(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3710722号

(P3710722)

(45)発行日　平成17年10月26日(2005.10.26)　(24)登録日　平成17年8月19日(2005.8.19)

| (51)Int.Cl.[7] | | F I | | |
|---|---|---|---|---|
| G02F | 1/13363 | G02F | 1/13363 | |
| G02B | 5/02 | G02B | 5/02 | C |
| G02B | 5/30 | G02B | 5/30 | |
| G02F | 1/1335 | G02F | 1/1335 | 510 |

請求項の数 3　(全 47 頁)

(21)出願番号　特願2001-133684(P2001-133684)
(22)出願日　平成13年4月27日(2001.4.27)
(62)分割の表示　特願平10-545444の分割
原出願日　平成10年3月26日(1998.3.26)
(65)公開番号　特開2001-356347(P2001-356347A)
(43)公開日　平成13年12月26日(2001.12.26)
審査請求日　平成15年6月20日(2003.6.20)
(31)優先権主張番号　特願平9-105518
(32)優先日　平成9年4月23日(1997.4.23)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

前置審査

(73)特許権者　000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
(74)代理人　110000338
特許業務法人原謙三国際特許事務所
(72)発明者　岡本　正之
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
シャープ株式会社内
(72)発明者　三ツ井　精一
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
シャープ株式会社内
(72)発明者　佐藤　孝
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】反射型液晶表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

少なくとも光反射手段を有する第１の基板と光透過性を有する第２の基板とに挟持された液晶層と、自然光から左右廻りいずれかの概ね円偏光を可視波長領域全域において選択的に透過する円偏光手段とを備え、前記円偏光手段に自然光が入射した場合に、概ね円偏光を出射する面が前記液晶層側に設置されるとともに、入射された概ね円偏光は、白表示を行う場合に、前記第１の基板の面上で、前記自然光のそれぞれの波長に対し任意の方向の直線偏光となるものであると共に、

前記液晶は、配向されたネマティック液晶からなり、かつ、正の誘電異方性を有し、

前記液晶層の液晶の複屈折率差Δｎと液晶層厚ｄとの積Δｎｄ、および、液晶層ツイスト角φｔｗの値が、

【数４】

$$f_{vis}=k\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ f\ (\lambda)\ d\lambda$$

（$f_{vis}$は０．７以上）

$$k=1/\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ d\lambda$$

ｙ（λ）はＣＩＥ１９３１等色関数の視感度曲線

$S_{D65}(\lambda)$はＤ６５標準光源のスペクトル密度

$$f=1-\{1-2\Phi_{ret}^{2}(\mathrm{sinc}\sqrt{\Phi_{ret}^{2}+\Phi_{tw}^{2}}\ )^{2}\}^{2}$$

$$\Phi_{ret}=\pi\frac{\Delta nd}{\lambda}$$

$$\mathrm{sinc}X=\frac{\sin X}{X}$$

の式を満たすものであり、

上記円偏光手段は、光学位相差補償板を用いたものであり、

上記光学位相差補償板は、液晶層への入射光が円偏光になる条件から、液晶層に電圧が印加された状態で生じる残留位相差をキャンセルする分だけ変更された条件に設定して暗状態とすることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項２】

少なくとも光反射手段を有する第１の基板と光透過性を有する第２の基板とに挟持された液晶層と、自然光から左右廻りいずれかの概ね円偏光を可視波長領域全域において選択的に透過する円偏光手段とを備え、前記円偏光手段に自然光が入射した場合に、概ね円偏光を出射する面が前記液晶層側に設置されるとともに、入射された概ね円偏光は、白表示を行う場合に、前記第１の基板の面上で、前記自然光のそれぞれの波長に対し任意の方向の直線偏光となるものであると共に、

前記液晶は、配向されたネマティック液晶からなり、かつ、正の誘電異方性を有し、

前記液晶層の液晶の複屈折率差Δｎと液晶層厚ｄとの積Δｎｄ、および、液晶層ツイスト角φｔｗの値が、

【数４】

$$f_{vis}=k\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ f\ (\lambda)\ d\lambda$$

（$f_{vis}$は０．７以上）

$$k=1/\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ d\lambda$$

ｙ（λ）はＣＩＥ１９３１等色関数の視感度曲線

$S_{D65}(\lambda)$はＤ６５標準光源のスペクトル密度

$$f=1-\{1-2\phi_{ret}^{2}(sinc\sqrt{\phi_{ret}^{2}+\phi_{tw}^{2}})^{2}\}^{2}$$

$$\phi_{ret}=\pi\frac{\Delta nd}{\lambda}$$

$$sincX=\frac{sinX}{X}$$

の式を満たすものであり、

前記円偏光手段は、第１の光学位相差補償板と、基板法線方向のリタデーションが２００ｎｍ以上３６０ｎｍ以下に設定された第２の光学位相差補償板と、直線偏光板とからなり、かつ、前記直線偏光板の透過軸又は吸収軸と前記第１の光学位相差補償板の遅相軸とのなす角度をθ１として前記直線偏光板の透過軸又は吸収軸と前記第２の光学位相差補償板の遅相軸とのなす角度をθ２としたとき｜２×θ２－θ１｜の値が３５度以上５５度以下であり、

上記第１の光学位相差補償板の遅相軸の方位が、液晶層の厚さ方向の両端面の中央における液晶配向方向と平行であり、

前記第１の光学位相差補償板の基板法線方向のリタデーションが、可視波長領域全域において四分の１波長だけの位相差を与えることのできる１００ｎｍ以上１８０ｎｍ以下のリタデーションより、１０ｎｍから５０ｎｍ小さいリタデーションに設定されていることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項３】

少なくとも光反射手段を有する第１の基板と光透過性を有する第２の基板とに挟持された液晶層と、自然光から左右廻りいずれかの概ね円偏光を可視波長領域全域において選択的に透過する円偏光手段とを備え、前記円偏光手段に自然光が入射した場合に、概ね円偏光を出射する面が前記液晶層側に設置されるとともに、入射された概ね円偏光は、白表示を行う場合に、前記第１の基板の面上で、前記自然光のそれぞれの波長に対し任意の方向の直線偏光となるものであると共に、

前記液晶は、配向されたネマティック液晶からなり、かつ、正の誘電異方性を有し、

前記液晶層の液晶の複屈折率差Δｎと液晶層厚ｄとの積Δｎｄ、および、液晶層ツイスト角φｔｗの値が、

【数４】

$$f_{vis}=k\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ f\ (\lambda)\ d\lambda$$

（$f_{vis}$は０．７以上）

$$k=1/\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ d\lambda$$

ｙ（λ）はＣＩＥ１９３１等色関数の視感度曲線

$S_{D65}(\lambda)$はＤ６５標準光源のスペクトル密度

$$f=1-\{1-2\Phi_{ret}^{2}(sinc\sqrt{\Phi_{ret}^{2}+\Phi_{tw}^{2}})^{2}\}^{2}$$

$$\Phi_{ret}=\pi\frac{\Delta nd}{\lambda}$$

$$sincX=\frac{sinX}{X}$$

の式を満たすものであり、

前記円偏光手段は、第１の光学位相差補償板と、基板法線方向のリタデーションが２００ｎｍ以上３６０ｎｍ以下に設定された第２の光学位相差補償板と、直線偏光板とからなり、かつ、前記直線偏光板の透過軸又は吸収軸と前記第１の光学位相差補償板の遅相軸とのなす角度をθ１として前記直線偏光板の透過軸又は吸収軸と前記第２の光学位相差補償板の遅相軸とのなす角度をθ２としたとき｜２×θ２－θ１｜の値が３５度以上５５度以下であり、

上記第１の光学位相差補償板の遅相軸の方位が、液晶層の厚さ方向の両端面の中央における液晶配向方向と直交し、

前記第１の光学位相差補償板の基板法線方向のリタデーションが、可視波長領域全域において四分の１波長だけの位相差を与えることのできる１００ｎｍ以上１８０ｎｍ以下のリタデーションより、１０ｎｍから５０ｎｍ大きいリタデーションに設定されていることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ワードプロセッサ、ノート型パソコン等のオフィスオートメーション（ＯＡ）機器や、各種映像機器およびゲーム機器等に使用され、直視式のバックライトを必要としない構成の反射型液晶表示装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

現在、カラーディスプレイとしては、薄型、軽量等の特徴を有するものである液晶表示装置が実用に付されている。そして、カラー液晶表示装置の中でも、特に広く用いられているものは、背景に光源を用いた透過型液晶表示装置であり、上記のような特徴により、各種分野に用途が拡大している。

【０００３】

一方、この透過型液晶表示装置と比較すると、反射型液晶表示装置は、その表示におい

てバックライトを必要としないので、光源の電力が削減可能であると共に、バックライトのスペースや重量が節約できる等の特徴を有している。

【０００４】

即ち、反射型液晶表示装置は、消費電力の低減が実現でき、軽量薄型を目的とする機器に適している。その一例として、機器の動作時間を同一にするよう作製すれば、バックライトのスペースと重量が節約できるだけでなく、電力消費量が小さいので、小型のバッテリーを用いることが可能になり、一層の小型軽量化が可能となる。あるいは、機器の大きさまたは重量を同一にするように作製すれば、大型のバッテリーを用いることで、動作時間の飛躍的な拡大が期待できる。

【０００５】

また、表示のコントラスト特性の面において、発光型表示装置であるＣＲＴ等では日中の屋外で大幅なコントラスト比の低下が見られたり、低反射処理の施された透過型液晶表示装置でも直射日光下等の周囲光が表示光に比べて非常に強い場合に同様に大幅なコントラスト比の低下が避けられない。

【０００６】

これに対し、反射型液晶表示装置は、周囲光量に比例した表示光が得られ、携帯情報端末機器やデジタルカメラ、携帯ビデオカメラ等の屋外での使用には、特に好適である。

【０００７】

このように非常に有望な応用分野を有しながら、十分なコントラスト比や反射率、多色カラー化、高精細表示や動画への対応等の性能が不十分なため、現在まで十分な実用性を有する反射型カラー液晶表示装置は得られていない。

【０００８】

以下、反射型液晶表示装置についてさらに詳述する。従来のツイステッドネマティック（ＴＮ）型液晶素子は直線偏光板（以下、単に偏光板と称す）を２枚用いる構成のため、コントラスト比やその視角依存性の特性に優れているが、必然的に反射率が低い。また、液晶変調層と光反射層の距離が基板等の厚みだけ離れているために、照明光の入射時と反射時の光路のずれに伴う視差が生じてしまう。このため、特に、１層の液晶変調層に色要素毎に異なる画素を与えたカラーフィルタを組み合わせる通常の透過型液晶ディスプレイに用いられる構成では、光の進行方向が基板法線方向から傾斜している場合に、周囲光が入射時に通過する色要素とその光が反射後に通過する色要素とが異なることになる。このような場合、モアレ等の不具合が生じ、カラーの高解像度、高精細表示装置には向いていない。

【０００９】

これらの理由により、この表示モードを用いた反射型のカラー表示は実用化に至っていない。

【００１０】

これに対し、偏光板を用いない、もしくは１枚のみ用いて、染料を液晶に添加したゲストホスト型液晶素子（以下ＧＨと略す）が開発されてきたが、染料を添加しているため信頼性に欠け、また染料の２色性比が低いため高いコントラスト比が得られないといった問題がある。

【００１１】

この中でも、特にコントラストの不足は、カラーフィルタを用いるカラー表示においては、色純度を大幅に低下させるため、色純度の高いカラーフィルタと組み合わせる必要がある。このため、色純度の高いカラーフィルタのために明度が低下し、偏光板を用いないことによる本方式の高明度という利点が損なわれるという問題がある。

【００１２】

これらを背景に、高解像度、高コントラスト表示の期待できる１枚の偏光板を用いた方式（以下１枚偏光板方式と称する）の液晶表示素子が開発されている。

【００１３】

その一例としては、偏光板１枚と１／４波長板とを用いた反射型ＴＮ（４５°ツイスト

型）方式の液晶表示装置が、特開昭５５－４８７３３号公報に開示されている。

【００１４】

この液晶表示装置においては、４５°ねじれた液晶層を用い、印加される電界を制御することによって、入射直線偏光の偏波面を１／４波長板の光軸に平行な状態と４５°異なった状態との２つの状態を実現して白黒表示を行っている。この液晶セルの構成は、光入射側から偏光子、４５°ツイスト液晶セル、１／４波長板、反射板となっている。

【００１５】

さらに、ＵＳＰ４，７０１，０２８（Ｃｌｅｒｃら）には、偏光板１枚と１／４波長板と垂直配向液晶セルとを組み合わせた反射型垂直配向方式の液晶表示装置が開示されている。

【００１６】

また、本願発明者らは、偏光板１枚と平行配向液晶セルと光学位相差補償板とを組み合わせた反射型平行配向方式について出願している（特開平６－１６７７０８号公報参照）。

【００１７】

この反射型液晶表示装置は、ホモジニアス（平行）配列させた液晶層からなる液晶セルと、反射板（液晶層の下部で液晶セル内部に配置）と、偏光板（液晶セルの上部に配置）と、１枚の光学位相差補償板（液晶セルと偏光板との間に配置）とから構成されるものである。そして、この表示モードでは、光路が入射光路と出射光路と合わせて、偏光板を２回、液晶セルのガラス基板（上基板）上の吸収が避けられない透明電極を２回しか通過しない。したがって、この反射型液晶表示装置の構成では、高い反射率を得ることができる。

【００１８】

また、ツイストしたネマティック液晶層を反射板（液晶セル内面に配置）と１枚の偏光板との間に配置した構成が、特開平２－２３６５２３号公報に開示されている。

【００１９】

さらに、Fourth Asian Symposium on Information Display (Chung-Kuang Wei et al., Proceedings of The Fourth Asian Symposium on Information Display,1997,p25 、以下ＡＳＩＤ９７と略記する）には、９０度ツイストしたネマティック液晶を反射板（セル内面に配置）と広帯域を実現した１／４波長板及び偏光板との間に配置した構成が開示されている。

【００２０】

また、特開平４－１１６５１５号公報には、円偏光を入射して、表示に用いる液晶表示装置が開示されている。また、広い帯域で円偏光を得る手法として、Pancharatnamは、Proc.Ind.Acad.Sci.Vol. XLI,No4.SecA,ｐ130 , 1955に複数の光学位相差補償板を用いることを解いている。

【００２１】

これらの特開平６－１６７７０８号公報、特開平２－２３６５２３号公報、ＡＳＩＤ９７、特開平４－１１６５１５号公報に示されるような１枚偏光板方式の表示原理について説明する。

【００２２】

入射側に配置された偏光板は、入射光と出射光との偏光の直線成分のうち１方向のもののみを通過させ、他方向のものを吸収する働きを持つ。そして、偏光板を通過した入射光は、λ／４板等の光学位相差補償板によって偏光状態が変化したり（特開平６－１６７７０８号公報、ＡＳＩＤ９７の場合）、あるいはそのまま（特開平２－２３６５２３号公報の場合）液晶層に入射され、液晶層を通過するとさらに偏光状態が変化して反射板へと到達する。

【００２３】

さらに、反射板に到達した光は、入射時と逆の順序で偏光状態が変化しながら、液晶層、λ／４板等を通過することにより、最終的な偏光板の透過方位の偏光成分の割合が液晶

層全体の反射率を決めることになる。つまり、出射時の偏光板通過直前の偏光状態が、偏光板の透過方位の直線偏光にある場合に最も明るく、偏光板の吸収方位の直線偏光であれば最も暗くなる。

【００２４】

これらの状態を、液晶表示装置に垂直に入射および出射する光に対して実現するための必要十分条件は、明状態に対しては反射板上での偏光状態が任意の方位の直線偏光となること、また、暗状態に対しては反射板上で右または左の円偏光となることであることが知られている。

【００２５】

一方、携帯型の情報機器においては、従来より用いられているキーボードに加え、タッチパネルが有力な入力手段になる。特に、キーボードからの入力を変換する必要のある言語、例として日本語等の入力においては、情報処理能力の高度化、ソフトウエアの発展に伴ってタッチパネルを、単なるポインティングデバイスとしてではなく、手書き直接入力等の入力装置として使用することが一般的になってきた。

【００２６】

このような入力形態の場合、表示装置前面に入力装置を重ねて配置することが行われている。しかし、反射型の液晶表示装置においては反射光を表示に利用するため、タッチパネルの低反射処理の手段は下部に設置される反射型液晶表示装置の表示を損なうものであってはならない。例えば、特開平５－１２７８２２号公報にタッチパネルに１／４波長板と偏光板を重ねて低反射処理を行うことが開示されている。

【００２７】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来技術のうち特開昭５５－４８７３３号公報に記載された液晶表示装置では、液晶層と反射板との間に１／４波長板を設ける必要があるが、原理上、液晶セルの内側に反射膜を形成することが難しく、高解像度、高精細表示に適さない。

【００２８】

また、上記ＵＳＰ４，７０１，０２８に記載された垂直配向方式の液晶表示装置では、以下のような問題がある。まず、垂直配向、特に傾斜垂直配向は制御が極めて困難であり、このような制御を実現するためには構成が複雑になるので量産に適さない。また、垂直配向は応答速度が遅いといった欠点もあった。

【００２９】

また、上記反射型平行配向方式では、液晶セルと光学位相差補償板との波長分散のために着色が生じた。このように従来の構成では、暗状態に色付きが生じ易く、白黒は実現できないといった問題点が生じていた。

【００３０】

また、上記特開平２－２３６５２３号公報や特開平４－１１６５１５号公報の構成では、偏光板を２枚用いる構成に比べて明状態の反射率が高くなるが、暗状態の透過率の波長依存性が大きく良好な黒表示は実現されていない。

【００３１】

また、上記ＡＳＩＤ９７に開示された表示モードでは、白黒表示が可能であるが、この文献の広帯域に作製された１／４波長板の構成についての開示は全くない。

【００３２】

また、Pancharatnamによる報告では、良好な円偏光を得るためには光学位相差補償板を３枚用いる必要があり実用的ではない。また、これを液晶表示装置と組み合わせる場合の詳細な検討は未だなされていない。

【００３３】

一方、タッチパネル一体型反射型液晶表示装置において、反射型液晶表示装置として実用可能な性能が実現された場合であっても、タッチパネルを配置すると視認性を極度に悪化させる問題があった。

【００３４】

すなわち、透過型液晶表示装置やその他の発光型表示装置におけるタッチパネルを配置した場合の視認性の低下が、タッチパネルの反射光を生じる原因となっている光源（例えば天井灯等）による光を取り除くことや、その方向を変更することにより容易に解決可能なのに比べ、反射型表示装置においては、同一の光源が、タッチパネルの反射を生じ、かつ、表示装置の表示光源となっているため、上記のような解決が計れないというものである。そのため、この視認性低下の解決が、表示装置の実現とともに実用的な低消費電力の携帯情報機器の実現の鍵を握っている。

【００３５】

また、特開平５－１２７８２２号公報に示されているタッチパネルの構成は、１／４波長板の作用によって反射を防止する効果を有するものの、通常の１／４波長板は可視域の特定波長に対して反射防止機能が優れるが、その波長の前後の波長では反射防止能力の低下は避けられない。さらに、下部に設置した表示装置の偏光状態が、この１／４波長板と偏光板の組み合わせで得られる円偏光子の透過光成分をどの程度含むかによって表示の明るさが決定される。

【００３６】

すなわち、下部に実質的に偏光特性を持たない表示装置（例として、３６０度ツイスト液晶に色素を混入したホワイトテーラー型ゲストホスト液晶表示装置）を使用すると、反射効率は、タッチパネル前面の偏光板の透過率により、タッチパネルを使用しない場合の最大でも１／２になる。別の例として、下部の表示装置が直線偏光を表示に利用する場合（例えば、タッチパネルと液晶セルの間隙にさらに偏光板を配したＴＮ型又はＳＴＮ型液晶表示装置）である場合にも、同様にタッチパネルを使用しない場合の最大１／２の効率になる。さらに、この例のものでは、１／４波長板の位相差が光の波長に依存するため、これを偏光板で挟持する配置になって、色調が変化してしまう。いずれの場合も明度が不足し、背景光等の明度向上手段の無い反射型液晶表示装置との組み合わせとしては不適当である。

【００３７】

これらのことから、特開平５－１２７８２２号公報に記載のタッチパネルの更なる反射防止機能の向上が必要であり、さらに、この公報にそのようなタッチパネルに入射した外光を反射型液晶表示装置に利用するための好適な構成が開示されていない。

【００３８】

本発明の目的は、高解像度表示可能な１枚偏光板方式の反射型液晶表示装置の問題点を解決し、コントラスト比が高く見やすい視認性に優れたカラー表示可能な反射型液晶表示装置を提供することにある。

【００３９】

【課題を解決するための手段】

本願発明の反射型液晶表示装置は、少なくとも光反射手段を有する第１の基板と光透過性を有する第２の基板とに挟持された液晶層と、自然光から左右廻りいずれかの概ね円偏光を可視波長領域全域において選択的に透過する円偏光手段とを備え、前記円偏光手段に自然光が入射した場合に、概ね円偏光を出射する面が前記液晶層側に設置されるとともに、入射された概ね円偏光は、 白表示を行う場合に、前記第１の基板の面上で、前記自然光のそれぞれの波長に対し任意の方向の直線偏光となるものであると共に、前記液晶は、配向されたネマティック液晶からなり、かつ、正の誘電異方性を有し、前記液晶層の液晶の複屈折率差Δｎと液晶層厚ｄとの積Δｎｄ、および、液晶層ツイスト角φｔｗの値が、

【００４０】

【数４】

$$f_{vis}=k\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ f\ (\lambda)\ d\lambda$$

（$f_{vis}$は０．７以上）

$$k=1/\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ d\lambda$$

ｙ（λ）はＣＩＥ１９３１等色関数の視感度曲線

$S_{D65}(\lambda)$はＤ６５標準光源のスペクトル密度

$$f=1-\{1-2\phi_{ret}^{2}(\mathrm{sinc}\sqrt{\phi_{ret}^{2}+\phi_{tw}^{2}}\ )^{2}\}^{2}$$

$$\phi_{ret}=\pi\frac{\Delta nd}{\lambda}$$

$$\mathrm{sinc}X=\frac{\sin X}{X}$$

【００４１】
の式を満たすものであり、上記円偏光手段は、光学位相差補償板を用いたものであり、上記光学位相差補償板は、液晶層への入射光が円偏光になる条件から、液晶層に電圧が印加された状態で生じる残留位相差をキャンセルする分だけ変更された条件に設定して暗状態とすることを特徴としている。
【００４２】
また、本願発明のさらに他の反射型液晶表示装置は、少なくとも光反射手段を有する第１の基板と光透過性を有する第２の基板とに挟持された液晶層と、自然光から左右廻りいずれかの概ね円偏光を可視波長領域全域において選択的に透過する円偏光手段とを備え、前記円偏光手段に自然光が入射した場合に、概ね円偏光を出射する面が前記液晶層側に設置されるとともに、入射された概ね円偏光は、 白表示を行う場合に、前記第１の基板の面上で、前記自然光のそれぞれの波長に対し任意の方向の直線偏光となるものであると共に、前記液晶は、配向されたネマティック液晶からなり、かつ、正の誘電異方性を有し、前記液晶層の液晶の複屈折率差Δｎと液晶層厚ｄとの積Δｎｄ、および、液晶層ツイスト角φｔｗの値が、
【００４３】
【数４】

$$f_{vis}=k\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ f\ (\lambda)\ d\lambda$$

（$f_{vis}$は０．７以上）

$$k=1/\int_{380}^{780}\bar{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ d\lambda$$

ｙ（λ）はＣＩＥ１９３１等色関数の視感度曲線

$S_{D65}(\lambda)$はＤ６５標準光源のスペクトル密度

$$f=1-\{1-2\phi_{ret}^{2}(sinc\sqrt{\phi_{ret}^{2}+\phi_{tw}^{2}})^{2}\}^{2}$$

$$\phi_{ret}=\pi\frac{\Delta nd}{\lambda}$$

$$sincX=\frac{sinX}{X}$$

【００４４】

の式を満たすものであり、前記円偏光手段は、第１の光学位相差補償板と、基板法線方向のリタデーションが２００ｎｍ以上３６０ｎｍ以下に設定された第２の光学位相差補償板と、直線偏光板とからなり、かつ、前記直線偏光板の透過軸又は吸収軸と前記第１の光学位相差補償板の遅相軸とのなす角度をθ１として前記直線偏光板の透過軸又は吸収軸と前記第２の光学位相差補償板の遅相軸とのなす角度をθ２としたとき｜２×θ２－θ１｜の値が３５度以上５５度以下であり、上記第１の光学位相差補償板の遅相軸の方位が、液晶層の厚さ方向の両端面の中央における液晶配向方向と平行であり、前記第１の光学位相差補償板の基板法線方向のリタデーションが、可視波長領域全域において四分の１波長だけの位相差を与えることのできる１００ｎｍ以上１８０ｎｍ以下のリタデーションより、１０ｎｍから５０ｎｍ小さいリタデーションに設定されていることを特徴としている。

【００４５】

また、本願発明のさらに他の反射型液晶表示装置は、少なくとも光反射手段を有する第１の基板と光透過性を有する第２の基板とに挟持された液晶層と、自然光から左右廻りいずれかの概ね円偏光を可視波長領域全域において選択的に透過する円偏光手段とを備え、前記円偏光手段に自然光が入射した場合に、概ね円偏光を出射する面が前記液晶層側に設置されるとともに、入射された概ね円偏光は、 白表示を行う場合に、前記第１の基板の面上で、前記自然光のそれぞれの波長に対し任意の方向の直線偏光となるものであると共に、前記液晶は、配向されたネマティック液晶からなり、かつ、正の誘電異方性を有し、前記液晶層の液晶の複屈折率差Δｎと液晶層厚ｄとの積Δｎｄ、および、液晶層ツイスト角φｔｗの値が、

【００４６】

【数４】

$$f_{vis}=k\int_{380}^{780}\overline{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ f\ (\lambda)\ d\lambda$$

（$f_{vis}$は０．７以上）

$$k=1/\int_{380}^{780}\overline{y}\ (\lambda)\ S_{D65}(\lambda)\ d\lambda$$

ｙ（λ）はＣＩＥ１９３１等色関数の視感度曲線

$S_{D65}(\lambda)$はＤ６５標準光源のスペクトル密度

$$f=1-\{1-2\phi_{ret}^{2}(sinc\sqrt{\phi_{ret}^{2}+\phi_{tw}^{2}}\ )^{2}\}^{2}$$

$$\phi_{ret}=\pi\frac{\Delta nd}{\lambda}$$

$$sincX=\frac{sinX}{X}$$

【００４７】
の式を満たすものであり、前記円偏光手段は、第１の光学位相差補償板と、基板法線方向のリタデーションが２００ｎｍ以上３６０ｎｍ以下に設定された第２の光学位相差補償板と、直線偏光板とからなり、かつ、前記直線偏光板の透過軸又は吸収軸と前記第１の光学位相差補償板の遅相軸とのなす角度をθ１として前記直線偏光板の透過軸又は吸収軸と前記第２の光学位相差補償板の遅相軸とのなす角度をθ２としたとき｜２×θ２－θ１｜の値が３５度以上５５度以下であり、上記第１の光学位相差補償板の遅相軸の方位が、液晶層の厚さ方向の両端面の中央における液晶配向方向と直交し、前記第１の光学位相差補償板の基板法線方向のリタデーションが、可視波長領域全域において四分の１波長だけの位相差を与えることのできる１００ｎｍ以上１８０ｎｍ以下のリタデーションより、１０ｎｍから５０ｎｍ大きいリタデーションに設定されていることを特徴としている。
【００４８】
【発明の実施の形態】
以下、実施の形態および実施例により、本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらにより何ら限定されるものではない。
【００４９】
〔発明の第１の実施の形態〕
以下に、本発明の実施の一形態について、図面を参照して説明する。
【００５０】
図１は、本発明による実施形態の反射型液晶表示装置の概略構成を示す要部断面図である。図１に示すように、この反射型液晶表示装置は、配向処理された配向膜２の形成された基板４と、同様に配向処理された配向膜３の形成された基板５とによって、正の誘電異方性を有するツイストされたねじれネマティック液晶が挟持されてなる液晶層１を備える。そして、下部の基板５上には、光反射膜７が配置されており、その光反射膜７の反射面は反射光の偏光性を保存する程度に滑らかな凹凸形状とすることが好ましい。さらに、その滑らかな凹凸形状は、光反射膜７の反射面で、方向によって異なる凹凸周期のものが好ましい。
【００５１】

上部の基板４には透明電極６が形成され、下部の基板５上の光反射膜７が導電性材料により形成され電極の機能も果たし、これら透明電極６と光反射膜７とによって液晶層１に電圧が印加される。このように構成された電極対への電圧印加手段として、アクティブ素子等が用いられてもよいが、特には限定しない。なお、光反射膜７が電極として機能しないものを用いた場合には、基板５側に別途電極を設ければ良い。

【００５２】

そして、このように基板４，５及び液晶層１から構成される液晶駆動セルの基板４側の表示面上には、自然光から左右廻りいずれかの円偏光を選択的に透過する円偏光手段１００が備えられている。本実施形態においてこの円偏光手段１００は、基板４側の表示面上にこの順に積層配置された、光学位相差補償板８、光学位相差補償板９、及び偏光板１０から構成される。

【００５３】

以下、光学位相差補償板８、光学位相差補償板９、及び偏光板１０の各光学素子の光学特性とその作用について説明する。

【００５４】

本実施形態の反射型液晶表示装置は、液晶層１に偏光板１０を通して外光等の照明光が入射され、照明光が入射された偏光板１０側から観察されるものである。この偏光板１０によって特定の方位の直線偏光成分のみが選択的に透過され、その入射直線偏光は光学位相差補償板９と光学位相差補償板８とによって偏光状態が変更される。

【００５５】

ここで、光学位相差補償板８の基板法線方向のリタデーションが１００ｎｍ以上１８０ｎｍ以下であり、光学位相差補償板９の基板法線方向のリタデーションが２００ｎｍ以上３６０ｎｍ以下であり、かつ、偏光板１０の透過軸又は吸収軸と光学位相差補償板８の遅相軸とのなす角度をθ１として偏光板１０の透過軸又は吸収軸と第２の光学位相差補償板９の遅相軸とのなす角度をθ２としたとき｜２×θ２－θ１｜の値が３５度以上５５度以下とすると、光学位相差補償板８を通過した後の入射光は概ね円偏光になる。このとき、左右のどちらの円偏光になるかはこれらの３つの光学素子（光学位相差補償板８，光学位相差補償板９，偏光板１０）の配置に依存する。

【００５６】

このことについて、一例として図２に示すように配置した場合について、より詳細に説明する。ただし、この例では、反射型液晶表示装置の入射光の方位から観察したものである。図２に示すように、偏光板１０の透過軸を１１、光学位相差補償板８の遅相軸を１３、光学位相差補償板９の遅相軸を１２とし、偏光板１０の透過軸１１と光学位相差補償板８の遅相軸１３とのなす角度をθ１、偏光板１０の透過軸１１と光学位相差補償板９の遅相軸１２とのなす角度をθ２とし、それぞれが、θ１＝７５°、θ２＝１５°になるように配置すると、液晶表示装置に入射した光は偏光板１０と光学位相差補償板９および光学位相差補償板８を通過して、入射光は概ね右回り円偏光に近い偏光になる。

【００５７】

そして、液晶層１に入射された入射光は、印加された電圧に対応して配列した液晶層１の捩じれた複屈折媒体（液晶）による偏光変換作用にしたがって偏光状態を変化させて反射板に到達する。このとき、光反射膜７上での偏光状態は液晶分子の配向によって異なる状態に実現される。

【００５８】

まず、暗状態について説明する。電圧印加時に液晶分子の配向状態が電圧印加方向に並び、装置の法線方向に進む光に対して偏光変換作用を持たない場合には、円偏光になった入射光は偏光の変化を伴わずに光反射膜７に到達するので、暗状態が実現される。この暗状態を可視波長領域全域で成立させることができれば、黒表示が実現されることになる。

【００５９】

これに近い偏光状態を、実質的に可視波長領域で準備するために、本願発明者らは次のような条件が必要であることを見出した。すなわち、光学位相差補償板８は、主たる可視

波長である４００ｎｍから７００ｎｍの光に対して四分の１波長だけの位相差を与えることのできる位相差、つまり波長５５０ｎｍの光に対するリタデーションで１００ｎｍから１８０ｎｍの特性とする。そして、光学位相差補償板９は、同様の範囲の可視波長に対して二分の１波長だけの位相差を与えることのできる位相差、つまり波長５５０ｎｍの光に対するリタデーションで２００ｎｍから３６０ｎｍの特性とする。

【００６０】

そして、図２に示す偏光板１０と光学位相差補償板８，９の配置では、前述のとおり、θ１＝７５°、θ２＝１５°としたので、｜２×θ２－θ１｜＝４５°なので、下式の条件を満たす。

【００６１】

３５°≦｜２×θ２－θ１｜≦５５°…（１）

この条件を満たす範囲でθ１、θ２の各値を変更可能であることは言うまでもないが、その具体的な値は、用いる光学位相差補償板８，９の２枚の複屈折の波長分散の組み合わせによって決定するのが望ましい。また、式（１）の角度設定によると、｜２×θ２－θ１｜の値の範囲が２０度あるが、この範囲でどの値を取るのが良いかは、さらに、液晶層１に電圧を印加した場合の液晶層１の偏光変換作用に依存している。すなわち、光学位相差補償板８，９と液晶層１の複屈折を含めて、光反射膜７上で円偏光になるように設定するのが望ましい。このとき、十分に電圧を印加した状態の液晶層１の偏光変換作用は、液晶層１の作製精度に大きくは依存しないため、液晶層１の作製・製造が容易である。

【００６２】

次に、明状態の作用について説明する。前述の式（１）のように設定された光学位相差補償板８，９によって、概ね円偏光になっている入射光を光反射膜７上で直線偏光にすることによって明状態が実現されるが、このときの直線偏光の光電界の振動方位は、光反射膜７平面内で任意である。つまり、可視波長の光が、波長によって異なる方位の直線偏光になっていても、あるいはすべて同じ方位の直線偏光になっていても、同様に明るい明状態が実現される。

【００６３】

これにより、上記明状態を実現するために概ね円偏光にした液晶層１への入射光を、可視波長範囲で任意の方位の直線偏光にするような液晶層１の光学的作用を実現することが肝要である。

【００６４】

液晶層１が作製及び製造の容易な上記の電気的駆動を考慮すると、暗状態が電圧印加状態により実現されるので、明状態は、電圧の印加されていない状態にて実現するか、もしくは、電圧によって液晶分子の配向状態が変化しているが暗状態とは大きく異なる配向の状態で実現することが必要である。

【００６５】

鋭意検討を重ねた結果、本願発明者らは、明状態の作用を実用上十分な範囲、つまり、可視波長域での十分な明度が確保でき、かつ、容易かつ高歩留まりに製造可能な液晶表示装置に適する液晶組成物の開発が可能な範囲を見出した。

【００６６】

その具体的条件は、液晶層１のねじれネマティック液晶のツイスト角が４５度以上１００度以下とすることである。そして、その液晶の複屈折率差Δｎと液晶層１の厚さｄとの積のΔｎｄ値で１５０ｎｍ以上３５０ｎｍ以下の範囲とすることである。

【００６７】

ここで、より好ましくは、ツイスト角は６０度以上１００度以下、かつ、液晶層１の液晶の複屈折率差Δｎと液晶層１の厚さｄとの積のΔｎｄ値が２５０ｎｍ以上３００ｎｍ以下の範囲であり、さらに好ましくは、ツイスト角は６５度以上９０度以下、かつ、液晶層１の液晶の複屈折率差Δｎと液晶層１の厚さｄとの積のΔｎｄ値が２５０ｎｍ以上３００ｎｍ以下の範囲である。このさらに好ましい範囲の条件は、たとえば液晶層１の厚みを４．５μｍに設定する液晶表示装置の作製条件を用いても、液晶層１のΔｎは０．０６６７

程度の実用的な液晶材料によって実現可能であり、高い実用性の液晶表示装置が製造できる。

【００６８】

以下、本実施の形態に係る具体的な実施例を以下に示す。

【００６９】

〔実施例１〕

まずは、実施例１として、液晶層の光学的な作用を考慮した具体的な設計を行うために、本願発明者らが、計算によって液晶層の設定を検討した経緯を説明する。まず、液晶層の設定の最適化にあたり、式（２）に示す評価関数を用いて液晶層の設定を検討した。

【００７０】

【数１】

$$f = 1 - s_3^2 \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

【００７１】

ここで、$s_3$ は、偏光状態を指定するストークスパラメータであり、液晶層を一度だけ透過する光の、反射面上の偏光状態に関するストークスパラメータである。なお、ストークスパラメータは、ここでは規格化されたものを用いている。

【００７２】

偏光状態が記述できる完全偏光は、光の強度を規格化した場合、３つの成分を有するストークスパラメータで偏光状態が記述でき、互いに４５度振動面の異なった直線偏光を表す $s_1$ および $s_2$ と、円偏光成分を表す $s_3$ によって指定される。$s_1$，$s_2$，$s_3$ は、－１以上１以下の値を取り、特に $s_3$ は、円偏光の場合には±１、直線偏光の場合には０、楕円偏光の場合にはこれらの中間の値を取る。

【００７３】

即ち、評価関数ｆは、$s_3$ を二乗することにより偏光の回転方向に関係なく、反射面上での偏光状態によって、円偏光になる場合はｆ＝０、楕円偏光になる場合は０＜ｆ＜１、直線偏光になる場合はｆ＝１に分類できる。

【００７４】

本願発明者らは、１枚の偏光板と鏡面反射を示す反射面によって挟まれた任意の複屈折媒体に偏光板側から光が入射した場合、反射板上でｆ＝０（円偏光）の時には、反射した光は、入射時に通過した偏光板によってすべて吸収され、ｆ＝１の場合には、該偏光板によって吸収されることなく通過できることを、解析的な検討によって確認している。評価関数ｆがこの中間の値をとる場合には、反射光の一部は偏光板によって吸収され、残りの反射光は偏光板を透過し、中間の反射率の表示となる。

【００７５】

さらに、上記の評価関数ｆが、このような１枚の偏光板を用いて反射板で入射光を反射させる反射型液晶表示装置の反射率に比例し、１枚偏光板方式の反射率が評価できることを見出している。従って、この評価関数ｆによって、明表示において良好な明るさが得られるかどうかと、良好な暗状態が得られるかどうかとを共に評価することが可能である。

【００７６】

このように、評価関数ｆによって、表示性能が予測可能であることから、１枚偏光板方式の最も良好な性能が期待できる液晶表示方式を鋭意検討した。次にその具体的な手法について説明する。

【００７７】

まず、液晶表示装置を作製するに当たり、量産性に関する考察を行った。特に、液晶表示装置の光学特性を決定する液晶層厚の保持精度が、量産性に大きな影響を与えるため、これに関して考察を行った。

【００７８】

この液晶層厚の保持方法としては、液晶層を挟持する基板の間に一定の粒径で作製され

た球状スペーサーを設ける方法が最も精度と実用性のバランスが優れている。しかし、この方法によっても、量産工程において高い精度を要求することは量産コストの上昇を招く。このことから、液晶層厚の精度が必要でない方法を検討することが産業上重要である。

【００７９】

また、作製された液晶表示装置の表示品位に関しては、人の視覚の特徴を考慮することが重要である。即ち、人の視覚は、実際に眼球の網膜を刺激する光の強度と認知される明度とは比例関係にはなく、非線型特性を有していることが知られている。つまり、表示装置の光強度の一定量の変動に対しても、同時に網膜に加わっている刺激の強弱によって小さな明度の変動のように感じられたり（背景が強い刺激の場合）、大きな明度の変調に感じられたり（背景が弱い刺激の場合）する。このような視覚の非線型特性を考慮すると、反射率のムラが同程度であっても、それが明表示に生じる場合に比較して、暗表示に生じる場合のほうが、表示品位の低下が大きい。

【００８０】

このことから、反射率のむらが大きい状態と小さい状態が存在する場合には、反射率のむらが小さい状態を暗表示に割り当て、反射率のむらが大きい状態を明表示に割り当てることが、良好な表示品位の液晶表示素子を作製する点から望ましい。

【００８１】

さらに、液晶層に十分に電圧を印加して偏光変換作用が消失した場合のほうが、液晶層厚のむらが偏光変換作用の大きな変動になり難い。

【００８２】

以上の３点を考慮し、電圧が充分に加えられた配向状態を暗表示に割り当てることによって、良好な表示が得られることが考察される。つまり、液晶に電圧が印加されていない状態を明表示に設定し、電圧を印加した場合を暗表示に設定すること、いわゆるノーマリーホワイト表示が望ましい。

【００８３】

次に、この設定を実現する光学位相差補償板の設定と液晶層部分の設定に関して、評価関数ｆに基づいて説明する。

【００８４】

まず、液晶層に十分に電圧が印加された場合に関しては、液晶層には偏光変換作用が無い。光学位相差補償板に必要な特性は、そのような液晶層を通過して反射板上に到達した反射板上で、円偏光にする特性である。ここに、円偏光の回転方向は、どちらであってもよい。

【００８５】

光学位相差補償板に関する前述の設定によって、広い波長帯域でこの特性を実現可能である。このとき、液晶の偏光変換作用が消失しているため、評価関数ｆは０となり、良好な暗状態になる。

【００８６】

一方、液晶層に電圧が印加されない場合において、十分な反射明度が得られる条件を検討するためには、このような円偏光を生じる光学位相差補償板の設定において、この評価関数ｆを評価する必要がある。本願発明者らは、液晶層に電圧が印加されない状態で、液晶層が一様にツイストした配向に対して評価関数ｆを求めた。その結果、液晶に円偏光が入射した場合には、評価関数ｆは、式（３）となることが、Jones Matrix 法によって$s_3$を解析的に計算することによって明らかとなった。

【００８７】

【数２】

$$f = 1 - \{1 - 2\phi_{ret}^2 (\mathrm{sinc}\sqrt{\phi_{ret}^2 + \phi_{tw}^2})^2\}^2 \quad \cdots\cdots\cdots (3)$$

$$\phi_{ret} = \pi \frac{\Delta n d}{\lambda}$$

$$\mathrm{sinc} X = \frac{\sin X}{X}$$

$\phi_{tw}$：上下基板間のツイスト角

【００８８】

図３に、視感度が最も高い波長（λ＝５５０ｎｍ）での評価関数ｆの値を、液晶層の設計パラメータであるΔｎｄとツイスト角に関して、等値線図にして示す。なお、ツイスト角Φtwに関して、ｆが偶関数であることから、ツイスト角は正の値についてのみｆを記載しているが、実際の液晶配向の捩じれ方向が左右どちらであっても良いことは言うまでもない。

【００８９】

図３は、単一波長（５５０ｎｍ）での値であるが、可視波長である３８０ｎｍから７８０ｎｍの波長に関しても、同様の方法で評価できる。すなわち、５５０ｎｍ以外の波長の入射光に対しては、評価関数ｆの変数のうちΔｎとλのみが変更されることを考慮すればよい。

【００９０】

このように波長によって視覚の感度が異なる効果を考慮して、視感度と標準的な照明光源を仮定してｆとの重なり積分をとることにより、さらに精密な最適化が可能になる。つまり、前述の式（３）に、視感度曲線（ＣＩＥ１９３１等色関数の$y_{BAR}$（λ））およびＤ６５標準光源のスペクトル密度$S_{D65}$(λ）を用いて、式（４）と定義することが有効である。

【００９１】

【数３】

$$f_{vis} = k \int_{380}^{780} \bar{y}(\lambda)\, S_{D65}(\lambda)\, f(\lambda)\, d\lambda \quad \cdots\cdots\cdots (4)$$

$$k = 1 / \int_{380}^{780} \bar{y}(\lambda)\, S_{D65}(\lambda)\, d\lambda$$

【００９２】

ここに、ｆ（λ）は、式（３）によって計算されるが、波長λに依存した値を持つことを明示している。

【００９３】

このように定義されたｆvis を、図３と同様にΔｎｄおよびツイスト角に対して計算したものが、図４である。ここで、Δｎの波長分散を考慮した計算をしており、縦軸のΔｎｄは、５５０ｎｍの波長の光における値である。

【００９４】

さらに、式（２）による評価関数ｆが表示の反射率に比例した値を示すため、式（４）の等色関数$y_{BAR}$（λ）をＣＩＥ１９３１に同様に規定されている$x_{BAR}$（λ）、$z_{BAR}$（λ）に変更することによって、色度の計算が可能になる。これより、Ｄ６５光源での色

度（ｘ，ｙ）を図４と同様のパラメータに対して計算を行った。この結果をｘ、ｙそれぞれ図５、図６に示す。

【００９５】

以上のような検討によって、十分な視感反射率（ｆvis が０．７以上）で、白表示における良好な色相（ｘが０．２７以上０．３５以下で、かつｙが０．２８以上０．３６以下）の条件を設定し、これに適うΔｎｄとツイスト色の範囲を求めた。この結果を図７に示す。図７より、良好なホワイトバランスと反射率が得られる領域は、ツイスト角が０度より大きく１００度以下の領域であることが分かる。また、この良好な領域は、液晶の屈折率差Δｎと液晶層厚ｄとの積であるΔｎｄの下限が８５ｎｍ以上であることが分かる。また、この良好な領域は、Δｎｄの上限が３１５ｎｍ以下であることが分かる。

【００９６】

以上のように、十分な明度と色相を得るために必要な液晶層のパラメータの範囲が定まるが、液晶層の設定には、更に、液晶材料と液晶層厚の設定による制限も存在する。このため、図７の斜線に示した範囲のすべてが実用的とは限らない。また、この範囲から若干外れた範囲であっても良好な条件が存在する。この点に関して、更に詳細に説明する。

【００９７】

液晶材料の光学的な物性値であるΔｎと、液晶材料の使用可能な温度範囲には、一定の相関があることが知られている。すなわち、実用に付される液晶材料は、一般に複数の化合物のブレンドによって必要な特性に調整されるが、この際のブレンド比率を変更してΔｎを小さくすると、ネマティック相の得られる温度範囲が狭くなる。このような場合、液晶表示装置の使用温度範囲や、保存温度範囲を著しく狭める困難がある。つまり、ネマティック相が安定して得られる温度範囲の観点から、液晶材料Δｎには、下限が存在する。このような理由により、室温におけるΔｎは、必要な温度範囲等に依存するものの、概ね0.０５以上、望ましくは0.０６５以上の値が要求される。

【００９８】

また、液晶層の層厚は、液晶表示装置の作製工程の異物等に起因する不良発生率の問題や、液晶を駆動するための素子の作製段差、用いる基板の平面度等から制限がある。さらに、本願発明の一部の構成に用いる場合には、液晶層に近接して配置される凹凸拡散反射板の凹凸形状の点からも制限がある。

【００９９】

液晶層の層厚としては、透過型液晶表示装置の場合には、概ね５μｍ前後の値が用いられており、生産技術が確立している。しかし、液晶層の層厚をこれよりも著しく小さくすることは、多大な困難を伴い、実用性に乏しい。これにより、液晶層厚は、概ね３μｍ以上、望ましくは４μｍ以上にて作製することが有用である。

【０１００】

以上の観点から、液晶の屈折率差Δｎと液晶層厚ｄの積であるΔｎｄの下限を１５０ｎｍ、望ましくは、２６０ｎｍ以上にすることが有用である。

【０１０１】

さらに、実際の液晶表示装置の駆動状態の液晶においては、閾値特性を示す液晶の閾値付近以上の電圧を印加して駆動することが多い。このとき、閾値程度の印加電圧において、液晶は全く電圧が印加されていない状態から若干傾斜しており、この若干傾斜した状態での基板法線方向の屈折率差が、実際の表示に表れる。

【０１０２】

このことから、液晶材料によってきまるΔｎは、この傾斜した液晶に関する実効的なΔｎよりも１０％程度大きな値を取りうる。なお、液晶の閾値以下での表示も可能であるため、このΔｎｄの値の変更をΔｎｄの下限には適用しないのが適当である。

【０１０３】

以上のように、実際の液晶層の設定を用いた具体的な計算を行い、１枚偏光板方式の反射型液晶表示装置においては、Δｎｄを１５０ｎｍからΔｎｄの上限を３５０ｎｍに、液晶のツイスト角を４５度から１００度に設定することが有効であることを見出した。

【０１０４】
〔実施例２〕
実施例２では、前述の図１に示した構造を有する反射型液晶表示装置を、表１に記載のパラメータにて作製し、５つのサンプル＃２ａ～＃２ｆを得た。
【０１０５】
【表１】

| パラメータ＼サンプル | ＃２ａ | ＃２ｂ | ＃２ｃ | ＃２ｄ | ＃２ｅ | ＃２ｆ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Δｎｄ（ｎｍ） | ２６０ | ３３０ | １２０ | ３８０ | ２６０ | ２６０ |
| θ３（度） | ４０ | ４０ | ４０ | ４０ | ５５ | ２０ |
| ツイスト角（度） | ７０ | ７０ | ７０ | ７０ | ４０ | １１０ |
| θ１（度） | ７５ | ７５ | ７５ | ７５ | ７５ | ７５ |
| 光学位相差補償板８のリタデーション | １３５ | １３５ | １３５ | １３５ | １３５ | １３５ |
| θ２（度） | １５ | １５ | １５ | １５ | １５ | １５ |
| 光学位相差補償板９リタデーション | ２７０ | ２７０ | ２７０ | ２７０ | ２７０ | ２７０ |

【０１０６】
各サンプルの表示結果の概略を表２に示す。
【０１０７】
【表２】

| 電圧＼サンプル | ＃２ａ | ＃２ｂ | ＃２ｃ | ＃２ｄ | ＃２ｅ | ＃２ｆ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 白表示 | 黄色味の白表示 | 灰色 | 橙色味の白表示 | 赤味の白表示 | 灰色 |
| Vth | 白表示 | 白表示 | 灰色 | 黄色味の白表示 | 黄色味の白表示 | 灰色 |
| 1.5 ×Vth | 灰色 | 灰色 | 暗い灰色 | 白表示 | 白表示 | 暗い灰色 |
| 2.0 ×Vth | 暗い灰色 | 暗い灰色 | 暗い灰色 | 灰色 | 灰色 | 黒 |
| 3.0 ×Vth | 黒 | 黒 | 黒 | 暗い灰色 | 暗い灰色 | 黒 |

【０１０８】
なお、Ｖｔｈは、各サンプルにおける液晶層１の配向変化が見られる閾値電圧であり、異なるΔｎｄに設定されるために、異なった値をとっている。
【０１０９】
以上に示したように、パラメータが本発明の反射型液晶表示装置の範囲に入るサンプル

＃２ａ，＃２ｂにおいては、実際に使用する電圧であるＶｔｈから３．０×Ｖｔｈにおいて、白表示から黒表示へと表示が変化した。これに対し、パラメータが本発明の反射型液晶表示装置の範囲に入らないサンプル＃２ｃ～＃２ｆにおいては、表示が暗かったり（サンプル＃２ｃ，＃２ｆ）、表示に着色が見られた（サンプル＃２ｄ，＃２ｅ）。

【０１１０】

表２に示した表示の概略は、偏光板１０と光学位相差補償板８，９の相対角度（θ１、θ２）を変更せずに、液晶配向との方向の設定θ３を変更しただけでは、サンプル＃２ａ～＃２ｆに見られるような大きな特性変動は観察されず、むしろ液晶層１部分の設定に依存していることを確認している。

【０１１１】

また、液晶に対して逆周りの円偏光が入射するような設定（つまり、θ１とθ２に共通に９０度を加える、あるいは、θ１とθ２を共に符号を逆転させる）、同じ方向の円偏光が得られる別の設定（つまり、θ１とθ２ともに、符号を反転し９０度を加える）のような組合わせのすべてにおいて、表２と同様な表示となった。

【０１１２】

以上のように、液晶層１の液晶の複屈折率差と液晶層厚との積が１５０ｎｍ以上３５０ｎｍ以下であり、かつ、該液晶層のツイスト角が４５度から１００度の範囲であるように液晶層１を設定することにより、良好な表示が実現し、その範囲に限定されることが示された。

【０１１３】

さらに好ましい表示が得られるような条件を検討し、最適化を行った例を、次の実施例３、実施例４に示す。

【０１１４】

〔実施例３〕

実施例３として、ねじれネマティック液晶のツイスト角を９０度に設定した液晶層に、リタデーションが１３５ｎｍと２７０ｎｍの光学位相差補償板をそれぞれ１枚用いた例を示す。

【０１１５】

実施例３では、前述の図１に示した構造を有する反射型液晶表示装置を作製した。基板５上の光反射膜７は、アルミニウムを用い、光反射性電極とした。また、液晶駆動セルは、液晶導入後に液晶層１の厚さが４．２μｍになるよう調整された９０度にツイストされた液晶層１とし、導入した液晶材料は通常のＴＦＴ透過型液晶ディスプレイに使用されている液晶と同様の液晶物性（誘電異方性、弾性、粘性、ネマティック温度範囲、電圧保持特性）を有していて、Δｎだけが０．０６５に調整されたものを用いた。ここで、液晶層１の厚さと液晶の複屈折率差との積を２７３ｎｍになるように設定した。

【０１１６】

本実施例の偏光板１０、光学位相差補償板８、及び光学位相差補償板９の配置は、図８に示すように設定した。なお、図８において、１１は偏光板１０の透過軸方位、１２は光学位相差補償板９の遅相軸方位、１３は光学位相差補償板８の遅相軸方位、１４は基板４上に形成された配向膜２に接触する即ち配向膜２近傍の液晶分子の配向の方位、１５は基板５上に形成された配向膜３に接触する即ち配向膜３近傍の液晶分子の配向の方位をそれぞれ示し、この図は液晶表示装置の入射光の方位から観察したものである。

【０１１７】

そして、これらの配置関係は、図８に示すように、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板８の遅相軸方位１３とのなす角度θ１を７５°、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板９の遅相軸方位１２とのなす角度θ２を１５°、基板４上の液晶分子の配向方向１４と偏光板１０の透過軸方位１１とのなす角度θ３を３０°としたものである。

【０１１８】

光学位相差補償板８と光学位相差補償板９とは、ともにポリビニールアルコール製の延

伸フィルムからなり、光学位相差補償板８は波長５５０ｎｍの面法線方向の透過光に対して１３０ｎｍから１４０ｎｍに制御された位相差を持ち、光学位相差補償板９は同様の光に対して２６５ｎｍから２７５ｎｍに制御された位相差を持つ。

【０１１９】

これらの光学位相差補償板８，９の配置は、作製後の液晶表示装置の正面方位に対する光学特性を良好にする配置であるが、液晶層１と共に傾斜方位からの観察による特性を考慮して設計変更も可能である。例えば、図８に示す本実施例の設定角条件を成立させつつ、傾斜方位への通過光に対する光学位相補償板８，９の位相差を変化させる設計としては、光学位相差補償板８，９のうちの少なくとも１枚を二軸性の光学位相差補償板に変更することで可能である。また、前述の式（１）の範囲内で角度設定を変更できることは言うまでもない。

【０１２０】

そして、偏光板１０としては、誘電体多層膜によるＡＲ層を有する単体内部透過率が４５％の偏光板を用いた。

【０１２１】

以上のような構成の反射型液晶表示装置の反射率の電圧依存性を示すグラフを図９に示す。この反射率の測定には、図１０に示すように、本実施例の反射型液晶表示装置に電圧を印加して駆動させた状態で、照明光源装置からの光をハーフミラーを介して基板４側から入射させ、基板５上の光反射膜からの反射光を光検出器にて検出したものである。そして、図９において、反射率１００％は、光学位相差補償板を用いずに、被測定装置と同様の偏光板のみを用いた以外は本実施例と同じ液晶表示装置において、液晶未注入の状態での反射率である。また、反射率は、視感輝度率（Ｙ値）を用いた。

【０１２２】

図９に示す測定結果から、１Ｖ程度以下の低い駆動電圧で、高い反射率が得られたことがわかる。

【０１２３】

〔実施例４〕

実施例４として、ねじれネマティック液晶のツイスト角を７０度に設定した液晶層に、リタデーションが１３５ｎｍと２７０ｎｍの光学位相差補償板をそれぞれ１枚用いた例を示す。

【０１２４】

実施例４では、前述の図１に示した構造を有する反射型液晶表示装置を作製した。基板５上の光反射膜７は、アルミニウムを用い、光反射性電極とした。又、液晶駆動セルは、液晶導入後に液晶層１の厚さが４．５μｍ（サンプル＃４ａ）及び４．２μｍ（サンプル＃４ｂ）になるよう調整された７０度にツイストされた液晶層１とし、導入した液晶材料は通常のＴＦＴ透過型液晶ディスプレイに使用されている液晶と同様の液晶物性（誘電異方性、弾性、ネマティック温度範囲、電圧保持特性）を有していて、Δｎだけが０．０６に調整されたものを用いた。ここで、液晶層１の厚さと液晶の複屈折率差との積を２７０ｎｍ（サンプル＃４ａ）及び２５０ｎｍ（サンプル＃４ｂ）になるように設定した。

【０１２５】

本実施例の偏光板の１０、光学位相差補償板８、および光学位相差補償板９の配置は、図１１に示すように設定した。なお、図１１において、１１は偏光板の透過軸方位、１２は光学位相差補償板９の遅相軸方位、１３は光学位相差補償板８の遅相軸方位、１４は基板４上に形成された配向膜２に接触する即ち配向膜２近傍の液晶分子の配向の方位、１５は基板５上に形成された配向膜３に接触する即ち配向膜３近傍の液晶分子の配向の方位をそれぞれ示し、この図は液晶表示装置の入射光の方位から観察したものである。

【０１２６】

そして、これらの配置関係は、図１１に示すように、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板８の遅相軸方位１３とのなす角度θ１を７５°、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板９の遅相軸方位１２とのなす角度θ２を１５°、基板４上の液晶

分子の配向方向１４と偏光板１０の透過軸方位１１となす角度θ３を４５°としたものである。

【０１２７】

光学位相差補償板８と光学位相差補償板９とは、ともにポリビニールアルコール製の延伸フィルムからなり、光学位相差補償板８は波長５５０ｎｍの面法線方向の透過光に対して１３０ｎｍから１４０ｎｍに制御された位相差を持ち、光学位相差補償板９は同様の光に対して２６５ｎｍから２７５ｎｍに制御された位相差を持つ。

【０１２８】

これらの光学位相差補償板８、９の配置は、作製後の液晶表示装置の正面方位に対する光学特性を良好にする配置であるが、液晶層１とともに傾斜方位からの観察による特性を考慮して設計変更も可能である。例えば、図１１に示す本実施例の設定角条件を成立させつつ、傾斜方位への透過光に対する光学位相差補償板８、９の位相差を変化させる設計としては、光学位相差補償板８、９のうち少なくとも１枚を二軸性の光学位相差補償板に変更することで可能である。又、前述の式（１）の範囲内で角度設定を変更できることは言うまでもない。

【０１２９】

そして、偏光板１０としては、誘電体多層膜によるＡＲ層を有する単体内部透過率が４５％の偏光板を用いた。

【０１３０】

以上のような構成の反射型液晶表示装置の反射率の電圧依存性は、前述の図９に示すグラフと同じであった。この結果より、１Ｖ程度以下の低い駆動電圧で、高い反射率が得られたことがわかる。なお、この反射率も、上記実施例３と同様に図１０に示す測定光学系の配置にて測定されたもので、１００％は上記実施例３と同様に設定した。

【０１３１】

また、偏光板１０の透過軸と上基板４近傍の液晶の配向方向のなす角θ３の各角度におけるコントラスト、白の色付、黒の色付を表３に示す。

【０１３２】

【表３】

| | サンプル＃４ａ | | | | サンプル＃４ｂ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| θ３／degree | コントラスト | 白の色付き | 黒の色付き | 総合 | コントラスト | 白の色付き | 黒の色付き | 総合 |
| 0 | × | × | × | × | △ | △ | × | × |
| １０ | △ | △ | × | × | ○ | ○ | × | × |
| ２０ | △ | △ | △ | △ | ○ | ○ | △ | △ |
| ３０ | △ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ４０ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ５０ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ６０ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ７０ | ○ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | △ | △ |
| ８０ | ○ | ○ | × | × | ○ | ○ | × | × |
| ９０ | ○ | ○ | × | × | ○ | ○ | × | × |
| １００ | △ | △ | × | × | ○ | ○ | × | × |
| １１０ | △ | △ | △ | △ | ○ | ○ | △ | △ |
| １２０ | △ | △ | △ | △ | ○ | ○ | △ | △ |
| １３０ | × | × | ○ | × | △ | △ | ○ | △ |
| １４０ | × | × | △ | × | △ | △ | △ | △ |
| １５０ | × | × | △ | × | △ | △ | △ | △ |
| １６０ | × | × | × | × | △ | △ | × | × |
| １７０ | × | × | × | × | △ | △ | × | × |

（表中，○：使用に問題無し，△：使用に耐えうる，×：使用に耐えない）

【０１３３】

この結果からθ３は２０度以上７０度以下又は１１０度以上１５０度以下に設定することにより表示品位の高い反射型液晶表示装置を実現できることを確認した。

【０１３４】

〔実施例５〕

実施例５として、ねじれネマティック液晶のツイスト角を７０度に設定した液晶層に、リタデーションが１３５ｎｍと２７０ｎｍの光学位相差補償板をそれぞれ１枚用いた例を示す。

【０１３５】

実施例５では、前述の図１に示した構造を有する反射型液晶表示装置を作製した。基板５上の光反射膜７は、アルミニウムを用い、光反射性電極とした。また、液晶駆動セルは、液晶導入後に液晶層１の厚さが４．５μｍになるよう調整された７０度にツイストされた液晶層１とし、導入した液晶材料は通常のＴＦＴ透過型液晶ディスプレイに使用されている液晶と同様の液晶物性（誘電異方性、弾性、粘性、温度特性、電圧保持特性）を有していて、Δｎだけが０．０６６７に調整されたものを用いた。ここで、液晶層１の厚さと

液晶の複屈折率差との積を３００ｎｍになるように設定した。

【０１３６】

本実施例の偏光板１０、光学位相差補償板８、及び光学位相差補償板９の配置は、図１２（ａ），（ｂ）に示すように、２種類の設定をして、２種類のサンプルを作製した。なお、図１２（ａ），（ｂ）において、前述の図８と同様に、１１は偏光板１０の透過軸方位、１２は光学位相差補償板９の遅相軸方位、１３は光学位相差補償板８の遅相軸方位、１４は基板４上に形成された配向膜２に接触する即ち配向膜２近傍の液晶分子の配向の方位、１５は基板５上に形成された配向膜３に接触する即ち配向膜３近傍の液晶分子の配向の方位をそれぞれ示し、この図は液晶表示装置の入射光の方位から観察したものである。

【０１３７】

そして、一つのサンプルでの配置関係は、図１２（ａ）に示すように、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板８の遅相軸方位１３とのなす角度θ１を７５°、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板９の遅相軸方位１２とのなす角度θ２を１５°、基板４上の液晶分子の配向方向１４と偏光板１０の透過軸方位１１とのなす角度θ３を４０°としたものであり、このサンプルをサンプル＃５ａとする。

【０１３８】

他方のサンプルでの配置関係は、図１２（ｂ）に示すように、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板８の遅相軸方位１３とのなす角度θ１を７５°、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板９の遅相軸方位１２とのなす角度θ２を１５°、基板４上の液晶分子の配向方向１４と偏光板１０の透過軸方位１１とのなす角度θ３を１３０°としたものであり、このサンプルをサンプル＃５ｂとする。すなわち、サンプル＃５ａとサンプル＃５ｂとは、θ３が異なり、θ１及びθ２は同じである。

【０１３９】

なお、これらのサンプル＃５ａ，＃５ｂは、上記実施例３と同様に、光学位相差補償板８，９がともにポリビニールアルコール製の延伸フィルムからなり、光学位相差補償板８が波長５５０ｎｍの面法線方向の透過光に対して１３０ｎｍから１４０ｎｍに制御された位相差を持ち、光学位相差補償板９が同様の光に対して２６５ｎｍから２７５ｎｍに制御された位相差を持つものである。また、偏光板１０には、誘電体多層膜によるＡＲ層を有する単体内部透過率が４５％の偏光板を用いた。

【０１４０】

以上のような構成の反射型液晶表示装置（サンプル＃５ａ，＃５ｂ）の反射率の電圧依存性を示すグラフを図１３に示す。図１３において、曲線１３－１はサンブル＃５ａの測定結果、曲線１３－２はサンプル＃５ｂの測定結果をそれぞれ示す。なお、この反射率は、上記実施例３と同様に図１０に示す測定光学系の配置にて測定されたもので、１００％は上記実施例３と同様に設定した。図１３に示す測定結果から、１．５Ｖ程度以下の低い駆動電圧で、高い反射率が得られたことがわかり、中でも曲線１３－１で示されるサンプル＃５ａの方が高い反射率が得られた。

【０１４１】

また、以上のような実施例５の反射型液晶表示装置（サンプル＃５ａ，＃５ｂ）及び前述の実施例３の反射型液晶表示装置について、電圧反射率特性を調べた結果を表４に示す。

【０１４２】

【表４】

| | 明状態の明るさ | コントラスト比 |
|---|---|---|
| 実施例３ | ９０％ | １０ |
| 実施例５（サンプル＃５ａ） | ９５％ | ８ |
| 実施例５（サンプル＃５ｂ） | ９５％ | １５ |

【０１４３】

表４から、いずれにおいても十分な明状態の反射率と、コントラスト比が実現されたことがわかり、目視観察においても良好な反射型液晶表示装置であった。

【０１４４】

なお、表４において、コントラスト比は、明状態の反射率を暗状態の反射率で除して定義したものである。ここで、明状態の印加電圧は、各実施例毎に最も反射率の高い電圧を用い、暗状態は、印加電圧を３Ｖに設定した。

【０１４５】

〔実施例６〕

実施例６として、前述の実施例４と同じ条件で作製された反射型液晶表示装置において、光学位相差補償板８と光学位相差補償板９の波長４５０ｎｍの光に対する屈折率異方性Δｎ（４５０）及び波長６５０ｎｍの光に対する屈折率異方性Δｎ（６５０）と波長５５０ｎｍの光に対する屈折率異方性Δｎ（５５０）の比であるΔｎ（４５０）／Δｎ（５５０）、Δｎ（６５０）／Δｎ（５５０）が、それぞれΔｎ（４５０）／Δｎ（５５０）とΔｎ（６５０）／Δｎ（５５０）の組合せが（１，１）、（１．００３，０．９９３）、（１．００７，０．９８７）、（１．０１，０．９８）、（１．０３，０．９６）、（１．０６，０．９５）、（１．１，０．９３）のときの光学特性を測定した。測定結果を表５に示す。

【０１４６】

【表５】

| Δｎ(450)/Δｎ(550) | Δｎ(650)/Δｎ(550) | 特性 |
|---|---|---|
| 1 | 1 | ○ |
| 1.003 | 0.993 | ○ |
| 1.007 | 0.987 | ○ |
| 1.01 | 0.98 | △ |
| 1.03 | 0.96 | △ |
| 1.06 | 0.95 | △ |
| 1.1 | 0.93 | × |

（表中，○：使用に問題無し，△：使用に耐えうる，×：使用に耐えない）

【０１４７】

この結果から１≦Δｎ（４５０）／Δｎ（５５０）≦１．０６、０．９５≦Δｎ（６５０）／Δｎ（５５０）≦１の関係を満たすように設定することにより表示品位の高い反射型液晶表示装置を実現することができ、さらに１≦Δｎ（４５０）／Δｎ（５５０）≦１．００７、０．９８７≦Δｎ（６５０）／Δｎ（５５０）≦１の関係を満たすように設定することによりさらに表示品位の高い反射型液晶表示装置を実現できることを確認した。

【０１４８】

〔実施例７〕
実施例７として、前述の実施例４と同じ条件で作製された反射型液晶表示装置において、図１４に示す観察方位と表示面の法線とを含む平面内の方位１６と前記第２の基板近傍の液晶分子の方向１４とのなす角θ４の各角度における明るさ、コントラスト、色付き及び総合評価を行った。評価結果を図１５に示す。この結果からθ４が０度以上３０度以下又は１８０度以上２１０度以下に設定することにより、明るさ、コントラスト、無彩色軸からの色差にほぼ優れた表示品位の高い反射型液晶表示装置を実現できることを確認した。

【０１４９】
〔実施例８〕
実施例８では、アクティブマトリクス方式による駆動方式により、滑らかな凹凸を有する光反射膜を用いた例について説明する。

【０１５０】
図１６は、本実施例の反射型液晶表示装置の構成を示す要部断面図である。図１６に示すように、この反射型液晶表示装置１６は、第１の基板５と透明なガラスからなる第２の基板４を備え、第１の基板５上にアクティブ素子としてＴＦＴ素子１７が各画素に形成されている。ＴＦＴ素子１７や駆動用配線（図示せず）上には層間絶縁膜１８が形成され、ＴＦＴ素子１７のドレイン端子（図示せず）と光反射性画素電極１９とはコンタクトホールを介して電気的に接続される。光反射性画素電極１９上には、配向膜３が１００ｎｍの厚さで形成されている。

【０１５１】
ここで、光反射性画素電極１９は、たとえばアルミニウム、ニッケル、クロム、銀や、それを用いた合金などの導電性の金属材料が使用でき、光の反射性を有するものである。そして、光反射性画素電極１９の形状は、コンタクトホールの部分を除くと滑らかな凹凸を有しており、金属反射面が鏡面になることを防止しているものである。

【０１５２】
次に、その形成方法についてさらに詳細に説明する。

【０１５３】
上記のＴＦＴ素子１７および駆動用配線（図示せず）を形成した基板５表面に、感光性樹脂材料からなる大突起２０および小突起２１をそれぞれ多数形成した。これら大突起２０および小突起２１は、底部直径Ｄ１，Ｄ２（図１６参照）の円形のパターンをフォトリソグラフィーの技術によって多数形成したものである。このＤ１，Ｄ２は、それぞれ例えば５μｍと３μｍに設定されている。また、これらの間隔Ｄ３は少なくとも２μｍ以上に設定されている。また、これらの突起の高さは、感光性樹脂材料の形成時の膜厚により制御でき、本実施例では１．５μｍとし、その後の露光工程、焼成工程によって、なだらかな突起に形成した。

【０１５４】
これに次いで、上記突起２０，２１を被覆し、これら突起２０，２１の間の平坦部を埋めるべく、同様の感光性樹脂材料で平滑化膜２２を形成した。このようにして、平滑化膜２２の表面は、突起２０，２１の影響を受けて、滑らかな曲面状に形成され、目的の形状が得られた。なお、上記コンタクトホール部には、突起および平滑化膜２２のどちらも形成されないように作製している。

【０１５５】
以上のような構造のＴＦＴ素子基板２３を作製することにより、光反射性画素電極１９が反射板を兼務して液晶層１の近くに配置されて視差を生じることなく、しかも、液晶層１を通過し光反射性画素電極１９によって反射される光がＴＦＴ素子１７や素子駆動用配線（図示しない）部分のために損なわれることのない、いわゆる開口率の高い明るい反射型液晶表示装置のＴＦＴ素子基板２３を実現した。

【０１５６】
一方、上記ＴＦＴ素子基板２３とともに用いる他方の基板には、反射方式に合わせて、

高明度化されたカラーフィルタ２４を配置した。このカラーフィルタ２４には、各画素間に色の混合を防止し、画素電極間の電圧未印加部や電界乱れに伴う暗表示での反射光のもれを防止するブラックマトリクス２５を配している。

【０１５７】

このブラックマトリクス２５は、ここに入射する光がすでに概ね円偏光になっており、ブラックマトリクス２５による反射光は出射時に再度光学位相差補償板の作用を受け偏光板に吸収されるので、低コストの金属膜等を用いてもブラックマトリクス２５が反射光を生じて視認性を悪化させることはなかった。なお、さらに、ブラックマトリクス２５に低反射処理を行うとより高コントラストな表示に好適であることは言うまでもない。

【０１５８】

このカラーフィルタ２４上に、透明電極６としてＩＴＯ(Indium Tin Oxide)をスパッタリングによってマスクデポして、１４０ｎｍ厚の所望のパターンを有するＴＦＴ素子駆動用の光反射性画素電極１９の対向電極６を形成した。そして、その上に配向膜２を形成し、カラーフィルタ基板２６とした。

【０１５９】

なお、透明電極６が１４０ｎｍ厚以外の厚さであっても、入射光が透明電極６の膜厚の干渉効果で液晶層１に到達することなく反射する光は、光学位相差補償板８，９と偏光板１０によって吸収されるので、暗状態には影響なく、視認性を損なわない。

【０１６０】

また、このときに用いられたカラーフィルタ２４は、偏光板を利用した高コントラスト表示モードに適した明度になるように適正に設計され、ブラックマトリクス２５の開口率が９０％の場合に、カラーフィルタ基板２６の透過率がＹ値で５０％であった。

【０１６１】

このように準備されたＴＦＴ素子基板２３とカラーフィルタ基板２６とに、ラビング法によって配向処理を施し、液晶層１の厚さを保持するためのプラスティックスペーサー（図示せず）の散布、周縁部のシール配置工程をへて対向配置し、位置合わせのうえ加圧下にて硬化させて封止し、液晶注入用液晶セルを準構した。そして、液晶層１には、誘電異方性Δεが正である液晶材料を真空注入法にて導入した。以後、液晶表示装置の方位の表現は、装置に正対する観察者の上下左右方向を時計の文字盤の向きで、上方位を１２時方位として記載する。

【０１６２】

上記カラーフィルタ基板２６の液晶層１と反対側には、ポリビニールアルコール製の延伸フィルムからなる光学位相補償板８及び光学位相差補償板９とが設けられ、さらにその上には、偏光板１０が配置されている。

【０１６３】

本実施例の、円偏光板１００を構成する偏光板１０、光学位相差補償板８、及び光学位相差補償板９の配置は、図１７に示すように設定した。なお、図１７において、１１は偏光板１０の透過軸方位、１２は光学位相差補償板９の遅相軸方位、１３は光学位相差補償板８の遅相軸方位、１４はカラーフィルタ基板２６上に形成された配向膜２に接触する即ち配向膜２近傍の液晶分子の配向の方位、１５はＴＦＴ素子基板２３上に形成された配向膜３に接触する即ち配向膜３近傍の液晶分子の配向の方位をそれぞれ示すものである。ここで、カラーフィルタ基板２６上の配向膜２の配向処理方位１４は装置の３時方位になるように作製している。

【０１６４】

そして、これらの配置関係は、図１７に示すように、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板８の遅相軸方位１３とのなす角度θ１を７５°、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板９の遅相軸方位１２とのなす角度θ２を１５°、カラーフィルタ基板２６上の液晶分子の配向方向１４と偏光板１０の透過軸方位１１との成す角度θ３を１３０°としたものである。

【０１６５】

また、液晶層１は液晶材料導入後に４．０～５．０μｍの層厚になるよう調整された液晶層を用い、液晶はΔｎが０．０６６７のものを用い、液晶層厚と複屈折率差の積を概ね３００ｎｍになるように設定した。液晶層１の層厚は、光反射性画素電極１９の凹凸のため、位置によって異なる値をもつ。

【０１６６】

さらに、このようにして作製された液晶表示パネルの周囲に駆動用回路を実装し、反射型液晶表示装置とした。

【０１６７】

本実施例の反射型液晶表示装置では、光反射性画素電極１９が液晶層１の近くに配置されているので、視差がなく、良好な高解像度表示が実現された。反射光は、光反射性画素電極１９に付与した凹凸形状により、観察者の顔が写り込むことがなく、良好な白表示を実現できた。さらに、散乱性を有するものが液晶表示装置の前面に配置されないので、良好な暗状態を示し、それらのため、高コントラスト比の表示となった。

【０１６８】

また、高明度のカラーフィルタ２４を使用したので、偏光板を利用した表示であっても十分な明度が確保でき、暗状態の反射率が低く、この暗状態に選択された色要素による反射光が明状態に選択された色要素の反射光とともに観察されて色純度が悪化することが無い。これにより、高明度のカラーフィルタ２４で彩度が低いにもかかわらず、カラーフィルタ２４の色再現範囲を損なうことのない良好な色再現性であった。

【０１６９】

また、各画素に印加される電圧が暗状態と明状態との中間状態に設定されることによって、中間調の再現にも問題無く、したがって、カラーフィルタ２４の各色の中間色彩の表現にも問題無かった。また、実際の駆動においても応答速度は動画再現に問題無いことを確認した。

【０１７０】

以上のように、多階調表示可能で、動画表示の可能な、良好な色再現範囲を確保した反射型液晶表示装置が実用的な作製法により実現できた。

【０１７１】

〔実施例９〕

実施例９として、面内に異方性を有するような凹凸形状の光反射膜を作製することによって明度の向上を図り、さらにその明度の高い方位に液晶層の傾斜視角の良好な方位を向けた例について説明する。

【０１７２】

実施例９では、実施例８で作製した反射型液晶表示装置の光反射性画素電極１９の凹凸形状を、異なるパターンで作製し、凹凸形状を反射性電極の形成された平面内の方位によって異なるものを作製した。

【０１７３】

本実施例においては、上記条件を満たすパターンのものとして、図１８の要部拡大平面図に示すように、凹凸形状は円形ではなく楕円形で、方向性を有するものを作製した。この凹凸形状の光反射膜のみの光反射板の反射特性を、図１９に示すような測定系の配置で測定した。つまり、図１９に示すように、照明光を３０°傾斜方位から入射させ、光反射板面の法線方位に向かう反射光強度を、その光源を回転させ反射の異方性を測定した。

【０１７４】

その結果は図２０に示すようなものになり、特定の方位からの光を効率よく液晶表示装置正面に向けていることが確認された。ただし、液晶材料の屈折率が空気とは大きく異なっていることを考慮し、測定に際しては光反射板面に屈折率１．５１６のインマージョンオイル（マッチングオイル）を滴下し、その上から透明なガラス板を貼付して測定した。また、測定値は、１００％がＭｇＯの標準拡散板（標準白色板）を同様に測定した場合の値になるよう、換算して得られたものである。図２０において、曲線２０－１は本実施例の異方性拡散性反射板の測定換算値であり、曲線２０－２は実施例８で用いたものと同様

の拡散性反射板の同様の測定換算値である。

【０１７５】

この結果、図２０に示すように、本実施例の凹凸形状の平均周期が反射板面内で変化しているような方向性の反射板による曲線２０－１では、照明光の入射方位φの変化に伴って、反射明度（反射光強度）が大きく変化している。これに対して、凹凸形状に異方性がない反射板（実施例８）による曲線２０－２では、その照明光の入射方位φの変化に伴う反射明度（反射光強度）の変化がそれほど大きくない。

【０１７６】

これらのことから、本願発明者らは、反射明度を高めるためには、本実施例にて用いた反射板のように、平均凹凸周期が反射板面内の方位によって変化するような方向性（異方性）が有力な手段となることを見い出したものである。さらに、図２０においてφ＝９０°，２７０°の方位が凹凸形状の平均周期の短い方位であり、このように、平均周期の短い方位からの照明光の反射明度が高いことが確認されたことになる。

【０１７７】

このような特徴を有する光反射板を備えたＴＦＴ素子基板２３と、実施例８と同様に作製されたカラーフィルタ基板２６とに、実施例８と同様の配向膜２，３を形成し配向処理を行って（ツイスト角７０°）、４種類のサンプルを作製した。

【０１７８】

これらのサンプルでは偏光板１０、光学位相差補償板８、及び光学位相差補償板９の配置が異なり、それらの配置は図２１（ａ）～（ｄ）に示すようなものである。なお、図２１（ａ）～（ｄ）において、前述の図１７と同様に、１１は偏光板１０の透過軸方位、１２は光学位相差補償板９の遅相軸方位、１３は光学位相差補償板８の遅相軸方位、１４はカラーフィルタ基板２６上に形成された配向膜２に接触する即ち配向膜２近傍の液晶分子の配向の方位、１５はＴＦＴ素子基板２３上に形成された配向膜３に接触する即ち配向膜３近傍の液晶分子の配向の方位をそれぞれ示し、この図は液晶表示装置の入射光の方位から観察したものである。

【０１７９】

すなわち、図２１（ａ）に示すサンプルでの配置関係は、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板８と遅相軸方位１３とのなす角度θ１を７５°、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板９の遅相軸方位１２とのなす角度θ２を１５°、カラーフィルタ基板２６上の液晶分子の配向方向１４と偏光板１０の透過軸方位１１とのなす角度θ３を１３０°としたものであり、このサンプルをサンプル＃９ａとする（上記実施例８と同様のもの）。なお、カラーフィルタ基板２６上の液晶分子の配向方向１４を３時方向に平行としている。

【０１８０】

また、図２１（ｂ）に示すサンプルでの配置関係は、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板８の遅相軸方位１３とのなす角度θ１を７５°、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板９の遅相軸方位１２とのなす角度θ２を１５°、カラーフィルタ基板２６上の液晶分子の配向方向１４と偏光板１０の透過軸方位１１とのなす角度θ３を１３０°としたものであり、このサンプルをサンプル＃９ｂとする。なお、カラーフィルタ基板２６上の液晶分子の配向方向１４を１２時方向に平行としている。

【０１８１】

また、図２１（ｃ）に示すサンプルでの配置関係は、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板８の遅相軸方位１３とのなす角度θ１を７５°、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板９の遅相軸方位１２とのなす角度θ２を１５°、カラーフィルタ基板２６上の液晶分子の配向方向１４と偏光板１０の透過軸方位１１とのなす角度θ３を４０°としたものであり、このサンプルをサンプル＃９ｃとする。なお、カラーフィルタ基板２６上の液晶分子の配向方向１４を３時方向に平行としている。

【０１８２】

また、図２１（ｄ）に示すサンプルでの配置関係は、偏光板１０の透過軸方位１１と光

学位相差補償板８の遅相軸方位１３とのなす角度θ１を７５°、偏光板１０の透過軸方位１１と光学位相差補償板９の遅相軸方位１２とのなす角度θ２を１５°、カラーフィルタ基板２６上の液晶分子の配向方向１４と偏光板１０の透過軸方位１１とのなす角度θ３を４０°としたものであり、このサンプルをサンプル＃９ｄとする。なお、カラーフィルタ基板２６上の液晶分子の配向方向１４を１２時方向に平行としている。

【０１８３】

なお、これらのサンプルは、光反射板作製の凹凸形状パターン作製工程以外は上記実施例８と同様に作製されたものである。

【０１８４】

このような凹凸形状の光反射板を持つ各サンプルの反射型液晶表示装置を、目視観察したところ、各サンプル＃９ａ～＃９ｄにおいて、上記実施例８のものよりさらに正面方向から観察すると明度の高い表示が実現され、異方性凹凸の明度向上効果が発現した。このとき、反射明度が高いのは、１２時方位と６時方位から照明光が入射した場合であった。さらに、正面方位から照明し、傾斜方位からの観察においても、同様に１２時方位と、６時方位で明度が高かった。

【０１８５】

さらに、これらのサンプルの液晶表示装置に正面方位から照明光を入射させ、正面より４５度傾斜したさまざまな方位から観察したところ、サンプル＃９ａとサンプル＃９ｄは、反射明度が高い傾斜方位である６時方位および１２時方位で良好な表示となり、さらにこれらの方位において良好なコントラストの表示が実現し、明度の高い観察方位からは特に傾斜に伴う表示変化は感じられなかった。一方、サンプル＃９ｂとサンプル＃９ｃは、明度の高い方位である６時方位及び１２時方位の表示にコントラスト比の悪化が観察された。

【０１８６】

これは、液晶表示変調層（液晶層１）のもっとも視認性の優れた視野角方位は、異なるθ３の値に対して異なっていることを示している。また、この視認性の良好な方位を上記の光反射板の異方性凹凸形状の明度の高い方位に一致させたサンプル＃９ａ及びサンプル＃９ｄによって、本発明の偏光板と光学位相差補償板と液晶変調層（液晶層）の高いコントラスト比を生かした高品位表示が可能になった。

【０１８７】

なお、本発明の液晶表示装置の主たる使用環境にあわせて本実施例で用いた光反射板の異方性凹凸形状の方位を他の方位に設定することも可能であり、かつ、その場合には液晶配向と偏光板および光学位相差補償板の設定角を同様に高明度な方位に傾斜視野角特性の良好な方位に向けることが同様の効果をもたらすことは言うまでもない。

【０１８８】

〔実施例１０〕

次に、実施例１０として、本発明の反射型液晶表示装置の主な利用分野である携帯機器における情報入力手段としてのタッチパネルを用いたタッチパネル一体型反射型液晶表示装置の実施例について説明する。

【０１８９】

まず、本実施例で用いたタッチパネルの概略構成を、その要部断面図である図２２に示す。図２２に示すように、このタッチパネル３１は、押圧位置検出用の透明電極３０が形成された支持基板２８と、押圧位置検出用の透明電極２９が形成された可動基板２７とが、空隙を介して、透明電極２９，３０が対向するようにして配置されて構成される平面状感圧素子である。なお、可動基板２７および支持基板２８ともに複屈折を持たないものを用いた。

【０１９０】

本実施例の概略構造を図２３の要部断面図に示す。図２３に示すように、本実施例のタッチパネル一体型反射型液晶表示装置は、タッチパネル３１の可動基板２７上に、光学位相差補償板８、光学位相差補償板９、偏光板１０を貼付し、これが上記実施例８の偏光板

１０及び光学位相差補償板８，９の貼付されていないものと同様の構造の液晶駆動セルの表示面側に配置されたものである。

【０１９１】

このとき、液晶層１の配向方位と偏光板１０及び光学位相差補償板８，９の配置は前述の図１７に示したと同様のもの（実施例８）であり、また、タッチパネル以外の構成は同様である。なお、タッチパネルの支持基板２８と反射型液晶表示装置のカラーフィルタ基板２６の間隙を一定に保つことによって押圧力伝達防止効果を持たせるべく、空隙３２を設け、押圧力緩衝部材を用いることなく軽量にタッチパネルへの押圧力がカラーフィルタ基板２６に伝わらないよう構成した。

【０１９２】

また、比較例として、図２４の要部断面図に示すような構造のタッチパネル一体型反射型液晶表示装置を作製した。すなわち、比較例の構造は、上記実施例８の構造のものの偏光板１０の上部に、図２２に示したタッチパネル３１を配置したものである。したがって、本実施例と比較例とにおいて異なる点は、タッチパネル３１の配置位置だけである。

【０１９３】

次に、これら本案施例と比較例との比較を行った。まず、比較例のものでは、タッチパネルでの反射光成分が直接観察されて大きく視認性を劣化させた。この反射光は、押圧位置検出用透明電極２９，３０に挟持された空隙によるものだけではなく、タッチパネル支持基板２８と偏光板１０に挟持された空隙によっても生じていた。

【０１９４】

これに対して、本実施例のものでは、比較例で発生したような反射光成分はまったく観察されず、タッチパネルを用いない場合（実施例８）と同様に、非常に良好な表示を示した。そして、本実施例のものでは、比較例のように、タッチパネルの押圧位置検出用透明電極２９，３０に挟持された空隙によるものも観察されなかった。

【０１９５】

さらに、押圧力伝達防止用空隙３２とタッチパネル支持基板２８との界面、タッチパネル支持基板２８と液晶表示装置のカラーフィルタ基板２６との界面による反射も観察されなかった。したがって、実施例１０によれば、押圧力緩衝部材が不要で軽量で、かつ、表示装置が入力装置の反射防止手段によるところの円偏光状態を有効に表示に利用できる、入力装置（タッチパネル）一体型反射型液晶表示装置が実現できた。

【０１９６】

また、詳細は示さないが、タッチパネル３１の可動基板２７を省略し、光学位相差補償板８の液晶層１側に透明電極２９を直接配置して、より簡便かつ軽量な構成が可能であった。

【０１９７】

〔発明の第２の実施の形態〕

以下に、本発明の実施の他の形態ついて、図面を参照して説明する。

【０１９８】

尚、説明の便宜上、前記実施の形態にて示した部材と同一の機能を有する部材には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【０１９９】

これまでは、液晶層に電圧を十分に印加した場合に関しては、液晶層に偏光変換作用がなく、このような近似の下に良好な特性が得られた例を記載したが、さらに、液晶に印加される電圧が有限の電圧にとどまることを考慮して、詳細な最適化を行うことが有効である。

【０２００】

つまり、前述の図１を参照して説明すると、液晶に印加される電圧の最大値において黒表示を実現するが、このときの液晶は、全く基板法線方向に向いているのではなく、液晶の配向には基板４，５に平行な成分が残る効果を考慮する。これを考慮した暗表示の条件は、これまでと同様に、液晶に実用上の最大電圧を印加した状態において、偏光板１０か

ら入射した光が、光学位相差補償板８，９と液晶層１を共に通過した段階で円偏光になることである。

【０２０１】

このとき液晶層１には、実用上の最大電圧が印加されているため、ほぼ偏光変換作用が生じない状態になってはいるものの、液晶配向の基板に平行な成分にしたがって若干の偏光変換作用（以後、残留位相差と称する）が残っており、これに合わせて、光学位相差補償板８，９をこれまでの条件から若干変更することによって、実用上の最大電圧で良好な暗表示が実現する。

【０２０２】

一方、このようにして良好な暗表示を実現するように最適化された光学位相差補償板８，９と液晶層１の配向を用いて良好な明表示を得る条件は、同様に、反射板３面上での偏光状態が直線偏光であることであるが、それを実現する液晶層１の設計パラメータは、これまでの液晶の残留複屈折が無視できる程度に十分な電圧が印加可能であった場合に準じている。

【０２０３】

つまり、液晶の残留位相差に合わせて若干の変更を受けた光学位相差補償板８，９を用いた場合、液晶層１の設定は、変更以前の液晶層１の設定から大きくずれることはなく、これまでの設定に基づく探索が可能である。

【０２０４】

図２５に、本実施形態の反射型液晶表示装置の概略構成を示す。図２５に示すように、この反射型液晶表示装置は、前述した実施の形態１の反射型液晶表示装置において、円偏光板１００における光学位相差補償板８と基板４との間に、液晶層１の残留位相差をキャンセルするために第３の光学位相差補償板１０１が配設されている構成である。図２６に、この反射型液晶表示装置における３枚の光学位相差補償板８，９，１０１の配置の一例を示す。

【０２０５】

液晶層１の残留位相差は、液晶層１の設定が本願発明に示したツイスト角の設定の中心付近であるツイスト角７０度付近では、液晶層１の基板４，５の中央の液晶配向方向に平行な遅相軸の複屈折成分が残留する。これをキャンセルするには、この液晶配向と直交した方位に遅相軸を有する光学位相差補償板を第３の光学位相差補償板１０１として配置するのが適している。そのリタデーションの量は、液晶に印加される最大電圧に依存するものの、概ね１０から５０ｎｍ前後にすることで、液晶層１の残留位相差をキャンセルできる。

【０２０６】

続いて、図２５の反射型液晶表示装置に対し、視野角の改善を図り、良好な表示を実現する方法をさらに検討する。

【０２０７】

図２５の反射型液晶表示装置では、実際に駆動される電圧の最大値において良好な暗表示を実現し、これによって良好な表示が得られる方法においては、液晶層１に十分な電圧が印加された状態での液晶の残留複屈折を補償することが有効である。

【０２０８】

このため、液晶層１の残留複屈折を良好にキャンセルできるような観察角度範囲を拡大することにより、視野角の拡大が可能である。これを実現するためには、液晶の配向の立体配置を考慮した光学位相差補償板の使用が有効である。

【０２０９】

図２７に、液晶層１の実駆動状態における立体配向の概略を示す。なお、この図２７は、図２５の反射型液晶表示装置における液晶配向を実際より忠実にしたものである。この状態において、液晶層１を表示面法線方向に通過する光に対しては、通常の平面内に遅相軸方位を有する一軸性の光学位相差補償板で残留複屈折のキャンセルが可能になるが、液晶層１を傾斜して通過する光に関しては、さらに液晶層１の配向の傾斜を考慮した光学位

相差補償板の使用が有効である。

【０２１０】

まず、液晶が概ね基板４，５に垂直に配向していることから、液晶層１の屈折率は、基板法線方向の電界に対する成分が大きくなっている。これをキャンセルするには、第３の光学位相差補償板１０１の層厚方向の電界に対する屈折率が小さいような特性を有する光学位相差補償板が有効であり、光学位相差補償板１０１を光学的に１軸性で膜厚方向の電界に対する屈折率が膜面方向よりも小さい光学位相差補償板にすることでこれが実現される。さらに、前述の液晶層の層面内方向の残留位相差をキャンセルさせるべく、光学的に２軸性の屈折率楕円体となっていてもよい。

【０２１１】

また、さらに厳密には、液晶配向が基板４，５に完全には垂直でない点を考慮することが有効である。特に、反射型液晶表示装置に拡散性反射膜や、表示面に対して反射膜が傾斜して配置される場合、より一般的に、光の方位が表示面に関して正反射方向とは異なる方向に変更するような作用を有する反射面を用いた場合には、液晶層１を通過して光反射膜７に達するまでの光路と、光反射膜７から液晶層１を通過する出射時の光路それぞれに対して液晶の残留複屈折をキャンセルさせることが良好な視野角の実現には有効である。

【０２１２】

図２８によって、さらに詳細に説明する。図２８に記載したように、反射型液晶表示装置の正面方向の観察者に対して周囲の照明光Ａが用いられる場合から、照明光Ｂが主に用いられる場合に照明環境が変化する場合を考える。

【０２１３】

このとき、観察者と液晶表示装置の位置が固定されているにもかかわらず、周囲の照明光の変化によって、暗表示の明度や色相が変化してしまう。これは、液晶層１を通過する光路の方向によって、液晶の残留複屈折のキャンセルの程度が変化するためであり、これを防止することによって、更に良好な表示を実現できる。

【０２１４】

〔実施例１１〕

実施例１１として、前述の図２５に示した構成の反射型液晶表示装置を、表６に記載のパラメータにて作製し、２つのサンプル＃１１ａ，＃１１ｂを得た。

【０２１５】

【表６】

| パラメータ ＼ サンプル | ＃１１ａ | ＃１１ｂ |
|---|---|---|
| Δｎｄ（ｎｍ） | ２６０ | ２６０ |
| θ３（度） | ４０ | ４０ |
| ツイスト角（度） | ７０ | ６０ |
| 光学位相差補償板８の角度θ１（度） | ７５ | ７５ |
| 光学位相差補償板８のリタデーション | １３５ｎｍ | １３５ｎｍ |
| 光学位相差補償板９の角度θ２（度） | １５ | １５ |
| 光学位相差補償板９のリタデーション | ２７０ｎｍ | ２７０ｎｍ |
| θ５（度） | １６５ | １６５ |
| 光学位相差補償板１０１のリタデーション | ３０ｎｍ | ３０ｎｍ |

【０２１６】
各サンプル＃１１ａ，＃１１ｂの電圧反射率曲線を図２９に記載する。比較のため、実施例３の反射型液晶表示装置の電圧反射率曲線を記載している。
【０２１７】
これから、本実施例のサンプル＃１１ａにおいては、明表示の反射率が若干低下するものの、良好な暗表示が実現していることが分かる。また、サンプル＃１１ｂにおいては、明度の低下もなく、良好な暗表示が実現している。
【０２１８】
ここで、さらに、光学位相差補償板の使用枚数を削減することによって、さらに低コストなこれらの構成例と同様の液晶表示装置を作製することを目的に、光学位相差補償板１０１と光学位相差補償板８の２枚の作用を光学位相差補償板１枚で実現するための検討を行った。
【０２１９】
このとき、２枚の光学位相差補償板が遅相軸を平行に配置して積層されている場合には、それぞれのリタデーションの和のリタデーションを有する１枚の光学位相差補償板によって代替が可能であり、また、２枚の光学位相差補償板が遅相軸を直交に配置して積層されている場合には、それぞれのリタデーションの差のリタデーションを有する１枚の光学位相差補償板によって代替が可能であることを利用した。
【０２２０】
つまり、本実施例のサンプル＃１１ｂにおける光学位相差補償板８と光学位相差補償板１０１は、近接して積層配置され、かつ遅相軸方位が直交して配置されているため、これら２枚の差のリタデーションを有する光学位相差補償板１枚で代替が可能である。つまり、光学位相差補償板８のリタデーションの変更によって、サンプル＃１１ａ，＃１１ｂ等と同様の効果が発現する。
【０２２１】
この効果を確かめるため、さらにサンプル＃１１ｃ，＃１１ｄを作製した。これらの各サンプル＃１１ｃ，＃１１ｄは、前述の実施の形態１の図１と同様の断面構造を有している。各サンプル＃１１ｃ，＃１１ｄにおける光学位相差補償板８，９の配置を、表７に示

す。

【０２２２】

【表７】

| サンプル / パラメータ | ＃１１ｃ | ＃１１ｄ |
|---|---|---|
| Δｎｄ（ｎｍ） | ２６０ | ２６０ |
| θ３（度） | ４５ | １３５ |
| ツイスト角（度） | ６０ | ６０ |
| θ１（度） | ７５ | ７５ |
| 光学位相差補償板８のリタデーション | １０５ | １６５ |
| θ２（度） | １５ | １５ |
| 光学位相差補償板９のリタデーション | ２７０ｎｍ | ２７０ｎｍ |

【０２２３】

各サンプル＃１１ｃ，＃１１ｄにおける電圧反射率曲線は、図２９に示したサンプル＃１１ｂと同様であった。

【０２２４】

これにより、液晶に印加される実用上の最大電圧において、液晶の残留位相差をキャンセルするための第３の光学位相差補償板を追加することによってより良好な特性が実現できることが示された。さらに、２枚の光学位相差補償板を用いる場合にも、リタデーションの調整によって、同様の効果が実現可能であることを確認した。つまり、実施の駆動を考慮した光学位相差補償板の追加や調整を行うことで、より良好な黒表示が実現できることを確認した。

【０２２５】

〔実施例１２〕

実施例１２では、液晶層１の残留複屈折をより多くの方位に関してキャンセル可能となるよう、第３の光学位相差補償板１０１として、光学的に１軸性の傾斜した光軸を有する光学位相差補償板を配置し、図３０に示す構成の反射型液晶表示装置を実現し、これをサンプル＃１２ａとした。また、第３の光学位相差補償板１０１として、２軸性光学位相差補償板を用いた、図３１に示す構成の反射型液晶表示装置を実現し、これをサンプル＃１２ｂとした。

【０２２６】

この例では、光学位相差補償板１０１の屈折率楕円体が基板に対して傾斜していない。

【０２２７】

ここで、図示していないが、光の拡散性を有するように、光反射膜７として、図１６の反射型液晶表示装置と同様の凹凸金属反射板を用いている。

【０２２８】

また、サンプル＃１２ｃとして、光学位相差補償板１０１に正の一軸性の光学位相差補償板を用いた以外は、サンプル＃１２ａ，＃１２ｂと同じ構成を有する反射型液晶表示装置を作製した。

【０２２９】

各サンプル＃１２ａ～＃１２ｃの光学素子の配置を表８に示す。

【０２３０】

【表８】

| パラメータ ＼ サンプル | ＃１２ａ | ＃１２ｂ | ＃１２ｃ |
|---|---|---|---|
| Δｎｄ（ｎｍ） | ２６０ | ２６０ | ２６０ |
| θ３（度） | ４５ | ４５ | ４５ |
| ツイスト角（度） | ６０ | ６０ | ６０ |
| θ１（度） | ７５ | ７５ | ７５ |
| 光学位相差補償板８のリタデーション | １３５ｎｍ | １３５ｎｍ | １３５ｎｍ |
| 光学位相差補償板９の角度θ２（度） | １５ | １５ | １５ |
| 光学位相差補償板９のリタデーション | ２７０ｎｍ | ２７０ｎｍ | ２７０ｎｍ |
| 光学位相差補償板１０１の種類 | 傾斜した負の１軸性 | ２軸性 | 正の１軸性 |
| 光学位相差補償板１０１の角度θ５（度） | １６５＊ | １６５＊ | １６５＊ |
| 光学位相差補償板１０１のリタデーション | ３０ｎｍ＊ | ３０ｎｍ＊ | ３０ｎｍ＊ |

＊サンプル＃１２ａ，＃１２ｂにおける光学位相差補償板１０１の方向は、光学位相差補償板のｘ方向の貼付方位を示している。また、光学位相差補償板１０１のリタデーションは、基板法線方向に伝播する光がｘ方向を遅相軸として生じる値。

【０２３１】

また、各サンプル＃１２ａ～＃１２ｃの視野角の評価結果を表９に記載する。

【０２３２】

【表９】

| パラメータ ＼ サンプル | ＃１２ａ | ＃１２ｂ | ＃１２ｃ |
|---|---|---|---|
| 正面観察での明表示 | 白表示 | 白表示 | 白表示 |
| 正面観察での暗表示 | 照明方位による色づきはみられない。黒表示の反射率は上昇しない。 | 照明方位によって色づきがみられる。黒表示の反射率は上昇しない。 | 照明方位によって色づきがみられる。黒表示の反射率が上昇する。 |
| 傾斜観察での明表示 | 白表示 | 白表示 | 白表示 |
| 傾斜観察での暗表示 | いずれの方位に傾斜しても色づきのない黒表示 | 傾斜方位によって色づきがある黒表示 | 傾斜方位によって色づきがあり傾斜すると明るくなる黒表示 |

【０２３３】

サンプル＃１２ａに用いた光学位相差補償板１０１は、延伸方法の工夫によって屈折率楕円体が傾斜したように作製され、正面方向に透過する光線に対するリタデーションが３０ｎｍ程度になるように作製されている。

【０２３４】

図３０に記載のように、このフィルムは、電界のｚ成分に対する屈折率のみが他のｘおよびｙ成分に対する屈折率よりも小さい負の一軸性を示し、かつ、このｚ方向が平面状フィルムの光学位相差補償板１０１の面の法線方向から傾斜している。このｚ方位が実用上の最大電圧における液晶配向の方位に近くなるように配置され、光学位相差補償板１０１の正面方向の光に対しては、ｘ方向が遅相軸として作用する。

【０２３５】

この光学位相差補償板１０１は、光学機能層の厚みを$d_{101}$とし、図３０記載のｘ、ｙ、ｚ方向の屈折率をそれぞれ$n_x, n_y, n_z$として、$(n_y - n_z)d_{101} = (n_x - n_z)d_{101} = 300nm$であった。

【０２３６】

さらに、液晶層１の立体配向を精密にキャンセルするべく、ネマティック液晶性配向や、ディスコティック液晶性配向を固定化した高分子フィルムを用いてもよいことは言うまでもない。

【０２３７】

サンプル＃１２ｂに用いた光学位相差補償板１０１は、延伸方法の工夫によって2 軸性の屈折率楕円体となるように作製されている。正面方向に透過する光軸に対するリタデーションが３０ｎｍ程度になるように作製されている。

【０２３８】

図３１に記載のように、このフィルムは、電界の各成分に対する屈折率は、大きいものからｘ成分、ｙ成分、ｚ成分となる。また、$(n_x - n_y)d_{101} = 30nm$、$(n_y - n_z)d_{101} = 300nm$であった。

【０２３９】

表９に示したように、明表示はどれも白表示であったが、暗表示は、良好なものから、サンプル＃１２ａ，＃１２ｂ，＃１２ｃとなった。また、全体の評価は、良好なものから、サンプル＃１２ａ，＃１２ｂ，＃１２ｃの順になっていた。これは、白表示においても特性が変動しているが、視覚的な差がないためである。これに対して、黒表示においては、視覚的な差が大きく、全体の評価に影響したためである。

【０２４０】

以上のように、液晶の立体配向を考慮した光学位相差補償板の工夫によって、良好な視野角の液晶表示装置が実現できることを確認した。さらに、光学位相差補償板８および９を２軸性にすることで、より良好な暗状態が実現することを確認している。

【０２４１】

なお、本実施例においても、実施例１１のように、低コスト化のために、光学位相差補償板８と光学位相差補償板１０１の機能を併せもつ位相差フィルムが利用可能であることは言うまでもない。

【０２４２】

以上で説明したように、本発明の反射型液晶表示装置によれば、光反射膜等の光反射板の反射面を液晶層側に設置することができ、良好な暗状態を実現できる。よって、視差のない高コントラストの高精細で動画表示可能な反射型液晶表示装置が実現できる。

【０２４３】

また、本発明のタッチパネル一体型反射型液晶表示装置によれば、上記本発明の反射型液晶表示装置にタッチパネルを付加する場合に、偏光板と２枚の光学位相差補償板と組み合わせたタッチパネルを配置することにより、表示特性に悪影響を及ぼす反射光の発生を防止し、高品位のタッチパネル一体型反射型液晶表示装置が実現できる。

【０２４４】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の反射型液晶表示装置によれば、光反射膜等の光反射板の反射面を液晶層側に設置することができ、良好な暗状態を実現できる。よって、視差のない、高コントラストの高精細で動画表示可能な反射型液晶表示装置が実現できる。

【０２４５】

また、本発明の反射型液晶表示装置に高明度に調整されたカラーフィルタを用いれば、良好な色再現性を有した表示品位の高いカラー表示反射型液晶表示装置を実現することができる。

【０２４６】

さらに、本発明の反射型液晶表示装置によれば、上記円偏光手段として、液晶層への入射光が円偏光になる条件から、液晶層に電圧が印加された状態で生じる残留位相差をキャンセルする分だけ変更された光学位相差補償板を用いたので、液晶層に電圧が印加された状態で生じる残留位相差をキャンセルでき、液晶層に電圧が印加された状態で良好な暗表示を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　図１は、本発明による一実施形態の反射型液晶表示装置の概略構造を示す要部断面図である。

【図２】　図２は、一実施形態の偏光板と２枚の光学位相差補償板との配置の設定方位を示す図である。

【図３】　図３は、実施例１の反射型液晶表示装置における反射率を予測するための評価関数の５５０ｎｍの単色光における数値を等値線図に図示した計算結果グラフである。

【図４】　図４は、実施例１の反射型液晶表示装置における反射率を予測するための評価関数の視感度を考慮した数値を等値線図に図示した計算結果グラフである。

【図５】　図５は、実施例１の反射型液晶表示装置における反射率を予測するための評価関数とＤ６５標準光源スペクトルによって計算されるＣＩＥ１９３１色度座標のｘを等値線図に図示した計算結果グラフである。

【図６】　図６は、実施例１の反射型液晶表示装置における反射率を予測するための評価関数とＤ６５標準光源スペクトルによって計算されるＣＩＥ１９３１色度座標のｙを等値線図に図示した計算結果グラフである。

【図７】　図７は、図４、図５、図６によって良好なホワイトバランスと明度がともに得られる領域を示す図である。

【図８】　図８は、実施例３の反射型液晶表示装置の偏光板と２枚の光学位相差補償板との配置の設定方位を示す図である。

【図９】　図９は、実施例３の反射型液晶表示装置の反射率の電圧依存性の測定値を示す図である。

【図１０】　図１０は、実施例３の反射型液晶表示装置の反射率の電圧依存性を測定した測定光学系を示す配置概念図である。

【図１１】　図１１は、実施例４の反射型液晶表示装置の偏光板と２枚の光学位相差補償板との配置の設定方位を示す図である。

【図１２】　図１２（ａ）、図１２（ｂ）はそれぞれ実施例５の反射型液晶表示装置のサンプル＃５ａ，＃５ｂについて、偏光板配置方向と２枚の光学位相差補償板の配置方向と液晶層の液晶配向との設定方位を示す図である。

【図１３】　図１３は、実施例５の反射型液晶表示装置の反射率の電圧依存性の測定値を示す図である。

【図１４】　図１４は、実施例７の上基板近傍の液晶の配向方向と観察方位を含む平面との配置の設定方位を示す図である。

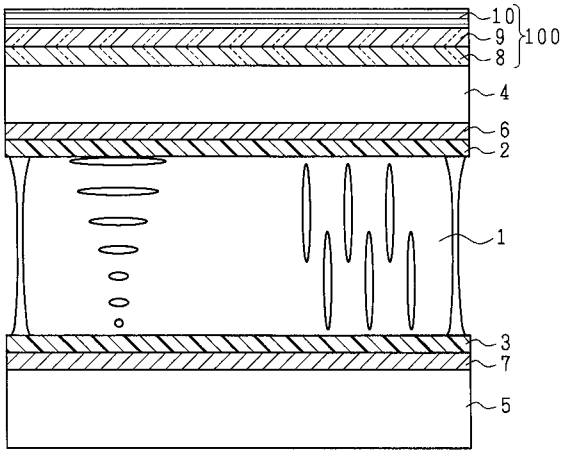
【図１５】　図１５は、実施例７の反射型液晶表示装置をθ４の値を変化させて目視観察した結果を示す表である。

【図１６】　図１６は、実施例８の反射型液晶表示装置の概略構造を示す要部断面図である。

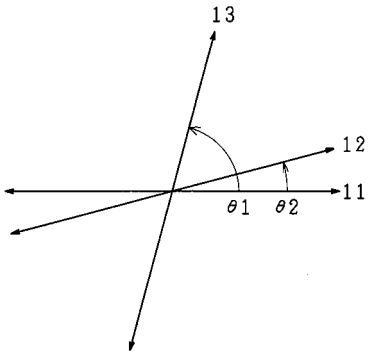
【図１７】　図１７は、実施例８の反射型液晶表示装置の偏光板配置方向と２枚の光学位

相差補償板の配置方向と液晶層の液晶配向との設定方位を示す図である。
【図１８】　図１８は、実施例９の反射型液晶表示装置に用いた光反射板の凹凸形状を示す部分拡大平面図である。
【図１９】　図１９は、実施例９の反射性電極（光反射板）の反射特性の測定光学系の測定方位を示す概念図である。
【図２０】　図２０は、図１９の測定系による実施例９の反射性電極（光反射板）の反射特性の測定値を示す図である。
【図２１】　図２１（ａ）ないし図２１（ｄ）はそれぞれ実施例９の反射型液晶表示装置のサンプル＃９ａ，＃９ｂ，＃９ｃ，＃９ｄについて、偏光板配置方向と２枚の光学位相差補償板の配置方向と液晶層の液晶配向との設定方位を示す図である。
【図２２】　図２２は、実施例１０のタッチパネル一体型反射型液晶表示装置に用いたタッチパネルの概略構造を示す要部断面図である。
【図２３】　図２３は、実施例１０のタッチパネル一体型反射型液晶表示装置の概略構造を示す要部断面図である。
【図２４】　図２４は、比較例のタッチパネル一体型反射型液晶表示装置の概略構造を示す要部断面図である。
【図２５】　図２５は、本発明による他の実施形態の反射型液晶表示装置の概略構造を示す要部断面図である。
【図２６】　図２６は、他の実施形態の偏光板と２枚の光学位相差補償板との配置の設定方位を示す図である。
【図２７】　図２７は、反射型液晶表示装置の液晶層の配向の電圧による違いを示す説明図である。
【図２８】　図２８は、反射型液晶表示装置の液晶層の配向の方向と照明方向の関係によって視野角が変化する様子を示す説明図である。
【図２９】　図２９は、実施例１１の反射型液晶表示装置の反射率の電圧依存性の測定値を示す図である。
【図３０】　図３０は、実施例１２のサンプル＃１２ａの構造を示す要部断面図である。
【図３１】　図３１は、実施例１２のサンプル＃１２ｂの構造を示す要部断面図である。
【符号の説明】
１　液晶層
２，３　配向膜
４，５　基板
６　透明電極
７　光反射膜
８　光学位相差補償板
９　光学位相差補償板
１０　偏光板
１１　偏光板の透過軸方位
１２　光学位相差補償板９の遅相軸方位
１３　光学位相差補償板８の遅相軸方位
１４　カラーフィルタ上に形成された配向膜近傍の液晶分子の配向の方位
１５　ＴＦＴ素子基板上に形成された配向膜近傍の液晶分子の配向の方位
１６　反射型液晶表示装置
１９　光反射性画素電極
２３　ＴＦＴ素子基板
２６　カラーフィルタ基板

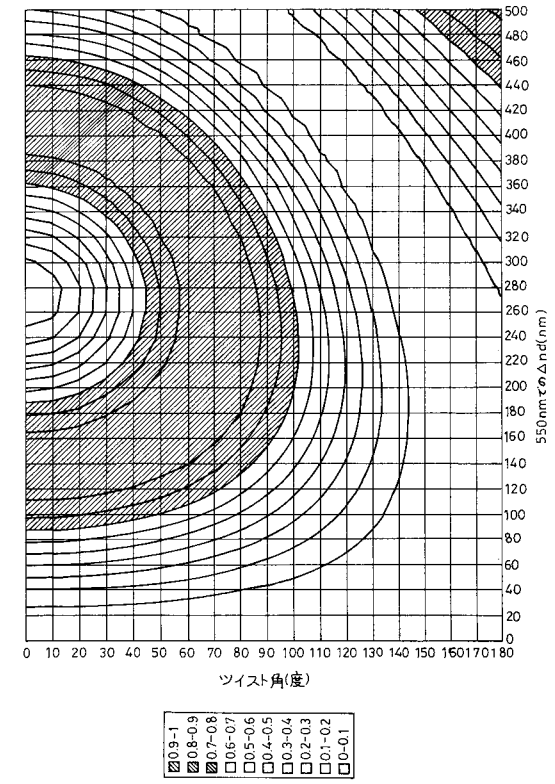
【図１】


10
9
8
100
4
6
2
1
3
7
5

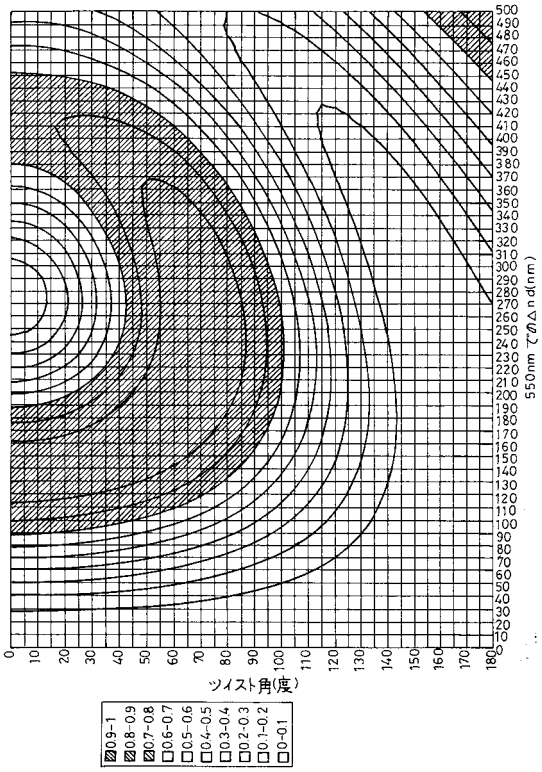
【図２】


13
12
11
θ1
θ2

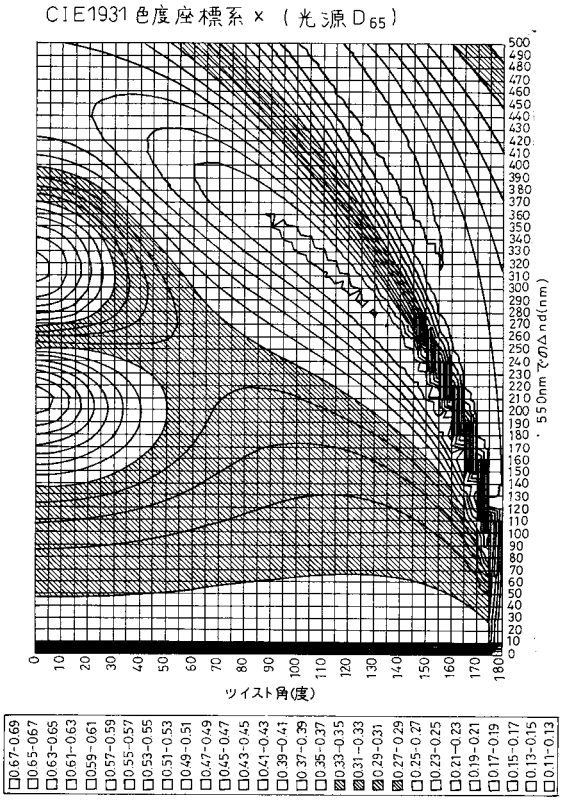
【図３】


550nmでのΔnd(nm)
ツイスト角(度)
0.9-1
0.8-0.9
0.7-0.8
0.6-0.7
0.5-0.6
0.4-0.5
0.3-0.4
0.2-0.3
0.1-0.2
0-0.1

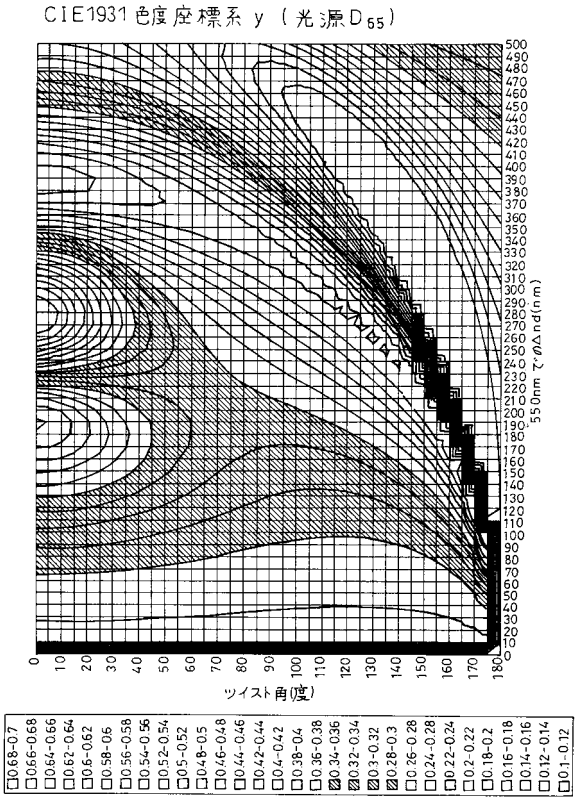
【図４】


550nmでのΔnd(nm)
ツイスト角(度)
0.9-1
0.8-0.9
0.7-0.8
0.6-0.7
0.5-0.6
0.4-0.5
0.3-0.4
0.2-0.3
0.1-0.2
0-0.1

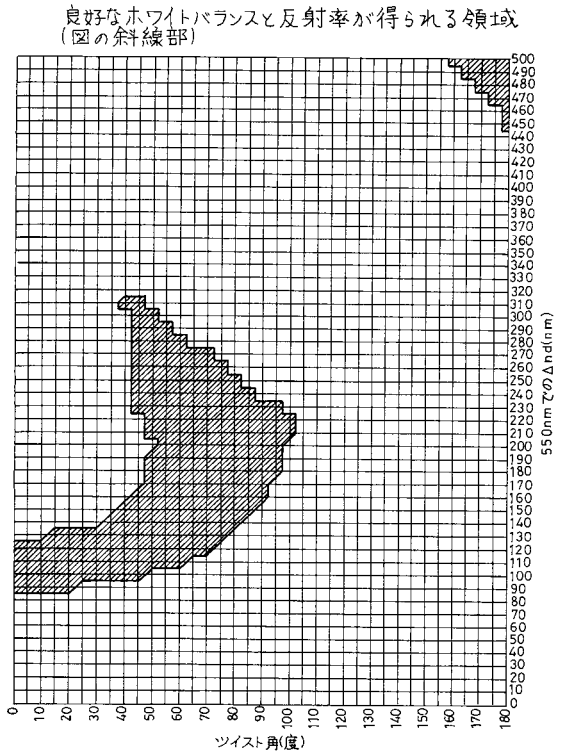
【図５】


CIE1931色度座標系 x （光源D65）
550nmでのΔnd(nm)
ツイスト角(度)
□0.67-0.69
□0.65-0.67
□0.63-0.65
□0.61-0.63
□0.59-0.61
□0.57-0.59
□0.55-0.57
□0.53-0.55
□0.51-0.53
□0.49-0.51
□0.47-0.49
□0.45-0.47
□0.43-0.45
□0.41-0.43
□0.39-0.41
□0.37-0.39
□0.35-0.37
▨0.33-0.35
▨0.31-0.33
▨0.29-0.31
▨0.27-0.29
□0.25-0.27
□0.23-0.25
□0.21-0.23
□0.19-0.21
□0.17-0.19
□0.15-0.17
□0.13-0.15
□0.11-0.13

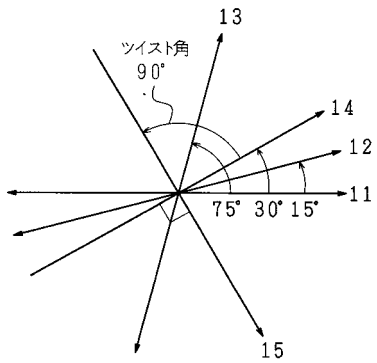
【図６】


CIE1931色度座標系 y （光源D65）
550nmでのΔnd(nm)
ツイスト角(度)
□0.68-0.7
□0.66-0.68
□0.64-0.66
□0.62-0.64
□0.6-0.62
□0.58-0.6
□0.56-0.58
□0.54-0.56
□0.52-0.54
□0.5-0.52
□0.48-0.5
□0.46-0.48
□0.44-0.46
□0.42-0.44
□0.4-0.42
□0.38-0.4
□0.36-0.38
▨0.34-0.36
▨0.32-0.34
▨0.3-0.32
▨0.28-0.3
□0.26-0.28
□0.24-0.28
□0.22-0.24
□0.2-0.22
□0.18-0.2
□0.16-0.18
□0.14-0.16
□0.12-0.14
□0.1-0.12

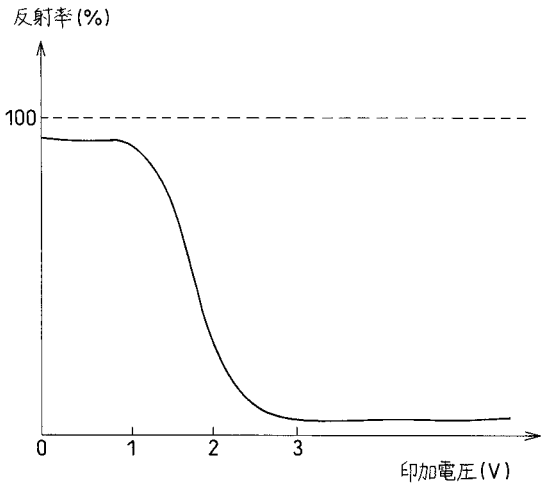
【図７】


良好なホワイトバランスと反射率が得られる領域
（図の斜線部）
550nmでのΔnd(nm)
ツイスト角(度)

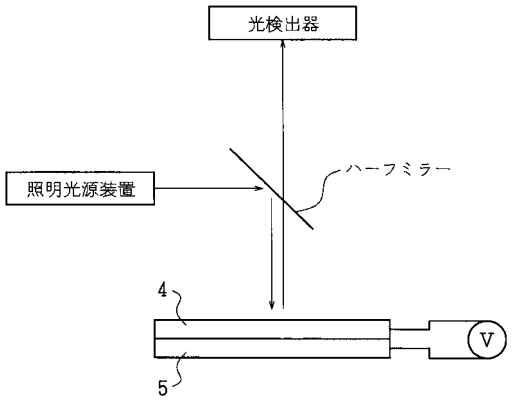
【図８】


ツイスト角
90°
13
14
12
11
15
75°
30°
15°

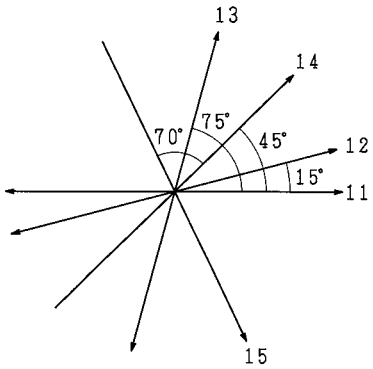
【図９】



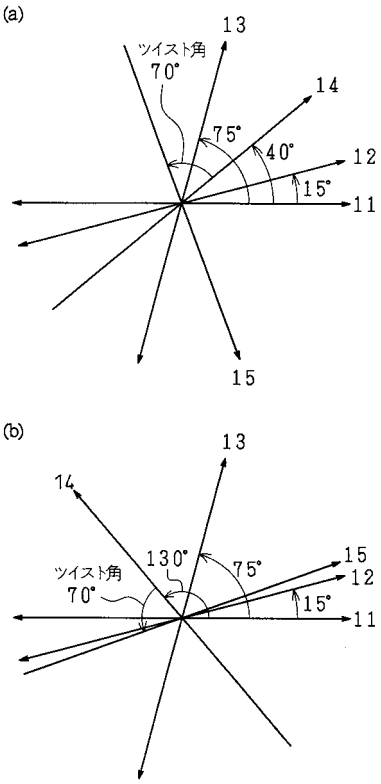

【図１０】



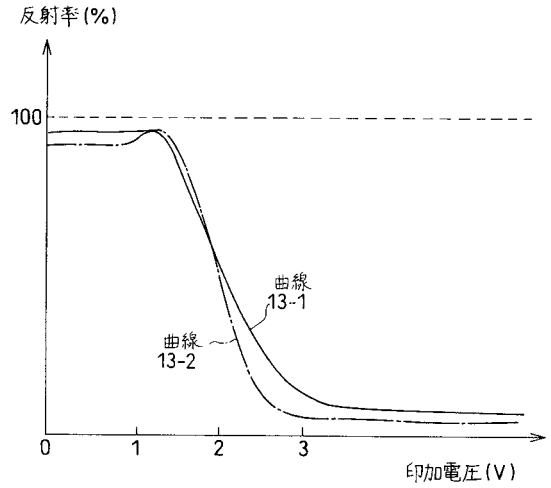

【図１１】



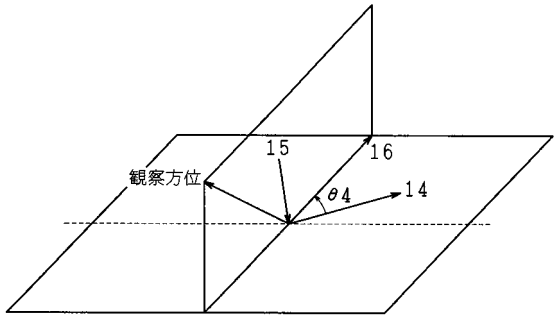

【図１２】



【図１３】




【図１４】

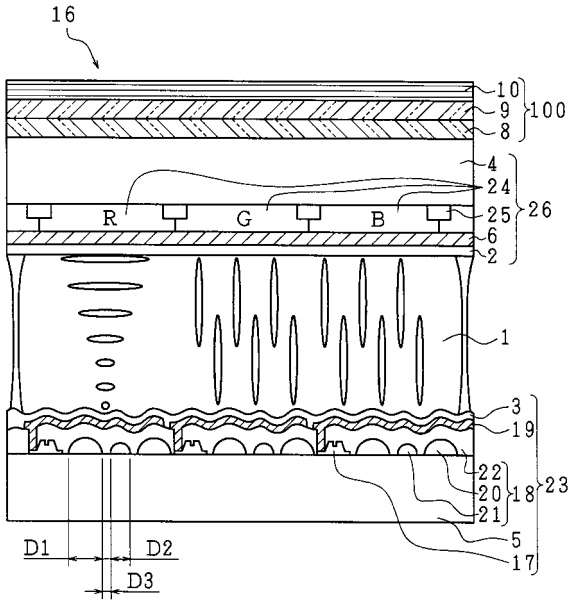



【図１５】

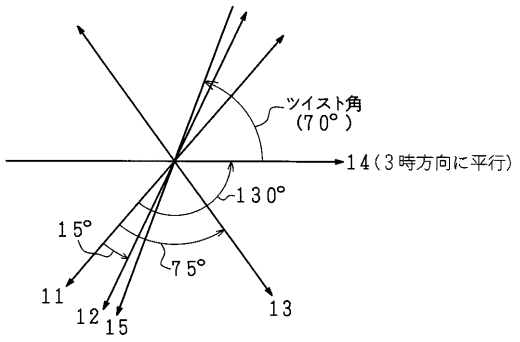
| θ４／degree | 明るさ | コントラスト | 無彩色軸からの色差 | 総合 |
|---|---|---|---|---|
| ０ | ○ | △ | ○ | ○ |
| １０ | ○ | △ | ○ | ○ |
| ２０ | ○ | △ | ○ | ○ |
| ３０ | ○ | △ | ○ | × |
| ４０ | △ | △ | ○ | × |
| ５０ | × | △ | ○ | × |
| ６０ | × | △ | △ | × |
| ７０ | × | ○ | × | × |
| ８０ | △ | ○ | × | × |
| ９０ | △ | ○ | × | × |
| １００ | △ | ○ | × | × |
| １１０ | △ | ○ | × | × |
| １２０ | × | ○ | × | × |
| １３０ | × | ○ | × | × |
| １４０ | × | ○ | × | × |
| １５０ | × | ○ | △ | × |
| １６０ | × | ○ | △ | × |
| １７０ | × | △ | ○ | × |
| １８０ | ○ | △ | ○ | ○ |
| １９０ | ○ | △ | ○ | ○ |
| ２００ | ○ | △ | ○ | ○ |
| ２１０ | ○ | △ | ○ | ○ |
| ２２０ | △ | △ | ○ | × |
| ２３０ | △ | △ | ○ | × |
| ２４０ | △ | △ | ○ | × |
| ２５０ | △ | △ | △ | × |
| ２６０ | ○ | ○ | × | × |
| ２７０ | ○ | ○ | × | × |
| ２８０ | ○ | ○ | × | × |
| ２９０ | ○ | ○ | × | × |
| ３００ | △ | ○ | × | × |
| ３１０ | × | ○ | × | × |
| ３２０ | × | ○ | × | × |
| ３３０ | × | △ | △ | × |
| ３４０ | × | △ | △ | × |
| ３５０ | △ | △ | △ | × |

（表中，○：使用に問題無し，△：使用に耐えうる，×：使用に耐えない）

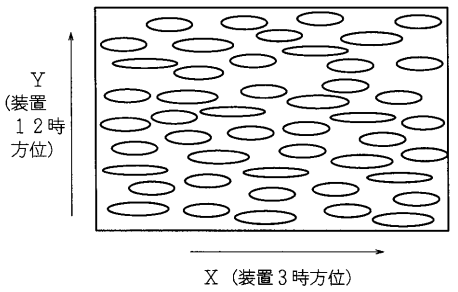
【図１６】



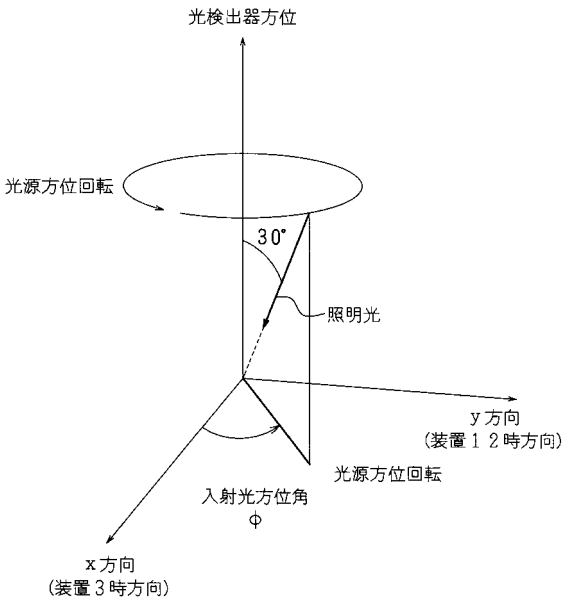
【図１７】



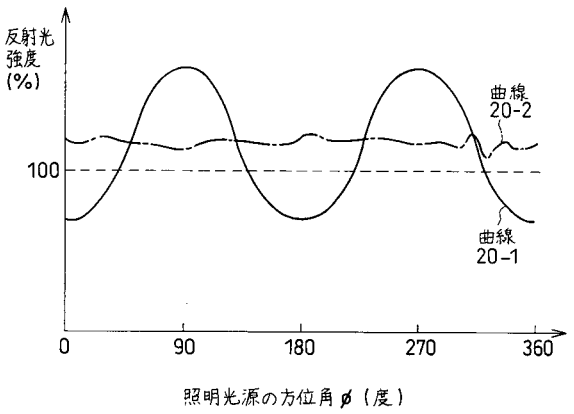

【図１８】



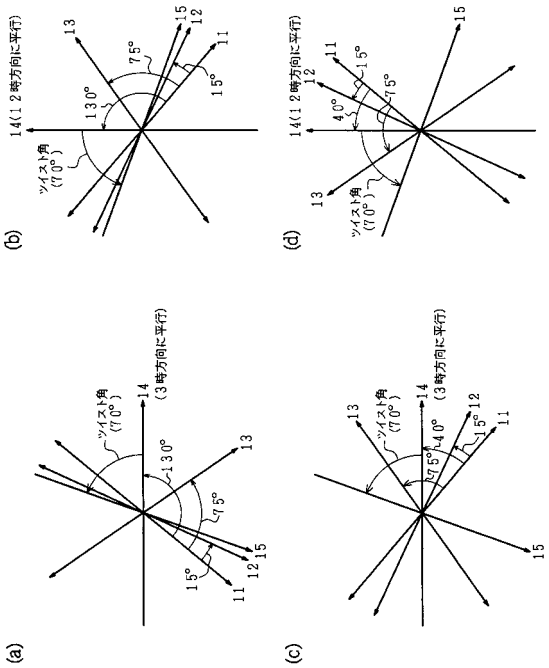

【図１９】



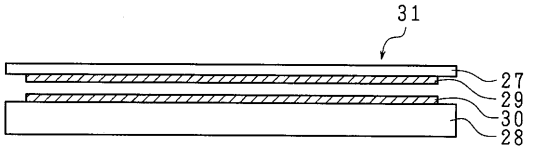

【図２０】



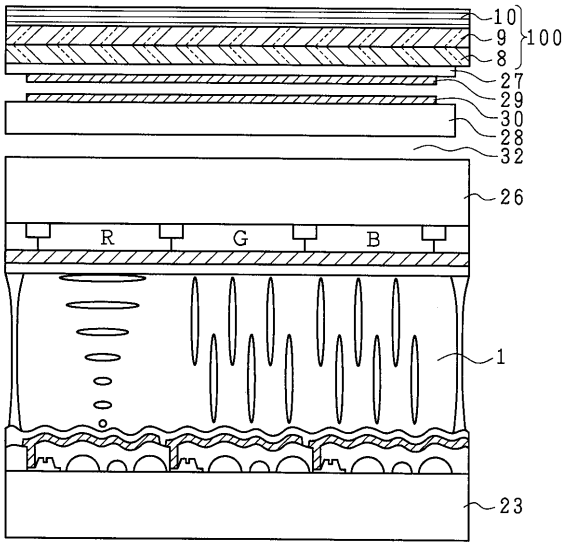

【図２１】



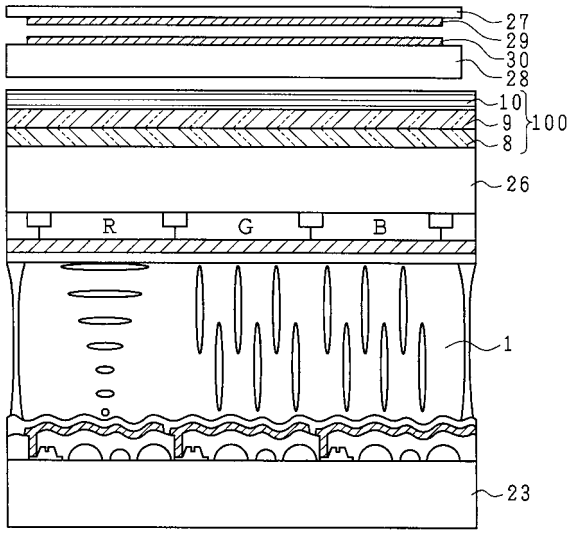
【図２２】



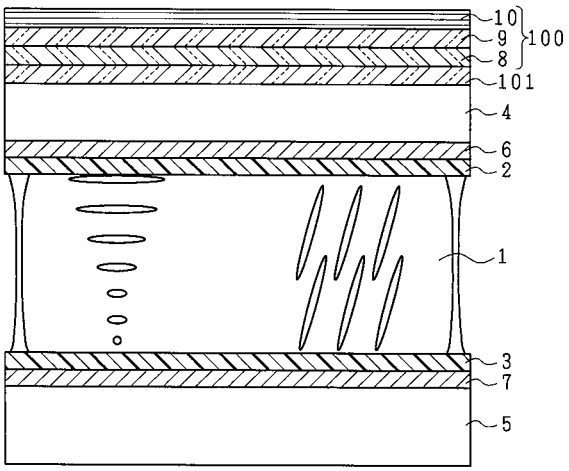

【図２３】



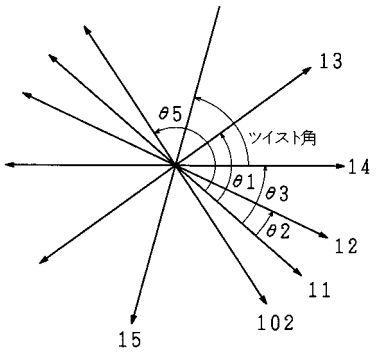

【図２４】



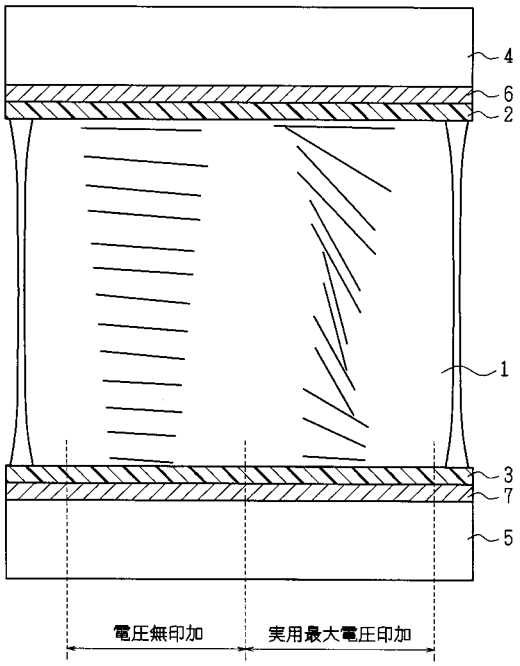

【図２５】



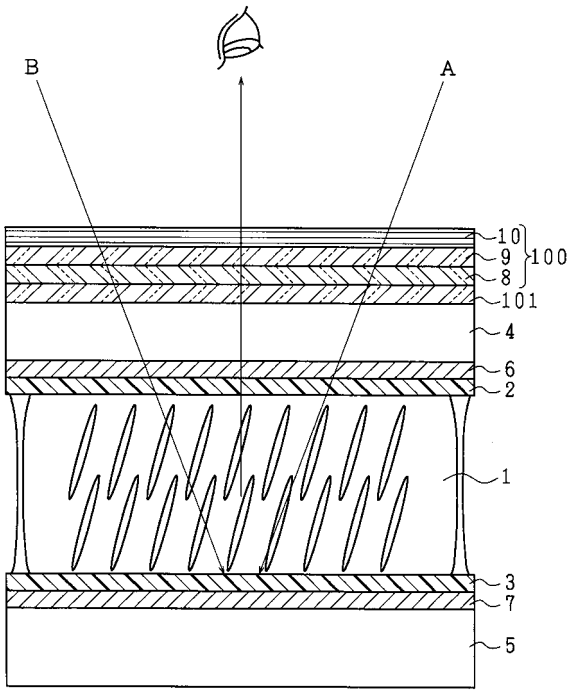

【図２６】



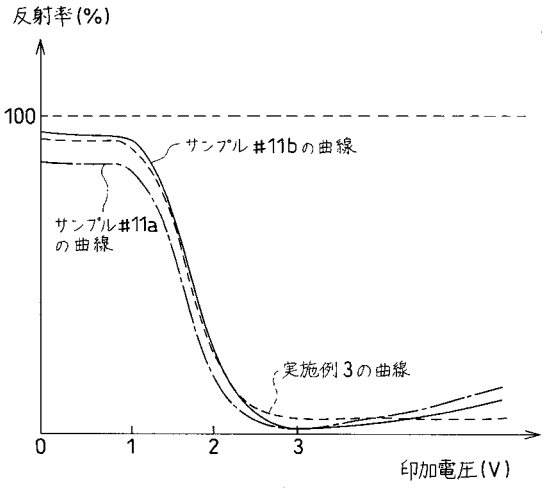
【図２７】



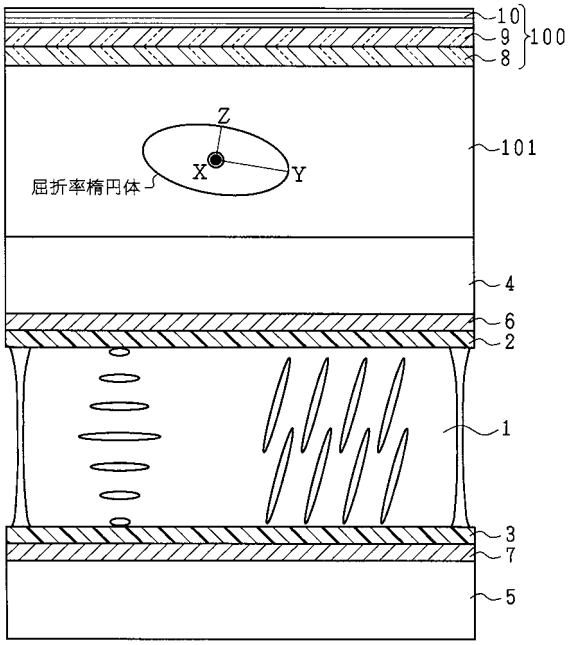

【図２８】



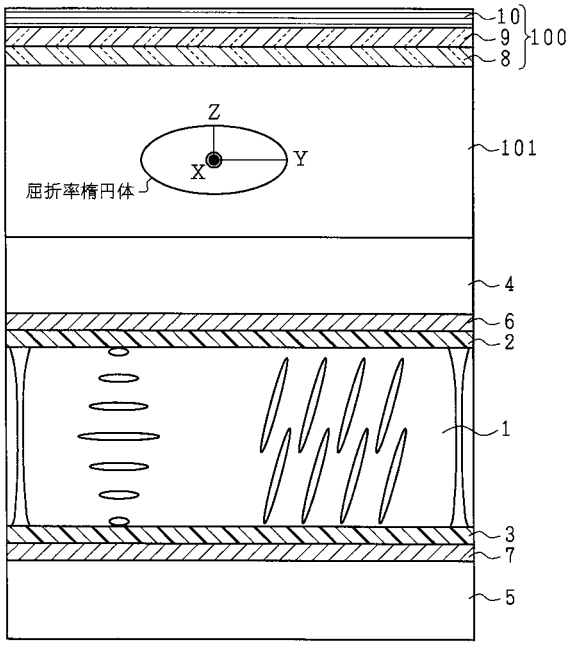

【図２９】




【図３０】



【図３１】



フロントページの続き

審査官　藤岡　善行

(56)参考文献　国際公開第９８／０４８３２０（WO，Ａ１）
特開平０４－１１６５１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１００１１４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02F 1/1335
G02F 1/137