

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 10 月 23 日(23.10.2014)



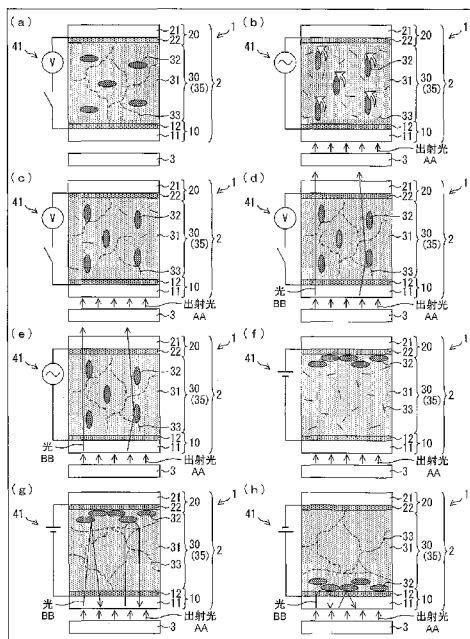
(10) 国際公開番号
WO 2014/171192 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/19 (2006.01) G02F 1/167 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/054900
- (22) 国際出願日: 2014 年 2 月 27 日(27.02.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-085291 2013 年 4 月 15 日(15.04.2013) JP
- (71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 番 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 寺西 知子(TERANISHI, Tomoko). 佐藤 英次(SATO, Eiji). 友利 拓馬(TOMOTOSHI, Takuma). 中原 隆裕(NAKAHARA, Takahiro).
- (74) 代理人: 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK; 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: DISPLAY PANEL AND DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 表示パネルおよび表示装置

[図1]



AA... EMISSION LIGHT
BB... LIGHT

(57) Abstract: An optical modulation layer (30) in a display device (1) is constituted by a dispersion liquid (35) including a plurality of shape anisotropy members (32) which changes the area of a projection image viewed from a normal direction of substrates (10, 20) by rotating or shifting in accordance with the magnitude of an applied voltage or a change in frequency, a dispersion medium (31), and a thickener (33). When the shearing stress applied to the dispersion liquid (35) increases, the thickener (33) decreases the viscosity of the dispersion liquid (35) compared to a case where the shearing stress is small.

(57) 要約: 表示装置(1)の光変調層(30)は、印加電圧の大きさまたは周波数の変化に応じて回転または移動することで基板(10・20)の法線方向から見た投影像の面積が変化する複数の形状異方性部材(32)と、分散媒(31)と、増粘剤(33)とを含む分散液(35)からなり、増粘剤(33)は、分散液(35)にかかるずり応力が大きくなると、ずり応力が小さいときよりも分散液(35)の粘度を減少させる。

WO 2014/171192 A1

明 細 書

発明の名称：表示パネルおよび表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、表示パネルおよび表示装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、一対の基板間に、フレークのような微小な形状異方性部材を分散媒に分散させた分散液を封入し、上記形状異方性部材の配向を変化させることで光の透過率を変調させる表示パネルの開発が進められている。このような表示パネルは、例えばフレークディスプレイと称されている。

[0003] 特許文献1および2には、フレークディスプレイの一例として、液体ホスト中に懸濁されたフレークを含み、液体ホストに印加する電場の変化によってフレークの配向を変化させる光学装置が開示されている。

[0004] フレークディスプレイでは、光の反射と吸収とによりコントラストが良好な表示を行うことができるとともに、従来、液晶パネルで必要とされている偏光板を省略できるため、液晶パネルと比較して、光利用効率を高めることができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：米国特許第6665042号明細書（2003年12月16日登録）

特許文献2：米国特許第6829075号明細書（2004年12月7日登録）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、本願発明者らの検討によれば、従来のフレークディスプレイは、分散液中での形状異方性部材の密度に偏りが生じることから、表示ムラや非表示領域が生じる等の表示不良が発生するという問題がある。

- [0007] この原因としては、形状異方性部材と分散媒との比重差が挙げられる。形状異方性部材と分散媒とに比重差があると、重力の影響で、分散液中で形状異方性部材が浮上したり沈降したりする。
- [0008] 図24の(a)・(b)は、従来のフレクディスプレイにおいて表示不良が生じる原理を説明するための模式図である。なお、図24の(a)・(b)は、形状異方性部材132の比重が分散媒131の比重よりも大きい場合を示している。
- [0009] 形状異方性部材132と分散媒131とに比重差がある場合、図24の(a)に示すように、例えばフレクディスプレイを、その表示面101を立てた状態で使用すると、形状異方性部材132がフレクディスプレイの下側に徐々に沈降し、上側の形状異方性部材132が徐々に減少する。この結果、フレクディスプレイの上部と下部とで形状異方性部材132の密度差が生じ、表示不良が発生する。
- [0010] 一方、図24の(b)に示すように、例えばフレクディスプレイを、その表示面101を水平にした状態で使用した場合、形状異方性部材132が分散媒131中で面内移動する。この結果、面内方向に形状異方性部材132の偏りが生じることで、光透過率変調に支障が生じたりする。
- [0011] なお、形状異方性部材132と分散媒131との比重が等しい場合であっても、画素電極が配されていない部分等の電界強度が弱い部分と、画素電極が配されている電界強度の強い部分との間に生じる電界強度の差により、形状異方性部材132が面内移動する。
- [0012] そこで、表示不良の原因となる、形状異方性部材132の経時的な移動（例えば、浮上、沈降、面内移動等）を抑えるために、分散液130の粘度を高くすることが考えられる。しかしながら、分散液130の粘度を高くすると、光透過率変調のための形状異方性部材132の配向制御に必要なエネルギーが大きくなってしまう。
- [0013] 本発明は、上記問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、駆動性能を極力損なわずに、形状異方性部材の偏りによる表示不良を防ぐことができ

る表示パネルおよび表示装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様にかかる表示パネルは、互いに対向配置された第1および第2の基板と、上記第1および第2の基板間に挟持され、印加電圧の周波数の変化に応じて入射した光の透過率を制御する光変調層とを含み、上記光変調層は、該光変調層に印加する電圧の大きさまたは周波数の変化に応じて回転または移動することで、上記第1および第2の基板の法線方向から見た投影像の面積が変化する複数の形状異方性部材と、上記形状異方性部材を分散させる分散媒と、増粘剤とを含む分散液からなり、上記増粘剤は、上記分散液にかかるずり応力が大きくなると、ずり応力が小さいときよりも上記分散液の粘度を減少させる。

[0015] また、本発明の一態様にかかる表示装置は、上記表示パネルを備えている。

発明の効果

[0016] 本発明の一態様によれば、上記分散液が上記増粘剤を含むことで、分散液に加わるずり応力が小さい状態では分散液の粘度が上昇し、形状異方性部材の浮上や沈降、面内移動等の、形状異方性部材の偏りを抑制することができる一方、形状異方性部材の配向変化時には、形状異方性部材の回転または移動により分散液に加わるずり応力が大きくなることで、分散液の粘度が減少し、形状異方性部材の動きを妨げない。このため、駆動性能を極力損なわずに、形状異方性部材の偏りによる表示不良を防止することができる。また、形状異方性部材の静止時には、分散液の粘度が上昇し、形状異方性部材の配向を保持することができるので、メモリ表示が可能である。

図面の簡単な説明

[0017] [図1] (a) ~ (h) は、実施形態1にかかる表示装置の概略構成を示す断面図である。

[図2]チキソトロピック性を発現する有機系レオロジーコントロール剤として使用されるポリマーの化学構造の一例を模式的に示す構造式である。

[図3]実施形態1にかかる有機系レオロジーコントロール剤として図2に示すポリマーを使用したときの三次元ポリマーネットワークを模式的に示す図である。

[図4]ニュートン流体、および、チキソトロピック性を示す非ニュートン流体の粘度曲線を示すグラフである。

[図5]増粘剤としてチキソトロピック性を発現する有機系レオロジーコントロール剤を含む分散液の調製方法を工程順に示す模式図である。

[図6](a)～(c)は、それぞれ、増粘剤としてチキソトロピック性を発現する溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤を用いたときの微結晶成長の様子を経時的に示す写真を示す図である。

[図7](a)～(d)は、レオロジーコントロール剤を含む分散液を電圧駆動した様子を示す顕微鏡写真を示す図である。

[図8](a)・(b)は、レオロジーコントロール剤を含む分散液の沈殿防止効果を示す図である。

[図9](a)・(b)は、図1の(a)～(h)に示す表示装置の変形例を示す断面図である。

[図10]擬塑性を発現する有機系レオロジーコントロール剤として使用されるポリマーによる三次元ネットワークを、上記ポリマーの化学構造の一例と合わせて模式的に示す図である。

[図11]擬塑性を示す非ニュートン流体の粘度曲線を示すグラフである。

[図12]増粘剤として擬塑性を発現する有機系レオロジーコントロール剤を含む分散液の調製方法を工程順に示す模式図である。

[図13]湿潤分散剤による三次元ネットワークを模式的に示す図である。

[図14]無機系レオロジーコントロール剤として異なる材料を用いて、レオロジーコントロール剤の安定分散の確認を行った結果を示す図である。

[図15](a)は、実施形態4にかかる表示パネルの概略構成を模式的に示す斜視図であり、(b)は、増粘剤として無機系レオロジーコントロール剤を使用したときの、(a)に点線で示す領域を撮像した写真を示す図であり、

(c) は、増粘剤として有機系レオロジーコントロール剤を使用したときの、(a) に点線で示す領域を撮像した写真を示す図である。

[図16] (a) ~ (d) は、実施形態4にかかる表示パネルを電圧駆動した様子を示す顕微鏡写真を示す図である。

[図17] ベントナイト（モンモリロナイト）のカードハウス構造を模式的に示す図である。

[図18] (a) ・ (b) は、本発明の実施の一形態にかかる反射型の表示装置の概略構成を示す断面図である。

[図19] 本発明の実施の他の形態にかかる反射型の表示装置の概略構成を示す断面図である。

[図20] (a) ・ (b) は、本発明の実施の一形態にかかるシースルー型の表示装置の概略構成を示す断面図である。

[図21] (a) ・ (b) は、本発明の実施の一形態にかかる半透過型の表示装置の概略構成を示す断面図である。

[図22] (a) ~ (c) は、お椀型の形状異方性部材を用いた表示装置の概略構成の一例を示す断面図である。

[図23] (a) ・ (b) は、ファイバー状の形状異方性部材32を用いた表示装置1の概略構成の一例を示す断面図である。

[図24] (a) ・ (b) は、従来のフレイクディスプレイにおいて表示不良が生じる原理を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0018] 〔実施形態1〕

本発明の実施の一形態について図1の(a) ~ (h) ないし図9の(a) ・ (b) に基づいて説明すれば以下の通りである。

[0019] 〈表示装置の概略構成〉

図1の(a) ~ (h) は、本実施形態にかかる表示装置1の概略構成を示す断面図である。なお、図1の(a) ~ (h) は、それぞれ、表示装置1の光変調層30における形状異方性部材32の挙動を模式的に示している。

[0020] 表示装置 1 は、図 1 の (a) ~ (h) に示すように、表示パネル 2 と、表示パネル 2 に光を照射するバックライト 3 と、図示しない駆動回路とを備えている。表示装置 1 は、バックライト 3 から出射された光を、表示パネル 2 を透過して表示を行う透過型の表示装置である。

[0021] なお、バックライト 3 の構成は従来と同一である。したがって、バックライト 3 の構成については、その説明を省略する。バックライト 3 としては、例えば、エッジライト型や直下型の面光源装置等を適宜用いることができる。また、バックライト 3 の光源には、蛍光管や LED 等を適宜用いることができる。

[0022] 〈表示パネル 2 の概略構成〉

表示パネル 2 は、互いに対向して配置された一对の基板 10・20 と、これら一对の基板 10・20 間に配置された光変調層 30 とを備えている。基板 10 (第 1 の基板) はバックライト 3 側 (背面側) に配され、基板 20 (第 2 の基板) は表示面側 (観察者側) に配されている。また、表示パネル 2 は、行列状に配列された多数の画素を有している。

[0023] (基板 10・20)

基板 10・20 は、それぞれ、例えば透明なガラス基板からなる絶縁基板と、電極 12 (第 1 の電極)・22 (第 2 の電極) とを備えている。

[0024] 基板 10 は、アクティブマトリクス基板を構成する。具体的には、基板 10 は、絶縁基板である例えばガラス基板 11 (絶縁基板) 上に、図示しない、各種信号線 (走査信号線、データ信号線等)、TFT (薄膜トランジスタ)、および絶縁膜を備え、これらの上に、電極 12 (画素電極) を備えている。各種信号線を駆動する駆動回路 (走査信号線駆動回路、データ信号線駆動回路等) の構成は、従来と同一である。

[0025] 基板 20 は、絶縁基板である例えばガラス基板 21 上に、電極 22 (共通電極) を備えている。

[0026] 基板 10 に形成される電極 12、および基板 20 に形成される電極 22 は、ITO (インジウム錫酸化物)、IZO (インジウム亜鉛酸化物)、酸化

亜鉛、酸化スズ等の透明導電膜により形成されている。また、電極 1 2 は画素毎に分割されて形成されており、電極 2 2 は全画素に共通するベタ状に形成されている。なお、電極 2 2 は、電極 1 2 と同様に、画素毎に分割されて形成されていてもよい。

[0027] (光変調層 3 0)

光変調層 3 0 は、複数の形状異方性部材 3 2 が分散された分散液 3 5 となる分散液層である。該分散液 3 5 は、分散媒 3 1 と、分散媒 3 1 に分散された複数の形状異方性部材 3 2 と、ずり応力が大きくなると、ずり応力が小さいときよりも分散媒 3 1 の粘度を減少させる増粘剤 3 3 とを含む、非ニュートン流体（非ニュートニアン流体）である。

[0028] 光変調層 3 0 は、電極 1 2 ・ 2 2 に接続された電源 4 1 により電圧が印加され、印加電圧の周波数の変化に応じて、バックライト 3 から光変調層 3 0 に入射された光の透過率を変化させる。なお、以下、交流の電圧の周波数が 0 Hz となる場合を「直流」と称す。光変調層 3 0 の厚み（セル厚）は、形状異方性部材 3 2 の長軸方向の長さにより設定され、例えば、80 μm に設定される。

[0029] (形状異方性部材 3 2)

形状異方性部材 3 2 は、光変調層 3 0 に印加する印加電圧の大きさまたは周波数の変化に応じて回転または移動する、形状異方性を有する応答部材である。表示特性的には、形状異方性部材 3 2 は、平面視における（つまり、基板 1 0 ・ 2 0 の法線方向から見たときの）形状異方性部材 3 2 の投影像の面積（基板 1 0 ・ 2 0 への投影面積）が、光変調層 3 0 に印加する印加電圧の大きさまたは周波数の変化に応じて変化する部材である。

[0030] これにより、光変調層 3 0 は、印加電圧の大きさまたは周波数を変化させて形状異方性部材 3 2 を回転または移動させ、これにより、平面視における形状異方性部材 3 2 の投影像の面積を変化させることで、光変調層 3 0 に入射された光の透過率を制御する。なお、以下では、主に、光変調層 3 0 に印加される印加電圧の周波数を変化させる場合を例に挙げて説明する。

[0031] なお、上記投影面積比（最大投影面積：最小投影面積）は、2：1以上であることが好ましい。

[0032] 形状異方性部材32は、分散媒31中で正または負の帯電性を有する部材である。具体的には、例えば、電極や媒体等と電子のやり取りが可能な部材や、イオン性のシランカップリング剤等で修飾した部材を用いることができる。

[0033] 形状異方性部材32の形状は、例えば、フレーク状、円柱状、あるいは楕円球状等を採用することができる。また、形状異方性部材32の材質は、金属、半導体、誘電体、あるいは、これらの複合材料を採用することができる。また、誘電体多層膜またはコレステリック樹脂を用いることもできる。さらに、形状異方性部材32に金属を用いた場合は、一般の塗装に用いられるアルミニウムフレークを用いることができる。また、形状異方性部材32は着色されていてもよい。

[0034] 形状異方性部材32の厚みは、特に限定されるものではないが、形状異方性部材32の厚みが薄いほど、透過率を高めることができる。したがって、形状異方性部材32として例えばフレークを用いたときは、その厚みが1 μm 以下であることが好ましく、0.1 μm 以下であることがより好ましい。例えば、形状異方性部材32として、直径20 μm 、厚み0.3 μm のアルミニウムフレークを用いることができる。

[0035] （分散媒31）

分散媒31は、可視光領域において透過性を有する材料であり、可視光領域において概ね吸収のない液体や、それらを色素で着色したもの等を用いることができる。

[0036] また、分散媒31は、セル内に封止する工程を考慮すると揮発性の低いものであることが好ましい。

[0037] 分散媒31の粘度は、応答性に関与する。前述したように、分散媒31に増粘剤33を添加すると、形状異方性部材32の静止時（分散媒31が流動していない状態）における該分散媒31の粘度（つまり、増粘剤33を含む

分散液 35 の粘度) が増加する。

[0038] このため、分散媒 31 としては、増粘剤 33 により粘度が増加することを考慮して選択されることが望ましい。なお、分散液 35 (分散媒 31) の粘度が高くすると、光透過率変調のための形状異方性部材 32 の配向制御に必要なエネルギーが大きくなってしまう。

[0039] このため、増粘剤 33 の添加前における分散媒 31 の粘度、並びに、増粘剤 33 の添加後における、分散媒 31 にずり応力が発生した状態、すなわち形状異方性部材 32 が回転または移動しつつある状態における分散媒 31 の粘度は、 $0.5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以上、 $5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以下の範囲内において設定されることが好ましい。

[0040] また、増粘剤 33 の添加後における、分散媒 31 が静止している状態、すなわちずり応力が発生していない状態における分散媒 31 の粘度は、形状異方性部材 32 の配向変化の開始動作を妨げず、かつ形状異方性部材 32 の沈降等の偏りを防ぐために、 $0.5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以上、 $500 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以下の範囲内となるように調整されていることが望ましく、 $1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以上、 $100 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以下の範囲内となるように調整されていることがより望ましい。

[0041] なお、分散媒 31 は、単一の物質で形成されていてもよく、複数の物質の混合物で形成されていてもよい。分散媒 31 としては、例えば、炭酸プロピレン、NMP (N-メチル-2-ピロリドン)、フルオロカーボン、シリコンオイル等の有機溶媒を用いることができる。

[0042] (増粘剤 33)

増粘剤とは、添加により粘度を高める添加剤の一種である。分散媒 31 に増粘剤を添加することで、増粘剤の添加前よりも分散媒 31 の粘度を高めることができ、これにより、分散液 35 の粘度を高めることができる。

[0043] しかしながら、分散液 35 の粘度は、形状異方性部材 32 が静止している間は高い方が望ましいが、形状異方性部材 32 が動いている間 (つまり、配向変化している間) は低い方が望ましい。

- [0044] そこで、分散媒 3 1 に、増粘剤として、上述したようにずり応力に応じて分散液 3 5 の粘度を変化させる増粘剤 3 3 を添加することにより、分散液 3 5 の流動性をコントロールする。
- [0045] 本実施形態では、添加による分散媒 3 1 の増粘作用を有し、ずり応力が大きくなると、ずり応力が小さいときよりも分散媒 3 1 の粘度（分散液 3 5 の粘度）を減少させる添加剤を総称して、「ずり応力が大きくなると、ずり応力が小さいときよりも分散媒の粘度を減少させる増粘剤」と称する。
- [0046] 増粘剤 3 3 には、分散液 3 5 中で、ずり応力が小さい状態では三次元網目構造を形成する一方、ずり応力が大きい状態では三次元網目構造が破壊される、可逆的な三次元網目構造を形成する増粘剤が使用される。
- [0047] このような増粘剤 3 3 は、分散媒 3 1 に添加することで増粘効果を有し、ずり応力が小さい状態では分散液 3 5 の粘度を上昇させる一方、ずり応力が大きい状態では分散液 3 5 の粘度を減少させる。
- [0048] なお、形状異方性部材 3 2 が、配向動作により回転あるいは移動すると、分散液 3 5 が流動し、分散液 3 5 にずり応力がかかる。
- [0049] このため、上記表示パネル 2 は、形状異方性部材 3 2 が静止している状態、つまり、形状異方性部材 3 2 が配向変化していない、分散液 3 5 の流動が小さい状態（ずり応力が小さい状態）では、増粘剤 3 3 が三次元網目構造を形成することで、分散液 3 5 の粘度が上昇する一方、形状異方性部材 3 2 の配向変化により分散液 3 5 が流動し、分散液 3 5 にずり応力がかかると、増粘剤 3 3 による三次元網目構造が破壊され、分散液 3 5 の粘度が、形状異方性部材 3 2 の静止時よりも低下する。
- [0050] 増粘剤 3 3 としては、例えば、レオロジーコントロール剤や湿潤分散剤等を使用することができる。
- [0051] 分散媒 3 1 に、増粘剤 3 3 としてレオロジーコントロール剤や湿潤分散剤等を添加すると、得られる分散液 3 5 に、例えば擬塑性あるいはチキソトロピック性を付与することができ、ずり応力に応じて分散液 3 5 の粘度を変化させることができる。

[0052] なお、増粘剤 33 は、分散液 35 に擬塑性を付与する擬塑性付与剤（擬塑性促進剤）であってもよく、分散液 35 にチキソトロピック性を付与するチキソ剤（チキソトロピック性付与剤、チキソトロピック性促進剤）であってもよい。

[0053] これらレオロジーコントロール剤や湿潤分散剤としては、市販のレオロジーコントロール剤や、一般的に顔料の凝集防止に使用されている市販の湿潤分散剤を使用することができる。

[0054] なお、レオロジーコントロール剤は、水素結合を通して三次元ネットワーク構造を形成する、例えば会合型増粘剤等（会合型のレオロジーコントロール剤）等の有機系のレオロジーコントロール剤であってもよく、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤や無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤等の無機系のレオロジーコントロール剤であってもよい。

[0055] また、増粘剤 33 は、該増粘剤 33 の種類にもよるが、溶剤型であってもよく、無溶剤型であってもよく、液状であってもよい。なお、ここで、溶剤型とは、増粘剤 33 を溶剤に溶解させて使用するものを示す。

[0056] （レオロジーコントロール剤）

以下、本実施形態では、増粘剤 33 として、例えば、チキソトロピック性を発現する有機系レオロジーコントロール剤を使用した場合を例に挙げて説明する。

[0057] チキソトロピック性を発現する有機系レオロジーコントロール剤には、例えば、会合作用がある部位を有する結晶性のポリマーを含む会合型のレオロジーコントロール剤が使用される。

[0058] このとき、上記レオロジーコントロール剤としては、形状異方性部材 32 の分散媒 31 に適度な溶解性（適度な不溶性）を有するレオロジーコントロール剤が選択される。このとき、上記レオロジーコントロール剤としては、会合作用のある部位が分散媒 31 に対して溶解性が低いレオロジーコントロール剤が選択される。

[0059] 図 2 は、チキソトロピック性を発現する有機系レオロジーコントロール剤

として使用されるポリマーの化学構造の一例を模式的に示す構造式である。

[0060] 上記ポリマーとしては、例えば、図2に示す化学構造を有する変性ウレアポリマーが使用される。

[0061] また、図3は、本実施形態にかかる有機系レオロジーコントロール剤として図2に示すポリマーを使用したときの三次元ポリマーネットワークを模式的に示す図である。

[0062] 図2および図3に示すポリマーは、主鎖にウレア基を有する変性ウレアポリマーであり、例えば、ウレア基の間に、分散媒31として使用される有機溶媒に適度な相溶性を示す極性を有する基を有するとともに、末端基には、分散媒31として使用される有機溶媒に良好な溶解性を示す極性を有する基を有している。このような変性ウレアポリマーは、主に、個々の分子のウレア基間の水素結合により、三次元網目構造を有する三次元ポリマーネットワークを形成する。

[0063] このようなレオロジーコントロール剤を配合した分散液35は、擬塑性流動性およびチキソトロピック性を示す。このため、このようなレオロジーコントロール剤は、チキソトロピック性促進剤として寄与する。

[0064] 粘度を η 、ずり速度を γ 、ずり応力を τ とすると、粘度は、次式 $\eta = \tau / \gamma$ により算出することができる。

[0065] 図4は、ニュートン流体（ニュートニアン流体）、および、チキソトロピック性を示す非ニュートン流体（非ニュートニアン流体）の粘度曲線を示すグラフである。

[0066] チキソトロピック性を示す非ニュートン流体（チキソトロピック性流体）は、ずり速度依存性を示すと同時に時間依存性を示す。

[0067] チキソトロピック性流体は、図4に示すように、ずり速度を増加させると、擬塑性流動（シェアシニング）する。擬塑性流動性を示す非ニュートン流体は、ずり応力が大きいと粘度が低下する一方、ずり応力が小さいと粘度が増加する。

[0068] また、チキソトロピック性を示す非ニュートン流体に一定のずり速度でず

り応力がかかると、粘度は、ずり応力がかかっている間、時間とともに低下する。そして、一旦、ずり速度がゼロ ($\gamma = 0$) になると、回復粘度は、ずり速度に拘らず、最初のシェアニングにおける粘度よりも低くなる。また、 $\gamma = 0$ (静止時) で過度に増粘することはない。

[0069] 図2に示す変性ウレアポリマーのように、レオロジーコントロール剤として、例えば分散媒31に適度な溶解性(相溶性)を有する構造部を有するとともに、水素結合を介して三次元網目構造を形成する構造部を有するポリマーを含むレオロジーコントロール剤を、適切な濃度で分散媒31に添加すると、上記ポリマーは、一旦、分散媒31にほぼ完全に分子レベルで溶解した後、時間をかけて会合し、微結晶(例えば微小針状結晶)として析出する。

[0070] このとき、レオロジーコントロール剤として、上述したように、分散媒31に適度な溶解性(適度な不溶性)を有するポリマーを選択することで、分散媒31に上記ポリマーを溶解させると、上記ポリマーは、分散媒31との相溶性が低い部分(会合作用がある部位; 図2に示すポリマーの場合、ウレア基)は分散媒31に殆ど溶解せず、溶解する部位がコントロールされた状態で溶解(分離)する。この結果、分離したレオロジーコントロール剤は、しばらく静置すると、上述したように微結晶を形成後、会合作用がある部位が水素結合(図2に示すポリマーの場合、ウレア基による水素結合)により会合することで三次元網目構造を形成する。

[0071] このように、一旦分散媒31に溶解したポリマーは、経時により、微結晶が連なって成長し、図3のように三次元網目構造を形成する。これにより、分散液35の粘度が上昇する。なお、ずり速度=0のときの粘度はそれほど高くなく、ある程度の流動性を有している。

[0072] 上述した三次元網目構造は、分散液35にずり応力を加えることで容易に破壊されてバラバラになる。これにより、チキソトロピック性が発現し、分散液35の粘度が低下する。

[0073] 分散液35の粘度は、図4に示すように、ずり速度が大きくなる際、粘度は速やかに下がるが、ずり速度が小さくなる際、粘度はややゆっくりと上昇

する。また、一定ずり速度でも時間がたつほど粘度が下がる。

[0074] このように、増粘剤 33 として上述したようなレオロジーコントロール剤を使用すると、該レオロジーコントロール剤を含む分散液 35 に、ずり応力によって粘度が変化するチキソトロピック性を付与することができる。

[0075] なお、レオロジーコントロール剤は、上述したように分散媒 31 に分子レベルでほぼ完全に溶解させることができれば、分散媒 31 に直接添加してもよく、レオロジーコントロール剤を完全に溶解させることができる溶剤に一旦溶解させてから分散媒 31 に添加してもよい。つまり、上記レオロジーコントロール剤は、前述したように、溶剤型であってもよく、無溶剤型であってもよく、液状であってもよい。以下、レオロジーコントロール剤としての有効成分が溶剤に溶解されたものを「溶剤型のレオロジーコントロール剤」と称し、レオロジーコントロール剤（有効成分）そのものと区別する。したがって、以下、例えばレオロジーコントロール剤として溶剤型のレオロジーコントロール剤を使用するとは、レオロジーコントロール剤を溶剤に溶解させて使用することを意味する。

[0076] 上記レオロジーコントロール剤としては、レオロジーコントロール剤を容易かつ均一に溶解させることができることから、レオロジーコントロール剤としてのポリマーを溶質（主成分、有効成分）とし、上記ポリマーを完全に可溶な有機溶剤を溶剤（主溶剤）とする溶剤型のレオロジーコントロール剤が好適に使用される。

[0077] このようなレオロジーコントロール剤の一例としては、例えば、「BYK（登録商標）-410」（商品名、ビックケミージャパン株式会社製、溶剤型、主成分：変性ウレアポリマー（52wt%）、主溶剤：NMP）、「ディスパロンNVI-8514L」（商品名、楠本化成株式会社製、溶剤型、主成分：変性ウレアポリマー（35wt%）、主溶剤：NMP）、「ディスパロンGT-1001」（商品名、楠本化成株式会社製、溶剤型、主成分：変性ウレアポリマー（35wt%）、主溶剤：NMP）等、会合作用がある部位を有する結晶性のポリマーを主剤（主成分、有効成分）として含む、チ

キシトロピック性を発現する市販のレオロジーコントロール剤を使用することができる。

[0078] なお、分散媒 31 に対するレオロジーコントロール剤の添加量（有効成分量、本例の場合、ポリマーの添加量）は、分散媒 31（100wt%）に対し、該分散媒 31 の 0.01wt%～5wt% の範囲内であることが好ましく、0.05wt%～1.0wt% の範囲内であることがより好ましい。

[0079] レオロジーコントロール剤および形状異方性部材 32 の種類にもよるが、レオロジーコントロール剤の添加量が 0.01wt% 未満の場合、形状異方性部材 32 の静止時に形状異方性部材 32 の移動を抑制するのに十分な三次元ポリマーネットワークを形成することができないおそれがある。一方、レオロジーコントロール剤の種類にもよるが、レオロジーコントロール剤の添加量が 5wt% を超えると、分散液 35 中のレオロジーコントロール剤の含有量が大きくなりすぎて、分散液 35 に濁りが生じる等、透明性（透光性）に影響をきたしたり、分散液 35 の粘度が高くなり過ぎて、表示装置 1 の電圧駆動時に、分散液 35 の粘度が十分に減少せず、電圧印加による形状異方性部材 32 の配向速度が低下したりするおそれがある。このため、レオロジーコントロール剤の添加量は、通常、上記範囲内とすることが望ましい。

[0080] 〈表示パネル 2 の製造方法〉

次に、表示パネル 2 の製造方法について説明する。まず、光変調層 30 を構成する分散液 35 として、増粘剤 33 としてチキシトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いた有機系レオロジーコントロール剤を含む分散液 35 の調製方法について、図 5 および図 6 の（a）～（c）を参照して以下に説明する。

[0081] 図 5 は、増粘剤 33 としてチキシトロピック性を発現する有機系レオロジーコントロール剤を含む分散液 35 の調製方法を工程順に示す模式図である。

[0082] なお、図 5 では、レオロジーコントロール剤として、上述したように会合作用がある部位を有し、チキシトロピック性を発現するポリマーを溶質（主

剤)とし、溶剤に、主剤が完全に溶解可能な有機溶剤を含む溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤を用いた場合を例に挙げて図示する。

[0083] まず、ステップ[1]として、分散媒31に、レオロジーコントロール剤を添加することにより、形状異方性部材32を含まず、分散媒31と、チキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤（増粘剤33）とを含む分散液34（本例では、分散媒31と、チキソトロピック性を発現する、溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤とからなる分散液）を調合（調製）する。

[0084] このとき、上記溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤としては、前述したように、形状異方性部材32の分散媒31に対し適度な溶解性を有するポリマーをレオロジーコントロール剤（主剤、有効成分）として含む溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤が選択される。また、このとき、上記溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤は、前述したように、分散媒31に対し、溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤における溶質であるポリマー（有効成分）の添加量が0.01wt%～5wt%の範囲内、より好ましくは0.05wt%～1.0wt%の範囲内となるように、その添加量が設定される。

[0085] 次いで、ステップ[2]として、上記レオロジーコントロール剤（ポリマー）を分散媒31に溶解させる。

[0086] レオロジーコントロール剤は、例えば、ミキサーやディゾルバー等の各種攪拌装置を用いて溶解エネルギーを付与する（つまり、攪拌装置の羽根を高速回転し溶液に大きなずり応力を付与する）か、あるいは、超音波発生装置等を用いて溶解エネルギーを付与する（つまり、超音波振動で溶解エネルギーを付与する）ことにより、分散媒31に溶解させることができる。

[0087] なお、溶解エネルギーを付与する時間は、レオロジーコントロール剤を分散媒31に溶解させることができれば特に限定されるものではないが、例えば、超音波発生装置で5分間～15分間である。

[0088] 次いで、ステップ[3]として、レオロジーコントロール剤の溶解性チェッ

クを行う。このとき、分散液 3 4 が透明であることが目視確認できれば、レオロジーコントロール剤が分散媒 3 1 に溶解されているものとして次の工程に進む。

[0089] 一方、分散液 3 4 が透明でない場合、ステップ[2]に戻る。ステップ[2]の分散液 3 4 の振とうおよびステップ[3]の溶解性チェックは、ステップ[3]で、分散液 3 4 の透明化が確認されるまで繰り返される。

[0090] その後、ステップ[4]として、レオロジーコントロール剤の結晶化チェックを行うことで、三次元網目構造の形成確認を行う。レオロジーコントロール剤の結晶化チェックは、ステップ[3]で得られた分散液 3 4 を、レオロジーコントロール剤の結晶（微結晶）の析出が確認できるまで静置することにより行われる。

[0091] なお、レオロジーコントロール剤の結晶の析出は、ステップ[3]で得られた分散液 3 4 を数分～数日静置することで確認される。また、レオロジーコントロール剤の結晶化チェックは、微結晶の析出を目視確認、または、TEMで結晶を確認することにより行われる。

[0092] 前述したように、レオロジーコントロール剤として、形状異方性部材 3 2 を分散させる分散媒 3 1 に適度な溶解性を有する有機系レオロジーコントロール剤（ポリマー）を選択し、上記分散媒 3 1 に適切な濃度で添加すると、該有機系レオロジーコントロール剤は、一旦、分散媒 3 1 に溶解する。その後、経時により、分散媒 3 1 中で微結晶が成長する。

[0093] 図 6 の（a）～（c）は、それぞれ、増粘剤 3 3 としてチキソトロピック性を発現する溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤を用いたときの微結晶成長の様子を経時的に示す写真を示す図である。なお、図 6 の（a）は、溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤として、「BYK（登録商標）ー 4 1 0」を用いたときの図であり、図 6 の（b）は「NVIー 8 5 1 4 L」、図 6 の（c）は「GTー 1 0 0 1」を用いたときの図である。

[0094] なお、分散媒 3 1 には比重 1.4 の炭酸プロピレンを使用し、形状異方性部材 3 2 には、比重 2.7 のアルミニウムフレークを使用した。

[0095] 図6の(a)～(c)に示すように、微結晶が析出すると、分散液34が微白濁して見えるか、もしくは、例えば針状結晶が目視確認できる。

[0096] そして、このようにして結晶の析出が確認された分散液34を軽く振とうし、流動性があれば（つまり、ゲル化していなければ）、レオロジーコントロール剤が三次元網目構造を形成したと判断し、次の工程に進む。

[0097] 次に、ステップ[5]として、ステップ[4]で得られた分散液34への形状異方性部材32の添加を行う。なお、形状異方性部材32は、粉末の状態のまま添加すればよい。

[0098] その後、ステップ[6]として、上記分散液34中に上記形状異方性部材32を、例えば超音波により分散させる。分散手段としては、例えば、超音波発生装置「アズワンUSシリーズ」（アズワン株式会社製）等が使用される。なお、振とう時間・超音波分散時間等の分散条件は、形状異方性部材32を上記分散液34に分散させることができれば特に限定されるものではないが、例えば、超音波発生装置を用いた場合、40kHzで5分間～15分間である。これにより、分散媒31と、有機系レオロジーコントロール剤（増粘剤33）と、形状異方性部材32とを含む分散液35（本例では、分散媒31と、溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤と、形状異方性部材32とからなる分散液）が調製される。

[0099] 表示パネル2は、常用の方法により作製された基板10・20を、上記分散液35を介して、図示しないスペーサ等により基板間距離を確保して貼り合わせることで、製造することができる。なお、形状異方性部材32およびスペーサの大きさは、上記分散液35中での形状異方性部材32の配向動作を妨げない大きさにそれぞれ設定される。

[0100] 〈透過率の制御方法〉

次に、光変調層30による光の透過率の制御方法（表示パネル2の表示方法）について、図1の(a)～(h)、および、図7の(a)～(d)ないし図9の(a)・(b)を参照して説明する。

[0101] 分散媒31に増粘剤33を添加すると、分散液35に加えるずり応力が小

さい状態では、分散液 35 中で増粘剤 33 の単位構造同士が弱く結びつき、三次元網目構造（本実施形態では三次元ポリマーネットワーク）を構築する。

[0102] このため、図 1 の（a）に示すように、例えば初期状態（電圧無印加時）のように、形状異方性部材 32 が配向変化していない、分散液 35 の流動が小さい状態では、分散液 35 の粘度が上昇し、形状異方性部材 32 の浮上や沈降等の経時的な移動が抑制される。

[0103] 次に、光変調層 30 に、高周波として例えば周波数 60 Hz の電圧（交流電圧）を印加すると、誘電泳動現象、クーロン力または電気エネルギー的な観点から説明される力により、形状異方性部材 32 は、その長軸が電気力線に平行になるように回転または移動する。すなわち、形状異方性部材 32 は、図 1 の（b）に示すように、該形状異方性部材 32 の長軸が基板 10・20 に垂直になるように配向（縦配向）する。なお、上記分散液 35 は、ずり速度 = 0（静止時）で過度に増粘することがない（比較的増粘が小さい）ので、駆動電圧を比較的低く抑えることができ、駆動電圧が過度に上昇することを避けることができる。

[0104] このとき、分散液 35 には、上記したように駆動電圧を印加することで、形状異方性部材 32 の配向動作により、分散液 35 にずり応力がかかる。この結果、図 1 の（b）に示すように、増粘剤 33 の三次元網目構造が破壊され、増粘剤 33 の単位構造が浮遊する状態になる。このため、上述したように形状異方性部材 32 の配向変化時には、分散液 35 にずり応力がかかることにより、分散液 35 の粘度が減少する。このため、増粘剤 33 によって、電圧印加による形状異方性部材 32 の動きが妨げられることがない。このため、応答速度を向上させることができるとともに、低電圧での駆動が可能となる。

[0105] また、チキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤のように、増粘剤として、ずり応力が小さい状態で三次元網目構造を形成し、ずり応力が大きい状態で三次元網目構造が破壊される増粘剤 33 を用いることで、

形状異方性部材 3 2 の静止時（高粘度時）に、形状異方性部材 3 2 の配向を保持することができるので、メモリ表示が可能になる。

[0106] すなわち、図 1 の（b）に示すようにずり応力が大きい状態では、三次元網目構造が一時的に破壊されるものの、図 1 の（c）に示すように電圧を OFF（オフ）することで分散液 3 5 に加えられる剪断力が取り除かれると、ずり応力が小さくなり、図 1 の（c）および図 1 の（d）に示すように、経時的に三次元網目構造が回復する。

[0107] この結果、図 1 の（d）に示すように、電圧 OFF で形状異方性部材 3 2 の配向が保持されることで、メモリ表示が可能となる。

[0108] 図 7 の（a）～（d）は、レオロジーコントロール剤を含む分散液 3 5 を電圧駆動した様子を示す顕微鏡写真を示す図である。

[0109] なお、ここでは、レオロジーコントロール剤として、溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤「BYK（登録商標）－4 1 0」を使用し、分散媒 3 1 に比重 1. 4 の炭酸プロピレンを使用し、形状異方性部材 3 2 に、比重 2. 7 のアルミニウムフレークを使用し、セル厚を 7 9 μm として撮影した。

[0110] ここで、図 7 の（a）は、図 1 の（a）に示す状態を示し、図 7 の（b）は、図 1 の（b）に示す状態を示し、図 7 の（c）は、図 1 の（c）に示す状態を示し、図 7 の（d）は、図 1 の（d）に示す状態を示す。なお、レオロジーコントロール剤の三次元網目構造は、サブミクロンオーダーのため、顕微鏡写真では確認することが困難である。

[0111] 図 7 の（a）に示すように、図 1 の（a）に示す初期状態（電圧無印加時）では、例えば、形状異方性部材 3 2 は、その長軸が基板 1 0・2 0 に平行になるように横配向している。この状態において、光変調層 3 0 に、図 1 の（b）に示すように高周波として周波数 6 0 H z、5. 0 V の電圧（交流電圧）を印加すると、図 7 の（b）に示すように、形状異方性部材 3 2 は、その長軸が基板 1 0・2 0 に垂直になるように縦配向する。

[0112] 図 7 の（c）は、図 1 の（c）に示すように電圧を OFF した直後の形状異方性部材 3 2 の様子を示しており、図 7 の（d）は、電圧を OFF してか

ら10分経過後の形状異方性部材32を示している。

[0113] 図7の(a)～(c)から、分散媒31にレオロジーコントロール剤を添加することで、得られた分散液35は、電圧駆動が可能でかつ電圧OFF後も、形状異方性部材32の配向方向並びに平面視での形状異方性部材32の位置がほぼ保持されている（すなわち、メモリ効果が発現している）ことが判る。

[0114] また、図8の(a)・(b)は、レオロジーコントロール剤を含む分散液35の沈殿防止効果を示す図である。

[0115] ここで、図8の(a)・(b)は、それぞれ、異なる容器に、図5に示す方法で分散液35を調製した後、5日間静置したときの形状異方性部材32の様子を撮像した図であり、比較のために、それぞれ、レオロジーコントロール剤を添加しない場合（レオロジーコントロール剤なし）と、レオロジーコントロール剤を添加した場合（レオロジーコントロール剤あり）とを、並べて示している。

[0116] なお、図8の(a)では容器にサンプル瓶を使用し、図8の(b)では、容器に標準セルを使用した。また、ここでも、レオロジーコントロール剤には、溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤「BYK（登録商標）-410」を使用し、分散媒31に比重1.4の炭酸プロピレンを使用し、形状異方性部材32に、比重2.7のアルミニウムフレークを使用した。

[0117] この結果、レオロジーコントロール剤なしでは、何れも、数分で形状異方性部材32が沈降したが、レオロジーコントロール剤の添加により、5日後でも、形状異方性部材32の沈降は認められなかった。

[0118] 以上の結果から、レオロジーコントロール剤を添加することで、形状異方性部材32と分散媒31との比重差により形状異方性部材32が重力で浮上または沈降したり、面内移動したりすることを防ぐことができ、メモリ表示が可能となることが判る。

[0119] なお、図1の(b)～(d)では、メモリ表示を行う場合を例に挙げて示したが、図1の(e)に示すように、光変調層30に、高周波として例えば

周波数 60 Hz の電圧（交流電圧）を印加した状態で表示を行ってもよい。

[0120] 図 1 の（b）に示す配向動作後、形状異方性部材 32 が静止することで分散液 35 にかかるずり応力が小さくなると、分散液 35 中でレオロジーコントロール剤の単位構造同士が弱く結びつき、破壊された三次元網目構造は、図 1 の（e）に示すように、経時的に回復する。これにより、分散液 35 の粘度が上昇し、形状異方性部材 32 の配向を保持することができるので、形状異方性部材 32 の浮上や沈降等の経時的な移動を抑制することができる。

[0121] このように、増粘剤 33 は、分散液 35 に加えるずり応力が小さい状態では、形状異方性部材 32 の移動を抑制する移動抑制手段として機能する。このため、分散媒 31 に増粘剤 33 を添加することで、形状異方性部材 32 と分散媒 31 との比重差により重力で形状異方性部材 32 が浮上したり沈降したりすることを防ぐことができる。このため、光変調層 30 内での形状異方性部材 32 の偏りを防止することができるとともに、形状異方性部材 32 の電圧駆動動作を可能とすることができる。

[0122] そして、図 1 の（d）あるいは図 1 の（e）に示すように形状異方性部材 32 が縦配向した状態では、バックライト 3 から光変調層 30 へ入射された光は、光変調層 30 を透過（通過、例えば直接透過）して、観察者側に出射される。

[0123] なお、このとき、例えば形状異方性部材 32 として、例えばアルミニウムフレークのように、可視光反射性のある材料を用いれば、反射平面が基板 10・20 に垂直になるように縦配向することで、光変調層 30 に入射した入射光は、光変調層 30 内を直接透過するか、もしくは、形状異方性部材 32 の反射面で反射した後に、入射光の入射側とは反対側の面、つまり、表示面側に向かって透過する。

[0124] このように形状異方性部材 32 が縦配向した状態では、バックライト 3 から光変調層 30 へ入射された光は、光変調層 30 を透過して観察者側に出射されることから、透過表示に際し、白表示を実現することができる。

[0125] また、光変調層 30 に、低周波として、例えば周波数 0.1 Hz、または

、直流（周波数＝０Ｈｚ）の電圧を印加すると、図１の（ｆ）に示すように、電気泳動力やクーロン力で説明される力により、帯電性を有する形状異方性部材３２は、その帯電した電荷の極性と逆極性の電荷が帯電された電極付近に引き寄せられる。そして、形状異方性部材３２は、最も安定した配向をとるように、基板１０または基板２０（図１の（ｆ）に示す例では基板２０）に貼り付くように回転または移動する。

[0126] なお、このとき、分散液３５には、上記したように駆動電圧を印加することで、形状異方性部材３２の配向動作により、分散液３５にずり応力がかかる。この結果、図１の（ｆ）に示すように、増粘剤３３の三次元網目構造が破壊され、増粘剤３３の単位構造が浮遊する状態になる。このため、該形状異方性部材３２の配向変化時にも、分散液３５にずり応力がかかることにより、分散液３５の粘度が減少する。このため、増粘剤３３によって、電圧印加による形状異方性部材３２の動きが妨げられることがない。このため、応答速度を向上させることができるとともに、低電圧での駆動が可能となる。

[0127] そして、この場合にも、図１の（ｆ）に示すようにずり応力が大きい状態では、三次元網目構造が一時的に破壊されるものの、図１の（ｆ）に示す配向動作後、形状異方性部材３２が静止することで分散液３５にかかるずり応力が小さくなると、分散液３５中でレオロジーコントロール剤の単位構造同士が弱く結びつき、破壊された三次元網目構造は、図１の（ｇ）に示すように、経時的に回復する。これにより、分散液３５の粘度が上昇し、形状異方性部材３２の配向を保持することができるので、形状異方性部材３２の浮上や沈降等の経時的な移動を抑制することができる。

[0128] なお、図示はしないが、この場合にも、図１の（ｆ）に示す配向動作後、電圧をＯＦＦ（オフ）することで分散液３５に加えられる剪断力が取り除かれると、ずり応力が小さくなり、経時的に三次元網目構造が回復することで、電圧ＯＦＦで形状異方性部材３２の配向が保持される。これにより、メモリ表示が可能となる。

[0129] なお、図１の（ｆ）および図１の（ｇ）では、一例として、光変調層３０

に、直流電圧を印加した場合において、基板 20 の電極 22 に帯電する電荷の極性（正）と、形状異方性部材 32 に帯電する電荷の極性（負）とが、互いに異なっており、形状異方性部材 32 が基板 20 に貼り付くように配向した様子を示している。すなわち、形状異方性部材 32 は、その長軸が基板 10・20 に平行になるように配向（横配向）する。

[0130] これにより、バックライト 3 から光変調層 30 へ入射された光は、形状異方性部材 32 により遮断されるため、光変調層 30 を透過（通過）しない。これにより、黒表示が行われる。

[0131] なお、形状異方性部材 32 の厚みは、小さい方が、積み重なった形状異方性部材の表示面側の凹凸が小さくなり、外光の散乱を少なくすることができる。このため、形状異方性部材 32 の厚みは、薄ければ薄いほど、高い透過率や、散乱の少ない黒表示を得ることができる。したがって、形状異方性部材 32 の厚みは、形状に拘らず、とりわけ、光の波長以下（例えば、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下である）ことが好ましい。なお、前述したように形状異方性部材 32 としてフレークを用いた場合には、その厚みが $1\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、さらには $0.1\ \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

[0132] このように、光変調層 30 に印加する電圧を、直流（つまり、周波数が 0 である場合）と、交流とで切り替えるか、または、低周波数の交流と、高周波数の交流とで切り替えることにより、バックライト 3 から光変調層 30 に入射された光の透過率（透過光量）を変化させることができる。

[0133] なお、形状異方性部材 32 が横配向する（横配向に切り替わる）場合の周波数は、例えば $0\ \text{Hz} \sim 0.5\ \text{Hz}$ の値であり、形状異方性部材 32 が縦配向する（縦配向に切り替わる）場合の周波数は、例えば $30\ \text{Hz} \sim 1\ \text{kHz}$ の値である。

[0134] これらの周波数は、形状異方性部材 32 の形状および材質、光変調層 30 の厚み（セル厚）等により、予め設定される。すなわち、表示装置 1 では、光変調層 30 に印加する電圧の周波数を、第 1 閾値以下の低周波数と第 2 閾値以上の高周波数とで切り替えることにより、光の透過率（透過光量）を変

化させる。ここでは、例えば、第1閾値を0.5Hz、第2閾値を30Hzに設定することができる。

[0135] なお、図1の(g)では、電源41のマイナス側を電極12に接続し、プラス側を電極22に接続しているが、これに限定されず、図1の(h)に示すように、マイナス側を電極22に接続し、プラス側を電極12に接続してもよい。つまり、図1の(h)は、図1の(g)とは直流電圧の極性を逆転させた場合を示している。図1の(h)の構成では、形状異方性部材32は、基板10に貼り付くように配向する。また、図1の(a)～(h)では、形状異方性部材32に帯電する電荷の極性が負の場合を示しているが、これに限定されず、形状異方性部材32に帯電する電荷の極性が正であってもよい。この場合は、図9の(a)および図9の(b)に示すように、形状異方性部材32が貼り付く基板が、図1の(g)および図1の(h)の場合とは逆になる。

[0136] 〈効果〉

以上のように、本実施形態によれば、分散液35が、ずり応力に応じて該分散液35の粘度を変化させる増粘剤33を含むことで、分散液35に加わるずり応力が小さい状態では分散液35の粘度が上昇し、形状異方性部材32の浮上や沈降、面内移動等の、形状異方性部材32の偏りを抑制することができる一方、形状異方性部材32の配向変化時には、分散液35に加わるずり応力が大きくなることで、分散液35の粘度が減少し、形状異方性部材32の動きを妨げない。このため、本実施形態によれば、駆動性能を極力損なわずに、形状異方性部材32の偏りによる表示不良を防止することができる。さらに、本実施形態によれば、上述したように、形状異方性部材32の静止時に配向を保持するメモリ表示が可能となる。

[0137] また、上記増粘剤33としてチキソトロピック性を示す増粘剤33を用いた場合、分散液35に、チキソトロピック性を付与することができる。チキソトロピック性を示す分散液35は、上述したように、ずり速度=0（静止時）で過度に増粘することがない（比較的増粘が小さい）。このため、上記

増粘剤 33 としてチキソトロピック性を示す増粘剤 33 を用いた場合、駆動電圧を比較的 low に抑えることができ、駆動電圧が過度に上昇することを避けることができる。

[0138] 〔実施形態 2〕

本発明の他の実施形態について、図 10～図 12 に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、説明の便宜上、実施形態 1 で説明した構成要素と同じ機能を有する構成要素については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。本実施形態では、実施形態 1 との相違点について説明する。

[0139] 〈増粘剤 33〉

実施形態 1 では、増粘剤 33 として、主に、チキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いる場合を例に挙げて説明した。本実施形態では、実施形態 1 で説明した増粘剤 33 のうち、増粘剤 33 として、擬塑性を発現するレオロジーコントロール剤を用いる場合を例に挙げて説明する。

[0140] 擬塑性を発現するレオロジーコントロール剤としては、例えば、会合作用がある部位を有する結晶性のポリマーを含む会合型の有機系レオロジーコントロール剤が使用される。

[0141] また、上記レオロジーコントロール剤としては、形状異方性部材 32 の分散媒 31 に適度な溶解性を有するレオロジーコントロール剤が選択される。このとき、上記レオロジーコントロール剤としては、会合作用のある部位が分散媒 31 に対して溶解性が低いレオロジーコントロール剤が選択される。

[0142] 図 10 は、擬塑性を発現する有機系レオロジーコントロール剤として使用されるポリマーによる三次元ネットワークを、上記ポリマーの化学構造の一例と合わせて模式的に示す図である。

[0143] 上記ポリマーとしては、図 10 に示す化学構造を有するアミド基含有ポリマーが使用される。図 10 に示すように、分子中にアミド基を有するポリマーは、アミド結合により増粘作用を示す。

[0144] また、上記ポリマーとしては、図 10 に示すように、1 つの分子内に親水

性部分と疎水性部分とを有し、例えばポリマー末端に親水性部分を有するポリマーが使用される。ポリマー末端の親水性部分は、分散媒 31 に作用し、分散媒 31 中に溶解する。このため、上記ポリマーは、分散媒 31 に適度な溶解性を示す。一方、ポリマー主鎖の疎水性部分は、ポリマー間の疎水性部分で、あるいは、疎水性表面を有する形状異方性部材 32 と、強い相互作用を有し、会合する。

[0145] このようなポリマーは、会合したポリマー鎖が絡まった状態の基本単位が連なり、図 10 に示すように三次元網目構造を作るとともに、形状異方性部材 32 が、その三次元網目構造に保持されている。

[0146] 会合したポリマー鎖が絡まった状態の基本単位は容易には解けないが、三次元網目構造はずり応力によりバラバラになる。

[0147] このようなレオロジーコントロール剤を分散媒 31 に添加すると擬塑性を発現し、該レオロジーコントロール剤が配合された分散媒 31 は擬塑性流動を示す。このため、このようなレオロジーコントロール剤は、擬塑性促進剤として寄与する。

[0148] 図 11 は、擬塑性を示す非ニュートン流体の粘度曲線を示すグラフである。

[0149] 擬塑性流体は、ずり速度依存性を示す一方、時間依存性を示さず、粘度が、ずり応力の増加とともに低下する非ニュートン流体である。擬塑性流体は、図 11 に示すように、ずり速度を増加させると、擬塑性流動し、ずり応力が大きいと粘度が低下する一方、ずり応力が小さいと粘度が増加する。

[0150] 但し、擬塑性流体は、実施形態 1 で説明したチキソトロピック性流体と異なり、ずり速度がゼロ ($\gamma = 0$) のときの粘度が非常に高く、流動性が殆どないが、ゼロを超えると ($\gamma > 0$)、急激に粘度が低下する。また、擬塑性流体の場合、一定のずり速度では一定の粘度を示し、一定のずり速度では、チキソトロピック性流体のように時間とともに低下することはない。

[0151] なお、上述したように、擬塑性を発現するレオロジーコントロール剤もまた、溶剤型であってもよく、無溶剤型であってもよく、液状であってもよいが、上記レオロジーコントロール剤にも、レオロジーコントロール剤を容易

かつ均一に溶解させることができることから、溶剤型のレオロジーコントロール剤が好適に使用される。

[0152] このようなレオロジーコントロール剤の一例としては、例えば、「BYK（登録商標）－４３０」（商品名、ビッケミージャパン株式会社製、溶剤型、主成分：変性ウレアポリアミド（３０ｗｔ％）、主溶剤：イソブチルアルコール（６２．５ｗｔ％）およびソルベントナフサ（７ｗｔ％））、「デイスパロンＡＱ－６００」（商品名、楠本化成株式会社製、溶剤型、主成分：ポリアミドアミン塩（２０ｗｔ％）、主溶剤：プロピレングリコールモノメチルエーテル（７．０ｗｔ％）および水（７１．１ｗｔ％））、「デイスパロンＡＱＨ－８００」（商品名、楠本化成株式会社製、溶剤型、主成分：ポリアミドアミン塩および脂肪酸アミド（計１０ｗｔ％）、主溶剤：プロピレングリコールモノメチルエーテル（５．５ｗｔ％））等、会合作用がある部位を有する結晶性のポリマーを主剤（主成分、有効成分）として含む、擬塑性を発現する市販の溶剤型のレオロジーコントロール剤を使用することができる。

[0153] なお、分散媒３１に対するレオロジーコントロール剤の添加量（有効成分量、本例の場合、ポリマーの添加量）は、実施形態１と同じ理由で、実施形態１と同じく、分散媒３１に対し、該分散媒３１の０．０１ｗｔ％～５ｗｔ％の範囲内であることが好ましく、０．０５ｗｔ％～１．０ｗｔ％の範囲内であることがより好ましい。

[0154] 〈分散液３５の調製方法〉

次に、擬塑性を発現するレオロジーコントロール剤を用いた表示パネル２に用いられる分散液３５の調製方法について、図１２を参照して以下に説明する。

[0155] 図１２は、増粘剤３３として擬塑性を発現する有機系レオロジーコントロール剤を含む分散液３５の調製方法を工程順に示す模式図である。

[0156] なお、図１２では、レオロジーコントロール剤として、上述したように会合作用がある部位を有し、擬塑性を発現するポリマーを溶質（主剤）とし、

溶剤に、主剤が完全に溶解可能な有機溶剤を含む溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤を用いた場合を例に挙げて図示する。

[0157] 本実施形態では、ステップ[1]において、分散媒31に、レオロジーコントロール剤を添加することにより、形状異方性部材32を含まず、分散媒31と、擬塑性を発現するレオロジーコントロール剤（増粘剤33）とを含む分散液34（本例では、分散媒31と、擬塑性を発現する、溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤とからなる分散液）を調合する。

[0158] このとき、上記溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤としては、前述したように、形状異方性部材32の分散媒31に対し適度な溶解性を有するポリマーをレオロジーコントロール剤（主剤、有効成分）として含む溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤が選択される。また、このとき、上記溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤は、前述したように、分散媒31に対し、溶剤型の有機系レオロジーコントロール剤における溶質であるポリマー（有効成分）の添加量が0.01wt%～5wt%の範囲内、より好ましくは0.05wt%～1.0wt%の範囲内となるように、その添加量が設定される。

[0159] 次いで、本実施形態でも、ステップ[2]として、上記レオロジーコントロール剤（ポリマー）を分散媒31に溶解させる。なお、溶解方法並びに溶解手段としては、実施形態1と同様の方法並びに手段を使用することができる。図12では、一例として、攪拌装置を用いて分散液34を攪拌することにより、レオロジーコントロール剤を分散媒31に溶解させる場合を例に挙げて説明する。

[0160] この場合の攪拌時間は、レオロジーコントロール剤を分散媒31に溶解させることができれば特に限定されるものではなく、攪拌装置として例えばディゾルバーを用いる場合、500rpmで5分間から2000rpmで20分間程度である。

[0161] なお、勿論、実施形態1と同じく、超音波発生装置等を用いて分散液34に超音波振動を与えることにより、レオロジーコントロール剤を分散媒31

に溶解させてもよく、この場合の振とう時間は、レオロジーコントロール剤を分散媒 3 1 に溶解させることができればよい。この場合の目安としては、実施形態 1 で説明したように例えば 5 分間～15 分間である。

[0162] 次いで、本実施形態でも、ステップ[3]として、レオロジーコントロール剤の溶解性チェックを行う。レオロジーコントロール剤として上述した有機系レオロジーコントロール剤を用いる場合、分散液 3 4 が微白濁しつつ一様化していることが目視確認できれば、レオロジーコントロール剤が分散媒 3 1 に溶解されているものとして次の工程に進む。

[0163] 一方、レオロジーコントロール剤が分散媒 3 1 から完全に分離している場合、該レオロジーコントロール剤が分散媒 3 1 に溶解していないとしてステップ[2]に戻る。本実施形態でも、ステップ[2]およびステップ[3]は、ステップ[3]で、レオロジーコントロール剤が分散媒 3 1 に溶解していることが確認されるまで繰り返される。

[0164] その後、本実施形態でも、ステップ[4]として、レオロジーコントロール剤の結晶化チェックを行うことで、三次元網目構造の形成確認を行う。レオロジーコントロール剤の結晶化チェックは、ステップ[3]で得られた分散液 3 4 を、レオロジーコントロール剤の結晶（微結晶）の析出が確認できるまで静置することにより行われる。

[0165] なお、レオロジーコントロール剤の結晶の析出は、ステップ[3]で得られた分散液 3 4 を数分～数日静置することで確認される。

[0166] このとき、ステップ[4]における分散液 3 4 の静止時の粘度が、ステップ[3]における分散液 3 4 の粘度よりも上昇しており、分散液 3 4 を軽く振とうし、流動性があれば（つまり、ゲル化していなければ）、レオロジーコントロール剤が三次元網目構造を形成したと判断し、次の工程に進む。

[0167] 次いで、ステップ[5]およびステップ[6]として、実施形態 1 におけるステップ[5]およびステップ[6]と同様の作業を行うことで、分散媒 3 1 と、上記レオロジーコントロール剤（増粘剤 3 3）と、形状異方性部材 3 2 とを含む分散液 3 5（本例では、分散媒 3 1 と、上記溶剤型の有機系レオロジー

コントロール剤と、形状異方性部材 3 2 とからなる分散液) が調製される。

[0168] <透過率の制御方法>

このようにして得られた分散液 3 5 は、ずり速度に対する粘度変化が、図 4 ではなく図 1 1 に示す挙動を示すことを除けば、チキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いた分散液 3 5 と同じ挙動を示す。

[0169] したがって、本実施形態にかかる表示パネル 2 における透過率の制御方法 (表示パネル 2 の表示方法) は、実施形態 1 と同じである。したがって、ここでは、その説明を省略する。

[0170] <効果>

本実施形態によれば、上述したように、形状異方性部材 3 2 の分散媒 3 1 に対し適度な溶解性を有し、擬塑性を発現するレオロジーコントロール剤を選択して適切な濃度で上記分散媒 3 1 に添加すると、レオロジーコントロール剤 (ポリマー分子) の末端が部分的に分散媒 3 1 に溶解しつつ、レオロジーコントロール剤 (ポリマー分子) の主鎖が部分的に形状異方性部材 3 2 の表面と直接相互作用しながら、三次元網目構造を構築する。この結果、分散媒 3 1 の粘度 (分散液 3 5 の粘度) が上昇する。そして、この状態で、形状異方性部材 3 2 の配向動作により分散液 3 5 にずり応力がかかると、三次元網目構造が崩壊し、分散媒 3 1 の粘度 (分散液 3 5 の粘度) が低下し、形状異方性部材 3 2 が静止することで分散液 3 5 が静止 (つまり、流動しなくなる) と、再び三次元網目構造が構築され、粘度が上昇する。

[0171] このため、本実施形態でも、実施形態 1 に記載の効果と同様の効果を得ることができる。しかも、上述したように、増粘剤 3 3 として、擬塑性を発現するレオロジーコントロール剤を含む分散液 3 5 は、チキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤とは異なり、ずり速度がゼロ (すなわち電源無印加で形状異方性部材 3 2 が静止している場合) の粘度が非常に高い (流動性が殆どない)。このため、チキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いた場合よりも形状異方性部材 3 2 の静止時の分散液 3 5 の増粘が大きく、良好なメモリ性を付与することができる。さらに、増

粘剤 33 として、擬塑性を発現するレオロジーコントロール剤を用いた場合、チキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いた場合とは異なり、ずり速度にたいする粘度は一定に定まる。このため、チキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いた場合よりも、電圧駆動制御の設計が容易となる。

[0172] 〔実施形態 3〕

本発明のさらに他の実施形態について、図 13 に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、説明の便宜上、実施形態 1、2 で説明した構成要素と同じ機能を有する構成要素については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。本実施形態では、実施形態 1、2 との相違点について説明する。

[0173] 〈増粘剤 33〉

本実施形態 1 では、増粘剤 33 として、湿潤分散剤を用いる場合を例に挙げて説明する。

[0174] 湿潤分散剤は、分散媒と分散質との接触角を低減する物質である。湿潤分散剤は、一般的に、顔料凝集防止剤として使用されており、レオロジーコントロール剤と同様の効果を発現する。

[0175] 湿潤分散剤としては、例えば、会合作用がある部位を有する結晶性のポリマーを含む会合型のポリマーが使用される。また、該ポリマーとしては、例えば、1 つの分子内に親水性部分と疎水性部分とを有するポリマーが使用される。このため、上記ポリマーは、分散媒 31 に適度な溶解性を示す一方、ポリマー主鎖の疎水性部分は、ポリマー間の疎水性部分で、あるいは、疎水性表面を有する形状異方性部材 32 と、強い相互作用を有し、会合する。

[0176] 図 13 は、湿潤分散剤による三次元ネットワークを模式的に示す図である。

[0177] 湿潤分散剤は、図 13 に示すように、形状異方性部材 32 に吸着し、形状異方性部材 32 の凝集を防ぐとともに、会合作用がある部位が、例えば水素結合により会合することで、三次元網目構造を構築する。この結果、弱いチキソトロピック性を発現する。したがって、上記湿潤分散剤もまた、チキソ

トロピック性促進剤として寄与する。

[0178] なお、上記湿潤分散剤もまた、溶剤型であってもよく、無溶剤型であってもよく、液状であってもよい。

[0179] 上記湿潤分散剤の一例としては、例えば、「BYK（登録商標）－P 1 0 4」（商品名、ビッケミージャパン株式会社製、溶剤型、主成分：不飽和ポリカルボン酸ポリマー（5 0 w t %）、主溶剤：キシレン（3 1. 7 w t %）、エチルベンゼン（1 3 w t %）、およびジイソブチルケトン（5. 0 w t %））、「BYK（登録商標）－P 1 0 4 S」（商品名、ビッケミージャパン株式会社製、溶剤型、主成分：不飽和ポリカルボン酸ポリマーおよびポリシロキサン共重合物（5 0 w t %）、主溶剤：キシレン（3 1. 6 w t %）、エチルベンゼン（1 3 w t %）、およびジイソブチルケトン（5. 0 w t %））、「BYK（登録商標）－P 1 0 5」（商品名、ビッケミージャパン株式会社製、無溶剤型、主成分：不飽和ポリカルボン酸ポリマー（1 0 0 w t %））、「ANTI－TERRA（登録商標）－2 0 3」（商品名、ビッケミージャパン株式会社製、溶剤型、主成分：ポリカルボン酸のアルキルアンモニウム塩（5 2. 0 w t %）、主溶剤：ソルベントナフサ（4 8. 0 w t %））、「ANTI－TERRA（登録商標）－2 0 4」（商品名、ビッケミージャパン株式会社製、溶剤型、主成分：ポリアミノアマイドのポリカルボン酸塩（5 2. 0 w t %）、主溶剤：プロピレングリコールモノメチルエーテル（3 0 w t %）およびソルベントナフサ（1 8. 0 w t %））、「ANTI－TERRA（登録商標）－2 0 5」（商品名、ビッケミージャパン株式会社製、溶剤型、主成分：ポリアミノアマイドのポリカルボン酸塩（5 2. 0 w t %）、主溶剤：プロピレングリコールモノメチルエーテル（3 0 w t %）および石油ナフサ（1 8. 0 w t %））等の市販の湿潤分散剤を使用することができる。

[0180] なお、分散媒 3 1 に対する上記湿潤分散剤の添加量や上記湿潤分散剤を用いた表示パネル 2 に用いられる分散液 3 5 の調製方法は、実施形態 1 と同じである。

[0181] 〈効果〉

本実施形態でも、分散液 35 が流動していない状態（ずり応力が小さい状態）では湿潤分散剤（ポリマー）が三次元網目構造を構築する一方、形状異方性部材 32 の配向動作により分散液 35 にずり応力がかかり、分散液 35 が流動すると、三次元網目構造が崩壊し、分散媒 31 の粘度（分散液 35 の粘度）が低下する。そして、形状異方性部材 32 が静止することで分散液 35 が静止（つまり、流動しなくなる）と、再び三次元網目構造が構築され、粘度が上昇する。このため、本実施形態でも、実施形態 1 に記載の効果と同様の効果を得ることができる。

[0182] なお、上述したように、増粘剤 33 として湿潤分散剤を含む分散液 35 は、形状異方性部材 32 の浮上や沈降、面内移動等の、形状異方性部材 32 の偏りを抑制する効果や、メモリ性付与効果は低い、粘度上昇が少ないため、形状異方性部材 32 の駆動電圧は低く抑えることができる。

[0183] また、本実施形態によれば、上述したように、湿潤分散剤が形状異方性部材 32 に吸着し、形状異方性部材 32 の凝集を防ぐことから、形状異方性部材 32 が、凝集を起こさず、非常にほぐれやすい状態にある。このため、例えば、表示パネル 2 のセル内部（基板 10・20 間）に注入した分散液 35 の振とう効果がある適当な駆動方法を組み合わせることで、膨潤分散剤が分散媒 31 に安定分散した状態に随時復帰させることができる。

[0184] 〔実施形態 4〕

本発明のさらに他の実施形態について、図 14 ないし図 16 の（a）～（d）に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、説明の便宜上、実施形態 1～3 で説明した構成要素と同じ機能を有する構成要素については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。本実施形態では、実施形態 1～3 との相違点について説明する。

[0185] 〈増粘剤 33〉

本実施形態では、増粘剤 33 として、チキソトロピック性を発現する無機系レオロジーコントロール剤の一種である無機系ナノ粒子レオロジーコント

ロール剤を用いる場合を例に挙げて説明する。

[0186] 無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤によるレオロジーコントロールの原理は、実施形態 1 に示す有機系レオロジーコントロール剤と同じであり、上記無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤は、有機系レオロジーコントロール剤同様、図 4 に示すチキソトロピック性を有している。

[0187] 但し、有機系レオロジーコントロール剤と異なり、三次元網目構造構築時に化学的变化は伴わず、三次元網目構造の構築に、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤粒子（微粒子）の自然な凝集現象を利用している。

[0188] 無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤は、例えば、乾式高温焼成で製造されることから、不純物が極めて少ない。このため、レオロジーコントロール剤の分散媒 31 への添加（分散液 35 への混入）によるコンタミネーション（不純物の混入）が少なく、形状異方性部材 32 の電圧駆動時における電気分解等、信頼性の低下の要因が少ない。また、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤は、有機系レオロジーコントロール剤とは異なり、分散液 35 の分散媒 31 を変更する場合、該無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤粒子（無機ナノ粒子）の表面処理状態を変更し、凝集性をコントロールするだけでよく、材料選択の自由度が高い等の、有機系レオロジーコントロール剤よりも有利な点を有している。

[0189] 無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤には、例えばシリカナノ粒子等の無機ナノ粒子が用いられる。なお、このようなシリカナノ粒子としては、例えば、乾式高温焼成で作られる超高純度シリカナノ粒子が用いられる。

[0190] 無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤の一例としては、例えば、「AEROSIL（登録商標）-300」（商品名、日本アエロジル株式会社製、粉末、親水性（表面未処理）フュームドシリカ、一次粒子径 7 nm）、「AEROSIL（登録商標）-R976」（商品名、日本アエロジル株式会社製、粉末、疎水処理（ジメチルシリル化）フュームドシリカ、一次粒子径 7 nm）、「AEROSIL（登録商標）-R976S」（商品名、日本アエロジル株式会社製、粉末、高密度疎水処理（ジメチルシリル化）フューム

ドシリカ、一次粒子径 7 nm)、「AEROSIL (登録商標) -RX300」(商品名、日本アエロジル株式会社製、粉末、高疎水处理(ジメチルシリル化)フュームドシリカ、一次粒子径 7 nm)等の市販の無機系レオロジーコントロール剤を使用することができる。

[0191] これらのレオロジーコントロール剤は、シリカナノ粒子の凝集力を利用したレオロジーコントロール剤であり、1次粒子系(数 nm)の凝集体(数十~数百 nm)を1つの単位として、凝集体同士が連なった網目状の凝集構造を形成する。また、これらのレオロジーコントロール剤は、シリカ無機粒子が基本単位であるため、剛直な三次元網目構造を形成する。但し、有機系レオロジーコントロール剤同様、ずり応力を付与すると、上記三次元網目構造が破壊される。

[0192] このように増粘剤 33として無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を使用する場合、分散媒 31に対する該無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤の添加量は、分散媒 31の重量を 100 wt %とすると、分散媒 31の 0.05 wt %~10 wt %の範囲内であることが好ましく、0.5 wt %~3.0 wt %の範囲内であることがより好ましい。

[0193] 上記レオロジーコントロール剤および形状異方性部材 32の種類にもよるが、レオロジーコントロール剤の添加量が 0.05 wt %未満の場合、形状異方性部材 32の静止時に形状異方性部材 32の移動を抑制するのに十分な三次元ポリマーネットワークを形成することができないおそれがある。一方、上記レオロジーコントロール剤の種類にもよるが、該レオロジーコントロール剤の添加量が 10 wt %を超えると、分散液 35中のレオロジーコントロール剤の含有量が大きくなりすぎて、分散液 35に濁りが生じる等、透明性(透光性)に影響をきたしたり、分散液 35の粘度が高くなり過ぎて、表示装置 1の電圧駆動時に、分散液 35の粘度が十分に減少せず、電圧印加による形状異方性部材 32の配向速度が低下したりするおそれがある。このため、レオロジーコントロール剤として無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を使用する場合、該レオロジーコントロール剤の添加量は、上記範囲内

とすることが望ましい。

[0194] 〈分散液 3 5 の調製方法〉

次に、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を用いた表示パネル 2 に用いられる分散液 3 5 の調製方法について説明する。

[0195] まず、ステップ[1]として、分散媒 3 1 に、上記無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤（粉末）を添加することにより、形状異方性部材 3 2 を含まず、分散媒 3 1 と無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤（増粘剤 3 3）とを含む分散液 3 4（すなわち、分散媒 3 1 と無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤とからなる分散液）を調合する。

[0196] このとき、上記無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤は、上述したように、分散媒 3 1 に対し、0.05 wt %～10 wt %の範囲内、より好ましくは0.5 wt %～3.0 wt %の範囲内で添加される。

[0197] 次いで、ステップ[2]として、上記無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を分散媒 3 1 に分散させる。すなわち、本実施形態のように増粘剤 3 3 として無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を用いる場合、有機系レオロジーコントロール剤を用いた場合のように分散媒 3 1 への溶解ではなく、分散媒 3 1 に無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を、凝集無く安定分散させる処理を行う。

[0198] 無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤として用いられる無機ナノ粒子（無機系ナノ粒子）は、分散媒 3 1 に添加したままではファンデルワールス力や水素結合による自然な凝集塊となっており、分散媒 3 1 との比重差により沈降し、分散媒 3 1（得られた分散液 3 4）がゲル状となる。このため、安定分散させるためには、凝集塊に剪断力を付与して凝集塊を破砕し、一次凝集体（数十～数百 nm）のレベルまで細かくする必要がある。

[0199] このように凝集塊を一次凝集体のレベルまで細かくすることで、ストークスの式に基づく比重差による沈降変位量よりもブラウン運動による変位量を上回り、半永久的に分散媒 3 1 中で安定分散できる。

[0200] このため、上記無機ナノ粒子の分散（凝集塊の破砕）には、該無機ナノ粒

子の凝集塊に剪断力（望ましくは、超音波発生装置等よりも高いエネルギー）を付与できる攪拌分散手段が必要である。

[0201] このような攪拌分散手段としては、例えば、プライミクス株式会社製の攪拌装置「薄膜巡回型高速ミクサー T. K. フィルミックス（登録商標）」が挙げられる。

[0202] なお、攪拌条件は、上述したように上記無機ナノ粒子を分散媒 31 に安定分散させることができれば特に限定されるものではないが、例えば、攪拌周速 40 m/s で 300 秒であり、攪拌時の分散液 34 の液温は、例えば、80℃以下に制御されていることが望ましい。

[0203] 次に、ステップ[3]として、上記無機ナノ粒子の分散性チェックを行う。このとき、分散液 34 に、無機ナノ粒子の凝集塊による白濁沈殿ゲル層が発生せず、殆ど透明で、軽く振とうして流動性があれば（つまり、ゲル化していなければ）、次の工程に進む。

[0204] なお、本実施形態でも、ステップ[2]の分散液 34 の攪拌およびステップ[3]の分散性チェックは、ステップ[3]で、分散液 34 に白濁沈殿ゲル層が無いことが確認されるまで繰り返される。

[0205] その後、ステップ[4]として、上記無機ナノ粒子（つまり、上記レオロジーコントロール剤）の安定分散の確認を行うことで、三次元網目構造の形成確認を行う。無機ナノ粒子の安定分散の確認は、ステップ[3]で得られた分散液 34 を、数分間放置し、軽く振とうして流動性がある（つまり、ゲル化していない）ことが確認できればよい。三次元網目構造の目視での確認は不可能である。このため、上述したように、分散液 34 の静止時に、分散液 34 を軽く振とうして流動性がある（つまり、ゲル化していない）ことが確認できれば、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤の三次元網目構造が形成されているものとして次の工程に進む。

[0206] 図 14 は、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤として異なる材料を用いて、レオロジーコントロール剤の安定分散の確認を行った結果を示す図である。

[0207] なお、図14では、レオロジーコントロール剤の材料Aとして、「AEROSIL（登録商標）-300」を使用し、レオロジーコントロール剤の材料Bとして、「AEROSIL（登録商標）-R976」を使用している。

[0208] 図14の左図に、材料Aを用いた結果として示すように、レオロジーコントロール剤が分散媒31に安定分散することで三次元網目構造を形成していない場合、凝集塊による白濁沈降ゲル層が確認できる。これに対し、図14の右図に、材料Bを用いた結果として示すように、レオロジーコントロール剤が良好な三次元網目構造を形成している場合、分散液34が、透明なしい僅かに白濁し、凝集塊による白濁沈降ゲル層は見られない。

[0209] また、分散媒31（分散液34）が流動していない（ずり応力がかかっていない）状態では、図14の右図に示すように、無機ナノ粒子の一次凝集体同士が軽く連結して三次元網目構造を形成しており、これにより、分散液34の粘度が高くなっている。

[0210] なお、分散媒31（分散液34）が流動している（ずり応力がかかっている）状態では、図14において三次元網目構造あるいは凝集塊を形成している無機ナノ粒子の一次凝集体が浮遊しているだけで、分散液34の粘度は低い。したがって、上述したように、分散液34の静止時に、分散液34を軽く振とうして流動性があることが確認できれば、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤の三次元網目構造が形成されているものとして次の工程に進む。

[0211] なお、図14において右図に示すように、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤として用いられるAEROSIL（登録商標）粒子は、強固な立体構造を形成する。AEROSIL（登録商標）粒子の基本構造は、球状粒子ではなく、球状体の一次粒子が強く結合したもの、すなわち、凝集構造を保つ一次凝集体が、基本構造である。AEROSIL（登録商標）粒子は、上述した一次凝集体の構造を基に二次凝集体が生じ、極めて細い分枝した凝集粒子により、三次元網目構造の系を形成する。該三次元網目構造は、硬い構造体であり、圧縮変形し難い。一次凝集体が固体表面に定着された面は、

分枝した球状粒子が突出した形状となり、接触面積が小さい、粗度の大きな表面となる。

[0212] 次いで、ステップ[5]およびステップ[6]として、実施形態1におけるステップ[5]およびステップ[6]と同様の作業を行うことで、分散媒31と、上記レオロジーコントロール剤（増粘剤33）と、形状異方性部材32とを含む分散液35（本例では、分散媒31と、上記無機系レオロジーコントロール剤と、形状異方性部材32とからなる分散液）が調製される。

[0213] 〈透過率の制御方法〉

このようにして得られた分散液35は、増粘剤33にチキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いていることから、実施形態1にかかる分散液35と同じ挙動を示す。

[0214] したがって、本実施形態にかかる表示パネル2における透過率の制御方法（表示パネル2の表示方法）は、実施形態1と同じである。したがって、ここでは、その説明を省略する。

[0215] 〈効果〉

以上のように、本実施形態によれば、実施形態1同様、増粘剤33にチキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いていることから、実施形態1に記載の効果と同様の効果を得ることができる。しかも、無機系レオロジーコントロール剤は、上述したように、有機系レオロジーコントロール剤と比べて材料選択の自由度が高い。

[0216] さらに、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤は、上述したように、レオロジーコントロール剤の分散媒31への添加（分散液35への混入）によるコンタミネーション（不純物の混入）が少なく、形状異方性部材32の電圧駆動時における電気分解等、信頼性の低下の要因が少ない。

[0217] このため、実施形態1～3同様、AC（交流）駆動が可能であるとともに、電気分解等が生じるおそれがなく、DC（直流）さらにはAC（交流）においても極めて信頼性が高い駆動を行うことができる。

[0218] 図15の（a）は、表示パネル2の概略構成を模式的に示す斜視図であり

、図15の(b)は、増粘剤33として無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を使用したときの、図15の(a)に点線で示す領域4を撮像した写真を示す図であり、図15の(c)は、増粘剤33として有機系レオロジーコントロール剤を使用したときの、図15の(a)に点線で示す領域4を撮像した写真を示す図である。

[0219] なお、図15の(a)～(c)に示す例では、上記無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤に「AEROSIL（登録商標）－R976」を使用し、有機系レオロジーコントロール剤に「BYK（登録商標）－410」を使用した。また、図15の(b)では、10Vの直流電圧を印加し、図15の(c)では、5Vの直流電圧を印加した。

[0220] 図15の(c)に示す例では、有機系レオロジーコントロール剤を使用してDC駆動を行ったところ、有機系レオロジーコントロール剤添加時の分散媒31への不純物の混入による電気分解が発生し、表示パネル2内部で、ガスの発生や電極面への反応物質の析出が見受けられた。

[0221] しかしながら、図15の(b)に示すように、無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を使用した場合、直流電圧を印加しても、電気分解は発生せず、ガスの発生や電極面への反応物質の析出等の変化は見受けられなかった。以上の結果から、増粘剤33として無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を用いた場合、DC駆動を行う場合であっても、十分な信頼性を確保することができることが判る。

[0222] また、図16の(a)～(d)は、上記レオロジーコントロール剤を含む分散液35を用いた表示パネル2を電圧駆動した様子を示す光顕微鏡写真を示す図である。

[0223] なお、ここでは、レオロジーコントロール剤として、「AEROSIL（登録商標）－R976S」を使用し、分散媒31に比重1.4の炭酸プロピレンを使用し、形状異方性部材32に、比重2.7のアルミニウムフレークを使用し、セル厚を79 μ mとして撮影した。

[0224] ここで、図16の(a)は、図1の(a)に示す状態を示し、図16の(

b) は、図 1 の (b) に示す状態を示し、図 16 の (c) は、図 1 の (d) に示す状態を示し、図 16 の (d) は、図 1 の (g) に示す状態を示す。

[0225] 実施形態 1 同様、本実施形態でも、図 16 の (a) に示す初期状態（電圧無印加時）から、周波数 60 Hz、5.0 V の交流電圧を光変調層 30 に印加すると、図 16 の (b) に示すように、形状異方性部材 32 は、その長軸が基板 10・20 に水平な状態から基板 10・20 に垂直な状態となるように回転または移動する。

[0226] その後、電圧を OFF すると、メモリ効果により、図 16 の (c) に示すように、電圧 OFF 後も、形状異方性部材 32 の配向方向並びに平面視での形状異方性部材 32 の位置がほぼ保持される。

[0227] しかしながら、光変調層 30 に、5.0 V の直流電圧（周波数 0 Hz）を印加すると、図 16 の (d) に示すように、形状異方性部材 32 は、その長軸が基板 10・20 に垂直な状態から基板 10・20 に平行な状態となるように回転または移動する。

[0228] このように、本実施形態によれば、増粘剤 33 として無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を用いることで、DC 駆動を行うことができる。

[0229] 〔実施形態 5〕

本発明のさらに他の実施形態について、図 17 に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、説明の便宜上、実施形態 1～4 で説明した構成要素と同じ機能を有する構成要素については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。本実施形態では、実施形態 1～4 との相違点について説明する。

[0230] 〈増粘剤 33〉

本実施形態では、増粘剤 33 として、チキソトロピック性を発現する無機系レオロジーコントロール剤の一種である無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤を用いる場合を例に挙げて説明する。

[0231] 無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤としては、例えば、ベントナイトが挙げられる。

[0232] 図 17 は、ベントナイト（モンモリロナイト）のカードハウス構造を模式

的に示す図である。

[0233] ベントナイトは、粘土鉱物であるモンモリロナイトを主成分とする粘土である。ベントナイト（モンモリロナイト）は、複数の層からなる薄片状の結晶構造を有しており、図17に示すように、薄片の表面が負電荷、端面が正電荷を帯びた構造を有している。

[0234] このようなモンモリロナイトを主成分とする精製ベントナイト（モンモリロナイト）は、水系で膨潤して増粘する。精製ベントナイトを水に分散させると、層構造が静電氣的結合を起こし、図17に示すように、カードハウス構造と称される三次元の会合構造（三次元網目構造）を形成する。カードハウス構造がある程度進行すると、ベントナイトを含む分散液35がゲル化し、分散液35に粘性が生じる。該分散液35にずり応力を加えると、薄片状の結晶が分散液35の流れに平行に配列することで、分散液35の粘性が低下し、分散液35を再び静止状態（流動していない状態）にすると、再度、カードハウス構造を形成することで、分散液35の粘性が増加する。これにより、精製ベントナイトは、増粘性並びにチキソトロピック性を示す。

[0235] また、上記ベントナイトとしては、いわゆる有機化ベントナイト（親有機化ベントナイト）であってもよい。有機化ベントナイトは、モンモリロナイトの陽イオン交換性を利用して層間に有機化剤を入れ込み、有機溶媒への分散を可能にしたものである。

[0236] なお、上記有機化剤としては、例えば、ジメチルステアリルアンモニウム塩やトリメチルステアリルアンモニウム塩といった第4級アンモニウム塩、ベンジル基やポリオキシエチレン基を有するアンモニウム塩、フォスフォニウム塩、イミダゾリウム塩等が挙げられる。

[0237] 有機化ベントナイトは、有機溶剤系で膨潤して増粘する。有機化ベントナイトを含む分散液35にずり応力を加えると、薄片状の結晶が分散液35の流れに平行に配列することで、分散液35の粘性が低下し、分散液35を再び静止状態（流動していない状態）にすると、薄片状の結晶の端面に存在している水酸基の水素結合により会合し、薄片状の結晶同士が三次元ネットワ

ークを形成することで、分散液35の粘性が増加する。これにより、有機化ベントナイトもまた、増粘性並びにチキソトロピック性を示す。

[0238] 上記精製ベントナイトとしては、例えば、株式会社ホーゲン製のBEN-GELシリーズと称される市販の精製ベントナイトを用いることができる。該BEN-GELシリーズの精製ベントナイトとしては、例えば、「BEN-GEL」、「BEN-GEL HV」、「BEN-GEL HVP」、「BEN-GEL フレーク」、「BEN-GEL FW」、「BEN-GEL A」、「BEN-GEL BRITE11」、「BEN-GEL BRITE23」、「BEN-GEL BRITE25」等（何れも商品名）の、BEN-GELタイプと称される精製ベントナイト、「BEN-GEL W-100」（アニオン系ポリマーにより表面修飾されたアニオン系ポリマー複合モンモリロナイト）、「BEN-GEL W-100U」（カルボキシビニルポリマーによるポリマー複合モンモリロナイト）、「BEN-GEL W-300U」（カルボキシビニルポリマーによるポリマー複合モンモリロナイト）、「BEN-GEL W-300HP」（カルボキシビニルポリマーによるポリマー複合モンモリロナイト）、「BEN-GEL W-513U」等（何れも商品名）の、BEN-GEL Wタイプと称される有機ポリマー複合精製ベントナイト、「BEN-GEL SH」（商品名、アルキルトリアルコキシシランにより端面修飾されたシラン処理モンモリロナイト）等の、BEN-GEL SHタイプと称される部分塑性性精製ベントナイト、「MULTIBEN」（商品名、プロピレンカーボネート複合モンモリロナイト）等の、MULTIBENタイプと称される極性有機溶剤複合精製ベントナイト等が挙げられる。

[0239] また、上記有機化ベントナイトとしては、「S-BEN」、「S-BENC」、「S-BEN E」、「S-BEN W」、「S-BEN WX」等（何れも商品名）のS-BENタイプ、「ORGANITE」、「ORGANITE T」等（何れも商品名）のORGANITEタイプ、「S-BEN N-400」、「S-BEN NX」、「S-BEN NX80」、

「S-BEN NZ」、「S-BEN NZ70」、「S-BEN NE」、「S-BEN NEZ」、「S-BEN NO12S」、「S-BEN NO12」、「S-BEN NTO」等（何れも商品名）の易分散タイプと称される有機化ベントナイトが挙げられる。

[0240] このように無機系レオロジーコントロール剤として無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤を使用する場合にも、無機系レオロジーコントロール剤として無機系ナノ粒子レオロジーコントロール剤を使用する場合と同様の理由から、分散媒31に対する無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤の添加量は、最終的に、分散媒31の0.05wt%～10wt%の範囲内となるように調整されることが好ましく、0.5wt%～3.0wt%の範囲内となるように調整されることがより好ましい。

〈分散液35の調製方法〉

次に、無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤を用いた表示パネル2に用いられる分散液35の調製方法について説明する。

[0241] まず、ステップ[1]として、分散媒31と上記無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤とを混合することにより、形状異方性部材32を含まず、分散媒31と無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤（増粘剤33）とを含む分散液34（すなわち、分散媒31と無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤とからなる分散液）を調合する。

[0242] 但し、このように無機系レオロジーコントロール剤としてベントナイトのような無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤を使用する場合、まず、少量の分散媒31を無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤に添加し、高せん断力の攪拌装置を用いてプレゲルを作製する。

[0243] なお、このときの無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤（例えば精製ベントナイト）の使用量（すなわち、プレゲル形成時における無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤の使用量）は、分散媒31に対し、3wt%～10wt%の範囲内となるように設定される。

[0244] なお、上記攪拌装置としては、例えば、プライミクス株式会社製の攪拌装

置「薄膜旋回型高速ミクサーＴ．Ｋ．フィルミックス（登録商標）」等を用いることができる。

[0245] この場合の攪拌条件は、上記無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤を含む分散液３４をゲル化させることができれば特に限定されるものではないが、例えば、攪拌周速４０ｍ／ｓで３００秒であり、攪拌時の分散液３４の液温は、例えば、８０℃以下に制御されていることが望ましい。

[0246] その後、数時間～１日放置して、一旦、安定したゲル状態を形成させる。

[0247] 次いで、ステップ[２]として、上記プレゲルに、さらに分散媒３１を追加して攪拌することにより、上記無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤を分散媒３１に分散させる。

[0248] このとき、分散媒３１は、分散媒３１に対する上記無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤の添加量が、上述したように０．０５ｗｔ％～１０ｗｔ％の範囲内、好ましくは０．５ｗｔ％～３．０ｗｔ％の範囲内となるように、その追加量が設定される。

[0249] このときの攪拌装置にも、例えば、プライミクス株式会社製の攪拌装置「薄膜旋回型高速ミクサーＴ．Ｋ．フィルミックス（登録商標）」等を用いることができる。

[0250] なお、この場合の攪拌条件は、上記無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤を分散媒３１に安定分散させることができれば特に限定されるものではないが、一例として、攪拌周速５ｍ／ｓで３００秒である。なお、この場合には、攪拌時の分散液３４の温度制御は必要ない。

[0251] 次いで、ステップ[３]として、上記無機ナノ粒子の分散性チェックを行う。このとき、分散液３４に、上記無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤の凝集塊による沈殿ゲル層が発生せず、殆ど透明で、軽く振とうして流動性があれば（つまり、ゲル化していなければ）、次の工程に進む。

[0252] なお、本実施形態でも、ステップ[２]の分散液３４の攪拌およびステップ[３]の分散性チェックは、ステップ[３]で、分散液３４に沈殿ゲル層が無いことが確認されるまで繰り返される。

[0253] その後、ステップ[4]として、上記無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤の安定分散の確認を行うことで、三次元網目構造の形成確認を行う。上記無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤の安定分散の確認は、ステップ[3]で得られた分散液34を軽く振とうして流動性がある（つまり、ゲル化していない）ことが確認できればよい。実施形態4同様、三次元網目構造の目視での確認は不可能である。このため、上述したように、分散液34の静止時に、分散液34を軽く振とうして流動性がある（つまり、ゲル化していない）ことが確認できれば、無機系レオロジーコントロール剤（本実施形態では無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤）の三次元網目構造が形成されているものとして次の工程に進む。

[0254] 次に、本実施形態でも、ステップ[5]およびステップ[6]として、実施形態1におけるステップ[5]およびステップ[6]と同様の作業を行うことで、分散媒31と、上記レオロジーコントロール剤（増粘剤33）と、形状異方性部材32とを含む分散液35（本例では、分散媒31と、上記無機系レオロジーコントロール剤と、形状異方性部材32とからなる分散液）が調製される。

[0255] 〈透過率の制御方法〉

このようにして得られた分散液35は、増粘剤33にチキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いていることから、実施形態1にかかる分散液35と同じ挙動を示す。

[0256] したがって、本実施形態にかかる表示パネル2における透過率の制御方法（表示パネル2の表示方法）は、実施形態1と同じである。したがって、ここでは、その説明を省略する。

[0257] 〈効果〉

以上のように、本実施形態でも、実施形態1同様、増粘剤33にチキソトロピック性を発現するレオロジーコントロール剤を用いていることから、実施形態1に記載の効果と同様の効果を得ることができる。

[0258] また、本実施形態によれば、他のレオロジーコントロール剤と同様に、分

散媒 3 1（流体）のずり応力により三次元ネットワーク構造（本実施形態では、カードハウス構造や、薄片状の結晶の端面同士の水素結合等）が崩れ、流体の粘度が下がるが、他のレオロジーコントロール剤と異なり、形状異方性部材 3 2 の駆動のために印加する電場に応答して薄片の配向がランダムに乱れ、自らネットワーク構造を崩す効果がある。このため、本実施形態によれば、他のレオロジーコントロール剤を用いる場合よりも速やかに形状異方性部材 3 2 の駆動時（電圧印加時）の粘度低下が起こる。このため、本実施形態によれば、形状異方性部材 3 2 の駆動電圧低下や、応答速度向上の効果を得ることができる。

[0259] また、本実施形態によれば、無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤は天然鉱物由来のレオロジーコントロール剤であるため、材料が非常に安価であり、他の実施形態と比較して、表示装置 1 の製造にかかる費用を抑えることができるという利点を有している。

[0260] 〈無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤の変形例〉

なお、本実施形態では、無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤として、主に、ベントナイトを例に挙げて説明したが、上記無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤としては、例えば、セピオライトを用いることもできる。

[0261] セピオライトは、鎖状構造を有する含水珪酸マグネシウムである。セピオライトは、水等に分散することで増粘効果を有するとともに、チキソトロピック性を有している。セピオライトを水に分散したスラリーに大きい外力（ずり応力）を加えると、粘度が低い状態になり、ずり応力をかけるのをやめると、高い粘度を示す。このため、セピオライトもまた、本実施形態にかかる増粘剤 3 3 として好適に用いることができる。

[0262] 〔変形例〕

上記各実施形態では、表示装置 1 が透過型の表示装置である場合について説明したが、上記形状異方性部材 3 2 は、例えば、反射型の表示装置や半透過型等の表示装置にも適用することができる。また、上記各実施形態にかか

る表示パネル 2 および表示装置 1 は、上述した構成に限定されるものではなく、以下の構成とすることもできる。

[0263] 以下の説明では、実施の形態 1～5 にかかる各表示装置 1 との相違点について説明するものとし、実施の形態 1～5 で説明した各構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の番号を付し、その説明を省略する。

[0264] (反射型)

図 18 の (a) ・ (b) は、本発明の実施の一形態にかかる反射型の表示装置 1 の概略構成を示す断面図である。

[0265] 本例にかかる表示装置 1 は、表示パネル 2 と、駆動回路（図示せず）とを備え、表示パネル 2 に入射された外光を反射して表示を行う反射型の表示装置である。

[0266] 本例にかかる表示パネル 2 は、実施形態 1 にかかる表示パネル 2 同様、互いに対向して配置された一对の基板 10・20 と、これら一对の基板 10・20 の間に配置された光変調層 30 とを備えている。

[0267] 本例にかかる表示パネル 2 は、基板 10 が、電極 12 の下層に、光吸収層 13 が設けられていることを除けば、実施形態 1 にかかる表示パネル 2 と同様の構成を有している。

[0268] すなわち、本実施の形態にかかる基板 10 は、ガラス基板 11 上に、図示しない、各種信号線（走査信号線、データ信号線等）、TFT、および絶縁膜を備え、その上に、光吸収層 13、電極 12 が、この順に積層された構成を有している。

[0269] 光吸収層 13 は、自身に入射された光のうち少なくとも一定の範囲の波長の光を吸収する性質を有する。また光吸収層 13 は、着色されていてもよく、例えば黒色に着色されている。

[0270] このような着色層（光吸収層 13）の材料としては、特に限定されるものではないが、例えば、黒色レジスト等が挙げられる。該着色層の厚みは、該着色層の材料等に応じて適宜設定すればよく、特に限定されるものではないが、例えば、 $1\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ の範囲であることが、十分な着色性を得ること

ができることから好ましい。

[0271] また、本実施形態のように表示装置 1 として反射型の表示装置を形成する場合には、形状異方性部材 3 2 として、可視光を反射する性質を有する形状異方性部材が用いられる。なお、形状異方性部材 3 2 は着色されていてもよい。形状異方性部材 3 2 のその他の性質は、実施形態 1 に示した形状異方性部材 3 2 と同一である。

[0272] 光変調層 3 0 は、電極 1 2 ・ 2 2 に接続された電源 4 1 により電圧が印加され、印加電圧の周波数の変化に応じて、外部から光変調層 3 0 に入射された光（外光）の反射率を変化させる。

[0273] 光変調層 3 0 に、高周波として例えば周波数 6 0 H z の電圧（交流電圧）を印加すると、図 1 8 の（b）に示すように、形状異方性部材 3 2 は、その長軸が電気力線に平行になるように回転または移動する。すなわち、形状異方性部材 3 2 は、その長軸が基板 1 0 ・ 2 0 に垂直な方向になるように配向（縦配向）する。このため、光変調層 3 0 へ入射された外光は、光変調層 3 0 を透過（通過）し、光吸収層 1 3 に吸収される。これにより、観察者からは、光吸収層 1 3 の黒色が観察される（黒表示）。

[0274] 一方、光変調層 3 0 に、低周波として例えば周波数 0. 1 H z、または、直流（周波数 = 0 H z）の電圧を印加すると、帯電性を有する形状異方性部材 3 2 は、その帯電した電荷の極性と逆極性の電荷が帯電された電極付近に吸い寄せられる。そして、形状異方性部材 3 2 は、最も安定した配向をとり、基板 1 0 または基板 2 0 に貼り付くように回転または移動する。すなわち、図 1 8 の（a）に示すように、形状異方性部材 3 2 は、その長軸が基板 1 0 ・ 2 0 に平行になるように配向（横配向）する。このため、光変調層 3 0 へ入射された外光は、形状異方性部材 3 2 により反射される。これにより、反射表示を実現できる。

[0275] このように、表示パネル 2 の背面側（つまり、観察者から見て背面側の基板 1 0 における電極 1 2 の裏面側）に着色層（光吸収層 1 3）を設けると、形状異方性部材 3 2 が横配向のときは形状異方性部材 3 2 の反射色が観察さ

れ、縦配向のときは着色層（光吸収層 13）が観察される。例えば、着色層を、上述したように黒色とし、形状異方性部材 32 を金属片としたときは、横配向のときに金属片の反射が得られ、縦配向のときは黒表示が得られる。

[0276] さらに、このとき、形状異方性部材 32 のサイズを例えば平均径 $20\ \mu\text{m}$ 以下で形成したり、形状異方性部材 32 の表面を光散乱性を有するように凹凸状に形成したり、形状異方性部材 32 の輪郭を凹凸の激しい形状にすることにより、反射光が散乱し、白表示を得ることができる。

[0277] 一方、形状異方性部材 32 の表面が平ら（鏡面）であれば、図 18 の（a）に示すように横配向させた状態において、形状異方性部材 32 の反射面の大部分が同一平面上にあるので、鏡面性の高い表示（ミラー反射）をすることができる。

[0278] また、図 19 の（a）・（b）は、本発明の実施の他の形態にかかる反射型の表示装置 1 の概略構成を示す断面図である。

[0279] 図 19 の（a）では、光変調層 30 に、直流電圧を印加した場合において、基板 10 の電極 12 に帯電する電荷の極性（正）と、形状異方性部材 32 に帯電する電荷の極性（負）とが、互いに異なっており、形状異方性部材 32 が基板 10 に貼り付くように配向した様子を示している。図 19 の（a）のように、形状異方性部材 32 を背面側の基板 10 側に配向させる構成では、観察者側からは形状異方性部材 32（例えばフレーク）が堆積しているように観察されるため、複数の形状異方性部材 32 により凹凸面が形成され、散乱の強い表示を得ることができる。

[0280] また、形状異方性部材 32 が横配向している場合に、光変調層 30 に印加する直流電圧の極性を制御して、図 18 の（a）の状態と、図 19 の（a）の状態とを切り替える構成とすれば、例えば背面側に黒色の光吸収層 13 を配置することにより、黒色（縦配向（図 18 の（b）、図 19 の（b）））と、白色（横配向（図 19 の（a）））と、ミラー反射（横配向（図 18 の（a）））とを切り替える表示装置 1 を実現することができる。

[0281] また、基板 20 にカラーフィルタ（図示せず）を設けた場合は、図 18 の

(a) に示すように形状異方性部材 32 を観察者側の基板 20 に配向させる構成にすると、光変調層 30 とカラーフィルタとの間に発生する視差を抑制することができるため、高品位のカラー表示を実現することができる。

[0282] なお、表示装置 1 は、表示パネル 2 の背面側に、光吸収層 13 の代わりに、正反射や散乱反射する光反射層を設け、形状異方性部材 32 を着色部材で形成して、横配向のときはフレークによる着色表示させ、縦配向のときは反射層による反射表示させる構成としてもよい。

[0283] 表示装置 1 は、例えば、携帯電話機等の非表示面（通常の画像表示面ではないボディ面等）に設置することもできる。このような携帯電話機において、表示装置 1 の電極 12・22 を透明電極で構成すれば、形状異方性部材 32 を縦配向させることにより、非表示面に携帯電話機のボディ色を表示させることができる一方、形状異方性部材 32 を横配向させることにより、非表示面に形状異方性部材 32 の着色を表示させる、あるいは外光を反射させることができる。なお、形状異方性部材 32 を横配向させて、鏡（ミラー反射）として利用することもできる。このような表示装置 1 では、電極 12・22 をセグメント電極やベタ電極で構成することができるため、回路構成を簡略化することもできる。

[0284] また、表示装置 1 は、例えば、2D／3D 表示用の切替パネルに適用することもできる。具体的には、通常の液晶表示パネルの前面に、切替パネルとしての表示装置 1 を設置する。そして、表示装置 1 は、黒色に着色されたフレークをストライプ状に配し、2D 表示の際には、フレークを縦配向させて液晶表示パネルの全面に表示される画像を視認可能にし、3D 表示の際には、形状異方性部材 32 を横配向させてストライプを形成し、液晶表示パネルに右用画像および左用画像を表示して立体画像として認識させる。これにより、2D 表示と 3D 表示とを切り替えることが可能な液晶表示装置を実現することができる。また、上記の構成は、デュアルビュー等のマルチビュー表示の液晶表示装置に適用することもできる。

[0285] （シースルー型）

図20の(a)・(b)は、本発明の実施の一形態にかかるシースルー型の表示装置1の概略構成を示す断面図である。なお、図20の(a)・(b)では、図18の(a)・(b)に示す表示パネル2をシースルー型に構成したときの光の進行状態を示している。

[0286] 図20の(a)に示すように、図18の(a)・(b)に示す表示装置1において、光吸収層13を透明層とするか、あるいは、光吸収層13を省略して、基板10・20を透明基板とした場合には、背面側(基板10側)においても、光変調層30に入射された外光を形状異方性部材32により反射させることができるため、反射表示が可能となる。この場合、形状異方性部材32が横配向しているときは、形状異方性部材32の反射色または黒が観察される。

[0287] また、図20の(b)に示すように、形状異方性部材32を縦配向させた場合は、観察者は、表示パネル2を介して、観察者がいる側と反対側を観察することができるため、いわゆるシースルーの表示パネルを実現することができる。このような表示装置1および表示パネル2は、例えばショーウィンドウに好適である。

[0288] なお、ここでは、一例として、図20の(a)・(b)に示すように、図18の(a)・(b)に示す表示装置1において、光吸収層13を透明層とした場合あるいは光吸収層13を省略した場合を例に挙げて説明したが、本実施の形態は、これに限定されるものではない。

[0289] 例えば、図19の(a)・(b)に示す表示パネル2においても、光吸収層13を透明層とするか、あるいは、光吸収層13を省略して、光変調層30を挟持する一对の基板を透明基板とすることで、シースルーの表示パネルを実現することができる。

[0290] (半透過型)

図21の(a)・(b)は、本発明の実施の一形態にかかる半透過型の表示装置1の概略構成を示す断面図である。

[0291] 本例にかかる表示装置1は、表示パネル2と、バックライト3と、駆動回

路（図示せず）とを備え、バックライト 3 の光を透過して表示を行うとともに、入射された外光を反射して表示を行う、いわゆる半透過型の表示装置である。

[0292] 本例にかかる表示パネル 2 は、実施形態 1 にかかる表示パネル 2 同様、互いに対向して配置された一对の基板 10・20 と、これら一对の基板 10・20 の間に配置された光変調層 30 とを備えている。なお、表示パネル 2 の構成そのものは、実施形態 1 に示した通りである。

[0293] 但し、光変調層 30 は、電極 12・22 に接続された電源 41 により電圧が印加され、印加電圧の周波数の変化に応じて、バックライト 3 から光変調層 30 に入射された光の透過率、および外部から光変調層 30 に入射された光（外光）の反射率を変化させる。

[0294] 本例では、光変調層 30 に、高周波として例えば周波数 60 Hz の電圧（交流電圧）を印加すると、図 21 の（b）に示すように、形状異方性部材 32 は、その長軸が電気力線に平行になるように回転または移動することで、その長軸が基板 10・20 に垂直になるように配向（縦配向）する。これにより、バックライト 3 から光変調層 30 へ入射された光は、光変調層 30 を透過（通過）して、観察者側に出射される。このようにして、透過表示が実現される。

[0295] 一方、光変調層 30 に、低周波として例えば周波数 0.1 Hz の交流電圧、または、周波数が 0 Hz である直流電圧を印加すると、帯電性を有する形状異方性部材 32 は、その帯電した電荷の極性と逆極性の電荷が帯電された電極付近に吸い寄せられる。そして、形状異方性部材 32 は、最も安定した配向をとり、基板 10 または基板 20 に貼り付くように回転または移動する。すなわち、図 21 の（a）に示すように、形状異方性部材 32 は、その長軸が基板 10・20 に平行になるように配向（横配向）する。このため、光変調層 30 へ入射された外光は、形状異方性部材 32 により反射される。これにより、反射表示が実現される。

[0296] このように、本例にかかる表示装置 1 は、反射表示モードと透過表示モー

ドとを切り替えて表示を行う。

[0297] （お椀型の形状異方性部材 3 2）

形状異方性部材 3 2 には、お椀型に形成された（凹凸面を有する）形状異方性部材 3 2（フレーク）を用いることもできる。

[0298] 図 2 2 の（a）～（c）は、お椀型の形状異方性部材 3 2 を用いた表示装置 1 の概略構成の一例を示す断面図である。

[0299] なお、図 2 2 の（a）・（b）は、図 1 8 の（a）・（b）に示す反射型の表示装置 1 において、お椀型の形状異方性部材 3 2 を用いた状態を示し、図 2 2 の（c）は、光変調層 3 0 に印加する直流電圧の極性を、図 2 2 の（a）とは逆にした状態を示している。

[0300] 本例によれば、図 1 8 の（a）・（b）に示す、平坦型（平面型）の形状異方性部材 3 2 を用いた表示装置 1 と比較して、光散乱性を向上させることができる。

[0301] なお、図 2 2 の（a）～（c）では、上述したように表示装置 1 として反射型の表示装置 1 を用いた場合を例に挙げて図示したが、透過型あるいは半透過型の表示装置 1 に上記形状異方性部材 3 2 を用いてもよいことは、言うまでもない。

[0302] （ファイバー状の形状異方性部材）

また、形状異方性部材 3 2 は、ファイバー状の形状異方性部材 3 2 を用いることもできる。

[0303] 図 2 3 の（a）・（b）は、ファイバー状の形状異方性部材 3 2 を用いた表示装置 1 の概略構成の一例を示す断面図である。

[0304] なお、図 2 3 の（a）・（b）は、図 1 8 の（a）・（b）に示す反射型の表示装置 1 において、ファイバー状の形状異方性部材 3 2 を用いた状態を示している。該ファイバー状の形状異方性部材（以下、「ファイバー」と記す）は、透明円柱状のガラスに反射膜（金属、または、金属および樹脂コート）を形成した構成とすることができる。

[0305] 図 2 3 の（a）は、光変調層 3 0 に、低周波として例えば周波数 0.1 Hz

z、または、直流の電圧を印加することにより、ファイバーを横配向させて反射表示（白表示）を行う状態を示している。横配向の場合は、外光がファイバーの反射膜により散乱反射し、白表示となる。図23の（b）は、高周波として例えば周波数60Hzの電圧（交流電圧）を印加することにより、ファイバーを縦配向させて透過表示（黒表示）を行う状態を示している。縦配向の場合は、外光がファイバーにより反射された後、基板10方向へ進行し、光吸収層13に吸収されるため、黒表示となる。

[0306] （電圧印加方法について）

また、光変調層への電圧印加方法は、直流と交流とで切り替える構成に限定されず、対向する電極（共通電極）にオフセット電圧、好ましくは交流で印加する最大電圧よりも低いオフセット電圧を印加し、交流で印加する電圧の強度（振幅）を変えることにより、実質的に交流と直流とを切り替える構成（直流成分と交流成分の大小関係を調節する構成）としてもよい。

[0307] また、本発明の表示装置では、光変調層に印加する交流電圧の大きさおよび周波数、形状異方性部材32のサイズ等により、中間調表示を行うことができる。例えば、大きさの異なる形状異方性部材32を混在させることにより、形状異方性部材32の大きさに応じて、各形状異方性部材32の配向状態を変えることができる。これにより、交流電圧の大きさおよび周波数に応じて、光透過率を制御（中間調表示）することができる。

[0308] （増粘剤）

また、実施形態1～5では、分散液35がチキソトロピック性流体あるいは擬塑性流体である場合を例に挙げて説明したが、上記増粘剤33としては、塑性流体（ビンガム流体）であってもよい。塑性流体は、降伏値を有し、降伏値を超えると、ニュートン流体のように一定の粘度を示す非ニュートン性流体である。すなわち、上記増粘剤33は、塑性促進剤であってもよい。

[0309] 〔まとめ〕

以上のように、本発明の態様1にかかる表示パネルは、互いに対向配置された第1および第2の基板（基板10・20）と、上記第1および第2の基

板（基板 10・20）間に挟持され、印加電圧の周波数の変化に応じて入射した光の透過率を制御する光変調層 30 とを含み、上記光変調層 30 は、該光変調層 30 に印加する電圧の大きさまたは周波数の変化に応じて回転または移動することで、上記第 1 および第 2 の基板（基板 10・20）の法線方向から見た投影像の面積が変化する複数の形状異方性部材 32 と、上記形状異方性部材 32 を分散させる分散媒 31 と、増粘剤 33 とを含む分散液 35 からなり、上記増粘剤 33 は、上記分散液 35 にかかるずり応力が大きくなると、ずり応力が小さいときよりも上記分散液 35 の粘度を減少させる。

[0310] 上記の構成によれば、上記分散液 35 が上記増粘剤 33 を含むことで、分散液 35 に加わるずり応力が小さい状態では分散液 35 の粘度が上昇し、形状異方性部材 32 の浮上や沈降、面内移動等の、形状異方性部材 32 の偏りを抑制することができる一方、形状異方性部材 32 の配向変化時には、形状異方性部材 32 が回転または移動することにより分散液 35 に加わるずり応力が大きくなることで、分散液 35 の粘度が減少し、形状異方性部材 32 の動きを妨げない。このため、上記の構成によれば、駆動性能を極力損なわずに、形状異方性部材 32 の偏りによる表示不良を防止することができる。

[0311] さらに、上記表示パネル 2 によれば、形状異方性部材 32 の静止時には、分散液 35 の粘度が上昇し、形状異方性部材 32 の配向を保持することができるので、メモリ表示が可能である。

[0312] 本発明の態様 2 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 において、上記増粘剤 33 は、上記形状異方性部材 32 が静止している状態では三次元網目構造を形成し、上記形状異方性部材 32 が回転または移動して上記分散液 35 にかかるずり応力が大きくなると、上記三次元網目構造が一時的に破壊されることが好ましい。

[0313] 上記の構成によれば、上記増粘剤 33 は、上記形状異方性部材 32 が静止している状態では三次元網目構造を形成することで、分散液 35 の粘度が上昇する一方、上記形状異方性部材 32 が回転または移動して上記分散液 35 にかかるずり応力が大きくなると、上記三次元網目構造が一時的に破壊され

ることで、分散液 35 の粘度が減少する。このため、上記の構成によれば、駆動性能を極力損なわずに、形状異方性部材 32 の偏りによる表示不良を防止することができるとともに、メモリ表示が可能になる。

[0314] 本発明の態様 3 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 または 2 において、上記増粘剤 33 は、上記分散液 35 にチキソトロピック性を付与することが好ましい。言い換えれば、上記増粘剤 33 は、チキソトロピック性付与剤（チキソトロピック性促進剤）であることが好ましい。

[0315] チキソトロピック性を示す流体（チキソトロピック性流体）は、ずり応力が大きいと粘度が低下する一方、ずり応力が小さいと粘度が増加する。このため、上記の構成によれば、駆動性能を極力損なわずに、形状異方性部材 32 の偏りによる表示不良を防止することができるとともに、メモリ表示が可能になる。

[0316] また、チキソトロピック性を示す分散液 35 は、ずり速度 = 0（静止時）で過度に増粘することがない（比較的増粘が小さい）。このため、上記の構成によれば、駆動電圧を比較的低く抑えることができ、駆動電圧が過度に上昇することを避けることができる。

[0317] 本発明の態様 4 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1～3 の何れかにおいて、上記増粘剤 33 は湿潤分散剤であることが好ましい。

[0318] 湿潤分散剤は、一般的に、顔料凝集防止剤として使用されており、レオロジーコントロール剤と同様の効果を発現する。湿潤分散剤は、形状異方性部材 32 に吸着し、形状異方性部材 32 の凝集を防ぐとともに、会合作用がある部位が会合することで、三次元網目構造を構築し、増粘性を発現するとともに、弱いチキソトロピック性を発現する。このため、チキソトロピック性促進剤として寄与する。

[0319] 増粘剤 33 として湿潤分散剤を含む分散液 35 は、形状異方性部材 32 の浮上や沈降、面内移動等の、形状異方性部材 32 の偏りを抑制する効果や、メモリ性付与効果は低い、粘度上昇が少ないため、形状異方性部材 32 の駆動電圧は低く抑えることができる。

[0320] また、上記の構成によれば、上述したように、湿潤分散剤が形状異方性部材 3 2 に吸着し、形状異方性部材 3 2 の凝集を防ぐことから、形状異方性部材 3 2 が、凝集を起こさず、非常にほぐれやすい状態にある。このため、例えば、表示パネル 2 のセル内部（基板 1 0 ・ 2 0 間）に注入した分散液 3 5 の振とう効果がある適当な駆動方法を組み合わせることで、膨潤分散剤が分散媒 3 1 に安定分散した状態に随時復帰させることができる。

[0321] 本発明の態様 5 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 ～ 3 の何れかにおいて、上記増粘剤 3 3 は無機ナノ粒子からなるレオロジーコントロール剤であることが好ましい。

[0322] 無機ナノ粒子からなるレオロジーコントロール剤は、チキソトロピック性および増粘性を発現するとともに、無機ナノ粒子の自然な凝集現象により三次元網目構造を構築する。このため、上記の構成によれば、上述した効果を得ることができる。

[0323] また、無機ナノ粒子からなるレオロジーコントロール剤は、不純物が極めて少ない。このため、増粘剤 3 3 の分散媒 3 1 への添加（分散液 3 5 への混入）によるコンタミネーション（不純物の混入）が少なく、形状異方性部材 3 2 の電圧駆動時における電気分解等、信頼性の低下の要因が少ない。

[0324] また、無機ナノ粒子からなるレオロジーコントロール剤は、分散液 3 5 の分散媒 3 1 を変更する場合、該無機ナノ粒子の表面処理状態を変更し、凝集性をコントロールするだけでよく、有機系レオロジーコントロール剤よりも材料選択の自由度が高い。

[0325] 本発明の態様 6 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 ～ 3 の何れかにおいて、上記増粘剤 3 3 は、無機系粘土鉱物からなるレオロジーコントロール剤であることが好ましい。

[0326] 無機系粘土鉱物からなるレオロジーコントロール剤は、チキソトロピック性および増粘性を発現するとともに、分散媒 3 1 により三次元網目構造を構築する。このため、上記の構成によれば、上述した効果を得ることができる。

[0327] また、無機系粘土鉱物レオロジーコントロール剤は天然鉱物由来のレオロジーコントロール剤であるため、材料が非常に安価であり、表示装置 1 の製造にかかる費用を抑えることができる。

[0328] 本発明の態様 7 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 6 において、上記無機系粘土鉱物からなるレオロジーコントロール剤は、ベントナイトからなるレオロジーコントロール剤であることが好ましい。

[0329] ベントナイトからなるレオロジーコントロール剤は、分散媒 3 1（流体）のずり応力により三次元ネットワーク構造（カードハウス構造や、薄片状の結晶の端面同士の水素結合等の三次元網目構造）が崩れ、流体の粘度が下がるが、他のレオロジーコントロール剤と異なり、形状異方性部材 3 2 の駆動のために印加する電場に応答して薄片の配向がランダムに乱れ、自らネットワーク構造を崩す効果がある。このため、上記の構成によれば、他のレオロジーコントロール剤を用いる場合よりも速やかに形状異方性部材 3 2 の駆動時（電圧印加時）の粘度低下が起こる。このため、上記の構成によれば、形状異方性部材 3 2 の駆動電圧低下や、応答速度向上の効果を得ることができる。

[0330] 本発明の態様 8 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 または 2 において、上記増粘剤 3 3 は、上記分散液に擬塑性を付与することが好ましい。言い換えれば、上記増粘剤 3 3 は、擬塑性付与剤（促進剤）であることが好ましい。

[0331] 擬塑性を示す流体（擬塑性性流体）は、ずり応力が大きいと粘度が低下する一方、ずり応力が小さいと粘度が増加する。このため、上記の構成によれば、駆動性能を極力損なわずに、形状異方性部材 3 2 の偏りによる表示不良を防止することができるとともに、メモリ表示が可能になる。

[0332] また、擬塑性流体は、チキソトロピック性流体とは異なり、ずり速度がゼロ（すなわち電源無印加で形状異方性部材 3 2 が静止している場合）の粘度が非常に高い（流動性が殆どない）。このため、増粘剤 3 3 としてチキソトロピック性を付与する増粘剤 3 3 を用いた場合よりも形状異方性部材 3 2 の

静止時の分散液 35 の増粘が大きく、良好なメモリ性を付与することができる。

[0333] さらに、擬塑性流体は、チキソトロピック性流体とは異なり、ずり速度にたいする粘度は一定に定まる。このため、擬塑性を付与する増粘剤 33 を用いた場合、チキソトロピック性を付与する増粘剤 33 を用いた場合よりも、電圧駆動制御の設計が容易となる。

[0334] 本発明の態様 9 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 ～ 8 の何れかにおいて、上記光変調層に印加する電圧は交流であることが好ましい。

[0335] 直流電圧を用いる場合、分散媒 31 に不純物が混入すると、電気分解が発生し、表示パネル 2 内部で、ガスの発生や電極面への反応物質の析出が生じるおそれがある。しかしながら、交流電圧を用いた場合、このような問題が生じ難くなる。このため、表示パネル 2 の信頼性を向上させるとともに、増粘剤の種類や製造方法、注入方法等の制約がなく、安価かつ容易に製造することができる。

[0336] 本発明の態様 10 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 ～ 8 の何れかにおいて、上記光変調層に印加する電圧を、周波数が 0 Hz となる直流または予め設定された第 1 の閾値以下の低周波数と、予め設定された第 2 の閾値以上の高周波数とで切り替える構成であってもよい。

[0337] これにより、上記形状異方性部材 32 を回転または移動させ、上記形状異方性部材 32 における、基板 10・20 の法線方向から見た投影像の面積を変化させて、上記光変調層 30 に入射された光の透過率を制御することができる。

[0338] 本発明の態様 11 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 10 において、上記形状異方性部材 32 は、その長軸が、上記光変調層 30 に印加する電圧が直流または低周波数のときは上記第 1 および第 2 の基板（基板 10・20）に平行になるように配向し、上記光変調層 30 に印加する電圧が高周波数のときは上記第 1 および第 2 の基板（基板 10・20）に垂直になるように配向する構成とすることができる。

- [0339] 本発明の態様 1 2 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 ～ 1 1 の何れかにおいて、上記形状異方性部材が帯電性を有することが好ましい。
- [0340] 上記の構成によれば、上記光変調層 3 0 に印加する電圧の大きさまたは周波数を変化させることにより、形状異方性部材 3 2 を回転または移動させることができる。
- [0341] 本発明の態様 1 3 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 2 において、上記第 1 の基板（基板 1 0）には第 1 の電極（電極 1 2）が形成され、第 2 の基板（基板 2 0）には第 2 の電極（電極 2 2）が形成されており、上記第 1 および第 2 の電極（電極 1 2 ・ 2 2）に直流電圧が印加される場合において、上記第 2 の電極（電極 1 2）に帯電する電荷の極性と、上記形状異方性部材 3 2 に帯電する電荷の極性とが、互いに異なっていることが好ましい。
- [0342] 上記の構成によれば、形状異方性部材 3 2 を、上記第 2 の基板（基板 2 0）に貼り付くように横配向させることができる。
- [0343] 本発明の態様 1 4 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 ～ 1 3 の何れかにおいて、上記形状異方性部材 3 2 が反射面を有し、照射された光を上記反射面で反射して反射表示を行うことが好ましい。
- [0344] これにより、反射型の表示パネル 2 を提供することができる。
- [0345] 本発明の態様 1 5 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 4 において、上記表示パネル 2 は、上記第 1 および第 2 の基板（基板 1 0 ・ 2 0）のうち、表示面とは反対側の基板（基板 1 0）に着色層（光吸収層 1 3）が形成されていることが好ましい。
- [0346] これにより、上記形状異方性部材 3 2 が上記第 1 および第 2 の基板（基板 1 0 ・ 2 0）に平行に配向（横配向）しているときは形状異方性部材 3 2 の反射色が観察され、上記第 1 および第 2 の基板（基板 1 0 ・ 2 0）に垂直な方向（法線方向）に配向（縦配向）しているときは上記着色層が観察される。
- [0347] 本発明の態様 1 6 にかかる表示パネル 2 は、上記態様 1 ～ 1 5 の何れかにおいて、上記形状異方性部材 3 2 は、フレーク状に形成されているとともに

、凹凸面を有している。

[0348] これにより、散乱の強い表示を得ることができる。

[0349] 本発明の態様 1 6 にかかる表示装置 1 は、上記態様 1 ～ 1 6 の何れかの表示パネルを備えている。

[0350] このため、駆動性能を極力損なわずに、形状異方性部材 3 2 の偏りによる表示不良を防止することができるとともに、形状異方性部材 3 2 の静止時には、分散液 3 5 の粘度が上昇し、形状異方性部材 3 2 の配向を保持することができるので、メモリ表示が可能である。

[0351] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。さらに、各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を組み合わせることにより、新しい技術的特徴を形成することができる。

産業上の利用可能性

[0352] 本発明は、メモリ性が付与されるため、静止画表示の消費電力ゼロが効果的になるアプリケーションに好適であり、例えば、電子書籍端末、タブレット端末等のディスプレイに好適である。

符号の説明

- [0353]
- 1 表示装置
 - 2 表示パネル
 - 3 バックライト
 - 1 0 ・ 2 0 基板
 - 1 1 ・ 2 1 ガラス基板
 - 1 2 ・ 2 2 電極
 - 1 3 光吸収層
 - 3 0 光変調層
 - 3 1 分散媒
 - 3 2 形状異方性部材

3 3 増粘剤

3 4 分散液

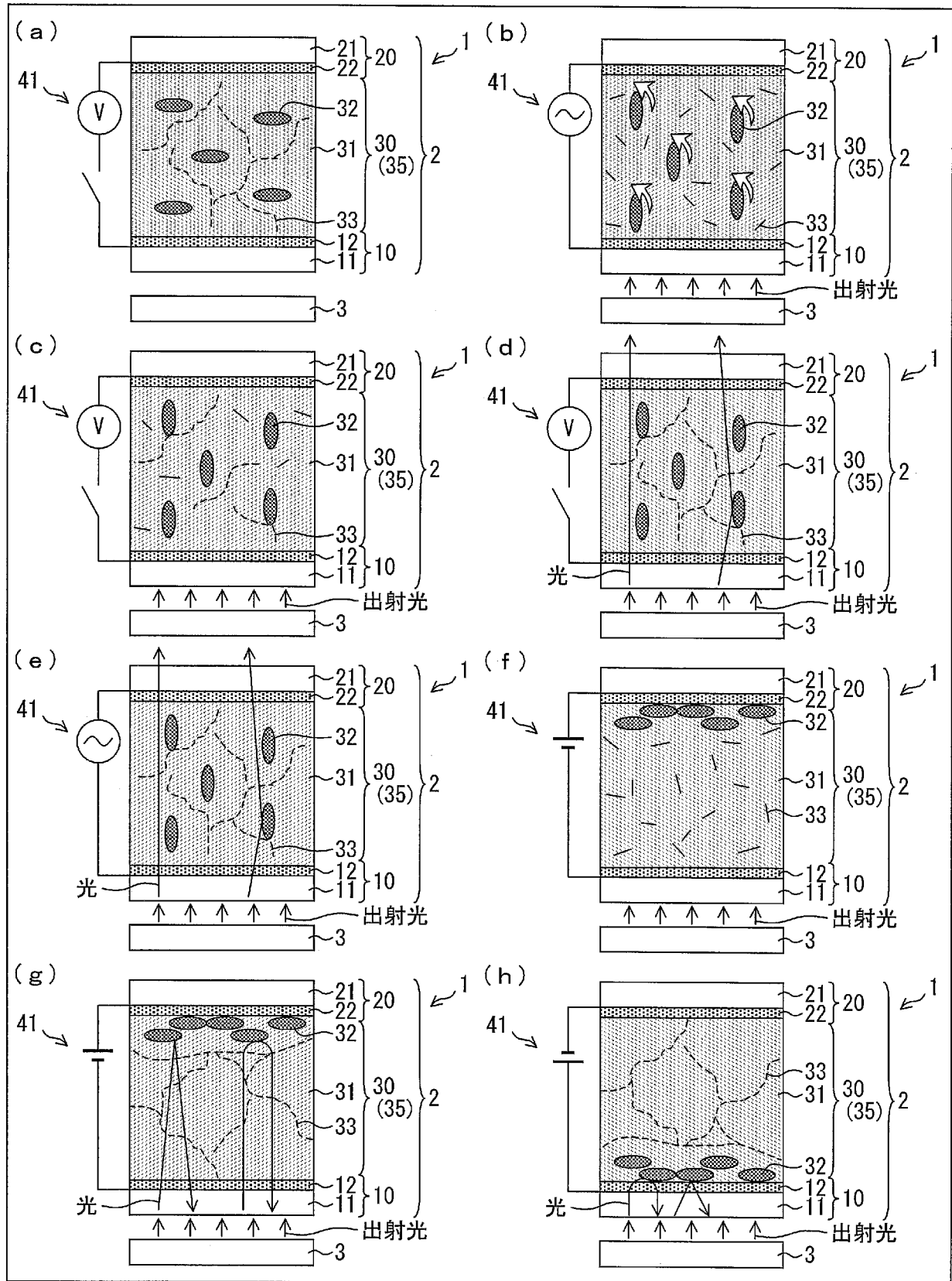
3 5 分散液

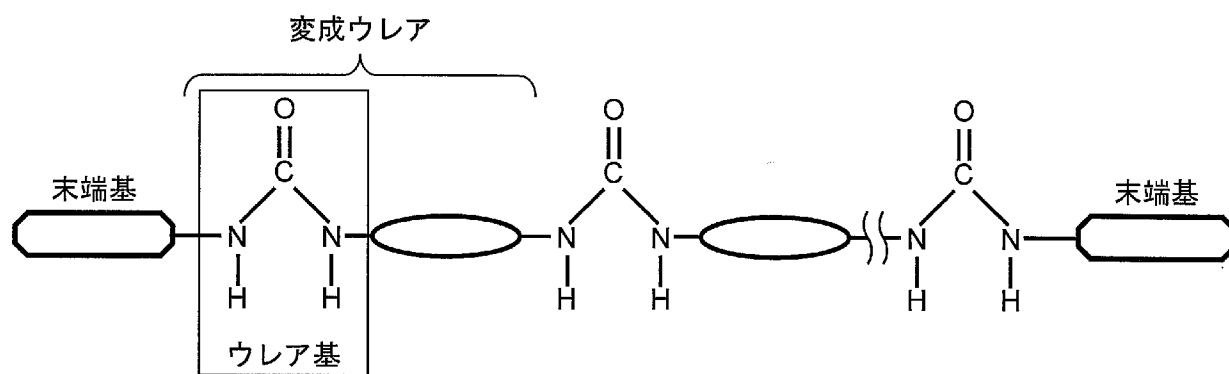
4 1 電源

請求の範囲

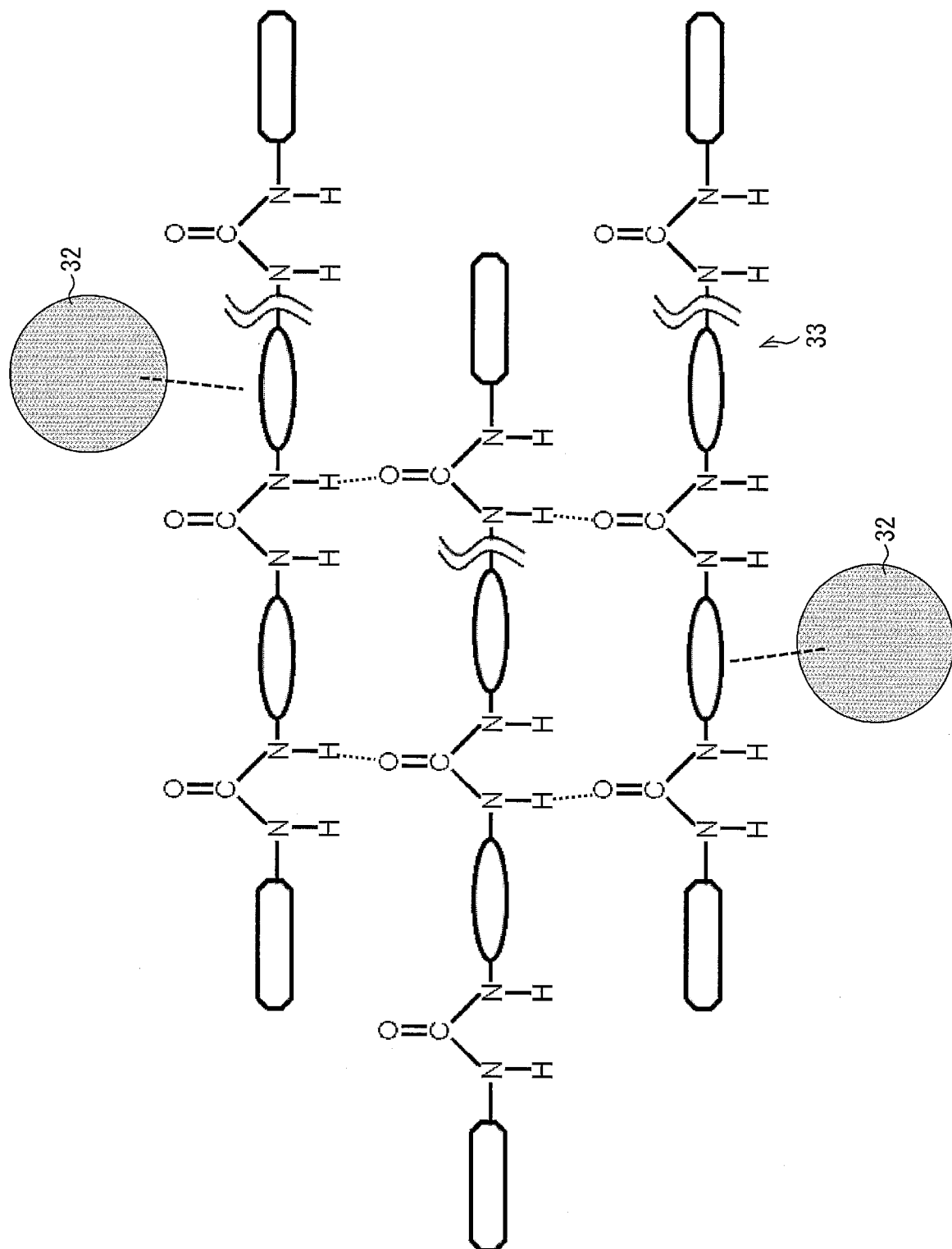
- [請求項1] 互いに対向配置された第1および第2の基板と、
上記第1および第2の基板間に挟持され、印加電圧の周波数の変化に応じて入射した光の透過率を制御する光変調層とを含み、
上記光変調層は、該光変調層に印加する電圧の大きさまたは周波数の変化に応じて回転または移動することで、上記第1および第2の基板の法線方向から見た投影像の面積が変化する複数の形状異方性部材と、上記形状異方性部材を分散させる分散媒と、増粘剤を含む分散液からなり、
上記増粘剤は、上記分散液にかかるずり応力が大きくなると、ずり応力が小さいときよりも上記分散液の粘度を減少させることを特徴とする表示パネル。
- [請求項2] 上記増粘剤は、上記形状異方性部材が静止している状態では三次元網目構造を形成し、上記形状異方性部材が回転または移動して上記分散液にかかるずり応力が大きくなると、上記三次元網目構造が一時的に破壊されることを特徴とする請求項1に記載の表示パネル。
- [請求項3] 上記増粘剤は、上記分散液にチキソトロピック性を付与することを特徴とする請求項1または2に記載の表示パネル。
- [請求項4] 上記増粘剤は、上記分散液に擬塑性を付与することを特徴とする請求項1または2に記載の表示パネル。
- [請求項5] 請求項1～4の何れか1項に記載の表示パネルを備えていることを特徴とする表示装置。

[図1]

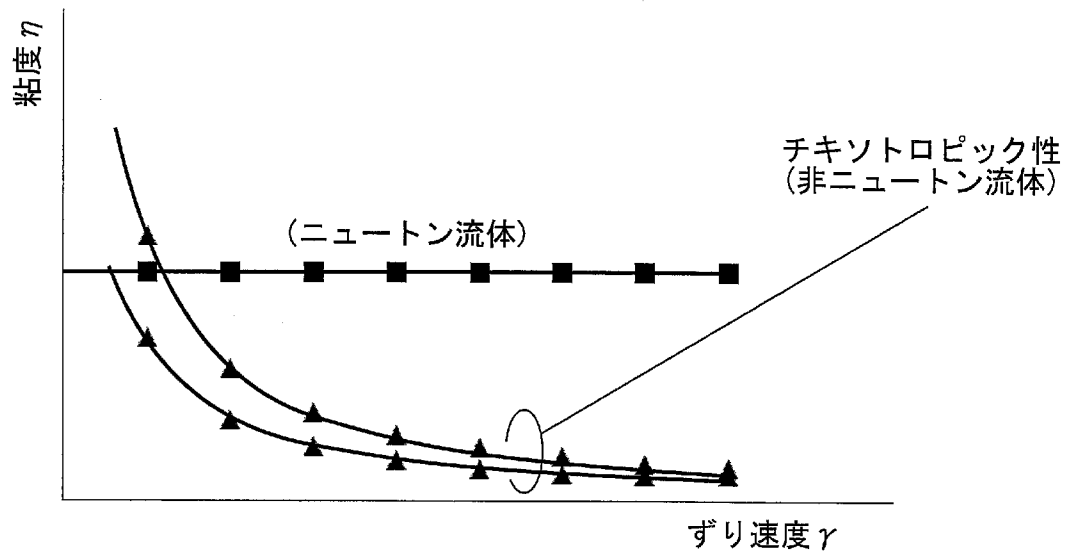




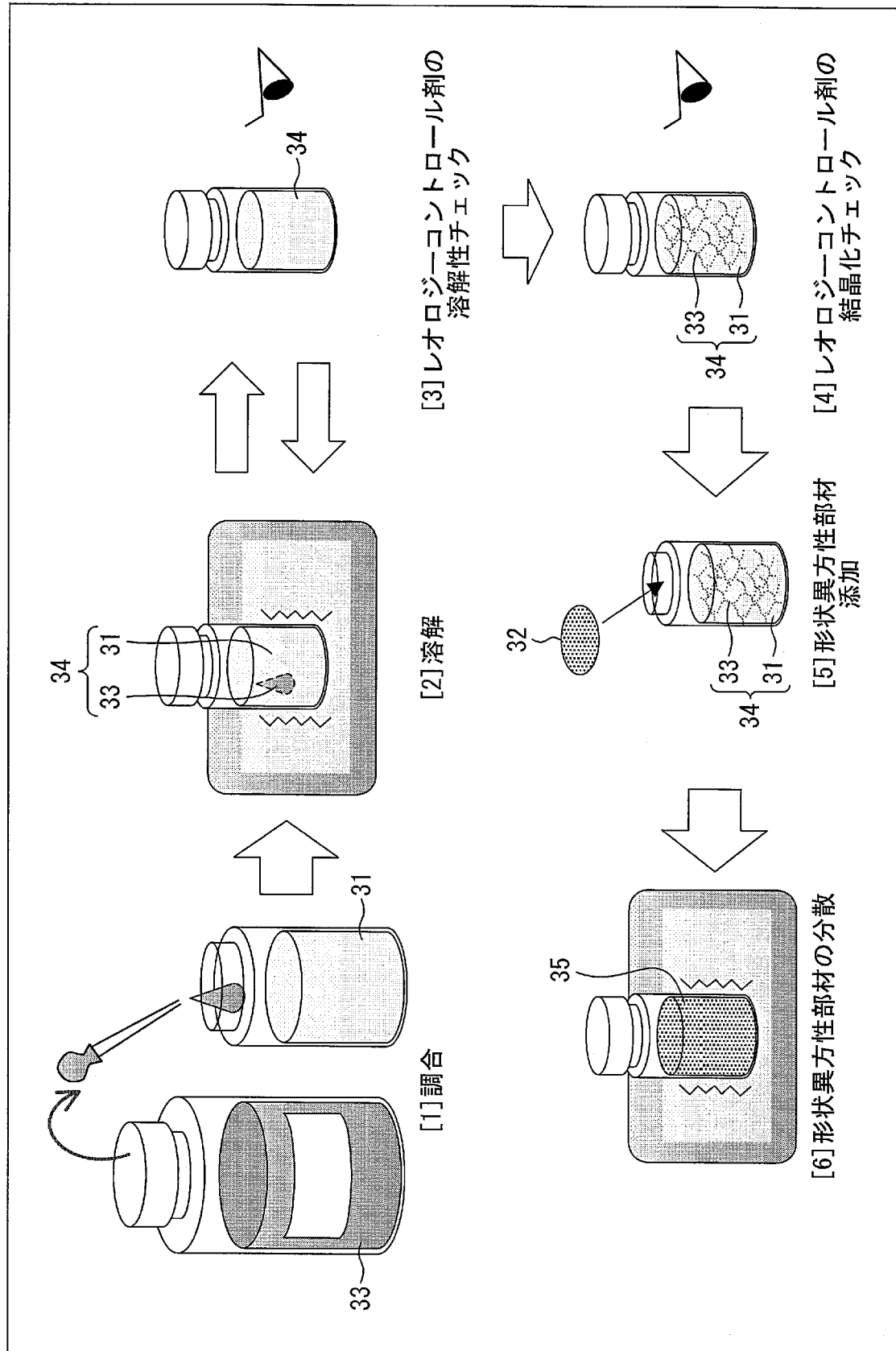
[図3]



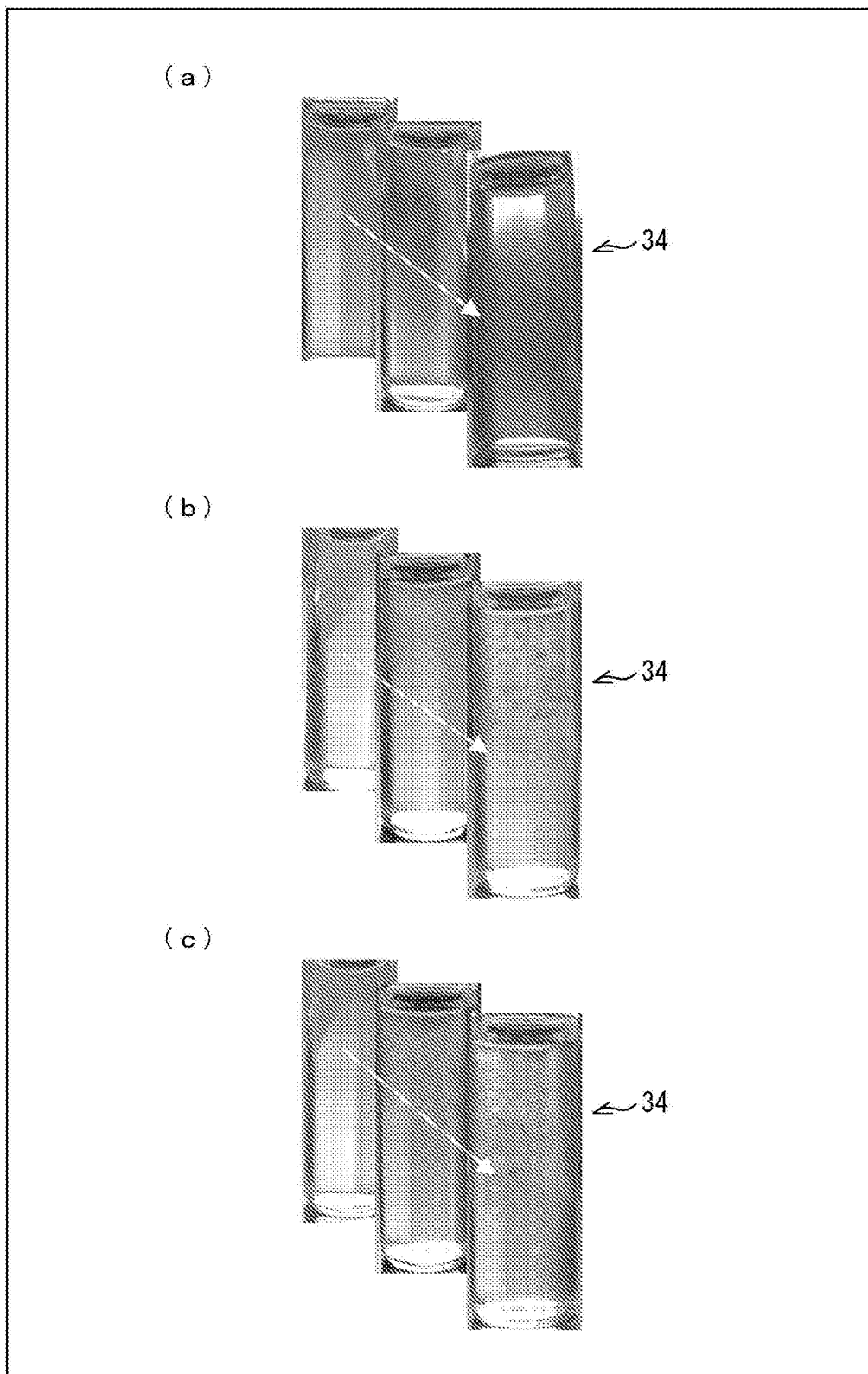
[図4]



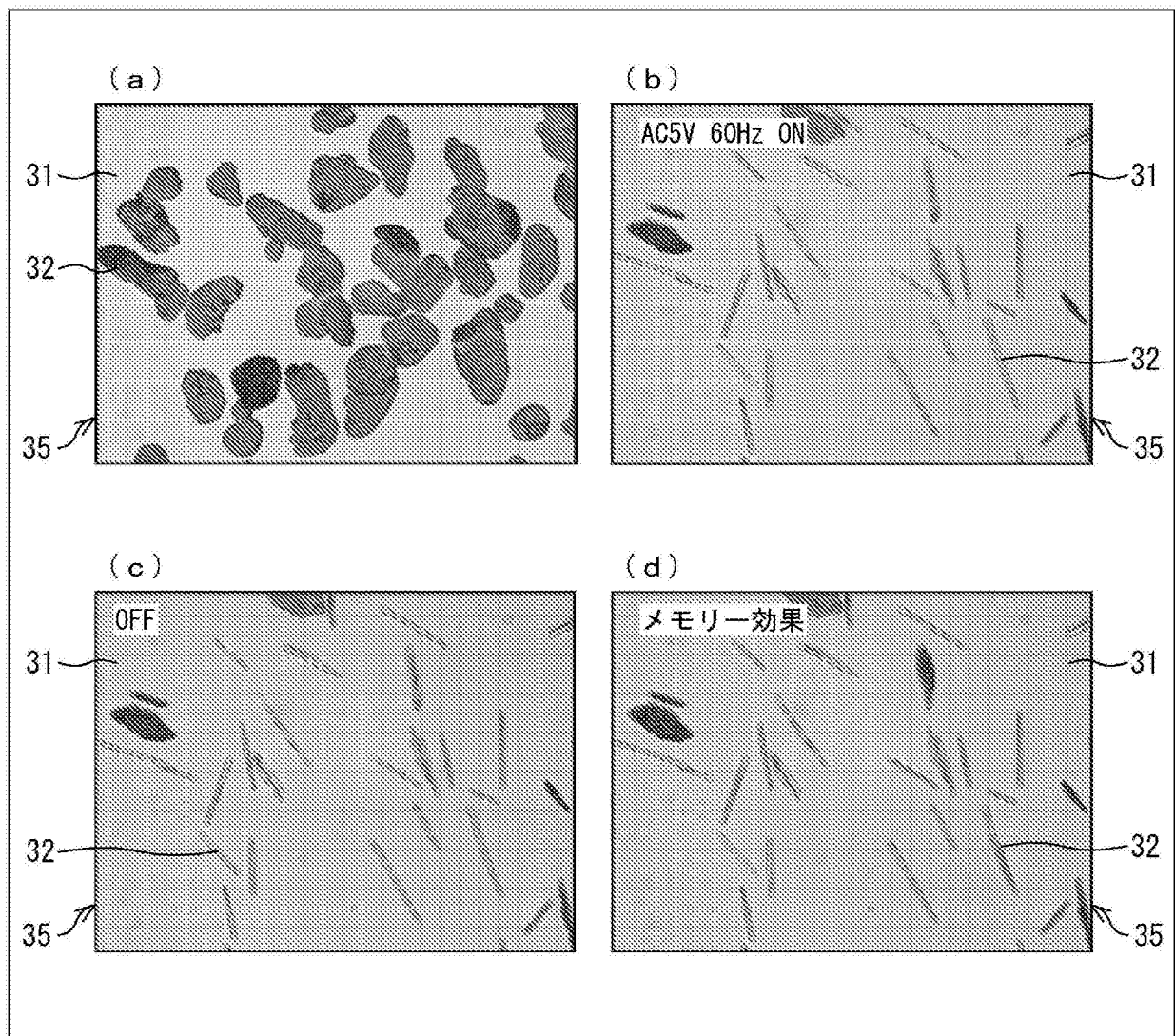
[図5]



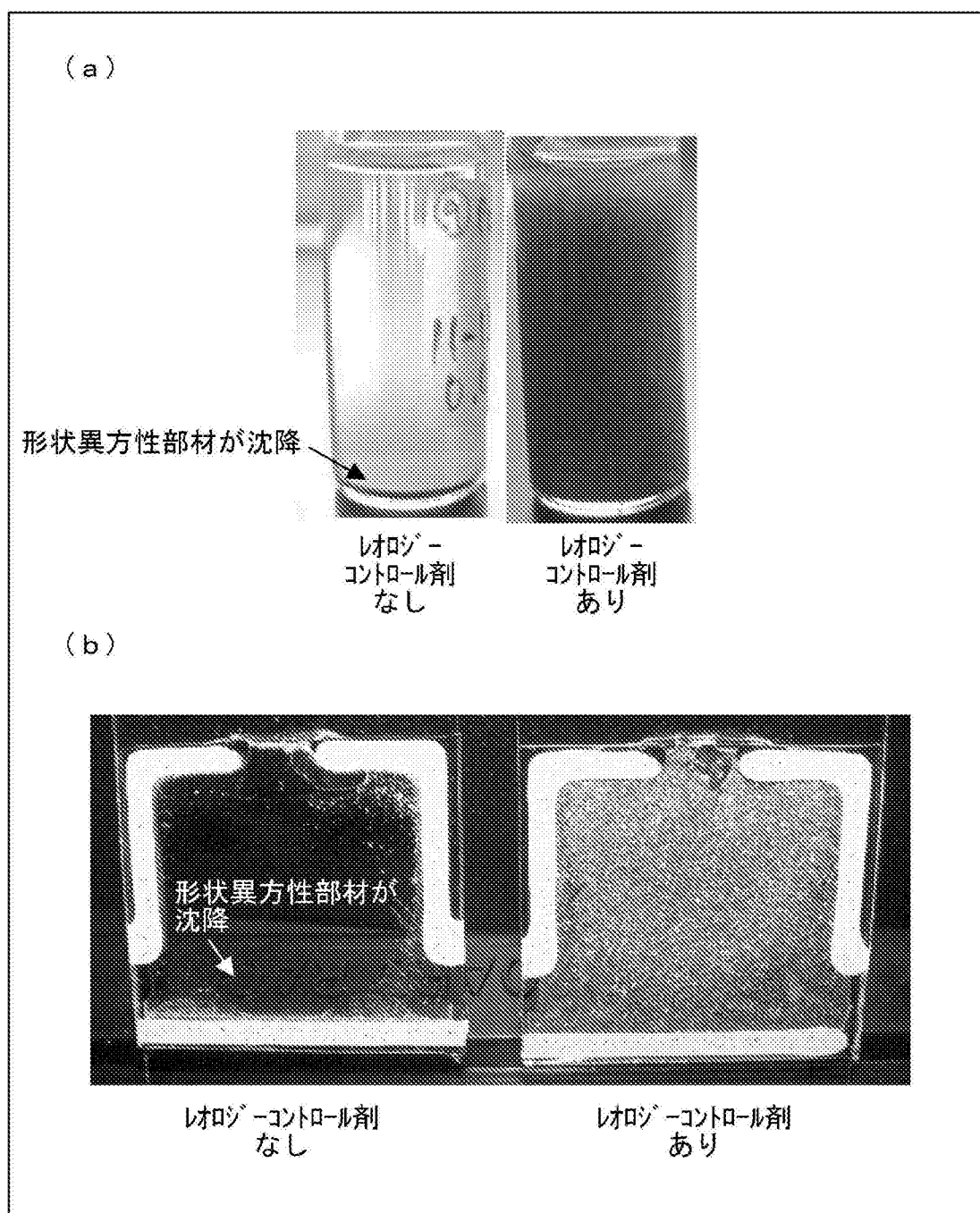
[図6]



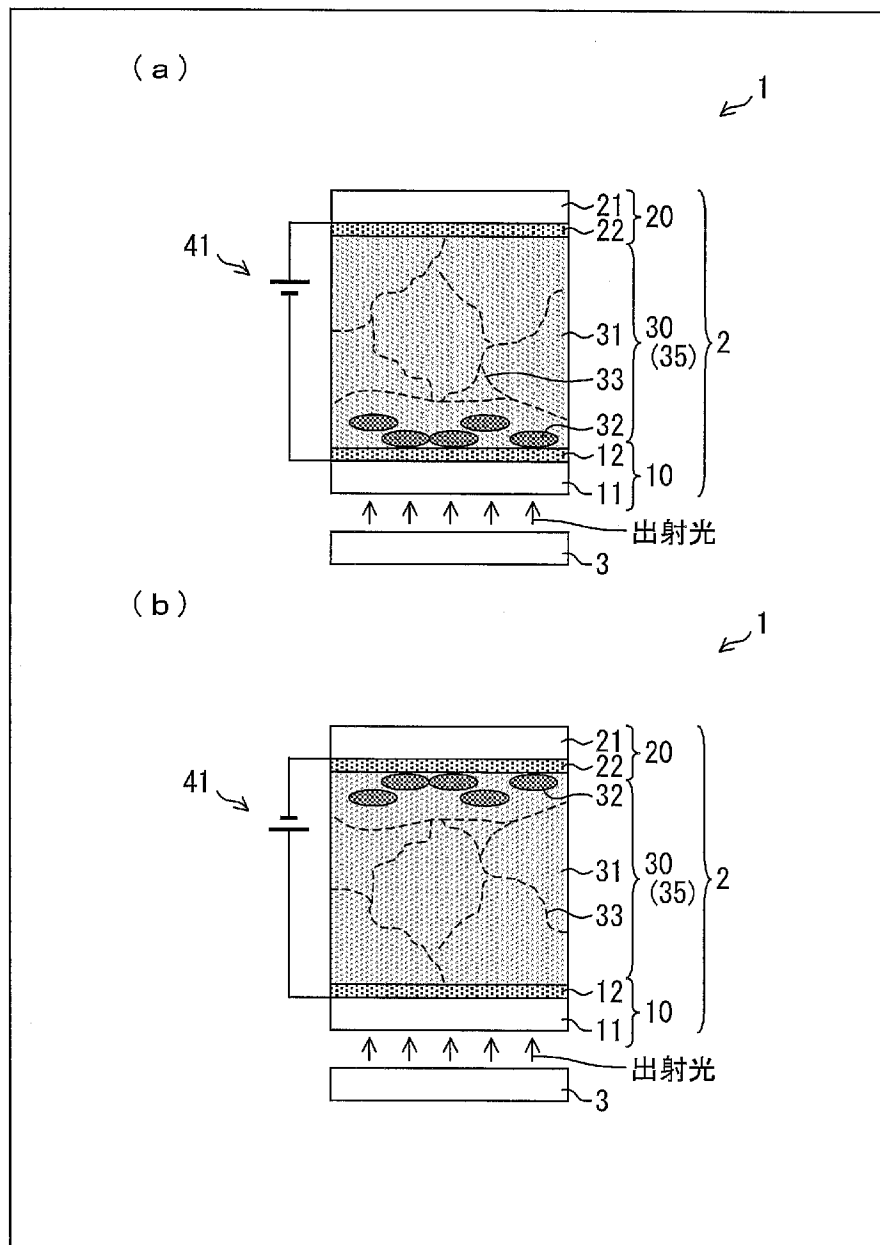
[図7]



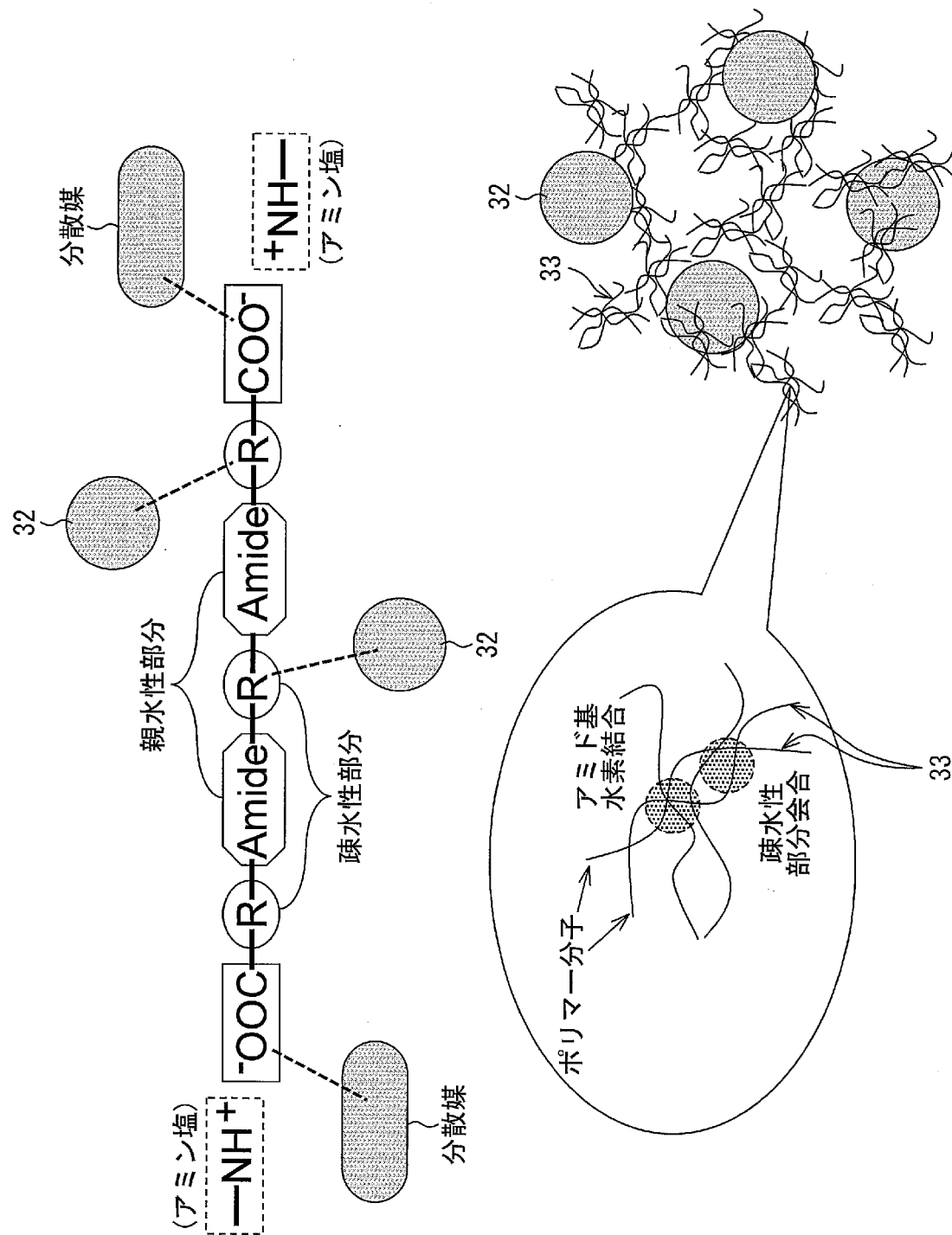
[図8]



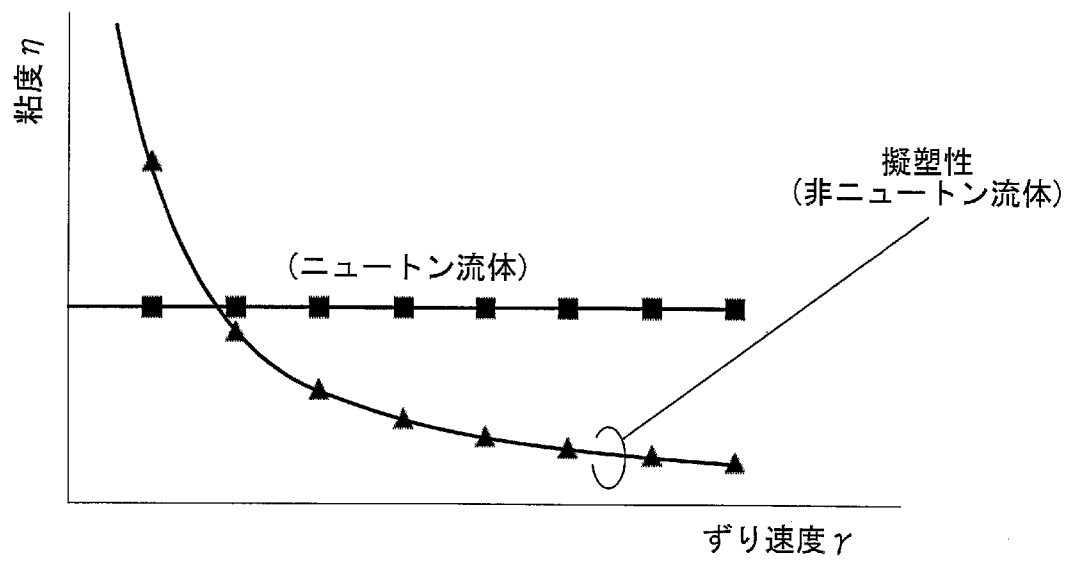
[図9]



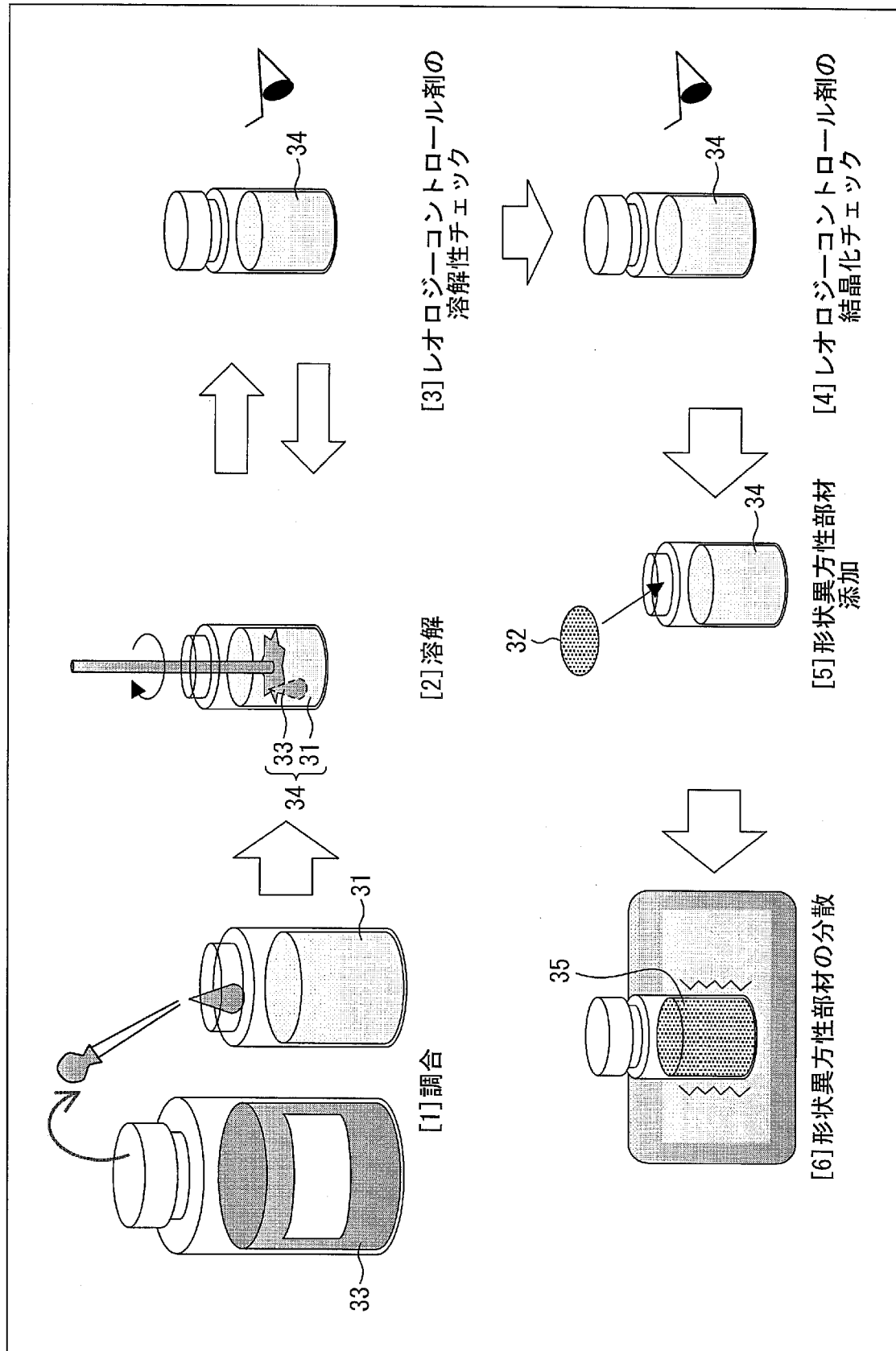
[図10]



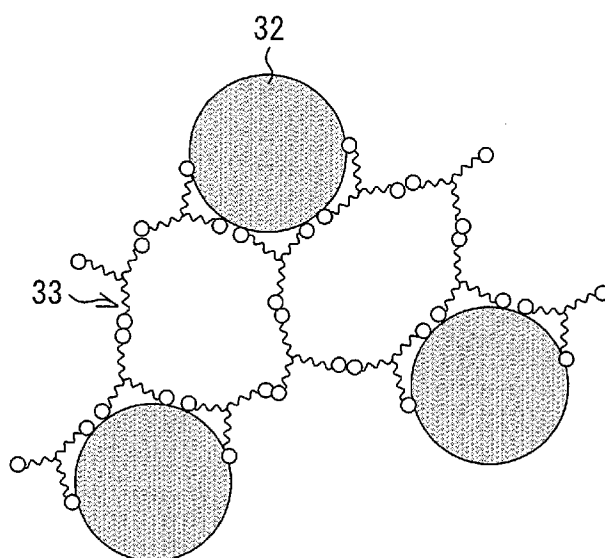
[図11]



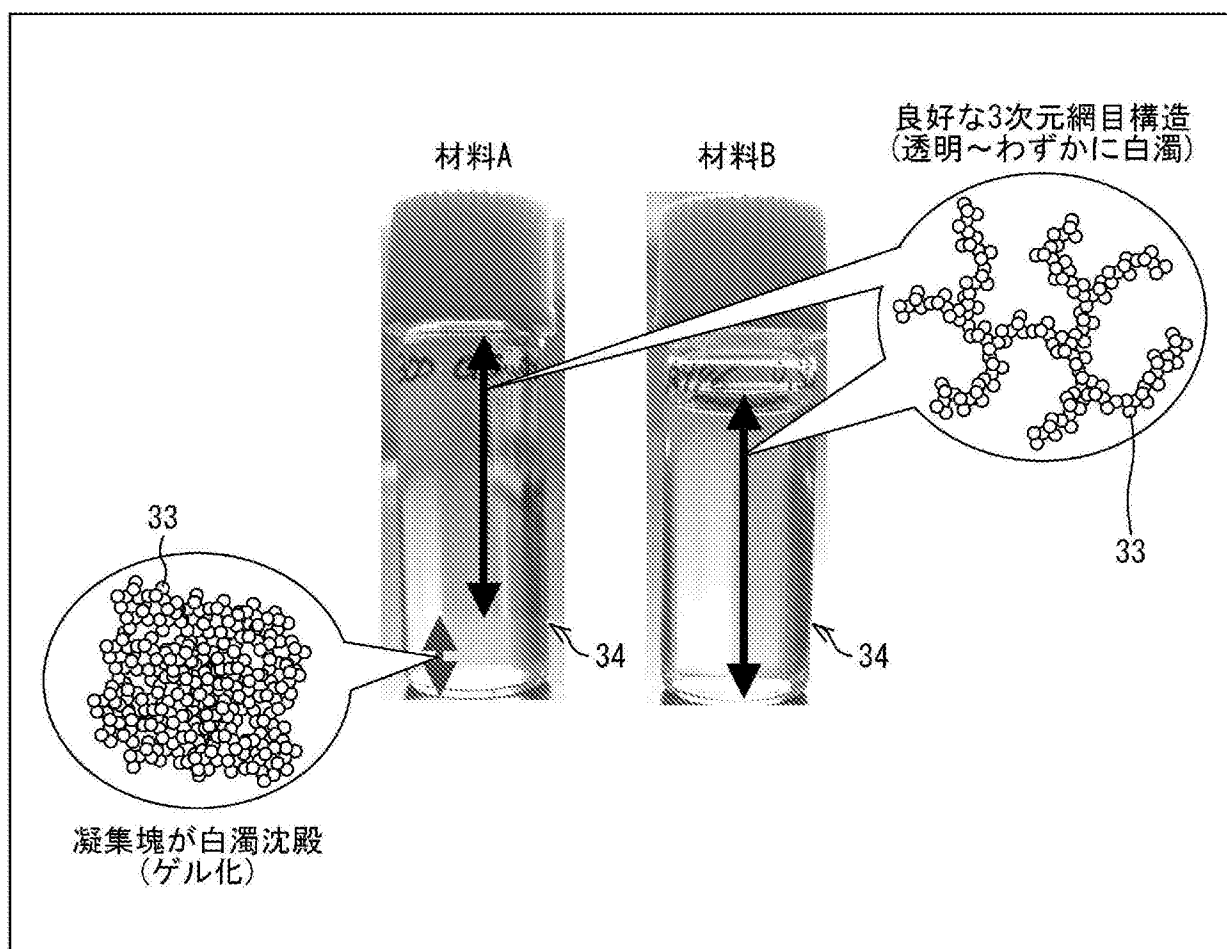
[図12]



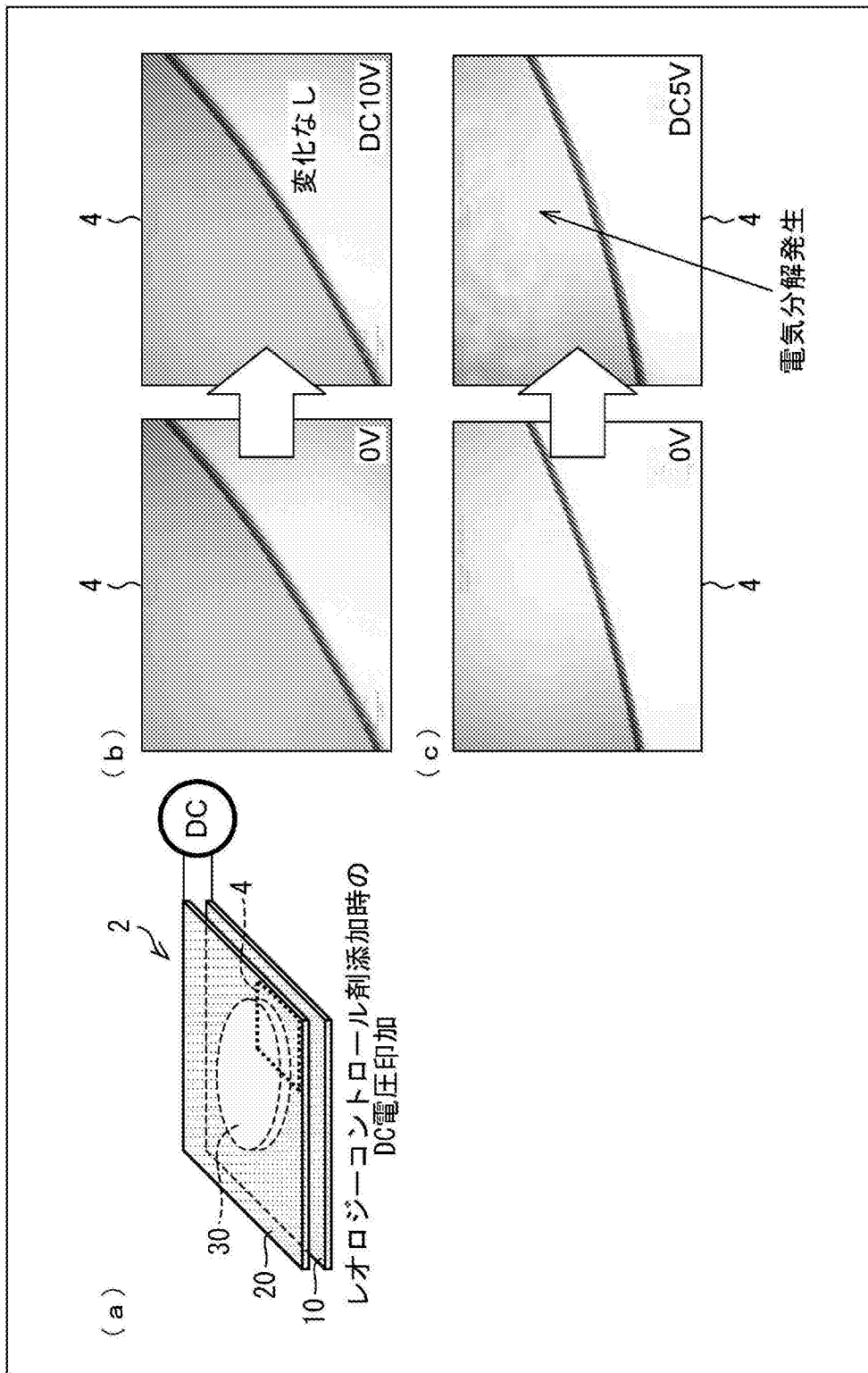
[図13]



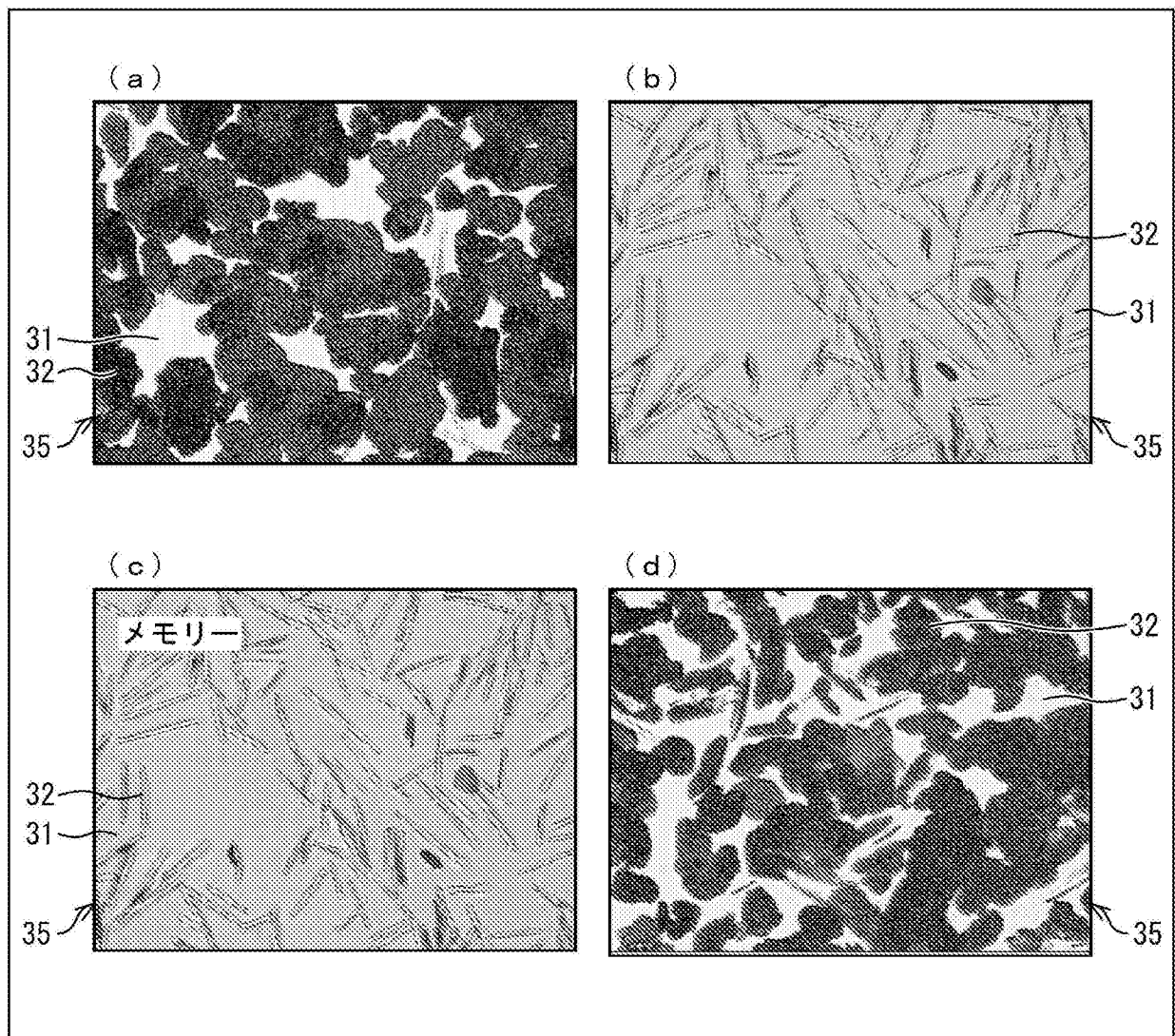
[図14]



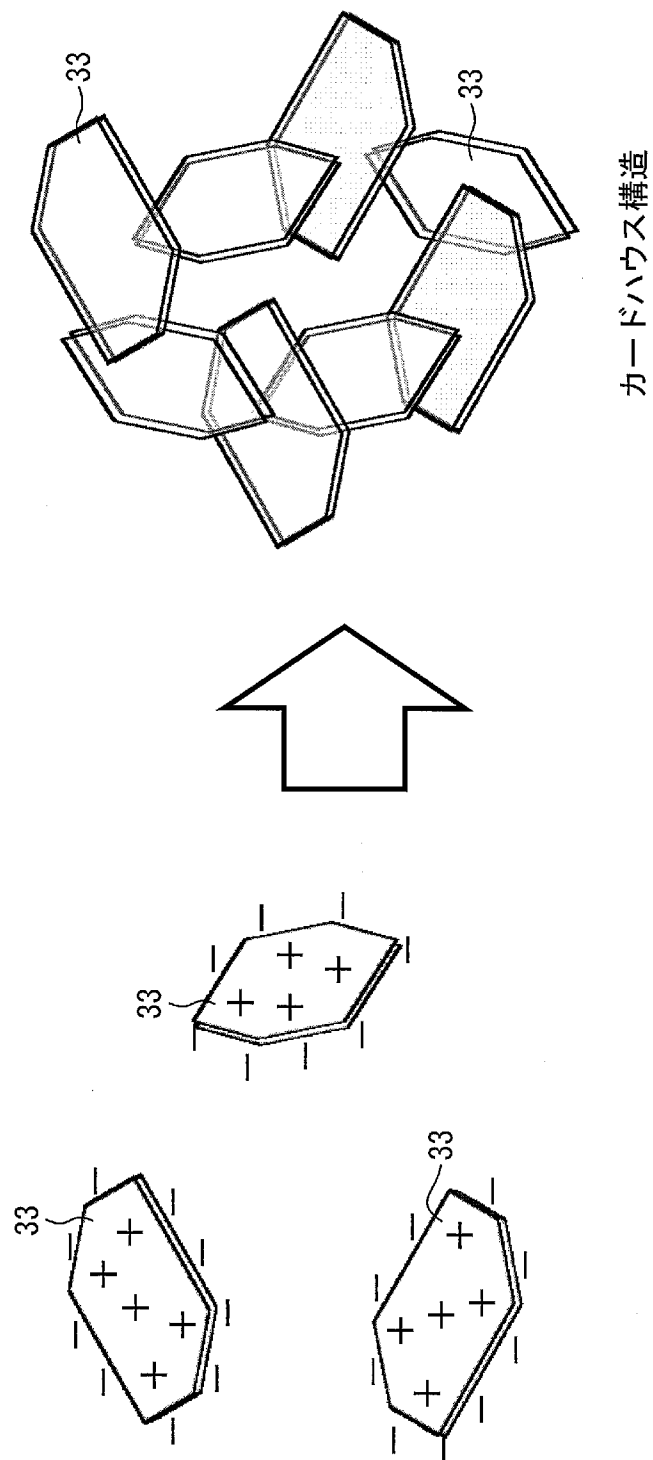
[図15]



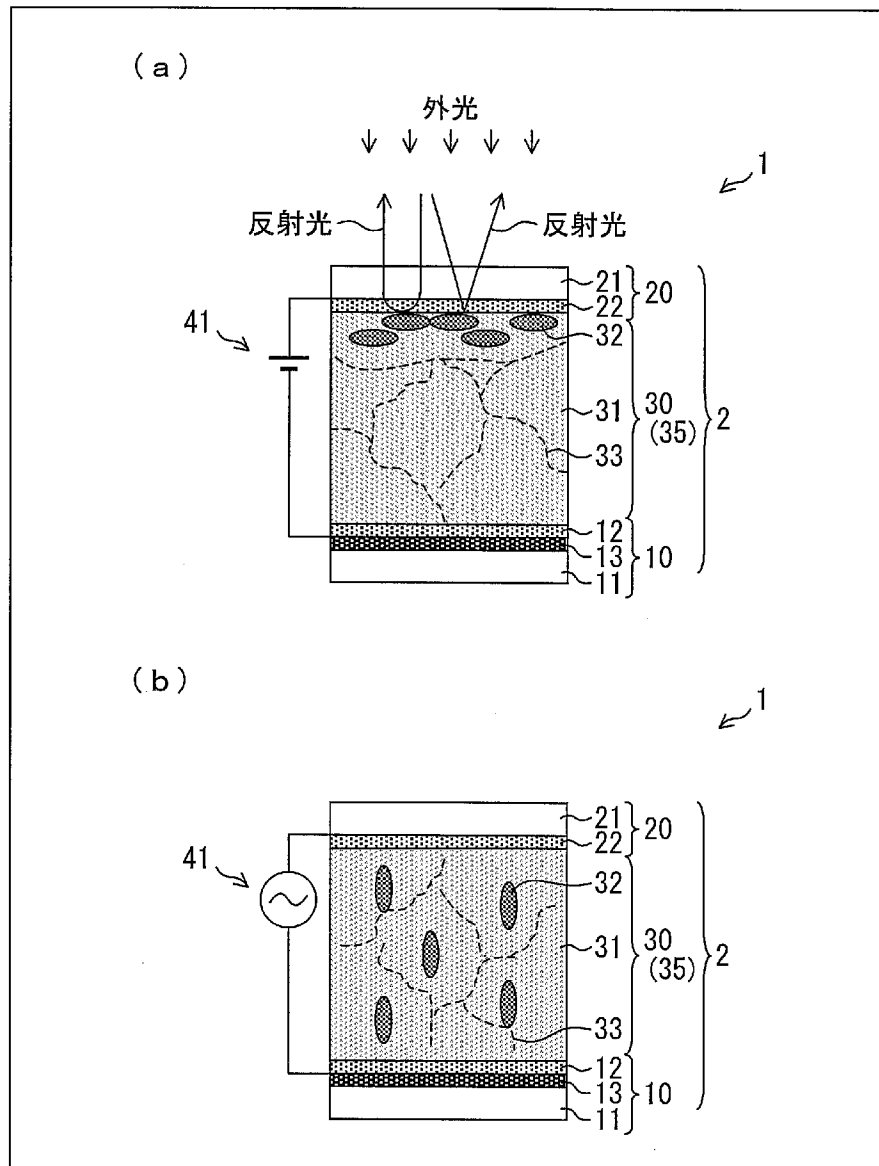
[図16]



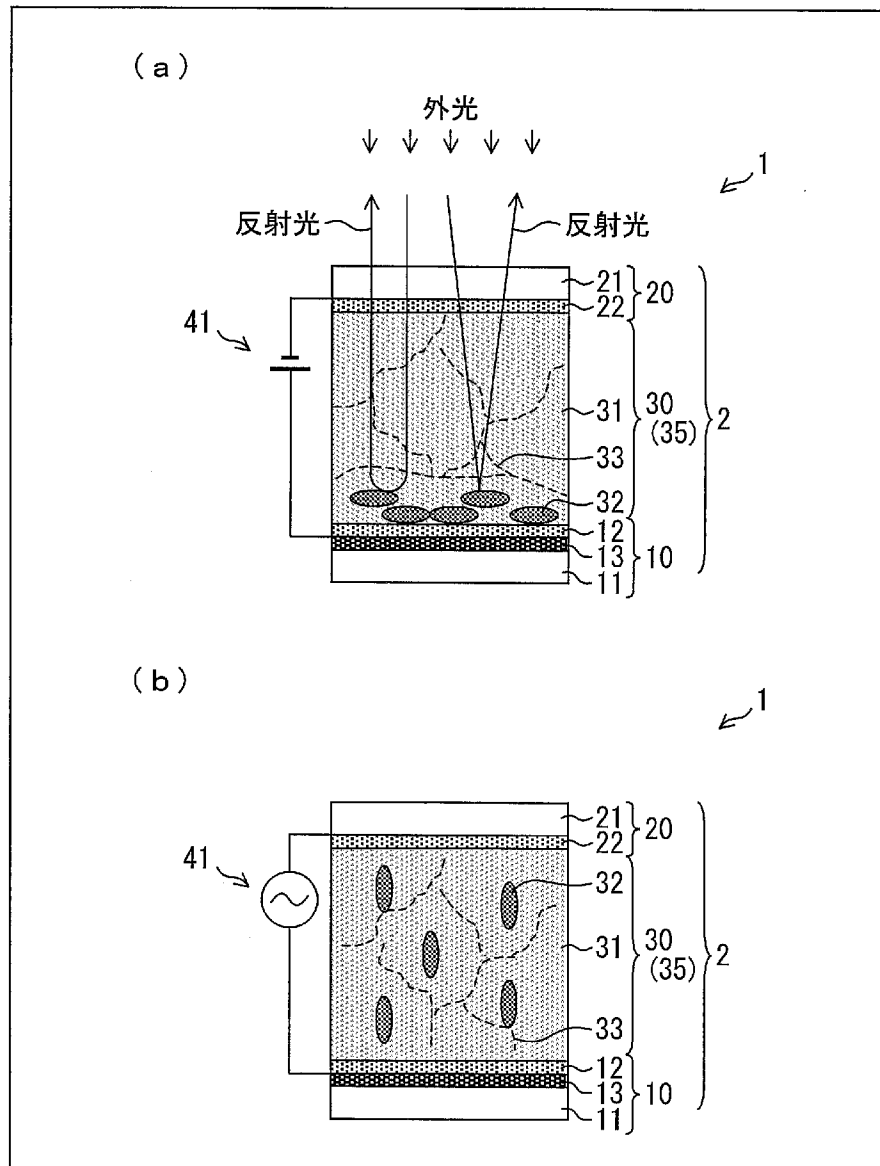
[図17]



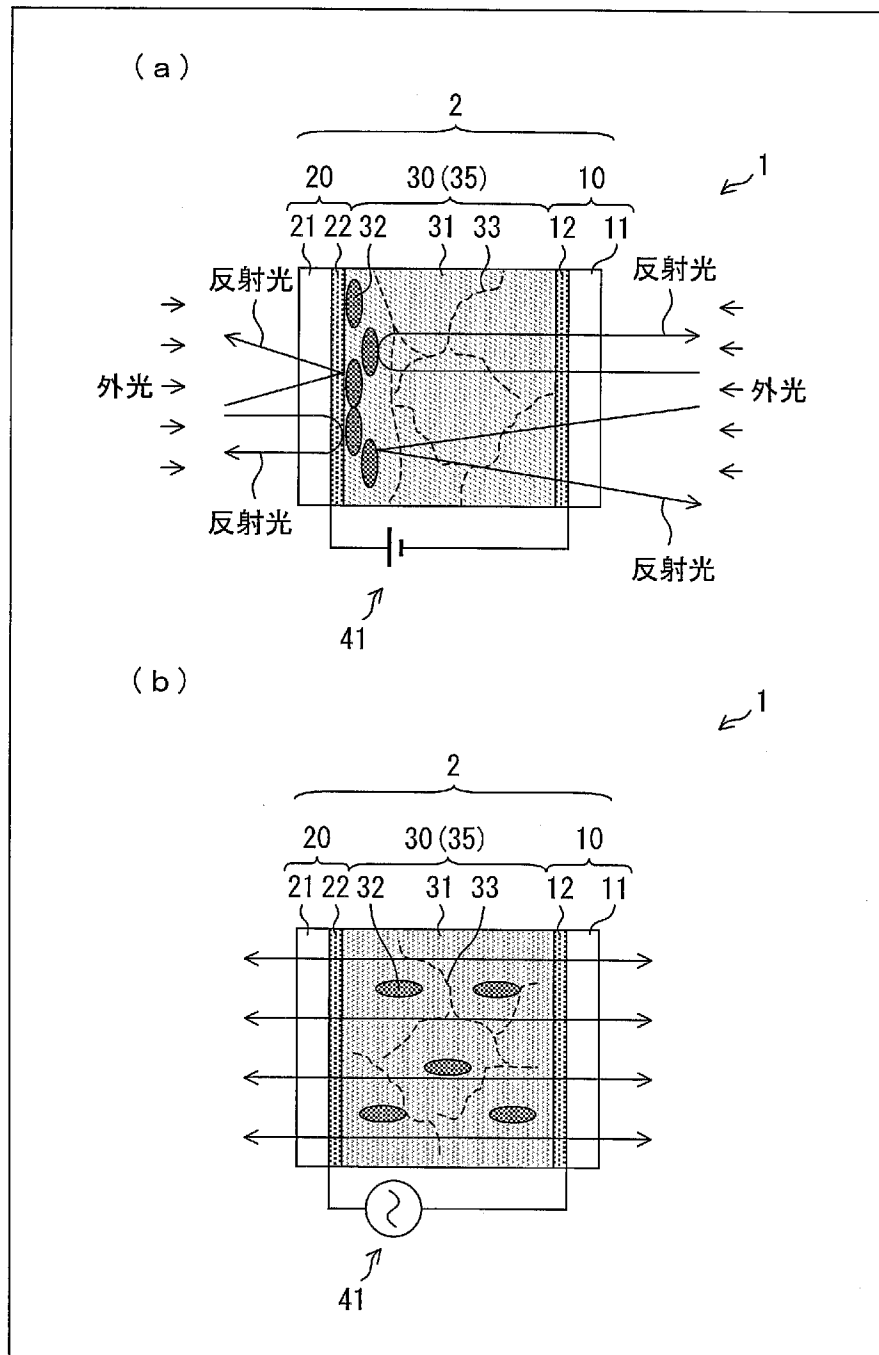
[図18]



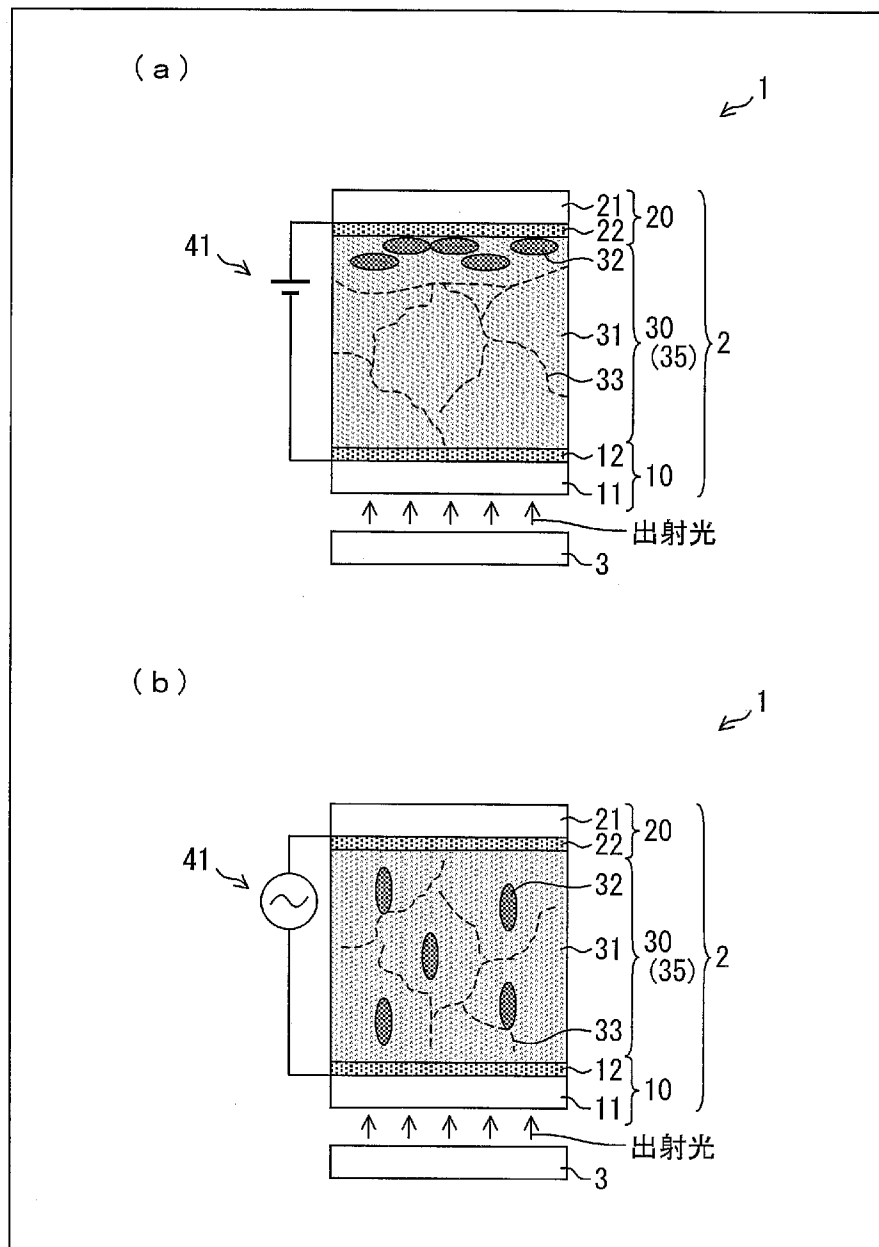
[図19]



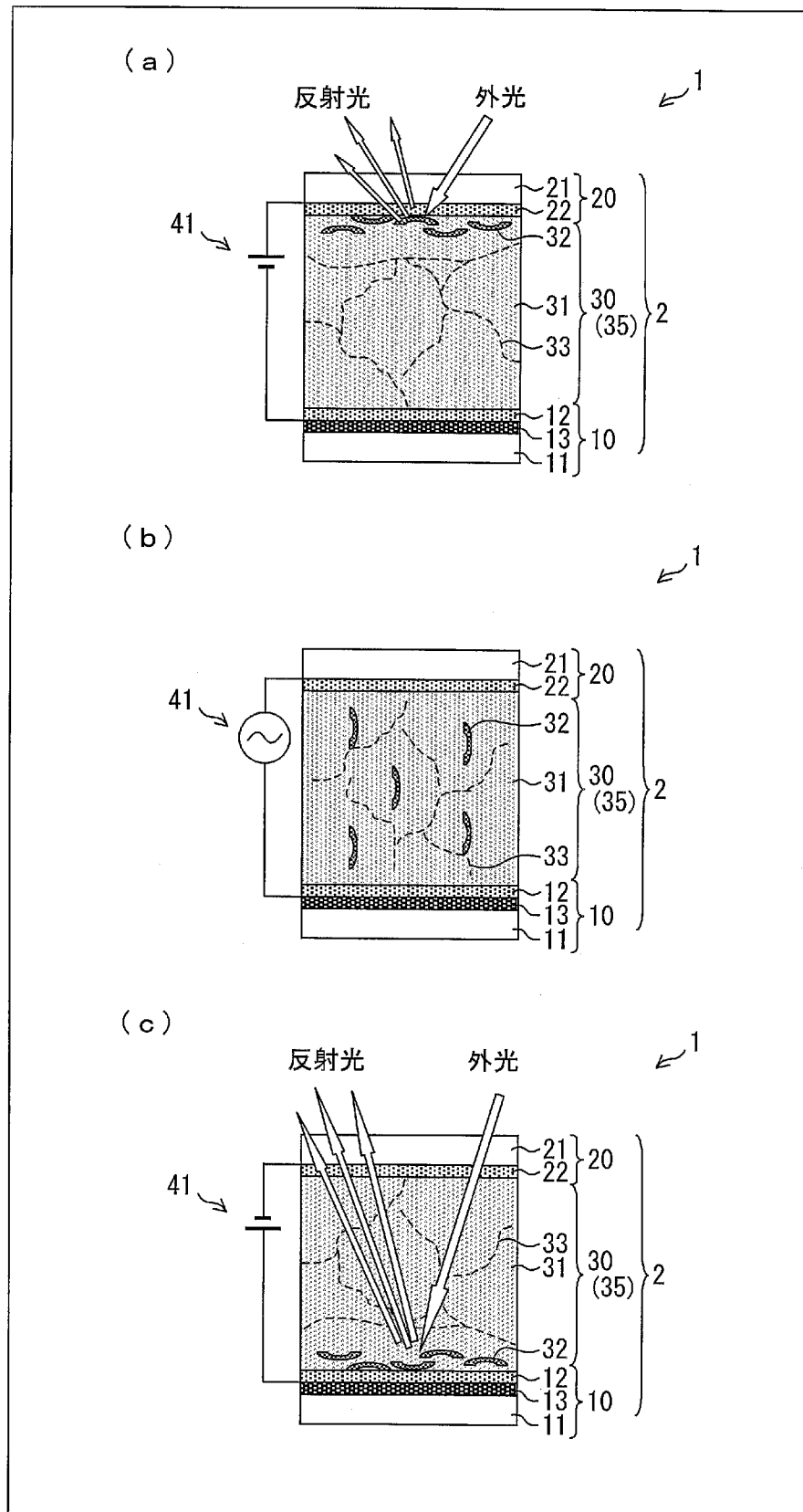
[図20]



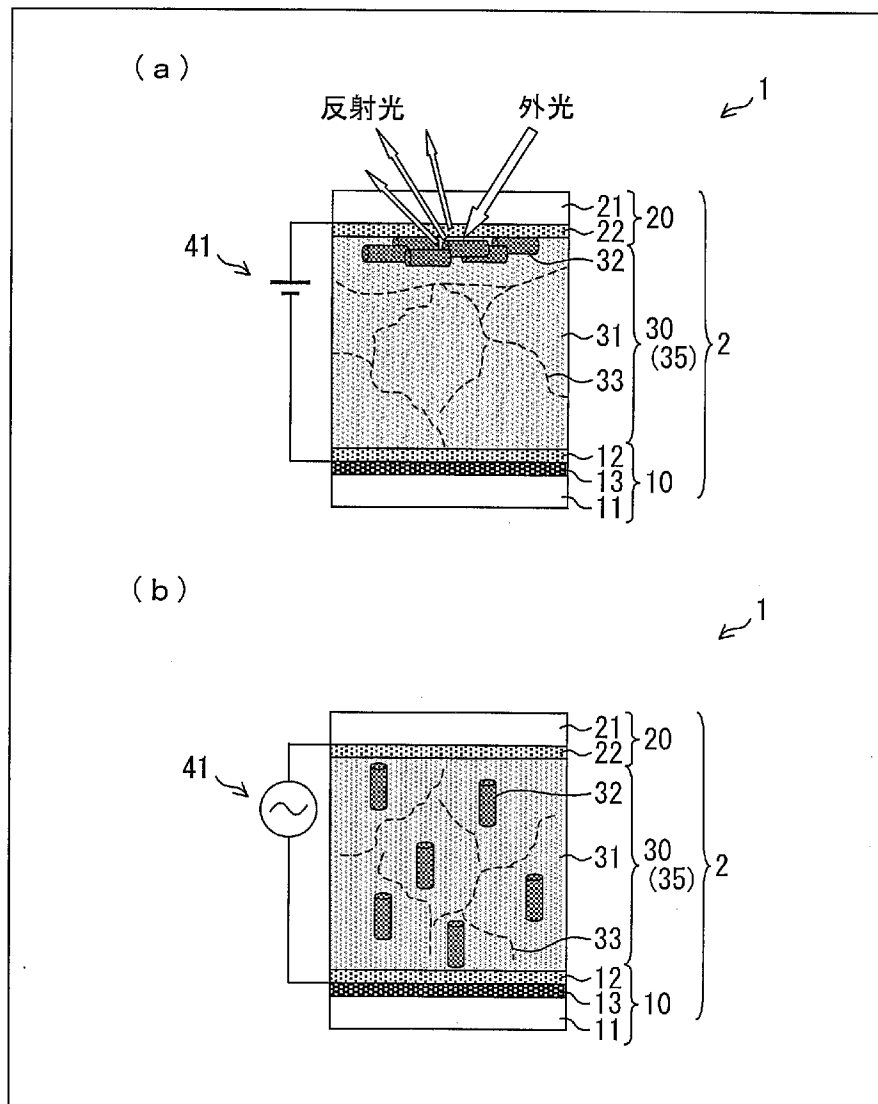
[図21]



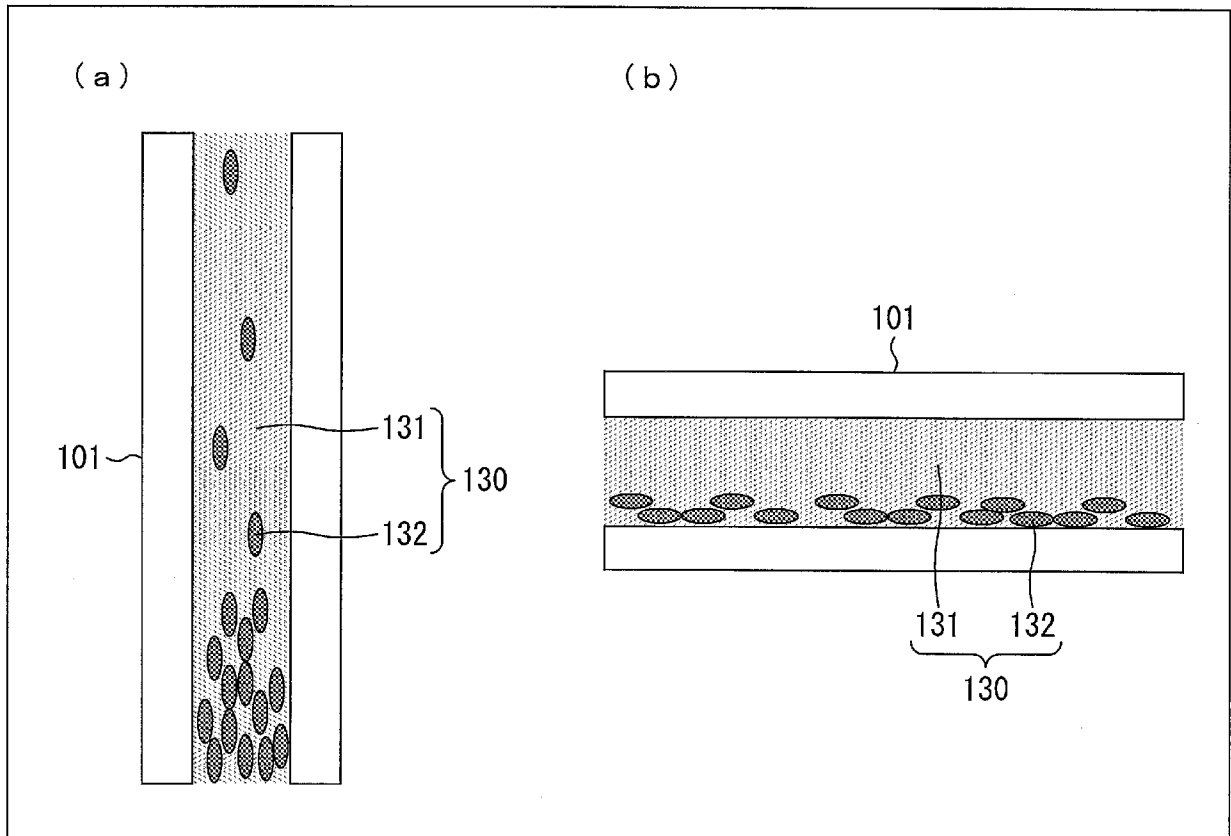
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/054900

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/19(2006.01)i, G02F1/167(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F1/19, G02F1/167

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4-39630 A (The Japan Steel Works, Ltd.), 10 February 1992 (10.02.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 91276/1988 (Laid-open No. 13228/1990) (Toyota Motor Corp.), 26 January 1990 (26.01.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 April, 2014 (28.04.14)

Date of mailing of the international search report
13 May, 2014 (13.05.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/054900

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-503788 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 07 February 2008 (07.02.2008), entire text; all drawings & US 2008/0037105 A1 & EP 1761821 A & KR 10-2007-0037623 A	1-5
A	JP 2001-265261 A (TDK Corp.), 28 September 2001 (28.09.2001), claim 1; paragraphs [0008], [0010] to [0011], [0018], [0060]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02F1/19(2006.01)i, G02F1/167(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02F1/19, G02F1/167

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 4-39630 A（株式会社日本製鋼所）1992.02.10, 全文、全図（ファミリーなし）	1 - 5
A	日本国実用新案登録出願 63-91276 号（日本国実用新案登録出願公開 2-13228 号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（トヨタ自動車株式会社）1990.01.26, 全文、全図（ファミリーなし）	1 - 5

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 8 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

佐藤 洋允

2 L

3 4 1 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-503788 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ) 2008.02.07, 全文、全図 & US 2008/0037105 A1 & EP 1761821 A & KR 10-2007-0037623 A	1 - 5
A	JP 2001-265261 A (ティーディーケー株式会社) 2001.09.28, 請求項1、段落【0008】、【0010】 - 【0011】、【0018】、【0060】、図1 - 図3 (ファミリーなし)	1 - 5