

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3888413号

(P3888413)

(45) 発行日 平成19年3月7日(2007.3.7)

(24) 登録日 平成18年12月8日(2006.12.8)

(51) Int. Cl.

G02F 1/1347 (2006.01)

F I

G02F 1/1347

請求項の数 5 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2000-10148 (P2000-10148)	(73) 特許権者	000005496 富士ゼロックス株式会社
(22) 出願日	平成12年1月14日 (2000.1.14)		東京都港区赤坂二丁目17番22号
(65) 公開番号	特開2001-201762 (P2001-201762A)	(74) 代理人	100091546 弁理士 佐藤 正美
(43) 公開日	平成13年7月27日 (2001.7.27)	(72) 発明者	原田 陽雄 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリー ンテクなかい富士ゼロックス株式会社内
審査請求日	平成16年5月12日 (2004.5.12)	(72) 発明者	有沢 宏 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリー ンテクなかい富士ゼロックス株式会社内
		審査官	山口 裕之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表示素子、書き込み方法および書き込み装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに異なるピーク波長の光を選択反射するコレステリック液晶によって構成された3層以上の複数の表示層が、一画素内に積層されるとともに、その複数の表示層の外部から印加される電圧に対して、その複数の表示層を構成するコレステリック液晶の配向変化のしきい値電圧が互いに異なる表示素子において、

前記複数の表示層中の3層の表示層のうち、しきい値電圧が最も高い表示層のプレーナ状態からフォーカルコニック状態への変化のしきい値電圧が、しきい値電圧が最も低い表示層のフォーカルコニック状態からホメオトロピック状態への変化のしきい値電圧より高いことを特徴とする表示素子。

【請求項2】

コレステリック液晶に二色性色素が添加されることによって、またはコレステリック液晶それ自体の二色性によって、互いに異なるピーク波長の光を選択吸収するコレステリック液晶によって構成された3層以上の複数の表示層が、一画素内に積層されるとともに、その複数の表示層の外部から印加される電圧に対して、その複数の表示層を構成するコレステリック液晶の配向変化のしきい値電圧が互いに異なる表示素子において、

前記複数の表示層中の3層の表示層のうち、しきい値電圧が最も高い表示層のプレーナ状態からフォーカルコニック状態への変化のしきい値電圧が、しきい値電圧が最も低い表示層のフォーカルコニック状態からホメオトロピック状態への変化のしきい値電圧より高いことを特徴とする表示素子。

10

20

## 【請求項 3】

請求項 1 または 2 の表示素子に画像を書き込む方法において、前記複数の表示層の外部から、少なくとも、リフレッシュ期間およびセレクト期間と、その後の無電圧の表示期間とによって構成され、そのリフレッシュ期間での電圧  $V_r$  およびセレクト期間での電圧  $V_s$  が、 $V_r > V_s$  の関係を有する書き込み信号を印加することを特徴とする書き込み方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 または 2 の表示素子に画像を書き込む装置において、前記複数の表示層の外部から、少なくとも、リフレッシュ期間およびセレクト期間と、その後の無電圧の表示期間とによって構成され、そのリフレッシュ期間での電圧  $V_r$  およびセレクト期間での電圧  $V_s$  が、 $V_r > V_s$  の関係を有する書き込み信号を印加することを特徴とする書き込み装置。

10

## 【請求項 5】

請求項 1 または 2 の表示素子と、これに画像を書き込む書き込み装置部とを備え、その書き込み装置部は、前記表示素子の前記複数の表示層の外部から、少なくとも、リフレッシュ期間およびセレクト期間と、その後の無電圧の表示期間とによって構成され、そのリフレッシュ期間での電圧  $V_r$  およびセレクト期間での電圧  $V_s$  が、 $V_r > V_s$  の関係を有する書き込み信号を印加する表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

20

## 【発明の属する技術分野】

この発明は、多色表示が可能な表示素子と、これに画像を書き込む方法および装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

反射型液晶表示素子は、バックライトのような専用の光源を必要とせず、消費電力が少ないとともに、薄型軽量に構成できることから、小型情報機器や携帯情報端末などの表示素子として好適である。

## 【0003】

反射型液晶表示素子で、多色表示が可能なものとして、それぞれ内面に電極を形成した一対の基板間に、それぞれブルー、グリーンおよびレッドの色光を選択反射するコレステリック液晶からなる表示層を形成した 3 つの液晶セルを積層配置し、表示面側（外光入射側）と反対側の液晶セルの裏面に光吸収層を形成したものが考えられている。

30

## 【0004】

このセル積層型のコレステリック液晶表示素子では、各セルのコレステリック液晶の、プレーナーによる選択反射状態とフォーカルコニックによる透過状態とを別個にスイッチングすることによって、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、イエローおよびマゼンタの 8 色を表示することができるとともに、カラーフィルタを用いないので、光のロスが少なく、コントラストの高い表示を得ることができる。

## 【0005】

40

しかし、このセル積層型のコレステリック液晶表示素子は、各色の表示層の間に基板および電極を有し、各色の表示層の間の間隔が大きくなるため、視差が大きくなるとともに、駆動電極および駆動回路が 3 色分必要となるため、表示素子および表示装置の製造コストが高くなる欠点がある。

## 【0006】

そこで、特開平 10 - 177191 号（特願平 8 - 353684 号、整理番号 FN96 - 00634：以下では第 1 の従来例と称する）および特開平 11 - 149088 号（特願平 9 - 317049 号、整理番号 FN97 - 00892：以下では第 2 の従来例と称する）では、多色表示が可能なコレステリック液晶表示素子として、それぞれ内面に電極を形成した一対の基板間に、それぞれブルー、グリーンおよびレッドの色光を選択反射するコ

50

レステリック液晶からなる3層の表示層を積層形成し、3層の表示層の外部から書き込み信号を印加することによって画像を書き込み表示するものが提案されている。

【0007】

図28に、第1の従来例を示す。この例の表示素子31は、内面に書き込み電極34を形成した基板32と、内面に書き込み電極35を形成した基板33との間に、それぞれ高分子マトリックス42中に互いに異なる色光を選択反射するコレステリック液晶41A、41B、41Cをドロップレット分散させたPDL C ( P o l y m e r D i s p e r s e d L i q u i d C r y s t a l ) 構造の3層の表示層38A、38B、38Cを積層形成し、非表示面側の基板33の裏面に光吸収層39を形成したものである。各コレステリック液晶41A、41B、41Cの配向変化のしきい値電圧は、後述のように設定する。書き込み電極34、35は、書き込み装置(駆動回路)50に接続する。

10

【0008】

図29に、第2の従来例を示す。この例の表示素子31は、基板32、33間に、互いに異なる色光を選択反射するコレステリック液晶41A、41B、41Cからなる3層の表示層38A、38B、38Cを、表示層38A、38B、38Cには、それぞれスペーサー37A、37B、37Cを挿入し、表示層38A、38B間には分離基板36Aを介し、表示層38B、38C間には分離基板36Bを介して積層形成し、非表示面側の基板33の裏面に光吸収層39を形成したものである。各コレステリック液晶41A、41B、41Cの配向変化のしきい値電圧は、後述のように設定する。書き込み装置50は、表示素子31とは別体に形成し、表示素子31を挟持する書き込み電極54、55と、電極54、55間に書き込み信号を印加する駆動回路51とによって構成する。

20

【0009】

正の誘電異方性を有するコレステリック液晶は、図26(A)に示すように、螺旋軸がセル表面に垂直になり、入射光に対して選択反射現象を起こすプレーナー、同図(B)に示すように、螺旋軸がほぼセル表面に平行になり、入射光を少し前方散乱させながら透過させるフォーカルコニック、および同図(C)に示すように、螺旋構造がほどけて液晶ダイレクタが電界方向を向き、入射光をほぼ完全に透過させるホメオトロピック、の3つの状態を示す。

【0010】

この3つの状態のうち、プレーナー状態とフォーカルコニック状態は、無電場で双安定に存在することができる。したがって、コレステリック液晶の配向状態は、電場に対して一義的に決まらず、プレーナーが初期状態の場合には、印加電圧の増加に伴って、プレーナー、フォーカルコニック、ホメオトロピックの順に変化し、フォーカルコニックが初期状態の場合には、印加電圧の増加に伴って、フォーカルコニック、ホメオトロピックの順に変化する。一方、電場を急激にゼロにした場合には、プレーナーとフォーカルコニックはそのままの状態を維持し、ホメオトロピックはプレーナーに変化する。

30

【0011】

したがって、パルス信号を印加した直後のコレステリック液晶層は、図27に示すような電気光学応答を示し、印加パルス電圧が $V_{fh90}$ 以上のときには、ホメオトロピックからプレーナーに変化した選択反射状態となり、印加パルス電圧が $V_{pf10}$ と $V_{fh10}$ の間ときには、フォーカルコニックによる透過状態となり、印加パルス電圧が $V_{pf90}$ 以下のときには、パルス信号印加前の状態を継続した状態、すなわちプレーナーによる選択反射状態またはフォーカルコニックによる透過状態となる。

40

【0012】

ただし、図中、縦軸は正規化反射率であり、最大反射率を100、最小反射率を0として、反射率を正規化している。また、反射率の変化には遷移領域が存在するため、正規化反射率が90以上の場合を選択反射状態、正規化反射率が10以下の場合を透過状態と定義し、プレーナー状態とフォーカルコニック状態の変化のしきい値電圧を、遷移領域の前後に対して、それぞれ $V_{pf90}$ 、 $V_{pf10}$ とし、フォーカルコニック状態とホメオトロピック状態の変化のしきい値電圧を、遷移領域の前後に対して、それぞれ $V_{fh10}$ 、 $V$

50

f h 9 0 とする。

【 0 0 1 3 】

図 2 8 および図 2 9 に示した従来例の表示素子 3 1 では、これらしきい値電圧を表示層 3 8 A , 3 8 B , 3 8 C の間で互いに変える。具体的には、表示層 3 8 A の各しきい値電圧を  $V_{p f 9 0} ( A )$  ,  $V_{p f 1 0} ( A )$  ,  $V_{f h 1 0} ( A )$  ,  $V_{f h 9 0} ( A )$ 、表示層 3 8 B の各しきい値電圧を  $V_{p f 9 0} ( B )$  ,  $V_{p f 1 0} ( B )$  ,  $V_{f h 1 0} ( B )$  ,  $V_{f h 9 0} ( B )$ 、表示層 3 8 C の各しきい値電圧を  $V_{p f 9 0} ( C )$  ,  $V_{p f 1 0} ( C )$  ,  $V_{f h 1 0} ( C )$  ,  $V_{f h 9 0} ( C )$  とすると、図 3 0 に示すように、以下の式 ( 1 ) のように設定する。

【 0 0 1 4 】

$V_{p f 9 0} ( C ) < V_{p f 1 0} ( C ) < V_{p f 9 0} ( B ) < V_{p f 1 0} ( B ) < V_{p f 9 0} ( A ) < V_{p f 1 0} ( A ) < V_{f h 1 0} ( C ) < V_{f h 9 0} ( C ) < V_{f h 1 0} ( B ) < V_{f h 9 0} ( B ) < V_{f h 1 0} ( A ) < V_{f h 9 0} ( A )$   
... ( 1 )。

10

【 0 0 1 5 】

ただし、表示層の積層順序は図 2 8 および図 2 9 の例に限らない。すなわち、表示層の積層順序の如何にかかわらず、3 層の表示層をしきい値電圧  $V_{p f 9 0}$  ,  $V_{p f 1 0}$  ,  $V_{f h 1 0}$  ,  $V_{f h 9 0}$  が高い順に 3 8 A , 3 8 B , 3 8 C とするとき、

$V_{p f 1 0} ( A ) < V_{f h 1 0} ( C )$  ... ( 1 a )

とするとともに、両者間に他のしきい値電圧が存在しないようにする。

20

【 0 0 1 6 】

そして、書き込み装置 5 0 によって、図 3 1 に示すような、リフレッシュ期間  $T_r$  およびセレクト期間  $T_s$  と、その後の無電圧の表示期間  $T_d$  とによって構成され、そのリフレッシュ期間  $T_r$  での電圧  $V_r$  およびセレクト期間  $T_s$  での電圧  $V_s$  が、 $V_r > V_s$  の関係をもって、入力画像データに基づいて、図 3 0 に示すような各しきい値電圧を境界とする 7 段階の電圧  $V_a \sim V_g$  から選定された電圧となる書き込み信号を、書き込み電極 3 4 , 3 5 間または 5 4 , 5 5 間に印加する。

【 0 0 1 7 】

図 3 2 は、この場合のリフレッシュ電圧  $V_r$  とセレクト電圧  $V_s$  との組み合わせによる、表示層 3 8 A , 3 8 B , 3 8 C の配向状態を示したもので、「p」はプレーナーによる選択反射状態、「f」はフォーカルコニックによる透過状態、「？」は書き込み信号の印加前の状態に依存する未確定状態、をそれぞれ表し、左から表示層 3 8 C , 3 8 B , 3 8 A の順に示している。

30

【 0 0 1 8 】

これから明らかなように、従来例の表示素子 3 1 によれば、

( 1 ) 表示層 3 8 A , 3 8 B , 3 8 C の全てがプレーナーの状態、

( 2 ) 表示層 3 8 A , 3 8 B , 3 8 C の全てがフォーカルコニックの状態、

( 3 ) 表示層 3 8 A がプレーナーで、表示層 3 8 B , 3 8 C がフォーカルコニックの状態

、

( 4 ) 表示層 3 8 B がプレーナーで、表示層 3 8 A , 3 8 C がフォーカルコニックの状態

40

、

( 5 ) 表示層 3 8 C がプレーナーで、表示層 3 8 A , 3 8 B がフォーカルコニックの状態

、

( 6 ) 表示層 3 8 A , 3 8 B がプレーナーで、表示層 3 8 C がフォーカルコニックの状態

、

( 7 ) 表示層 3 8 B , 3 8 C がプレーナーで、表示層 3 8 A がフォーカルコニックの状態

、

の 7 種類の配向状態が得られる。

【 0 0 1 9 】

したがって、例えば、表示層 3 8 A をブルーの色光、表示層 3 8 B をグリーンの色光、表

50

示層 38C をレッドの色光、をそれぞれ選択反射するものとした場合、図 32 に示すように、

- (1)  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_a$  の書き込み信号によって、ホワイトが表示される状態、
- (2) 例えば、 $V_r = V_d$  ,  $V_s = V_a$  の書き込み信号によって、ブラックが表示される状態、
- (3)  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_c$  の書き込み信号によって、ブルーが表示される状態、
- (4)  $V_r = V_f$  ,  $V_s = V_b$  の書き込み信号によって、グリーンが表示される状態、
- (5) 例えば、 $V_r = V_e$  ,  $V_s = V_a$  の書き込み信号によって、レッドが表示される状態、
- (6)  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_b$  の書き込み信号によって、シアンが表示される状態、
- (7) 例えば、 $V_r = V_f$  ,  $V_s = V_a$  の書き込み信号によって、イエローが表示される状態、

10

の 7 つの表示状態を取り得るようになり、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーンおよびレッドの 5 色と、シアンおよびイエローの 2 色との、合計 7 色を表示することができる。

#### 【0020】

上記の例は、しきい値電圧が中間の表示層 38B をグリーンの色光を選択反射するものとして、シアン、イエローおよびマゼンタの 3 色中の 2 色として、シアンおよびイエローを表示する場合であるが、しきい値電圧が中間の表示層 38B をブルーの色光を選択反射するものとする場合には、シアン、イエローおよびマゼンタの 3 色中の 2 色として、シアンおよびマゼンタを表示することができ、しきい値電圧が中間の表示層 38B をレッドの色光を選択反射するものとする場合には、シアン、イエローおよびマゼンタの 3 色中の 2 色として、イエローおよびマゼンタを表示することができる。

20

#### 【0021】

そして、この従来例の表示素子 31 では、図 29 の例の薄い分離基板 36A , 36B を別として、表示層 38A , 38B , 38C の間に基板および電極を設けず、表示層 38A , 38B , 38C の間の間隔がゼロまたは僅少になるので、視差が小さくなるとともに、書き込み電極および駆動回路を表示層 38A , 38B , 38C につき共通とするので、表示素子および表示装置の製造コストが低下する。

#### 【0022】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来例の表示素子 31 では、リフレッシュ電圧  $V_r$  とセレクト電圧  $V_s$  とによって取り得る、表示層 38A , 38B , 38C のコレステリック液晶 41A , 41B , 41C の配向状態の組み合わせが 7 種類であり、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーンおよびレッドの 5 色と、シアン、イエローおよびマゼンタの 3 色中の、コレステリック液晶 41A , 41B , 41C のしきい値電圧の大小と選択反射色との関係によって決まる 2 色との、合計 7 色しか表示することができず、色再現域（色再現範囲）が狭いという欠点がある。

30

#### 【0023】

そこで、この発明は、互いに異なる色光を表示する 3 層以上の複数の表示層を一画素内に積層し、その複数の表示層の外部から電圧を印加することによって複数の表示層の表示状態を制御する表示素子において、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの 8 色を表示することができ、色再現域を拡大することができるようにしたものである。

40

#### 【0024】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項 1 の発明では、

互いに異なるピーク波長の光を選択反射するコレステリック液晶によって構成された 3 層以上の複数の表示層が、一画素内に積層されるとともに、その複数の表示層の外部から印加される電圧に対して、その複数の表示層を構成するコレステリック液晶の配向変化のし

50

きい値電圧が互いに異なる表示素子において、前記複数の表示層中の3層の表示層のうち、しきい値電圧が最も高い表示層のプレーナー状態からフォーカルコニック状態への変化のしきい値電圧を、しきい値電圧が最も低い表示層のフォーカルコニック状態からホメオトロピック状態への変化のしきい値電圧より高くする。

【0025】

請求項2の発明では、

コレステリック液晶に二色性色素が添加されることによって、またはコレステリック液晶それ自体の二色性によって、互いに異なるピーク波長の光を選択吸収するコレステリック液晶によって構成された3層以上の複数の表示層が、一画素内に積層されるとともに、その複数の表示層の外部から印加される電圧に対して、その複数の表示層を構成するコレステリック液晶の配向変化のしきい値電圧が互いに異なる表示素子において、前記複数の表示層中の3層の表示層のうち、しきい値電圧が最も高い表示層のプレーナー状態からフォーカルコニック状態への変化のしきい値電圧を、しきい値電圧が最も低い表示層のフォーカルコニック状態からホメオトロピック状態への変化のしきい値電圧より高くする。

10

【0026】

請求項3の発明では、

請求項1または2の表示素子に画像を書き込む方法として、前記複数の表示層の外部から、少なくとも、リフレッシュ期間およびセレクト期間と、その後の無電圧の表示期間とによって構成され、そのリフレッシュ期間での電圧 $V_r$ およびセレクト期間での電圧 $V_s$ が、 $V_r > V_s$ の関係を有する書き込み信号を印加する。

20

【0027】

【作用】

上記のように構成した請求項1または2の発明の表示素子では、積層された複数の表示層の外部から印加される電圧に対して、3層の表示層A、B、C中のしきい値電圧が最も高い表示層Aのプレーナー状態からフォーカルコニック状態への変化のしきい値電圧 $V_{pf90}(A)$ が、しきい値電圧が最も低い表示層Cのフォーカルコニック状態からホメオトロピック状態への変化のしきい値電圧 $V_{fh90}(C)$ より高い。

【0028】

そのため、これら2つのしきい値電圧 $V_{pf90}(A)$ 、 $V_{fh90}(C)$ の間の電圧を、積層された複数の表示層の全体に印加することによって、図30に示したようにしきい値電圧が設定される従来例の表示素子では得られない、3層の表示層A、B、C中のしきい値電圧が最も高い表示層Aおよびしきい値電圧が最も低い表示層Cがプレーナー状態となり、しきい値電圧が中間の表示層Bがフォーカルコニック状態となる配向状態も得られるようになり、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの8色を表示することができ、色再現域を拡大することができる。

30

【0029】

【発明の実施の形態】

〔第1の実施形態〕

第1の実施形態として、コレステリック液晶の選択反射によって表示を行う場合の具体例を示す。

40

【0030】

(第1の例)

図1は、第1の実施形態の第1の例を示す。

【0031】

この例の表示素子1は、内面に書き込み電極4を形成した基板2と、内面に書き込み電極5を形成した基板3との間に、互いに異なる色光を選択反射するコレステリック液晶(カイラルネマチック液晶またはカイラルスメクチック液晶を含む)11A、11B、11C

50

からなる3層の表示層8A, 8B, 8Cを、表示層8A, 8B, 8Cには、それぞれスペーサー7A, 7B, 7Cを挿入し、表示層8A, 8B間には分離基板6Aを介し、表示層8B, 8C間には分離基板6Bを介して積層形成し、非表示面側の基板3の裏面に光吸収層9を形成したものとす。書き込み電極4, 5は、書き込み装置20に接続する。

【0032】

基板2, 3は、ガラスやシリコン、またはポリエステル(ポリエチレンテレフタレート)、ポリエーテルスルホン、ポリカーボネートなどの高分子フィルムにより形成し、少なくとも表示面側の基板2は、光透過性を有する材料により形成する。必要に応じて、基板2, 3の表面に、耐摩耗層、表示素子1内へのガスの混入を防止するバリア層などの公知の機能性膜を形成してもよい。

10

【0033】

書き込み電極4, 5は、ITO膜などにより形成し、少なくとも表示面側の書き込み電極4は、光透過性を有する材料により形成する。必要に応じて、書き込み電極4, 5の表面に、液晶配向膜、絶縁膜などの公知の機能性膜を形成してもよい。

【0034】

書き込み電極4, 5の形態および駆動方式としては、(1)書き込み電極4, 5の一方を各画素に共通の電極とし、他方を各画素に個別の電極とするセグメント駆動方式、(2)書き込み電極4, 5を互いに直交する方向に、それぞれストライプ状に形成して、両者の交点位置を一つの画素とする単純マトリクス駆動方式、(3)書き込み電極4, 5の一方を各画素に共通の電極とし、他方を互いに直交するストライプ状の走査電極および信号電極からなるものとして、これにTFTやMIMなどの能動素子を設けるアクティブマトリクス駆動方式、などのいずれでもよい。図2以下の各例についても、同様である。

20

【0035】

分離基板6A, 6Bは、基板2, 3と同様の高分子フィルムを用いることができ、光透過性を有する材料により形成する。その厚みは数 $\mu\text{m}$ ~数10 $\mu\text{m}$ で、可とう性を有することが望ましい。また、表示層8A, 8B, 8Cへの分圧比を大きくするため、できるだけ誘電率の大きいことが望ましい。また、必要に応じて、その表面に、液晶配向膜などの公知の機能性膜を形成してもよい。

【0036】

スペーサー7A, 7B, 7Cは、ガラスやプラスチックなどからなるボール型またはシリンドラ型のものを用いることができ、それぞれ表示層8A, 8B, 8Cの厚みを数 $\mu\text{m}$ ~数10 $\mu\text{m}$ に制御する。特に、基板2, 3に可とう性を有する材料を用いる場合には、基板2, 3の変形によって表示層8A, 8B, 8Cの厚みが大きく変化しないように、周囲に接着成分が塗布されたスペーサー7A, 7B, 7Cを用いて各基板間を接着し、またはスペーサー7A, 7B, 7Cの移動を防止することが望ましい。

30

【0037】

また、スペーサー7A, 7B, 7Cの代わりに、基板2, 3および分離基板6A, 6Bの表面に表示層8A, 8B, 8Cの厚みを制御し得る突起物などを形成してもよい。

【0038】

光吸収層9は、表示層8A, 8B, 8Cを透過した入射光を吸収するものであれば、特に限定されるものではない。また、非表示面側の基板3の裏面に光吸収層9を形成する代わりに、基板3または書き込み電極5に光吸収性を持たせて光吸収層9を省略することもできる。

40

【0039】

コレステリック液晶11A, 11B, 11Cは、それぞれ正の誘電異方性を有し、互いに異なるピーク波長の光を選択反射するものとする。ただし、表示層8A, 8B, 8Cは、コレステリック液晶と高分子の複合体や、コレステリック液晶と色素の混合材料などによって構成することもできる。

【0040】

コレステリック液晶11A, 11B, 11Cとしては、ステロイド系コレステロール誘導

50

体、あるいは不斉炭素を有するシッフ塩基系、アゾ系、エステル系、ビフェニル系などのカイラル物質、あるいはこれらのカイラル物質を、シッフ塩基系、アゾ系、アゾキシ系、エタン系、ビフェニル系、ターフェニル系、シクロヘキシルカルボン酸エステル系、フェニルシクロヘキサン系、安息香酸エステル系、ピリミジン系、ジオキサン系、トラン系、シクロヘキシルシクロヘキサンエステル系、アルケニル系などのネマチック液晶、またはこれらの混合物に添加した材料を用いることができる。

【0041】

なお、コレステリック液晶として正の誘電異方性を有するのであれば、負の誘電異方性を有するネマチック液晶を用いることもできる。

【0042】

表示層8A, 8B, 8Cの反射ピーク波長は、例えば、コレステリック液晶11A, 11B, 11Cの螺旋ピッチによって制御する。コレステリック液晶11A, 11B, 11Cの螺旋ピッチは、それぞれのカイラル物質の化学構造や、カイラル物質のネマチック液晶に対する添加割合によって調整することができる。

【0043】

コレステリック液晶11A, 11B, 11Cの配向変化のしきい値電圧の関係については、後述する。

【0044】

書き込み装置20は、この例では、表示素子1の書き込み電極4, 5間に書き込み信号を印加する電圧印加部21と、入力画像データに基づいて、その書き込み信号を制御する制御部22とによって構成する。書き込み信号の態様については、後述する。

【0045】

(第2の例)

図2は、第1の実施形態の第2の例を示す。

【0046】

この例では、表示層8A, 8B, 8Cを、それぞれコレステリック液晶11A, 11B, 11Cが高分子マトリックス12中にドロップレット分散されたPDL構造とする。PDL構造とすることによって、表示層8A, 8B, 8Cを構成するコレステリック液晶11A, 11B, 11Cが互いに混ざり合うことが無くなり、分離基板6A, 6Bを省略することができる。その他の点は、図1の例と同じである。

【0047】

PDL構造は、エマルジョン法、PIPS(Polymerization Induced Phase Separation)法、TIPS(Thermally Induced Phase Separation)法、SIPS(Solvent Induced Phase Separation)法など、公知の方法によって形成することができ、表示層8A, 8B, 8Cを、それぞれ印刷法などによって順番に形成する。

【0048】

(第3の例)

図3は、第1の実施形態の第3の例を示す。

【0049】

この例では、あらかじめ表示層8A, 8B, 8Cを構成するコレステリック液晶11A, 11B, 11Cを、それぞれ高分子膜に閉じ込められたマイクロカプセル13にしておき、必要に応じて溶媒やバインダ14と混合した後、表示層8A, 8B, 8Cを、それぞれ印刷法などによって順番に形成する。その他の点は、図1の例と同じである。

【0050】

マイクロカプセル13は、相分離(コアセルベーション)法、界面重合法、液中乾燥法、in-situ重合法など、公知の方法によって形成することができるが、できるだけその径を揃えておくことが望ましい。

【0051】

(第4の例)

10

20

30

40

50

図 4 は、第 1 の実施形態の第 4 の例を示す。

【 0 0 5 2 】

この例では、表示素子 1 は、内部に書き込み電極 4 , 5 を持たないものとするとともに、書き込み装置 2 0 を、表示素子 1 とは別体の、表示素子 1 を挟持する書き込み電極 2 4 , 2 5、電圧印加部 2 1 および制御部 2 2 を有するものとする。これによって、表示素子 1 の外部から表示層 8 A , 8 B , 8 C に書き込み信号を印加することができ、表示素子 1 を紙ライクなものとするすることができる。

【 0 0 5 3 】

表示層 8 A , 8 B , 8 C への分圧比を大きくするため、基板 2 , 3 および光吸収層 9 は、分離基板 6 A , 6 B と同様に、できるだけ誘電率の大きいことが望ましい。

10

【 0 0 5 4 】

表示層 8 A , 8 B , 8 C は、図 2 の例と同様の P D L C 構造とし、または図 3 の例と同様のマイクロカプセル構造としてもよい。

【 0 0 5 5 】

( 第 5 の例 )

図 5 は、第 1 の実施形態の第 5 の例を示す。

【 0 0 5 6 】

この例では、表示素子 1 は、それぞれ内面に書き込み電極 4 , 5 が形成された基板 2 , 3 間に、表示層 8 A , 8 B , 8 C、光吸収層 9 および光導電層 1 5 を積層形成したものとし、書き込み装置 2 0 は、電圧印加部 2 1 および制御部 2 2 のほかに、表示素子 1 の基板 3 および書き込み電極 5 を介して光導電層 1 5 に書き込み光 2 8 を照射する光照射部 2 7 を有するものとし、書き込み光 2 8 と電圧印加部 2 1 から書き込み電極 4 , 5 間に印加する書き込み信号とを組み合わせ、表示層 8 A , 8 B , 8 C に印加される電場を制御する。

20

【 0 0 5 7 】

この例では、非表示面側の基板 3 および書き込み電極 5 も、光透過性を有する材料により形成する。また、表示層 8 A , 8 B , 8 C への分圧比を大きくするため、光吸収層 9 も、できるだけ誘電率の大きいことが望ましい。

【 0 0 5 8 】

光導電層 1 5 は、照射される光量に応じてインピーダンスが変化するものであればよく、電荷発生物質を、蒸着法、スパッタ法、イオンプレーティング法、C V D 法などによって成膜したもの、電荷発生物質を樹脂バインダーに分散させ、バーコート法、スピコート法、ロールコート法、ディップ法、キャスト法などによって塗布したもの、または、これらの電荷発生層に電荷輸送層を積層したもの、などを用いることができる。

30

【 0 0 5 9 】

光照射部 2 7 は、任意の光量の書き込み光 2 8 を表示素子 1 の非表示面側に照射できるものであればよく、レーザービームスキャナー、LED アレイ、プラズマディスプレイ、EL ディスプレイなどの自発光素子や、液晶シャッターなどの調光素子と、蛍光管、キセノンランプ、ハロゲンランプ、水銀ランプなどの光源とを組み合わせ、などを用いることができる。

【 0 0 6 0 】

表示層 8 A , 8 B , 8 C は、図 2 の例と同様の P D L C 構造とし、または図 3 の例と同様のマイクロカプセル構造としてもよい。

40

【 0 0 6 1 】

( 第 2 の実施形態 )

第 2 の実施形態として、コレステリック液晶に添加した二色性色素の選択吸収によって表示を行う場合の具体例を示す。

【 0 0 6 2 】

( 第 1 の例 )

図 6 は、第 2 の実施形態の第 1 の例を示す。

【 0 0 6 3 】

50

この例では、表示層 8 A , 8 B , 8 C を、コレステリック液晶 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C に、互いに異なる色光を選択吸収する二色性色素 1 7 A , 1 7 B , 1 7 C を添加したものとするとともに、非表示面側の基板 3 の裏面に、光吸収層に代えて光散乱層 1 8 を形成する。

【 0 0 6 4 】

第 1 の実施形態と同様に、コレステリック液晶 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C は、それぞれ正の誘電異方性を有するものとする。ただし、二色性色素 1 7 A , 1 7 B , 1 7 C の選択吸収によって表示を行うので、コレステリック液晶 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C の選択反射波長域は、二色性色素 1 7 A , 1 7 B , 1 7 C の選択吸収波長域と異なることが望ましく、例えば、赤外域とすることが好ましい。

10

【 0 0 6 5 】

コレステリック液晶 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C の配向変化のしきい値電圧の関係については、後述する。

【 0 0 6 6 】

二色性色素 1 7 A , 1 7 B , 1 7 C としては、それぞれ分子長軸方向の光吸収率が分子短軸方向の光吸収率より大きい正の二色性色素を用いる。具体的に、二色性色素 1 7 A , 1 7 B , 1 7 C としては、アゾ系、アントラキノン系などの色素を用いることができる。

【 0 0 6 7 】

光散乱層 1 8 は、表示層 8 A , 8 B , 8 C を透過した入射光を散乱反射するものであれば、特に限定されるものではない。また、非表示面側の基板 3 の裏面に光散乱層 1 8 を形成する代わりに、基板 3 または書き込み電極 5 に光散乱性を持たせて光散乱層 1 8 を省略することもできる。

20

【 0 0 6 8 】

その他の点は、第 1 の実施形態の図 1 の例と同じである。表示層 8 A , 8 B , 8 C は、図 2 の例と同様の P D L C 構造とし、または図 3 の例と同様のマイクロカプセル構造としてもよい。その場合、二色性色素は、ドロップレット分散されるコレステリック液晶に添加し、またはコレステリック液晶に添加してマイクロカプセル内に含ませる。

【 0 0 6 9 】

( 第 2 の例 )

図 7 は、第 2 の実施形態の第 2 の例を示す。

30

【 0 0 7 0 】

この例は、図 6 の例に第 1 の実施形態の図 4 の例のような外部書き込み方式を組み合わせた場合である。すなわち、この例では、表示層 8 A , 8 B , 8 C を、コレステリック液晶 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C に、互いに異なる色光を選択吸収する二色性色素 1 7 A , 1 7 B , 1 7 C を添加したものとし、非表示面側の基板 3 の裏面に光散乱層 1 8 を形成するとともに、表示素子 1 とは別体の書き込み装置 2 0 に書き込み電極 2 4 , 2 5 を設けて、表示素子 1 の外部から表示層 8 A , 8 B , 8 C に書き込み信号を印加する。

【 0 0 7 1 】

表示層 8 A , 8 B , 8 C への分圧比を大きくするため、基板 2 , 3 および光散乱層 1 8 は、分離基板 6 A , 6 B と同様に、できるだけ誘電率の大きいことが望ましい。

40

【 0 0 7 2 】

表示層 8 A , 8 B , 8 C は、P D L C 構造やマイクロカプセル構造などとしてもよい。

【 0 0 7 3 】

( 第 3 の例 )

図 8 は、第 2 の実施形態の第 3 の例を示す。

【 0 0 7 4 】

この例は、図 6 の例に第 1 の実施形態の図 5 の例のような光併用書き込み方式を組み合わせた場合である。すなわち、この例では、表示素子 1 は、それぞれ内面に書き込み電極 4 , 5 が形成された基板 2 , 3 間に、コレステリック液晶 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C に互いに異なる色光を選択吸収する二色性色素 1 7 A , 1 7 B , 1 7 C を添加した表示層 8 A , 8

50

B, 8C、光散乱層18および光導電層15を積層形成したものとし、書き込み装置20は、光導電層15に書き込み光28を照射する光照射部27を有するものとする。

【0075】

この例では、非表示面側の基板3および書き込み電極5も、光透過性を有する材料により形成する。また、表示層8A, 8B, 8Cへの分圧比を大きくするため、光散乱層18も、できるだけ誘電率の大きいことが望ましい。

【0076】

表示層8A, 8B, 8Cは、PDL C構造やマイクロカプセル構造などとしてもよい。

【0077】

〔電気光学応答と書き込み方法〕

10

図26で上述したように、正の誘電異方性を有するコレステリック液晶は、同図(A)に示すプレーナー、同図(B)に示すフォーカルコニック、および同図(C)に示すホメオトロピック、の3つの状態を示し、パルス信号を印加した直後のコレステリック液晶層は、図27に示すような電気光学応答を示し、印加パルス電圧が $V_{fh90}$ 以上のときには、ホメオトロピックからプレーナーに変化した選択反射状態となり、印加パルス電圧が $V_{pf10}$ と $V_{fh10}$ の間ときには、フォーカルコニックによる透過状態となり、印加パルス電圧が $V_{pf90}$ 以下のときには、パルス信号印加前の状態を継続した状態、すなわちプレーナーによる選択反射状態またはフォーカルコニックによる透過状態となる。

【0078】

ただし、上述したように、正規化反射率が90以上の場合を選択反射状態、正規化反射率が10以下の場合を透過状態と定義し、プレーナー状態とフォーカルコニック状態の変化のしきい値電圧を、遷移領域の前後に対して、それぞれ $V_{pf90}$ ,  $V_{pf10}$ とし、フォーカルコニック状態とホメオトロピック状態の変化のしきい値電圧を、遷移領域の前後に対して、それぞれ $V_{fh10}$ ,  $V_{fh90}$ とする。

20

【0079】

図9に、図1または図6の例の表示素子の等価回路を示す。図中、 $C_o$ および $R_o$ は、書き込み電極4, 5間の表示層8A, 8B, 8C以外の構成要素の等価静電容量および等価抵抗値、すなわち書き込み電極4, 5および分離基板6A, 6Bの静電容量および抵抗値の直列和を示し、 $V_{xo}$ は、書き込み装置20から表示素子1の書き込み電極4, 5間に電圧Vが印加された場合に、これら表示層8A, 8B, 8C以外の構成要素で発生する電圧降下を示す。

30

【0080】

$C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_c$ および $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$ は、それぞれ表示層8A, 8B, 8Cの静電容量および抵抗値を示し、 $V_{xa}$ ,  $V_{xb}$ ,  $V_{xc}$ は、表示素子1の書き込み電極4, 5間に電圧Vが印加された場合に、表示層8A, 8B, 8Cのそれぞれに実際に印加される電圧を示す。通常、表示層8A, 8B, 8Cの抵抗値 $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$ は十分に大きく、また、静電容量 $C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_c$ は、液晶が誘電異方性を有することから、液晶の配向状態に依存して変化する。

【0081】

書き込み電極4, 5間に電圧Vが印加された場合、各表示層8A, 8B, 8Cに実際に印加される電圧 $V_{xa}$ ,  $V_{xb}$ ,  $V_{xc}$ は、以下のようになる。

40

【0082】

$$V_{xa} = (C / C_a) (V - V_{xo}) \quad \dots (2)$$

$$V_{xb} = (C / C_b) (V - V_{xo}) \quad \dots (3)$$

$$V_{xc} = (C / C_c) (V - V_{xo}) \quad \dots (4)$$

ただし、

$$C = C_a C_b C_c / (C_a C_b + C_a C_c + C_b C_c) \quad \dots (5)$$

である。

【0083】

このように、図1または図6の例の表示素子に電圧Vが印加された場合、各表示層8A,

50

8 B , 8 C には、それぞれ上記のような静電容量分圧による電圧が印加され、それぞれ、その電圧に応じて各表示層 8 A , 8 B , 8 C のコレステリック液晶 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C の配向状態が変化する。

【 0 0 8 4 】

図 2 ~ 図 5、図 7、図 8 の例の表示素子でも同様で、図 2 または図 3 の例の表示素子では、書き込み電極 4 , 5 間の表示層 8 A , 8 B , 8 C 以外の構成要素の等価静電容量  $C_o$  および等価抵抗値  $R_o$  として、分離基板 6 A , 6 B の静電容量および抵抗値が含まれず、図 4 または図 7 の例の表示素子では、書き込み電極 2 4 , 2 5 間の表示層 8 A , 8 B , 8 C 以外の構成要素の等価静電容量  $C_o$  および等価抵抗値  $R_o$  として、基板 2 , 3 と光吸収層 9 または光散乱層 1 8 の静電容量および抵抗値が含まれ、図 5 または図 8 の例の表示素子

10

【 0 0 8 5 】

したがって、この発明の表示素子 1 では、書き込み装置 2 0 から印加される電圧  $V$  の各表示層 8 A , 8 B , 8 C への分配比と、各表示層 8 A , 8 B , 8 C に実際に印加される電圧  $V \times a$  ,  $V \times b$  ,  $V \times c$  に対する各表示層 8 A , 8 B , 8 C の電気光学応答との、2 つを制御することによって、書き込み装置 2 0 から印加される電圧  $V$  に対する各表示層 8 A , 8 B , 8 C の電気光学応答を、所望の構成にすることができる。

【 0 0 8 6 】

具体的には、前者の、各表示層 8 A , 8 B , 8 C への分配比は、各表示層 8 A , 8 B , 8 C を構成するコレステリック液晶 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C の誘電率などによって、後者の、各表示層 8 A , 8 B , 8 C の電気光学応答は、各表示層 8 A , 8 B , 8 C を構成するコレステリック液晶 1 1 A , 1 1 B , 1 1 C の誘電異方性、弾性率および螺旋ピッチ、さらに高分子を添加した場合には、高分子の構造や相分離プロセスなどに影響を受ける高分子と液晶の界面におけるアンカリング効果の程度などによって、制御することができる。

20

【 0 0 8 7 】

また、図 5 または図 8 の例の表示素子では、書き込み光 2 8 の光量が少ない場合には、光導電層 1 5 の抵抗値が大きくなって、表示層 8 A , 8 B , 8 C 全体に実際に印加される電圧 ( $V - V \times o$ ) が減少し、書き込み光 2 8 の光量が多い場合には、光導電層 1 5 の抵抗

30

【 0 0 8 8 】

(電気光学応答と書き込み方法についての第 1 の例)

この発明の表示素子 1 の、書き込み装置 2 0 から印加される電圧  $V$  に対する各表示層 8 A , 8 B , 8 C の電気光学応答は、第 1 の例として、図 1 0 に示すように設定する。

【 0 0 8 9 】

すなわち、表示層 8 A の図 2 7 に示した各しきい値電圧を  $V_{p f 9 0 (A)}$  ,  $V_{p f 1 0 (A)}$  ,  $V_{f h 1 0 (A)}$  ,  $V_{f h 9 0 (A)}$ 、表示層 8 B の図 2 7 に示した各しきい値電圧を  $V_{p f 9 0 (B)}$  ,  $V_{p f 1 0 (B)}$  ,  $V_{f h 1 0 (B)}$  ,  $V_{f h 9 0 (B)}$ 、表示層 8 C の図 2 7 に示した各しきい値電圧を  $V_{p f 9 0 (C)}$  ,  $V_{p f 1 0 (C)}$  ,  $V_{f h 1 0 (C)}$  ,  $V_{f h 9 0 (C)}$  とすると、以下の式 ( 6 ) のように設定する。

40

【 0 0 9 0 】

$V_{p f 9 0 (C)} < V_{p f 1 0 (C)} < V_{p f 9 0 (B)} < V_{p f 1 0 (B)} < V_{f h 1 0 (C)} < V_{f h 9 0 (C)} < V_{p f 9 0 (A)} < V_{p f 1 0 (A)} < V_{f h 1 0 (B)} < V_{f h 9 0 (B)} < V_{f h 1 0 (A)} < V_{f h 9 0 (A)}$

... ( 6 )。

【 0 0 9 1 】

50

ただし、表示層の積層順序は図1～図8の例に限らない。すなわち、表示層の積層順序の如何にかかわらず、3層の表示層をしきい値電圧 $V_{pf90}$ 、 $V_{pf10}$ 、 $V_{fh10}$ 、 $V_{fh90}$ が高い順に8A、8B、8Cとするとき、

$$V_{fh90}(C) < V_{pf90}(A) \dots (6a)$$

とするとともに、両者間に他のしきい値電圧が存在しないようにする。

#### 【0092】

この場合、図10に示すように、電圧 $V_a$ 、 $V_b$ 、 $V_c$ 、 $V_d$ 、 $V_e$ 、 $V_f$ 、 $V_g$ を、

$V_a$ ： $V_{pf90}(C)$ 以下の電圧、

$V_b$ ： $V_{pf10}(C)$ と $V_{pf90}(B)$ の間の電圧、

$V_c$ ： $V_{pf10}(B)$ と $V_{fh10}(C)$ の間の電圧、

$V_d$ ： $V_{fh90}(C)$ と $V_{pf90}(A)$ の間の電圧、

$V_e$ ： $V_{pf10}(A)$ と $V_{fh10}(B)$ の間の電圧、

$V_f$ ： $V_{fh90}(B)$ と $V_{fh10}(A)$ の間の電圧、

$V_g$ ： $V_{fh90}(A)$ 以上の電圧、

とする。

#### 【0093】

そして、書き込み装置20によって、図11に示すような、リフレッシュ期間 $T_r$ およびセレクト期間 $T_s$ と、その後の無電圧の表示期間 $T_d$ とによって構成され、そのリフレッシュ期間 $T_r$ での電圧 $V_r$ およびセレクト期間 $T_s$ での電圧 $V_s$ が、 $V_r > V_s$ の関係をもって、入力画像データに基づいて上記の7段階の電圧 $V_a \sim V_g$ から選定された電圧となる書き込み信号を、書き込み電極4、5間または24、25間に印加する。

#### 【0094】

図12は、この場合のリフレッシュ電圧 $V_r$ とセレクト電圧 $V_s$ との組み合わせによる、表示層8A、8B、8Cの配向状態を示したもので、「p」はプレーナー状態、「f」はフォーカルコニック状態、「？」は書き込み信号の印加前の状態に依存する未確定状態、をそれぞれ表し、左から表示層8C、8B、8Aの順に示している。

#### 【0095】

これから明らかなように、この発明の表示素子、および電気光学応答と書き込み方法についての第1の例によれば、

(1) 表示層8A、8B、8Cの全てがプレーナーの状態、

(2) 表示層8A、8B、8Cの全てがフォーカルコニックの状態、

(3) 表示層8Aがプレーナーで、表示層8B、8Cがフォーカルコニックの状態、

(4) 表示層8Bがプレーナーで、表示層8A、8Cがフォーカルコニックの状態、

(5) 表示層8Cがプレーナーで、表示層8A、8Bがフォーカルコニックの状態、

(6) 表示層8A、8Bがプレーナーで、表示層8Cがフォーカルコニックの状態、

(7) 表示層8A、8Cがプレーナーで、表示層8Bがフォーカルコニックの状態、

(8) 表示層8B、8Cがプレーナーで、表示層8Aがフォーカルコニックの状態、

の8種類の配向状態が得られる。

#### 【0096】

したがって、図1～図5の例のような第1の実施形態の表示素子では、例えば、表示層8Aをブルーの色光、表示層8Bをグリーンの色光、表示層8Cをレッドの色光、をそれぞれ選択反射するものとした場合、図13に示すように(同図中の「T」は、対応する表示層がフォーカルコニックによる透過状態であることを示す)、

(1)  $V_r = V_g$ 、 $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、ブルー、グリーン、レッドの色光の加法混色によるホワイト(W)が表示される状態、

(2) 例えば、 $V_r = V_e$ 、 $V_s = V_c$ の書き込み信号によって、ブラック(Bk)が表示される状態、

(3)  $V_r = V_g$ 、 $V_s = V_c$ の書き込み信号によって、ブルー(B)が表示される状態、

(4)  $V_r = V_f$ 、 $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、グリーン(G)が表示される状

10

20

30

40

50

態、

(5) 例えば、 $V_r = V_e$  ,  $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、レッド(R)が表示される状態、

(6)  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、ブルー、グリーンの色光の加法混色によるシアン(C)が表示される状態、

(7)  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_d$ の書き込み信号によって、ブルー、レッドの色光の加法混色によるマゼンタ(M)が表示される状態、

(8) 例えば、 $V_r = V_f$  ,  $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、グリーン、レッドの色光の加法混色によるイエロー(Y)が表示される状態、

の8つの表示状態を取り得るようになり、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの8色を表示することができる。 10

【0097】

さらに、ディザ法や誤差拡散法などの面積階調を行うことによって、フルカラー表示を行うことができる。

【0098】

表示層8A, 8B, 8Cのしきい値電圧の大小と選択反射色との関係も、上記の例に限らず、任意に構成することができる。

【0099】

一方、図6~図8の例のような第2の実施形態の表示素子では、二色性色素17A, 17B, 17Cとして、それぞれ分子長軸方向の光吸収率が分子短軸方向の光吸収率より大きい正の二色性色素を用いることによって、表示層がプレーナーの状態において、入射光の吸収を生じ、フォーカルコニックの状態では、入射光が当該表示層をほとんど透過する。 20

【0100】

したがって、第2の実施形態の表示素子では、例えば、表示層8Aに二色性色素17Aとしてレッドの色光を選択吸収するシアンの二色性色素、表示層8Bに二色性色素17Bとしてグリーンの色光を選択吸収するマゼンタの二色性色素、表示層8Cに二色性色素17Cとしてブルーの色光を選択吸収するイエローの二色性色素、をそれぞれ添加した場合、図14に示すように(同図中の「T」は、対応する表示層がフォーカルコニックによる透過状態であることを示す)、

(1)  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、シアン、マゼンタ、イエローの色光の減法混色によるブラック(Bk)が表示される状態、 30

(2) 例えば、 $V_r = V_e$  ,  $V_s = V_c$ の書き込み信号によって、ホワイト(W)が表示される状態、

(3)  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_c$ の書き込み信号によって、シアン(C)が表示される状態、

(4)  $V_r = V_f$  ,  $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、マゼンタ(M)が表示される状態、

(5) 例えば、 $V_r = V_e$  ,  $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、イエロー(Y)が表示される状態、

(6)  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、シアン、マゼンタの色光の減法混色によるブルー(B)が表示される状態、 40

(7)  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_d$ の書き込み信号によって、シアン、イエローの色光の減法混色によるグリーン(G)が表示される状態、

(8) 例えば、 $V_r = V_f$  ,  $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、マゼンタ、イエローの色光の減法混色によるレッド(R)が表示される状態、

の8つの表示状態を取り得るようになり、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの8色を表示することができる。

【0101】

さらに、ディザ法や誤差拡散法などの面積階調を行うことによって、フルカラー表示を行うことができる。 50

## 【0102】

表示層 8 A , 8 B , 8 C のしきい値電圧の大小と選択吸収色との関係も、上記の例に限らず、任意に構成することができる。

## 【0103】

(電気光学応答と書き込み方法についての第2の例)

この発明の表示素子1の、書き込み装置20から印加される電圧Vに対する各表示層8 A , 8 B , 8 C の電気光学応答は、第2の例として、図15に示すように、以下の式(7)のように設定する。

## 【0104】

$V_{pf90}(C) < V_{pf10}(C) < V_{fh10}(C) < V_{fh90}(C) < V_{pf90}(B) < V_{pf10}(B) < V_{pf90}(A) < V_{pf10}(A) < V_{fh10}(B) < V_{fh90}(B) < V_{fh10}(A) < V_{fh90}(A)$   
... (7)。

## 【0105】

すなわち、表示層の積層順序の如何にかかわらず、3層の表示層をしきい値電圧 $V_{pf90}$  ,  $V_{pf10}$  ,  $V_{fh10}$  ,  $V_{fh90}$ が高い順に8 A , 8 B , 8 C とするとき、  
 $V_{fh90}(C) < V_{pf90}(B) < V_{pf10}(B) < V_{pf90}(A)$

... (7a)

とする。式(6a)の関係にするが、 $V_{fh90}(C)$ と $V_{pf90}(A)$ の間に $V_{pf90}(B)$  ,  $V_{pf10}(B)$ を存在させる。

## 【0106】

この場合、図15に示すように、電圧 $V_a$  ,  $V_b$  ,  $V_c$  ,  $V_d$  ,  $V_e$  ,  $V_f$  ,  $V_g$ を、  
 $V_a$  :  $V_{pf90}(C)$ 以下の電圧、

$V_b$  :  $V_{pf10}(C)$ と $V_{fh10}(C)$ の間の電圧、

$V_c$  :  $V_{fh90}(C)$ と $V_{pf90}(B)$ の間の電圧、

$V_d$  :  $V_{pf10}(B)$ と $V_{pf90}(A)$ の間の電圧、

$V_e$  :  $V_{pf10}(A)$ と $V_{fh10}(B)$ の間の電圧、

$V_f$  :  $V_{fh90}(B)$ と $V_{fh10}(A)$ の間の電圧、

$V_g$  :  $V_{fh90}(A)$ 以上の電圧、

とする。

## 【0107】

そして、書き込み装置20によって、図16に示すような、プリセット期間 $T_p$ 、リフレッシュ期間 $T_r$ およびセレクト期間 $T_s$ と、その後の無電圧の表示期間 $T_d$ とによって構成され、そのプリセット期間 $T_p$ での電圧 $V_p$ が上記の電圧 $V_g$ とされ、リフレッシュ期間 $T_r$ での電圧 $V_r$ およびセレクト期間 $T_s$ での電圧 $V_s$ が、 $V_r > V_s$ の関係をもって、入力画像データに基づいて上記の7段階の電圧 $V_a \sim V_g$ から選定された電圧となる書き込み信号を、書き込み電極4 , 5間または24 , 25間に印加する。

## 【0108】

図17は、この場合のリフレッシュ電圧 $V_r$ とセレクト電圧 $V_s$ との組み合わせによる、表示層8 A , 8 B , 8 C の配向状態を示したもので、「p」はプレーナー状態、「f」はフォーカルコニック状態、をそれぞれ表し、左から表示層8 C , 8 B , 8 A の順に示している。

## 【0109】

これから明らかなように、この発明の表示素子、および電気光学応答と書き込み方法についての第2の例によれば、第1の例と同様に、8種類の配向状態が得られる。

## 【0110】

したがって、図1~図5の例のような第1の実施形態の表示素子では、例えば、表示層8 A をブルーの色光、表示層8 B をグリーンの色光、表示層8 C をレッドの色光、をそれぞれ選択反射するものとした場合、図13に示すように、

(1) 例えば、 $V_p = V_g$  ,  $V_r = V_g$  ,  $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、ブルー、

10

20

30

40

50

グリーン、レッドの色光の加法混色によるホワイト(W)が表示される状態、

(2)  $V_p = V_g, V_r = V_e, V_s = V_b$ の書き込み信号によって、ブラック(Bk)が表示される状態、

(3)  $V_p = V_g, V_r = V_d, V_s = V_b$ の書き込み信号によって、ブルー(B)が表示される状態、

(4)  $V_p = V_g, V_r = V_f, V_s = V_b$ の書き込み信号によって、グリーン(G)が表示される状態、

(5) 例えば、 $V_p = V_g, V_r = V_e, V_s = V_a$ の書き込み信号によって、レッド(R)が表示される状態、

(6) 例えば、 $V_p = V_g, V_r = V_g, V_s = V_b$ の書き込み信号によって、ブルー、グリーンの色光の加法混色によるシアン(C)が表示される状態、 10

(7) 例えば、 $V_p = V_g, V_r = V_g, V_s = V_d$ の書き込み信号によって、ブルー、レッドの色光の加法混色によるマゼンタ(M)が表示される状態、

(8) 例えば、 $V_p = V_g, V_r = V_f, V_s = V_a$ の書き込み信号によって、グリーン、レッドの色光の加法混色によるイエロー(Y)が表示される状態、

の8つの表示状態を取り得るようになり、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの8色を表示することができる。

#### 【0111】

また、図6～図8の例のような第2の実施形態の表示素子では、例えば、表示層8Aに二色性色素17Aとしてレッドの色光を選択吸収するシアンの二色性色素、表示層8Bに二色性色素17Bとしてグリーンの色光を選択吸収するマゼンタの二色性色素、表示層8Cに二色性色素17Cとしてブルーの色光を選択吸収するイエローの二色性色素、をそれぞれ添加した場合、図14に示すように、 20

(1) 例えば、 $V_p = V_g, V_r = V_g, V_s = V_a$ の書き込み信号によって、シアン、マゼンタ、イエローの色光の減法混色によるブラック(Bk)が表示される状態、

(2)  $V_p = V_g, V_r = V_e, V_s = V_b$ の書き込み信号によって、ホワイト(W)が表示される状態、

(3)  $V_p = V_g, V_r = V_d, V_s = V_b$ の書き込み信号によって、シアン(C)が表示される状態、

(4)  $V_p = V_g, V_r = V_f, V_s = V_b$ の書き込み信号によって、マゼンタ(M)が表示される状態、 30

(5) 例えば、 $V_p = V_g, V_r = V_e, V_s = V_a$ の書き込み信号によって、イエロー(Y)が表示される状態、

(6) 例えば、 $V_p = V_g, V_r = V_g, V_s = V_b$ の書き込み信号によって、シアン、マゼンタの色光の減法混色によるブルー(B)が表示される状態、

(7) 例えば、 $V_p = V_g, V_r = V_g, V_s = V_d$ の書き込み信号によって、シアン、イエローの色光の減法混色によるグリーン(G)が表示される状態、

(8) 例えば、 $V_p = V_g, V_r = V_f, V_s = V_a$ の書き込み信号によって、マゼンタ、イエローの色光の減法混色によるレッド(R)が表示される状態、

の8つの表示状態を取り得るようになり、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの8色を表示することができる。 40

#### 【0112】

ディザ法や誤差拡散法などの面積階調を行うことによって、フルカラー表示を行うことができること、および、表示層8A, 8B, 8Cのしきい値電圧の大小と第1の実施形態の場合の選択反射色または第2の実施形態の場合の選択吸収色との関係も、上記の例に限らず、任意に構成できることも、第1の例と同じである。

#### 【0113】

(電気光学応答と書き込み方法についての第3の例)

この発明の表示素子1の、書き込み装置20から印加される電圧Vに対する各表示層8A, 8B, 8Cの電気光学応答は、第3の例として、図18に示すように、以下の式(8) 50

のように設定する。

【0114】

$V_{pf90}(C) < V_{pf10}(C) < V_{fh10}(C) < V_{fh90}(C) < V_{pf90}(B) < V_{pf10}(B) < V_{fh10}(B) < V_{fh90}(B) < V_{pf90}(A) < V_{pf10}(A) < V_{fh10}(A) < V_{fh90}(A)$

... (8)。

【0115】

すなわち、表示層の積層順序の如何にかかわらず、3層の表示層をしきい値電圧  $V_{pf90}$ 、 $V_{pf10}$ 、 $V_{fh10}$ 、 $V_{fh90}$  が高い順に 8A、8B、8C とするとき、  
 $V_{fh90}(C) < V_{pf90}(B) < V_{pf10}(B) < V_{fh10}(B) < V_{fh90}(B) < V_{pf90}(A)$  ... (8a)

とする。式(6a)の関係にするが、 $V_{fh90}(C)$  と  $V_{pf90}(A)$  の間に  $V_{pf90}(B)$ 、 $V_{pf10}(B)$ 、 $V_{fh10}(B)$ 、 $V_{fh90}(B)$  を存在させる。

【0116】

この場合、図18に示すように、電圧  $V_a$ 、 $V_b$ 、 $V_c$ 、 $V_d$ 、 $V_e$ 、 $V_f$ 、 $V_g$  を、  
 $V_a$  :  $V_{pf90}(C)$  以下の電圧、

$V_b$  :  $V_{pf10}(C)$  と  $V_{fh10}(C)$  の間の電圧、

$V_c$  :  $V_{fh90}(C)$  と  $V_{pf90}(B)$  の間の電圧、

$V_d$  :  $V_{pf10}(B)$  と  $V_{fh10}(B)$  の間の電圧、

$V_e$  :  $V_{fh90}(B)$  と  $V_{pf90}(A)$  の間の電圧、

$V_f$  :  $V_{pf10}(A)$  と  $V_{fh10}(A)$  の間の電圧、

$V_g$  :  $V_{fh90}(A)$  以上の電圧、

とする。

【0117】

そして、書き込み装置20によって、図19に示すような、第1プリセット期間  $T_{p1}$ 、第2プリセット期間  $T_{p2}$ 、リフレッシュ期間  $T_r$  およびセレクト期間  $T_s$  と、その後の無電圧の表示期間  $T_d$  とによって構成され、その第1プリセット期間  $T_{p1}$  での電圧  $V_{p1}$  が上記の電圧  $V_g$  とされ、第2プリセット期間  $T_{p2}$  での電圧  $V_{p2}$  が上記の電圧  $V_f$  または  $V_e$  とされ、リフレッシュ期間  $T_r$  での電圧  $V_r$  およびセレクト期間  $T_s$  での電圧  $V_s$  が、 $V_r > V_s$  の関係をもって、入力画像データに基づいて上記の7段階の電圧  $V_a$  ~  $V_g$  から選定された電圧となる書き込み信号を、書き込み電極4、5間または24、25間に印加する。

【0118】

図20は  $V_{p2} = V_f$  とした場合の、図21は  $V_{p2} = V_e$  とした場合の、それぞれ、リフレッシュ電圧  $V_r$  とセレクト電圧  $V_s$  との組み合わせによる、表示層8A、8B、8Cの配向状態を示したもので、「p」はプレーナー状態、「f」はフォーカルコニック状態、をそれぞれ表し、左から表示層8C、8B、8Aの順に示している。

【0119】

これから明らかなように、この発明の表示素子、および電気光学応答と書き込み方法についての第3の例によれば、第1および第2の例と同様に、8種類の配向状態が得られる。

【0120】

したがって、図1~図5の例のような第1の実施形態の表示素子では、例えば、表示層8Aをブルーの色光、表示層8Bをグリーンの色光、表示層8Cをレッドの色光、をそれぞれ選択反射するものとした場合、図13に示すように、

(1) 例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_g$ 、 $V_s = V_a$  の書き込み信号によって、ブルー、グリーン、レッドの色光の加法混色によるホワイト(W)が表示される状態、

(2)  $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_d$ 、 $V_s = V_b$  の書き込み信号によって、ブラック(Bk)が表示される状態、

(3)  $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_e$ 、 $V_r = V_d$ 、 $V_s = V_b$  の書き込み信号によって、

10

20

30

40

50

ブルー（B）が表示される状態、

（4）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_f$ 、 $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、グリーン（G）が表示される状態、

（5）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_d$ 、 $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、レッド（R）が表示される状態、

（6）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_g$ 、 $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、ブルー、グリーンの色光の加法混色によるシアン（C）が表示される状態、

（7）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_g$ 、 $V_s = V_d$ の書き込み信号によって、ブルー、レッドの色光の加法混色によるマゼンタ（M）が表示される状態、

（8）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_f$ 、 $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、グリーン、レッドの色光の加法混色によるイエロー（Y）が表示される状態、

の8つの表示状態を取り得るようになり、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの8色を表示することができる。

#### 【0121】

また、図6～図8の例のような第2の実施形態の表示素子では、例えば、表示層8Aに二色性色素17Aとしてレッドの色光を選択吸収するシアンの二色性色素、表示層8Bに二色性色素17Bとしてグリーンの色光を選択吸収するマゼンタの二色性色素、表示層8Cに二色性色素17Cとしてブルーの色光を選択吸収するイエローの二色性色素、をそれぞれ添加した場合、図14に示すように、

（1）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_g$ 、 $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、シアン、マゼンタ、イエローの色光の減法混色によるブラック（Bk）が表示される状態、

（2） $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_d$ 、 $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、ホワイト（W）が表示される状態、

（3） $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_e$ 、 $V_r = V_d$ 、 $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、シアン（C）が表示される状態、

（4）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_f$ 、 $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、マゼンタ（M）が表示される状態、

（5）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_d$ 、 $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、イエロー（Y）が表示される状態、

（6）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_g$ 、 $V_s = V_b$ の書き込み信号によって、シアン、マゼンタの色光の減法混色によるブルー（B）が表示される状態、

（7）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_g$ 、 $V_s = V_d$ の書き込み信号によって、シアン、イエローの色光の減法混色によるグリーン（G）が表示される状態、

（8）例えば、 $V_{p1} = V_g$ 、 $V_{p2} = V_f$ 、 $V_r = V_f$ 、 $V_s = V_a$ の書き込み信号によって、マゼンタ、イエローの色光の減法混色によるレッド（R）が表示される状態、

の8つの表示状態を取り得るようになり、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの8色を表示することができる。

#### 【0122】

ディザ法や誤差拡散法などの面積階調を行うことによって、フルカラー表示を行うことができること、および、表示層8A、8B、8Cのしきい値電圧の大小と第1の実施形態の場合の選択反射色または第2の実施形態の場合の選択吸収色との関係も、上記の例に限らず、任意に構成できることも、第1および第2の例と同じである。

#### 【0123】

〔他の実施形態または例〕

図1～図8の例は、基板2、3間に表示層としては3層の表示層8A、8B、8Cのみを積層形成する場合であるが、4層以上の表示層を積層形成してもよい。

#### 【0124】

例えば、第1の実施形態のようにコレステリック液晶の選択反射によって表示を行う場合、それぞれブルー、グリーン、レッドの色光を選択反射する表示層を、それぞれ、螺旋ね

10

20

30

40

50

じれ方向が右方向のコレスティック液晶からなる表示層と螺旋ねじれ方向が左方向のコレスティック液晶からなる表示層とによって構成してもよい。この場合には、一对の基板間に合計6層の表示層が積層されることになるが、同じ色光を選択反射する2層の表示層は、書き込み装置から印加される電圧に対して同じ電気光学応答を示すようにする。これによれば、より反射率の高い表示を行うことができる。

【0125】

また、一对の基板間に、それぞれブルー、グリーン、レッドの色光を選択反射する表示層に加えて、イエローの色光などを選択反射する表示層を積層形成してもよい。

【0126】

図6～図8の例のような第2の実施形態のように選択吸収によって表示を行う場合、上述したようにコレスティック液晶11A, 11B, 11Cに二色性色素17A, 17B, 17Cを添加する代わりに、コレスティック液晶11A, 11B, 11Cそれ自体として互いに異なる色光を選択吸収する二色性を有するものを用いることもできる。

10

【0127】

表示層を構成するコレスティック液晶の電気光学応答についての上述した各例は、正規化反射率が90以上の場合を選択反射状態、正規化反射率が10以下の場合を透過状態と定義する場合であるが、原理的には、正規化反射率が50を超えるある値以上の場合を選択反射状態、正規化反射率が50に満たないある値以下の場合を透過状態と定義すればよい。ただし、選択反射状態および透過状態を狭く定義する方が、表示特性上は好ましい。

【0128】

〔実験例〕

(実験例1)

積層状態では、各表示層の特性を個別に評価することができないため、実験例1では、ブルーの表示層からなる表示セル、グリーンの表示層からなる表示セル、およびレッドの表示層からなる表示セルを作製して、各表示層が積層された場合と電氣的に等価になるように、各表示セルを直列に接続した状態で書き込みを行い、表示特性を測定した。

20

【0129】

ブルーの表示層を構成するコレスティック液晶として、ネマチック液晶(メルク社製MLC2037)を73.0wt%、カイラル剤1(メルク社製CB15)を22.5wt%、カイラル剤2(メルク社製R1011)を4.5wt%の割合で混合した。

30

【0130】

グリーンの表示層を構成するコレスティック液晶として、ネマチック液晶(メルク社製MLC2038)を78.0wt%、カイラル剤1(メルク社製CB15)を18.3wt%、カイラル剤2(メルク社製R1011)を3.7wt%の割合で混合した。

【0131】

レッドの表示層を構成するコレスティック液晶として、ネマチック液晶(メルク社製ZLI3806)を78.4wt%、カイラル剤1(メルク社製CB15)を18.0wt%、カイラル剤2(メルク社製R1011)を3.6wt%の割合で混合した。

【0132】

ブルーのコレスティック液晶に高分子前駆体(ノーランド社製NOA65)を15.0wt%添加した材料を、それぞれ1.1mm厚の一对のITO透明電極付きガラス基板(コーニング社製7059)を5 $\mu$ mのギャップで対向させた空セル(EHC社製)に毛管注入した。50mW/cm<sup>2</sup>(365nm)のUV光を30秒照射し、一方のガラス基板の裏面にブラック樹脂の光吸収層を形成して、ブルー表示セルを得た。

40

【0133】

同様の方法で、グリーン表示セルおよびレッド表示セルを作成した。

【0134】

得られたブルー、グリーンおよびレッドの表示セルを直列に接続し、任意波形発生器(バイオメーション社製)と高圧電源(トレック社製)からなる書き込み装置を用いて、1kHzのリフレッシュ信号を200m秒、1kHzのセレクト信号を200m秒、印加した

50

。各表示セルの表示状態を、積分球型分光測色計（ミノルタ社製）を用いて測定した。

【0135】

図22に、700Vのリフレッシュ電圧を印加した後、任意のセレクト電圧を印加した場合の、それぞれの表示層の正規化反射率の変化を示す。

【0136】

図22の測定結果に基づき、例えば、図23に示す書き込み電圧が表示層全体に印加されるように、書き込み信号を制御することによって、この発明の書き込み方法を行うことが可能であることを確認した。

【0137】

（実験例2）

実験例2では、実験例1と同じコレステリック液晶を用いて、3層積層構造の表示素子を作製し、表示特性を測定した。

【0138】

1.1mm厚のITO透明電極付きガラス基板（コーニング社製7059）上に、5 $\mu$ m径の球状スペーサ（積水ファインケミカル社製マイクロパールSP-205）を湿式散布し、ブルーのコレステリック液晶に高分子前駆体（ノーランド社製NOA65）を15.0wt%添加した材料を滴下して、片面に5 $\mu$ m径の球状スペーサ（積水ファインケミカル社製マイクロパールSP-205）を湿式散布し、プラスチックフレームで支持された4.5 $\mu$ m厚のPETフィルム（東レ社製ルミラー）を、スペーサの非散布面が接触するように密着させた。

【0139】

さらに、この上に、グリーンのコレステリック液晶に高分子前駆体（ノーランド社製NOA65）を15.0wt%添加した材料を滴下して、片面に5 $\mu$ m径の球状スペーサ（積水ファインケミカル社製マイクロパールSP-205）を湿式散布し、プラスチックフレームで支持された4.5 $\mu$ m厚のPETフィルム（東レ社製ルミラー）を、スペーサの非散布面が接触するように密着させた。

【0140】

さらに、この上に、レッドのコレステリック液晶に高分子前駆体（ノーランド社製NOA65）を15.0wt%添加した材料を滴下して、1.1mm厚のITO透明電極付きガラス基板（コーニング社製7059）を、電極面が液晶と接するように密着させた。

【0141】

50mW/cm<sup>2</sup>（365nm）のUV光を30秒照射し、レッド表示層側のガラス基板の裏面にブラック樹脂の光吸収層を形成して、3色の表示層が積層配置された表示素子を得た。

【0142】

得られた表示素子に、任意波形発生器（バイオメーション社製）と高圧電源（トレック社製）からなる書き込み装置を用いて、1kHzのリフレッシュ信号を200m秒、1kHzのセレクト信号を200m秒、印加した。表示素子の表示状態を、積分球型分光測色計（ミノルタ社製）を用いて測定した。

【0143】

分離基板による電圧降下を考慮し、図23に示した書き込み電圧が表示層全体に印加されるように、書き込み信号を制御した場合の、反射スペクトル分布を図24に、a\* b\* 表色系における色再現域を図25に、それぞれ示す。実験例2の表示素子において、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの8色を表示できることを確認した。

【0144】

（実験例3）

実験例3では、実験例1と同じコレステリック液晶を用いて、PDLC構造の表示素子を作製した。

【0145】

10

20

30

40

50

PVA（和光純薬工業社製1000）の10wt%水溶液に、各コレステリック液晶を、それぞれ1：2．5の割合で混合し、ホモジナイザー（オムニ社製）を用いて15000rpmで3分間攪拌して、それぞれブルー、グリーンおよびレッドのエマルジョンを作製した。

【0146】

粘度を調整したブルーのエマルジョンを、125μm厚のITO透明電極付きPETフィルム（東レ社製ハイビーム）上に、ドクターブレード（ガードナー社製）を用いて塗布し、乾燥させて、約10μm厚のPDL構造のブルー表示層を形成した。

【0147】

3色の表示層が積層配置されるように、そのブルー表示層上に、同様の方法でグリーンおよびレッドの表示層を順次塗布形成し、レッド表示層上に、125μm厚のITO透明電極付きPETフィルム（東レ社製ハイビーム）を、ラミネータを用いて密着させた。

10

【0148】

非表示面側のPETフィルムの裏面にブラック樹脂の光吸収層を形成して、3色のPDL構造の表示層が積層配置された表示素子を得た。

【0149】

（実験例4）

実験例4では、実験例1と同じコレステリック液晶を用いて、マイクロカプセル構造の表示素子を作製した。

【0150】

各コレステリック液晶を、それぞれ、細孔径3．3μmのSPG膜乳化装置（伊勢化学工業社製）を用いて、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウムの0．25wt%水溶液中に分散させ、それぞれブルー、グリーンおよびレッドのエマルジョンを作製した。

20

【0151】

得られた各エマルジョンに、メラミン・ホルマリンプレポリマー（三和ケミカル社製MX-035）を、それぞれコレステリック液晶に対して2：1の割合で混合し、10wt%の酢酸水溶液を滴下してpHを4．5に調整した。

【0152】

70で60分間攪拌し、メラミン・ホルマリンプレポリマーをin-situ重合させて、約10μm径のブルー、グリーンおよびレッドのマイクロカプセルを得た。

30

【0153】

ブルーのマイクロカプセルを、PVA水溶液のバインダに分散させて、125μm厚のPETフィルム（東レ社製ルミラー）上に、ドクターブレード（ガードナー社製）を用いて塗布し、乾燥させて、約15μm厚のブルー表示層を形成した。

【0154】

3色の表示層が積層配置されるように、そのブルー表示層上に、同様の方法でグリーンおよびレッドの表示層を順次塗布形成し、レッド表示層上に、125μm厚のPETフィルム（東レ社製ルミラー）を、ラミネータを用いて密着させた。

【0155】

非表示面側のPETフィルムの裏面にブラック樹脂の光吸収層を形成して、3色のマイクロカプセル構造の表示層が積層配置された表示素子を得た。

40

【0156】

（実験例5）

実験例5では、実験例2の非表示面側の基板上に光導電層を有する表示素子を作製した。

【0157】

1．1mm厚のITO透明電極付きガラス基板（コーニング社製7059）上に、電荷発生層として、クロロガリウムフタロシアニン2．1wt%を、塩ビ/酢ビ共重合体樹脂1．8wt%、酢酸n-ブチル31．7wt%、キシレン64．4wt%に分散させた溶液を、0．25μm厚にディップコート塗布した。

【0158】

50

さらに、この上に、電荷輸送層として、3,3'-ジメチル-N,N,N',N'-テトラキス(4-メチルフェニル)-1,1'-ビフェニル-4,4'-ジアミン7.2wt%、ポリ(4,4'-シクロヘキシリデンジフェニレンカーボネート)10.8wt%、モノクロロベンゼン82wt%を混合した溶液を、3μm厚にディップコート塗布した。

【0159】

さらに、この電荷発生層および電荷輸送層からなる光導電層上に、ブラック樹脂の光吸収層を形成した。

【0160】

得られた基板を非表示面側として、実験例2と同様の方法で、光吸収層上に3色の表示層が積層配置された表示素子を得た。

10

【0161】

(実験例6)

実験例6では、実験例2の各表示層に二色性色素を添加した表示素子を作製した。

【0162】

シアンを表示層を構成する材料として、実験例2で用いたブルーのコレステリック液晶に、レッドの色光を吸収する二色性色素(三井東圧化学社製SI497)を0.5wt%添加した。

【0163】

マゼンタを表示層を構成する材料として、実験例2で用いたレッドのコレステリック液晶に、グリーンの色光を吸収する二色性色素(三井東圧化学社製M618)を0.5wt%添加した。

20

【0164】

イエローを表示層を構成する材料として、実験例2で用いたグリーンのコレステリック液晶に、ブルーの色光を吸収する二色性色素(三井東圧化学社製SI486)を0.5wt%添加した。

【0165】

得られたシアン、マゼンタおよびイエローの各混合材料を用いて、実験例2と同様の方法で3色の表示層を積層形成し、非表示面側の基板の裏面に、ホワイト樹脂の光散乱層を形成して、二色性色素を添加したコレステリック液晶からなる3色の表示層が積層配置された表示素子を得た。

30

【0166】

【発明の効果】

上述したように、この発明によれば、互いに異なる色光を表示する3層以上の複数の表示層を一画素内に積層し、その複数の表示層の外部から電圧を印加することによって複数の表示層の表示状態を制御する表示素子において、一画素内で、ホワイト、ブラック、ブルー、グリーン、レッド、シアン、マゼンタおよびイエローの8色を表示することができ、色再現域を拡大することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の第1の例を示す図である。

【図2】第1の実施形態の第2の例を示す図である。

40

【図3】第1の実施形態の第3の例を示す図である。

【図4】第1の実施形態の第4の例を示す図である。

【図5】第1の実施形態の第5の例を示す図である。

【図6】第2の実施形態の第1の例を示す図である。

【図7】第2の実施形態の第2の例を示す図である。

【図8】第2の実施形態の第3の例を示す図である。

【図9】この発明の表示素子の等価回路を示す図である。

【図10】この発明の表示素子の電気光学応答の第1の例を示す図である。

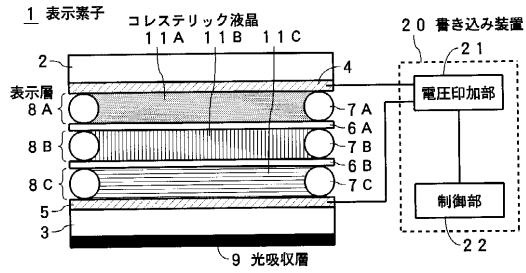
【図11】図10の電気光学応答を示す表示素子に対する書き込み信号を示す図である。

【図12】図10の電気光学応答を示す表示素子の配向状態を示す図である。

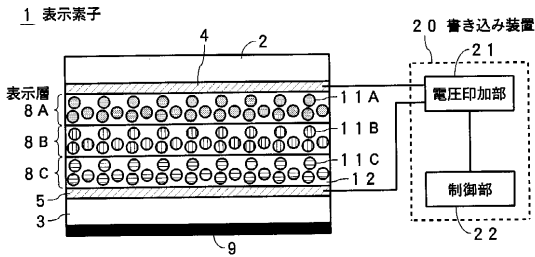
50

- 【図13】第1の実施形態の表示素子の表示状態を示す図である。
- 【図14】第2の実施形態の表示素子の表示状態を示す図である。
- 【図15】この発明の表示素子の電気光学応答の第2の例を示す図である。
- 【図16】図15の電気光学応答を示す表示素子に対する書き込み信号を示す図である。
- 【図17】図15の電気光学応答を示す表示素子の配向状態を示す図である。
- 【図18】この発明の表示素子の電気光学応答の第3の例を示す図である。
- 【図19】図18の電気光学応答を示す表示素子に対する書き込み信号を示す図である。
- 【図20】図18の電気光学応答を示す表示素子の配向状態を示す図である。
- 【図21】図18の電気光学応答を示す表示素子の配向状態を示す図である。
- 【図22】実験例1の表示素子のセレクト電圧に対する反射率変化を示す図である。 10
- 【図23】実験例1の表示素子を8色で表示する場合の書き込み信号の例を示す図である。
- 。 【図24】実験例2の表示素子の反射スペクトルを示す図である。
- 【図25】実験例2の表示素子の色再現域を示す図である。
- 【図26】正の誘電異方性を有するコレステリック液晶の配向変化を示す図である。
- 【図27】正の誘電異方性を有するコレステリック液晶の電気光学応答を示す図である。
- 【図28】第1の従来例の表示素子および書き込み装置を示す図である。
- 【図29】第2の従来例の表示素子および書き込み装置を示す図である。
- 【図30】従来例の表示素子の電気光学応答を示す図である。
- 【図31】従来例の表示素子に対する書き込み信号を示す図である。 20
- 【図32】従来例の表示素子の配向状態および表示状態を示す図である。
- 【符号の説明】
- 1 ... 表示素子、
- 2 , 3 ... 基板、
- 4 , 5 ... 書き込み電極、
- 6 A , 6 B ... 分離基板、
- 7 A , 7 B , 7 C ... スペース、
- 8 A , 8 B , 8 C ... 表示層、
- 9 ... 光吸収層、
- 11 A , 11 B , 11 C ... コレステリック液晶、 30
- 15 ... 光導電層、
- 17 A , 17 B , 17 C ... 二色性色素、
- 18 ... 光散乱層、
- 20 ... 書き込み装置、
- 21 ... 電圧印加部、
- 22 ... 制御部、
- 24 , 25 ... 書き込み電極、
- 27 ... 光照射部、
- 28 ... 書き込み光、

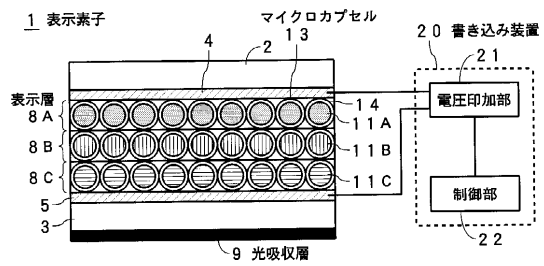
【図1】



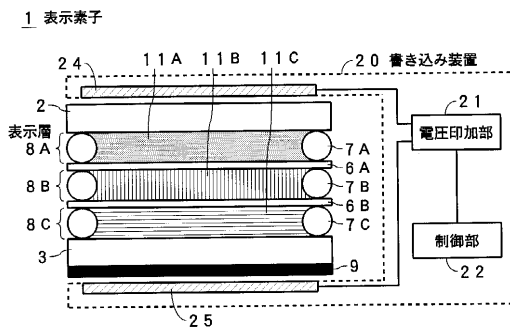
【図2】



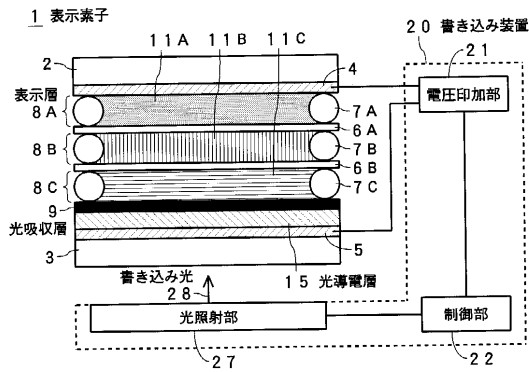
【図3】



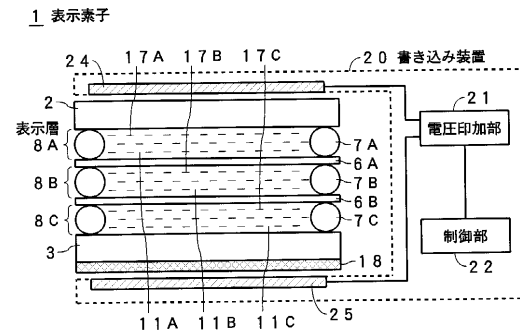
【図4】



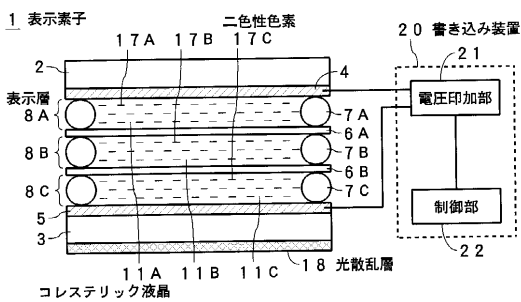
【図5】



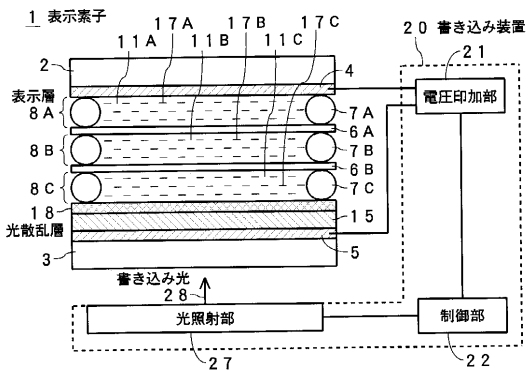
【図7】



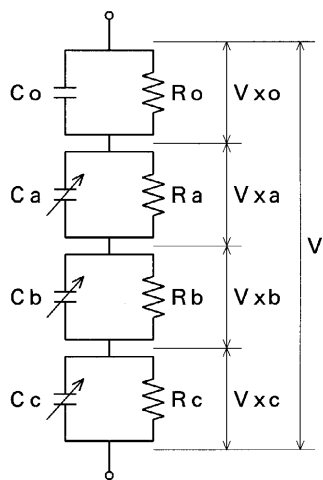
【図6】



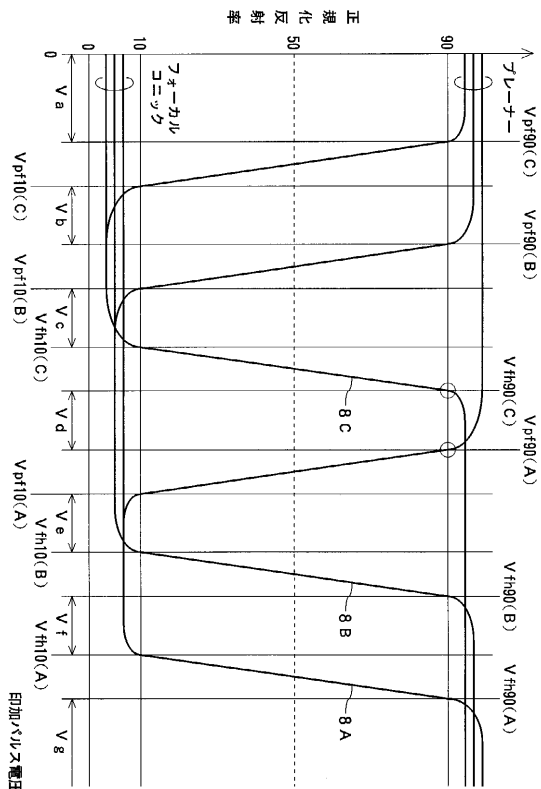
【図8】



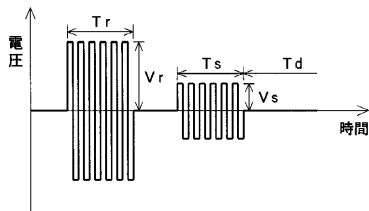
【図9】



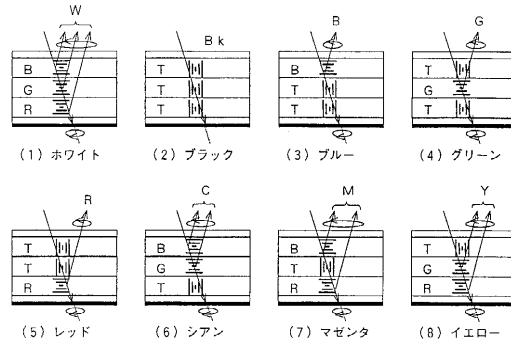
【図10】



【図11】



【図13】

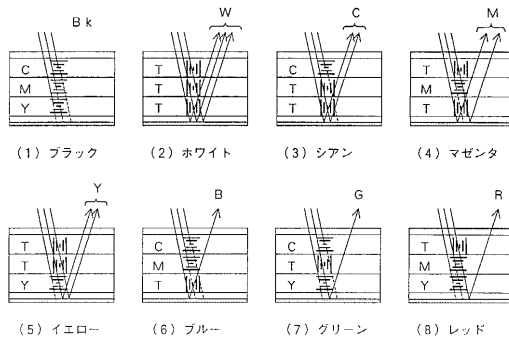


【図12】

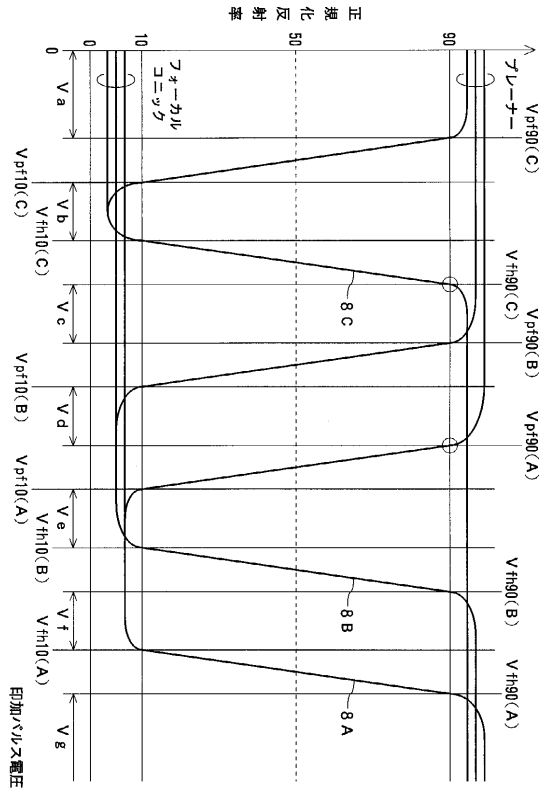
		リフレッシュ電圧 Vr					
		Vb	Vc	Vd	Ve	Vf	Vg
セレクト電圧 Vs	Va	f/?/?	f/f/?	f/f/f	p/f/f	p/p/f	p/p/p
	Vb	-	f/f/?	f/f/f	f/f/f	f/p/f	f/p/p
	Vc	-	-	f/f/f	f/f/f	f/f/f	f/f/p
	Vd	-	-	-	p/f/f	p/f/f	p/f/p
	Ve	-	-	-	-	p/f/f	p/f/f
	Vf	-	-	-	-	-	p/p/f

8C/8B/8A

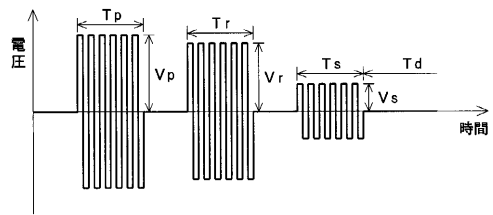
【図14】



【図 15】



【図 16】



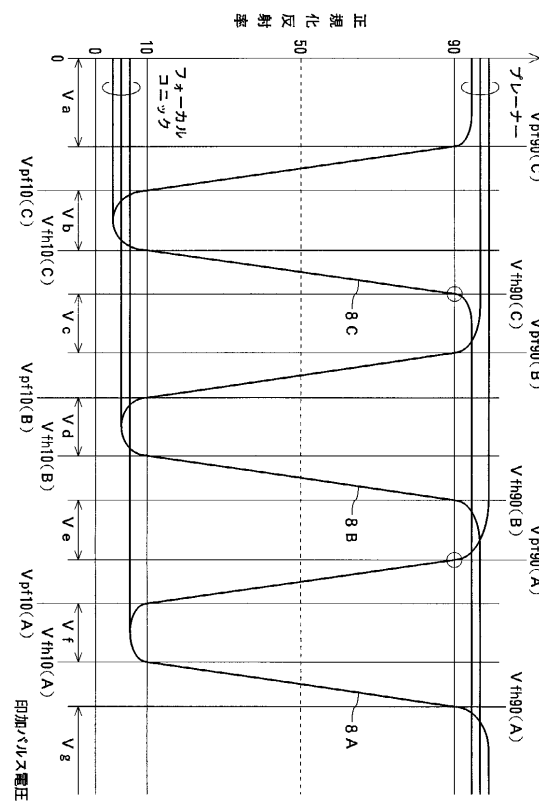
【図 17】

プリセット電圧  $V_p = V_g$

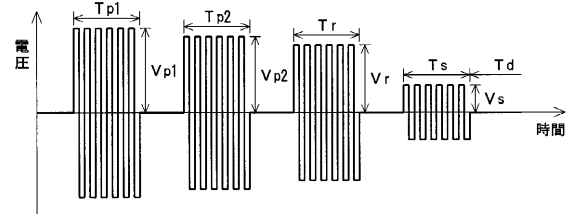
		リフレッシュ電圧 $V_r$					
		Vb	Vc	Vd	Ve	Vf	Vg
セレクト電圧 $V_s$	Va	f/p/p	p/p/p	p/f/p	p/f/f	p/p/f	p/p/p
	Vb	-	f/p/p	f/f/p	f/f/f	f/p/f	f/p/p
	Vc	-	-	p/f/p	p/f/f	p/p/f	p/p/p
	Vd	-	-	-	p/f/f	p/f/f	p/f/p
	Ve	-	-	-	-	p/f/f	p/f/f
	Vf	-	-	-	-	-	p/p/f

8C/8B/8A

【図 18】



【図 19】



【図 20】

プリセット電圧  $V_{p1} = V_g, V_{p2} = V_f$

		リフレッシュ電圧 $V_r$					
		Vb	Vc	Vd	Ve	Vf	Vg
セレクト電圧 $V_s$	Va	f/p/f	p/p/f	p/f/f	p/p/f	p/p/f	p/p/p
	Vb	-	f/p/f	f/f/f	f/p/f	f/p/f	f/p/p
	Vc	-	-	p/f/f	p/f/f	p/p/f	p/p/p
	Vd	-	-	-	p/p/f	p/f/f	p/f/p
	Ve	-	-	-	-	p/p/f	p/p/p
	Vf	-	-	-	-	-	p/p/f

8C/8B/8A

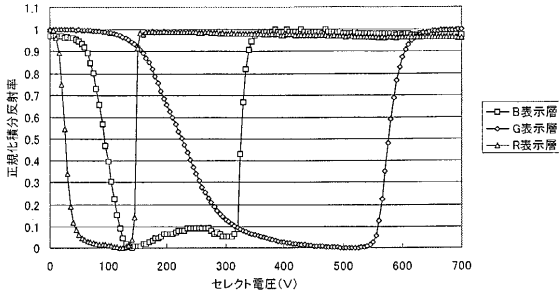
【図 21】

プリセット電圧  $V_{p1} = V_g, V_{p2} = V_e$

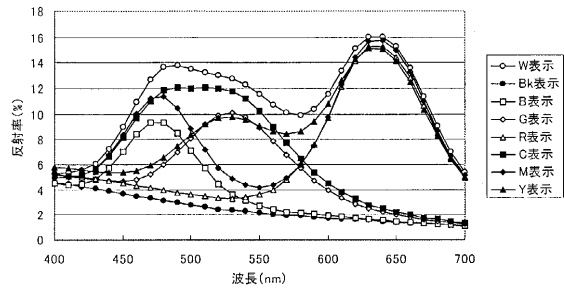
		リフレッシュ電圧 $V_r$					
		Vb	Vc	Vd	Ve	Vf	Vg
セレクト電圧 $V_s$	Va	f/p/p	p/p/p	p/f/p	p/p/p	p/p/f	p/p/p
	Vb	-	f/p/p	f/f/p	f/p/p	f/p/f	f/p/p
	Vc	-	-	p/f/p	p/f/p	p/p/f	p/p/p
	Vd	-	-	-	p/p/p	p/f/f	p/f/p
	Ve	-	-	-	-	p/p/f	p/p/p
	Vf	-	-	-	-	-	p/p/f

8C/8B/8A

【図 2 2】



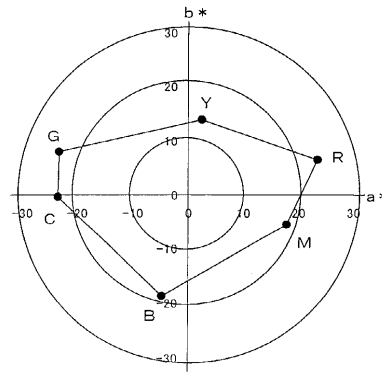
【図 2 4】



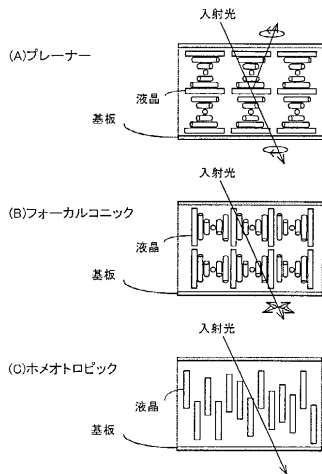
【図 2 3】

リフレッシュ電圧	セレクト電圧	表示状態		
		B表示層	G表示層	R表示層
700V	0V	ON	ON	ON
320V	135V	OFF	OFF	OFF
700V	135V	ON	OFF	OFF
500V	50V	OFF	ON	OFF
320V	0V	OFF	OFF	ON
700V	50V	ON	ON	OFF
700V	150V	ON	OFF	ON
500V	0V	OFF	ON	ON

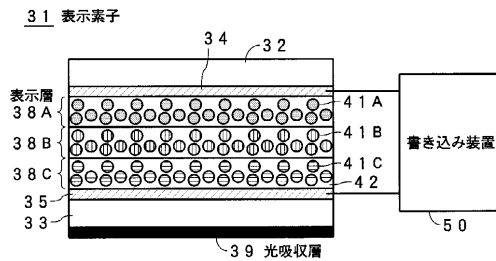
【図 2 5】



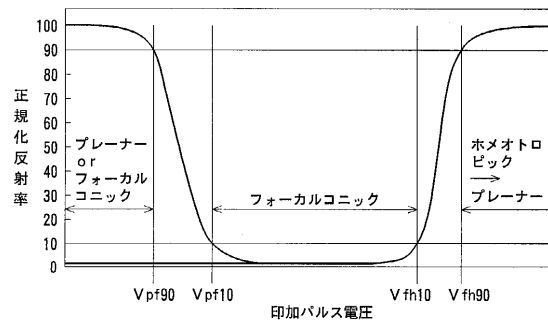
【図 2 6】



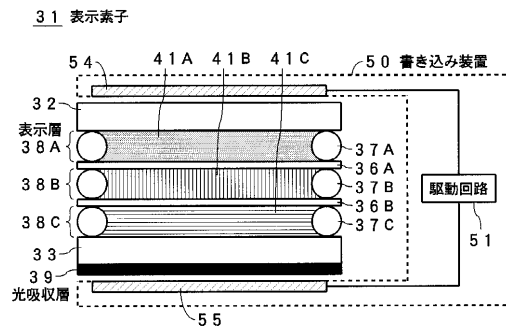
【図 2 8】



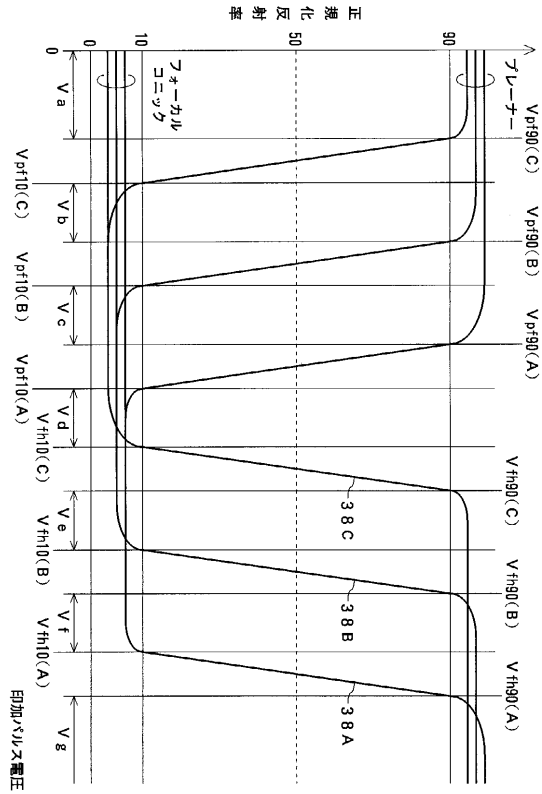
【図 2 7】



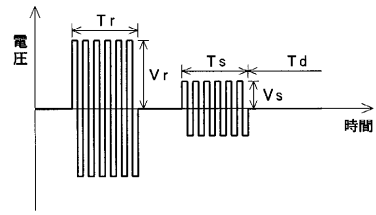
【図 2 9】



【図 30】



【図 31】



【図 32】

		リフレッシュ電圧 Vr					
		Vb	Vc	Vd	Ve	Vf	Vg
セレクト電圧 Vs	Va	f/?/?	f/f/?	f/f/f ブラック	p/f/f レッド	p/p/f イエロー	p/p/p ホワイト
	Vb	-	f/f/?	f/f/f ブラック	f/f/f ブラック	f/p/f グリーン	f/p/p シアン
	Vc	-	-	f/f/f ブラック	f/f/f ブラック	f/f/f ブラック	f/f/p ブルー
	Vd	-	-	-	f/f/f ブラック	f/f/f ブラック	f/f/f ブラック
	Ve	-	-	-	-	p/f/f レッド	p/f/f レッド
	Vf	-	-	-	-	-	p/p/f イエロー

38C/38B/38A

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10 - 177191 (JP, A)  
特開平10 - 339890 (JP, A)  
特開平11 - 149088 (JP, A)  
特開2000 - 098326 (JP, A)  
特開2000 - 206558 (JP, A)  
特開2000 - 267063 (JP, A)  
特開2001 - 154219 (JP, A)

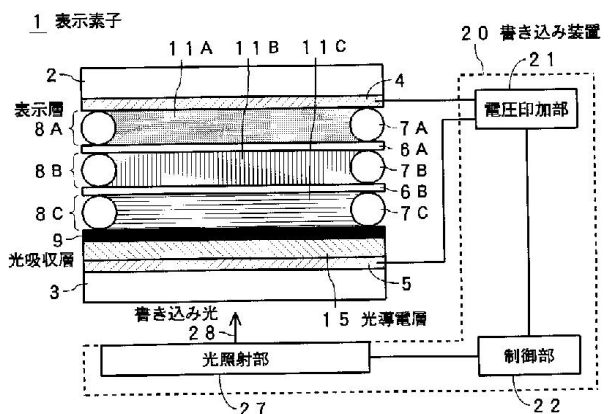
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/1347

专利名称(译)	显示元件，写入方法和写入装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP3888413B2</a>	公开(公告)日	2007-03-07
申请号	JP2000010148	申请日	2000-01-14
[标]申请(专利权)人(译)	富士施乐株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士施乐株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士施乐株式会社		
[标]发明人	原田陽雄 有沢宏		
发明人	原田 陽雄 有沢 宏		
IPC分类号	G02F1/1347 G02F1/1333 G02F1/137 G09G3/36		
CPC分类号	G09G3/3607 G02F1/13473 G02F1/13476 G02F1/13718 G09G3/3629 G09G3/3651 G09G2300/023 G09G2300/0486 G09G2310/06		
FI分类号	G02F1/1347 G02F1/133.560 G02F1/1333.610 G02F1/1334		
F-TERM分类号	2H089/HA04 2H089/HA06 2H089/HA09 2H089/HA23 2H089/HA32 2H089/KA20 2H089/QA16 2H089/RA06 2H089/RA11 2H089/TA13 2H089/TA17 2H089/TA18 2H089/TA20 2H093/NA12 2H093/NA25 2H093/NA61 2H093/NA76 2H093/NB01 2H093/ND17 2H093/ND24 2H093/NE01 2H093/NE03 2H093/NE05 2H093/NE06 2H093/NF11 2H093/NF14 2H093/NH18 2H189/AA04 2H189/AA05 2H189/AA10 2H189/AA14 2H189/AA32 2H189/AA33 2H189/BA07 2H189/BA11 2H189/CA36 2H189/DA02 2H189/DA15 2H189/FA81 2H189/HA16 2H189/JA09 2H189/JA17 2H189/LA08 2H189/LA11 2H189/LA21 2H189/NA05 2H193/ZA36 2H193/ZE20 2H193/ZP05 2H193/ZQ13 2H193/ZQ17 2H193/ZQ18		
代理人(译)	佐藤雅美		
审查员(译)	山口博之		
其他公开文献	JP2001201762A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：在显示元件中的一个像素中显示白色，黑色，蓝色，绿色，红色，靛基，品红色和黄色的八种颜色，通过层叠三层或更多层的多个显示层来控制多个显示层的显示状态在一个像素中彼此不同的彩色光束并从多个显示层的外部施加电压。解决方案：在一对基板之间层叠/形成由分别选择性地反射红色，绿色，蓝色的彩色光束的胆甾型液晶组成的显示层8A，8B，8C，并且在一对基板的后表面上形成光吸收层。非显示表面侧的基板。不仅显示层8A，8B，8C的取向变化的阈值电压彼此改变，而且阈值电压 $V_{pf90}(A)$ 也是从显示层8A的平面状态改变的阈值电压 $V_{pf90}(A)$ 。使得焦点圆锥状态的最大值高于从阈值电压最小的显示层8C的焦点圆锥状态到垂直状态的变化了的阈值电压 $V_{fh90}(C)$ 。



【 図 6 】