み、

20

前記制御部は、

前記粒子の間隔を規則的に制御することによって、前記間隔が規則的に制御された粒子から反射される光の波長を調節する第 1 モードと、

前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも 1 つのカラーが表示される第 2 モードを

前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現し、

前記粒子、溶媒及び溶液のうちの少なくとも 1 つは、可変電気分極特性 - 印加された電場が変化することによって誘発される電気分極量が変わる - を有し、

30

前記電場が印加されると、前記粒子は、前記溶媒内で 3 次元的に短距離配列を有するように配列され、

その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数垂直に積層させ、互いに積層されている複数の単一画素の間に位置する電極は光透過性であり、各積層された単一画素内で前記モードが独立して実現されて、積層された複数の単一画素のそれぞれで実現される色を混色可能となるように構成されることを特徴とする表示装置。

【請求項 10】

表示装置であって、

少なくとも 1 つが透明な少なくとも 2 つの互いに対向する電極間に複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部と、

40

前記電極に印加される電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも 1 つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも 1 つを制御する制御部とを含み、

前記制御部は、

前記粒子の間隔を規則的に制御することによって、前記間隔が規則的に制御された粒子から反射される光の波長を調節する第 1 モードと、

前記粒子の間隔を規則的に制御するか又は前記粒子の配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第 2 モードを

前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現し、

前記粒子、溶媒及び溶液のうちの少なくとも 1 つは、可変電気分極特性 - 印加された電

50

場が変化することによって誘発される電気分極量が変わる - を有し、

前記電場が印加されると、前記粒子は、前記溶媒内で3次元的に短距離配列を有するように配列され、

その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数垂直に積層させ、互いに積層されている複数の単一画素の間に位置する電極は光透過性であり、各積層された単一画素内で前記モードが独立して実現されて、積層された複数の単一画素のそれぞれで実現される色を混色可能となるように構成されることを特徴とする表示装置。

【請求項11】

表示装置であって、

少なくとも1つが透明な少なくとも2つの互いに対向する電極間に複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部と、

前記電極に印加される電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御する制御部とを含み、

前記制御部は、

前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第1モードと、

前記粒子の間隔を規則的に制御するか又は前記粒子の配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第2モードを

前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現し、

前記粒子、溶媒及び溶液のうちの少なくとも1つは、可変電気分極特性 - 印加された電場が変化することによって誘発される電気分極量が変わる - を有し、

前記電場が印加されると、前記粒子は、前記溶媒内で3次元的に短距離配列を有するように配列され、

その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数垂直に積層させ、互いに積層されている複数の単一画素の間に位置する電極は光透過性であり、各積層された単一画素内で前記モードが独立して実現されて、積層された複数の単一画素のそれぞれで実現される色を混色可能となるように構成されることを特徴とする表示装置。

【請求項12】

表示装置であって、

少なくとも1つが透明な少なくとも2つの互いに対向する電極間に複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部と、

前記電極に印加される電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御する制御部とを含み、

前記制御部は、

前記粒子の間隔を規則的に制御することによって、前記間隔が規則的に制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、

前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第2モードと、

前記粒子の間隔を規則的に制御するか又は前記粒子の配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第3モードを

前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現し、

前記粒子、溶媒及び溶液のうちの少なくとも1つは、可変電気分極特性 - 印加された電場が変化することによって誘発される電気分極量が変わる - を有し、

前記電場が印加されると、前記粒子は、前記溶媒内で3次元的に短距離配列を有するように配列され、

その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数垂直に積層させ、互いに積層されている複数の単一画素の間に位置する電極は光透過性であり、各積層された単一画素内で前記モードが独立して実現されて、積層された複数の単一画素のそれぞれで実現される

10

20

30

40

50

色を混色可能となるように構成されることを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、全般的に表示方法及び装置に関する。より詳しくは、本発明は、光結晶反射モード (photonic crystal reflection mode)、固有色反射モード (unique color reflection mode) 及び透過度調節モード (transmittance tuning mode) のうちの少なくとも2つのモードが同一の単一画素内で互いに切替可能に実現される表示方法及び装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

最近、次世代ディスプレイに対する研究及び開発が活発に行われるにつれて、多様な種類のディスプレイが紹介されている。次世代ディスプレイの代表的な例として、電子インク (electronic-ink) が挙げられる。電子インクは、それぞれ負電荷及び正電荷を有する特定色 (例えば、それぞれ黒色及び白色) の粒子に電場を印加して前記特定色を表示するディスプレイであって、電力の消費を低減し、フレキシブル (flexible) ディスプレイを可能にするという長所を有している。但し、電子インクによる場合、粒子の色が特定色に固定されているため、多様な色を表現することは難しいという限界がある。一方、ディスプレイと共に用いられ、ディスプレイから反射されるか、またはディスプレイに入射される光を透過又は遮断させる機能をする光透過度調節装置が紹介されている。従来の光透過度調節装置は、光の透過を制御する機能を行う機械的なシャッタを含むなど構造が複雑であり、製造時間と製造コストがあまりにも高いという問題があった。

20

【0003】

従って、表示領域において簡単な構造にして多様な色及び/又は透過度が簡単な方式で調節され得る方式が提供される必要がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、その目的は、多様な色及び/又は透過度が同一の単一画素内で簡単な方式及び構造で実現される表示方法及び装置を提供することにある。

30

【0005】

本発明の他の目的は、多様な色、透過度、明度及び/又は彩度が簡単な方式及び構造で調節され得る表示方法及び装置を提供することにある。

【0006】

本発明の別の目的は、粒子間隔を更に規則的に配列させて粒子から反射される光の波長の強度が改善される表示方法及び装置を提供することにある。

【0007】

本発明の更に他の目的は、前記表示方法の段階を行うプログラムコードを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体 (machine readable storage medium) を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一側面によって、複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御し、前記粒子の間隔を制御することによって、前記間隔が制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第2モードを前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現する表示方法が提供さ

50

れる。

【0009】

本発明の一側面によって、複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加位置及び印加時間のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御し、前記粒子の間隔を制御することによって、前記間隔が制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、前記粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第2モードを前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現する表示方法が提供される。

【0010】

本発明の一側面によって、複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加位置及び印加時間のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御し、前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第1モードと、前記粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第2モードを前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現する表示方法が提供される。

【0011】

本発明の一側面によって、複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加位置及び印加時間のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御し、前記粒子の間隔を制御することによって、前記間隔が制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第2モードと、前記粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第3モードを前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現する表示方法が提供される。

【0012】

一側面によって、少なくとも1つが透明な少なくとも2つの互いに対向する電極間に複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部と、前記電極に印加される電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御する制御部とを含み、前記制御部は、前記粒子の間隔を制御することによって、前記間隔が制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第2モードを前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現する表示装置が提供される。一側面によって、少なくとも1つが透明な少なくとも2つの互いに対向する電極間に複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部と、前記電極に印加される電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御する制御部とを含み、前記制御部は、前記粒子の間隔を制御することによって、前記間隔が制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、前記粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第2モードを前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現する表示装置が提供される。

【0013】

一側面によって、少なくとも1つが透明な少なくとも2つの互いに対向する電極間に複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部と、前記電極に印加される電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御する制御部とを含み、前記制御部は、前記

10

20

30

40

50

粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第1モードと、前記粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第2モードを前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現する表示装置が提供される。

【0014】

一側面によって、少なくとも1つが透明な少なくとも2つの互いに対向する電極間に複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部と、前記電極に印加される電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御する制御部とを含み、前記制御部は、前記粒子の間隔を制御することによって、前記間隔が制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第2モードと、前記粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第3モードを前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現する表示装置が提供される。

10

【0015】

一側面によって、コンピュータによって読み取られ、複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御するプログラムコードが格納されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記プログラムコードは、前記粒子の間隔を制御することによって、前記間隔が制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第2モードが前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現されるようにするコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

20

【0016】

一側面によって、コンピュータによって読み取られ、複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御するプログラムコードが格納されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記プログラムコードは、前記粒子の間隔を制御することによって、前記間隔が制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、前記粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第2モードが前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現されるようにするコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

30

【0017】

一側面によって、コンピュータによって読み取られ、複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御するプログラムコードが格納されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記プログラムコードは、前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第1モードと、前記粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第2モードが前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現するようにするコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

40

【0018】

一側面によって、コンピュータによって読み取られ、複数の粒子が溶媒に分散された溶液を含む表示部に電極を通じて電場を印加し、前記電場の強度、方向、印加回数、印加時間及び印加位置のうちの少なくとも1つを調節して前記粒子の間隔、位置及び配列のうちの

50

の少なくとも1つを制御するプログラムコードが格納されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記プログラムコードは、前記粒子の間隔を制御することによって、前記間隔が制御された粒子から反射される光の波長を調節する第1モードと、前記粒子の位置を制御することによって、前記粒子、前記溶媒、前記溶液及び前記電極のうちの少なくとも1つのカラーが表示される第2モードと、前記粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、前記溶液を透過する光の透過度を調節する第3モードが前記表示部の同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に実現するようにするコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【0019】

以下の個別の実施形態は、前記の表示方法、表示装置及び記録媒体の何れにも適用され得る。

10

【0020】

一実施形態において、前記モード間の切替は、印加される電場の強度、方向及び印加位置のうちの少なくとも1つが変わることによりなされる。

【0021】

一実施形態において、直流電場及び交流電場を順次又は同時に混合して印加する。

【0022】

一実施形態において、前記電極は大電極と局部電極とに分割されて電氣的に分離されている。

【0023】

20

一実施形態において、前記粒子の位置を調節するために、同一符号の電荷に帯電された粒子を用いる。

【0024】

一実施形態において、前記粒子の位置を調節するために、溶媒と誘電率が異なる粒子を用い、不均一な電場を前記表示部に印加する。

【0025】

一実施形態において、光の透過度を調節するために、前記粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節される。

【0026】

一実施形態において、光の透過度を調節するために、同一符号の電荷に帯電された粒子を用い、前記電場を表示部に局部的に印加して電気泳動(electrophoresis)により前記粒子が局部的に移動する。

30

【0027】

一実施形態において、光の透過度を調節するために、溶媒と異なる誘電率を有する粒子を用い、不均一な電場を前記表示部に印加する。

【0028】

一実施形態において、電気粘性(electrorheology)により前記粒子が前記電場の方向と平行な方向に配列されて透過度が調節される。

【0029】

一実施形態において、前記粒子、溶媒及び溶液のうちの少なくとも1つは、可変電気分極(variable electrical polarization)特性 - 印加された電場が変化することによって誘発される電気分極量が変わる - を有する。

40

【0030】

一実施形態において、前記粒子、前記溶媒、前記溶液のうちの少なくとも1つは、電子分極、イオン分極、界面分極及び回転分極のうちの何れか1つにより電気分極される物質を含む。

【0031】

一実施形態において、前記溶媒は、分極指数が1以上の物質を含む。

【0032】

一実施形態において、前記溶媒は、炭酸プロピレン(Propylene Carbonate)を含む。

50

【 0 0 3 3 】

一実施形態において、前記粒子は、強誘電体又は超常誘電体物質を含む。

【 0 0 3 4 】

一実施形態において、前記粒子は、T i、Z r、B a、S i、A u、A g、F eのうちの少なくとも1つの元素を含む無機化合物や炭素(Carbon)を含む有機化合物である。

【 0 0 3 5 】

一実施形態によって、前記粒子は同一符号の電荷を有し、前記電場が印加されることによって、電場の強度に比例して粒子に作用する電気泳動力と、前記可変電気分極特性により粒子間に作用する静電氣的引力と、同一符号の電荷を有する粒子間に作用する静電氣的反発力が相互作用して前記粒子間の間隔が特定の範囲に到達するようになり、前記粒子間の間隔が特定の範囲に到達するようになることによって、前記複数の粒子から特定波長の光が反射される。

10

【 0 0 3 6 】

一実施形態によって、前記粒子は互いに立体障害効果(steric effect)を示し、前記電場が印加されることによって、前記可変電気分極特性により粒子間に作用する静電氣的引力と、前記粒子間に作用する立体障害反発力が相互作用して前記粒子間の間隔が特定の範囲に到達するようになり、前記粒子間の間隔が前記特定の範囲に到達するようになることによって、前記複数の粒子から特定波長の光が反射される。

【 0 0 3 7 】

一実施形態において、前記電場を印加すれば、前記粒子は、溶媒内で3次元的に短範囲規則度(short range ordering)を有しながら、配列する。

20

【 0 0 3 8 】

一実施形態において、前記電場の強度が増加するほど、前記粒子から反射される光の波長が短くなる。

【 0 0 3 9 】

一実施形態において、前記粒子から反射される光の可能な波長範囲は、赤外線、可視光線及び紫外線帯域を含む。

【 0 0 4 0 】

一実施形態において、前記粒子、前記溶媒及び前記電極のうちの少なくとも1つは、顔料及び、染料及び構造色を有する物質のうちの少なくとも1つの成分を含む。

30

【 0 0 4 1 】

一実施形態において、複数の画素のそれぞれに電場を独立して印加し、前記複数の画素のそれぞれが独立して駆動されるようにする。

【 0 0 4 2 】

一実施形態において、前記粒子及び前記溶媒は、光透過性物質によってカプセル化されるか、絶縁性物質によって区画化される。

【 0 0 4 3 】

一実施形態において、前記粒子及び前記溶媒は、光透過性物質からなる媒質内に散在する。

【 0 0 4 4 】

一実施形態において、前記溶液はゲル(Gel)形態である。

40

【 0 0 4 5 】

一実施形態において、前記溶液は、電場を印加して特定のカラー又は透過度を表示した後前記電場を除去しても、所定時間前記特定のカラー又は透過度を維持する。

【 0 0 4 6 】

一実施形態において、その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数垂直に積層させ、各積層された単一画素内で前記モードが独立して実現される。

【 0 0 4 7 】

一実施形態において、その内で前記モード間の切替がなされる単一画素を複数水平に配列させ、各配列された単一画素内で前記モードが独立して実現される。

50

【 0 0 4 8 】

一実施形態において、前記粒子又は前記溶媒に前記電場を印加した後に前記電場と反対方向の電場を印加して前記粒子の間隔、位置又は配列を初期化 (reset) する。

【 0 0 4 9 】

一実施形態において、前記電場を印加する前に前記粒子の間隔、位置又は配列を予め設定された間隔、位置又は配列に維持するために待機 (standby) 電場を印加する。

【 0 0 5 0 】

一実施形態において、前記表示部にキャパシタが接続されて電圧が印加されれば、前記キャパシタに電荷が充電されるようにし、前記表示部に印加される電圧が遮断されれば、前記キャパシタに充電された電荷を用いて前記表示部に電圧を印加する。

10

【 0 0 5 1 】

一実施形態において、表示面積、表示時間及び光透過度のうちの少なくとも1つを調節することで、表示されるカラーの明度又は彩度を制御する。

【 0 0 5 2 】

一実施形態において、互いに異なる符号の電荷を有する第1及び第2粒子に電場を印加して前記第1粒子の間隔、位置又は配列と前記第2粒子の間隔、位置又は配列が互いに独立して制御される。

【 0 0 5 3 】

一実施形態において、前記粒子及び前記溶媒に入射される光を用いてエネルギーを発生させ、前記発生したエネルギーを用いて前記電場を印加する。

20

【 0 0 5 4 】

一実施形態において、発光型表示手段を用いて前記モードを実現するか、発光型表示手段を前記モードと組み合わせて用いる。

【 0 0 5 5 】

一実施形態において、前記粒子、前記溶媒又は前記電極から反射されるか、前記粒子、前記溶媒又は前記電極を透過する光が前記電極に結合されているカラーフィルタを通過して表示されるようにする。

【 0 0 5 6 】

一実施形態において、前記粒子及び前記電極は、それぞれ白色及び黒色であるか、それぞれ黒色及び白色である。

30

【 0 0 5 7 】

一実施形態において、前記粒子の間隔を制御することによって反射される光の波長を調節するモードは、前記粒子の配列を制御することによって光の透過度を調節するモードよりもその印加される電圧の大きさが小さい。

【 0 0 5 8 】

一実施形態において、印加される電圧が大きくなるほど、可変電気分極特性による粒子間の引力が粒子間の反発力よりも反発力を無視する程度に大きくなる。

【 0 0 5 9 】

一実施形態において、前記粒子の配列を制御することによって光の透過度を調節するモードでは、前記可変電気分極特性による粒子間の引力が粒子間の反発力よりも大きくなる。

40

【 0 0 6 0 】

一実施形態において、透過度調節モードで、透過度が連続的に又はアナログ方式で変化され得る。

【 発明の効果 】

【 0 0 6 1 】

本発明によれば、多様な色又は連続的な色及び / 又は透過度が同一の単一画素内で簡単な構造で実現され得るという効果を奏する。

【 0 0 6 2 】

本発明によれば、多様な色、透過度、彩度及び / 又は明度が簡単な構造で調節され得る

50

。

【0063】

本発明によれば、R、G、Bの混色による色(hue)実現ではなく、連続的な波長の光を反射させることで、連続的な波長の色を実現できる。

【0064】

本発明に係る表示方法によれば、大型面積表示、簡単な表示方法、連続的な色実現、フレキシブルな表示領域での使用、低電力消費の表示を同時に満たすことができる。

【0065】

本発明によれば、視野角(viewing angle)特性及び反応速度(response time)に優れた表示方法及び装置が提供され得る。

10

【図面の簡単な説明】

【0066】

本発明の前述した長所、特徴及び目的と更なる長所、特徴及び目的は、次の発明の詳細な説明を以下の添付する図面を参照して説明すれば、明らかになる。

【0067】

【図1】本発明の一実施形態に係る表示装置に含まれる粒子の構成を例示的に示す図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る表示装置に含まれる粒子の構成を例示的に示す図である。

【図3】本発明の一実施形態によって電場が印加されることによって、粒子又は溶媒が分極される構成を例示的に示す図である。

20

【図4】本発明の一実施形態によって分子の非対称的な配置による単位分極特性を例示的に示す図である。

【図5】常誘電体、強誘電体及び超常誘電体の履歴曲線を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る粒子又は溶媒に含まれ得るペロブスカイト構造を有する物質を例示的に示す図である。

【図7】本発明に係る表示装置の第1モードの第1実施形態によって粒子の間隔を制御する構成を概念的に示す図である。

【図8】本発明に係る表示装置の第1モードの第2実施形態によって粒子の間隔を制御する構成を概念的に示す図である。

30

【図9】本発明の一実施形態に係る表示装置の第1モードの第1及び第2実施形態に係る表示装置の構成をそれぞれ概念的に示す図である。

【図10】本発明の一実施形態に係る表示装置の第1モードの第1及び第2実施形態に係る表示装置の構成をそれぞれ概念的に示す図である。

【図11】本発明の一実施形態によって第1モードの構成を例示的に示す図である。

【図12】本発明の一実施形態に係る表示装置の第2モードの構成を例示的に示す図である。

【図13】本発明の一実施形態に係る表示装置の第2モードの構成を例示的に示す図である。

【図14】本発明の一実施形態に係る表示装置の第3モードの構成を例示的に示す図である。

40

【図15】本発明の一実施形態によって第1及び第2モードを選択的に行える表示装置の構成を例示的に示す図である。

【図16】本発明の一実施形態によって第1及び第3モードを選択的に行える表示装置の構成を例示的に示す図である。

【図17】本発明の一実施形態によって第2及び第3モードを選択的に行える表示装置の構成を例示的に示す図である。

【図18】本発明の一実施形態によって第1、第2及び第3モードを選択的に行える表示装置の構成を例示的に示す図である。

【図19】本発明の一実施形態によって複数の電極により駆動される表示装置の構成を例

50

示的に示す図である。

【図 20】本発明の一実施形態によって表示装置に含まれる粒子及び溶媒を複数のカプセルにカプセル化する構成を例示的に示す図である。

【図 21】本発明の一実施形態によって表示装置に含まれる粒子及び溶媒を媒質内に散在させる構成を例示的に示す図である。

【図 22】本発明の一実施形態によって光透過性媒質でカプセル化された溶液の構成を例示的に示す図である。

【図 23】本発明の一実施形態によって媒質内に散在する粒子及び溶媒の構成を例示的に示す図である。

【図 24】本発明の一実施形態によって表示装置に含まれる粒子及び溶媒を複数のセルに区画化する構成を例示的に示す図である。

10

【図 25】本発明の一実施形態によって表示装置が互いに垂直方向又は水平方向に結合される構成を例示的に示す図である。

【図 26】本発明の一実施形態によって表示装置が互いに垂直方向又は水平方向に結合される構成を例示的に示す図である。

【図 27】本発明の一実施形態によって表示装置に印加される電圧のパターンを例示的に示す図である。

【図 28】本発明の一実施形態によって表示装置に印加される電圧のパターンを例示的に示す図である。

【図 29】本発明の一実施形態によって表示装置に印加される電圧のパターンを例示的に示す図である。

20

【図 30】本発明の一実施形態によって表示装置の複数の電極に連結される回路構成を例示的に示す図である。

【図 31】本発明の一実施形態によって粒子から反射される光の表示面積を調節する構成を例示的に示す図である。

【図 32】本発明の一実施形態によって粒子から反射される光の表示時間を調節する構成を例示的に示す図である。

【図 33】本発明の一実施形態によって光調節層を用いて明度を調節する構成を例示的に示す図である。

【図 34】本発明の一実施形態によって光透過度を調節する光調節層の構成を例示的に示す図である。

30

【図 35】本発明の一実施形態によって光透過度を調節する光調節層の構成を例示的に示す図である。

【図 36】本発明の一実施形態によって光遮断率を調節する光調節層の構成を例示的に示す図である。

【図 37】本発明の一実施形態によって互いに異なる電荷を有する粒子を用いて光結晶性ディスプレイを実現する表示装置の構成を例示的に示す図である。

【図 38】本発明の一実施形態によって電極をなす電極をパターンニングする構成を例示的に示す図である。

【図 39】本発明の一実施形態によって電極をなす電極をパターンニングする構成を例示的に示す図である。

40

【図 40】本発明の一実施形態によって電極をなす電極をパターンニングする構成を例示的に示す図である。

【図 41】本発明の一実施形態に係る表示装置がスペーサを含む構成を例示的に示す図である。

【図 42】本発明の一実施形態によって太陽電池部を含む表示装置の構成を例示的に示す図である。

【図 43】本発明に係る表示装置を発光型表示装置と結合させた構成を例示的に示す図である。

【図 44】本発明の一実施形態によって電荷を有する粒子を電気分極特性を有する溶媒に

50

分散させた状態で電場を印加して粒子の間隔を調節することで、粒子からなる光結晶から反射される光の波長を制御する第1モードを実現した実験結果をグラフ及び写真で示す図である。

【図45】本発明の一実施形態によって電荷を有する粒子を電気分極特性を有する溶媒に分散させた状態で電場を印加して粒子の間隔を調節することで、粒子からなる光結晶から反射される光の波長を制御する第1モードを実現した実験結果をグラフ及び写真で示す図である。

【図46】本発明の一実施形態によって電荷を有する粒子を電気分極特性を有する溶媒に分散させた状態で電場を印加して粒子の間隔を調節することで、粒子からなる光結晶から反射される光の波長を制御する第1モードを実現した実験結果をグラフ及び写真で示す図である。

10

【図47】本発明の一実施形態によって電荷を有する粒子を互いに異なる極性指数を有する多様な溶媒に分散させた状態で電場を印加して第1モードを実現する実験を行った結果、粒子から反射される光の波長をグラフとして示す図である。

【図48】本発明の一実施形態によって電荷を有する粒子を互いに異なる極性指数を有する多様な溶媒に分散させた状態で電場を印加して第1モードを実現する実験を行った結果、粒子から反射される光の波長をグラフとして示す図である。

【図49】本発明の一実施形態によって電荷を有し、電気分極特性を有する粒子を溶媒に分散させた状態で電場を印加して第1モードを実現する実験を行った結果、粒子から反射される光をグラフ及び写真として示す図である。

20

【図50】本発明の一実施形態によって電荷を有し、電気分極特性を有する粒子を溶媒に分散させた状態で電場を印加して第1モードを実現する実験を行った結果、粒子から反射される光をグラフ及び写真として示す図である。

【図51】本発明の一実施形態に係る表示装置の観察角に対する依存度（即ち、表示装置の視野角）に対する実験を行った結果を示す図である。

【図52】本発明の一実施形態によって第1及び第2モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。

【図53】本発明の一実施形態によって第1及び第3モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。

【図54】本発明の一実施形態によって第1及び第3モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。

30

【図55A】本発明の一実施形態によって第2及び第3モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。

【図55B】本発明の一実施形態によって第2及び第3モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。

【図55C】本発明の一実施形態によって第2及び第3モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。

【図56】本発明の一実施形態によって第2及び第3モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。

【図57】第2モード間におけるモード切替構成の一実施形態を示している。

40

【図58】第3モード間におけるモード切替構成の一実施形態を示している。

【図59】モード実現及びあらゆる切替実現のための波長、印加電圧及び反射度間の関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0068】

後述する本発明に関する詳細な説明は、本発明が実施され得る特定の実施形態を例として示す添付の図面を参照する。これらの実施形態は、当業者が本発明を実施するのに十分なように詳細に説明される。本発明の多様な実施形態は互いに異なるが、相互排他的である必要はないことが理解されるべきである。例えば、ここに記載されている特定の形状、構造及び特性は一実施形態と関連して本発明の精神及び範囲から逸脱せず、他の実施形

50

態で実現され得る。また、それぞれの開示された実施形態内の個別の構成要素の位置又は配置は、本発明の精神及び範囲から逸脱せず、変更され得ることが理解されるべきである。本明細書全般に亘って用いられる表現である「一実施形態によって」又は「一実施形態において」が登場すれば、これは特定の一実施形態で記述された形状、構造、特性、方式、構成などが必ずしも全ての実施形態でも同一に適用されることを意味せず、また特定の実施形態で記述された形状、構造、特性、方式、構成などがこの特定の実施形態にのみ適用されることを意味するわけでもない。更に、特定の実施形態で用いられる形状、構造、特徴部、特性、構成などは、他の実施形態と互いに結合され得る。

【0069】

また、本明細書で用いられる名詞の単数型は、複数型の存在を排除しない。また、本明細書で用いられる用語である「含む」及び「有する」及び「備える」及びこれらの活用語は、記述された構成要素又は段階以外の構成要素又は段階の存在を排除しない。また、本明細書で用いられるプロセスの段階の順序は、本明細書で記述された通りにのみ限定されるものではなく、他の順序も可能である。本明細書で用いられる序数である「第1、第2、第3」などは、構成要素又はモード又は段階を相互間で区別するだけであって、いかなる順序上の意味も与えず、また特定のモードは、第1モード、第2モード又は第3モードとも指称され得る。仮に、本明細書において、第1モードは光結晶反射モードを示すが、請求の範囲では第1モードは光結晶反射モード以外の他のモードになり得る。また、本明細書において、第2モードは、固有色反射モードを示し得るが、請求の範囲では固有色反射モード以外の他のモードになり得る。これはまた第3モードに対しても適用される。即ち、本発明を体系的に説明するために、第1モードを光結晶反射モード、第2モードを固有色反射モード、第3モードを透過度調節モードにし、本明細書で各モードを説明しているが、本発明は、このような説明方式にのみ限定されない。

【0070】

従って、後述する詳細な説明は、限定的な意味として捉えようとするものではなく、本発明の範囲は、適切に説明されるのであれば、それらの請求項が主張するものと均等なあらゆる範囲と共に添付された請求項によってのみ限定される。図面における類似する参照符号は、多様な側面に亘って同一又は類似の機能を示す。

【0071】

以下、本発明の属する技術分野において通常の知識を有する者が本発明を容易に実施できるようにするために、添付の図面を参照して本発明の構成を詳細に説明する。

【0072】

表示装置の構成

【0073】

本発明の一実施形態に係る表示装置は、複数の粒子が溶媒内に分散された状態で電極を通じて電場を印加し、電場の強度、方向、印加時間、印加回数、印加領域のうちの少なくとも1つを調節して粒子の間隔、位置及び配列のうちの少なくとも1つを制御することで、粒子で構成される光結晶から反射される光のカラーを表示する第1モード（光結晶反射モード）、粒子、溶媒、電極などの固有のカラー又は粒子の散乱による溶液のカラーを表示する第2モード（固有色反射モード）及び透過度が制御された光のカラーを表示する（即ち、光の透過度を制御する）第3モード（透過度調節モード）のうちの少なくとも2つのモードを表示装置の表示領域又は表示部の同一の単一画素（unit pixel）内で互いに切替可能に選択的に実現できる。以下の説明からも分かるように、単一画素とは、独立して制御され得る最小の表示単位のことをいう。即ち、既存のディスプレイ方式では、赤色のセル、緑色のセル、青色のセルが1つの単一画素を形成できるが、これはR、G、Bカラーの混色によって色を実現する方式における、仮に3つのセルが1つの単一画素を形成するが、本技術では、1つの単一セル又は単一画素が独立して制御されて連続的な色を実現できるので、本明細書における単一画素とは、既存の方式とは異なり、独立して制御され得る最小の表示単位又は表示領域又は表示部を意味することに注目する必要がある。

【0074】

粒子及び溶媒の構成

【0075】

図1及び図2は、本発明の一実施形態に係る表示装置に含まれる粒子の構成を例示的に示す図である。

【0076】

まず、図1を参照すれば、本発明の一実施形態に係る粒子110は、溶媒120に分散されて溶液状態で存在し得る。本発明の一実施形態によれば、粒子110は、正電荷又は負電荷を有し得る。従って、粒子110に電場が印加される場合、粒子110の有する電荷と電場により発生する電氣的引力によって粒子110が移動（即ち、電気泳動）し得る。また、複数の粒子110が同一符号の電荷を有する場合には、同一符号の電荷による相互間の電氣的斥力（クーロン反発力）によって複数の粒子110が互いに接触せず、所定の間隔を維持した状態で配列され得る。また、本発明の一実施形態によれば、粒子110は、高分子鎖形態などでコーティングされ、粒子間高分子鎖の無秩序な運動などによる立体障害効果が存在し得る。従って、粒子間の立体障害効果によって複数の粒子110が互いに接触せず、所定の間隔を維持した状態で配列され得る。

10

【0077】

図2を参照すれば、本発明の一実施形態に係る粒子110は、図2の（a）のように、異種の物質からなるコア・シェル（core-shell）112形態で構成されてもよく、図2の（b）のように、異種の物質からなるマルチ・コア（multi-core）114形態で構成されてもよく、図2の（c）のように、複数のナノ粒子からなるクラスタ116で構成されてもよく、前述した電荷を有する電荷層118又は立体障害効果を示す層118がそれらの粒子を覆う構造で構成されてもよい。本発明に係る粒子は、前記構造に限定されず、コア粒子に異種物質を浸透或いは担持させた構造、ラズベリー（raspberry）構造などのように、多様な粒子及び形態を利用でき、逆光結晶構造のように、空孔（cavity）構造も使用できる。

20

【0078】

より具体的に、本発明の一実施形態に係る粒子110は、シリコン（Si）、チタニウム（Ti）、バリウム（Ba）、ストロンチウム（Sr）、鉄（Fe）、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、鉛（Pb）、アルミニウム（Al）、銅（Cu）、銀（Ag）、金（Au）、タングステン（W）、モリブデン（Mo）、亜鉛（Zn）、ジルコニウム（Zr）などの元素やこれらを含む酸化物、窒化物などの化合物からなり得る。また、本発明の一実施形態に係る粒子110は、スチレン、ピリジン、ピロール、アニリン、ピロリドン、アクリレート、ウレタン、チオフェン、カルバゾール、フルオレン、ビニルアルコール、エチレングリコール、エトキシアクリレートのうちの少なくとも1つの単位体を含む有機高分子又はPS（polystyrene）、PE（polyethylene）、PP（polypropylene）、PVC（polyvinyl chloride）、PET（polyethylen terephthalate）などの高分子物質からなり得る。

30

【0079】

また、本発明の一実施形態に係る粒子110は、電荷を有さない粒子或いはクラスタ（cluster）に電荷を有する物質がコーティングされた形態として構成されてもよい。例えば、炭化水素基を有する有機化合物によって表面が加工（或いはコーティング）された粒子、カルボン酸（carboxylic acid）基、エステル（ester）基、アシル（acyl）基を有する有機化合物によって表面が加工（或いはコーティング）された粒子、ハロゲン（F、Cl、Br、Iなど）元素を含む錯化合物によって表面が加工（コーティング）された粒子、アミン（amine）、チオール（thiol）、ホスフィン（phosphine）を含む配位化合物によって表面が加工（コーティング）された粒子、表面にラジカルを形成することによって電荷を有する粒子がこれに該当し得る。このように、粒子110の表面をシリカ、高分子、高分子モノマーなどの物質でコーティングすることで、粒子110が溶媒120内で高い分散性と安定性を有するようにできる。

40

【0080】

50

一方、粒子 110 の直径は数 nm ~ 数百 μ m であり得るが、必ずしもこれに限定されるものではなく、外部電場により粒子が一定間隔で配列されるとき、ブラッグの法則 (Bragg's law) により粒子の屈折率及び溶媒の屈折率と連係して可視光領域の光結晶波長帯が含まれ得る粒子サイズに設定できる。

【0081】

一方、本発明の一実施形態によれば、粒子 110 は、特定波長の光を反射させることができるように、即ち、固有のカラーを有するように構成され得る。より具体的に、本発明の一実施形態に係る粒子 110 は、酸化数の調節又は無機顔料、顔料などのコーティングを通じて特定のカラーを有するようになり得る。例えば、本発明に係る粒子 110 にコーティングされる無機顔料としては、発色団を含む Zn、Pb、Ti、Cd、Fe、As、Co、Mg、Al などが酸化物、硫化物、硫酸塩の形態で使用され得、本発明に係る粒子 110 にコーティングされる染料としては、蛍光染料、酸性染料、塩基性染料、媒染染料、硫化染料、建染染料、分散染料、反応性染料などが使用され得る。また、本発明の一実施形態によれば、粒子 110 は、特定のカラーを表示できるように、特定の構造色 (structural color) を有する物質でもあり得る。例えば、シリコン酸化物 (SiO_x)、チタニウム酸化物 (TiO_x) などの粒子が屈折率の異なる媒体に一定間隔で均一に配列された形態で構成され、特定波長の光を反射させる物質であり得る。

【0082】

また、本発明の一実施形態によれば、溶媒 120 も特定波長の光を反射させることができるように、即ち、固有のカラーを有するように構成され得る。より具体的に、本発明に係る溶媒 120 は、無機顔料、染料を有する物質を含むか、光結晶による構造色を有する物質を含むことができる。

【0083】

更に、本発明の一実施形態によれば、前記粒子又は溶媒に蛍光物質、燐光物質、発光物質などが少なくとも 1 つ含まれ、本発明の効果を最大化させることができる。

本発明の一実施形態によれば、溶媒 120 は、粒子 110 が溶媒 120 内に均一に分散されてコロイド安定性を確保するために、粒子 110 が溶媒 120 内で安定して分散されるように、分散剤などの添加剤を溶媒に添加するか、あるいは粒子 110 と溶媒 120 の比重差が既に設定された値以下であり得、溶媒 120 の粘度が既に設定された値以上であり得、粒子 110 と溶媒 120 からなるコロイド溶液の界面動電位 (electrokinetic potential) (即ち、ゼータ電位) の値が既に設定された値以上に高くなり得る。

【0084】

また、本発明の一実施形態によれば、電場の印加時に、粒子 110 が溶媒 120 内で所定の配列を通じて発生する可視光領域の反射光の強度を大きくするために、溶媒 120 と粒子 110 の屈折率差が既に設定された値以上であり得、粒子 110 の大きさは、ブラッグの法則により粒子の屈折率及び溶媒の屈折率と連係して可視光領域の光結晶波長帯が含まれ得る粒子サイズに設定できる。

【0085】

例えば、コロイド溶液の界面動電位の絶対値は 10 mV 以上であることができ、粒子 110 と溶媒 120 の比重差は 5 以下であることができ、粒子 110 と溶媒 120 の屈折率差は 0.3 以上であり、粒子の大きさは 100 nm ~ 500 nm の間であることができるが、これに限定されるものではない。

【0086】

粒子間引力：電気分極特性

【0087】

また、本発明の一実施形態によれば、表示装置に含まれる粒子が分散された溶媒を含む溶液は、可変電気分極 (variable electrical polarization) 特性 - 電場が印加されれば、電気分極量が変化する - を有し得るが、このような溶液の電気分極特性は、溶液を構成している粒子又は溶媒のうちの少なくとも 1 つが電気分極特性を示すか、溶液内で粒子と溶媒の相互作用により電気分極特性が示され得る。また、電気分極特性を示す溶液 (粒子

10

20

30

40

50

及び溶媒で構成)は、原子或いは分子の非対称的な電荷分布などによって外部電場が印加されることにより、電子分極、イオン分極、界面分極及び回転分極のうちの何れか1つにより電気分極される物質を含むことができる。

【0088】

従って、本発明の一実施形態に係る粒子又は溶媒又はこれらで構成された溶液のうちの少なくとも1つは、電場が印加されれば、電気分極が誘発され得、印加される電場の強度又は方向が変わることによって、前記誘発された電気分極量が variability 得る。このように電場が変わることにより、電気分極量が変化する特性を可変電気分極特性と言える。本発明において、電場が印加された際に誘発される電気分極量が大きければ大きいほど、有利であるが、その理由は、電場を印加するにつれて、粒子、溶媒、溶液のうちの少なくとも1つの電気分極により粒子間の相互作用力がより大きく作用し、粒子間の間隔を更に均一に配列できるためである。

10

【0089】

図3は、本発明の一実施形態によって電場が印加されることによって、粒子又は溶媒が分極される構成を例示的に示す図である。

【0090】

図3の(a)及び(b)を参照すれば、外部電場が印加されない場合に、粒子又は溶媒が電氣的平衡状態を維持し、電気分極特性を示さないが、外部電場が印加される場合には、粒子又は溶媒内の電荷が所定方向に移動することによって分極が誘発され、粒子又は溶媒が分極され得る。図3の(c)及び(d)は、粒子又は溶媒を構成する電氣的に非対称的な構成要素によって単位分極(unit polarization)が生成される場合であって、電場を印加しない場合には、前記単位分極が無秩序に配列されて全体電気分極は現れないか、小さな値を示すが、外部から電場が印加される場合には、単位分極を有する粒子又は溶媒が外部電場の方向によって所定の方向に再配列され得るため、全体として、単位分極がない状態で電場を印加する図3の(b)の場合に比べて、相対的に大きな電気分極値(polarization value)を示すことができる。本発明の一実施形態によれば、図3(c)及び(d)に表示された単位分極は、電子又はイオンの非対称的な配置や分子の非対称的な構造で発生し得、このような単位分極によって外部電場が印加されない場合にも、微細な残留分極値(remnant polarization value)が示され得る。

20

【0091】

図4は、本発明の一実施形態によって分子の非対称的な配置による単位分極特性を例示的に示す図である。より具体的に、図4は、水分子(H_2O)の場合を例示的に示すものであって、水分子以外に、トリクロロエチレン、四塩化炭素、ジイソプロピルエーテル、トルエン、メチル-t-ブチルエーテル、キシレン、ベンゼン、ジエチルエーテル、ジクロロメタン、1,2-ジクロロエタン、酢酸ブチル、イソプロパノール、n-ブタノール、テトラヒドロフラン、n-プロパノール、クロロホルム、酢酸エチル、2-ブタノン、ジオキサン、アセトン、メタノール、エタノール、アセトニトリル、酢酸、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、炭酸プロピレン、N,N-ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、N-メチルピロリドンなどは、分子構造の非対称性により単位分極特性が現れ得るため、本発明に係る粒子又は溶媒を構成する物質として採用され得る。参考までに、物質の分極特性を比較するために用いられる極性指数(polarity index)は、水(H_2O)の分極特性に対比して該当物質の相対的な分極の程度を示す指標であり得、本発明の一実施形態によれば、溶媒は、極性指数が1以上の物質を含むことができる。

30

40

【0092】

また、本発明の一実施形態に係る粒子又は溶媒は、外部電場が印加されることによって、イオン又は原子の電気分極が追加で誘発され、分極量が大きく増加し、外部電場が印加されない場合にも、残留分極量が存在し、電場の印加方向によって履歴(hysteresis)が残る強誘電性(ferroelectric)物質を含むことができ、外部電場が印加されることによって、イオン又は原子分極が追加で誘発され、分極量が大きく増加するが、外部電場が印加されない場合には、残留分極量と履歴が残っていない超常誘電性(superparaelectric

50

物質を含むことができる。図5を参照すれば、常誘電性物質510、強誘電性物質520及び超常誘電性物質530の外部電場による履歴曲線を確認することができる。

【0093】

更に、本発明の一実施形態に係る粒子又は溶媒は、ペロブスカイト(perovskite)構造を有する物質を含むことができるが、 ABO_3 のようなペロブスカイト構造を有する物質として、 $PbZrO_3$ 、 $PbTiO_3$ 、 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 、 $SrTiO_3$ 、 $BaTiO_3$ 、 $(Ba, Sr)TiO_3$ 、 $CaTiO_3$ 、 $LiNbO_3$ などの物質がその例として挙げられる。

【0094】

図6は、本発明の一実施形態に係る粒子又は溶媒に含まれ得るペロブスカイト構造を有する物質を例示的に示す図である。図6を参照すれば、 $PbZrO_3$ (又は $PbTiO_3$)に印加される外部電場の方向によって $PbZrO_3$ (又は $PbTiO_3$)内でのZr(又はTi)(即ち、 ABO_3 構造でのB)の位置が変わり得、これによって $PbZrO_3$ (又は $PbTiO_3$)全体の極性が変わり得る。従って、原子或いはイオンの移動により非対称的な電子分布が形成され、単位分極が形成され得、このような単位分極が存在すれば、電子分極のみ存在する場合に比べて、外部電場の印加時に更に大きな可変電気分極値を誘発させることができる。

【0095】

また、本発明の一実施形態によれば、本発明の反射光調節及び透過度調節効果は、粒子間配列がよくなされればなされるほど、最大化し得るため、微細粒子が不導体流体に分散されて電氣流変(ER:Electro-Rheology)特性を示す流体又は更に不導体がコーティングされた強誘電体粒子のように極大電氣流変(GER:Giant Electro-Rheology)を示す流体を利用することで、本発明の効果を最大化できる。

【0096】

更に、電氣分極の様相を説明すると、第1実施例として電場が印加されなければ、前記溶媒の各分子及び各粒子のうちの少なくとも1つは、いかなる電氣分極量も有さないが、電場が印加されれば、前記溶媒の各分子及び各粒子のうちの少なくとも1つは電氣的に分極され、これにより、前記複数の粒子の電氣分極量全体及び前記溶媒の電氣分極量全体のうちの少なくとも1つは増加するようになり得る。第2実施例では、電場が印加されなくても、前記溶媒の各分子及び各粒子のうちの少なくとも1つは、電氣的に分極されているが、前記溶媒の電氣分極量全体及び前記複数の粒子の電氣分極量全体のうちの少なくとも1つはゼロになり、電場が印加されれば、前記複数の粒子の電氣分極量全体及び前記溶媒の電氣分極量全体のうちの少なくとも1つは、増加するようになり得る。第3実施例として、電場が印加されなくても、前記溶媒の各分子及び各粒子のうちの少なくとも1つは、電氣的に分極されており、前記溶媒の電氣分極量全体及び前記複数の粒子の電氣分極量全体のうちの少なくとも1つは、ゼロでない第1値を有し、電場が印加されれば、前記複数の粒子の電氣分極量全体及び前記溶媒の電氣分極量全体のうちの少なくとも1つは、前記第1値よりも大きい第2値になり得る。

【0097】

粒子間反発力：クーロン効果又は立体障害効果

【0098】

本発明の一実施形態によれば、表示装置に含まれる粒子表面は、同一符号の電荷に帯電され、粒子によりクーロン反発力が形成されるか、粒子表面に高分子鎖構造、官能基(functional group)、添加剤(surfactant)などを用いて立体構造物などを形成させて立体障害反発力(steric hindrance repulsion)が形成され得る。

【0099】

また、本発明の一実施形態によれば、粒子間反発力を最大化するために、前記同一符号の電荷に帯電され、立体構造物の形態で粒子をコーティングして前記クーロン反発力と立体障害反発力を同時に誘発させることもできる。

【0100】

更に、本発明の一実施形態によれば、粒子は電気分極される物質を含み、粒子表面処理を通じて粒子間の立体障害反発力はあるが、帯電された電荷が弱いため、電気泳動効果は最小化するように構成することによって、前記粒子或いは溶液は、外部電場により電気分極量が変化し、粒子間の局部的引力（short range attraction）が効果的に発生し、粒子表面処理を通じて形成された立体構造物により粒子間で局部的に立体障害反発力（short range steric hindrance repulsion）は効果的に発生するが、外部電場による長距離電気泳動力（long range electrophoretic force）により帯電された粒子が電極に偏る現象を最小化できる。即ち、粒子表面に電荷が処理されず、外部電場によって何れか1つの電極側に電気泳動する現象が最小化され得る。このように立体障害反発力を与えるために、有機リガンド（organic ligand）を粒子表面に処理できる。また、本発明の一実施形態によれば、帯電された粒子を使用する際に、前記電気泳動により帯電された粒子が電極に偏る現象を防止するために、直流電圧ではない交流電圧を組み合わせることもできる。

10

【0101】

但し、本発明に係る粒子及び溶媒の構成が必ずしも前記列挙したもの限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲内で、即ち、電場によって粒子の間隔が制御され得る範囲内で適切に変更され得ることを明確にしておく。

【0102】

仮に、本発明の効果を最大化するためには、粒子と粒子が分散された溶液の屈折率差を大きくし、電圧を印加しない場合には、乱反射（散乱）を最大化させて不透明度を高め、電圧を印加して構造色を発現させる際には、構造色の反射度（reflectance）を大きくすることができる。一般に、流体の屈折率は、種類によって大きな差がないため、粒子の屈折率を最大化する方法が効果的であり、互いに異なる物質が2種類以上結合されている、コア/シェル（core/shell）或いはラズベリー（raspberry）構造などに製作することで、前述した屈折率効果と反発力効果を同時に最大化できる。

20

【0103】

第1モード（光結晶反射モード）の動作原理及び構成

【0104】

本発明の一実施形態に係る表示装置は、複数の粒子が溶媒内に分散された状態で電極を通じて電場を印加し、電場の強度、方向、印加回数、印加時間のうちの少なくとも1つを調節して粒子の間隔を制御することで、粒子構造（即ち、複数の粒子が所定の間隔を維持することによって形成される光結晶）から反射される光のカラーが可変的に表示されるようにする第1モードを行える。以下では、本発明の一実施形態に係る表示装置の第1モードの動作原理及び構成について詳細に説明する。本明細書及び請求の範囲において、時折、第1モードは、光結晶反射モード（photonic crystal reflection mode）と指称され得る。一方、本明細書において全般的に、反射モード（光結晶反射モード及び固有色反射モード（後述するはずであり、第2モードに対応する））でもやはり透過される光が存在し得る。しかしながら、本発明の実施形態において、このような反射モードで支配的に発生する、反射される光を用いるため、透過される光の使用に対しては無視できる。また、後述する第3モードである透過度調節モードで1次的に支配的に発生するのは透過される光であるので、この場合にも、やはり1次的に反射される光の使用に対しては無視することにする。即ち、本明細書において、該当モードで支配的に（predominantly）発生する光を用いることが自明である。また、前述したように、請求の範囲においては、第1モードは光結晶反射モードではない他のモードになり得、これは単に体系的な説明のためのものに過ぎず、本発明はこれに限定されてはならない。

30

40

【0105】

まず、本発明に係る表示装置の第1モードの一実施形態によれば、同一符号の電荷を有する複数の粒子が電気分極特性を有する溶媒に分散された状態で粒子及び溶媒に電場が印加される場合、粒子が有する電荷によって複数の粒子には、電場の強度と粒子の電荷量に比例する電氣的な力が作用するようになり、これにより、複数の粒子は電気泳動されて所

50

定方向に移動しながら、粒子の間隔が狭くなる。一方、これとは反対に、粒子の間隔が狭くなることによって、互いに同一符号の電荷を有する複数の粒子間で発生する電氣的斥力は増加するようになるので、粒子の間隔が継続して狭くはならず、所定のバランスが取れるようになり、これにより複数の粒子は、所定の間隔を置いて規則的に配列され得る。また、溶媒の有する電気分極特性によって電荷に帯電された粒子周囲の溶媒は、電気分極され、互いに影響力を及ぼすようになり、外部電場の印加時には、外部電場の方向に溶媒の電気分極が配列され、これによって局部的に溶媒の電気分極と相互関係している電荷に帯電された粒子も外部電場の方向に配列され得る。即ち、単位分極された溶媒は、外部から印加される電場及び周辺の粒子が有する電荷によって所定の方向に配列され、これにより粒子を中心として局部的に形成される分極領域が形成され、複数の粒子が所定の間隔を維持した状態で更に規則的、且つ、安定的に配列され得る。本発明に係る表示装置の第1モードの第1実施形態によれば、外部電場による電氣的な力（電氣泳動力）、互いに同一符号の電荷を有する粒子間の電氣的な力（クーロン反発力）及び分極による電氣的な力（クーロン引力）などが平衡をなす距離を置いて複数の粒子が規則的に配列され得る。前記のような原理によって、粒子の間隔が所定の間隔で制御され得、所定の間隔を置いて配列された複数の粒子は、光結晶としての機能を行えるようになる。規則的に配列された複数の粒子から反射される光の波長は、粒子の間隔により決定されるため、外部電場の調節を通じて粒子の間隔を制御することで、複数の粒子から反射される光の波長を任意に制御できるようになる。ここで、反射される光の波長のパターンは、電場の強度及び方向、粒子の大きさ及び質量、粒子及び溶媒の屈折率、粒子の電荷量、溶媒或いは粒子の電気分極特性、溶媒内の分散された粒子の濃度などの要因によって多様に示され得る。

【0106】

図7は、本発明に係る表示装置の第1モードの一実施形態によって粒子の間隔を制御する構成を概念的に示す図である。図7を参照すれば、外部電場が印加されない場合に、電荷を有する粒子720周辺の単位分極された溶媒710が粒子の電荷と相互作用して粒子方向に強く配列され、粒子からの距離が遠ざかることによって、単位分極された溶媒710が次第に無秩序に配列され得る（図7の（a）参照）。また、図7を参照すれば、外部電場が印加される場合には、粒子720の有する電荷の影響力が及ばない領域（即ち、粒子720から遠く離れた領域）に位置する単位分極された溶媒710が電場の方向に再配列され、再配列された溶媒の影響により帯電された粒子720が再配列され得る。即ち、電荷に帯電された粒子による電氣的引力が強く作用する領域（即ち、粒子720と近接する領域）に位置する単位分極された溶媒710は、粒子720が有する電荷による電氣的引力によって単位分極の正極或いは負極が粒子720に向かう方向に配列され得、このように粒子720の周辺領域の単位分極溶媒710が粒子720に向かう方向に配列されている領域、即ち、分極領域730は、まるで電気分極された1つの大きな粒子のように作用して周辺の他の分極領域と相互作用でき、これにより、電荷を有する粒子720が所定の間隔を維持した状態で規則的に配列され得る（図7の（b）参照）。図7は、残留分極を有する溶媒で示したが、残留分極がない状態でも電場が印加されることにより、電気分極が誘発される特性を有する溶媒にも同様に適用され得る。

【0107】

次に、本発明に係る表示装置の第1モードの一実施形態によれば、同一符号の電荷を有し、電気分極特性を有する複数の粒子が溶媒内に分散された状態で粒子及び溶媒に電場が印加される場合、粒子が有する電荷によって複数の粒子には、電場の強度と粒子の電荷量に比例する電氣的な力が作用するようになり、これにより複数の粒子は、電氣泳動されて所定方向に移動しながら、粒子の間隔が狭くなる。一方、これとは反対に、粒子の間隔が狭くなることによって、互いに同一符号の電荷を有する複数の粒子間で発生する電氣的斥力は増加するようになるので、粒子の間隔が継続して狭くはならず、所定のバランスが取れるようになり、これにより複数の粒子は、所定の間隔を置いて規則的に配列され得る。また、電気分極特性を示す粒子は、電場により分極が誘発され、電場の方向に分極され、このように分極された複数の粒子間には、電氣的引力が局部的に発生するようになり、複

数の粒子が所定の間隔を維持した状態で更に規則的、且つ、安定的に配列され得る。即ち、本発明に係る表示装置の前記実施形態によれば、外部電場による電氣的引力（電気泳動力）、互いに同一符号の電荷を有する粒子間の電氣的斥力（クーロン反発力）及び分極による電氣的引力（クーロン引力）が平衡をなす距離を置いて複数の粒子が規則的に配列され得る。前記のような原理によって、粒子の間隔が所定の間隔に制御され得、所定の間隔を置いて配列された複数の粒子は、光結晶としての機能を行えるようになる。規則的に配列された複数の粒子から反射される光の波長は、粒子の間隔により決定されるため、粒子の間隔を制御することによって、複数の粒子から反射される光の波長を任意に制御できるようになる。ここで、反射される光の波長のパターンは、電場の強度及び方向、粒子の大きさ及び質量、粒子及び溶媒の屈折率、粒子の電荷量、粒子及び溶媒の電気分極特性、溶媒内の分散された粒子の濃度などの要因によって多様に示され得る。

10

【0108】

図8は、本発明に係る表示装置の第1モードの一実施形態によって粒子の間隔を制御する構成を概念的に示す図である。図8を参照すれば、外部電場が印加されない場合には、粒子810が分極されないが（図8の（a）参照）、外部電場が印加される場合には、粒子810内に含まれている物質の電気分極特性によって粒子810が分極され得、これにより、粒子810が所定の間隔を維持した状態で規則的に配列され得る（図8の（b）参照）。

【0109】

本発明の前記実施形態において、溶媒又は粒子の電気分極値が大きいほど、分極領域730又は分極された粒子810間の相互作用の程度を増加させることができ、これにより粒子が更に規則的に配列されるようにできる。図8は、残留分極がない粒子で示したが、残留分極がある状態でも電場が印加されることにより、電気分極が変化する特性を有する粒子にも同様に適用され得る。一方、本発明の一実施形態に係る表示装置の第1モードの前記実施形態に係る表示装置の構成を概念的に示せば、それぞれ図9及び図10の通りである。本発明の一実施形態に係る表示装置の第1モードの前記実施形態については、既に図7及び図8を参照して十分に詳細に説明したので、図9及び図10についての更なる説明は省略する。

20

【0110】

以上の第1モードの実施形態において、粒子又は溶媒が電気分極特性を有する場合について説明したが、本発明に係る粒子又は溶媒が必ずしも電気分極特性を有すべきではないことを明確にしておく。即ち、粒子又は溶媒が電気分極特性を有さない場合であっても、粒子が電荷を有すれば、外部電場による電氣的引力及び互いに同一符号の電荷を有する複数の粒子間の電氣的斥力が平衡をなす距離を置いて複数の粒子が規則的に配列され得、このように規則的に配列された複数の粒子は、任意の波長の光を反射させる光結晶を形成できる。

30

【0111】

本発明の第1モードにおいて、外部電場によって前述した通り、粒子間に作用する引力と斥力の均衡により複数の粒子間の間隔が一定の間隔を維持できるが、前記引力と斥力が近距離粒子間には効果的に作用できるものの、一定距離以上の粒子間には相互作用力が効果的でないこともあり得るため、本発明に係る粒子の配列は、3次元的に長距離配列（Long range ordering）をするのではなく、短距離配列（Short range ordering）を示すことができる。また、微細に互いに異なる配列度を有する短距離配列の集合により反射される反射光は、既存の典型的な光結晶の配列により反射される光結晶光に比べて、視野角依存性が大きく改善された反射光特性を示すことができる。また、以上の第1モードの実施形態において、粒子が電荷を有する場合について説明したが、本発明に係る粒子が必ずしも電荷を有すべきではないことを明確にしておく。即ち、粒子が電荷を有さない場合であっても、粒子が電気分極特性を有し、立体障害反発力を発生させることができる立体構造物を有すれば、外部電場により誘発された電気分極により発生する隣接する粒子間の電氣的引力及び立体障害効果による斥力が平衡をなす距離を置いて複数の粒子が規則的に配列

40

50

され得、このように規則的に配列された複数の粒子は、任意の波長の光を反射させる光結晶を形成できる。即ち、複数の粒子は、互いに立体障害効果を示せば、電場が印加されることによって、可変電気分極特性により粒子間に作用する静電的引力と、粒子間に作用する立体障害反発力が相互作用して粒子間の間隔が特定の範囲に到達するようになり、前記粒子間の間隔が前記特定の範囲に到達するようになることによって、複数の粒子から特定波長の光が反射され、特定の色が実現され得るようになる。

【0112】

図11は、本発明の一実施形態によって第1モードの構成を例示的に示す図である。図11を参照すれば、印加される電場の強度が大きいほど、粒子1112の間隔が狭くなり、これにより粒子1112からなる光結晶から反射される光の波長が短くなり得る。従って、電場の強度及び方向を制御することによって、粒子1112から反射される光の波長範囲を連続的に調節できるようになる。一方、図11で下部電極が大電極と小電極とに分割されて示されたが、本発明は、これにのみ限定されるものではなく、下部電極が一体となって形成されることもできる。即ち、各実施形態によって電極が分割又は一体化することができ、以下の内容を参照すれば、いかなるモード切替の実施形態において電極の一体化が必要であり、電極の分割が必要であるかが理解できるはずである。参考までに、1つの特定モード切替の場合に、本発明は同一の単一画素でモードが切り替えられるため、該当電極の構造は変化されてはならないことが自明である。

【0113】

また、前記第1モードを実現するために印加される電圧は、直流電圧又は交流電圧又は直流成分を含む交流電圧であり得る。前記で説明した電気分極特性又は可変電気分極特性は、交流電圧を印加するか、直流電圧を印加する場合に何れも発生し得る。特に、帯電された粒子に直流電圧を印加する場合には、電気泳動により帯電された粒子が反対電荷に印加された電極に移動し、電荷が電極に密集することによって密集した電荷によるスクリーン現象で他の粒子に影響を及ぼすようになり、粒子は漸進的に変化する電気泳動力を受けるようになり、結果として、電場方向に次第に異なる間隔を維持するようになり得、長範囲規則度よりは短範囲規則度のみを有するようになって、視野角に優れた表示部を構成することもできる。このような視野角特性については後述する。

【0114】

更に、本発明の図面では電圧を印加しない場合には、粒子が無秩序に分散されて溶液カラーを示すものと表示したが、粒子の濃度が所定の値よりも高いため、電圧を印加しない場合にも、粒子間の相互作用力が十分であれば、電圧を印加しなくても、粒子間の相互作用により特定の間隔を維持できる。

【0115】

第2モード（固有色反射モード）の動作原理及び構成

【0116】

本発明に係る表示装置の第2モードによれば、複数の粒子が溶媒内に分散された状態で電極を通じて電場を印加し、電場の強度、方向、印加時間、印加回数、印加領域のうちの少なくとも1つを調節して粒子の位置を制御することで、粒子又は溶媒の固有カラー又は保有カラー又は粒子の散乱（light scattering）による溶液のカラー、又は電極のカラーが可変的に表示される。但し、本明細書及び請求の範囲全体において電極が透明電極である場合には、電極カラーは透明電極を通じて現れる透明電極の下部の材質のカラーを明示することにし、第2モードは固有色反射モード又は保有色反射モードと指称され得る。ここで、固有色とは、粒子、溶媒又は電極の材質（material）が白色光を照射した場合、反射するカラーを意味し得る。

【0117】

本発明に係る表示装置の第2モードは、電気泳動（EP：electrophoresis）を用いて電荷を有する粒子を移動させるか、誘電泳動（DEP：dielectrophoresis）を用いて溶媒と互いに異なる所定の誘電率を有する粒子を移動させることによって実現され得る。このような電気泳動及び誘電泳動現象は、分散された溶媒に直流電圧を印加する場合、更に

効果的に発生し得る。

【0118】

まず、電気泳動を用いて本発明に係る表示装置の第2モードを実現する実施形態について詳察する。

【0119】

本発明に係る表示装置の第2モードによれば、同一符号の電荷を有する複数の粒子が溶媒に分散された状態で粒子及び溶媒に電場が印加される場合、粒子の有する電荷によって複数の粒子には、電場の強度と粒子の電荷量に比例する電氣的引力が作用するようになり、これにより複数の粒子は、電気泳動されて所定方向に移動するようになる。このとき、電圧を電極の一部分にのみ局部的に印加するか、所定の電圧以上に印加すれば、複数の粒子が第1モードのように、光結晶を形成できず、電場を印加する電極の局部領域側に移動するようになる。

【0120】

図12は、本発明の一実施形態に係る表示装置の第2モードの構成を例示的に示す図である。

【0121】

図12を参照すれば、電場が印加されない場合には、粒子が溶媒内に不規則に分散されており、粒子と溶媒の固有のカラーが混合された溶液のカラーが表示され得(図12の(a)参照)(即ち、粒子による光散乱による溶液のカラーが示される溶液カラー反射モードとも指称され得る)、粒子1210が観察者側である上部電極1230側に移動するようになり、粒子1210の有する固有のカラーが表示され得(図12の(b)参照)(粒子カラー反射モードと指称され得る)、粒子1210が観察者の反対側であり、広い面積を有する第1下部電極1240(大電極と指称される)側に移動するようになり、粒子1210の有する固有のカラーが表示される代わりに、溶媒1220の有する固有のカラーが表示され得(図12の(c)参照)(溶媒カラー反射モードと指称され得る)、粒子1210が観察者の反対側であり、狭い面積を有する第2下部電極(局部電極又は小電極と指称され得る)1250側に移動するようになり、広い面積を有する第1下部電極1240が現れるようになれば、第1下部電極1240の有する固有のカラーが表示され得る(図12の(d)参照)(電極カラー反射モードと指称される)。第1下部電極1240が透明である場合には、透明な下部電極を通じて表示される下部電極の下部の材質のカラーを電極カラーと指称することにする。一方、図12で下部電極が大電極1240と小電極又は局部電極1250に分割されているが、図12の(a)、(b)、(c)に対応する溶液カラー反射モード、粒子カラー反射モード、溶媒カラー反射モードでは、下部電極が一体構造となっても構わない。また、本図面においては、小電極又は局部電極1250は説明の便宜上、大きく示したが、その隣にある大電極1240に比べて非常に小さいため、上から見た時に大電極が下部電極の全部を占めているかのように見られる。また、本明細書においては、下部電極が大電極と小電極とに分割されている構成からなっているが、上部電極が大電極と小電極とに分割される構成も考慮できる。仮に、上部電極が大電極と小電極とに分割される場合において、粒子カラー反射モードは、大電極にのみ電圧を印加して実現され得、電極カラー反射モードでも、やはり小電極にのみ電圧を印加して実現され得る。なお、本発明の固有色反射モードを実現する実施形態は、図12にのみ限定されるものではなく、多様な変更が可能である。

【0122】

次に、誘電泳動を用いて本発明に係る表示装置の第2モードを実現する実施形態について詳察する。

【0123】

誘電泳動現象とは、不均一な電場がかかっている誘電媒質内に置かれている帯電されていない誘電粒子が誘導双極子モーメントを有するようになり、誘電粒子の誘電定数と誘電媒質の誘電定数の差により誘電粒子に加えられる力が発生し、電場勾配(gradient)の大きな領域又は小さな領域に移動する現象のことをいう。従って、誘電媒質の誘電定数より

も大きい誘電定数を有する誘電粒子は、電場勾配が大きな領域に移動し、誘電媒質の誘電定数よりも小さな誘電定数を有する誘電粒子は、電場勾配が小さな領域に移動する。

【 0 1 2 4 】

図 1 3 は、本発明の一実施形態に係る表示装置の第 2 モードの構成を例示的に示す図である。

【 0 1 2 5 】

図 1 3 を参照すれば、粒子 1 3 1 2 の誘電定数が溶媒 1 3 1 4 の誘電定数よりも大きく、下部電極が第 1 下部電極 1 3 3 2、1 3 3 5 と第 2 下部電極 1 3 3 4 とに分けられて構成される場合を仮定できる。図 1 3 の (a) を参照すれば、電極に電圧が印加されず、粒子 1 3 1 2 及び溶媒 1 3 1 4 に電場が印加されない場合には、粒子 1 3 1 2 が溶媒 1 3 1 4 内で不規則的に分散されるため、溶液が有する固有のカラーが表示され得る。一方、図 1 3 の (b) を参照すれば、第 1 下部電極 1 3 3 2、1 3 3 5 及び第 2 下部電極 1 3 3 4 に電圧が印加され、第 1 下部電極 1 3 3 2、1 3 3 5 が (+) 符号の電極となり、第 2 下部電極 1 3 3 4 が (-) 符号の電極となる場合には、第 1 下部電極 1 3 3 2、1 3 3 5 と第 2 下部電極 1 3 3 4 との間の空間で発生する電場の勾配が表示部内の他の領域で発生する電場の勾配よりも遥かに高くなるため、粒子 1 3 1 2 が誘電泳動によって移動して第 1 下部電極 1 3 3 2、1 3 3 5 と第 2 下部電極 1 3 3 4 との間の空間に集中するようになり、これにより第 1 下部電極 1 3 3 2、1 3 3 5 又は第 2 下部電極 1 3 3 4 が有する固有のカラーが表示され得る。

【 0 1 2 6 】

一方、前述した第 1 モードは、表示装置に入射される光のうち、特定波長の光を選択的に反射させる光結晶の原理によって動作するため、完全な白色又は黒色を実現することが容易ではない。従って、第 2 モードで白色又は黒色の粒子、溶媒又は電極を組み合わせ使用すれば、粒子、溶媒又は電極が有する固有のカラーである白色や黒色を完璧に実現できるので、前記のような第 1 モードの短所を補完できるようになる。より具体的に、白色の粒子を用い、黒色の電極（電極の材質が黒色であるか、透明な下部電極の下部に黒色の物質が位置）を使用すれば、前述したモード切替によって粒子カラーである白色と電極カラーである黒色を同一の表示領域或いは同一の単位ピクセル又は画素内で選択的に実現できる。

【 0 1 2 7 】

第 3 モード（透過度調節モード）の動作原理及び構成

【 0 1 2 8 】

本発明に係る表示装置の第 3 モードによれば、複数の粒子が溶媒内に分散された状態で電極を通じて電場を印加し、電場の強度、方向、印加時間、印加回数、印加領域のうちの少なくとも 1 つを調節して粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって、粒子及び溶媒のうちの少なくとも 1 つを透過する光の透過度を調節できる。本発明に係る表示装置の第 3 モードは、光結晶による反射光の波長を調節するか（光結晶透過度調節モード）、電気泳動又は誘電泳動を用いて粒子を移動させるか（粒子泳動透過度調節モード）、或いは粒子の配列状態を制御する（粒子整列透過度調節モード）ことによって実現され得る。以下では、前記のような 3 種類の駆動原理を用いて光透過度を調節する実施形態についてそれぞれ詳察する。本明細書において、第 3 モードは透過度調節モードと指称され得る。やはり、本透過度調節モードでは反射される光が存在するはずであるが、本モードで支配的に発生して観察者が検知できる光は、透過される光であることを改めて周知させたい。

【 0 1 2 9 】

図 1 4 は、本発明の一実施形態に係る表示装置の第 3 モードの構成を例示的に示す図である。

【 0 1 3 0 】

まず、図 1 4 の (a) を参照すれば、複数の粒子が溶媒内に分散された状態で電極を通じて電場を印加し、電場の強度及び方向のうちの少なくとも 1 つを調節し、粒子の間隔を調節して粒子構造（即ち、複数の粒子が所定の間隔を維持することによって形成される光

10

20

30

40

50

結晶)から反射される光の波長を制御するにおいて、粒子に印加される電場の強度を調節して粒子の間隔が閾値よりも狭くなるようにするか、あるいは広くなるようにして粒子から反射される光の波長範囲が可視光線帯域ではなく、紫外線や赤外線帯域となるように、電場を調節することによって表示装置のカラーを可視光領域で透明にすることができる。即ち、粒子からなる光結晶から反射される光を透明にすることによって、光透過度を調節できるようになる。参照までに、本発明において、光透過度とは、主に可視光領域での光透過度を意味する。このような方式を本明細書では、光結晶透過度調節モードと指称し得る。このような光結晶透過度調節モードは、直流電圧及び交流電圧の両方で発生し得、粒子が分散された溶液が前述した可変電気分極特性を有する場合、更に効果的に現れ得る。一実施形態において、電気分極特性に優れた強誘電体や超常誘電体粒子を使用すれば、外部電場の印加時に電気分極された粒子間の相互作用により粒子の配列が更に効果的に現れ、更に強烈な透過度が得られる。

10

【0131】

次に、図14の(b)を参照すれば、電気泳動によって移動する粒子又は誘電泳動によって移動する粒子に対して電場を印加して相対的に狭い面積を有する電極に該当粒子を集中させることによって、表示装置に入射される光が粒子によって反射又は散乱しないようにすることで、光透過度を調節できるようになる。一方、本図面には示されていないが、下部局部電極に粒子が集中する密度を調節することで、光透過度が調節されることもできる。仮に、下部電極の中央部分に局部電極を設けた後に、この局部電極に粒子が集中する密度を調節することで、粒子及び/又は溶媒を透過する光の透過度が調節される構成もやはり考慮され得る。このようなモードは、本明細書では、粒子泳動透過度調節モードと指称され得、このモードは、直流電圧を印加する際に更に効果的になされることができ、直流電圧を印加した時間或いは回数によって透過度を調節することもできる。

20

【0132】

次に、図14の(c)を参照すれば、電気分極特性を有する複数の粒子が溶媒内に分散された状態で粒子及び溶媒に電場が印加される場合、複数の粒子は電場により分極が誘発され、電場の方向によって何れも同一の方向に分極され得るが、同一の方向に分極された複数の粒子間には、電氣的引力が発生するため、溶媒内に分散されている複数の粒子は、互いに引き合って電場の方向と平行な方向に規則的に配列され得る。従って、電場の強度又は方向を調節して電場の方向と平行な方向に規則的に配列される複数の粒子の配列状態を制御することで、溶媒及び粒子に対する入射光の透過度を調節できるようになる。本図面では、粒子の整列が比較的一直線となり、透過度が優れた場合を想定して示したが、粒子の整列程度がより弱い線形の形状にして透過度が低くなる場合もやはり考慮され得る。従って、本モードは、粒子配列又は整列透過度調節モードと指称され得、このモードは、直流電圧でも実現され得るが、直流電圧の印加時に電気泳動により電極に偏る現象を防止するために、交流電圧を印加して実現されることが好ましい。より具体的に、粒子が電荷を有し、直流電場を用いて粒子の配列を制御する図14(c)の場合には、粒子及び溶媒に印加される電場の強度があまりにも大きくなったり、局部的に印加するようになれば、前述した第2モードのように、電気泳動による電氣的引力によって粒子が電極側に移動して粒子が有する固有色の光を反射させたり、電極の一方に集中する現象が現れ得るため、直流よりは交流電場を溶液に均一に印加することが有利になり得る。

30

40

【0133】

同一の単一画素又はセル内でのモード間の切替

【0134】

以下では、本発明の前記第1、第2及び第3モードのうちの少なくとも2つのモードを同一の単一画素又はセル内で互いに切替可能に選択的に実現するモード切替の構成を特定の図面を参照して記述する。

【0135】

(1) 同一の単一画素又はセル内での第1モードと第2モード間の切替

【0136】

50

図 15 は、本発明の一実施形態によって同一の単一画素又はセル内で第 1 及び第 2 モードを互いに切替可能に選択的に行える表示装置の構成を例示的に示す図である。

【0137】

図 15 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置 1500 は、表示部 1510 及び電極 1520 を含むことができる。より具体的に、表示部 1510 には、複数の粒子 1512 が溶媒 1514 内に分散された状態で含まれることができ、電極 1520 は、上部電極 1522、下部電極 1524 及び局部電極 1526 を含むことができる。また、表示部 1510 内に含まれている粒子 1512 及び溶媒 1514 と表示部 1510 の下部をカバーしている下部電極 1524 は、それぞれ固有のカラーを有することができる。本明細書では説明のために、表示部と電極とに区分して説明したが、電極が表示部に含まれ得ることは自明である。即ち、表現する言語的な側面が表示部と電極を含む構成を合わせて表示部にしても、本発明を実施する上で問題がないことが本技術分野における当業者は理解できるはずである。また、表示部又は電極に電場を印加する具体的な構成が示されていないが、これは本技術分野の当業者によく知られている構成要素であるため、本明細書では、本発明の原理及び趣旨を曖昧にしないように、その構成を省略する。重要には、単一画素内でモードを互いに切り替えさせるための制御部又はこのような制御部の機能に対応するインストラクションを含むコンピュータ読み取り可能な記録媒体については詳細に後述する。また、単一画素は、独立して制御可能な最小の表示単位であることを本技術分野の当業者は理解できるはずである。また、図 15 では、上部電極が透明な電極である。

【0138】

本発明の一実施形態によれば、表示装置は、同一の単一画素内で第 1 モード及び第 2 モードのうちの何れかのモードを互いに切替可能に選択的に行える。より具体的に、本発明の一実施形態に係る表示装置は、複数の粒子が溶媒内に分散された状態で電極を通じて電場を印加し、電場の強度及び方向のうちの少なくとも 1 つを調節でき、これにより粒子の間隔を制御して粒子からなる光結晶から反射される光の波長を調節するか（第 1 モード）、粒子の位置を制御して溶液の色（即ち、粒子の光散乱による溶液の色）、粒子、溶媒又は電極が有する固有のカラーを表示する機能を行える（第 2 モード）。以下で、溶液のカラーは、粒子の光散乱による溶液のカラーを含むものと見なされ得る。

【0139】

まず、図 15 の (a) を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置 1500 は、可変分極特性を示す溶液に電極 1522、1524 を通じて印加される直流 (DC) 電場の強度又は方向を調節して粒子 1512 の間隔を制御することで、粒子 1512 から反射される光の波長（即ち、カラー）を調節できる（第 1 モード）。前記で第 1 モードに関連して詳細に説明した通り、複数の粒子 1512 が同一の電荷を有する場合には、外部電場による電氣的引力、互いに同一符号の電荷を有する粒子 1512 間の電氣的斥力及び外部電場による分極に伴う電氣的引力などが平衡をなす距離を置いて複数の粒子 1512 が規則的に配列され得、所定の間隔を置いて配列された複数の粒子 1512 は、光結晶としての機能を行えるようになる。一方、複数の粒子 1512 が立体障害効果を起こし得る立体障害物を有する場合には、立体障害効果による粒子間の反発力及び外部電場による分極に伴う電氣的引力などが平衡をなす距離を置いて複数の粒子 1512 が規則的に配列され得、所定の間隔を置いて配列された複数の粒子 1512 は、光結晶としての機能を行えるようになる。前記電荷による反発力と立体障害による反発効果は、同時に発現するようにすることもできる。

【0140】

また、本発明の一実施形態に係る表示装置 1500 は、電極 1522、1524 を通じて印加される交流 (AC) 電場の強度又は方向又は交流周波数を調節して粒子 1512 の間隔を制御することで、粒子 1512 から反射される光の波長（即ち、カラー）を調節できる（第 1 モード）。交流電圧を印加する場合には、印加された交流電圧によって発生した電気分極によって粒子間の相互引力が発生し、粒子表面に同一に帯電された電荷又は粒子間の立体障害効果を発生させる層により互いに斥力が発生し、引力と斥力の均衡により

粒子を一定の距離に維持させることができる。従って、交流電圧を印加する場合には、発生する電気分極が交流電圧の周波数によって十分に変更され得る周波数範囲で印加されなければならない。

【0141】

以上で説明した通り、一定の間隔を置いて配列された複数の粒子1512から反射される光の波長は、粒子1512の間隔により決定されるため、電極1520を通じて印加される電場の強度及び方向を調節して粒子1512の間隔を制御することで、複数の粒子1512から反射される光の波長を任意に制御できるようになる。

【0142】

次に、本発明の一実施形態に係る表示装置1500は、電極1522、1524、1526を通じて印加される直流(DC)電場の強度又は方向を調節し、電場の強度が特定の閾値以上となるように調節して電気泳動又は誘電泳動の原理によって粒子1512を移動させることによって、溶液1512、1514、粒子1512、溶媒1514及び下部電極1524のうちの何れか1つが有する固有のカラーが表示されるようにすることができる(第2モード)。

【0143】

図15の(b)を参照すれば、前記第2モードと関連して詳細に説明した通り、電場が印加されない場合或いは閾値よりも低い電圧を印加した場合には、粒子1512が溶媒1514内に不規則に分散されており、粒子1512の固有のカラー、溶媒1514の固有のカラー及び粒子1512又は溶媒1514から反射又は散乱される光のカラーが混合されて現れる溶液のカラーが表示され得る。

【0144】

図15の(a)の光結晶反射モードと図15の(b)の溶液カラー反射モード間の相互切替は、印加される電圧の強度によって実現され得る。即ち、光結晶反射モードで用いられる印加電圧は、溶液カラー反射モードで用いられる印加電圧よりも大きくなり得る。

【0145】

このように、光結晶反射モードと溶液カラー反射モードを同一の単一画素内で選択的に実現することで、多様な色が簡単な方式及び構造で表現され得る。このような光結晶反射モードと溶液カラー反射モード間の切替の実施形態では、図15に示すように、下部電極が分割される必要なく、一体化されていても構わない。

【0146】

図15の(c)を参照すれば、前記第2モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子1512が電荷を有し、上部電極1522が粒子1512の有する電荷と反対符号の電極となるように、閾値以上の強度で電場が印加される場合には、電気泳動により粒子1512が上部電極1522側に移動するようになり、これにより表示部1510上で粒子1512が有する固有のカラーが表示され得る。

【0147】

図15の(a)の光結晶反射モードと図15の(c)の粒子カラー反射モード間の相互切替は、印加される電圧の強度によって実現され得る。即ち、光結晶反射モードで用いられる印加電圧は、粒子カラー反射モードで用いられる印加電圧よりも小さくなり得る。又は、図15の(a)光結晶モードは、交流電圧を用いて実現し、図15の(c)は、直流電圧を印加して実現することでもできる。即ち、電圧の形態(直流又は交流)を変化させることによって、モードを切り替えることができる。

【0148】

このように、光結晶反射モードと粒子カラー反射モードを同一の単一画素内で選択的に実現することで、多様な色が簡単な方式及び構造で表現され得る。このような光結晶反射モードと溶液カラー反射モード間の切替の実施形態では、図15に示すように、下部電極が分割される必要なく、一体化されていても構わない。

【0149】

図15の(d)を参照すれば、前記第2モードと関連して詳細に説明した通り、複数の

10

20

30

40

50

粒子 1 5 1 2 が電荷を有し、下部電極 1 5 2 4 が粒子 1 5 1 2 の有する電荷と反対符号の電極となるように、閾値以上の強度で電場が印加される場合には、電気泳動により粒子 1 5 1 2 が下部電極 1 5 2 4 側に移動するようになり、これにより表示部 1 5 1 0 上で溶媒 1 5 1 2 が有する固有のカラーが表示され得る。

【 0 1 5 0 】

図 1 5 の (a) の光結晶反射モードと図 1 5 の (d) の溶媒カラー反射モード間の相互切替は、印加される電圧の方向によって実現され得る。即ち、帯電された粒子が上部電極に移動するように印加する場合には、電場の強度によって光結晶反射モードが実現され、帯電された粒子が下部電極に移動するように印加する場合には、溶媒カラー反射モードが実現され得る。

10

【 0 1 5 1 】

このように、光結晶反射モードと溶媒カラー反射モードを同一の単一画素内で選択的に実現することで、多様な色が簡単な方式及び構造で表現され得る。このような光結晶反射モードと溶媒カラー反射モード間の切替の実施形態では、図 1 5 に示すように、下部電極が分割される必要なく、一体化されていても構わない。

【 0 1 5 2 】

図 1 5 の (e) を参照すれば、前記第 2 モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子 1 5 1 2 が電荷を有し、局部電極 1 5 2 6 が粒子 1 5 1 2 の有する電荷と反対符号の電極となるように、電場が印加される場合には、電気泳動により粒子 1 5 1 2 が局部電極 1 5 2 6 側に移動して局部電極 1 5 2 6 周辺に集中して位置するようになり、これにより表示部 1 5 1 0 上で下部電極 1 5 2 4 が有する固有のカラー（下部電極が透明である場合、下部電極の下部の材質のカラー）が表示され得る。

20

【 0 1 5 3 】

図 1 5 の (a) の光結晶反射モードと図 1 5 の (e) の電極カラー反射モード間の相互切替は、印加される電圧が印加される印加領域によって実現され得る。即ち、光結晶反射モードでは、電場を均一に印加するが、電極カラー反射モードでは、表示部電極の局所的な領域にのみ印加して実現され得る。印加される電場の強度は、光結晶反射モードが電極カラー反射モードよりも更に弱くなり得る。

【 0 1 5 4 】

このように、光結晶反射モードと電極カラー反射モードを同一の単一画素内で選択的に実現することで、多様な色が簡単な方式及び構造で表現され得る。このような光結晶反射モードと電極カラー反射モード間の切替の実施形態では、図 1 5 に示すように、下部電極が分割されず、上部電極が分割されても実現されることができ、分割電極の形態は、図 1 5 に限定されず、多様な形態又は複数の局所的領域にのみ印加することもできる。

30

【 0 1 5 5 】

特に、前述したように、第 1 モードでは白色及び黒色のカラーが実現され難い。従って、第 2 モードで溶媒、粒子、電極のカラー（透明電極である場合、下部電極の下部の材質のカラー）を白色及び黒色を組み合わせることで、同一の単一画素又は同一表示領域で連続的な色のカラー及び白色及び黒色を何れも実現（rendering）できる。

【 0 1 5 6 】

一方、第 1 モード及び第 2 モードが行われる場合に関する実施形態と第 1 モード及び第 2 モードのうちの何れかのモードが同一の単一画素内で他のモードに切り替えられる場合に関する実施形態について更に具体的に詳察すれば、以下の通りである。

40

【 0 1 5 7 】

まず、粒子が同一符号の電荷を有する場合を仮定できる。このような場合、電場が印加されないか、あるいは閾値電圧以下であれば、粒子が溶媒内に不規則に分散されて溶液のカラーが表示される第 2 モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、直流電場の強度によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第 1 モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、電場の強度が電気泳動により粒子を電極側に集中させる

50

ことができる閾値以上であれば、粒子が上部電極に集中して粒子のカラーが表示されるか、粒子が下部電極に集中して溶媒のカラーが表示されるか、粒子が局部電極に集中して上部電極又は下部電極のカラーが表示される第2モードが遂行され得る。

【0158】

また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、交流電場の強度又は周波数によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行され得る。交流電圧を印加する際には交流電圧の強度だけでなく、周波数もやはり光結晶モードの粒子間隔を調節するのに用いられる変数になり得る。また、第1モードでは交流電圧を印加して光結晶反射モードを実現し、第2モードのうち、溶媒カラー反射モード、粒子カラー反射モード及び電極カラー反射モードでは直流電圧を印加して実現され得る。このような場合、溶液（粒子又は溶媒又はこれらの組み合わせ）が電気分極特性を示す場合、光結晶モードを更に容易に実現できる。

10

【0159】

次に、粒子が電気分極特性（電場が印加されれば、電気分極が誘発され、印加された電場が変化することにより、電気分極量が変わる）を有し、立体障害効果を生じさせる構造を含む他の場合を仮定できる。このような場合、電場が印加されないか、あるいは閾値以下であれば、粒子が溶媒内に不規則に分散されて溶液のカラーが表示される第2モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、直流電場の強度によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行され得る。また、電場の分布が不均一であり、粒子と溶媒の誘電率が異なる場合には、誘電泳動により粒子を電極側に集中させることができる閾値以上に直流電場を印加すれば、粒子が上部電極に集中して粒子のカラーが表示されるか、粒子が下部電極に集中して溶媒のカラーが表示されるか、粒子が局部電極に集中して上部電極又は下部電極のカラーが表示される第2モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、交流電場の強度又は周波数によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行され得る。

20

【0160】

図面には特定して示されていないが、光結晶反射モードで溶液カラー反射モード、粒子カラー反射モード、電極カラー反射モード又は溶媒カラー反射モードに切り替えられるのはもちろん、溶液カラー反射モード、粒子カラー反射モード、電極カラー反射モード及び溶媒カラー反射モードの間でも互いに切替可能である。このように、第2モード間で切り替えられる構成を以下で説明する。

30

【0161】

（2）同一の単一画素又はセル内での第1モードと第3モード間の切替

【0162】

図16は、本発明の一実施形態によって第1及び第3モードを同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に行える表示装置の構成を例示的に示す図である。

【0163】

図16を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置1600は、表示部1610及び電極1620を含むことができる。より具体的に、表示部1610には、複数の粒子1612が溶媒1614内に分散された状態で含まれることができ、電極1620は、上部電極1622、下部電極1624及び局部電極1626を含むことができる。また、上部電極1622、下部電極1624及び局部電極1626は何れも光透過性物質で構成され、表示装置1600に入射される光を透過させることができる。

40

【0164】

本発明の一実施形態によれば、表示装置は、第1モード及び第3モードのうちの何れかのモードを互いに切替可能に選択的に行える。より具体的に、本発明の一実施形態に他の表示装置は、複数の粒子が溶媒内に分散された状態で電極を通じて電場を印加し、電場の

50

強度及び方向のうちの少なくとも1つを調節でき、これにより粒子の間隔を制御して粒子からなる光結晶から反射される光の波長の調節するか（第1モード）、粒子の間隔、位置又は配列を制御して表示装置に入射される光の透過度を調節する（第3モード）機能を行える。

【0165】

まず、図16の(a)を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置1600は、電極1622、1624を通じて印加される直流(DC)電場の強度又は方向を調節して粒子1612の間隔を制御することで、粒子1612から反射される光の波長(即ち、カラー)を調節できる(第1モード)。

【0166】

前記第1モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子1612が同一の電荷を有する場合には、外部電場による電氣的引力、互いに同一符号の電荷を有する粒子1612間の電氣的斥力及び外部電場による分極に伴う電氣的引力などが平衡をなす距離を置いて複数の粒子1612が規則的に配列され得、所定の間隔を置いて配列された複数の粒子1612は、光結晶としての機能を行えるようになる。一方、複数の粒子1612が立体障害効果を起こし得る立体障害物を有する場合には、立体障害効果による粒子間の反発力及び外部電場による分極に伴う電氣的引力などが平衡をなす距離を置いて複数の粒子1612が規則的に配列され得、所定の間隔を置いて配列された複数の粒子1612は、光結晶としての機能を行えるようになる。

【0167】

また、本発明の一実施形態に係る表示装置1600は、電極1622、1624を通じて印加される交流(AC)電場の強度又は方向又は周波数を調節して粒子1612の間隔を制御することで、粒子1612から反射される光の波長(即ち、カラー)を調節できる(第1モード)。

【0168】

以上で説明した通り、一定の間隔を置いて配列された複数の粒子1612から反射される光の波長は、粒子1612の間隔により決定されるため、電極1620を通じて印加される電場の強度及び方向を調節して粒子1612の間隔を制御することで、複数の粒子1612から反射される光の波長を任意に制御できるようになる。

【0169】

次に、本発明の一実施形態に係る表示装置1600は、電極1622、1624、1626を通じて印加される電場の強度又は方向又は印加位置を調節して粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって表示装置に入射される光の透過度が制御されるようにすることができる(第3モード又は透過度調節モード)。

【0170】

図16の(b)を参照すれば、前記第3モードと関連して詳細に説明した通り、所定の間隔を置いて配置された粒子1612からなる光結晶に対して特定の閾値以上又は以下の強度の電場を印加して粒子1612からなる光結晶から紫外線又は赤外線帯域の光は反射されるものの、可視光線帯域の光は反射されないようにすることで、表示装置1600に入射される可視光線帯域の光が表示装置1600を高い光透過率で透過できるようになる。このようなモードは、前述したように、光結晶透過度調節モードと指称され得る。

【0171】

図16の(a)の光結晶反射モードと図16の(b)の光結晶透過度調節モード間の相互切替は、印加される電圧の強度によって実現され得る。即ち、光結晶反射モードで用いられる印加電圧は、光結晶透過度調節モードで用いられる印加電圧よりも大きい、又は小さくてもよい。紫外線の光結晶透過度調節モードは、光結晶反射モードよりも印加される電圧が大きくなり得、赤外線の光結晶透過度調節モードは反対である。

【0172】

このように、光結晶反射モードと光結晶透過度調節モードを同一の単一画素内で選択的に実現することで、多様な色及び透過度が簡単な方式及び構造で表現され得る。このよう

10

20

30

40

50

な光結晶反射モードと光結晶透過度調節モード間の切替の実施形態では、図16に示すように、下部電極が分割される必要なく、一体化されていても構わない。

【0173】

図16の(c)を参照すれば、前記第3モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子1612が電荷を有し、局部電極1626が粒子1612の有する電荷と反対符号の電極となるように、電場が印加される場合には、電気泳動により粒子1612が局部電極1626側に移動して局部電極1626周辺に集中して位置するようになり、これにより表示装置1600に入射される光が粒子によって反射又は散乱されず、表示装置1600を高い光透過率で透過できるようになる。一方、本図面には示されていないが、下部局部電極に粒子が集中する密度を調節することで、光透過度が調節されることもできる。仮に、下部電極の中央部分に局部電極を設けた後にこの局部電極に粒子が集中する密度を調節することで、粒子及び/又は溶媒を透過する光の透過度が調節される構成もやはり考慮され得る。このようなモードは、本明細書では粒子泳動透過度調節モードと指称され得、このモードも交流電圧及び直流電圧を印加してなされ得る。

【0174】

図16の(a)の光結晶反射モードと図16の(c)の粒子泳動透過度調節モード間の相互切替は、印加される電圧の強度によって実現され得る。即ち、光結晶反射モードで用いられる印加電圧は、粒子泳動透過度調節モードで用いられる印加電圧よりも小さくてもよい。

【0175】

このように、光結晶反射モードと粒子泳動透過度調節モードを同一の単一画素内で選択的に実現することで、多様な色及び透過度が簡単な方式及び構造で表現され得る。このような光結晶反射モードと粒子泳動透過度調節モード間の切替の実施形態では、図16に示すように、下部電極が分割されず、上部電極が分割されても構わない。

【0176】

一方、図16の(d)を参照すれば、前記第3モードと関連して詳細に説明した通り、電気分極特性を有する複数の粒子1612が溶媒1614内に分散された状態で粒子1612及び溶媒1614に電場が印加される場合、複数の粒子1612は電場により分極が誘発され、電場の方向によって何れも同一の方向に分極され得るが、同一の方向に分極された複数の粒子1612間には、電氣的引力が発生するため、溶媒1614内に分散されている複数の粒子1612は互いに引き合って電場の方向と平行な方向に規則的に配列され得る。従って、電場の強度又は方向を調節して電場の方向と平行な方向に規則的に配列される複数の粒子1612の配列状態を制御することによって表示装置1600に入射される光の透過度を調節できるようになる。このようなモードは、粒子整列又は配列透過度調節モードと指称される。

【0177】

図16の(a)の光結晶反射モードと図16の(d)の粒子整列透過度調節モード間の相互切替は、印加される電圧の強度によって実現され得る。即ち、一実施形態によって、粒子整列透過度調節モードで印加される電圧は、光結晶反射モードで印加される電圧よりも大きくなり得る。

【0178】

このように、光結晶反射モードと粒子整列透過度調節モードを同一の単一画素内で選択的に実現することで、多様な色及び透過度が簡単な方式及び構造で表現され得る。このような光結晶反射モードと粒子整列透過度調節モード間の切替の実施形態では、図16に示すように、下部電極が分割される必要なく、一体化されていても構わない。

【0179】

一方、第1モード及び第3モードが行われる場合に対する実施形態と第1モード及び第3モードのうちの何れかのモードが他のモードに切り替えられる場合に対する実施形態についてより具体的に詳察すれば、以下の通りである。

【0180】

まず、粒子が同一符号の電荷を有し、電極は、光透過性物質を含む場合を仮定できる。このような場合、電場が直流電場であり、直流電場の強度が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、直流電場の強度によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行されるか、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が電気泳動により粒子を電極側に集中させることができる閾値以上であれば、粒子が局部電極に集中して入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が直流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、交流電場の強度又は周波数によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行されるか、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節される場合に、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。

10

【0181】

一実施形態では、電圧を印加した時に、電圧の大きさを大きい順に説明すれば、粒子泳動透過度調節モード>粒子整列透過度調節モード>紫外線反射の光結晶透過度調節モード>可視光光結晶反射モード>赤外線反射の光結晶透過度調節モードの順であり、前記モードは、互いに混合されて現れてもよく、主に現れる効果が変わること意味する。

20

【0182】

また、光結晶反射モード、光結晶透過度調節モード及び粒子整列透過度調節モードでは交流電圧が使用され、粒子泳動透過度調節モードでは直流電圧が使用され得る。

【0183】

次に、粒子が電気分極特性（電場が印加されれば、電気分極が誘発され、印加された電場が変化することにより、電気分極量が変わる）を有し、立体障害効果を生じさせる構造を含み、電極は、光透過性物質を含む他の場合を仮定できる。このような場合、電場が直流電場であり、直流電場の強度が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、直流電場の強度によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行されるか、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が誘電泳動により粒子を電極側に集中させることができる閾値以上であれば、粒子が局部電極に集中して入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が直流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、交流電場の強度によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行されるか、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節される場合に、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。

30

40

【0184】

図面では特定して示されていないが、粒子整列透過度調節モード、粒子泳動透過度調節モード及び光結晶透過度調節モードの間でも互いに切替可能である。このように、第3モード間で切り替えられる構成が以下で説明される。

50

【 0 1 8 5 】

(3) 同一の単一画素又はセル内での第 2 モードと第 3 モード間の切替

【 0 1 8 6 】

図 1 7 は、本発明の一実施形態によって第 2 及び第 3 モードを同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に行える表示装置の構成を例示的に示す図である。

【 0 1 8 7 】

図 1 7 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置 1 7 0 0 は、表示部 1 7 1 0 及び電極 1 7 2 0 を含むことができる。より具体的に、表示部 1 7 1 0 には、複数の粒子 1 7 1 2 が溶媒 1 7 1 4 内に分散された状態で含まれることができ、電極 1 7 2 0 は、上部電極 1 7 2 2、下部電極 1 7 2 4 及び局部電極 1 7 2 6 を含むことができる。また、表示部 1 7 1 0 内に含まれている粒子 1 7 1 2 及び溶媒 1 7 1 4 は、それぞれ固有のカラーを有することができ、上部電極 1 7 2 2、下部電極 1 7 2 4 及び局部電極 1 7 2 6 は何れも光透過性物質で構成され、表示装置 1 7 0 0 に入射される光を透過させることができる。

10

【 0 1 8 8 】

本発明の一実施形態によれば、表示装置は、第 2 モード及び第 3 モードのうちの何れかのモードを互いに切替可能に選択的に行える。より具体的に、本発明の一実施形態に係る表示装置は、複数の粒子が溶媒内に分散された状態で電極を通じて電場を印加し、電場の強度及び方向のうちの少なくとも 1 つを調節でき、粒子の位置を制御して溶液、粒子又は溶媒が有する固有のカラーを表示するか（第 2 モード）、粒子の間隔、位置又は配列を制御して表示装置に入射される光の透過度を調節する（第 3 モード）機能を行える。

20

【 0 1 8 9 】

まず、本発明の一実施形態に係る表示装置 1 7 0 0 は、電極 1 7 2 2、1 7 2 4、1 7 2 6 を通じて印加される直流（DC）電場の強度又は方向を調節し、電場の強度が特定の閾値以上となるように調節して電気泳動又は誘電泳動の原理によって粒子 1 7 1 2 を移動させることで、溶液 1 7 1 2、1 7 1 4、粒子 1 7 1 2 及び溶媒 1 7 1 4 のうちの何れか 1 つが有する固有のカラーが表示されるようにすることができる（第 2 モード）。

【 0 1 9 0 】

図 1 7 の（a）を参照すれば、前記第 2 モードと関連して詳細に説明した通り、電場が印加されない場合には、粒子 1 7 1 2 が溶媒 1 7 1 4 内に不規則に分散されており、粒子 1 7 1 2 の固有のカラー、溶媒 1 7 1 4 の固有のカラー及び粒子 1 7 1 2 又は溶媒 1 7 1 4 から反射又は散乱される光のカラーが混合されて現れる溶液のカラーが表示され得る。このモードは、溶液カラー反射モードである。

30

【 0 1 9 1 】

図 1 7 の（b）を参照すれば、前記第 2 モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子 1 7 1 2 が電荷を有し、上部電極 1 7 2 2 が粒子 1 7 1 2 の有する電荷と反対符号の電極となるように、電場が印加される場合には、電気泳動により粒子 1 7 1 2 が上部電極 1 7 2 2 側に移動するようになり、これにより表示部 1 7 1 0 上で粒子 1 7 1 2 が有する固有のカラーが表示され得る。このモードは、粒子カラー反射モードである。

【 0 1 9 2 】

図 1 7 の（c）を参照すれば、前記第 2 モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子 1 7 1 2 が電荷を有し、下部電極 1 7 2 4 が粒子 1 7 1 2 の有する電荷と反対符号の電極となるように、電場が印加される場合には、電気泳動により粒子 1 7 1 2 が下部電極 1 7 2 4 側に移動するようになり、これにより表示部 1 7 1 0 上で溶媒 1 7 1 2 が有する固有のカラーが表示され得る。このモードは、溶媒カラー反射モードである。

40

【 0 1 9 3 】

次に、本発明の一実施形態に係る表示装置 1 7 0 0 は、電極 1 7 2 2、1 7 2 4、1 7 2 6 を通じて印加される電場の強度又は方向を調節して粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって表示装置に入射される光の透過度が制御されるようにすることができる（第 3 モード）。

50

【 0 1 9 4 】

図 1 7 の (d) を参照すれば、前記第 3 モードと関連して詳細に説明した通り、所定の間隔を置いて配置された粒子 1 7 1 2 からなる光結晶に対して特定の閾値以上又は以下の強度の電場を印加して粒子 1 7 1 2 からなる光結晶から紫外線又は赤外線帯域の光は反射されるものの、可視光線帯域の光は反射されないようにすることで、表示装置 1 7 0 0 に入射される可視光線帯域の光が表示装置 1 7 0 0 を高い光透過率で透過できるようになる。このモードは、光結晶透過度調節モードである。

【 0 1 9 5 】

図 1 7 の (e) を参照すれば、前記第 3 モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子 1 7 1 2 が電荷を有し、局部電極 1 7 2 6 が粒子 1 7 1 2 の有する電荷と反対符号の電極となるように、電場が印加される場合には、電気泳動により粒子 1 7 1 2 が局部電極 1 7 2 6 側に移動して局部電極 1 7 2 6 周辺に集中して位置するようになり、これにより表示装置 1 7 0 0 に入射される光が粒子によって反射又は散乱されず、表示装置 1 7 0 0 を高い光透過率で透過できるようになる。このモードは、粒子泳動透過度調節モードである。

【 0 1 9 6 】

一方、図 1 7 の (f) を参照すれば、前記第 3 モードと関連して詳細に説明した通り、電気分極特性を有する複数の粒子 1 7 1 2 が溶媒 1 7 1 4 内に分散された状態で粒子 1 7 1 2 及び溶媒 1 7 1 4 に電場が印加される場合、複数の粒子 1 7 1 2 は、電場により分極が誘発され、電場の方向によって何れも同一の方向に分極され得るが、同一の方向に分極された複数の粒子 1 7 1 2 間には、電氣的引力が発生するため、溶媒 1 7 1 4 内に分散されている複数の粒子 1 7 1 2 は、互いに引き合って電場の方向と平行な方向に規則的に配列され得る。従って、電場の強度又は方向を調節して電場の方向と平行な方向に規則的に配列される複数の粒子 1 7 1 2 の配列状態を制御することによって表示装置 1 7 0 0 に入射される光の透過度を調節できるようになる。このモードは、粒子整列透過度調節モードである。

【 0 1 9 7 】

まず、前記溶液カラー反射モードと光結晶透過度調節モード間の切替を詳察すると、印加される電圧の大きさは、光結晶透過度調節モードで大きく、溶液カラー反射モードでは電圧が印加されないこともあり得る。同一の単一画素内でこのように溶液カラー反射モードと光結晶透過度調節モード間の切替によって単一画素を用いて色及び透過度を何れも調節できるようになる。

【 0 1 9 8 】

次に、前記溶液カラー反射モードと粒子泳動透過度調節モード間の切替を詳察すると、印加される電圧の大きさは、粒子泳動透過度調節モードで大きく、溶液カラー反射モードでは電圧が印加されないこともあり得る。同一の単一画素内でこのように溶液カラー反射モードと粒子泳動透過度調節モード間の切替によって単一画素を用いて色及び透過度を何れも調節できるようになる。

【 0 1 9 9 】

次に、前記溶液カラー反射モードと粒子整列透過度調節モード間の切替を詳察すると、印加される電圧の大きさは、粒子整列透過度調節モードで大きく、溶液カラー反射モードでは電圧が印加されないこともあり得る。同一の単一画素内でこのように溶液カラー反射モードと粒子整列透過度調節モード間の切替によって単一画素を用いて色及び透過度を何れも調節できるようになる。

【 0 2 0 0 】

次に、前記粒子カラー反射モードと光結晶透過度調節モード間の切替を詳察すると、印加される電圧の大きさは、光結晶透過度調節モードよりも粒子カラー反射モードの方が大きい。同一の単一画素内でこのように粒子カラー反射モードと光結晶透過度調節モード間の切替によって単一画素を用いて色及び透過度を何れも調節できるようになる。

【 0 2 0 1 】

次に、前記粒子カラー反射モードと粒子泳動透過度調節モード間の切替を詳察すると、印加される電圧の大きさは、同一又は異なり得るが、印加される電圧の方向が異なる。同一の単一画素内でこのように粒子カラー反射モードと粒子泳動透過度調節モード間の切替によって単一画素を用いて色及び透過度を何れも調節できるようになる。

【0202】

次に、前記粒子カラー反射モードと粒子整列透過度調節モード間の切替を詳察すると、印加される電圧の大きさは、粒子整列透過度調節モードよりも粒子カラー反射モードの方が大きい。同一の単一画素内でこのように粒子カラー反射モードと粒子整列透過度調節モード間の切替によって単一画素を用いて色及び透過度を何れも調節できるようになる。

【0203】

次に、前記溶媒カラー反射モードと光結晶透過度調節モード間の切替を詳察すると、印加される電圧の大きさは、光結晶透過度調節モードよりも溶媒カラー反射モードの方が大きい。同一の単一画素内でこのように溶媒カラー反射モードと光結晶透過度調節モード間の切替によって単一画素を用いて色及び透過度を何れも調節できるようになる。

【0204】

次に、前記溶媒カラー反射モードと粒子泳動透過度調節モード間の切替を詳察すると、印加される電圧の大きさ及び方向は同一であり得るが、電圧が印加される電極は異なる。即ち、溶媒カラー反射モードでは大電極に電圧が印加される反面、粒子泳動透過度調節モードでは小電極又は局部電極に電圧が印加される。一方、粒子泳動透過度調節モードで透過度を非常に小さくする場合には、その電圧の大きさは、溶媒カラー反射モードよりも小さくなり得る。同一の単一画素内でこのように溶媒カラー反射モードと粒子泳動透過度調節モード間の切替によって単一画素を用いて色及び透過度を何れも調節できるようになる。

【0205】

最後に、前記溶媒カラー反射モードと粒子整列透過度調節モード間の切替を詳察すると、印加される電圧の大きさは、粒子整列透過度調節モードよりも溶媒カラー反射モードの方が大きい。同一の単一画素内でこのように溶媒カラー反射モードと粒子整列透過度調節モード間の切替によって単一画素を用いて色及び透過度を何れも調節できるようになる。

【0206】

一方、第2モード及び第3モードが行われる場合に対する実施形態と第2モード及び第3モードのうちの何れかのモードが他のモードに切り替えられる場合に対する実施形態についてより具体的に詳察すれば、以下の通りである。

【0207】

まず、粒子が同一符号の電荷を有し、電極は光透過性物質を含む場合を仮定できる。このような場合、電場が印加されなければ、粒子が溶媒内に不規則に分散されて溶液のカラーが表示される第2モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、電場の強度が電気泳動により粒子を電極側に集中させることができる閾値以上であれば、粒子が上部電極に集中して粒子のカラーが表示されるか、粒子が下部電極に集中して溶媒のカラーが表示される第2モードが遂行されるか、粒子が局部電極に集中して入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過

10

20

30

40

50

度が調節される第3モードが遂行され得る。

【0208】

図17に示す各モードでの電圧の大きさを詳察すると、一実施形態では、直流電圧を印加する場合には、粒子カラー反射モード＝溶媒カラー反射モード＞粒子泳動透過度調節モード＞粒子整列透過度調節モード＞光結晶透過度調節モード＞溶液カラー反射モードの順である。一実施形態において、交流電圧を印加する時に、粒子整列透過度調節モード＞光結晶透過度調節モード＞溶液カラー反射モードの順であり得る。

【0209】

次に、粒子が電気分極特性（電場が印加されれば、電気分極が誘発され、印加された電場が変化することにより、電気分極量が変化する）を有し、立体障害効果を生じさせる構造を含み、電極は、光透過性物質を含む他の場合を仮定できる。このような場合、電場が印加されなければ、粒子が溶媒内に不規則に分散されて溶液のカラーが表示される第2モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、電場の強度が誘電泳動により粒子を電極側に集中させることができる閾値以上であれば、粒子が上部電極に集中して粒子のカラーが表示されるか、粒子が下部電極に集中して溶媒のカラーが表示される第2モードが遂行されるか、粒子が局部電極に集中して入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。

【0210】

（4）同一の単一画素又はセル内で第2モード（固有色反射モード）間におけるモード切替

【0211】

固有色反射モードである第2モードには、図57に示すように、4つの可能な個別モード、即ち、溶液カラー反射モード（a）、粒子カラー反射モード（b）、溶媒カラー反射モード（c）及び電極カラー反射モード（d）が存在する。図57に示すようなこのような個別のサブモード間にも、やはり同一の単一画素内で互いに切替可能である。仮に、溶液カラー反射モードでは、直流電圧が印加されるか、あるいは非常に僅かな直流電圧が印加される。粒子カラー反射モード、溶媒カラー反射モード及び電極カラー反射モードでは同一の電圧が印加されるが、印加方向及び印加位置が異なり得るか、互いに異なる電圧が印加方向及び印加位置を異にして印加され得る。即ち、粒子カラー反射モードでは粒子が上部電極に向かうように上部電極及び下部電極に何れも電圧が印加され、溶媒カラー反射モードでは粒子が下部電極に向かうように上部電極及び下部電極に印加され、電極カラー反射モードでは粒子が下部電極の局部電極に向かうように上部電極と下部電極の局部電極にのみ電圧が印加される。本実施形態では、計6（ $4 \times 3 / 2$ ）種類のモード切替が可能である。各サブモードに関する説明は、前述した通りである。これにより、同一の単一画素内で多様な色が実現され得る。

【0212】

（5）同一の単一画素又はセル内で第3モード（透過度調節モード）間におけるモード切替

【0213】

透過度調節モードである第3モードでは、図58に示すように、計3つの個別のサブモードが可能である。即ち、光結晶透過度調節モード(a)、粒子泳動透過度調節モード(b)及び粒子整列透過度調節モード(c)が存在する。図58に示すように、これらの個別のサブモード間におけるモード切替がやはり可能である。仮に、電圧の印加の大きさは、粒子泳動透過度調節モード>粒子整列透過度調節モード>光結晶透過度調節モードの順である。本実施形態では、計3種類のモード切替が可能である。これにより、多様な透過度調節が可能である。

【0214】

(6) 同一の単一画素又はセル内で第1モード、第2モード及び第3モード間の切替

【0215】

図18は、本発明の一実施形態によって第1、第2及び第3モードを同一の単一画素内で互いに切替可能に選択的に行える表示装置の構成を例示的に示す図である。

【0216】

図18を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置1800は、表示部1810及び電極1820を含むことができる。より具体的に、表示部1810には、複数の粒子1812が溶媒1814内に分散された状態で含まれることができ、電極1820は、上部電極1822、下部電極1824及び局部電極1826を含むことができる。また、表示部1810内に含まれている粒子1812及び溶媒1814は、それぞれ固有のカラーを有することができ、上部電極1822、下部電極1824及び局部電極1826は何れも光透過性物質で構成され、表示装置1800に入射される光を透過させることができる。

【0217】

本発明の一実施形態によれば、表示装置は、第1モード、第2モード及び第3モードのうちの何れかのモードを互いに切替可能に選択的に行える。より具体的に、本発明の一実施形態に係る表示装置は、複数の粒子が溶媒内に分散された状態で電極を通じて電場を印加し、電場の強度及び方向のうちの少なくとも1つを調節でき、これにより粒子の間隔を制御して粒子からなる光結晶から反射される光の波長の調節するか(第1モード)、粒子の位置を制御して溶液、粒子又は溶媒が有する固有のカラーを表示するか(第2モード)、粒子の間隔、位置又は配列を制御して表示装置に入射される光の透過度を調節する(第3モード)機能を行える。

【0218】

まず、図18の(a)を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置1800は、電極1822、1824を通じて印加される直流(DC)電場の強度又は方向を調節して粒子1812の間隔を制御することで、粒子1812から反射される光の波長(即ち、カラー)を調節できる(第1モード)。

【0219】

前記第1モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子1812が同一の電荷を有する場合には、外部電場による電氣的引力、互いに同一符号の電荷を有する粒子1812間の電氣的斥力及び外部電場による分極に伴う電氣的引力などが平衡をなす距離を置いて複数の粒子1812が規則的に配列され得、所定の間隔を置いて配列された複数の粒子1812は、光結晶としての機能を行えるようになる。一方、複数の粒子1812が立体障害効果を起こし得る立体障害物を有する場合には、立体障害効果による粒子間の反発力及び外部電場による分極に伴う電氣的引力などが平衡をなす距離を置いて複数の粒子1812が規則的に配列され得、所定の間隔を置いて配列された複数の粒子1812は、光結晶としての機能を行えるようになる。

【0220】

また、本発明の一実施形態に係る表示装置1800は、電極1822、1824を通じて印加される交流(AC)電場の強度又は方向又は周波数を調節して粒子1812の間隔を制御することで、粒子1812から反射される光の波長(即ち、カラー)を調節できる(第1モード)。

【0221】

以上で説明した通り、一定の間隔を置いて配列された複数の粒子1812から反射される光の波長は、粒子1812の間隔により決定されるため、電極1820を通じて印加される電場の強度及び方向を調節して粒子1812の間隔を制御することで、複数の粒子1812から反射される光の波長を任意に制御できるようになる。

【0222】

まず、本発明の一実施形態に係る表示装置1800は、電極1822、1824、1826を通じて印加される直流(DC)電場の強度又は方向を調節し、電場の強度が特定の閾値以上となるように調節して電気泳動又は誘電泳動の原理によって粒子1812を移動させることで、溶液1812、1814、粒子1812及び溶媒1814のうちの何れか1つが有する固有のカラーのカラーが表示されるようにすることができる(第2モード)。

10

【0223】

図18の(b)を参照すれば、前記第2モードと関連して詳細に説明した通り、電場が印加されない場合には、粒子1812が溶媒1814内に不規則に分散されており、粒子1812の固有のカラー、溶媒1814の固有のカラー及び粒子1812又は溶媒1814から反射又は散乱される光のカラーが混合されて現れる溶液のカラーが表示され得る(溶液カラー反射モード)。

【0224】

図18の(c)を参照すれば、前記第2モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子1812が電荷を有し、上部電極1822が粒子1812の有する電荷と反対符号の電極となるように、電場が印加される場合には、電気泳動により粒子1812が上部電極1822側に移動するようになり、これにより表示部1810上で粒子1812が有する固有のカラーが表示され得る(粒子カラー反射モード)。

20

【0225】

図18の(d)を参照すれば、前記第2モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子1812が電荷を有し、下部電極1824が粒子1812の有する電荷と反対符号の電極となるように、電場が印加される場合には、電気泳動により粒子1812が下部電極1824側に移動するようになり、これにより表示部1810上で溶媒1812が有する固有のカラーが表示され得る(溶媒カラー反射モード)。

30

【0226】

次に、本発明の一実施形態に係る表示装置1800は、電極1822、1824、1826を通じて印加される電場の強度又は方向を調節して粒子の間隔、位置又は配列を制御することによって表示装置に入射される光の透過度が制御されるようにすることができる(第3モード)。

【0227】

図18の(e)を参照すれば、前記第3モードと関連して詳細に説明した通り、所定の間隔を置いて配置された粒子1812からなる光結晶に対して特定の閾値以上又は以下の強度の電場を印加して粒子1812からなる光結晶から紫外線又は赤外線帯域の光は反射されるものの、可視光線帯域の光は反射されないようにすることで、表示装置1800に入射される可視光線帯域の光が表示装置1800を高い光透過率で透過できるようになる(光結晶透過度調節モード)。

40

【0228】

図18の(f)を参照すれば、前記第3モードと関連して詳細に説明した通り、複数の粒子1812が電荷を有し、局部電極1826が粒子1812の有する電荷と反対符号の電極となるように、電場が印加される場合には、電気泳動により粒子1812が局部電極1826側に移動して局部電極1826周辺に集中して位置するようになり、これにより表示装置1800に入射される光が粒子によって反射又は散乱されず、表示装置1800を高い光透過率で透過できるようになる(粒子泳動透過度調節モード)。

【0229】

50

一方、図18の(g)を参照すれば、前記第3モードと関連して詳細に説明した通り、電気分極特性を有する複数の粒子1812が溶媒1814内に分散された状態で粒子1812及び溶媒1814に電場が印加される場合、複数の粒子1812は、電場により分極が誘発され、電場の方向によって何れも同一の方向に分極され得るが、同一の方向に分極された複数の粒子1812間には、電氣的引力が発生するため、溶媒1814内に分散されている複数の粒子1812は、互いに引き合って電場の方向と平行な方向に規則的に配列され得る。従って、電場の強度又は方向を調節して電場の方向と平行な方向に規則的に配列される複数の粒子1812の配列状態を制御することによって表示装置1800に入射される光の透過度を調節できるようになる(粒子整列透過高調節モード)。

【0230】

10

図18を参照して、直流電場を用いて第1モードから第3モードまで段階的に行われる代表的な実施形態について詳細に説明すれば、以下の通りである。

【0231】

本発明の一実施形態によれば、電極1820を通じて表示部1810に印加される直流(DC)電場の強度又は方向を調節することで、第1モード、第2モード及び第3モードのうちの何れかのモードを他のモードに切り替えることができる。

【0232】

まず、電場が印加されない場合($V=0$)に表示部1810内の粒子が不規則に分散されているため、表示部1810に入射される光が粒子1812及び溶媒1814によって不規則に散乱又は反射されるカラーと粒子及び溶媒の固有のカラーが混合された溶液のカラーが表示され得る。(第2モード、図18の(b)参照)。

20

【0233】

次に、表示部1810に印加される電場の強度が増加して既に設定された範囲内の強度の電場が印加される場合($V=V1$)には、表示部1810内の粒子1812が所定の間隔を置いて規則的に配列されることによって特定波長範囲の光を反射させる光結晶が形成され得るため、表示部1810上には、光結晶に反射される特定波長範囲の光のカラーが表示され得(第1モード、図18の(a)参照)、電場の強度が更に増加することによって反射光の波長範囲が可視光線帯域から逸脱し、赤外線又は紫外線帯域に該当すれば、大部分の可視光線を透過させるようになるので、入射光の透過度が高くなり得る(第3モード、図18の(e)参照)。

30

【0234】

次に、これよりも更に大きい強度の電場が印加される場合($V=V2$)には、粒子1812が電場の方向と平行な方向に配列され得るため、表示部1810に入射される光の入射角によって入射光の透過度が高くなるか、低くなるなど入射光の透過度が制御され得る(第3モード、図18の(g)参照)。

【0235】

次に、表示部1810に印加される電場の強度が更に増加して既に設定された範囲以上の強度の電場が印加される場合($V=V3$)には、表示部1810内の粒子1812が電気泳動力によって電極1820に密着する所定の位置に移動又は集中し得るため、表示部1810上には、粒子1812又は溶媒1814が有する固有のカラーが表示されるか(第2モード、図18の(c)、(d)参照)、粒子1812が局部電極1826に集中することによって、入射光の透過度が高くなり得る(第3モード、図18の(f)参照)。

40

【0236】

更に、第1モード、第2モード及び第3モードが行われる場合に対する実施形態と第1モード、第2モード及び第3モードのうちの何れか1つのモードが他のモードに切り替えられる場合に対する実施形態についてより具体的に詳察すれば、以下の通りである。

【0237】

まず、粒子が同一符号の電荷を有し、電極は、光透過性物質を含む場合を仮定できる。このような場合、電場が印加されなければ、粒子が溶媒内に不規則に分散されて溶液のカラーが表示される第2モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の

50

強度が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、直流電場の強度によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行されるか、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、電場の強度が電気泳動により粒子を電極側に集中させることができる閾値以上であれば、粒子が上部電極に集中して粒子のカラーが表示されるか、粒子が下部電極に集中して溶媒のカラーが表示される第2モードが遂行されるか、粒子が局部電極に集中して入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、直流電場の強度によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行されるか、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。

10

【0238】

次に、粒子が電気分極特性（電場が印加されれば、電気分極が誘発され、印加された電場が変化することにより、電気分極量が変わる）を有し、立体障害効果を発生させる構造を含み、電極は、光透過性物質を含む他の場合を仮定できる。このような場合、電場が印加されなければ、粒子が溶媒内に不規則に分散されて溶液のカラーが表示される第2モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、直流電場の強度によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行されるか、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、電場の強度が誘電泳動により粒子を電極側に集中させることができる閾値以上であれば、粒子が上部電極に集中して粒子のカラーが表示されるか、粒子が下部電極に集中して溶媒のカラーが表示される第2モードが遂行されるか、粒子が局部電極に集中して入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が直流電場であり、直流電場の強度が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が粒子の間隔を規則的に制御できる範囲内で調節されれば、直流電場の強度によって粒子から反射される光の波長が可視光線帯域内で調節される第1モードが遂行されるか、粒子から反射される光の波長が可視光線帯域外で調節されて入射光の光透過度が調節される第3モードが遂行され得る。また、電場が交流電場であり、交流電場の強度及び周波数が交流電場の方向と平行な方向に粒子を配列させることができる範囲内で調節されれば、粒子が入射光の進行方向と所定の角度をなす状態で配列され、入射光の透過度が調節される第3モードが遂行され得る。

20

30

40

【0239】

図18の複数の矢印に示すように、前記7つのモード（a～g）、即ち、光結晶反射モード、溶液カラー反射モード、粒子カラー反射モード、溶媒カラー反射モード、光結晶透過度調節モード、粒子泳動透過度調節モード及び粒子整列透過度調節モードは、必要事項に応じて有機的に互いに切り替えられ得る。本実施形態では、計 $7 \times 6 / 2 = 21$ 個の種類のモード切替の構成が可能である。これにより、表示領域の同一の単一画素内で多様な色調節及び多様な透過度調節が何れも実現され得る。

【0240】

表示装置の制御部

50

【 0 2 4 1 】

一方、本発明の一実施形態に係る表示装置は、粒子及び溶媒に印加される電場を生成する電圧の強度、方向、種類、印加回数、周波数、印加時間、印加位置などを調節する機能を行う制御部（図示せず）を含むことができる。より具体的に、本発明の一実施形態に係る制御部は、粒子及び溶媒に電場を印加する電極に所定の電圧を印加する制御信号を生成することで、粒子及び溶媒に所定の電場が印加されるようにすることができ、電圧の強度、方向、種類、印加回数、周波数、印加時間、印加位置などを設定する制御信号を生成することで、粒子及び溶媒に印加される電場を各要求事項に適合するように調節でき、これにより、前述した多様なモード間の切替がなされ得る。本発明の一実施形態によれば、制御部は、オペレーティングシステム、アプリケーションプログラムモジュール及びその他
10 プログラムモジュールの形態で表示装置に含まれてもよく、物理的には、多様な公知の記憶装置上に格納されてもよい。また、このようなプログラムモジュールは、表示装置と通信可能な遠隔記憶装置に格納されてもよい。一方、このようなプログラムモジュールは、本発明によって後述する特定の業務を行うか、特定の抽象データタイプを実行するルーチン、サブルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造などを包括するが、これに制限されるものではない。

【 0 2 4 2 】

コンピュータ（machine）読み取り可能な記録媒体

【 0 2 4 3 】

これまで説明した複数のモード間の切替プロセス又は構成は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体上に格納され、コンピュータ（例えば、コンピュータ）によって読み取られ、実行されて前述したモード切替プロセスを行うインストラクション又はプログラムコードを含むプログラムによって実行され得る。仮に、簡単な光結晶反射モードで多様な色を実現し、粒子整列モードで透過度を調節し、単一画素内で互いに切替可能に実現するプロセスをコンピュータによって実行されることについて簡略に説明する。前記プログラムは、粒子間の間隔が規則的に配列され、可視光線の波長が支配的に反射されるようにする大きさの交流電圧が印加されるようにする第1インストラクションと、前記大きさの電圧よりも小さな大きさの電圧を印加して粒子が整列されて支配的に透過する光の程度が調節されるようにする第2インストラクションとを含むことができる。このようなコンピュータ
20 読み取り可能な記録媒体は、コンピュータ（例えば、コンピュータ）によって判読され得る形態で情報を格納又は伝送する任意のメカニズムを含むことができる。仮に、このコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、ROM、RAM、磁気ディスク格納媒体、光学的格納媒体、フラッシュメモリデバイス、電気的形態で伝達された信号、光学的形態で伝達された信号、音響的形態で伝達された信号又は他の形態で伝達された信号（例えば、搬送波、赤外線信号、デジタル信号、信号を送受信するインターフェースなど）などを含むことができる。

【 0 2 4 4 】

表示装置の多様な応用実施例

【 0 2 4 5 】

一方、図19は、本発明の一実施形態によって複数の電極により駆動される表示装置の構成を例示的に示す図である。
40

【 0 2 4 6 】

図19を参照すれば、本発明の一実施形態に係る電極1922、1924、1926、1928は、表示部1910に含まれる粒子1912の間隔、位置及び配列を更に正確、且つ、独立して制御するために、表示部1910の一部領域に対してのみ独立して電場を印加できる複数の電極1922、1924、1926、1928で構成されることができ、このような複数の電極1922、1924、1926、1928は、薄膜トランジスタ（Thin Film Transistor；TFT）のような微細駆動回路によって個別的に制御され得る。また、本発明の一実施形態によれば、電極1922、1924、1926、1928は、表示部1910から放出される光の進行を妨げないために、光透過性物質で構成される
50

ことができ、例えば、光透過性電極材料であるインジウム錫酸化物 (Indium Tin Oxide ; ITO)、酸化チタニウム (TiO_2)、カーボンナノチューブ及びその他電気伝導性ポリマーフィルムなどで構成されることができる。

【0247】

続けて、図19を参照すれば、本発明の一実施形態に係る電極1922、1924、1926、1928は、第1電極1922、第2電極1924、第3電極1926及び第4電極1928を含むことができる。まず、電圧が印加されない第1電極1922によってカバーされる空間には、電場が印加されないため、第1電極1922によってカバーされる空間に位置する粒子1912は、不規則に配列され得る。従って、第1電極322によって制御される表示部1910は、溶液のカラーを表示できる(第2モード)。次に、互いに異なるレベルの電圧が印加される第2電極1924、第3電極1926及び第4電極1928によってカバーされる空間には、それぞれ該当電圧に相応する電場が印加されるため、電場による電気力引力(即ち、電気泳動の原因となる力)、同一符号の電荷を有する粒子1912間の電氣的斥力及び粒子1912又は溶媒1914の分極に伴う電氣的引力などが平衡をなしながら、第2電極1924、第3電極1926及び第4電極1928によってカバーされる空間に位置する粒子1912は、それぞれ互いに異なるパターンで制御され得、これにより第2電極1924、第3電極1926及び第4電極1928によって制御される表示部1910は、該当領域によって互いに異なるモードを実現するようになり、これにより互いに異なるカラーを表示できるようになる。例えば、第4電極1928に印加される電圧が第3電極1926に印加される電圧よりも大きい場合を仮定できるが、このような場合、第4電極1928によってカバーされる空間に位置する粒子1912は、上部電極に密着する位置に集中している反面、第3電極1926によってカバーされる空間に位置する粒子1912は、所定の間隔を置いて規則的に配列され得、これにより第4電極1928によって制御される表示部1910は、粒子1912の固有のカラーを表示できるようになり、第3電極1926によって制御される表示部1910は、粒子1912で構成された光結晶から反射される特定の波長範囲の光を反射できるようになる。

【0248】

図20は、本発明の一実施形態によって表示装置に含まれる粒子及び溶媒を複数のカプセルにカプセル化する構成を例示的に示す図である。

【0249】

図20を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置2000に含まれる粒子2012及び溶媒2014は、光透過性絶縁物質からなる複数のカプセル2022、2024、2026、2028にカプセル化され得る。図20に示す本発明の一実施形態と同様に、粒子2012及び溶媒2014をカプセル化することで、互いに異なるカプセルに含まれる粒子2012及び溶媒2014の間に混入などの直接的な干渉が発生するのを防止でき、電荷を有する粒子の電気流体力学的(Electrohydrodynamic ; EHD)な動きによって粒子の配列状態が不均一に現れるのを防止でき、粒子及び溶媒の封止(sealing)を容易にして表示装置2000のフィルム状への加工性を向上させることができ、これにより表示装置2000に含まれる粒子の間隔、位置及び配列を各カプセル毎に独立して制御できる。

【0250】

続けて、図20を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置2000は、4つのカプセル2022、2024、2026、2028を含むことができ、第1カプセル2022、第2カプセル2024、第3カプセル2026及び第4カプセル2028部分に位置する電極2032、2034、2036、2038には、それぞれ第1電圧、第2電圧、第3電圧及び第4電圧が印加され得、これにより互いに異なる強度及び互いに異なる方向の電場が印加される各カプセルは、互いに異なる波長範囲の光を反射できるようになる。このように、本発明の一実施形態に係る表示装置2000によれば、各カプセル別に互いに独立したディスプレイを実現できるようになる。

【0251】

一方、図20に示すものとは異なり、電極とカプセルが互いに一対一に対応して配置されておらず、電極のカバーする領域がカプセルよりも小さいか、1つのカプセルが2つ以上の電極によってカバーされている場合であっても、電極パターンを利用することで、表示部の任意の領域に対していくらかでも独立したディスプレイを実現できる。即ち、本発明の一実施形態によって、カプセルをカバーしている複数の電極のうちの何れか1つによってカプセル内の特定領域に対して電場が印加される場合、カプセル内に存在する粒子のうち、前記特定領域に存在する粒子又は溶媒のみ電場に反応し、残りの領域に存在する粒子又は溶媒は電場に反応しなくなるので、特定波長の光が反射される領域（即ち、ディスプレイ領域）は、カプセルの大きさやパターンよりは電極パターンによって決定され得る。

10

【0252】

図21は、本発明の一実施形態によって表示装置に含まれる粒子及び溶媒を媒質内に散在させる構成を例示的に示す図である。

【0253】

図21を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置2100に含まれる粒子及び溶媒は、光透過性物質からなる媒質2130内に散在し得る。より具体的には、電場などの外部刺激に対して流動的でない光透過性物質2130内に所定量の粒子及び溶媒を小滴（Droplet）形態で散在して分布させることで、表示装置2100に含まれる粒子を部分的に隔離させることができる。即ち、本発明の一実施形態によれば、光透過性媒質2130内に粒子が分散された溶媒を散在して分布させることで、互いに異なる領域に含まれる粒子又は溶媒間の混入などの直接的な干渉が発生するのを防止でき、これにより表示装置2100に含まれる粒子の間隔、位置及び配列をより独立して制御できる。

20

【0254】

続けて、図21を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置2100は、媒質2130内に含まれる複数の領域2112、2114を含むことができる。より具体的に、第1電圧が印加される第1電極2142の間に位置する第1領域2110に含まれる粒子の間隔、位置及び配列と第2電圧が印加される第2電極2144の間に位置する第2領域2120に含まれる粒子の間隔、位置及び配列は、互いに独立して制御され得、これにより第1領域2110と第2領域2120は、互いに異なるカラーを表示できるようになる。従って、本発明の一実施形態に係る表示装置2100によれば、各領域別に互いに独立したディスプレイを実現できるようになる。図21で上下部電極を通じて印加された電圧が光透過性絶縁媒質2130により電圧降下現象が現れ、不均一にならないこともあり得るため、光透過性媒質内に散在する溶液を上下部電極に接触させるか、光透過性媒質内に均一に分布させることができる。

30

【0255】

図22は、本発明の一実施形態によって光透過性媒質でカプセル化された溶液の構成を例示的に示す図である。参考までに、図22は、図21と関連して言及した表示装置2100の断面を電子顕微鏡で撮影した結果得られた写真に該当する。

【0256】

図22を参照すれば、粒子2210が分散されている溶媒が電場により流動しない光透過性絶縁物質でカプセル化されていることが分かる。本発明の一実施形態によれば、粒子2210が溶媒内に分散されてコロイド（colloid）状態となっている溶液（即ち、粒子及び溶媒の混合物）を互いに混ざらない異種の溶液に混合してエマルジョン形態を構成した後、エマルジョンの境界を光透過性物質2220でコーティングすることで、光透過性物質2220内にカプセル化構成が実現され得る。ここで、粒子としては、電荷層がコーティングされた酸化鉄（ FeO_x ）クラスタが使用され得、溶媒としては、電気分極特性を有する溶媒が使用され得、カプセル物質としては、ゼラチンが含まれている光透過性高分子物質が使用され得る。

40

【0257】

図23は、本発明の一実施形態によって媒質内に散在する粒子及び溶媒の構成を例示的

50

に示す図である。参考までに、図 2 3 は、図 2 1 と関連して言及した表示装置 1 6 0 0 の断面を電子顕微鏡で撮影した結果得られた写真に該当する。

【 0 2 5 8 】

図 2 3 を参照すれば、粒子 2 3 1 0 が分散されている溶媒 2 3 2 0 が電場、磁場などの外部刺激に対して流動的でない固体 (solid) 又はゲル (gel) 状態の光透過性物質からなる媒質 2 3 3 0 内に分散されていることが確認できる。本発明の一実施形態によれば、溶媒 2 3 2 0 内に電荷を有する粒子 2 3 1 0 を分散させ、これを小滴形態で光透過性媒質 2 3 3 0 内に均一に混合させることで、図 2 3 に示す構成を実現できる。また、本発明の一実施形態によれば、図 2 3 において、粒子 2 3 1 0 は、電荷層がコーティングされた酸化鉄 (FeOx) クラスタであり得、溶媒 2 3 2 0 は E G (Ethylene Glycol) であり得、媒質 2 3 3 0 は P D M S (Polydimethylsiloxane) であり得る。

10

【 0 2 5 9 】

図 2 4 は、本発明の一実施形態によって表示装置に含まれる粒子及び溶媒を複数のセルに区画化する構成を例示的に示す図である。

【 0 2 6 0 】

図 2 4 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置 2 4 0 0 に含まれる粒子 2 4 1 2 及び溶媒 2 4 1 4 は、絶縁体からなる隔壁などで隔離されて複数のセル 2 4 3 2、2 4 3 4、2 4 3 6、2 4 3 8 に区画化され得る。本発明の一実施形態によれば、粒子 2 4 1 2 及び溶媒 2 4 1 4 を区画化することで、互いに異なるセルに含まれる粒子 2 4 1 2 及び溶媒 2 4 1 4 の間に混入などの直接的な干渉が発生するのを防止でき、これにより表示装置 2 4 0 0 に含まれる粒子の間隔、位置及び配列を各セル毎に独立して制御でき、電荷を有する粒子の電気流体力学的な動きによって粒子の配列状態が不均一に現れるのを防止できる。

20

【 0 2 6 1 】

一方、図 2 4 に示すものとは異なり、電極とセルが互いに一対一に対応して配置されておらず、電極のカバーする領域がセルよりも小さいか、1つのセルが2つ以上の電極によってカバーされている場合であっても、電極パターンによって表示部の任意の領域に対していくらかでも独立したディスプレイを実現できる。即ち、本発明の一実施形態によって、セルをカバーしている複数の電極のうちの何れか1つによってセル内の特定領域に対して電場が印加される場合、セル内に存在する粒子のうち、前記特定領域に存在する粒子又は溶媒のみ電場に反応し、残りの領域に存在する粒子又は溶媒は、電場に反応しなくなるので、特定波長の光が反射される領域 (即ち、ディスプレイ領域) は、セルの大きさやパターンよりは電極パターンにより決定され得る。

30

【 0 2 6 2 】

一方、図 2 4 で示す構造を製作するために、まず、下部基板にスクリーンプリンティング (Screen printing)、グラビアプリンティング (Gravure printing)、リソグラフィ (Lithography) などの方法により絶縁物質で隔壁を先に製作した後、粒子が分散された溶液を O D F (One Drop Filling) などの方法で充填して製作できる。

【 0 2 6 3 】

或いは、図 2 4 で溶液を区分するための隔壁としては、固体形態の絶縁物質以外に空いた空間を活用することもできる。即ち、基板をパターンニングして局部的に溶液と親和性の高い領域と低い領域とを区分することで、溶液と親和性の低い領域には、粒子が分散されないようにすることによって溶液を区画化できる。例えば、溶液が親水性 (Hydrophilic) である場合、基板をパターンニングして隔壁部分は、疎水性 (Hydrophobic) となるように製作し、溶液が入る領域は、親水性 (Hydrophilic) となるように製作することで、溶液は、親水性である部位にのみ充填され、疎水性である領域により区画化するようにできる。更に、下部基板は疎水性であり、下部電極は親水性である場合、下部電極パターンニングによりセルの区画化を併行させることができる。

40

【 0 2 6 4 】

以上で言及した通り、本発明の一実施形態によって粒子及び溶媒をカプセル化するか、

50

媒質内に散在させるか、又は区画化する場合、各カプセル、各領域又は各セル別に粒子の間隔、位置及び配列を独立して制御できるようになり、更に精密なディスプレイを可能にし、表示装置のメンテナンスを容易にするという効果が達成される。

【0265】

図25及び図26は、本発明の一実施形態によって表示装置が互いに垂直方向又は水平方向に結合される構成を例示的に示す図である。

【0266】

まず、図25を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置2500に含まれる粒子2512及び溶媒2514は、互いに垂直方向に結合されている（即ち、積層された）複数のセル2532、2534、2536にそれぞれ含まれることができ、これにより表示装置2400に含まれる粒子の間隔、位置及び配列を各セル毎に独立して制御できる。従って、互いに積層されている複数のセル2532、2534、2536の間に位置する電極2520が光透過性物質で構成される場合には、積層された複数のセル2532、2534、2536でそれぞれ独立して実現される各モードによるカラーが互いに混合されて表示され得る。例えば、第1セル2532では、第1モードが実現されて反射光のカラーが制御され得、第2セル2534では、第2モードが実現されて粒子2512が有する固有のカラーが表示され得、第3セル2536では、第3モードが実現されて光の透過度が調節され得る。これにより、更に多様な色混合（color mixing）が可能になり、透過度及び色が必要事項に合うように適切に組み合わせられ得る。

【0267】

次に、図26を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置2600に含まれる粒子2612及び溶媒2614は、互いに水平方向に結合されている複数のセル2632、2634、2636にそれぞれ含まれることができ、これにより表示装置2400に含まれる粒子の間隔、位置及び配列を各セル毎に独立して制御できる。従って、互いに結合されている複数のセル2632、2634、2636のそれぞれで実現される各モードのカラー又は光透過度が互いに混合されて現れ得る。例えば、第1セル2632では、第1モードが実現されて反射光のカラーが制御され得、第2セル2634では、第2モードが実現されて粒子2612が有する固有のカラーが表示され得、第3セル2636では、第3モードが実現されて光の透過度が調節され得る。

【0268】

一方、図19～図26の実施形態では、上部及び下部電極が何れも複数の電極に分離されているものと説明したが、上部或いは下部電極のうち、一方の電極は共通電極で構成されることができる。例えば、実際のディスプレイ製品に適用するにおいて、上部電極は透明電極物質で共通電極として構成されることができ、これとは異なり、下部電極は単位セル単位に分離されて各セルを駆動するためのトランジスタと連結され得、透明電極物質で構成されないことも可能である。更に、透明な上部電極を用い、下部電極に粒子と帯電された電荷と同一符号の電圧を印加することによって、帯電された粒子が上部電極に配列されるようにすることで、溶媒によって光の強度が減衰する現象を最小化できる。

【0269】

図27～図29は、本発明の一実施形態によって表示装置に印加される電圧のパターンを例示的に示す図である。

【0270】

まず、図27を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置は、粒子及び溶媒に対して互いに異なる強度及び異なる方向の電場を順次印加し、連続的なディスプレイを実現する上で電場の強度及び方向が変わる間に粒子の間隔を初期化する機能を行う制御部（図示せず）を更に含むことができる。より具体的に、本発明の一実施形態に係る制御部は、粒子及び溶媒に電場を印加する電極に第1電圧及び第2電圧を順次印加するにおいて、第1電圧を印加した後、第2電圧を印加する前に粒子及び溶媒に対して第1電圧と反対方向の初期化（reset）電圧を印加することで、第1電圧によって所定の間隔、位置又は配列に制御されていた粒子を初期の状態に戻す機能を行う。これにより、本発明の一実施形態

に係る表示装置は、動作速度を向上させ、残像を抑制できるようになるなどディスプレイ性能を向上させることができるようになる。また、本発明の一実施形態によれば、初期化電圧は、直前に印加されていた電圧と反対方向に印加されるため、直前に印加されていた電圧によって所定の方

【0271】

次に、図28を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置は、粒子及び溶媒に対して互いに異なる強度及び異なる方向の電場を順次印加して連続的なディスプレイを実現する上で予め粒子の間隔、位置又は配列を所定の間隔、位置又は配列に維持させる機能を行う制御部（図示せず）を更に含むことができる。より具体的に、本発明の一実施形態に係る制御部は、粒子及び溶媒に電場を印加する電極に第1電圧及び第2電圧を順次印加するにおいて、予め所定の待機（standby）電圧を印加した状態で第1電場と第2電圧を印加することで、粒子の間隔、位置又は配列が所望の間隔、位置又は配列に迅速に制御され得るようにする機能を行う。これにより、本発明の一実施形態に係る表示装置は、応答速度を向上させ、画面の切替を速くするなどディスプレイ性能を向上させることができるようになる。即ち、従来の電子ペーパー（electronic paper）技術では、特定のカラーを表示するために、特定カラーの粒子をセル内の一端から他端を縦断するように移動させなければならなかったが、本発明では可視光線帯域の反射光が現れない程度の相対的に低いレベルの待機電圧を印加して粒子をセル内の一方向に密集させた後、特定レベル以上の電圧を印加して可視光線帯域の光を反射する光結晶を実現できるので、粒子の局所的な位置移動だけでも可視光線帯域の光を反射する光結晶を実現できるようになり、動作速度を速くすることができる。

【0272】

次に、図29を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置は、粒子及び溶媒に対して互いに異なる強度及び異なる方向の電場を順次印加して連続的なディスプレイを実現するにおいて、電場の強度及び印加時間などにおいて多様なパターンの電場が印加されるようにする機能を行う制御部（図示せず）を更に含むことができる。より具体的に、本発明の一実施形態に係る制御部は、粒子及び溶媒に電場を印加する電極に電圧を印加するにおいて、所定の電圧で電圧のレベルを上昇又は下降させることができ（図29の（a）参照）、任意に電圧の印加時間又は周期を拡大又は短縮でき（図29の（b）参照）、非連続的なパルス電圧を反復的に印加することで、電圧が連続的に印加された場合と同様の効果を達成できる（図29の（c）参照）。これにより、本発明の一実施形態に係る表示装置は、多様なパターンのディスプレイを可能にし、電力の消費を低減するなどディスプレイ性能を向上させることができるようになる。

【0273】

但し、本発明に係る電場印加のパターンが必ずしも前記列挙したものに限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲内で、即ち、電場によって粒子の間隔、位置又は配列が制御され得る範囲内で適切に変更され得ることを明確にしておく。

【0274】

一方、図30は、本発明の一実施形態によって表示装置の複数の電極に連結される回路構成を例示的に示す図である。

【0275】

図30を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置に含まれる複数の電極3020のそれぞれには、所定の電荷を格納できるキャパシタ3050が連結され得る。より具体的に、表示部に電場を印加するために、電極3020に電圧を印加すれば、該当電極3020に連結されているキャパシタ3050には電荷が充電され得るため、該当電極3020に印加されていた電圧が遮断された後もキャパシタ3050に充電されている電荷を用いて所定時間、該当電極3020に電圧を印加できるようになる。従って、本発明の一実施形態によれば、表示装置に非連続的なパルス電圧を印加する場合であっても、連続的な電圧を印加する場合と同一のディスプレイを実現でき、これにより表示装置を動作させ

るのにかかる電力を低減し、より安定したディスプレイを実現できるようになるという効果を達成できる。また、印加される電圧が遮断されても所定の時間、表示状態が維持され得る。即ち、粒子間の間隔、配列、位置が所定の時間に特定間隔、特定配列、特定位置に維持されることができる。

【0276】

一方、本発明の一実施形態によれば、粒子に印加される電場のパターン（印加領域、印加時間など）を調節するか、粒子から反射される光の透過度又は遮断率を調節する光調節層を利用することで、表示装置上に表示されるカラーの明度を調節できる。

【0277】

図31は、本発明の一実施形態によって粒子から反射される光の表示面積を調節する構成を例示的に示す図である。

10

【0278】

図31を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置3100は、9つの単位セル3110を含むことができ、各単位セル3110に独立して印加される電場によって各単位セル3110は、互いに独立して制御され得、各単位セル3110をカバーする下部電極3122、3124、3126は、暗い色を有する物質を含むか、暗い色を有するカラー層（図示せず）によってカバーされ得る。本発明の一実施形態によれば、表示装置3100上に所望の明度のカラーを表示するために、計9つの単位セル3110のうち、一部の単位セルに対してのみ適切な電場を印加して一部の単位セルで光結晶によるカラーが表示されるようにし、反対に、残りの単位セルに対しては電場を印加しないため、残りの単位セルでは光結晶によるカラーが表示されず、下部電極のカラー又は粒子による散乱カラーによる暗いカラーが表示されるようにすることができる。更に、各単位セルに印加される電場を調節して光結晶によるカラーが表示される単位セルの数を増加させれば、暗いカラーが表示される面積に比べて光結晶によるカラーが表示される面積が広がるため、光結晶によるカラーの明度が高くなり、光結晶によるカラーが表示される単位セルの数を減少させれば、暗いカラーが表示される面積に比べて光結晶によるカラーが表示される面積が狭くなるため、光結晶によるカラーの明度が低くなり得る。即ち、光結晶を形成させることができる所定の電場が印加される単位セルの数が多きほど、光結晶によるカラーが表示される単位セルの数、即ち、光結晶によるカラーが表示される領域の面積が増加して明度が高くなる。また、下部電極を黒色の電極にし、光結晶反射モードを実現する画素の数と透過度調節モードを実現する画素の数を適切に組み合わせることで、明度を調節することもできる。

20

30

【0279】

図32は、本発明の一実施形態によって粒子から反射される光の表示時間を調節する構成を例示的に示す図である。

【0280】

図32を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置は、粒子に電場が印加される時間を調節でき、暗い色を有する物質を含むか、暗い色を有するカラー層（図示せず）によってカバーされる下部電極を含むことができる。本発明の一実施形態に係る表示装置は、粒子に対して電場を周期的に印加するものの、表示装置上に所望の明度のカラーを表示するために、電場が印加される時間と電場が印加されない時間の比率を調節できる。より具体的に、電場が印加される時間が、電場が印加されない時間に比べて増加すれば、光結晶によるカラーが表示される時間が、暗いカラーが表示される時間に比べて長くなるため、光結晶によるカラーの明度が高くなり、反対に、電場が印加される時間が、電場が印加されない時間に比べて減少すれば、光結晶によるカラーが表示される時間が、暗いカラーが表示される時間に比べて短くなるため、光結晶によるカラーの明度が低くなり得る。即ち、所定の光結晶を形成させることができる電場が印加される時間が長いほど、光結晶によるカラーが表示される時間が増加するため、光結晶によるカラーの明度が高くなる。

40

【0281】

図33は、本発明の一実施形態によって光調節層を用いて明度を調節する構成を例示的

50

に示す図である。

【 0 2 8 2 】

図 3 3 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置 3 3 0 0 は、光透過率又は光遮断率が調節され得る別個の光調節層 3 3 3 0 を含むことができる。一般に、光透過度や光遮断率は、光の強度又は明るさに大きく影響を及ぼし得、更に光のカラーの明度を変化させることができるため、光透過率又は光遮断率が調節され得る光調節層 3 3 3 0 を表示装置 3 3 0 0 の上部に配置させ、光調節層 3 3 3 0 に入射される光の強度又は明るさを調節することで、表示装置 3 3 0 0 上に表示される光のカラーの明度を調節できるようになる。以下では、光調節層 3 3 3 0 として適用され得る多様な構成について具体的に説明する。

10

【 0 2 8 3 】

図 3 4 及び図 3 5 は、本発明の一実施形態によって光透過度を調節する光調節層の構成を例示的に示す図である。

【 0 2 8 4 】

まず、図 3 4 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る光調節層 3 4 0 0 は、粒子 3 4 1 0 の配列を制御することで、光透過度を制御できる。より具体的に、電気泳動粒子 3 4 1 0 が光調節層 3 4 0 0 内で不規則に分散されている場合、電気泳動粒子 3 4 1 0 による光の反射又は散乱によって光透過度が低くなり、これにより光のカラーの明度が低くなるが（図 3 4 の（a）参照）、電気泳動粒子 3 4 1 0 が光の進行方向と平行な方向に規則的に配列される場合には、光の進行が妨げられる程度が低いいため、光透過度が高くなり、これにより光のカラーの明度が高くなる（図 3 4 の（b）参照）。また、図示されてはいないが、前述したように、光結晶透過度調節モードを用いる層を光調節層として用いることもできる。

20

【 0 2 8 5 】

次に、図 3 5 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る光調節層 3 5 0 0 は、電気泳動粒子 3 5 1 0 の位置を制御することで、光透過度を制御できる。より具体的に、電気泳動粒子 3 5 1 0 が光調節層 3 5 0 0 内で不規則に分散されている場合、電気泳動粒子が 3 5 1 0 による光の反射又は散乱によって光透過度が低くなり、これにより光のカラーの明度が低くなるが（図 3 5 の（a）参照）、電気泳動粒子 3 5 1 0 が狭い面積を有する下部電極 3 5 5 0 側に移動する場合には、光の進行が妨げられる程度が低くなるため、光透過度が高くなり、これにより光のカラーの明度が高くなる（図 3 5 の（b）参照）。

30

【 0 2 8 6 】

図 3 6 は、本発明の一実施形態によって光遮断率を調節する光調節層の構成を例示的に示す図である。

【 0 2 8 7 】

図 3 6 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る光調節層 3 6 0 0 は、電場により親水性又は疎水性特性が変わることによって、その分布面積が変わり得る光遮断物質 3 6 1 5 を含むことができ、このような光遮断物質 3 6 1 5 に印加される電場の強度及び方向のうちの少なくとも 1 つを調節して光遮断物質 3 6 1 5 が表示領域、即ち、表示装置の表示部（図示せず）をカバーする面積を制御することで、光遮断率を調節できる（electro-wetting）。より具体的に、光遮断物質 3 6 1 5 が表示領域の大部分をカバーしている場合に、光遮断率が高いため、光のカラーの明度が低くなるが（図 3 6 の（a）参照）、光遮断物質 3 6 1 5 が表示領域の一部分のみをカバーしている場合には、光遮断率が低いため、光のカラーの明度が高くなる（図 3 6 の（b）参照）。

40

【 0 2 8 8 】

但し、本発明に係る表示装置に適用され得る光調節層が必ずしも前記列挙したものに限定されるものではなく、光の進行を妨げる粒子の濃度を調節する装置など多様な手段が本発明に係る光調節層に適用されることもあり得る。液晶のように、電圧によって光の透過度の変更され得る装置や、電圧によって親水性 / 疎水性の特性が変わり、表面にある溶液の面積が変化することによって光透過度が調節される装置や、電圧によって粒子の動きを

50

制御することによって光透過度が調節される装置などが使用され得る。また、E D (Electrochromic Devices)、S P D (Suspended Particle Devices)、P D L C (Polymer Dispersed Liquid Crystal devices)、M B (Micro-Blinds)なども光調節層として適用され得る。

【0289】

一方、本発明の一実施形態によれば、無彩色を表示するセルと有彩色を表示するセルを空間的に又は時間的に結合することで、表示装置上で表示されるカラーの彩度を調節できる。

【0290】

まず、図31に示す明度調節方法と同様に、無彩色が表示される面積と有彩色が表示される面積を調節することで、表示装置上で表示されるカラーの彩度を調節できる。より具体的に、各単位セルに印加される電場を調節して有彩色が表示される単位セルの数を増加させれば、無彩色が表示される面積に比べて有彩色が表示される面積が広がるため、表示装置上に表示されるカラーの彩度が高くなり、有彩色が表示される単位セルの数を減少させれば、無彩色が表示される面積に比べて有彩色の面積が狭くなるため、表示装置上に表示されるカラーの彩度が低くなり得る。

【0291】

次に、図32に示す明度調節方法と同様に、無彩色が表示される時間と有彩色が表示される時間を調節することで、表示装置上で表示されるカラーの彩度を調節できる。より具体的に、有彩色が表示されるようにする電場が印加される時間が、無彩色が表示されるようにする電場が印加される時間に比べて増加すれば、表示装置上に表示されるカラーの彩度が高くなり、反対に、有彩色が表示されるようにする電場が印加される時間が、無彩色が表示されるようにする電場が印加されない時間に比べて減少すれば、表示装置上に表示されるカラーの彩度が低くなる。

【0292】

一方、図37は、本発明の一実施形態によって互いに異なる電荷を有する粒子を用いて光結晶性ディスプレイを実現する表示装置の構成を例示的に示す図である。

【0293】

まず、第1モードの場合を説明すれば、以下の通りである。図37を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置3700の表示部3710は、互いに異なる電荷を有する粒子、即ち、負電荷を有する粒子3712及び正電荷を有する粒子3714を何れも含むこともでき、表示部3710に電場が印加されることによって負電荷を有する粒子3712及び正電荷を有する粒子3714は、それぞれ反対方向に移動して規則的に配列されることができる。例えば、電場印加部の上部電極3720が正極であり、下部電極3725が負極である場合、負電荷を有する粒子3712及び正電荷3714を有する粒子は、それぞれ上部電極3720方向及び下部電極3725方向に移動して粒子の間でそれぞれ所定の間隔を維持した状態で光結晶として配列され得る。このような場合、本発明の一実施形態に係る表示装置3700は、両面(即ち、上部電極3720側面及び下部電極3725側面)でそれぞれ任意の波長範囲の光を反射させることができるようになり、これにより両面ディスプレイを実現できる。更に、負電荷を有する粒子3712と正電荷を有する粒子3714の電荷量が互いに異なる場合には、電場を印加することによって負電荷を有する粒子3712間の間隔と正電荷を有する粒子3714間の間隔が互いに異なるようになり得るので、本発明の一実施形態に係る表示装置3700は、両面で互いに異なる波長範囲の光を反射させることができるようになり、これにより両面が互いに独立して制御されるディスプレイを実現することもできるようになる。

【0294】

次に、第2モードの場合を説明すれば、以下の通りである。表示装置3700に含まれる負電荷を有する粒子3712及び正電荷を有する粒子3714は、それぞれ固有のカラーを有していることもできる。このような場合、図37の場合と同様に、上部電極3720及び下部電極3725に印加される電場の方向のみを調節することで、表示装置の上部

及び下部にそれぞれ互いに異なるカラーを表示できるようになる。例えば、負電荷を有する粒子 3712 が黒色であり、正電荷を有する粒子 3714 が白色である場合に、上部電極 3720 に正の電圧を印加すれば、負電荷を有する黒色粒子 3712 が上部電極 3720 側に移動して表示装置の上部に黒色が表示され得、上部電極 3720 に負の電圧を印加すれば、正電荷を有する白色粒子 3714 が上部電極 3720 側に移動して表示装置の上部に白色が表示され得る。

【0295】

このように、図 37 のように、両面が表示される表示装置でやはり第 1 モードと第 2 モード間で互いに切り替えられ得る。また、下部電極が大電極と局部電極とに分割される場合において、両面が表示される表示装置において、第 1 モード、第 2 モード及び第 3 モード間で切替が互いに可能になる。

10

【0296】

一方、図 38 ~ 図 40 は、本発明の一実施形態によって電極をなす電極をパターニングする構成を例示的に示す図である。

【0297】

まず、図 38 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る電極の下部電極 3825 (又は上部電極 3820) 上に格子状の絶縁層 3830 が形成され得、これにより下部電極 3825 (又は上部電極 3820) が一定間隔でパターニングされ得るようになる。

【0298】

図 38 に示す表示装置によれば、電極のパターニング間隔を数 μm ~ 数百 μm 程度で実現することで、電荷を有する粒子の電気流体力学的な動きによって粒子の配列状態が不均一に現れるのを防止できるようになり、これにより均一なディスプレイを実現できるようになる。特に、図 38 に示す表示装置によれば、多くの時間と費用が要求されるカプセル化やセル区画化などの複雑な工程を経なくても、電気流体力学的な動きによる粒子の偏り現象を効果的に防止できるようになるという効果が達成される。

20

【0299】

次に、図 39 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る電極の下部電極 (又は上部電極) は、2 つの電極 (第 1 電極 3920 及び第 2 電極 3925) に分けられて構成され得る。より具体的に、図 40 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る電極の下部電極 (又は上部電極) を構成する第 1 電極 4020 及び第 2 電極 4025 は、互いに交差する鋸歯状にパターニングされ得る。

30

【0300】

図 39 及び図 40 に示す表示装置によれば、一方の基板にのみ電極を実現してもよいため、コスト削減の側面から有利になり得、電場が印加されることによって、粒子が移動する距離を短縮させることで、表示装置の動作速度を速くできるという効果が達成される。但し、本発明に係る電極パターンが必ずしも前記列挙したものに限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲内で、即ち、電場によって粒子の間隔が制御され得る範囲内で適切に変更され得ることを明確にしておく。

【0301】

一方、図 41 は、本発明の一実施形態に係る表示装置がスペーサを含む構成を例示的に示す図である。

40

【0302】

図 41 を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置 4100 は、2 つの電極 4120 の間に配置され、2 つの電極 4120 の間隔を調節する機能を行うスペーサ粒子 4130 を含むことができる。より具体的に、上部及び下部電極 4120 と接触するスペーサ粒子 4130 は、熱エネルギー、光エネルギーなどのエネルギーによって上部及び下部電極 4120 に固着され得、これにより上部及び下部電極 4130 が一定の間隔を置いて配置されたフィルム状で製作され得る。本発明の一実施形態によれば、スペーサ粒子 4130 は、ポリスチレンのような有機物又はシリコン酸化物のような無機物を含んで構成されることができる。電極として ITO ガラスを用いる場合、コストが高いため、本発明のよ

50

うに、透明電極がコーティングされたフレキシブルなフィルム状の基板にスペーサが適用されれば、製作コストを顕著に低減できるという効果を達成できる。

【0303】

本発明の一実施形態によれば、前記粒子が分散された液体は、ODFのような装置を用いて全面に塗布するか、空気の圧力差を用いて上下部電極の間に充填するか、グラビアオフセットなどの方法でプリンティングすることもできる。

【0304】

図42は、本発明の一実施形態によって太陽電池部を含む表示装置の構成を例示的に示す図である。

【0305】

図42を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置4200は、表示装置4200を透過する光を用いて起電力を発生させ、貯蔵する機能を行う太陽電池部4230を更に含むことができる。本発明の一実施形態によれば、太陽電池部4230によって発生した起電力は、電極4220に印加される電圧を発生させるのに使用され得、これにより、表示装置4200は外部からの電源供給に依存しなくても、以上で説明した光結晶性ディスプレイを実現できるようになる。但し、本発明に係る表示装置と太陽電池部との組み合わせが必ずしも前記列挙したものに限定されるものではなく、太陽電池部によって発生した起電力は、表示装置を駆動する以外に他の用途にも使用され得る。

【0306】

図43は、本発明に係る表示装置を発光型表示装置と結合させた構成を例示的に示す図である。

【0307】

図43を参照すれば、本発明に係る表示装置4310、4320と別個の発光型表示装置4330、4340を結合できる。より具体的に、本発明に係る表示装置4310、4320の下部に発光型表示装置4330、4340を結合させ、反射型表示装置4310、4320と発光型表示装置4330、4340を互いに独立して駆動させることで、本発明に係る表示装置4310、4320が動作する場合には、本発明の一実施形態に係る第1、第2又は第3モードによるカラーが表示され、反対に発光型表示装置4330、4340が動作する場合には、所定のバックライト(back light)で発生してカラーフィルタを透過した光が表示され得る。即ち、発光型モードと反射型モードを互いに混用できる。参照符号4320は、R、G、Bカラーフィルタを示し、発光型モードでは、反射型装置における粒子を局部電極に移動させて透過度を大きくすることができる。本発明に係る表示装置と発光型表示装置を結合すれば、本発明に係る表示装置のみを用いる場合と対比して、表示可能なカラーの範囲が広がるという効果が達成され得る。一方、発光型表示装置が蛍光体を含む場合に現存する蛍光体で実現できない色もやはり実現できる。また、図面には示されていないが、外部光源が上部電極上に存在するため、周辺光のない暗い状況でも反射型表示モードが実現されるようにすることができる。

【0308】

モードの維持

【0309】

本発明の一実施形態によれば、粒子間の間隔を制御する機能をする電場が遮断された後も、粒子間の間隔が制御された状態でそのまま維持されるようにすることができ、そのために、粒子が分散されている溶媒内に所定の添加剤を含めることができる。

【0310】

より具体的に、本発明の一実施形態によれば、強い親和性を有する部分(anchoring group、以下「アンカー」という)を1つ有する分散剤(例えば、ポリオキシエチレンラウリルエーテル(polyoxyethylene lauryl ether))、アンカーを1つ以上有するポリソルベート(polysorbate)系の分散剤(例えば、ポリオキシエチレンソルビタンモノラウレート(polyoxyethylene sorbitan monolaurate)、ポリオキシエチレンソルビタンモノオレエート(polyoxyethylenesorbitan monooleate)、ポリオキシエチレンソルビタンモノ

10

20

30

40

50

ステアレート (polyoxyethylene sorbitan monostearate)) などのように分子構造が複雑なポリマー形態の物質を添加剤として添加できるが、このような添加剤によって溶媒内に分散された粒子が動きに制限を受けるようになる。

【0311】

また、本発明の一実施形態によれば、分子鎖を有するポリマーが添加された溶媒内に電荷を有する粒子を分散させれば、粒子が溶媒内で移動する上で抵抗が大きくなるため、外部から印加される電場が遮断された後も、その位置が固定され得る。

【0312】

更に、本発明の一実施形態によれば、粒子の表面にある機能基 (functional group、-OH group) と水素結合のような化学的結合が可能な機能基 (親水性基、hydrophilic group) を有する添加剤を溶媒内に添加させることで、添加剤が粒子の表面に持続的に吸着されるようにし、粒子周辺に膜を形成することで、粒子を安定化させることができる。

10

【0313】

また、本発明の一実施形態によれば、溶媒内に添加される添加剤に含まれている疎水性基 (lipophilic group、alkyl chain) の鎖に存在するアルキル成分によって立体障害効果が発生することにより、溶媒の粘度を増加させることができ、これにより、溶媒内に含まれている粒子の動きが制限され得る。更に、複雑な構造を有するポリマーを溶媒内に多量添加することで、溶液の粘度をより一層高めることもできる。

【0314】

即ち、粒子と親和力を有する添加剤或いは溶媒と親和力を有する添加剤を添加することで、粒子が溶媒内で動きに制限を受けられる。また、複雑な立体構造や鎖構造を有するポリマーを溶媒内に添加剤として添加することで、添加剤の複雑な構造により粒子の移動を制限することもできる。

20

【0315】

一方、前記溶媒として相変化物質を用いることで、粒子の移動が容易な状態 (例えば、粘性の低い液体) で電圧を印加して一定の距離に粒子間の間隔を調節し、外部電圧を遮断する前に外部からの光、圧力、温度、化学反応、磁場、電気などの刺激を通じて溶液の状態を粒子の移動が難しい状態 (例えば、固体或いは粘性の高い液体) に変換させることで、結果として、外部電圧が遮断されても、粒子間の距離を一定に維持することもできる。

【0316】

30

或いは、電圧の遮断後に、粒子の間隔が次第に無秩序になるのを防止するために、一定の電圧を周期的に加えることで (Refresh)、粒子間隔を一定の距離に維持することもできる。

【0317】

前記のような方法で電圧の遮断後にも、距離を一定に維持するようにするためには、粒子と溶媒の比重が最小化されることが有利であるため、粒子に比重の異なる物質をコーティングするか、あるいは溶媒に比重の異なる物質を添加することもできる。

【0318】

従って、本発明の一実施形態によれば、電場が印加されることによって、所定の間隔を維持した状態で規則的に配列された粒子は、電場が遮断されても、その規則的な配列を維持できるようになる。このような効果は、添加剤の量が多いほど、又は添加剤の分子量が大きいほど、更に顕著に現れ、特に、粒子と溶媒間の比重差を減少させることで、前記のような効果を増大させることができる。また、本発明の一実施形態によれば、後述するカプセル、セル、水滴型カプセルなどの複雑な構成を採用しなくても、溶媒に簡単に添加剤を含めることで、優れたディスプレイ特性を有する表示装置を生産できるようになる。

40

【0319】

また、本発明の一実施形態によって、ポリマー安定剤が粒子と共有結合する構成も考慮できる。このポリマー安定剤及び粒子は、このような共有結合を形成するために、互いに相補的な化学的機能性を有する。このポリマー安定剤は、溶媒内に添加され得る。

【0320】

50

更に、本発明の一実施形態によって、粒子はポリマーコーティングされ、このポリマーコーティングは第1機能基を含む。また、第2機能基を有するポリマーが溶媒内に添加され、第2機能基は第1機能基に対して引力が作用し、溶媒内のポリマーは、粒子と結合体 (complex) を形成することもできる。

【0321】

このように電場が遮断された後も、表示部で色が継続して維持されるため、電力の消費が小さくなり、安定的、且つ、信頼するだけのフレーム又は外装の色が継続して維持され得る。

【0322】

一方、本発明の一実施形態では、ゲル (gel) 形態の溶液内に作用基を含む網構造と、ゲル溶液内に分散されており、作用基を含む粒子で構成され、前記粒子の作用基と網構造の作用基が結合されている構成も考慮され得る。

【0323】

一実施形態において、前記ゲル状態の溶液の作用基或いは前記粒子を構成する作用基は、ヒドロキシ基 (-OH)、カルボキシ基 (-COOH)、アミン基 (-NH₂)、アミド基 (CONH)、ホルミル基 (-CHO)、チオール基 (-SH)、アクリル基 (-CH₂CHCOR) のうちの少なくとも1つを含むことができる。

【0324】

一実施形態において、前記ゲル状態の溶液は、ポリビニルアルコール系、アガロース系、ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)系、ポリサッカロイド系、ポリアミド系、ポリアクリレート系のうちの少なくとも1種類の水溶性高分子を含むことができる。

【0325】

一実施形態において、前記ゲル状態の溶液は、1,2-ヒドロキシステアリン酸、ソルビタンエステル系 (ソルビタンモノステアレート、ソルビタンモノオレエートなど)、ポリソルベート系 (ポリオキシエチレンソルビタンモノオレエートなど) のように、分子内に長鎖の親油性基と反応作用基を含む単分子 (monomer) 又は高分子 (polymer) がこれに該当する高分子を含むことができる。

【0326】

一実施形態において、ホウ酸、ジアルデヒド、ジカルボン酸、二無水物、酸塩化物、エピクロルヒドリン及びヒドラジドのうちの少なくとも1つを含む二官能基 (bifunctional group) を有する架橋剤によって、前記溶液のゲル作用基と粒子の作用基が結合され得る。

【0327】

一実施形態において、熱エネルギー又は光エネルギーを印加するか、あるいは添加剤又は架橋剤が添加されることで、前記粒子の表面の作用基と前記溶液に含まれている作用基間の結合が制御され得る。

【0328】

一実施形態において、前記ゲル状態の溶液は、熱エネルギー又は光エネルギーを印加するか、あるいは添加剤又は架橋剤が添加されることで、ゾル (sol) 状態に相変化され得る。

【0329】

実験結果

【0330】

まず、図44～図51を参照して本発明の一実施形態によって第1モードを実現した実験結果について詳察する。

【0331】

図44～図46は、本発明の一実施形態によって電荷を有する粒子を電気分極特性を有する溶媒に分散させた状態で電場を印加して粒子の間隔を調節することで、粒子からなる光結晶から反射される光の波長を制御する第1モードを実現した実験結果をグラフ及び写真で示す図である。参考までに、図44～図46の実験において、負電荷に帯電され、シ

10

20

30

40

50

リコン酸化膜がコーティングされた100nm~200nmサイズの粒子が電荷を有する粒子として用いられ、極性指数が1より大きい溶媒が電気分極特性を有する溶媒として用いられ、粒子及び溶媒に対して電場を印加するために印加された電圧の強度は0V~10Vの範囲内で多様に設定された。一方、図44に示すグラフは、多様な強度の電場が印加される場合に、粒子から反射される光の反射度を該当光の波長によって示すものであって、図44において、電場の強度の変化による反射光の波長パターンの変化の程度が大きくなるほど、粒子の間隔が大きく変化することを意味し、これは他ならぬ電場の強度を制御することで、粒子から更に多様な波長の光を反射させることができることを意味する。

【0332】

図44を参照すれば、印加される電場の強度（即ち、電圧の強度）によって粒子から反射される光の波長パターンが多様に変化することが確認でき、より具体的には、印加される電場の強度（即ち、電圧の強度）が増加するほど、粒子から反射される光の波長（特に、反射度が最大である波長）が短くなることが確認できる。図44の実験結果によれば、印加される電場を強度（即ち、電圧の強度）が増加するほど、粒子から反射される光のカラーが赤色系から青色系に変化し、変化可能な波長範囲も可視光線帯域を何れもカバーできる程度に広範囲であることが確認できるが、図45及び図46を参照すれば、前記のような反射光のカラーの変化をCIEダイアグラム（図45）とカメラ写真（図46）で更に視覚的に確認できる。

【0333】

次に、図47及び図48は、本発明の一実施形態によって電荷を有する粒子を互いに異なる極性指数を有する多様な溶媒に分散させた状態で電場を印加して第1モードを実現する実験を行った結果、粒子から反射される光の波長をグラフとして示す図である。参考までに、図47及び図48の実験において、負電荷に帯電され、シリコン酸化膜がコーティングされた100nm~200nmサイズの粒子が電荷を有する粒子として用いられ、極性指数がそれぞれ0、2、4及び5に近い溶媒が電気分極特性を有する溶媒として用いられた。より具体的に、図32のグラフ（a）、（b）、（c）及び（d）は、極性指数がそれぞれ0、2、4及び5である溶媒に対して行った実験結果を示し、図33のグラフ（a）、（b）、（c）及び（d）は、極性指数が0である溶媒と極性指数が4である溶媒をそれぞれ90:10、75:25、50:50及び0:100の割合で混合した溶媒に対して行った実験結果を示す。一方、図47及び図48に示すグラフは、多様な強度の電場が印加される場合に、粒子から反射される光の反射度を可視光線帯域の波長範囲で示すものであって、電場の強度の変化による反射光の波長パターンの変化の程度が大きくなるほど、粒子の間隔が大きく変化することを意味し、これは他ならぬ電場の強度を制御することで、粒子から更に多様な波長の光を反射させることができることを意味する。

【0334】

図47を参照すれば、極性指数が0である溶媒に対する実験結果を示すグラフ（a）では、電場の強度（即ち、電圧の強度）が変化しても、反射光の波長パターンが殆ど変わらないことが確認でき、極性指数が高くなるほど（即ち、グラフ（a）から（d）へ行くほど）、電場の強度（即ち、電圧の強度）による反射光の波長パターンの変化が大きく示されることが確認できる。また、図48を参照すれば、極性指数が高い溶媒の比率が増加するほど（即ち、グラフ（a）から（d）へ行くほど）、電場の強度（即ち、電圧の強度）による反射光の波長パターンの変化が大きく示されることが確認できる。

【0335】

以上で説明した実験結果に照らしてみると、本発明の一実施形態に係る表示装置によれば、粒子の電荷量又は分極量、溶媒の分極量又は印加される電場の強度を適切に調節することで、第1モードで任意の波長の光を反射できる光結晶を実現できるようになり、これにより任意の波長範囲の（spectrum）ディスプレイを実現できるようになることが確認できる。

【0336】

次に、図49及び図50は、本発明の一実施形態によって電荷を有し、電気分極特性を

有する粒子を溶媒に分散させた状態で電場を印加して第 1 モードを実現する実験を行った結果、粒子から反射される光をグラフ及び写真として示す図である。参考までに、図 4 9 及び図 5 0 の実験において、それぞれ電荷を有するように帯電された SrTiO_3 粒子 (図 4 9 の (a) 参照) 及び BaTiO_3 粒子 (図 4 9 の (a) 参照) が電荷を有し、電気分極特性を有する粒子として用いられ、前記粒子を極性指数が 0 である溶媒に分散させた。

【0337】

図 4 9 を参照すれば、粒子及び溶媒に印加される電場の強度が大きくなるほど、光の反射度が全般的に低くなることが確認できる。このような実験結果は、電場が印加されることによって、溶媒内に分散された粒子が電気分極され、電場方向に配列され得 (図 5 0 の (b) 参照)、このような配列によって入射光を反射させることができる粒子の数が少なくなるようになり、光の反射度が減少するものと解釈され得る。たとえ、本実験では電気分極特性を有する粒子を無極性溶媒に分散させた状態で電場を印加する構成を用いて反射光の波長を急激に変化させることはできなくても、電場が印加されることによって、粒子が一定の方向に配列されることを確認し、これから粒子表面の電荷などの条件を最適化することで、反射光の波長も変化させることができると見られる。

【0338】

一方、図 5 1 は、本発明の一実施形態に係る表示装置の観察角に対する依存度 (即ち、表示装置の視野角) に対する実験を行った結果を示す図である。

【0339】

図 5 1 の (a) を参照すれば、本発明の一実施形態に係る表示装置に対する視野角が 20° から 70° まで変化しても、反射される光のカラーパターン 5 1 1 0 ~ 5 1 6 0 に殆ど変化がないことが確認できる。従来の光結晶性表示装置は、視野角によってカラーパターンの変化が大きく示されるという短所があるが、本発明に係る表示装置は、視野角によるカラーパターンの変化が殆どなく、一定に示されるという長所を有していることが分かる。このような長所は、本発明に係る表示装置により形成される光結晶が短距離秩序 (short range order) を有する擬似光結晶 (準結晶、quasi crystal) であるという点に起因するものと解釈され得るが、これにより、本発明に係る表示装置は、長距離秩序 (long range order) を有する光結晶を形成するだけである従来の表示装置に対比するとき、ディスプレイの性能が遥かに向上され得るようになる。図示のように、一実施形態によれば、視野角が 20° から 70° の間で変化すれば、反射される光は CIE x y 色度座標で x 値及び y 値は 5 % 以内で変化するようになる。また、本発明の一実施形態によれば、このように短距離秩序が発生する理由は、直流電圧を印加して電場を発生する場合に現れるようになるが、これにより、3 次元的に短距離秩序の配列で粒子が規則的に配列されるようになる。これにより、通常の長距離秩序の配列を有する表示装置よりも優れた視野角特性を得ることができる。また、このように視野角特性が優れるようにするために、直流電圧が印加されるか、直流電圧成分を含む交流電圧が印加され、電場が形成されることが好ましい。

【0340】

また、図 5 1 の (b) を参照すれば、従来の一般的な光結晶の場合に視野角が変わることによって、反射光の波長が大きく変わるのに対し (5 1 7 0)、本発明の一実施形態に係る表示装置の場合には、視野角が変化しても反射光の波長が殆ど変わらないことが確認できる (5 1 8 0、5 1 9 0)。

【0341】

次に、図 5 2 ~ 図 5 7 を参照して本発明の一実施形態によって第 1、第 2 及び第 3 モードのうちの何れか 1 つのモードを切替可能に選択的に行う表示装置を実現した実験結果について詳察する。

【0342】

図 5 2 は、本発明の一実施形態によって第 1 及び第 2 モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。参考までに、図 5 2

の実験において、粒子と溶媒が混合されて赤色を固有のカラーとして有する溶液を用い、印加される電場の強度を段階的に増加させた。

【 0 3 4 3 】

図 5 2 を参照すれば、電場が印加されない場合には、粒子が溶媒内で不規則に分散されて溶液の固有のカラーである赤色が表示され（第 2 モード、図 5 2 の（ a ）参照）、電場が印加されることによって粒子の間隔が制御されて光結晶が形成されれば、溶液の固有のカラーである赤色及び光結晶から反射される光のカラーが表示され（第 1 モード、図 5 2 の（ b ）参照）、結果として、溶液の固有色及び光結晶カラーを混合的に表示できることが確認できる。（第 1 モード、図 5 2 の（ c ）及び（ d ）参照）。

【 0 3 4 4 】

図 5 3 及び図 5 4 は、本発明の一実施形態によって第 1 及び第 3 モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。参考までに、図 5 3 及び図 5 4 の実験では、電気分極特性を示し、可視光線帯域の光を透過させる透明な溶媒、同一の電荷に帯電された粒子、透明電極を用い、印加される電場の強度を段階的に増加させた。また、透明度の変化を確認するために、下部電極の下に特定パターンを形成させて表示部を通じた特定パターンの表示有無を観察した。図 5 3 を参照すれば、電場の強度が相対的に小さい場合に、間隔が制御された粒子からなる光結晶から可視光線帯域の光が反射されることで、表示装置上に青色のカラーが表示されることが確認できる（第 1 モード、図 5 3 の（ a ）及び（ b ）参照）。しかしながら、電場の強度が相対的に大きい場合には、光結晶から反射される光の波長範囲が可視光線帯域から紫外線帯域へ次第にシフトすることによって、表示装置上に表示される青色のカラーが顕著に薄くなったことが確認でき（第 1 モード、図 5 3 の（ c ）参照）、電場の強度が更に大きくなった場合には、光結晶によって反射される光の波長範囲が可視光線帯域から完全に逸脱することによって、表示装置は何らのカラーも表示されないまま透明な状態となって光透過度が高くなることが確認できる（第 3 モード、図 5 3 の（ d ）及び（ e ）参照）。

【 0 3 4 5 】

図 5 4 は、同一の電荷に帯電され、電気分極を示す強誘電体粒子を電気分極を示す透明溶媒に分散させた後、外部から電場を印加することによって反射度を測定したものであって、外部から電場を印加しない場合には、溶液カラー 5 4 1 0 を示すが、外部から所定範囲の電場を印加すれば、粒子の配列により光結晶カラー 5 4 2 0 を示し、より大きい電場を印加すれば、光結晶の反射光が紫外線領域に切り替わるだけでなく、電場方向に粒子間の配列効果がより大きく現れ、次第に反射光が減少（透過光が増大）する（ 5 4 3 0 ）ことが分かる。即ち、所定範囲以上では粒子間の同一電荷による斥力よりは電気分極による引力効果がより大きく現れ、粒子配列の効果が更に支配的に現れることが分かる。

【 0 3 4 6 】

図 5 5 A、図 5 5 B、図 5 5 C 及び図 5 6 は、本発明の一実施形態によって第 2 及び第 3 モードのうちの何れかのモードを切替可能に選択的に行う表示装置に対する実験結果を示す図である。図 5 5 A、図 5 5 B、図 5 5 C 及び図 5 6 は、光透過性溶媒に同一符号に帯電され、電気分極効果が大きい強誘電体粒子を分散させた後、50 μ m の高さを有する透明な上下部電極の間に充填させた後、外部電圧の印加によって溶液を通過する透過光及び反射光の変化の程度（図 5 5 A、図 5 5 B、図 5 5 C）及び上部電極に表示される領域をカメラで測定（図 5 6）した。参考までに、図 5 5 A、図 5 5 B、図 5 5 C における透過光の測定時には、上下部透明電極を用い、反射光の測定時には、下部電極に黒色の色板を位置させて測定した。図 5 6 の実験では、赤色から青色まで多様なカラーを格子状で含んでいる固有のカラーパターンを透明な下部電極の下部に位置させて用い、印加される電場の強度を段階的に増加させ、カメラで上部電極に表示されるパターンを測定した。

【 0 3 4 7 】

図 5 5 A を参照すれば、電場の強度が 0 V から 10 V に増加することによって、光透過度が次第に増加することが確認できるが、これは、溶液のカラーが表示される第 2 モードから光透過度が制御される第 3 モードに連続的、且つ、可変的に切り替えられる過程を示

10

20

30

40

50

すものである。図 5 5 B から分かるように、透明度は、電場の強度が増大することによって漸進的に変化させることができることが分かり、図 5 5 C は、印加電圧によって透過度及び反射度の変化を示すものであって、5 V の電圧を印加する際に反射度の変化幅は 1 6 % (2 5 % - 9 %) であり、透過度の変化幅は 6 0 % (6 7 % - 7 %) に変化し、動作速度は 1 s e c 以下であることが分かる。このような透過度或いは反射度の変化を利用すれば、e - B o o k のように情報を表示する素子としても活用され得ることが分かり、情報表示素子として用いられる場合、電場が印加されなければ、白色溶液カラーが表示され、電場が印加されれば、黒色の下部電極が表示されるようにするか、逆に黒色の溶液と白色の下部電極を使用すれば、効果的に情報を表示できる。

【 0 3 4 8 】

10

図 5 9 は、モード実現及びあらゆる切替実現のための波長、印加電圧及び反射度間の関係を示すグラフである。本発明の全般において、溶媒に分散された粒子が一定の間隔或いは特定の配列をするためには、粒子相互間に作用する力の均衡度によって影響を受けるようになる。特に、粒子或いは溶媒が外部電場によって誘発された電気分極量が変化する場合、誘発された電気分極により粒子間に及ぶ電極分極引力が変化するようになり、粒子間の反発力の大きさによって粒子の動きに影響を及ぼすようになる。

【 0 3 4 9 】

まず、本発明の一実施形態において、粒子間反発力（同一符号の電荷コーティングによるクーロン反発力又は立体障害効果による反発力）が作動範囲内での電場の印加によって誘発される電気分極による最大引力と同等な強度で作用する場合、作動範囲内で電場を印加することによって粒子間の電気分極による引力と前記記述された粒子間反発力の均衡により粒子間で一定の距離を維持するようになり、特定の反射光が現れ、反射光の波長は、印加電圧が増大するほど、波長が短い側に連続的に変化するようになる（図 5 9 (a) ）。

20

【 0 3 5 0 】

本発明の他の実施形態では、粒子間反発力が閾電圧以上で誘発された電気分極力よりも小さい場合、閾電圧までは電場の印加によって粒子間反発力と誘発された電気分極引力が均衡をなし、反射光が変化するようになるが、閾電圧以上では反発力よりは電気分極引力が更に強く作用し、粒子は電場方向に配列され得るが、粒子間の距離は特定の距離に調節されないため、図 5 9 (b) のように、閾電圧以上の電圧では反射光が変化されるよりは透過度が増大（反射度が減少）する現象が現れるようになり得る。

30

【 0 3 5 1 】

更に、粒子間反発力が電場の印加による電気分極引力に比べて相対的に小さい場合、図 5 9 の (c) のように、電場の印加によって誘発された電気分極引力によって粒子が電場方向に鎖のように配列される現象が主導的に現れるようになり、反射度の波長よりは反射度の強度のみ減少（透過度が増大）する現象が現れ得る。

【 0 3 5 2 】

以上で説明した通り、本発明によれば、多様な色又は連続的な色及び透過度が単一画素内で簡単な構造で実現され得る。本発明によれば、多様な色、透過度、彩度及び明度が簡単な構造で調節され得る。本発明によれば、R、G、B の混色による色の実現ではなく、連続的な波長の光を反射させることで、連続的な波長の色を実現できる。本発明に係る表示方法は、大型面積表示、簡単な表示方法、連続的な色実現、フレキシブルな表示領域での使用、低電力消費の表示を同時に満たすことができる。また、本発明に係る表示装置によれば、電荷を有する粒子を独立して制御することで、多様、且つ、精密なディスプレイを実現できるようになり、表示装置のメンテナンスを容易にするという効果が達成される。特に、特定のカラーのみを表示でき、特定のカラーと他のカラーを表示するためには、別個のカラーフィルタを使用しなければならない電子インクなどの既存のディスプレイに対比するとき、本発明に係る表示装置は、別途のカラーフィルタを使用しなくても、全波長範囲の構造色を効果的に表示するディスプレイを実現できるという点でその効用性が認められると言える。

40

50

【 0 3 5 3 】

以上の実施形態において、光結晶性を用いた表示装置に焦点を当てて記述したが、本発明の構成は、色可変ガラス、色可変壁紙、色可変太陽電池、色可変センサ、色可変ペーパー、色可変インク、偽造防止タグなど多様な分野に応用されることもできる。例えば、本概念を利用して検出対象となる化学反応から得られる化学的信号を電気的信号に変化させて任意の色でディスプレイすることで、高価な測定装備なしに検出が可能な携帯用バイオセンサを製作でき、本発明の表示装置に用いられる溶媒として、光、熱、圧力などにより相変化され得る物質などを使用すれば、任意のカラーを安定的、且つ、固定的に反射する電子ペーパー、電子インクなどを実現することもできる。また、本発明に係る表示装置に含まれる粒子又は溶媒に蛍光物質或いは量子ドット（Quantum Dot：QD）のような物質

10

【 0 3 5 4 】

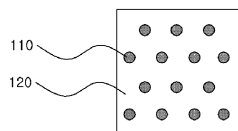
以上のように、本発明では具体的な構成要素などのような特定の事項と限定された実施形態及び図面により説明されたが、これは、本発明のより全般的な理解を促進するために提供されたものであって、本発明は、前記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の属する分野において通常の知識を有する者であれば、このような記載から多様な修正及び変形が可能である。

【 0 3 5 5 】

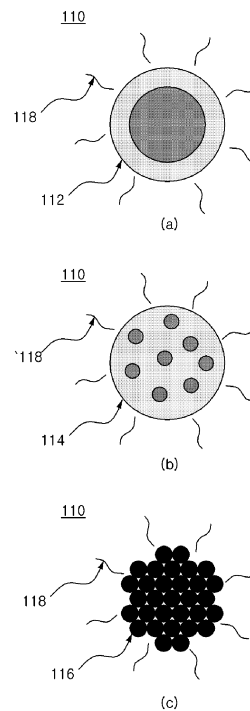
従って、本発明の思想は、説明された実施形態に限定されて定められてはならず、後述する特許請求の範囲だけでなく、この特許請求の範囲と均等であるか、等価的な変形がある全てのものは、本発明思想の範疇に属すると言える。

20

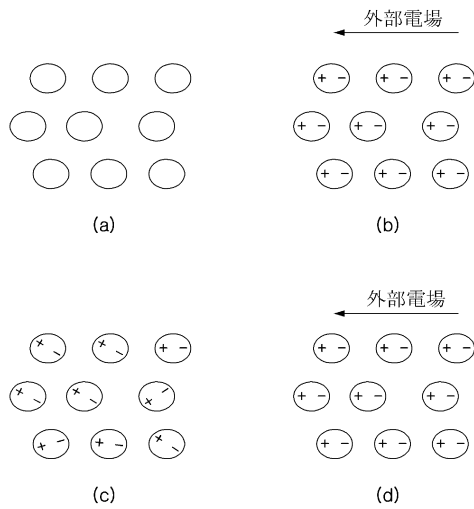
【 図 1 】



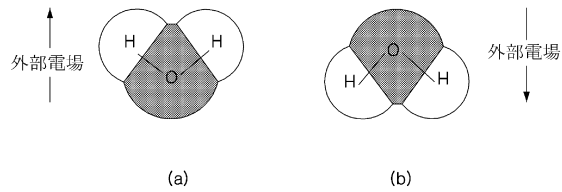
【 図 2 】



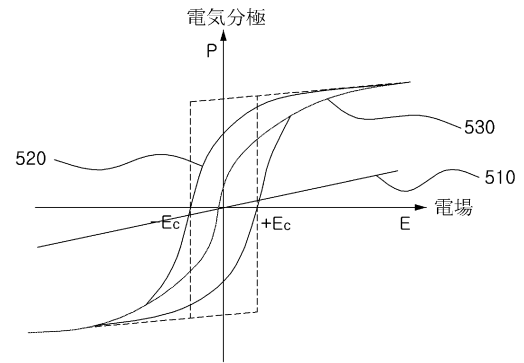
【図 3】



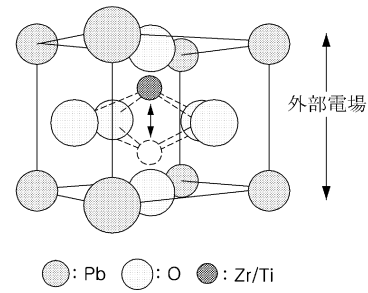
【図 4】



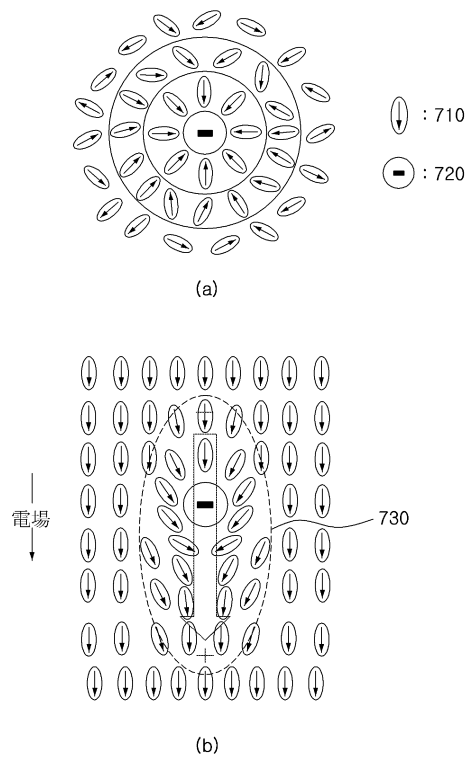
【図 5】



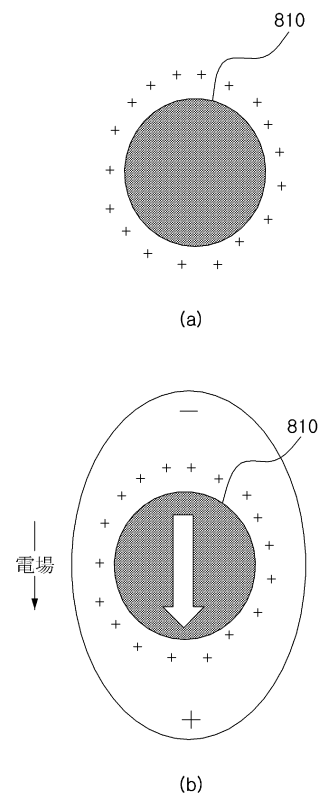
【図 6】



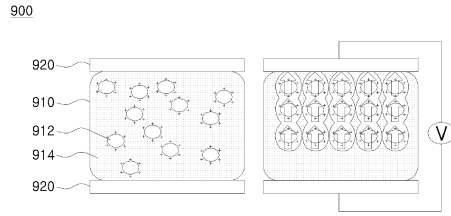
【図 7】



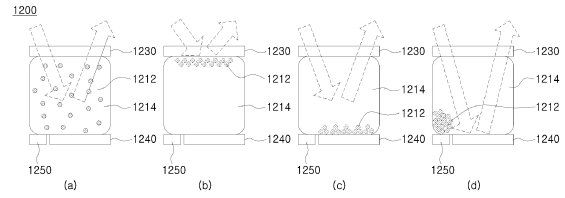
【図 8】



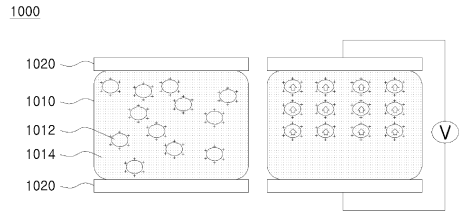
【図 9】



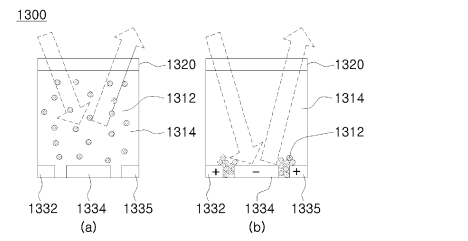
【図 12】



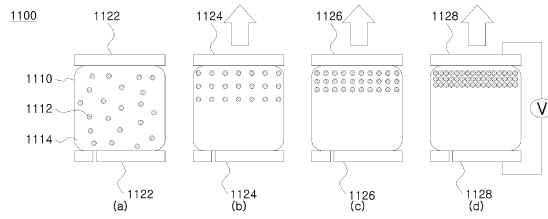
【図 10】



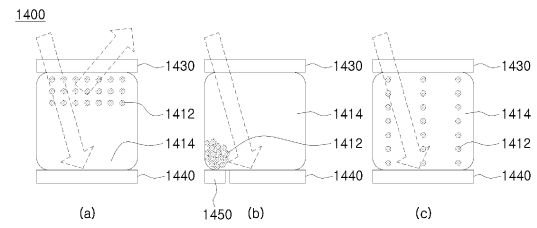
【図 13】



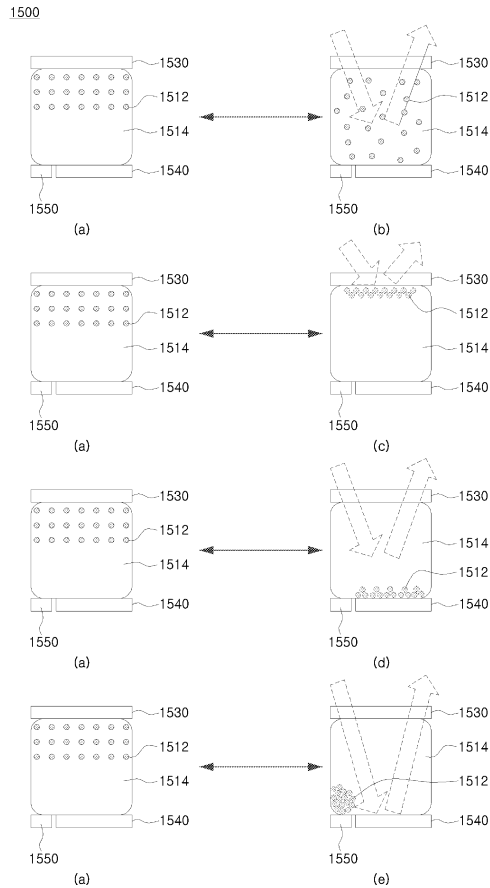
【図 11】



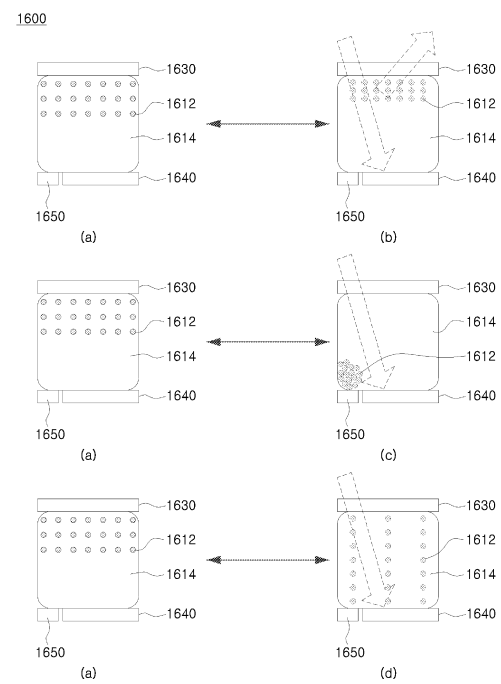
【図 14】



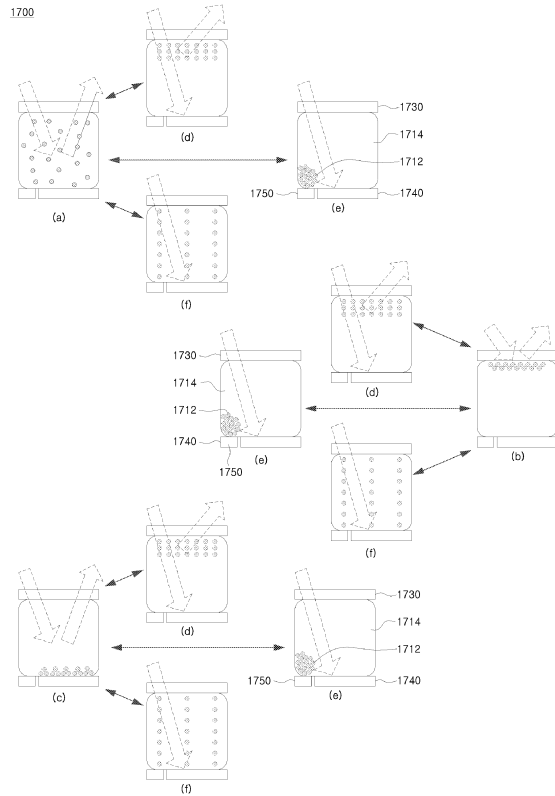
【図 15】



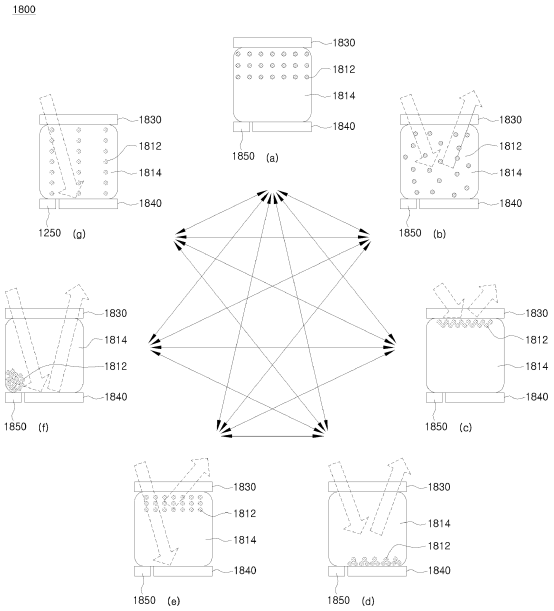
【図 16】



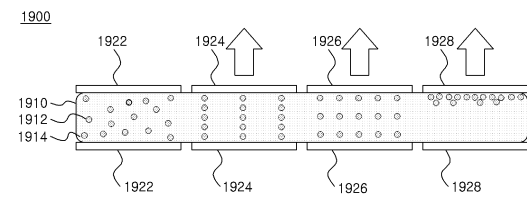
【図 17】



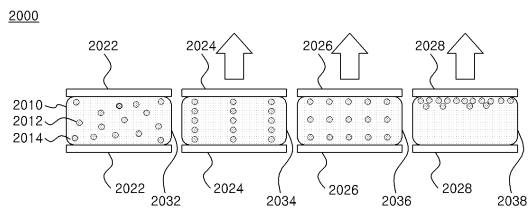
【図 18】



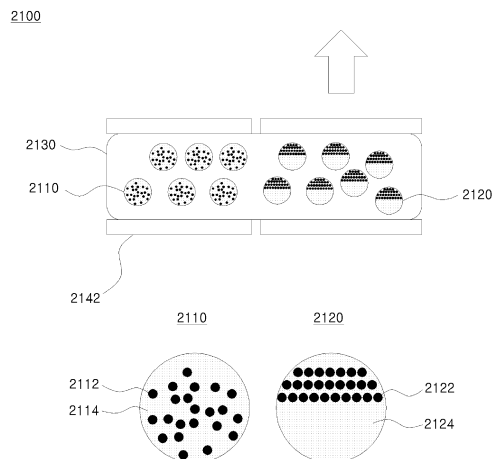
【図 19】



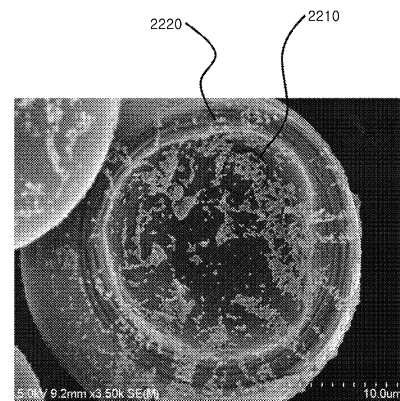
【図 20】



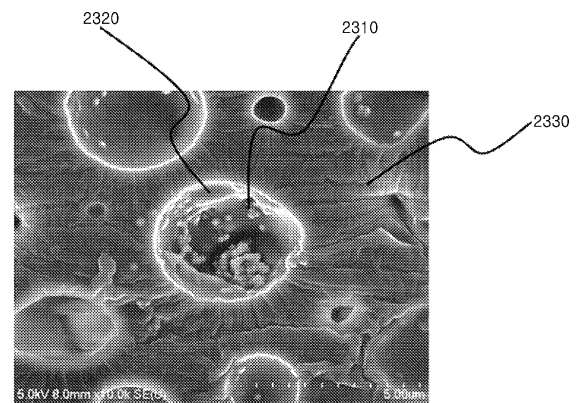
【図 21】



【図 22】

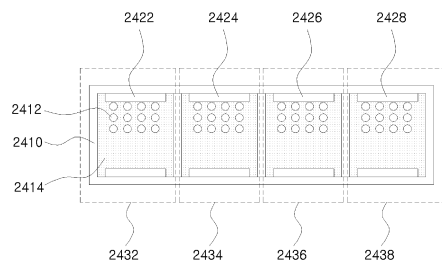


【図 23】



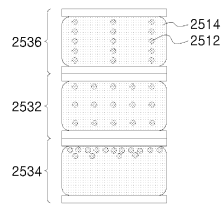
【図 2 4】

2400



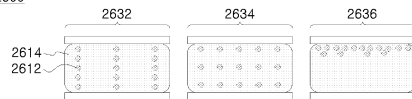
【図 2 5】

2500

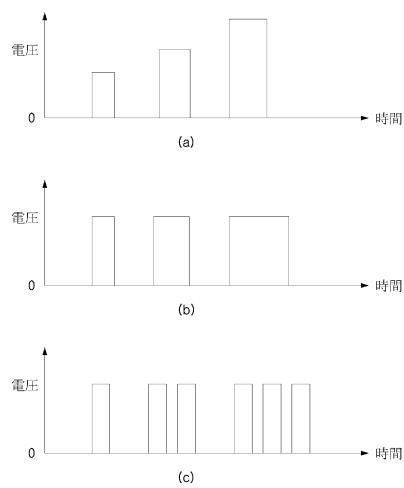


【図 2 6】

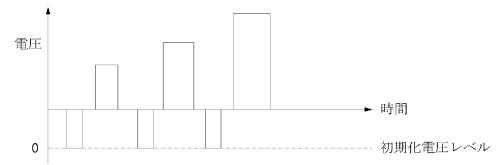
2600



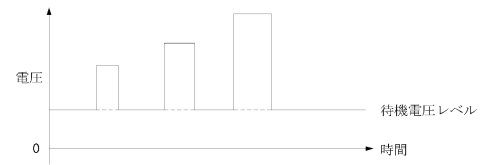
【図 2 9】



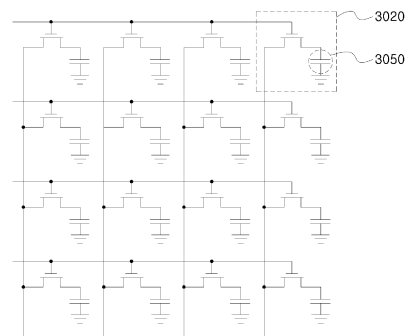
【図 2 7】



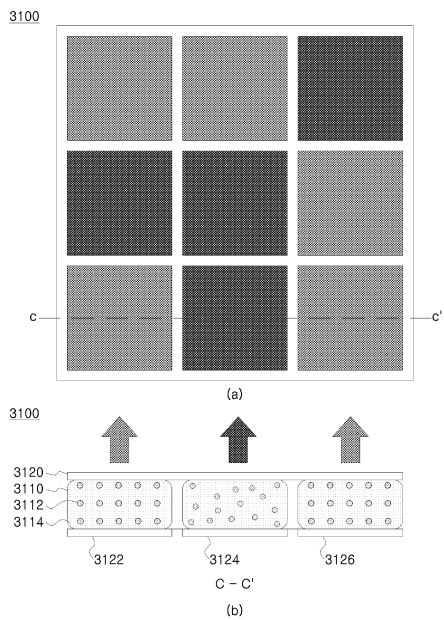
【図 2 8】



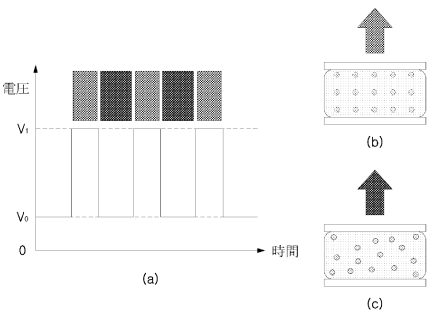
【図 3 0】



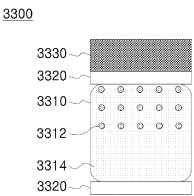
【図 3 1】



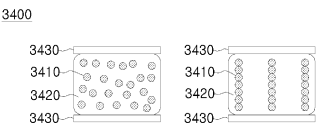
【図 3 2】



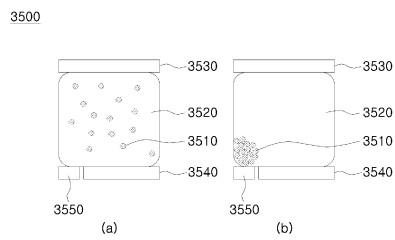
【図 3 3】



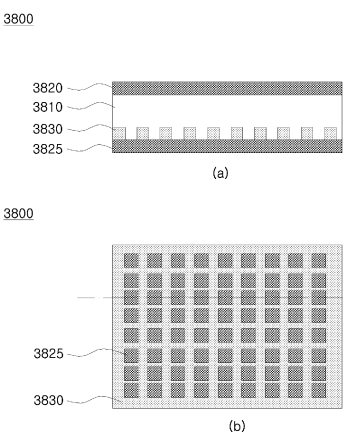
【図 3 4】



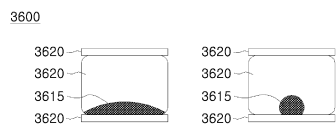
【図 3 5】



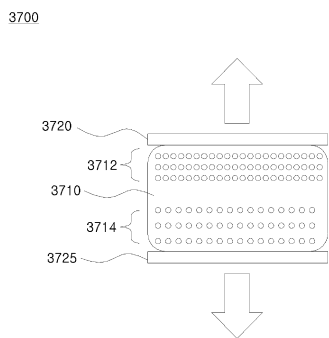
【図 3 8】



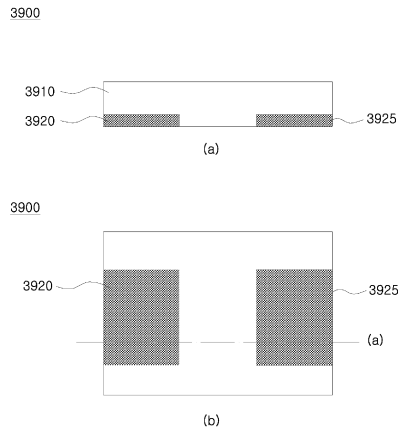
【図 3 6】



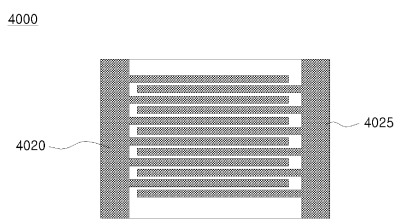
【図 3 7】



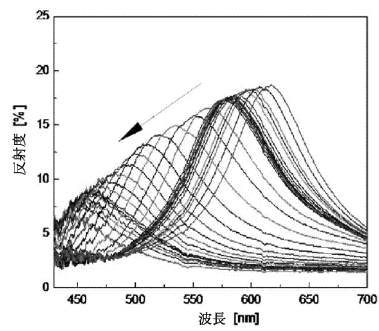
【図 3 9】



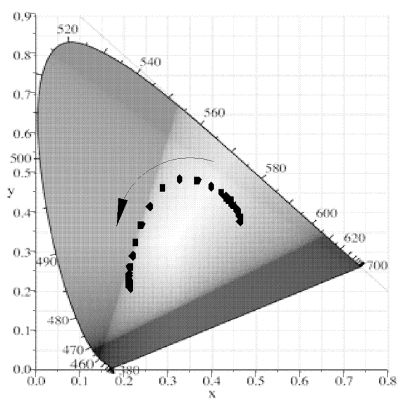
【図 4 0】



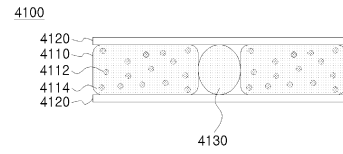
【図 4 4】



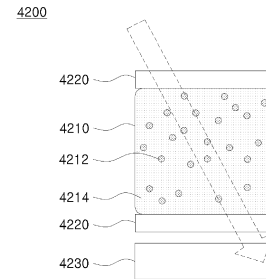
【図 4 5】



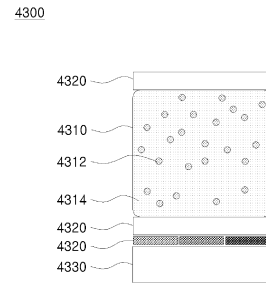
【図 4 1】



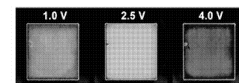
【図 4 2】



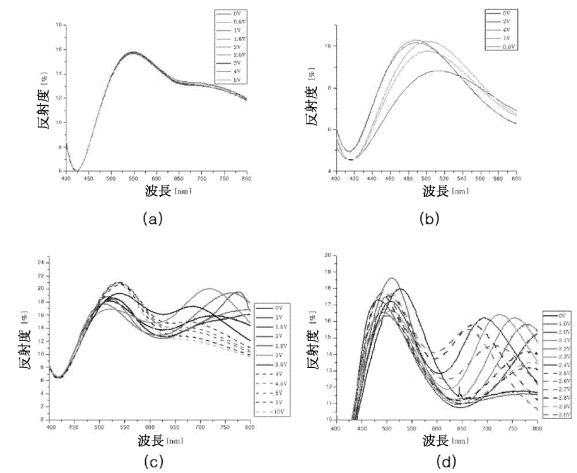
【図 4 3】



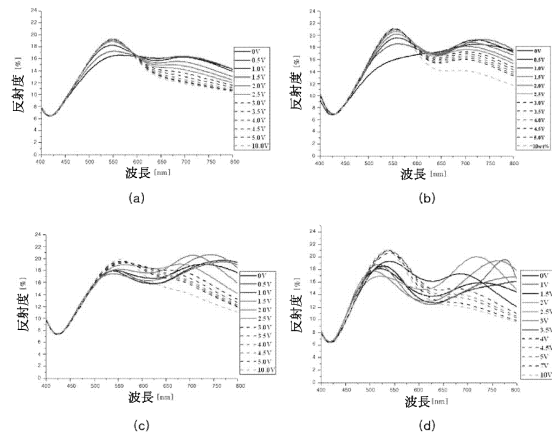
【図 4 6】



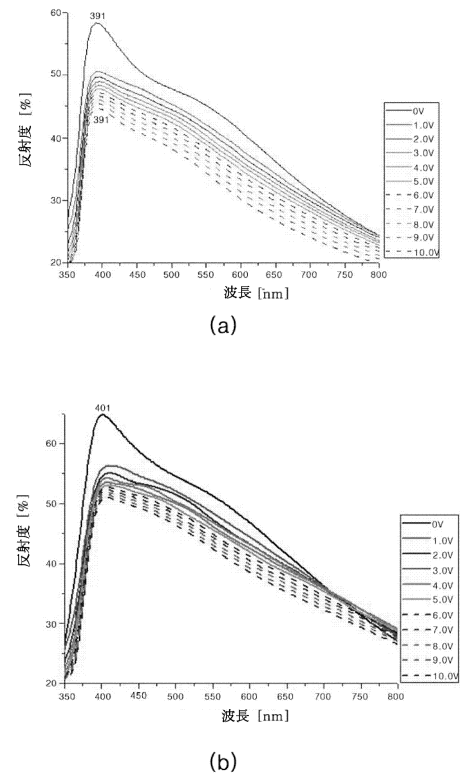
【図 4 7】



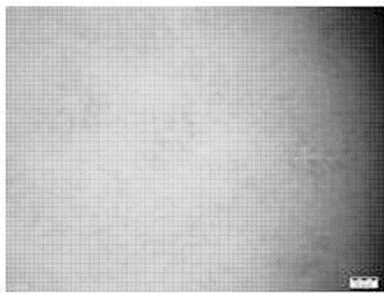
【図 48】



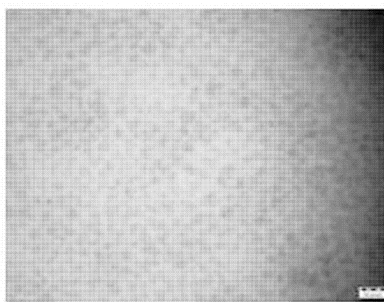
【図 49】



【図 50】

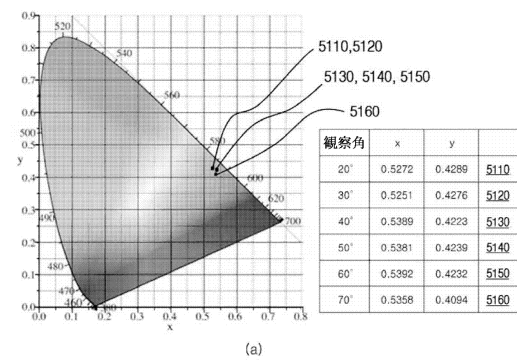


(a)

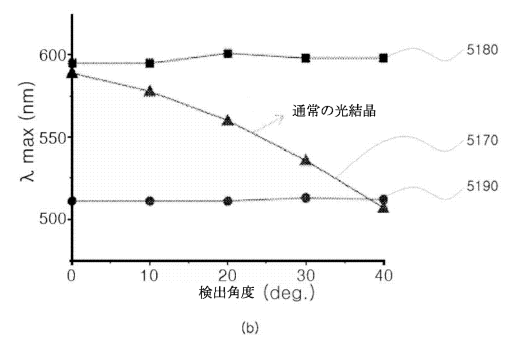


(b)

【図 51】

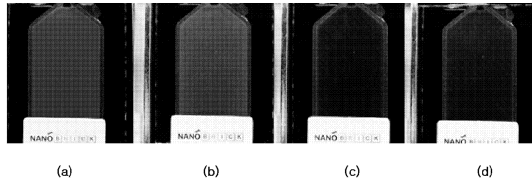


(a)

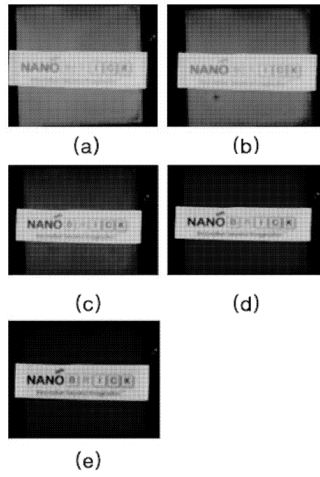


(b)

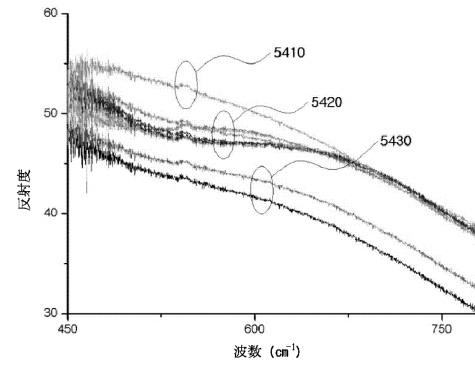
【図 5 2】



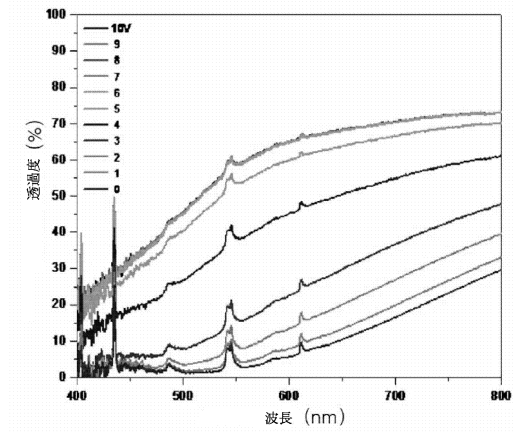
【図 5 3】



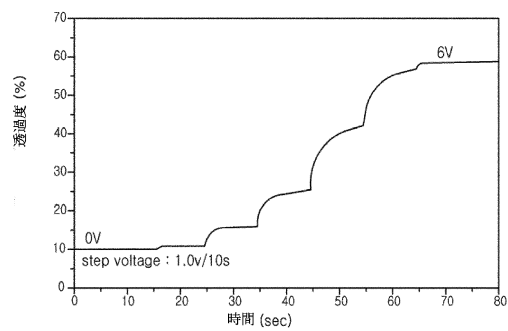
【図 5 4】



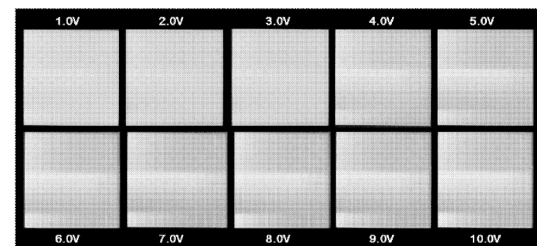
【図 5 5 A】



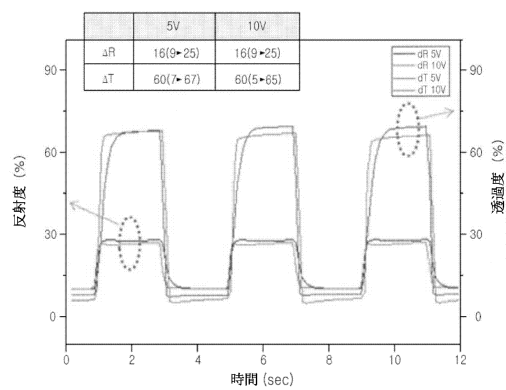
【図 5 5 B】



【図 5 6】

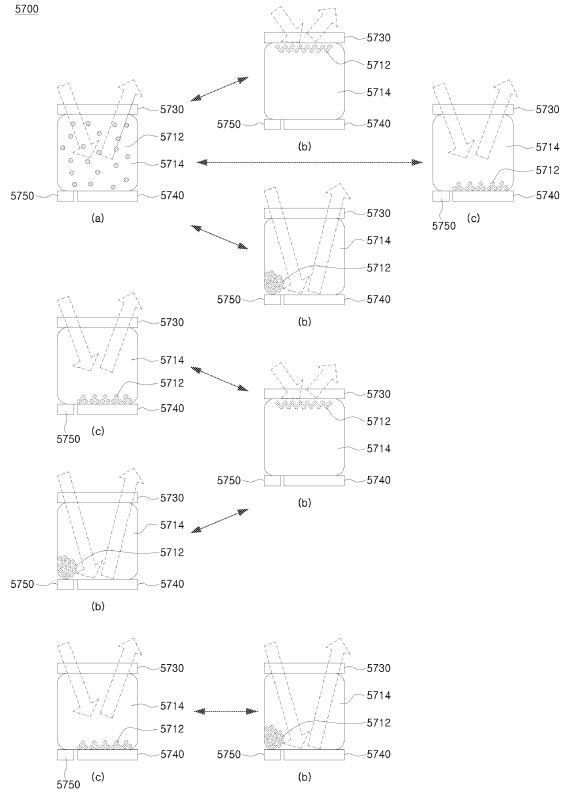


【図 5 5 C】



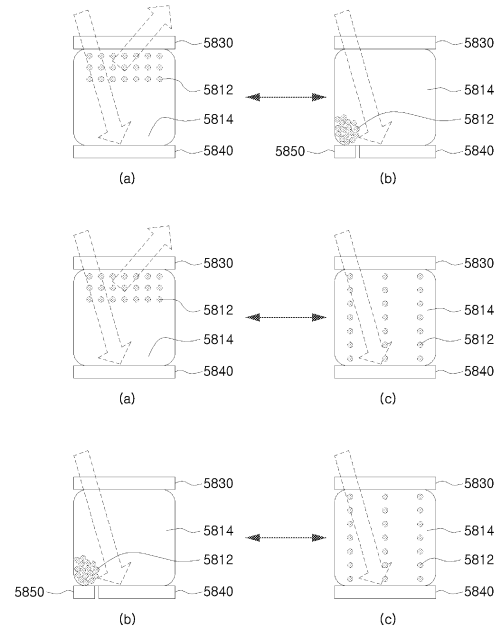
【図 57】

5700

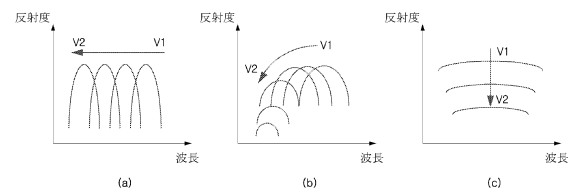


【図 58】

5800



【図 59】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		
	G 0 9 G	3/20	6 2 0 Z
	G 0 9 G	3/20	6 2 1 F
	G 0 9 G	3/34	C

(31)優先権主張番号 10-2011-0068781
 (32)優先日 平成23年7月12日(2011.7.12)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2011-0068768
 (32)優先日 平成23年7月12日(2011.7.12)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2011-0062308
 (32)優先日 平成23年6月27日(2011.6.27)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2011-0062289
 (32)優先日 平成23年6月27日(2011.6.27)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2011-0062211
 (32)優先日 平成23年6月27日(2011.6.27)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2011-0062195
 (32)優先日 平成23年6月27日(2011.6.27)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2011-0032798
 (32)優先日 平成23年4月8日(2011.4.8)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2010-0084951
 (32)優先日 平成22年8月31日(2010.8.31)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2010-0083545
 (32)優先日 平成22年8月27日(2010.8.27)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2010-0078968
 (32)優先日 平成22年8月16日(2010.8.16)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2010-0072061
 (32)優先日 平成22年7月26日(2010.7.26)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2010-0069531
 (32)優先日 平成22年7月19日(2010.7.19)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)
 (31)優先権主張番号 10-2010-0069530
 (32)優先日 平成22年7月19日(2010.7.19)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)

(74)復代理人 100162444
 弁理士 勝見 陽介

(72)発明者 ジュ、ジェヒョン

大韓民国キョンギド445 - 170・ファソンシ・ソグドン・イエダンマウル・ロッテキャッスル
アパート ナンバー151 - 1902

合議体

審判長 小松 徹三

審判官 星野 浩一

審判官 恩田 春香

(56)参考文献 国際公開第2011/010852(WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F1/00-1/39