(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
2010 年 5 月 27 日(27.05.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/058799 A1

(51) 国際特許分類:
G02F 1/17 (2006.01) *G02F 1/361* (2006.01)
C09B 57/00 (2006.01) *G09F 9/30* (2006.01)
G02F 1/13 (2006.01) *G09F 9/35* (2006.01)
G02F 1/137 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/069577

(22) 国際出願日: 2009 年 11 月 18 日(18.11.2009)

(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 2008-295851 2008 年 11 月 19 日(19.11.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山口 一 (YAMAGUCHI, Hajime) [JP/JP]. 長谷川 励 (HASEGAWA, Rei) [JP/JP]. 宮崎 崇 (MIYAZAKI, Takashi) [JP/JP]. 永戸 一志 (NAGATO, Hitoshi) [JP/JP]. 大岡 春日 (OOOKA, Haruhi) [JP/JP].

(74) 代理人: 鈴江 武彦, 外 (SUZUYE, Takehiko et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門１丁目１２番９号 鈴榮特許綜合事務所内 Tokyo (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, 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, IS, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

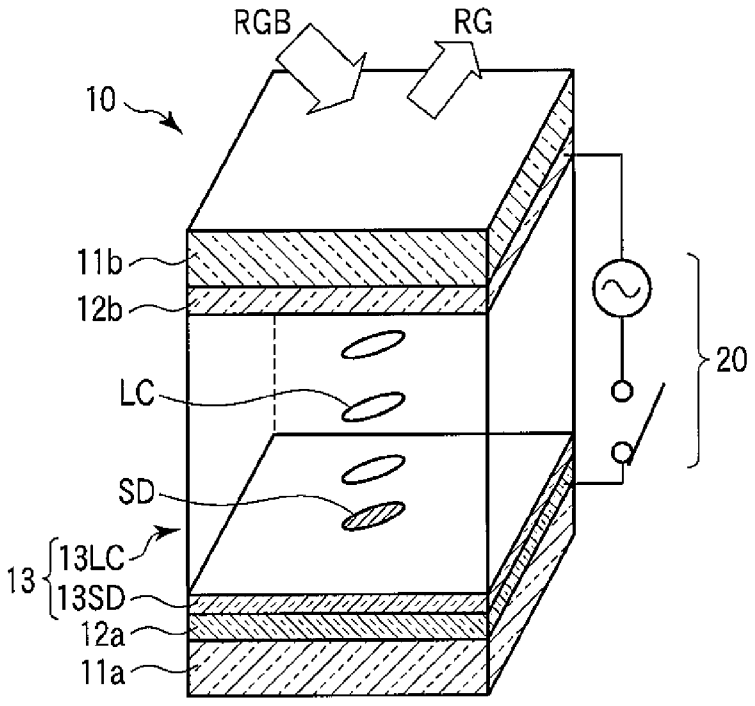
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) **Title**: OPTICAL ELEMENT AND DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称 : 光学素子及び表示装置

[図7]



(57) **Abstract**: The present invention provides a technique by which a multi-color image can be displayed with excellent color reproducibility. An optical element (10) comprises an optically variable layer (13) containing a dielectrically anisotropic material (LC) and a solvatochromic dye (SD), and electrodes (12a, 12b) for applying a voltage to the optically variable layer (13).

(57) 要約: 多色画像を優れた色再現性で表示可能とする。光学素子（１０）は、誘電率異方性を有する材料（ＬＣ）とソルバトクロミック色素（ＳＤ）とを含んだ光学的可変層（１３）と、光学的可変層（１３）に電圧を印加する電極（１２ａ，１２ｂ）とを含んでいる。

WO 2010/058799 A1

(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 光学素子及び表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、光学技術に関する。

背景技術

[0002] 電子ペーパは、表示すべき画像の変更が可能であり、紙に匹敵する携帯性を有している表示装置である。電子ペーパは、情報伝達に使用する紙の一部を置換し得る。それ故、電子ペーパは、森林資源の保護に寄与し得る。

[0003] このような表示装置において多色画像を表示すべくカラーフィルタを使用した場合、高い解像度と紙に匹敵する厚さとを達成することは難しい。また、表示すべき画像の変更は、電気的な手法によって行うことが有利である。即ち、カラーフィルタなしで多色画像を表示可能であることが望ましい。

[0004] 特開２００７－１１２６０号公報、特開２００７－２４０６６８号公報及び特開２００７－２７９１６３号公報には、金属イオンを含んだ電解液を使用する表示技術が記載されている。この表示技術では、電解液に通電することによって、電解液から金属を析出させる。表示色は、例えば金属微粒子の粒径に応じて変化する。従って、この表示技術によると、カラーフィルタなしで多色画像を表示することが可能である。

発明の概要

[0005] しかしながら、金属微粒子の粒径を高い精度で制御することは困難である。それ故、先の表示技術によると、色再現性が不十分になり易い。

本発明の目的は、多色画像を優れた色再現性で表示可能とすることにある。

[0006] 本発明の第１側面によると、誘電率異方性を有する材料とソルバトクロミック色素とを含んだ光学的可変層と、前記光学的可変層に電圧を印加する第１及び第２電極とを具備した光学素子が提供される。

[0007] 本発明の第２側面によると、第１側面に係る光学素子と、前記第１及び第

２電極間に駆動電圧を印加する駆動回路とを含んだ表示装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]正のソルバトクロミズムを示す色素の一例と、その基底状態及び励起状態における双極子モーメントとを示す図。

[図2]負のソルバトクロミズムを示す色素の一例と、その基底状態及び励起状態における双極子モーメントとを示す図。

[図3]図１に示す色素が示すソルバトクロミズムのエネルギー図。

[図4]図２に示す色素が示すソルバトクロミズムのエネルギー図。

[図5]色素分子の双極子モーメントと溶媒分子の配向状態との関係を概略的に示す図。

[図6]色素分子の双極子と溶媒分子の双極子及び誘起双極子との相互作用を概略的に示す図。

[図7]本発明の第１態様に係る光学素子が黄色を表示している様子を概略的に示す斜視図。

[図8]図７に示す光学素子がマゼンタ色を表示している様子を概略的に示す斜視図。

[図9]図７に示す光学素子がシアン色を表示している様子を概略的に示す斜視図で。

[図10]本発明の第２態様に係る光学素子が黄色を表示している様子を概略的に示す斜視図。

[図11]図１０に示す光学素子がマゼンタ色を表示している様子を概略的に示す斜視図。

[図12]図１０に示す光学素子がシアン色を表示している様子を概略的に示す斜視図。

[図13]図１０に示す状態におけるソルバトクロミック色素分子と液晶分子とを概略的に示す図。

[図14]図１１に示す状態におけるソルバトクロミック色素分子と液晶分子とを概略的に示す図。

[図15]図１２に示す状態におけるソルバトクロミック色素分子と液晶分子とを概略的に示す図。

[図16]本発明の第３態様に係る光学素子が或る色を表示している様子を概略的に示す断面図。

[図17]図１６に示す光学素子が他の色を表示している様子を概略的に示す断面図。

[図18]本発明の第４態様に係る光学素子が或る色を表示している様子を概略的に示す断面図。

[図19]図１８に示す光学素子が他の色を表示している様子を概略的に示す断面図。

[図20]電圧変化に伴う色変化の一例を示すグラフ。

[図21]例３に係る光学素子を概略的に示す断面図。

[図22]電圧変化に伴う色変化の他の例を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の態様について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、同様又は類似した機能を発揮する構成要素には全ての図面を通じて同一の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

[0010] まず、ソルバトクロミズムについて説明する。

ソルバトクロミズムは、溶媒の種類に応じて色素溶液の色が変化する現象であり、次のように解釈されている。

[0011] 大きな電気双極子モーメント（以下、「双極子モーメント」は、「電気双極子モーメント」を意味することとする）を有しており、基底状態と励起状態とで双極子モーメントの大きさが著しく異なる色素分子は、溶媒の極性が高いほど基底状態又は励起状態の一方がより安定化される。その結果、基底状態から励起状態への電子遷移エネルギーが変化し、吸収波長のシフトを引き起こす。この現象はソルバトクロミズムと呼ばれており、このような色素はソルバトクロミック色素と呼ばれている。

ソルバトクロミズムについて、数式及び図面を参照しながら、更に詳しく

説明する。

[数1]

$$\Delta E - \Delta E' = -\left(\mu_{(ex)} - \mu_{(g)}\right)\left|\mu_{(g)}\left\{L(\varepsilon) - L(n^2)\right\} + \left(\mu_{(ex)} + \mu_{(g)}\right)L(n^2)\right| \quad \cdots (1)$$

$$L(x) = \frac{2(x-1)}{(2x+1)} \quad \cdots (2)$$

[0012] 上記数式（１）において、ΔＥ及びΔＥ’は、それぞれ、溶媒の極性が低い場合及び高い場合におけるソルバトクロミック色素の基底状態から励起状態への電子遷移エネルギーを表している。$\mu_{(g)}$及び$\mu_{(ex)}$は、それぞれ、基底状態及び励起状態における色素分子の双極子モーメントを表している。εおよびｎは、それぞれ、溶媒の誘電率及び屈折率を表している。なお、等式（１）におけるＬ（ε）及びＬ（n^2）の各々は、上記等式（２）から算出される値である。

[0013] 数式（１）は、溶媒の極性が高い場合における電子遷移エネルギーΔＥ’と溶媒の極性が低い場合の電子遷移エネルギーΔＥとの差、即ち電子遷移エネルギーの変化量ΔＥ’－ΔＥが、双極子モーメント$\mu_{(g)}$及び$\mu_{(ex)}$と誘電率εと屈折率ｎとの関数であることを示すものであり、ＭｃＲａｅモデルと呼ばれている。ここでは、簡単のため、励起状態の双極子モーメントと基底状態の双極子モーメントとが成す角度は０°（又は１８０°）としている。なお、溶媒の極性の概念には、水素結合性や電子供与性も含まれるが、ＭｃＲａｅモデルではこれらは考慮されていない。

[0014] 数式（１）から、色素の基底状態と励起状態とで双極子モーメントの大きさが著しく異なっていることが分かる。即ち、双極子モーメント$\mu_{(ex)}$の大きさと双極子モーメント$\mu_{(g)}$の大きさとの差$\mu_{(ex)} - \mu_{(g)}$が大きい場合には変化量ΔＥ’－ΔＥが大きいことと、双極子モーメント$\mu_{(ex)}$及び$\mu_{(g)}$の各々が大きい場合には変化量ΔＥ’－ΔＥが大きいことが分かる。換言すれば、色素の双極子モーメントと吸収波長のシフト量、即ち色の変化量との関係が分かる。また、変化量ΔＥ’－ΔＥの極性、即ち吸収波長の変化の方向は、差$\mu_{(ex)}$

$-\mu_{(g)}$の符号に依存していることが分かる。

[0015] 図１は、正のソルバトクロミズムを示す色素の一例と、その基底状態及び励起状態における双極子モーメントとを示す図である。図２は、負のソルバトクロミズムを示す色素の一例と、その基底状態及び励起状態における双極子モーメントとを示す図である。図３は、図１に示す色素が示すソルバトクロミズムのエネルギー図である。図４は、図２に示す色素が示すソルバトクロミズムのエネルギー図である。図１には、正のソルバトクロミズムを示す色素の一例として、Ｐｈｅｎｏｌ Ｂｌｕｅ色素を示している。図２には、負のソルバトクロミズムを示す色素の一例として、Ｒｅｉｃｈａｒｄｔ色素を示している。なお、図１及び図２に示す構造式は、必ずしも化合物内における電子密度を正確に表現しているものではない。

[0016] 図１に示すように差$\mu_{(ex)}-\mu_{(g)}$が正の値である場合、ソルバトクロミズムは、正のソルバトクロミズムと呼ばれる。この場合、図３に示すように、溶媒の極性を高めると、吸収波長は長波長方向にシフトする。

[0017] 図２に示すように差$\mu_{(ex)}-\mu_{(g)}$が正の値である場合、ソルバトクロミズムは、負のソルバトクロミズムと呼ばれる。この場合、図４に示すように、溶媒の極性を高めると、吸収波長は短波長方向にシフトする。

[0018] 溶媒がソルバトクロミズムに及ぼす影響について、更に詳しく説明する。

等式（１）において、値Ｌ（n^2）は電子分極を表し、値Ｌ（ε）と値Ｌ（n^2）との差Ｌ（ε）－Ｌ（n^2）は、誘電率から電子分極の寄与を差し引いたものである配向分極を表している。等式（１）から分かるように、溶媒の配向分極及び電子分極が大きい場合、変化量ΔＥ’―ΔＥが大きい。即ち、この場合、色素の色変化量が大きい。

[0019] 溶媒の配向分極は、溶媒の双極子に起因するものである。他方、溶媒の電子分極は、溶媒の誘起双極子に起因するものである。それ故、ソルバトクロミズムは、色素分子の双極子と色素分子の近傍に存在している溶媒の双極子及び誘起双極子との相互作用に由来した現象であると言える。従って、この

相互作用の大きさを電場によって変化させることができれば、溶媒を変えることなしに、ソルバトクロミック色素の色、特には色相を変化させることができる筈である。

[0020] そこで、後で詳しく説明する本発明の各態様では、誘電率異方性を有している材料をソルバトクロミック色素の近傍に位置させ、誘電率異方性を有している材料に対して電気駆動信号を与える。これにより、溶媒を変えることなしに、ソルバトクロミック色素の色変化を実現する。

[0021] この色変化について、図５及び図６を参照しながら説明する。

図５は、色素分子の双極子モーメントと溶媒分子の配向状態との関係を概略的に示す図である。なお、図５は、誘電率異方性を有している材料として液晶材料を使用した場合を想定している。

[0022] 前述の通り、溶媒の極性は、単純に誘電率で解釈できるものではないが、ここでは、ＭｃＲａｅモデルに基づき、誘電率に着目して溶媒の極性を考える。

[0023] 液晶材料は、分子長軸に平行な誘電率と長軸に垂直な誘電率とが異なるという誘電率異方性を有している材料である。

[0024] 図５に示す配向状態Ａ１では、ソルバトクロミック色素分子ＳＤの双極子モーメントμ_{dye}は、液晶分子ＬＣの長軸に対して平行である。他方、図５に示す配向状態Ａ２では、ソルバトクロミック色素分子ＳＤの双極子モーメントμ_{dye}は、液晶分子ＬＣの長軸に対して垂直である。

[0025] 従って、配向状態Ａ１では、ソルバトクロミック色素分子ＳＤは、液晶分子ＬＣの長軸に平行な誘電率$\varepsilon_{\parallel}$の環境下に置かれていると考えられる。他方、配向状態Ａ２では、ソルバトクロミック色素分子ＳＤは、液晶分子ＬＣの長軸に垂直な誘電率$\varepsilon_{\perp}$の環境下に置かれていると考えられる。

[0026] 図６は、色素分子の双極子と溶媒分子の双極子及び誘起双極子との相互作用を概略的に示す図である。ここでは、液晶分子ＬＣは、正の誘電異方性（$\varepsilon_{\parallel} > \varepsilon_{\perp}$）を有しているネマチック液晶であるとする。

[0027] 配向状態Ａ１では、液晶分子ＬＣの短軸に平行な屈折率$\alpha_{0\perp}$に起因する誘起

双極子モーメント$\mu_{LC\perp}$は、色素分子ＳＤの双極子モーメントμ_{dye}に対して垂直である。他方、配向状態Ａ２では、液晶分子ＬＣの双極子モーメントμ_{LC}及び液晶分子ＬＣの長軸に平行な屈折率$\alpha_{0\parallel}$に起因する誘起双極子モーメント$\mu_{LC\parallel}$は、色素分子ＳＤの双極子モーメントμ_{dye}と直交している。直交している双極子モーメントの相互作用はゼロである。

[0028] それ故、配向状態Ａ１では、液晶分子ＬＣの双極子モーメントμ_{LC}と、液晶分子ＬＣの長軸に平行な屈折率$\alpha_{0\parallel}$に起因する誘起双極子モーメント$\mu_{LC\parallel}$とが、色素分子ＳＤの双極子モーメントμ_{dye}と相互作用する。他方、配向状態Ａ２では、液晶分子ＬＣの短軸に平行な屈折率$\alpha_{0\perp}$に起因する誘起双極子モーメント$\mu_{LC\perp}$が、色素分子ＳＤの双極子モーメントμ_{dye}と相互作用する。

[0029] 従って、配向状態Ａ１において色素分子ＳＤの双極子モーメントμ_{dye}が受ける相互作用エネルギーは、$-\mu_{dye}\mu_{LC}/(4\pi\varepsilon_0 r^3) - 2\mu_{dye}^2\alpha_{0\parallel}/((4\pi\varepsilon_0)^2 r^6)$である。そして、配向状態Ａ２において色素分子ＳＤの双極子モーメントμ_{dye}が受ける相互作用エネルギーは、$-2\mu_{dye}^2\alpha_{0\perp}/((4\pi\varepsilon_0)^2 r^6)$である。なお、ここで、$\varepsilon_0$は真空の誘電率を表し、ｒは液晶分子ＬＣと色素分子ＳＤの距離を表している。

[0030] このように、配向状態Ａ１は、配向状態Ａ２と比較して、色素分子ＳＤの双極子と液晶分子ＬＣの双極子及び誘起双極子との相互作用が大きい。上記の通り、この相互作用の大きさは、ソルバトクロミック色素の色と相関している。そして、配向状態Ａ１と配向状態Ａ２との間の変化は、電場によって生じさせることができる。従って、ソルバトクロミック色素と液晶材料とを組み合わせると、ソルバトクロミック色素の色を電場によって変化させることができる。それ故、この技術を利用すると、カラーフィルタなしで多色画像を表示することができる。

[0031] また、上記の通り、ソルバトクロミック色素の色は、色素分子ＳＤの双極子と液晶分子ＬＣの双極子及び誘起双極子との相互作用の大きさと相関している。従って、電場の強さを３つ以上の値の間で変化させると、３つ以上の色を表示することができる。それ故、この技術を表示装置に適用した場合、

画素に比較的単純な構造を採用しながらも、多色画像を表示することができる。

[0032] 例えば、減法混色を利用したゲストーホストモードの液晶表示装置では、３原色に対応した３つの液晶層を積層する必要がある。これに対し、上述した技術によると、ソルバトクロミック色素と液晶材料とを含んだ単一の層に、例えば、３原色、それらの中間色及び白色を表示させることができる。それ故、高精細化した場合であっても、視差に起因した表示品位の劣化を生じ難い。

[0033] 更に、電場の大きさは、高い精度で制御できる。従って、上述した技術によると、優れた色再現性を達成できる。

[0034] また、複屈折を利用した液晶表示装置では、広い視野角を達成することが難しい。加えて、複屈折を利用した液晶表示装置では、偏光子が必要である。これに対し、上述した技術では、ソルバトクロミック色素の吸収を利用しているため、広い視野角を容易に達成することができる。しかも、この技術では、偏光子は不要であるため、明るい表示が可能である。

[0035] 次に、上述した技術を適用した光学素子について説明する。

図７は、本発明の第１態様に係る光学素子が黄色を表示している様子を概略的に示す斜視図である。図８は、図７に示す光学素子がマゼンタ色を表示している様子を概略的に示す斜視図である。図９は、図７に示す光学素子がシアン色を表示している様子を概略的に示す斜視図である。

[0036] 図７乃至図９に示す光学素子１０は、反射型の光学素子である。この光学素子１０は、基板１１ａ及び１１ｂと、図示しないシール層と、電極１２ａ及び１２ｂと、光学的可変層１３と、図示しない反射層とを含んでいる。この光学素子１０は、基板１１ａ側が背面側であり、基板１１ｂ側が前面側である。

[0037] 基板１１ａ及び１１ｂは、互いに向き合っている。基板１１ａは、光透過性を有しており、典型的には無色及び／又は透明である。

[0038] シール層は、枠形状を有しており、基板１１ａ及び１１ｂ間に介在してい

る。基板１１ａ及び１１ｂとシール層とは、中空構造を有しているセルを構成している。なお、このセル内には、基板１１ａ及び１１ｂ間の距離の均一性を向上させるべく、スペーサを配置してもよい。

[0039] 電極１２ａ及び１２ｂは、基板１１ａと基板１１ｂとの間に位置している。電極１２ａ及び１２ｂは、それぞれ、基板１１ａ及び１１ｂに支持されている。電極１２ａ及び１２ｂは、光透過性を有しており、典型的には無色及び／又は透明である。

[0040] 光学的可変層１３は、誘電率異方性を有する材料とソルバトクロミック色素とを含んでいる。具体的には、光学的可変層１３は、色素層１３ＳＤと液晶層１３ＬＣとを含んでいる。

[0041] 色素層１３ＳＤは、電極１２ａを被覆している。色素層１３ＳＤは、電極１２ａ上に固定化されたソルバトクロミック色素ＳＤを含んでいる。ここでは、一例として、ソルバトクロミック色素ＳＤは、負のソルバトクロミズムを示すとする。また、ここでは、一例として、ソルバトクロミック色素ＳＤは、基底状態又は励起状態における双極子モーメントが基板１１ａの基板１１ｂとの対向面に対して平行な１方向を向くように配向しているとする。以下、この方向を、「色素分子ＳＤの配向方向」と呼ぶ。なお、色素層１３ＳＤと電極１２ａとの間には、絶縁層が介在していてもよい。或いは、色素層１３ＳＤは、絶縁層とこれに固定化されたソルバトクロミック色素ＳＤとを含んでいてもよい。

[0042] 液晶層１３ＬＣは、色素層１３ＳＤと電極１２ｂとの間に介在している。液晶層１３ＬＣは、基板１１ａ及び１１ｂとシール層とによって囲まれた密閉空間を満たした液晶材料からなる。ここでは、一例として、液晶材料は、誘電率異方性が正のネマチック液晶であり、電圧無印加状態において、液晶分子ＬＣの長軸又は双極子モーメントが色素の配向方向と略平行となるように配向しているとする。以下、液晶分子ＬＣの長軸又は双極子モーメントの方向を、「液晶分子ＬＣの配向方向」と呼ぶ。

[0043] なお、液晶材料は、例えば、液晶層１３ＬＣに隣接して配向膜を設けるか

、又は、液晶層１３ＬＣに隣接した層に配向処理を施すことにより配向させることができる。配向膜の形成又は配向処理には、例えば、ラビング処理又は光配向技術を利用することができる。

[0044] 反射層は、基板１１ａの背面側に設置されている。反射層は、基板１１ａと色素層１３ＳＤとの間に設置してもよい。或いは、反射層を設ける代わりに、電極１２ａとして、金属層又は合金層などの光反射性の電極を使用してもよい。

[0045] この光学素子１０の電極１２ａ及び１２ｂは、駆動回路２０に接続されている。駆動回路は、可変電圧源を含んでいる。可変電圧源は、交流電圧源であってもよく、直流電圧源であってもよい。

[0046] なお、光学素子１０と駆動回路２０との組み合わせは、例えば、表示装置として利用することができる。

[0047] この光学素子１０を前方から白色光で照明すると、この白色光は、基板１１ｂ、電極１２ｂ及び液晶層１３ＬＣをこの順に透過し、色素層１３ＳＤに入射する。色素層１３ＳＤは、この入射光の一部を吸収し、他の一部を透過させる。色素層１３ＳＤを透過した光は、基板１１ａを透過し、反射層によって反射される。この反射光は、基板１１ａを透過し、色素層１３ＳＤに入射する。色素層１３ＳＤは、この入射光の一部を吸収し、他の一部を透過させる。色素層１３ＳＤを透過した光は、液晶層１３ＬＣ、電極１２ｂ及び基板１１ｂをこの順に透過する。観察者は、この透過光を表示光として知覚する。即ち、観察者は、色素層１３ＳＤが吸収した光の色の補色を知覚する。

[0048] 図７に示すように、電極１２ａ及び１２ｂに電圧を印加していない場合、液晶分子ＬＣの配向方向は、色素分子ＳＤの配向方向に対して平行である。この状態は、図５及び図６を参照しながら説明した配向状態Ａ１に相当している。この状態では、色素層１３ＳＤは、例えば青色の光を吸収する。この場合、観察者は、青色の補色である黄色を知覚する。

[0049] 電極１２ａ及び１２ｂに絶対値が比較的小さな電圧（以下、「電圧」は「電圧の絶対値」を意味していることとする）を印加すると、液晶分子ＬＣは

、図８に示すように、基板１１ａに対して傾く。その結果、色素層１３ＳＤの吸収波長域は、長波長方向にシフトする。この状態では、色素層１３ＳＤは、例えば緑色の光を吸収する。この場合、観察者は、緑色の補色であるマゼンタ色を知覚する。

[0050] 電極１２ａ及び１２ｂに印加する電圧を更に高くすると、液晶分子ＬＣは、図９に示すように、基板１１ａの主面に対して略垂直に、即ち、表示面に対して略垂直に配向する。この状態は、図５及び図６を参照しながら説明した配向状態Ａ２に相当している。この状態では、色素層１３ＳＤは、例えば赤色の光を吸収する。この場合、観察者は、赤色の補色であるシアン色を知覚する。

[0051] なお、正のソルバトクロミズムを示すソルバトクロミック色素ＳＤを使用した場合、電極１２ａ及び１２ｂ間に印加する電圧を高めると、色素層１３ＳＤの吸収波長域は短波長方向にシフトする。従って、この場合、例えば、電極１２ａ及び１２ｂに電圧を印加していないときに、色素層１３ＳＤが赤色の光を吸収するように設計してもよい。電圧無印加時における吸収波長域、並びに、印加電圧の上昇に伴う吸収波長域のシフト方向及びシフト量は、例えば、使用する液晶材料及びソルバトクロミック色素材料並びに電圧の大きさによって制御できる。

[0052] 次に、本発明の第２態様を説明する。第２態様では、電極１２ａ及び１２ｂをそれぞれ基板１１ａ及び１１ｂに支持させる代わりに、電極１２ａ及び１２ｂの双方を基板１１ａに支持させる。

[0053] 図１０は、本発明の第２態様に係る光学素子が黄色を表示している様子を概略的に示す斜視図である。図１１は、図１０に示す光学素子がマゼンタ色を表示している様子を概略的に示す斜視図である。図１２は、図１０に示す光学素子がシアン色を表示している様子を概略的に示す斜視図である。

[0054] 図１３は、図１１に示す状態におけるソルバトクロミック色素分子と液晶分子とを概略的に示す図である。図１４は、図１２に示す状態におけるソルバトクロミック色素分子と液晶分子とを概略的に示す図である。図１５は、

図１３に示す状態におけるソルバトクロミック色素分子と液晶分子とを概略的に示す図である。なお、図１３乃至図１５は、表示面に垂直な方向から観察したソルバトクロミック色素分子及び液晶分子の配置を描いている。

[0055] 図１０乃至図１２に示す光学素子１０は、以下の構成を採用したこと以外は、図７乃至図９を参照しながら説明した光学素子１０と同様の構成を有している。

[0056] 即ち、この光学素子１０では、電極１２ａ及び１２ｂの双方が基板１１ａと光学的可変層１３との間に位置している。電極１２ａ及び１２ｂは、各々が一方向に延びた形状を有しており、それらの長さ方向が平行になるように配置されている。ソルバトクロミック色素分子ＳＤの配向方向は、電極１２ａ及び１２ｂの長さ方向に対して略平行である。そして、液晶分子ＬＣの電圧無印加状態における配向方向も、電極１２ａ及び１２ｂの長さ方向に対して略平行である。

[0057] 電極１２ａ及び１２ｂに電圧を印加していない場合、液晶分子ＬＣの配向方向は、図１０及び図１３に示すように、色素分子ＳＤの配向方向に対して平行である。この状態は、図７を参照しながら説明した状態と同様である。従って、この場合、観察者は、例えば、青色の補色である黄色を知覚する。

[0058] 電極１２ａ及び１２ｂに比較的低い電圧を印加すると、液晶分子ＬＣは、図１１及び図１４に示すように、表示面に対して略平行であり且つ電極１２ａ及び１２ｂの長さ方向に対して傾いた方向に配向する。この状態は、図８を参照しながら説明した状態と等価である。従って、この場合、観察者は、例えば、緑色の補色であるマゼンタ色を知覚する。

[0059] 電極１２ａ及び１２ｂに印加する電圧を更に高くすると、液晶分子ＬＣは、図１２及び図１５に示すように、表示面に対して略平行であり且つ電極１２ａ及び１２ｂの長さ方向に対して略垂直な方向に配向する。この状態は、図９を参照しながら説明した状態と等価である。従って、この場合、観察者は、例えば、赤色の補色であるシアン色を知覚する。

[0060] 次に、本発明の第３態様を説明する。第３態様では、ソルバトクロミック

色素を固定化せずに、液晶材料と混合する。

[0061] 図１６は、本発明の第３態様に係る光学素子が或る色を表示している様子を概略的に示す断面図である。図１７は、図１６に示す光学素子が他の色を表示している様子を概略的に示す断面図である。なお、参照符号１５及び１６は、それぞれ、上述したシール層及び反射層１６を示している。

[0062] 図１６及び図１７に示す光学素子１０は、以下の構成を採用したこと以外は、図７乃至図９を参照しながら説明した光学素子１０と同様の構成を有している。

[0063] 即ち、この光学素子１０では、光学的可変層１３は、単層構造を有している。光学的可変層１３は、ソルバトクロミック色素と液晶材料とを含んだ混合物からなる。そして、電極１２ａ及び１２ｂは、それぞれ、絶縁層１７ａ及び１７ｂによって被覆されている。

[0064] 図１６に示すように、電圧無印加状態においては、液晶分子ＬＣの双極子モーメントの向きはランダムであるか、又は、液晶材料は低い配向秩序度で配向している。同様に、ソルバトクロミック色素ＳＤの双極子モーメントの向きはランダムであるか、又は、ソルバトクロミック色素ＳＤは低い配向秩序度で配向している。ここでは、一例として、電圧無印加状態において、液晶分子ＬＣの双極子モーメントの向き及びソルバトクロミック色素ＳＤの双極子モーメントの向きはランダムであるとする。この場合、ソルバトクロミック色素分子ＳＤは、液晶材料の平均的な誘電率環境下に置かれている。

[0065] 電極１２ａ及び１２ｂ間に十分に高い電圧を印加すると、液晶分子ＬＣは、表示面に対して略垂直に配向する。これに伴い、ソルバトクロミック色素ＳＤの配向秩序度も高くなる。その結果、ソルバトクロミック色素ＳＤの色が変化する。即ち、表示色、特には色相が変化する。

[0066] 例えば、ソルバトクロミック色素ＳＤとして、Ｒｅｉｃｈａｒｄｔ色素などの負のソルバトクロミズムを示すものを用いた場合には、電極１２ａ及び１２ｂ間に印加する電圧を高くすると、光学的可変層１３の吸収スペクトルは短波長方向へとシフトする。他方、ソルバトクロミック色素ＳＤとして、

Ｐｈｅｎｏｌ Ｂｌｕｅ色素などの正のソルバトクロミズムを示すものを用いた場合には、電極１２ａ及び１２ｂ間に印加する電圧を高くすると、光学的可変層１３の吸収スペクトルは長波長方向へとシフトする。

[0067] このように、ソルバトクロミック色素と液晶材料とを混合した場合であっても、電極１２ａ及び１２ｂ間に印加する電圧の大きさに応じた表示色の変化を生じさせることができる。

[0068] また、この光学素子１０では、ソルバトクロミック色素と液晶材料とを混合しているので、色素層１３ＳＤを形成する必要がない。従って、この光学素子１０は、図７乃至図９を参照しながら説明した光学素子１０と比較して製造が容易である。

[0069] ソルバトクロミック色素と液晶材料とを含んだ混合は、マイクロカプセル化してもよい。即ち、この混合物とこれを収容した透明膜とを含んだマイクロカプセルを用いて、光学的可変層１３を構成してもよい。

[0070] ソルバトクロミック色素の一部のみを液晶材料と混合し、ソルバトクロミック色素の残りを固定化してもよい。また、電極１２ａ及び１２ｂの双方を基板１１ａに支持させてもよい。

[0071] 次に、本発明の第４態様を説明する。第４態様では、ソルバトクロミック色素を配向させることなしに又は低い配向秩序度で配向させて固定化する。

[0072] 図１８は、本発明の第４態様に係る光学素子が或る色を表示している様子を概略的に示す断面図である。図１９は、図１８に示す光学素子が他の色を表示している様子を概略的に示す断面図である。なお、図１８及び図１９には、光学素子１０のうち光学的可変層１３の一部のみを描いている。また、図１８には電圧無印加状態を描いており、図１９には、十分な大きさの電圧を印加した状態を描いている。

[0073] 図１８及び図１９に示す光学素子１０は、以下の構成を採用したこと以外は、図７乃至図９を参照しながら説明した光学素子１０と同様の構成を有している。

[0074] 即ち、この光学素子１０では、光学的可変層１３は、ソルバトクロミック

色素ＳＤ及び液晶材料に加えて、多孔質体１３Ｐを更に含んでいる。多孔質体１３Ｐは、電極１２ａ及び１２ｂ間に挟まれた層を形成している。ソルバトクロミック色素ＳＤは、多孔質体１３Ｐの細孔の壁面上に固定化されている。

[0075] 電圧無印加状態では、図１８に示すように、液晶分子ＬＣの双極子モーメントは、その近傍に位置したソルバトクロミック色素ＳＤの双極子モーメントに対して略平行である。従って、光学的可変層１３は、例えば、図７を参照しながら説明したのと同様の色を表示する。

[0076] 電極１２ａ及び１２ｂ間に十分に高い電圧を印加すると、図１９に示すように、液晶分子ＬＣは、略一方向に配向する。これに伴い、液晶分子ＬＣの双極子モーメントとその近傍に位置したソルバトクロミック色素ＳＤの双極子モーメントとが成す平均角度が大きくなる。その結果、ソルバトクロミック色素ＳＤの色が変化する。即ち、表示色、特には色相が変化する。

[0077] このように、ソルバトクロミック色素を多孔質体上に固定化した場合であっても、電極１２ａ及び１２ｂ間に印加する電圧の大きさに応じた表示色の変化を生じさせることができる。

[0078] また、多孔質体１３Ｐは、電極１２ａと比較して面積が遥かに大きい。従って、多孔質体１３Ｐを使用した場合、より多くのソルバトクロミック色素ＳＤを固定化することができる。それ故、より高い色濃度を達成できる。

[0079] なお、ソルバトクロミック色素の一部のみ固定化し、ソルバトクロミック色素の残りを液晶材料と混合してもよい。また、電極１２ａ及び１２ｂの双方を基板１１ａに支持させてもよい。

[0080] 次に、上述した光学素子１０の材料等について説明する。

基板１１ａ及び１１ｂとしては、例えば、十分な強度と絶縁性とを有しているものを使用する。基板１１ａとしては、光透過性を有している基板、典型的には透明基板を使用する。基板１１ｂは、光透過性を有していてもよく、有していなくてもよい。基板１１ａ及び１１ｂの材料としては、例えば、ガラス、プラスチック、セラミック及び金属を使用することができる。

[0081] 電極１２ａ及び１２ｂのうち、光学的可変層１３と観察者との間に設置するものは、光透過性を有しており、典型的には透明である。光透過性を有している電極の材料としては、例えば、インジウム錫酸化物（ＩＴＯ）などの透明導電性材料を使用することができる。不透明又は半透明な電極の材料としては、例えば、アルミニウム、ニッケル、銅、銀、金及び白金など金属又はそれらの合金を使用することができる。電極１２ａ及び１２ｂは、単層構造を有していてもよく、多層構造を有していてもよい。電極１２ａ及び１２ｂは、例えば、蒸着及びスパッタリングなどの気相堆積法による成膜を行い、必要に応じて例えばフォトリソグラフィを利用したパターニングを行うことにより得られる。

[0082] シール層１５の材料としては、例えば接着剤を使用することができる。

基板１１ａ及び１１ｂ間にスペーサを設置する場合、スペーサとしては、例えば、液晶表示装置で使用されているのと同様の粒状スペーサ又は柱状スペーサを使用することができる。粒状スペーサ及び柱状スペーサは、電気的に絶縁性である。粒状スペーサの材料としては、例えば、ジビニルベンゼン及びポリスチレンなどの高分子、又は、アルミナ及びシリカなどの無機酸化物を使用することができる。柱状スペーサの材料としては、例えば、フォトリソグラフィを利用可能なポジ型又はネガ型の感光性樹脂を使用することができる。例えば、ポリイミド、ポリアミド、ポリビニルアルコール、ポリアクリルアミド、環化ゴム、ノボラック樹脂、ポリエステル、ポリウレタン、アクリル樹脂、ビスフェノール樹脂又はゼラチンを含んだ感光性樹脂を使用することができる。

[0083] 電極１２ａ及び１２ｂの少なくとも一方の表面を、絶縁層で被覆してもよい。絶縁層の材料としては、例えば、ポリイミド、ポリアミド、ポリビニルアルコール、ポリアクリルアミド、環化ゴム、ノボラック樹脂、ポリエステル、ポリウレタン、アクリル樹脂、ビスフェノール樹脂及びゼラチンなどの有機物、又は、酸化シリコン及び窒化シリコンなどの無機物を使用することができる。絶縁層は、単層構造を有していてもよく、多層構造を有していて

もよい。絶縁層は、例えば、スピンコートなどの塗布法、水面上に形成された単分子膜を電極上に写し取るラングミュア・ブロジェット法、又は蒸着法などの気相堆積法により形成することができる。絶縁層には、液晶材料などの誘電率異方性を有する材料の配向を制御するために、ラビング処理などの配向処理を施してもよい。

[0084] 誘電率異方性を有している材料は、分子内に誘電率異方性を有するもの、即ち、配向分極、電子分極及び原子分極などの分極が分子内で異方性を有するものである。誘電率異方性を有している材料は、有機材料であってもよく、無機材料であってもよい。

[0085] 誘電率異方性を有している材料としては、例えば、液晶材料を使用することができる。液晶材料は、液晶化合物であってもよく、複数の液晶化合物を含んだ組成物であってもよい。或いは、液晶材料は、１つ以上の液晶化合物と他の１つ以上の化合物とを含んだ組成物であってもよい。液晶材料としては、例えば、ネマチック液晶材料、コレステリック液晶材料若しくはカイラルネマチック液晶材料（以下、コレステリック液晶材料及び／又はカイラルネマチック液晶材料を「コレステリック液晶材料」と呼ぶ）、ネマチック液晶材料とコレステリック液晶材料若しくはカイラル剤との混合物、又はスメクチック液晶材料を使用することができる。誘電率異方性を有している材料は、誘電率異方性を有している成分のみで構成されていてもよく、誘電率異方性を持たない材料を更に含んでいてもよい。

[0086] 液晶材料の誘電率異方性は、その絶対値が大きいことが好ましい。カラー表示を行う光学素子で必要とされる波長シフト量を考慮すると、液晶分子の長軸方向の比誘電率から短軸方向の比誘電率を減算した値である誘電率異方性の絶対値は、好ましくは５以上であり、より好ましくは１０以上である。

[0087] ソルバトクロミック色素としては、ソルバトクロミズムを示す化合物、又は、ソルバトクロミズムを示す複数の化合物を含んだ組成物を使用することができる。ソルバトクロミズムを示す化合物としては、例えば、Ｃｈｅｍ．Ｒｅｖ．，９４，２３１９（１９９４）に記載されているソルバトクロミッ

ク色素を使用することができる。

[0088] ソルバトクロミック色素は、分子内電荷移動構造を有しているもののように、溶媒の極性の変化に応じた吸収波長シフト量が大きいものであることが好ましい。また、色濃度の観点からは、ソルバトクロミック色素は、吸光度が大きな有機材料であることが望ましい。そのようなソルバトクロミック色素としては、例えば、Ｒｅｉｃｈａｒｄｔ色素を挙げることができる。

[0089] ソルバトクロミック色素の固定化には、化学的結合又は物理吸着などの物理的結合を利用できる。より安定な固定化には、化学的結合が好ましい。ソルバトクロミック色素は、有機材料上に固定化してもよく、無機材料上に固定化してもよい。例えば、ソルバトクロミック色素は、電極１２ａ又は１２ｂに支持された高分子材料の主鎖又は側鎖に組み込まれていてもよい。ソルバトクロミック色素は、上記の通り、多孔質体上に固定化することが好ましい。

[0090] ソルバトクロミック色素を配向させる場合、例えば、配向膜を利用することができる。例えば、ソルバトクロミック色素を含んだ液を配向膜上に塗布し、塗膜を乾燥させることにより、ソルバトクロミック色素を配向させ且つ固定化することができる。或いは、ソルバトクロミック色素が高分子材料の主鎖又は側鎖に組み込まれている場合、この高分子材料を含んだ層を形成し、この層に延伸処理又はラビング処理を施すことにより、ソルバトクロミック色素を配向させることができる。

[0091] ソルバトクロミック色素の吸収軸は、表示面に対して略垂直であることが好ましい。この場合、ソルバトクロミック色素材料によるより効率的な光吸収を実現できる。

[0092] ソルバトクロミック色素を配向させる場合、ソルバトクロミック色素の基底状態又は励起状態における双極子モーメントの方向は、例えば、配向膜が液晶材料を配向させる配向方向に対して平行とし、電極１２ａ及び１２ｂ間に電圧を印加した場合に生じる電場の向きに対して垂直とする。或いは、ソルバトクロミック色素の基底状態又は励起状態における双極子モーメントの

方向は、配向膜が液晶材料を配向させる配向方向に対して垂直とし、電極１２ａ及び１２ｂ間に電圧を印加した場合に生じる電場の向きに対して平行とする。この場合、印加電圧の変化に伴う吸収波長の変化を最大とすることができる。なお、ここで、「平行」は、２つの方向が成す角度が－２０°乃至＋２０°の範囲内にあることを意味する。また、「垂直」は、２つの方向が成す角度が＋７０°乃至＋１１０°の範囲内にあることを意味する。

[0093] 反射層１６の材料としては、アルミニウム及び銀などの金属又はそれらの合金を使用することができる。反射層１６は、例えば、電極１２ａが反射層を兼ねている場合や光学素子１０が透過型である場合には、省略することができる。

[0094] 駆動回路２０が駆動電圧として直流電圧を出力する場合、光学素子１０に表示させるべき色は、この駆動電圧の大きさによって制御することができる。駆動回路２０が駆動電圧として交流電圧を出力する場合、光学素子１０に表示させるべき色は、この駆動電圧の大きさと周波数との少なくとも一方によって制御することができる。イオン性不純物に起因したオフセット電圧などを考慮すると、直流駆動ではなく交流駆動が望ましい。光学素子１０を表示装置に適用し且つ交流駆動を行う場合、その周波数は、フリッカ現象抑制及び低消費電力の観点から、好ましくは１０Ｈｚ乃至１ＫＨｚの範囲内に設定し、より好ましくは３０Ｈｚ乃至２４０Ｈｚの範囲内に設定する。

[0095] 駆動回路２０は、例えば、吸収極大波長を可視光領域のほぼ全域に亘って変化させ得る。この場合、カラー写真に用いられるシアン、マゼンタ及びイエロー色の色素の吸収極大波長がそれぞれ約６５０、約５５０及び約４５０ｎｍであることを考慮すると、駆動回路２０は、好ましくは吸収極大波長が最大で１００ｎｍ以上変化するように、より好ましくは吸収極大波長が最大で２５０ｎｍ以上変化するように光学素子１０の動作を制御する。なお、「可視光領域」は４００ｎｍ乃至８００ｎｍの波長領域を意味している。

[0096] 以下に本発明の例を記載する。

[0097] （例１）

本例では、図１６及び図１７を参照しながら説明した光学素子１０を、以下の方法により製造した。

[0098] ＩＴＯ電極１２ａ及び１２ｂがそれぞれ設けられた透明な無アルカリガラス基板１１ａ及び１１ｂを２枚準備した。各ガラス基板の厚さは、０．７ｍｍであった。

[0099] 次に、電極１２ａ上に、ポリイミドを７０ｎｍの厚さにスピナーによりキャストして、絶縁層１７ａを形成した。ポリイミドとしては、日本合成ゴム社製のＡＬ－１０５１を使用した。続いて、基板１１ａの上記主面の周縁部に、シール層１５として使用するエポキシ接着剤をディスペンスした。

[0100] 電極１２ｂ上にも、絶縁層１７ａについて説明したのと同様の方法により絶縁層１７ｂを形成した。絶縁層１７ｂ上には、直径が１０μｍの樹脂製スペーサボールを散布した。

[0101] その後、基板１１ａ及び１１ｂを、絶縁層１７ａ及び１７ｂが向き合うように貼り合せ、エポキシ接着剤を硬化させた。これにより、空セルを得た。

[0102] 次に、９６質量部のネマチック液晶材料と４質量部のソルバトクロミック色素とを含んだ混合物を、等方相の状態で空セルへ真空注入して、光学的可変層１３を形成した。ネマチック液晶材料としては、Ａｌｄｒｉｃｈ－Ｓｉｇｍａ社製の４－シアノ－４’－ペンチルビフェニルを使用した。ソルバトクロミック色素としては、Ａｌｄｒｉｃｈ－Ｓｉｇｍａ社製のＲｅｉｃｈａｒｄｔ色素を使用した。

[0103] 空セルの注入口を封止した後、基板１１ａ上に反射フィルム１６を貼りつけた。以上のようにして、図１６及び図１７に示す光学素子１０を完成した。

[0104] この光学素子１０を、駆動回路２０に接続した。そして、電極１２ａ及び１２ｂ間に交流電圧を印加し、電圧変化に伴う色変化を観察した。なお、この交流電圧の波形は矩形波とし、周波数は３０Ｈｚとした。結果を図２０に示す。

[0105] 図２０は、電圧変化に伴う色変化の一例を示すグラフである。図中、横軸

は波長を示し、縦軸は吸光度（任意単位）を示している。

[0106] この光学素子１０は、電圧無印加状態（０Ｖ）においては緑色を表示し、このときの吸収極大波長は、図２０に示すように６８０ｎｍであった。そして、この光学素子１０は、印加電圧を２０Ｖとしたときに赤色を表示し、このときの吸収極大波長は、図２０に示すように５８０ｎｍであった。

[0107] （例２）

本例では、図１６及び図１７を参照しながら説明した光学素子１０を、以下の方法により製造した。

まず、例１において説明したのと同様の方法により、空セルを形成した。

[0108] 次に、９６質量部のネマチック液晶材料と４質量部のソルバトクロミック色素とを含んだ混合物を、等方相の状態で空セルへ真空注入して、光学的可変層１３を形成した。ネマチック液晶材料としては、メルク社製のＺＬＩ－４９００－０００を使用した。ソルバトクロミック色素としては、Ａｌｄｒｉｃｈ－Ｓｉｇｍａ社製のＲｅｉｃｈａｒｄｔ色素を使用した。

[0109] 空セルの注入口を封止した後、基板１１ａ上に反射フィルム１６を貼りつけた。以上のようにして、図１６及び図１７に示す光学素子１０を完成した。

[0110] この光学素子１０を、駆動回路２０に接続した。そして、電極１２ａ及び１２ｂ間に交流電圧を印加し、電圧変化に伴う色変化を観察した。なお、この交流電圧の波形は矩形波とし、周波数は３０Ｈｚとした。

[0111] その結果、この光学素子１０は、電圧無印加状態（０Ｖ）においては薄い橙色を表示し、印加電圧を１５Ｖとしたときに赤紫色を表示した。

[0112] （例３）

図２１は、例３に係る光学素子を概略的に示す断面図である。本例では、図２１に示す光学素子１０を、以下の方法により製造した。

[0113] ＩＴＯ電極１２ａ及び１２ｂがそれぞれ設けられた透明な無アルカリガラス基板１１ａ及び１１ｂを２枚準備した。各ガラス基板の厚さは、０．７ｍｍであった。

[0114] 次に、電極１２ａにラビング処理を施した。次いで、電極１２ａ上に、ソルバトクロミック色素を含んだ液を５０ｎｍの厚さにスピナーによりキャストした。これにより、色素層１３ＳＤを得た。ソルバトクロミック色素としては、Ａｌｄｒｉｃｈ－Ｓｉｇｍａ社製のＲｅｉｃｈａｒｄｔ色素を使用した。続いて、基板１１ａの上記主面の周縁部に、シール層１５として使用するエポキシ接着剤をディスペンスした。

[0115] 次に、電極１２ｂ上に、ポリイミドを７０ｎｍの厚さにスピナーによりキャストし、塗膜にラビング処理を施すことにより、絶縁層１７ｂを形成した。ポリイミドとしては、日本合成ゴム社製のＡＬ－１０５１を使用した。そして、絶縁層１７ｂ上に、直径が１０μｍの樹脂製スペーサボールを散布した。

[0116] その後、基板１１ａ及び１１ｂを、絶縁層１７ａ及び１７ｂが向き合うように及びラビング方向が平行になるように貼り合せ、エポキシ接着剤を硬化させた。これにより、空セルを得た。

[0117] 次に、フッ素系ネマチック液晶材料を、液晶相の状態で空セルへ真空注入して、液晶層１３ＬＣを形成した。ネマチック液晶材料としては、チッソ社製のＪＣ－１０４１を使用した。

[0118] 空セルの注入口を封止した後、基板１１ａ上に反射フィルム１６を貼りつけた。以上のようにして、図２１に示す光学素子１０を完成した。

[0119] この光学素子１０を、駆動回路２０に接続した。そして、電極１２ａ及び１２ｂ間に３０Ｖの交流電圧を印加し、電圧変化に伴う色変化を観察した。なお、この交流電圧の波形は矩形波とし、周波数は３０Ｈｚとした。結果を図２２に示す。

[0120] 図２２は、電圧変化に伴う色変化の他の例を示すグラフである。図中、横軸は波長を示し、縦軸は吸光度（任意単位）を示している。また、曲線C_{OFF}は電圧無印加状態における吸収スペクトルを示している。そして、曲線C_{ON}（０）、C_{ON}（30）及びC_{ON}（90）は、それぞれ、電圧を印加した直後、電圧印加を開始してから３０秒経過後、及び電圧印加を開始してから９０秒経過後に

おける吸収スペクトルを示している。

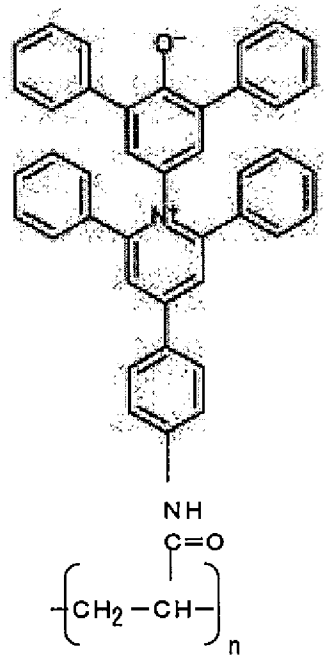
[0121] （例４）

本例では、図２１に示す光学素子１０を、以下の方法により製造した。

ＩＴＯ電極１２ａ及び１２ｂがそれぞれ設けられた透明な無アルカリガラス基板１１ａ及び１１ｂを２枚準備した。各ガラス基板の厚さは、０．７ｍｍであった。

[0122] 次に、電極１２ａにラビング処理を施した。次いで、電極１２ａ上に、ソルバトクロミック色素を側鎖に有している高分子を含んだ液を３０ｎｍの厚さにスピナーによりキャストした。更に、この塗膜にラビング処理を施すことにより、色素層１３ＳＤを得た。この高分子としては、下記化学式に示す化合物を使用した。続いて、基板１１ａの上記主面の周縁部に、シール層１５として使用するエポキシ接着剤をディスペンスした。

[化1]



[0123] 次に、電極１２ｂ上に、ポリイミドを７０ｎｍの厚さにスピナーによりキャストし、塗膜にラビング処理を施すことにより、絶縁層１７ｂを形成した。ポリイミドとしては、日本合成ゴム社製のＡＬ－１０５１を使用した。そして、絶縁層１７ｂ上に、直径が１０μｍの樹脂製スペーサボールを散布し

た。

[0124] その後、基板１１ａ及び１１ｂを、絶縁層１７ａ及び１７ｂが向き合うように及びラビング方向が平行になるように貼り合せ、エポキシ接着剤を硬化させた。これにより、空セルを得た。

[0125] 次に、Ｍｅｒｃｋ社製のネマチック液晶材料を、液晶相の状態で空セルへ真空注入して、液晶層１３ＬＣを形成した。ネマチック液晶材料としては、誘電率異方性Δεが２０であり、屈折率異方性Δｎが０．１５であるものを使用した。

[0126] 空セルの注入口を封止した後、基板１１ａ上に反射フィルム１６を貼りつけた。以上のようにして、図２１に示す光学素子１０を完成した。

[0127] この光学素子１０を、駆動回路２０に接続した。そして、電極１２ａ及び１２ｂ間に交流電圧を印加し、電圧変化に伴う色変化を観察した。なお、この交流電圧の波形は矩形波とし、周波数は３０Ｈｚとした。

[0128] その結果、この光学素子１０は、電圧無印加状態（０Ｖ）においては赤色を表示し、印加電圧を１５Ｖとしたときに緑色を表示した。

[0129] （例５）

本例では、図１８及び図１９を参照しながら説明した光学素子を、以下の方法により製造した。

[0130] まず、ホウケイ酸ソーダガラスの熱処理とそれに続く酸処理とにより、厚さが３μｍであり、細孔径が１μｍの多孔質ガラスビーズ１３Ｐを作製した。この多孔質ガラスビーズにＲｅｉｃｈａｒｄｔ色素のエタノール溶液を含浸させて、Ｒｅｉｃｈａｒｄｔ色素を細孔の壁面に固定化した。

[0131] このようにして得られた粒子を、ＩＴＯ電極がその表面に設けられた透明な２枚のガラス基板とシール層とからなるセルの中に封入した。ガラス基板としては、厚さが０．７ｍｍの無アルカリガラス基板を使用した。

[0132] その後、セルの中に、Ｍｅｒｃｋ社製のネマチック液晶材料を等方相の状態で真空注入した。ネマチック液晶材料としては、誘電率異方性Δεが１５であり、屈折率異方性Δｎが０．１８であるものを使用した。

[0133] セルの注入口を封止した後、一方の基板上に反射フィルム１６を貼りつけた。以上のようにして、図１８及び図１９を参照しながら説明した光学素子を完成した。

[0134] この光学素子１０を、駆動回路２０に接続した。そして、電極１２ａ及び１２ｂ間に交流電圧を印加し、電圧変化に伴う色変化を観察した。なお、この交流電圧の波形は矩形波とし、周波数は３０Ｈｚとした。

[0135] その結果、この光学素子１０は、電圧無印加状態（０Ｖ）においては赤紫色を表示し、印加電圧を５０Ｖとしたときに黄緑色を表示した。

[0136] 更なる利益及び変形は、当業者には容易である。それゆえ、本発明は、そのより広い側面において、ここに記載された特定の記載や代表的な態様に限定されるべきではない。従って、添付の請求の範囲及びその等価物によって規定される本発明の包括的概念の真意又は範囲から逸脱しない範囲内で、様々な変形が可能である。

請求の範囲

[請求項1] 誘電率異方性を有する材料とソルバトクロミック色素とを含んだ光学的可変層と、

前記光学的可変層に電圧を印加する第１及び第２電極と

を具備した光学素子。

[請求項2] 前記誘電率異方性を有する材料は液晶材料である請求項１に記載の光学素子。

[請求項3] 前記ソルバトクロミック色素は固定化されている請求項１に記載の光学素子。

[請求項4] 前記ソルバトクロミック色素は多孔質体に支持されている請求項３に記載の光学素子。

[請求項5] 前記ソルバトクロミック色素は化学結合によって固定化されている請求項３に記載の光学素子。

[請求項6] 前記ソルバトクロミック色素は高分子材料の主鎖又は側鎖に組み込まれている請求項５に記載の光学素子。

[請求項7] 前記ソルバトクロミック色素は配向している請求項３に記載の光学素子。

[請求項8] 前記ソルバトクロミック色素の吸収軸は前記光学的可変層の主面に平行である請求項７に記載の光学素子。

[請求項9] 前記誘電率異方性を有する材料は液晶材料である請求項７に記載の光学素子。

[請求項10] 前記光学的可変層の主面と接し、前記液晶材料の配向を制御するように構成された配向膜を更に具備した請求項７に記載の光学素子。

[請求項11] 前記ソルバトクロミック色素の基底状態又は励起状態における電気双極子モーメントの方向は、前記配向膜が前記液晶材料を配向させる配向方向に対して平行であり、前記第１及び第２電極間に電圧を印加した場合に生じる電場の向きに対して垂直である請求項１０に記載の光学素子。

[請求項12] 前記ソルバトクロミック色素の基底状態又は励起状態における電気双極子モーメントの方向は、前記配向膜が前記液晶材料を配向させる配向方向に対して垂直であり、前記第１及び第２電極間に電圧を印加した場合に生じる電場の向きに対して平行である請求項１０に記載の光学素子。

[請求項13] 前記ソルバトクロミック色素の少なくとも一部は前記誘電率異方性を有する材料と混合されている請求項１に記載の光学素子。

[請求項14] 前記誘電率異方性を有する材料は液晶材料である請求項１３に記載の光学素子。

[請求項15] 前記ソルバトクロミック色素は有機材料である請求項１に記載の光学素子。

[請求項16] 前記ソルバトクロミック色素は分子内電荷移動構造を有している請求項１に記載の光学素子。

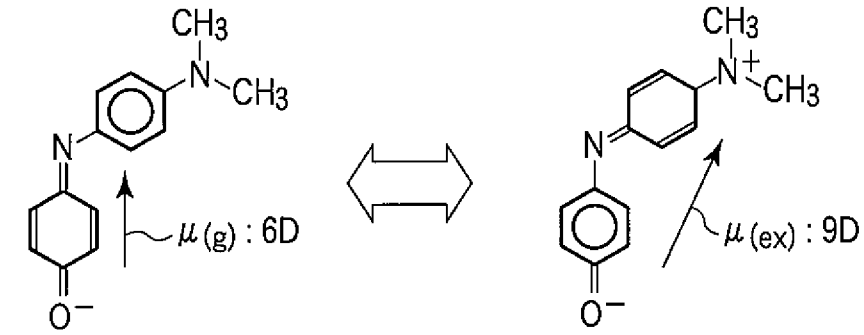
[請求項17] 請求項１に記載の光学素子と、前記第１及び第２電極間に駆動電圧を印加する駆動回路とを含んだ表示装置。

[請求項18] 前記誘電率異方性を有する材料は液晶材料である請求項１７に記載の表示装置。

[請求項19] 前記ソルバトクロミック色素は固定化されている請求項１７に記載の表示装置。

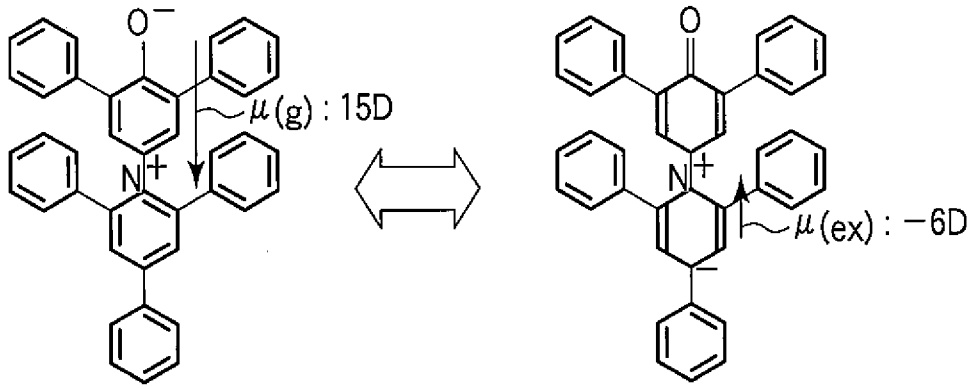
[請求項20] 前記ソルバトクロミック色素の少なくとも一部は前記誘電率異方性を有する材料と混合されている請求項１７に記載の表示装置。

[図1]



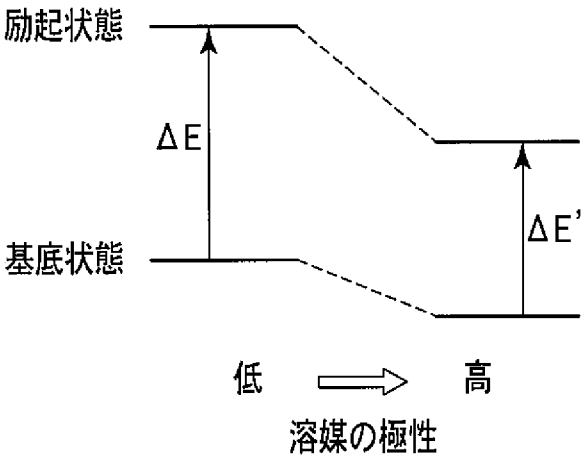
基底状態 励起状態

[図2]

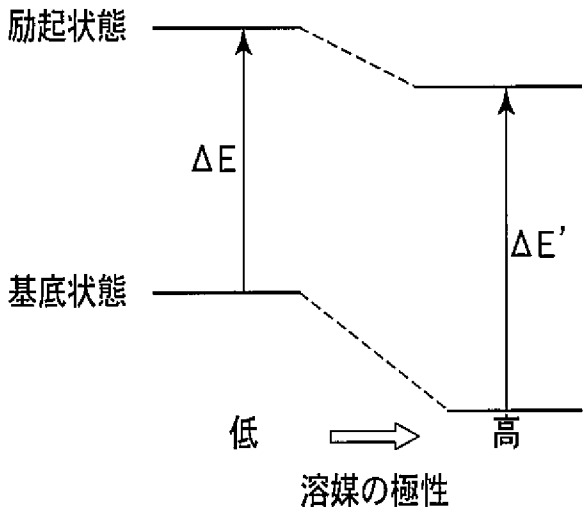


基底状態 励起状態

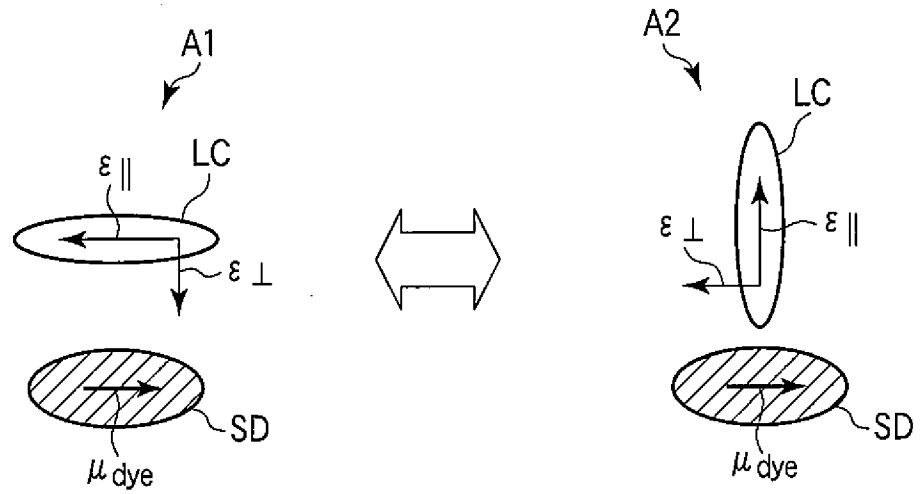
[図3]



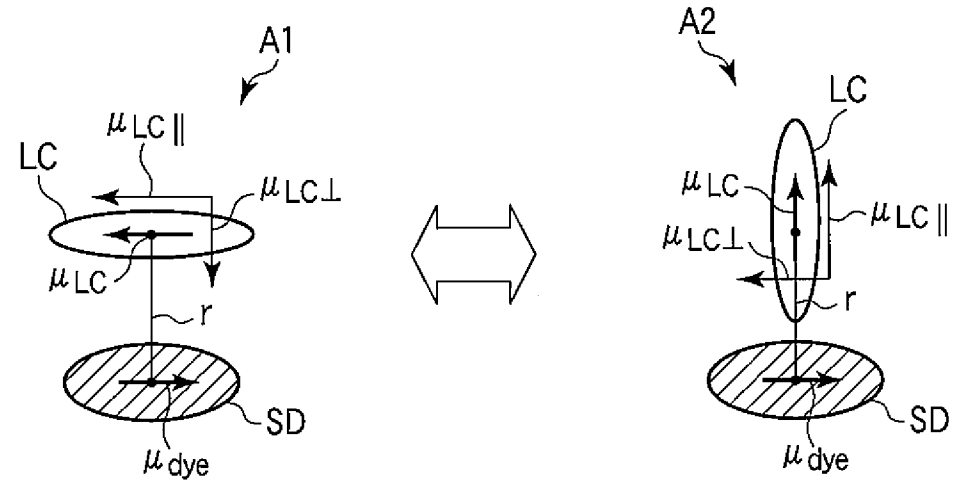
[図4]


励起状態
ΔE
ΔE'
基底状態
低
高
溶媒の極性

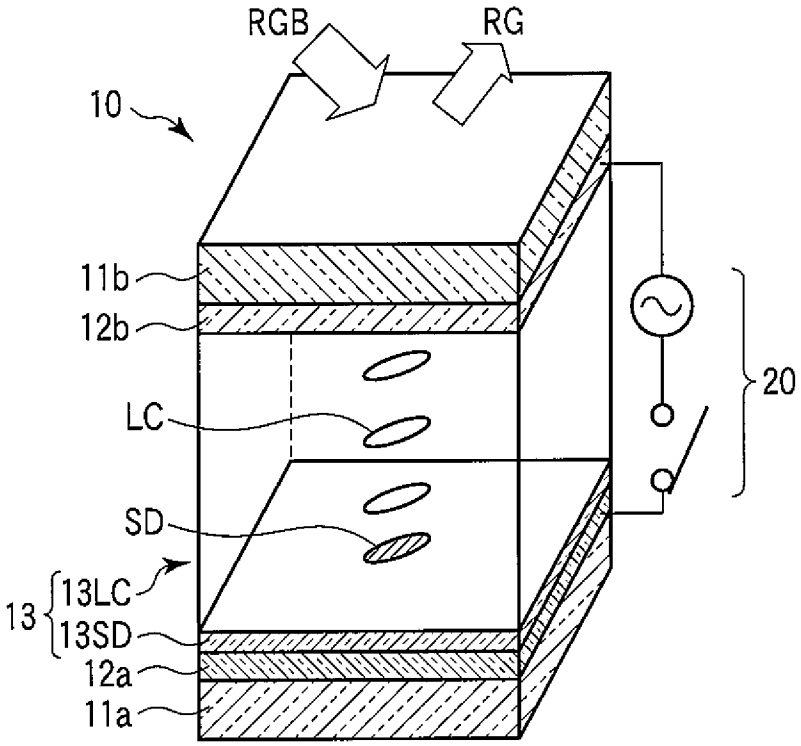
[図5]


A1
ε‖
LC
ε⊥
SD
μdye
A2
LC
ε⊥
ε‖
SD
μdye

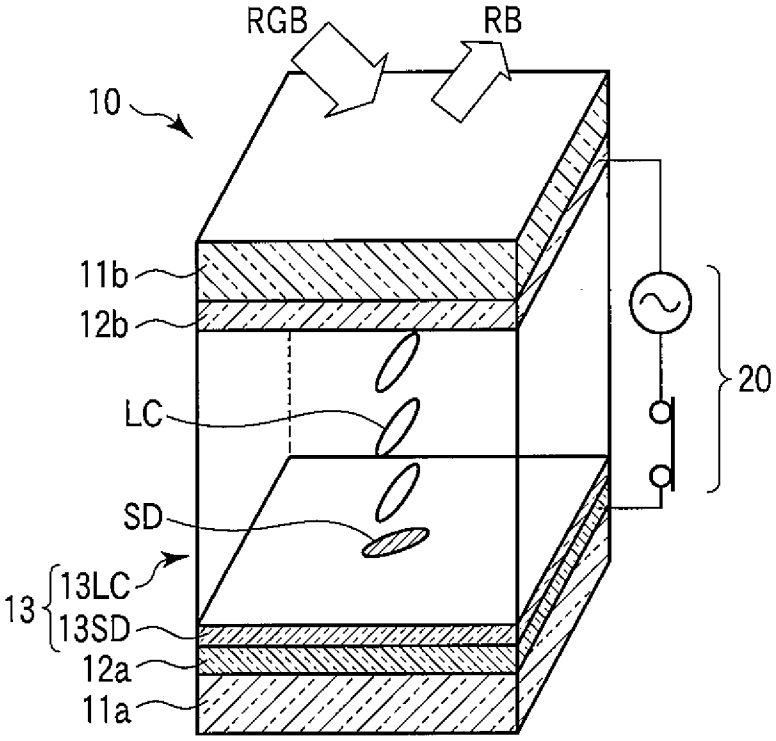
[図6]


A1
μLC‖
LC
μLC⊥
μLC
r
SD
μdye
A2
LC
μLC
μLC⊥
μLC‖
r
SD
μdye

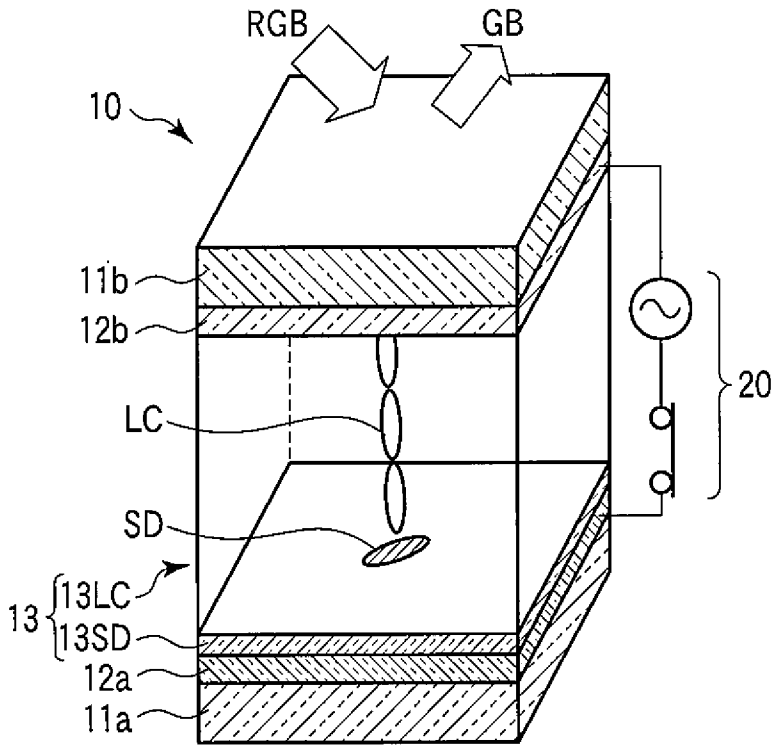
[図7]


RGB
RG
10
11b
12b
LC
SD
13
13LC
13SD
12a
11a
20

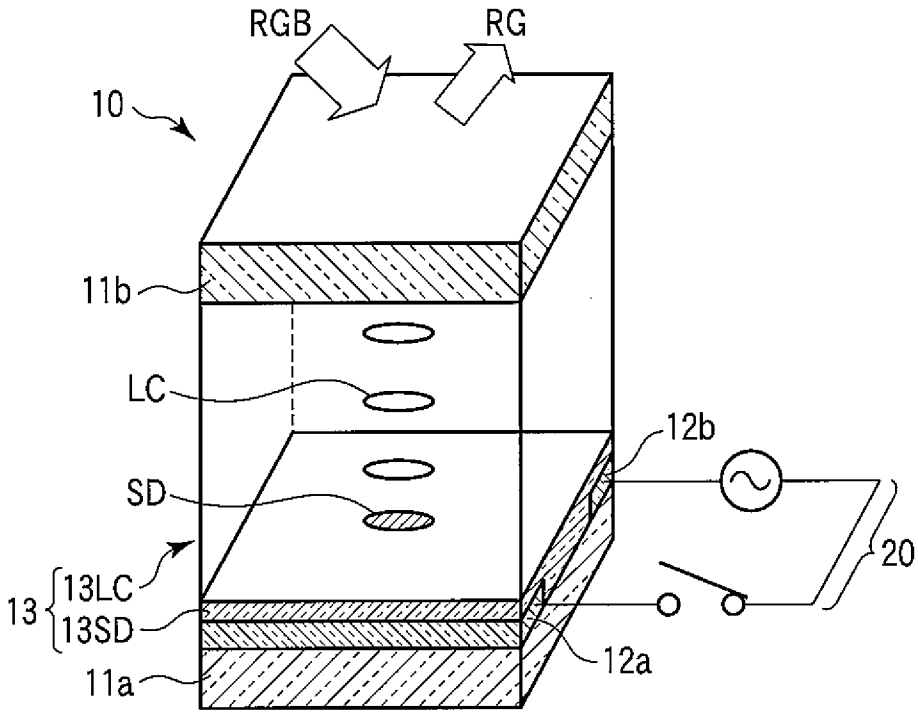
[図8]


RGB
RB
10
11b
12b
LC
SD
13
13LC
13SD
12a
11a
20

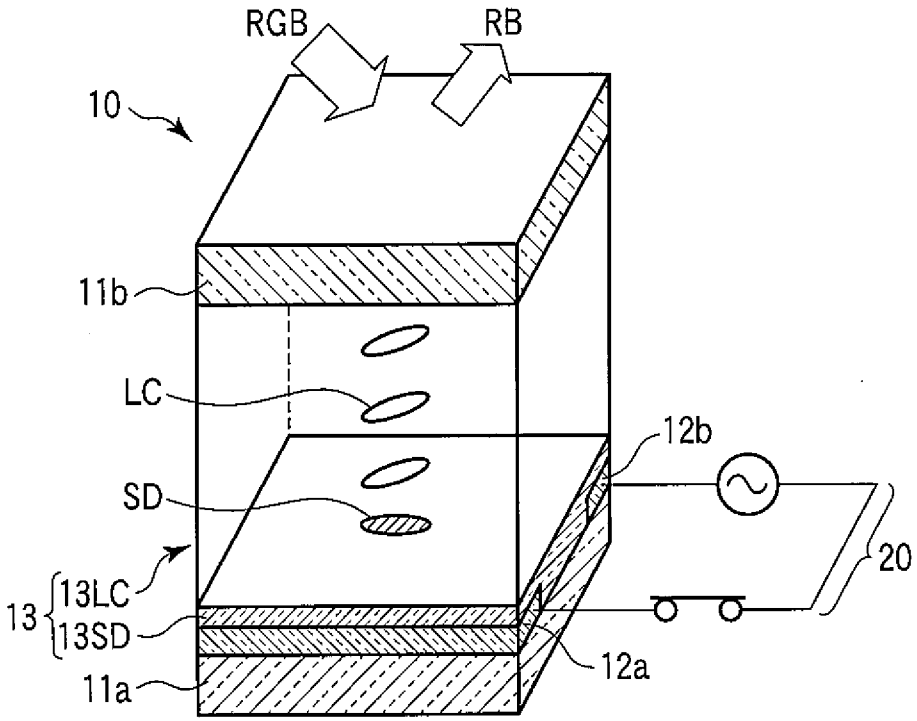
[図9]


RGB
GB
10
11b
12b
LC
SD
13
13LC
13SD
12a
11a
20

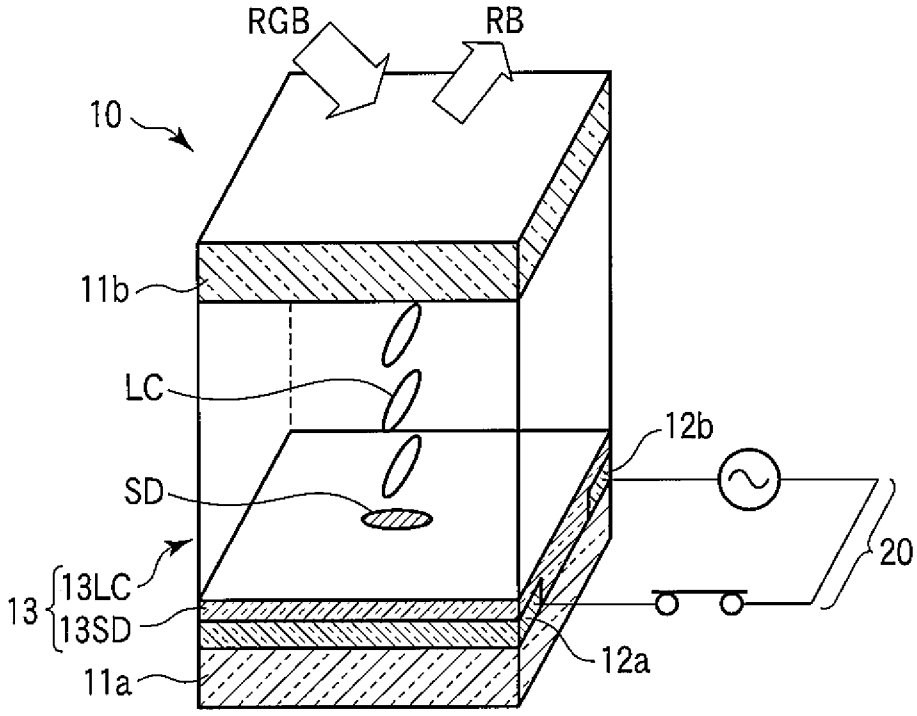
[図10]


RGB
RG
10
11b
LC
SD
13
13LC
13SD
11a
12b
12a
20

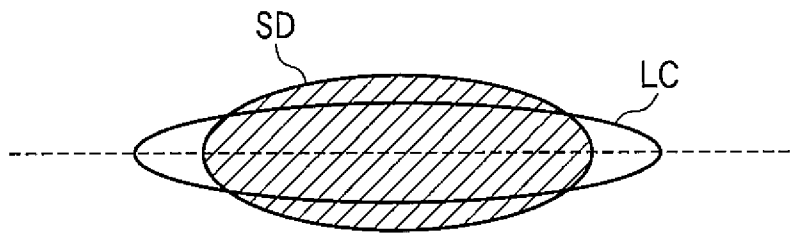
[図11]


RGB
RB
10
11b
LC
SD
13
13LC
13SD
11a
12b
12a
20

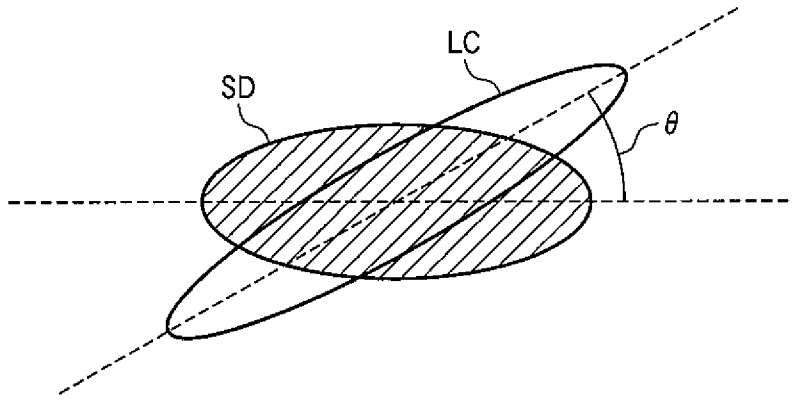
[図12]


RGB
RB
10
11b
LC
SD
13
13LC
13SD
11a
12b
12a
20

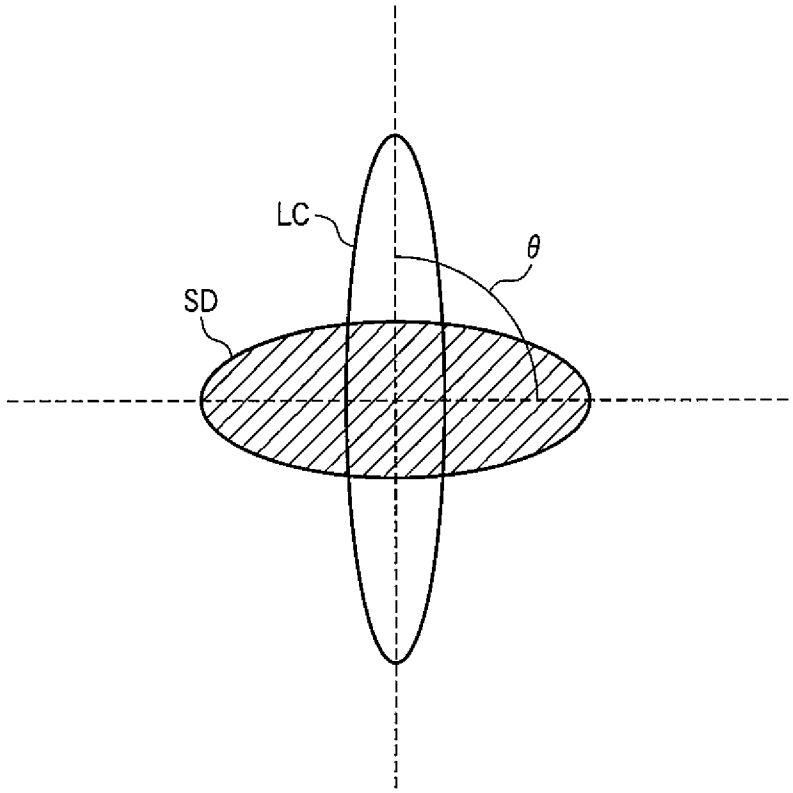
[図13]


SD
LC

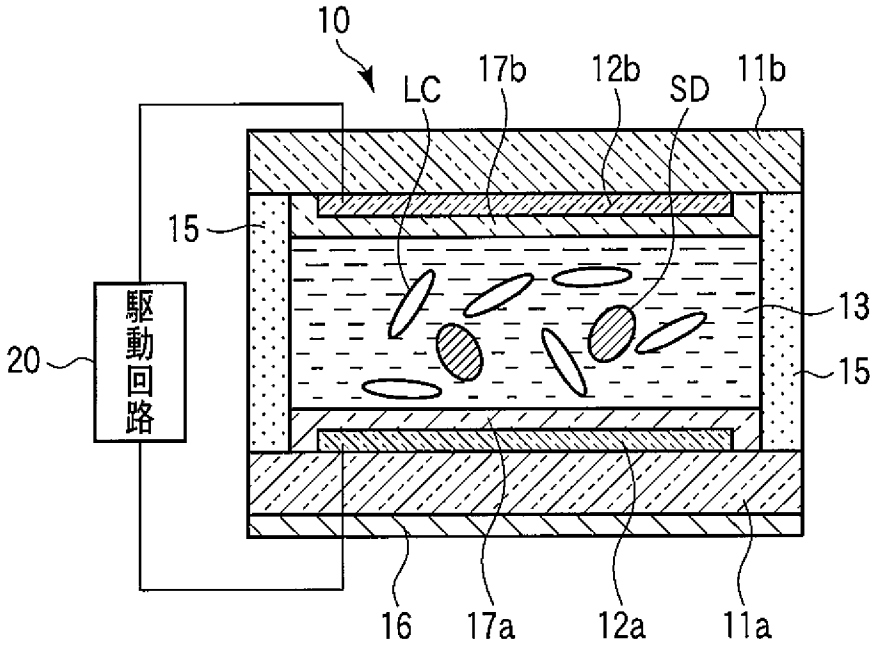
[図14]



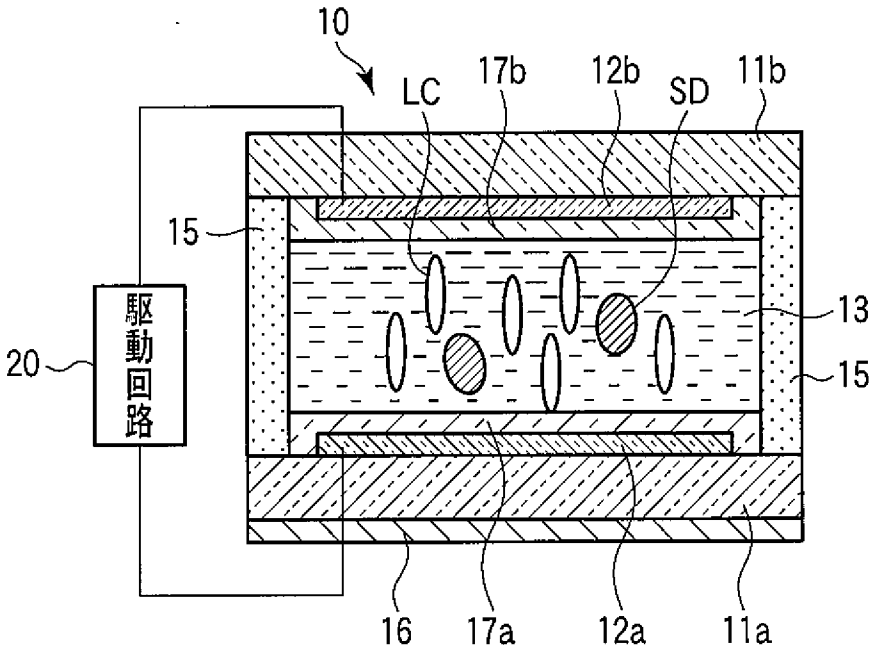
[図15]



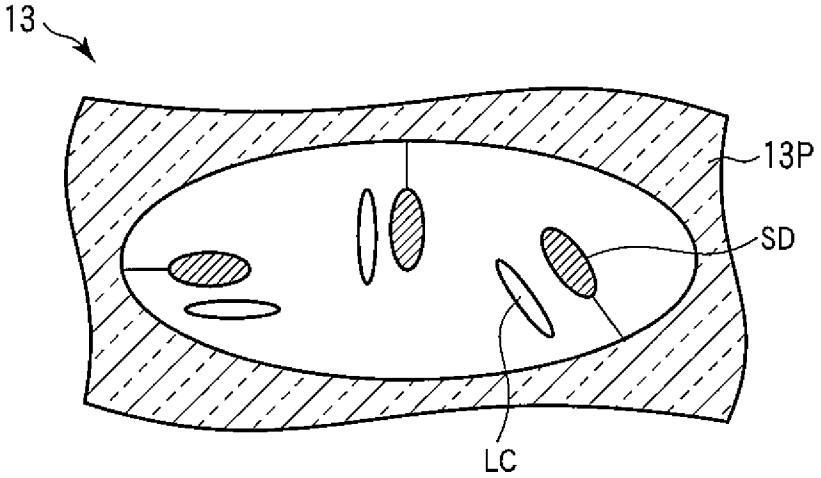
[図16]


10
LC
17b
12b
SD
11b
15
駆動回路
20
13
15
16
17a
12a
11a

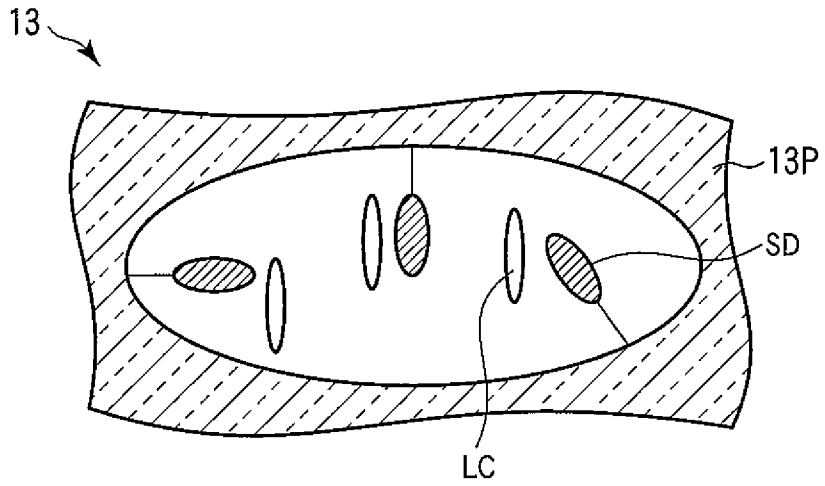
[図17]


10
LC
17b
12b
SD
11b
15
駆動回路
20
13
15
16
17a
12a
11a

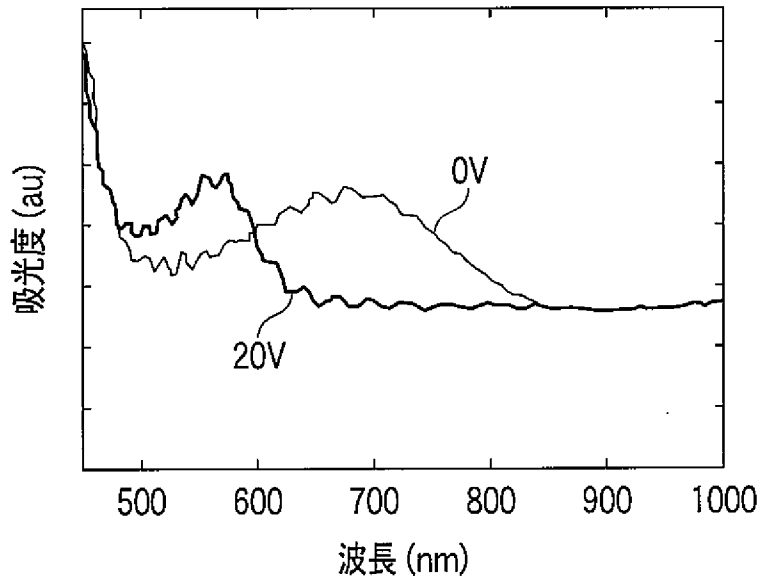
[図18]


13
13P
SD
LC

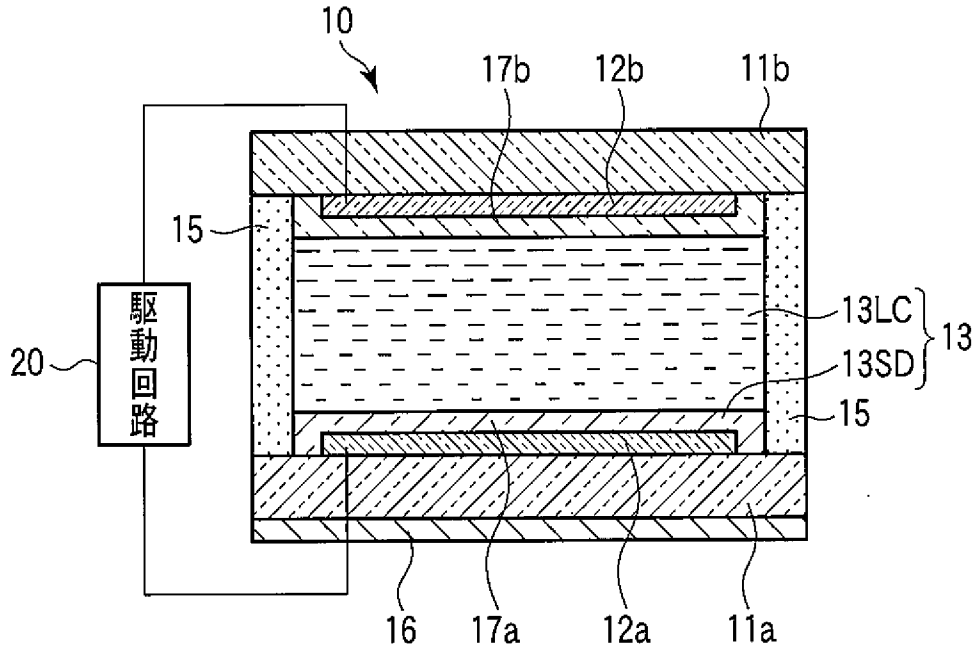
[図19]


13
13P
SD
LC

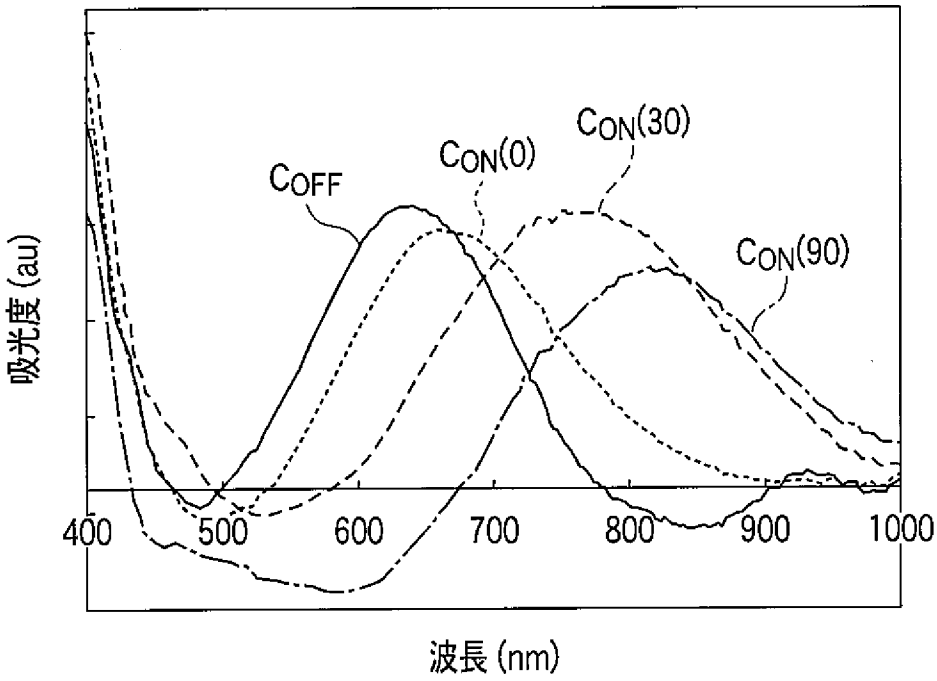
[図20]


吸光度 (au)
0V
20V
500
600
700
800
900
1000
波長 (nm)

[図21]


10
17b
12b
11b
15
駆動回路
20
13LC
13SD
13
15
16
17a
12a
11a

[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/069577

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02F1/17(2006.01)i, *C09B57/00*(2006.01)i, *G02F1/13*(2006.01)i, *G02F1/137*(2006.01)i, *G02F1/361*(2006.01)i, *G09F9/30*(2006.01)i, *G09F9/35*(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)
G02F1/17, C09B57/00, G02F1/13, G02F1/137, G02F1/361, G09F9/30, G09F9/35

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HIROKI IWANAGA, KATSUYUKI NAITO, Oligothiophene dyes for guest-host liquid crystal displays, LIQUID CRYSTALS, 2000, Vol.27, No.1, p.115-123	1,2,13-18,20
A	Lars-Olof Palsson, Andrew J. Kay, Akira Masutani, et.al., ORIENTATION AND SOLVATOCHROMISM OF DYES IN LIQUID CRYSTAL, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 2003, Vol.402, p.43[279]-53[289]	1,2,13-18,20
A	JP 2004-233655 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 19 August 2004 (19.08.2004), paragraphs [0054] to [0065] (Family: none)	1,2,13-18,20

☐ 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	Date of mailing of the international search report
12 February, 2010 (12.02.10)	23 February, 2010 (23.02.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/069577

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Since document 1 (HIROKI IWANAGA, KATSUYUKI NAITO, Oligothiophene dyes for guest-host liquid crystal displays, LIQUID CRYSTALS, 2000, vol. 27, no. 1, pp. 115-123) discloses a guest-host liquid crystal cell containing a solvatochromic dye, the invention of claims 1 and 2 is not novel over the invention disclosed in document 1, and thus does not have a special technical feature. Consequently, this international application is considered to contain the following two inventions.
(Invention 1) claims 1, 2, 13-18 and 20
(Invention 2) claims 3-12 and 19

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1, 2, 13-18 and 20

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０６９５７７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02F1/17(2006.01)i, C09B57/00(2006.01)i, G02F1/13(2006.01)i, G02F1/137(2006.01)i, G02F1/361(2006.01)i, G09F9/30(2006.01)i, G09F9/35(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02F1/17, C09B57/00, G02F1/13, G02F1/137, G02F1/361, G09F9/30, G09F9/35

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０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）

JSTPlus(JDreamII)

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
X	HIROKI IWANAGA, KATSUYUKI NAITO, Oligothiophene dyes for guest-host liquid crystal displays, LIQUID CRYSTALS, 2000, Vol.27, No.1, p.115-123	１、２、１３－１８、２０
A	Lars-Olof Palsson, Andrew J. Kay, Akira Masutani, et.al., ORIENTATION AND SOLVATOCHROMISM OF DYES IN LIQUID CRYSTAL, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 2003, Vol.402, p.43[279]-53[289]	１、２、１３－１８、２０

☑　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 １２．０２．２０１０	国際調査報告の発送日 ２３．０２．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 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）　２Ｌ　４４６６ 鈴木　俊光 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５５

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 2004-233655 A（富士写真フイルム株式会社）2004.08.19, 【００５４】－【００６５】（ファミリーなし）	１、２、１３－１８、２０

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０６９５７７

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献１（HIROKI IWANAGA, KATSUYUKI NAITO, Oligothiophene dyes for guest-host liquid crystal displays, LIQUID CRYSTALS, 2000, Vol.27, No.1, P.115-123）には、ソルバトクロミック色素を有するゲストーホスト液晶セルが記載されており、請求項１、２に係る発明は、文献１に記載された発明に対して新規性が認められず、特別な技術的特徴を有しない。よって、以下に示すようにこの国際出願は２つの発明が含まれるものと認められる。

（発明１）請求項１、２、１３－１８、２０

（発明２）請求項３－１２、１９

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☑ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

１、２、１３－１８、２０

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。