(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3564905号
(P3564905)
(45)発行日　平成16年9月15日(2004.9.15)　(24)登録日　平成16年6月18日(2004.6.18)

(51)Int.Cl.[7]		F I	
G02F	1/1347	G02F	1/1347
G02F	1/1333	G02F	1/1333
G02F	1/1335	G02F	1/1335

請求項の数 16　(全 46 頁)

(21)出願番号　特願平8-330075
(22)出願日　平成8年12月10日(1996.12.10)
(65)公開番号　特開平10-133224
(43)公開日　平成10年5月22日(1998.5.22)
審査請求日　平成15年2月24日(2003.2.24)
(31)優先権主張番号　特願平8-235618
(32)優先日　平成8年9月5日(1996.9.5)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　100095728
弁理士　上柳　雅誉
(74)代理人　100107261
弁理士　須澤　修
(72)発明者　久保田　兼充
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　小山　智子
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

審査官　右田　昌士

最終頁に続く

(54)【発明の名称】表示装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
フィルムと液晶層とが交互に積層された複合多層膜を備え、前記複合多層膜に電圧を印加して前記複合多層膜における光反射率を制御する表示装置であって、
前記液晶層に使用される液晶の所定の波長（λ_n）の光に対する長軸方向の屈折率$n_{LC1}(\lambda_n)$および短軸方向の屈折率$n_{LC2}(\lambda_n)$と、前記フィルムの前記所定の波長（λ_n）の光に対する前記フィルム面内の互いに直交するＸ軸方向とＹ軸方向のそれぞれの屈折率$n_{F1}(\lambda_n)$および$n_{F2}(\lambda_n)$とを、
前記複合多層膜の前記フィルムと液晶層のうちの少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、
下記〔１〕および〔２〕の条件
【数１】
〔1〕　$n_{LC1}(\lambda_n) \geqq n_{F1}(\lambda_n)$または$n_{LC1}(\lambda_n) \leqq n_{F1}(\lambda_n)$、
〔2〕　$n_{LC2}(\lambda_n) \leqq n_{F2}(\lambda_n)$であって、$n_{LC1}(\lambda_n) > n_{LC2}(\lambda_n)$、$n_{F1}(\lambda_n) > n_{F2}(\lambda_n)$
を満たすようにしたことを特徴とする表示装置。
【請求項２】
前記$n_{F1}(\lambda_n)$と、$n_{LC2}(\lambda_n)$と、前記液晶層の厚みd_{LC}と、前記フィルムの厚みd_Fとを、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔３〕および〔４〕の条件

【数２】

〔3〕 $n_{F1}(\lambda_n) \cdot d_F \fallingdotseq (1/4+k/2) \cdot \lambda_n$、

〔4〕 $n_{LC2}(\lambda_n) \cdot d_{LC} \fallingdotseq (1/4+m/2) \cdot \lambda_n$ または$n_{LC2}(\lambda_n) \cdot d_{LC} \fallingdotseq (1/4+m/2) \cdot \lambda_n$、

（ここで、k、mは0または整数である。）

の少なくとも一方の条件を満たすようにしたことを特徴とする請求項１記載の表示装置。

【請求項３】

前記液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、少なくとも前記フィルム近傍において前記フィルムに対しほぼ水平方向かつ前記Ｘ軸方向に配向するようにし、

前記複合多層膜が電圧無印加時に光透過状態となり電圧印加時に光反射状態となるようにしたことを特徴とする請求項１または２記載の表示装置。

【請求項４】

前記$n_{LC1}(\lambda_n)$、$n_{LC2}(\lambda_n)$、$n_{F1}(\lambda_n)$および$n_{F2}(\lambda_n)$を、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔５〕および〔６〕の条件

【数３】

〔5〕 $n_{LC1}(\lambda_n) \fallingdotseq n_{F1}(\lambda_n)$

〔6〕 $n_{LC2}(\lambda_n) \fallingdotseq n_{F2}(\lambda_n)$

を満たすようにしたことを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の表示装置。

【請求項５】

前記液晶が電圧無印加時に前記フィルムに対してプレチルト角をほとんど有さないで配向していることを特徴とする請求項３または４記載の表示装置。

【請求項６】

前記$n_{LC1}(\lambda_n)$および$n_{F1}(\lambda_n)$を、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔７〕の条件

【数４】

〔7〕 $n_{LC1}(\lambda_n) > n_{F1}(\lambda_n) \geqq 0.96 \cdot n_{LC1}(\lambda_n)$

を満たすようにしたことを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の表示装置。

【請求項７】

前記液晶が電圧無印加時に前記フィルムに対して所定のプレチルト角をもって配向していることを特徴とする請求項３または６記載の表示装置。

【請求項８】

前記$n_{F1}(\lambda_n)$を、電圧無印加時における前記液晶層の前記所定の波長（λ_n）の光に対する前記Ｘ軸方向の平均的な屈折率とほぼ等しくし、且つ前記$n_{F2}(\lambda_n)$を、電圧無印加時における前記液晶層の前記所定の波長（λ_n）の光に対する前記Ｙ軸方向の平均的な屈折率とほぼ等しくしたことを特徴とする請求項３乃至７のいずれかに記載の表示装置。

【請求項９】

前記$n_{F1}(\lambda_n)$と、$n_{LC1}(\lambda_n)$と、$n_{LC2}(\lambda_n)$と、前記液晶層の厚みd_{LC}と、前記フィルムの厚みd_Fとを、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔８〕および〔９〕の条件

【数５】

〔8〕 $n_{F1}(\lambda_n) \cdot d_F \fallingdotseq (1/4+k/2) \cdot \lambda_n$、

〔9〕 $n_{LC2}(\lambda_n) \cdot d_{LC} \leqq (1/4+m/2) \cdot \lambda_n \leqq \{n_{LC2}(\lambda_n) + 0.6 \cdot (n_{LC1}(\lambda_n) - n_{LC2}(\lambda_n))\} \cdot d_{LC}$、

（ここで、k、mは0または整数である。）

の少なくとも一方の条件を満たすようにしたことを特徴とする請求項３乃至８のいずれかに記載の表示装置。

【請求項１０】

前記液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、少なくとも前記液晶層の前記積層方向での中央部付近において、前記フィルムに対しほぼ垂直方向に配向するようにし、

前記複合多層膜が電圧印加時に光透過状態となり電圧無印加時に光反射状態となるようにしたことを特徴とする請求項１または２記載の表示装置。

【請求項１１】
前記$n_{LC1}(\lambda_n)$、$n_{LC2}(\lambda_n)$および$n_{F1}(\lambda_n)$を、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔１０〕の条件
【数６】
〔10〕 $n_{LC1}(\lambda_n) > n_{F1}(\lambda_n) \geqq n_{LC1}(\lambda_n) - 0.6\,(n_{LC1}(\lambda_n) - n_{LC2}(\lambda_n))$
を満たすようにしたことを特徴とする請求項１０記載の表示装置。
【請求項１２】
前記$n_{F1}(\lambda_n)$を、電圧印加時における前記液晶層の前記所定の波長の光に対する前記Ｘ軸方向の平均的な屈折率とほぼ等しくしたことを特徴とする請求項１０または１１記載の表示装置。
【請求項１３】
前記$n_{F1}(\lambda_n)$と、$n_{LC2}(\lambda_n)$と、前記液晶層の厚みd_{LC}と、前記フィルムの厚みd_Fとを、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔１１〕および〔１２〕の条件
【数７】
〔11〕 $n_{F1}(\lambda_n) \cdot d_F \fallingdotseq (1/4 + k/2) \cdot \lambda_n$、
〔12〕 $n_{LC2}(\lambda_n) \cdot d_{LC} \fallingdotseq (1/4 + m/2) \cdot \lambda_n$、
（ここで、k、mは0または整数である。）
の少なくとも一方の条件を満たすようにしたことを特徴とする請求項１０乃至１２のいずれかに記載の表示装置。
【請求項１４】
前記液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、前記フィルム近傍において、前記フィルムに対してほぼ垂直方向に配向していることを特徴とする請求項１０乃至１３のいずれかに記載の表示装置。
【請求項１５】
前記$n_{LC2}(\lambda_n)$およびd_{LC}を、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔１３〕および〔１４〕の条件
【数８】
〔13〕 $n_{F1}(\lambda_n) \cdot d_F \fallingdotseq (1/4 + k/2) \cdot \lambda_n$、
〔14〕 $n_{LC2}(\lambda_n) \cdot d_{LC} < (1/4 + m/2) \cdot \lambda_n \leqq 1.12\, n_{LC2}(\lambda_n) \cdot d_{LC}$
（ここで、k、mは0または整数である。）
を満たすようにしたことを特徴とする請求項１０乃至１２のいずれかに記載の表示装置。
【請求項１６】
前記液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、前記フィルム近傍において、前記フィルムに対して垂直方向から所定の角度傾いて配向していることを特徴とする請求項１０、１１、１２または１５記載の表示装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は表示装置に関し、特に、液晶とフィルムの複合多層膜を用いた液晶装置および、この液晶装置により反射／透過を制御する表示装置に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
従来、反射型液晶表示装置は、微少電力で動作する表示装置として、ウォッチ、電卓、セルラー、小型携帯機器、各種家庭電器製品等の情報伝達媒体として大きな発展、普及を遂げてきた。表示モードもＴＮ（ツイスティド・ネマチック）型、ＳＴＮ（スーパーツイスティド・ネマチック）型、強誘電型等、多種発明されてきた。しかし、これらは全て偏光板を使用するものであり、現実的には、液晶素子への入射光の約６０％は該偏光板により、吸収されてしまうため暗い画面となり、理想的な反射型表示、例えば白色背景に黒表示

といった見易さからは遠いものであった。

【０００３】

特に反射型カラー液晶表示装置では、偏光板とカラーフィルター双方による光吸収のため、最大でも表示装置に入射する入射外光の１０％以下の光を反射して表示することになり、非常に暗く、印刷物表示のような、明るい鮮やかなカラー表示には、遠く及ばないものであった。

【０００４】

最近、上述した欠点を解決し、偏光板を使わず明るいカラーディスプレイを実現する方法として、従来例１（特開平６－２９４９５２号公報）が提案され、注目されている。この提案では、液晶材料と光硬化性樹脂からなる高分子材料とを混合したものを、一対の基板間に挿入し、上、下２方向よりレーザー光を照射し、該２本のレーザー光の干渉パターンにより、液晶と高分子材料の混合層中に光の強弱縞を得る。そして、この強弱縞パターンに応じ、層状に高分子光硬化樹脂を光硬化させ、高分子光硬化性樹脂層／液晶層／高分子光硬化性樹脂層／液晶層／・・・の多層膜を実現し、複合多層膜干渉反射の原理に従い、特定波長域の光を干渉反射させる。そして上記一対の基板内面の電極により多層膜に電圧を印加すると液晶層に於いては、液晶分子の分子軸方向が変わり、それに伴い、液晶層の屈折率も変化する。従って、上記干渉反射の条件から外れ、反射光強度も変わる。このようにして電圧による光変調が可能となり、表示装置として機能する。上述した表示装置では、偏光板を全く用いないため、明るい色を出す事ができるとともに、照射レーザー光の波長、又は照射角度を変える事により、干渉ピッチを自由に選択でき、光の干渉ピッチを自由に選択できるため、任意の色の表示色を実現でき、特に反射型カラー表示装置としては、従来のＴＮ型、ＳＴＮ型の反射型カラー表示装置に比べ優れたものであった。

【０００５】

しかし、上述した表示装置の欠点として、例えば従来例２（ＡＳＩＡ　ＤＩＳＰＬＡＹ’９５　Ｐ６０３～６０６）に示されるように、２本のレーザー光の干渉により、光硬化性樹脂の層を作るため、その干渉ピッチは極めて精度の高いものとなり、干渉反射光の波長幅が非常に狭く、従って色は鮮やかであるが、反射型表示としては明るさに欠けるものであった。通常、反射型表示の背景色としては、白色が最も望ましく、このためには可視光の広い波長域にわたって、干渉反射の条件を充たすようにする必要があるが、上記従来例１、２では、その構造から、層の上下で干渉ピッチを連続的に変える事は、極めて困難で、明るい白色表示を得る事に問題があった。第２の問題としては、光硬化樹脂と液晶層との境界面は、干渉反射の強度を上げるためにフラット（平面的）が望ましいが、従来例２に示されるように細かい凹凸を持った形で接している。従って、全ての入射光が干渉反射をおこすという事ではなく、一部の光が透過してしまい、より明るい反射型表示装置を実現する上で問題となっていた。

【０００６】

次にもう一つの従来例として従来例３（特開平４－１７８６２３号公報）が、やはり偏光板を使わず、干渉反射を利用した明るい反射型カラー表示装置の例として挙げられる。本従来例に於いては、液晶層とSiO_2　層を重ね合わせ、各層の厚みと屈折率とを、干渉反射の条件に適合するように設定し、特定波長の選択反射を生じさせる。ここに上下電極間に電圧を印加すると、前述と同様に液晶層の屈折率が変わり、上記干渉反射条件から離脱して、反射光強度が変わるため、表示機能が具現化できるものである。本従来例の問題点は、まず、干渉反射をおこさせる層がSiO_2　膜／液晶層／SiO_2　膜のわずか３層からなり、これでは充分な干渉反射光強度が得られず、ほとんどの入射光が透過して、下部の光吸収層に吸収されてしまうため、充分な明るさをもった反射型表示装置は実現できない。反射光強度を上げるには、SiO_2　膜／液晶層／SiO_2　膜膜／液晶層／SiO_2　膜・・・と少なくとも１０層以上の複合多層膜が好ましいが、本従来例では、その複合多層膜の形成は極めて困難である。つまり液晶層の上に、直接SiO_2　膜を形成する事ができず、本従来例にも図示されている通り、一旦スペーサー層を全面に形成し、その上にS_iO_2膜を形成した後、該スペーサーを周辺部のみを残して、それ以外の部分

をエッチング除去し、その除去された空泡部に液晶を注入し、液晶層を形成している。これらは液晶層の上に、直接Si_2O膜を形成する事ができない理由から生ずる困難さで、この構造で１０層以上の複合多層膜を製造する事は現実的でない事は明らかである。更に本従来例では、オーバーエッチング除去された空泡部に液晶を注入しているため、液晶分子軸方向を揃えるための配向処理ができず、注入された液晶の分子軸方向は、バラバラのドメイン状になっていると考えられる。通常、干渉反射光の強度を上げるためには、液晶層の厚みと屈折率を精度よくコントロールする事が重要であり、本従来例では上述した様に、屈折率の精密なコントロールが困難で、充分な干渉反射光の強度が得られず、均一で明るい反射型の表示装置の実現には問題があった。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】

以上のように、従来の技術においては、反射型液晶表示装置として、可視光波長域の広い波長帯で干渉反射の条件を充たすことが困難な事、そして、全ての入射光が干渉反射をおこすという事ではなく、一部の光が透過してしまい、より明るい反射型表示装置を実現する上で問題があり、また、屈折率の精密なコントロールが困難で、充分な干渉反射光の強度が得られず、均一で明るい反射型の表示装置の実現には問題があった。

【０００８】

本発明は上述の課題を解決するためになされたもので、反射光強度の高い均一で明るい表示装置、更には背景が白色で黒色表示となるモノクロ表示、またはコントラストの高いカラー表示が可能なより見易い表示装置を実現可能な表示装置を提供する事を目的とする。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

請求項１によれば、

フィルムと液晶層とが交互に積層された複合多層膜を備え、前記複合多層膜に電圧を印加して前記複合多層膜における光反射率を制御する表示装置であって、前記液晶層に使用される液晶の所定の波長（λ_n）の光に対する長軸方向の屈折率$n_{LC1}(\lambda_n)$および短軸方向の屈折率$n_{LC2}(\lambda_n)$と、前記フィルムの前記所定の波長（λ_n）の光に対する前記フィルム面内の互いに直交するＸ軸方向とＹ軸方向のそれぞれの屈折率$n_{F1}(\lambda_n)$および$n_{F2}(\lambda_n)$とを、

前記複合多層膜の前記フィルムと液晶層のうちの少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、

下記〔１〕および〔２〕の条件

【００１０】

【数２５】

〔1〕 $n_{LC1}(\lambda_n) \geqq n_{F1}(\lambda_n)$または$n_{LC1}(\lambda_n) \fallingdotseq n_{F1}(\lambda_n)$、

〔2〕 $n_{LC2}(\lambda_n) \fallingdotseq n_{F2}(\lambda_n)$であって、$n_{LC1}(\lambda_n) > n_{LC2}(\lambda_n)$、$n_{F1}(\lambda_n) > n_{F2}(\lambda_n)$

【００１１】

を満たすようにしたことを特徴とする表示装置が提供される。

【００１２】

この請求項１の表示装置においては、〔１〕および〔２〕の条件を満たす場合に、所定の波長（λ_n）の光のＸ軸方向成分の光およびＹ軸方向成分の光に対して共に透過状態となる。なお、反射はフィルムと液晶層との間で屈折率が異なれば生じ、また、液晶は一般に印加電圧を変えると屈折率が変わるから、反射状態は電圧の印加状態を変えることによって生じさせることができ、電圧による光変調が可能である。

【００１３】

また、請求項２によれば、

前記$n_{F1}(\lambda_n)$と、$n_{LC2}(\lambda_n)$と、前記液晶層の厚みd_{LC}と、前記フィルムの厚みd_Fとを、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、

下記〔３〕および〔４〕の条件

【００１４】
【数２６】
〔3〕 $n_{F1}(\lambda_n) \cdot d_F \fallingdotseq (1/4+k/2) \cdot \lambda_n$、
〔4〕 $n_{LC2}(\lambda_n) \cdot d_{LC} \leqq (1/4+m/2) \cdot \lambda_n$ または$n_{LC2}(\lambda_n) \cdot d_{LC} \fallingdotseq (1/4+m/2) \cdot \lambda_n$、
（ここで、k、mは0または整数である。）

【００１５】
の少なくとも一方の条件を満たすようにしたことを特徴とする請求項１記載の表示装置が提供される。
【００１６】
この請求項２の表示装置においては、〔３〕の条件を満たす場合に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対してフィルムによる反射が強くなり、〔４〕の条件を満たす場合に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対して液晶層による反射が強くなる。なお、前記所定の波長（λ_n ）の光のＹ軸方向成分の光に対しては条件〔２〕より透過状態となる。
【００１７】
また、請求項３によれば、
前記液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、少なくとも前記フィルム近傍において前記フィルムに対しほぼ水平方向に配向（ホモジニヤス配向）しかつ前記Ｘ軸方向に配向するようにし、
前記複合多層膜が電圧無印加時に光透過状態となり電圧印加時に光反射状態となるようにしたことを特徴とする請求項１または２記載の表示装置が提供される。
【００１８】
この請求項３の表示装置においては、電圧無印加時に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光およびＹ軸方向成分の光に対して共に光透過状態となり、電圧印加時に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対して反射が強くなり、Ｙ軸方向成分の光に対しては透過状態となる。また、液晶層には誘電率異方性（Δε）が正（Δε＞０）のものが好ましく使用される。
【００１９】
また、請求項４によれば、
前記$n_{LC1}(\lambda_n)$ 、$n_{LC2}(\lambda_n)$ 、$n_{F1}(\lambda_n)$および$n_{F2}(\lambda_n)$を、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔５〕および〔６〕の条件
【００２０】
【数２７】
〔5〕 $n_{LC1}(\lambda_n) \fallingdotseq n_{F1}(\lambda_n)$
〔6〕 $n_{LC2}(\lambda_n) \fallingdotseq n_{F2}(\lambda_n)$
【００２１】
を満たすようにしたことを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の表示装置が提供される。
【００２２】
この請求項４の表示装置は、液晶が電圧無印加時にフィルムに対してプレチルト角をほとんど有さないで配向している場合に、電圧無印加時に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光およびＹ軸方向成分の光に対して共に高い透過率を与える。
【００２３】
また、請求項５によれば、
前記液晶が電圧無印加時に前記フィルムに対してプレチルト角をほとんど有さないで配向していることを特徴とする請求項３または４記載の表示装置が提供される。
【００２４】
また、請求項６によれば、

前記$n_{LC1}(\lambda_n)$ および$n_{F1}(\lambda_n)$を、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔７〕の条件

【００２５】

【数２８】

〔7〕 $n_{LC1}(\lambda_n) > n_{F1}(\lambda_n) \geqq 0.96 \cdot n_{LC1}(\lambda_n)$

【００２６】

を満たすようにしたことを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の表示装置が提供される。

【００２７】

液晶が電圧無印加時にフィルムに対して所定のプレチルト角をもって配向している場合には、液晶層のＸ軸方向の屈折率は液晶の長軸方向の屈折率$n_{LC1}(\lambda_n)$よりも小さくなる。そこで、条件〔７〕の範囲内において、プレチルト角に応じて$n_{LC1}(\lambda_n)$と$n_{F1}(\lambda_n)$とを適切に設定することにより、好ましくは$n_{F1}(\lambda_n)$を電圧無印加時における液晶層の所定の波長（λ_n ）の光に対するＸ軸方向の平均的な屈折率とほぼ等しくすることにより、所定の波長（λ_n ）の光のうちＸ軸方向成分の光を前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層とを十分に透過するようにすることができる。従って、この請求項６の表示装置は、液晶がプレチルト角をもって配向している場合に電圧無印加時に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対して高い透過率を与える。なお、Ｙ軸方向成分の光に対しては条件〔２〕より高い透過率が得られる。

【００２８】

また、請求項７によれば、

前記液晶が電圧無印加時に前記フィルムに対して所定のプレチルト角、好ましくは１度から４０度、をもって配向していることを特徴とする請求項３または６記載の表示装置が提供される。

【００２９】

また、請求項８によれば、

前記$n_{F1}(\lambda_n)$を、電圧無印加時における前記液晶層の前記所定の波長（λ_n ）の光に対する前記Ｘ軸方向の平均的な屈折率とほぼ等しくし、且つ前記$n_{F2}(\lambda_n)$を、電圧無印加時における前記液晶層の前記所定の波長（λ_n ）の光に対する前記Ｙ軸方向の平均的な屈折率とほぼ等しくしたことを特徴とする請求項３乃至７のいずれかに記載の表示装置が提供される。

【００３０】

このようにすれば、電圧無印加時において、所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光およびＹ軸方向成分の光に対して共に高い透過率が得られる。

【００３１】

また、請求項９によれば、

前記$n_{F1}(\lambda_n)$と、$n_{LC1}(\lambda_n)$と、$n_{LC2}(\lambda_n)$と、前記液晶層の厚みd_{LC}と、前記フィルムの厚みd_F とを、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔８〕および〔９〕の条件

【００３２】

【数２９】

〔8〕 $n_{F1}(\lambda_n) \cdot d_F \fallingdotseq (1/4 + k/2) \cdot \lambda_n$、

〔9〕 $n_{LC2}(\lambda_n) \cdot d_{LC} \leqq (1/4 + m/2) \cdot \lambda_n \leqq \{n_{LC2}(\lambda_n) + 0.6 \cdot (n_{LC1}(\lambda_n) - n_{LC2}(\lambda_n))\} \cdot d_{LC}$、

（ここで、k、mは0または整数である。）

【００３３】

の少なくとも一方の条件を満たすようにしたことを特徴とする請求項３乃至８のいずれかに記載の表示装置が提供される。

【００３４】

この請求項９の表示装置においては、〔８〕の条件を満たす場合に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対してフィルムによる反射が強くなる。また、電圧印加時には、液晶分子が完全にフィルムに対して垂直にならない場合が多いが、条件〔９〕の範囲内において、印加電圧に応じて$n_{LC2}(\lambda_n)$ とd_{LC}とを適切に設定することにより、所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対する液晶層による反射を強くすることができる。なお、前記所定の波長（λ_n ）の光のＹ軸方向成分の光に対しては条件〔２〕より透過状態となる。

【００３５】

また、請求項１０によれば、

前記液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、少なくとも前記液晶層の前記積層方向での中央部付近において、前記フィルムに対しほぼ垂直方向に配向（ホメオトロピック配向）するようにし、

前記複合多層膜が電圧印加時に光透過状態となり電圧無印加時に光反射状態となるようにしたことを特徴とする請求項１または２記載の表示装置が提供される。

【００３６】

この請求項１０の表示装置においては、電圧印加時に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光およびＹ方向成分の光に対して共に光透過状態となり、電圧無印加時に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対して反射が強くなり、Ｙ軸方向成分の光に対しては透過状態となる。また、液晶層には誘電率異方性（$\Delta\varepsilon$）が負（$\Delta\varepsilon<0$）のものが好ましく使用される。

【００３７】

また、請求項１１によれば、

前記$n_{LC1}(\lambda_n)$ 、$n_{LC2}(\lambda_n)$ および$n_{F1}(\lambda_n)$を、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔１０〕の条件

【００３８】

【数３０】

$$n_{LC1}(\lambda_n) > n_{F1}(\lambda_n) \geqq n_{LC1}(\lambda_n) - 0.6\,(n_{LC1}(\lambda_n) - n_{LC2}(\lambda_n)) \quad [10]$$

【００３９】

を満たすようにしたことを特徴とする請求項１０記載の表示装置が提供される。

【００４０】

請求項１０の表示装置においては、電圧印加時に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対して光透過状態となるが、電圧印加時には液晶分子が完全にフィルムに対して水平にならない場合が多い。そこで、請求項１１のように、条件〔１０〕の範囲内において、印加電圧に応じて$n_{LC1}(\lambda_n)$ と$n_{F1}(\lambda_n)$とを適切に設定することにより、好ましくは$n_{F1}(\lambda_n)$を電圧印加時における液晶層の所定の波長（λ_n ）の光に対するＸ軸方向の平均的な屈折率とほぼ等しくすることにより、所定の波長（λ_n ）の光のうちＸ軸方向成分の光を電圧印加時に前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層とを十分に透過するようにすることができる。なお、前記所定の波長（λ_n ）の光のＹ軸方向成分の光に対しては条件〔２〕より透過状態となる。

【００４１】

また、請求項１２によれば、

前記$n_{F1}(\lambda_n)$を、電圧印加時における前記液晶層の前記所定の波長（λ_n ）の光に対する前記Ｘ軸方向の平均的な屈折率とほぼ等しくしたことを特徴とする請求項１０または１１記載の表示装置が提供される。

【００４２】

また、請求項１３によれば、

前記$n_{F1}(\lambda_n)$と、$n_{LC2}(\lambda_n)$と、前記液晶層の厚みd_{LC}と、前記フィルムの厚みd_F とを、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔１１〕および〔１２〕の条件

【００４３】
【数３１】
〔１１〕 $n_{F1(\lambda_n)} \cdot d_F \fallingdotseq (1/4 + k/2) \cdot \lambda_n$ 、
〔１２〕 $n_{LC2(\lambda_n)} \cdot d_{LC} \fallingdotseq (1/4 + m/2) \cdot \lambda_n$ 、
（ここで、ｋ、ｍは０または整数である。）

【００４４】
の少なくとも一方の条件を満たすようにしたことを特徴とする請求項１０乃至１２のいずれかに記載の表示装置が提供される。

【００４５】
この請求項１３の表示装置においては、〔１１〕の条件を満たす場合に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対してフィルムによる反射が強くなり、〔１２〕の条件を満たす場合に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対して液晶層による反射が強くなる。なお、前記所定の波長（λ_n ）の光のＹ軸方向成分の光に対しては条件〔２〕より透過状態となる。この表示装置は、液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、フィルム近傍において、フィルムに対してほぼ垂直方向に配向している場合に、所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対してフィルムおよび液晶層の少なくとも一方による反射が強くなる。

【００４６】
また、請求項１４によれば、
前記液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、前記フィルム近傍において、前記フィルムに対してほぼ垂直方向に配向していることを特徴とする請求項１０乃至１３のいずれかに記載の表示装置が提供される。

【００４７】
また、請求項１５によれば、
前記$n_{LC2}(\lambda_n)$ およびd_{LC}を、前記少なくとも隣り合う一組のフィルムと液晶層との間において、下記〔１３〕および〔１４〕の条件

【００４８】
【数３２】
〔１３〕 $n_{F1(\lambda_n)} \cdot d_F \fallingdotseq (1/4 + k/2) \cdot \lambda_n$ 、
〔１４〕 $n_{LC2(\lambda_n)} \cdot d_{LC} < (1/4 + m/2) \cdot \lambda_n \leqq 1.12\, n_{LC2(\lambda_n)} \cdot d_{LC}$
（ここで、ｋ、ｍは０または整数である。）

【００４９】
を満たすようにしたことを特徴とする請求項１０乃至１２のいずれかに記載の表示装置が提供される。

【００５０】
この請求項１５の表示装置においては、〔１３〕の条件を満たす場合に所定の波長（λ_n ）の光のＸ軸方向成分の光に対してフィルムによる反射が強くなる。また、液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、フィルム近傍において、フィルムに対して垂直方向から所定の角度傾いて配向している場合には、液晶層のＸ軸方向の屈折率は液晶の短軸方向の屈折率$n_{LC2}(\lambda_n)$ よりも大きくなる。そこで、条件〔１４〕の範囲内において、電圧無印加時における液晶分子の垂直方向からの傾きに応じて$n_{LC2}(\lambda_n)$ とd_{LC}とを適切に設定することにより、所定の波長（λ_n ）の光のうちＸ軸方向成分の光に対する液晶層による電圧無印加時の反射を強くすることができる。なお、前記所定の波長（λ_n ）の光のＹ軸方向成分の光に対しては条件〔２〕より透過状態となる。

【００５１】
また、請求項１６によれば、
前記液晶層に使用される液晶分子の長軸が、電圧無印加時に、前記フィルム近傍において、前記フィルムに対して垂直方向から所定の角度、好ましくは１度から４０度、傾いて配

向していることを特徴とする請求項１０、１１、１２または１５記載の表示装置が提供される。

【０１３５】

また、本発明において、上記各請求項記載の発明は、好ましくは、前記複合多層膜または前記積層された複数の複合多層膜が一対の基板間に挟持される。

【０１３６】

そして、好ましくは、前記一対の基板の一方の外側に光散乱手段を配置し、前記一対の基板の他方の外側に光吸収手段を具備する。

【０１３７】

前記液晶層は、好ましくは、ネマチック液晶、もしくはスメクチック液晶、もしくはネマチック液晶、もしくはネマチック型高分子液晶、もしくはスメクチック型高分子液晶、もしくはそれらの混合物からなる。

【０１３８】

また、前記液晶層はディスコティック液晶、もしくはディスコティック液晶とネマチック液晶との混合物からなることも好ましい。

【０１３９】

また、前記液晶層はネマチック液晶分子からなり、且つ該液晶分子の長軸は
、電圧無印加時に前記基板又は前記フィルムに対しほぼ水平方向に配列させてなるようにすることができる。

【０１４０】

また、前記液晶層はネマチック液晶分子からなり、且つ該液晶分子の長軸は
、電圧無印加時に前記基板又は前記フィルムに対しほぼ垂直方向に配列させてなるようにしてもよい。

【０１４１】

また、前記光吸収手段は、前記複合多層膜を透過する任意の波長帯域もしくは可視光領域の波長帯域の光を吸収するようにすることが好ましい。

【０１４２】

また、前記積層された複数の複合多層膜を一対の基板間に挟持する場合には、好ましくは、前記１対の基板の内面または外面に電極をそれぞれ設け、前記積層された複数の複合多層膜間の所定の部分に、少なくとも片面、好ましくは両面に電極を有する中間層を一層もしくは複数層介在させ、前記一対の基板の一方の外側に光散乱手段、前記一対の基板の他方の外側に光吸収手段を配置する。

【０１４３】

また、好ましくは、前記各複合多層膜毎に独立に電圧印加する電極を配置する。

【０１４４】

また、好ましくは、前記液晶層はネマチック液晶分子からなり、前記表示装置は、該ネマチック液晶分子の略長軸方向もしくは該長軸方向と略直交する方向の偏光成分の光を反射するように設定された複合多層膜を少なくとも含む。

【０１４５】

また、好ましくは、前記フィルムは光学的に略一軸性を持ったフィルム、又は延伸させたフィルムである。

【０１４６】

また、好ましくは、前記積層された複合多層膜を２つのブロックに分割し、第１のブロックの液晶層の液晶分子長軸方向と第２のブロックの液晶層の液晶分子長軸方向とをほぼ直交させる。

【０１４７】

この場合に、好ましくは、前記第１及び第２のブロックに独立に電圧印加する電極を配置する。

【０１４８】

また、好ましくは、前記フィルム面の少なくとも一面に前記液晶層の材料を塗布し、前記

液晶材料が塗布されたフィルムを、複数層ローラーで重ね合わせ、一体化させて前記複合多層膜を形成する。

【０１４９】

そして、好ましくは、前記ローラーで重ね合わせる際に、定められた温度に加熱して、前記液晶層の粘度を下げた状態で、一体化させる。

【０１５０】

また、前記フィルムに予め一軸延伸処理を施し、液晶分子を配向させる配向機能を持たせておくことも好ましい。

【０１５１】

また、前記フィルム面上に前記液晶層の材料を塗布し、前記液晶材料が塗布されたフィルムを、複数層ローラーで重ね合わせ、一体化させた後、更に圧延ローラーで延伸処理を施し、フィルムの厚みと液晶層の厚みとを、所定の値に合わせ込むことにより前記複合多層膜を形成することも好ましい。

【０１５２】

また、前記フィルムに導電性を付与させてもよい。

【０１５３】

また、前記複合多層膜は、前記液晶層と前記フィルムを少なくとも１０層以上積層して構成することが好ましい。

【０１５４】

さらに好ましくは、前記複合多層膜は、前記液晶層と前記フィルムを少なくとも２１層以上積層して構成する。

【０１５５】

【発明の実施の形態】

次に本発明の実施の形態を添付の図面を参照して説明する。

【０１５６】

（第１の実施の形態）

図１は、本発明に係わる表示装置の基本構造及びその表示原理を示す図、すなわち、反射／透過を制御する光変調素子の基本構造を示す図である。１及び２は、透明プラスチック板、もしくは透明プラスチックフィルム、もしくは透明ガラス板からなる上、下基板、３および４は、該上、下基板上１、２にそれぞれ形成された透明電極層で、酸化インジウム、酸化スズ、又はそれらの混合物からなる。８、９、１０、１１は液晶層、５、６、７はプラスチックフィルム（以下、単にフィルムと呼ぶ）で、該液晶層８、９、１０、１１と該フィルム５、６、７は交互に重なり合って複合多層膜１８を構成している。１２は上下の基板１、２を接着固定する周辺シール部で、以上より本発明の表示装置は基本的に構成されている。本実施の形態に於いては、液晶層８、９、１０、１１は誘電異方性が正のネマチック液晶を用い、その液晶分子長軸はフィルム５、６、７の面にほぼ水平に配向させてある。

【０１５７】

図２（ａ）、図２（ｂ）は、本発明の表示原理を示す図で、フィルム５、６、７、液晶層８、９、１０、１１を抜き出して図示している。従って、図１の各フィルム、各液晶層に図番を対応させてある。図２（ａ）は図１の１３の領域すなわち上下の電極３、４間に電圧が印加されていない領域（詳しくは液晶のしきい値電圧以下の電圧印加状態の領域を示すと考えてもよい。以下、各実施の形態および各実施例における電圧無印加の状態とは同様の状態であると考えてもよい。）の状態を示す図である。ここでは、液晶分子はフィルム面に対し、ほぼ水平に配向した状態であり、液晶層の液晶分子長軸方向の屈折率はn_{LC1}である。図２（ｂ）は、図１の１４の領域、すなわち上下の電極３、４間に電圧の印加されている領域（詳しくは液晶の飽和電圧の印加状態の領域を示すと考えてよい。以下、各実施の形態および各実施例における電圧印加の状態とは同様の状態であると考えてもよい。）の状態を示す図である。ここでは液晶分子はフィルム面に対し略垂直に配向した状態で、液晶層の屈折率は液晶分子短軸方向の屈折率n_{LC2}である。ネマチック液

晶の一般的性質より、電圧印加の有無により液晶層の屈折率は変化し、

【０１５８】

【数４９】

$$n_{LC1} > n_{LC2} \quad \cdots (1)$$

【０１５９】

である。そこで、

【０１６０】

【数５０】

$$n_{LC2} \fallingdotseq n_F \quad (n_F \text{ はフィルムの屈折率}) \quad \cdots (2)$$

【０１６１】

（２）式を充たすような液晶材料及びフィルム材を選定し、上記液晶層８、９、１０、１１およびフィルム５、６、７に使用すると図１、図２（ｂ）に示すように電圧印加領域１４では、上記液晶層とフィルムとの境界では屈折率差がなく、入射光１６はそのまま透過する。

【０１６２】

実際には、上述した様に、液晶分子は上記液晶層の層内全てで、フィルム面に対して垂直に配列する事はなく、フィルム面に近接した液晶分子はフィルム面に水平な方向成分を持つ配列を取る。従って、この時の各液晶層の平均的な屈折率はn_{LC2}とはならず、それよりも大きな屈折率《n_{LC2}》（《n_{LC2}》＞n_{LC2}）となる。この場合にはフィルムの屈折率n_Fを《n_{LC2}》とした場合、すなわち

【０１６３】

【数５１】

$$\langle\!\langle n_{LC2} \rangle\!\rangle = n_F \quad \cdots (2)'$$

【０１６４】

の場合に入射光１６を最も強く透過する。

【０１６５】

更に好ましくは、フィルムには若干の複屈折性（Ｘ軸方向の屈折率をn_{F1}、Ｙ軸方向の屈折率をn_{F2}とする。なおここでＸ軸方向とはフィルムに隣接する上記液晶分子の長軸方向であり、Ｙ軸方向とは同短軸方向である。）を持たせ

【０１６６】

【数５２】

$$\langle\!\langle n_{LC2} \rangle\!\rangle = n_{F1} \cdots (2)'' \qquad n_{LC2} = n_{F2} \cdots (2)''$$

【０１６７】

とすれば、入射光１６は、表面、裏面による反射損失を除き殆ど全て透過する。

【０１６８】

次に電圧無印加領域１３に於いては、文献１（応用光学ＩＩ、鶴田匡夫著、４－３－３（ＩＩ）参照）に示すように、次式（３）、（４）

【０１６９】

【数５３】

$$n_{LC1} \cdot d_{LC} = (1/4 + m/2)\,\lambda_0 \quad (d_{LC}\text{は液晶層８、９、１０、１１の厚み、}\lambda_0\text{は入射光１５、１６の波長、mは０又は任意の整数}) \quad \cdots (3)$$

$$n_F \cdot d_F = (1/4 + k/2)\,\lambda_0 \quad (d_F\text{はフィルム５、６、７の厚み、kは０又は任意の整数}) \quad \cdots (4)$$

【０１７０】

を充たすように、液晶層８、９、１０、１１の厚みと、フィルム５、６、７の厚みを設定すれば、図１、図２（ａ）に示すように、波長λ_0の入射光１５を最も強く干渉反射す

る。
【０１７１】
又、反射光１７の強度は、上記液晶層及びフィルムの枚数の多い程、言い換えれば上記複合多層膜の層数の多い程、反射光１７の強度は増す。本実施の形態の図面ではフィルムと液晶層との合計で７層しか描かれていないが、好ましくは１０層以上が良い。
【０１７２】
以上の様に、正の誘電異方性を持つネマチック液晶材料とフィルム材料とを（２）式、（２）’式または（２）’’式および（２）’’’式を充たす様にそれぞれ選定し、（３）式、（４）式を充たす様に液晶層の厚みとフィルムの厚みとを合わせ込み、上記液晶層とフィルムを交互に好ましくは１０層以上積み重ねれば、電圧印加時には入射光が透過し、電圧無印加時には入射光が反射する光変調素子が出来、表示装置として機能する事が判る。そして、上記表示装置では、光を吸収する偏光板を使用せず、光を有効に利用した明るい表示装置となる事も明らかである。更にフィルムと液晶層との境界面がフラットであるため、従来例１に比べ、その干渉反射強度も明るさで優れている事も判る。
【０１７３】
上述した第１の実施の形態では、液晶層としてネマチック液晶材料を用いたが、複屈折性を有し、電界で液晶分子方向が変わり、それにより屈折率が変化する条件を備えた材料ならば何でも良く、ネマチック液晶の他、スメクチック液晶、カイラルスメクチック液晶、ネマチック液晶分子又はスメクチック液晶分子をポリマー鎖に結合させた高分子液晶、更には上記液晶と高分子液晶の混合物などの材料も液晶層として使用できる。
【０１７４】
特に文献２（液晶、基礎編、岡野光治・小林駿介共著、培風館、１．３参照）に示されるディスコティック液晶を用いれば、光学的に負の一軸性を持った複屈折性を有している事から、フィルム層に略水平に配向させた時、入射光に対する屈折率が全ての偏光方向で一様となり、より強い多層膜干渉反射が得られる。この場合、上記ディスコティック液晶そのものだけを電界で分子方向制御してもよいが、特にネマチック液晶とディスコティック液晶とを混合した液晶を用いれば、粘度も下がり、より容易に電界に従って分子軸の向きを変える事ができる。
【０１７５】
尚、本実施の形態を反射型表示装置として用いる場合、下基板２の外側に光吸収層を配置してもよく、電圧無印加領域で波長λ_0　光の表示、電圧印加領域で透過光が吸収されて黒色表示となる、偏光板が不要でコントラストの高い表示装置が実現できる。
【０１７６】
（第２の実施の形態）
次に本発明に係わる表示装置の第２の実施の形態を図３により説明する。３１、３２は各々上、下基板であり互に対向する面上に透明電極膜３３、３４をそれぞれ有する。２３、２４、２５、２６は各々液晶層で、２７、２８、２９は各々フィルムで、各液晶層と各フィルムは図示する様に、交互に重なり合った構造をとり、全体として複合多層膜３０を形成している。３５はエポキシ樹脂等からなり上下基板を固着する周辺シール部である。本実施の形態では、誘電異方性が正のネマチック液晶材料を上記液晶層２３、２４、２５、２６に使用し、各フィルム面に対しほぼ水平配向をさせている。
【０１７７】
上記ネマチック液晶材料の複屈折率をn_{LC1}’（液晶分子の長軸方向）、n_{LC2}’（液晶分子の短軸方向）とし、n_{LC1}’＞n_{LC2}’となるように設定する。一方、フィルム２７、２８、２９は一軸性の複屈折性を有するフィルムであり、その屈折率はＸ軸方向の屈折率をn_{F1}’、Ｙ軸方向の屈折率をn_{F2}’とし、n_{F1}’＞n_{F2}’となるように設定する。一般的にフィルムを延伸処理した場合、多くのフィルム材は延伸方向の光軸屈折率が大きく、延伸方向と直交する方向の光軸屈折率が小さくなる一軸性の複屈折性を示す事が知られている。この場合、延伸方向が上記Ｘ軸であり、該Ｘ軸と直交する方向がＹ軸となる。そして、上記ネマチック液晶分子は各フィルム２７、２８、２９

の各面に対し水平にかつその分子長軸方向を上記フィルムのＸ軸方位に配列させてある。

【０１７８】

さらに本実施の形態では、電圧無印加領域４０で波長λ_0　の入射光３６が透過するように条件を設定してある。すなわち、波長λ_0　に対して、

【０１７９】

【数５４】

$$n_{LC1}' \fallingdotseq n_{F1}' \cdots (5)$$
$$n_{LC2}' \fallingdotseq n_{F2}' \cdots (5)$$

【０１８０】

を充たす様に、まず液晶材料、及びフィルム材料を選定する。次に電圧印加部で波長λ_0　の入射光３７が最も強く干渉反射をおこすように、文献１に従い

【０１８１】

【数５５】

$$n_{LC2}' \cdot d_{LC}' \fallingdotseq (1/4+m/2)\lambda_0 \cdots (6)$$
$$n_{F1}' \cdot d_F' \fallingdotseq (1/4+k/2)\lambda_0 \cdots (6)$$

(d_{LC}'及びd_F'はそれぞれ液晶層２３、２４、２５、２６及びフィルム２７、２８、２９の厚み、ｋ，ｍは０又は任意の整数)

【０１８２】

の条件を充たす様に、各液晶層の厚み（d_{LC}'）と各フィルムの厚み（d_F'）を設定すれば、電圧無印加領域４０では波長λ_0　の入射光３６は透過し、電圧印加領域３９では波長λ_0　の入射光３７は反射し、反射光３８となる。

【０１８３】

前述した様に、本実施の形態に於いても反射光強度を上げて、明るい表示装置を得るためには、複合多層膜３０の液晶層及びフィルムの層数を少なくとも１０層以上にする事が好ましい。以上の様に、本実施の形態では電圧印加時に入射光を反射し、電圧無印加時に入射光を透過する表示装置で、第１の実施の形態とは、逆転したパターン表示が可能となる。

【０１８４】

尚、本実施の形態を反射型表示装置としても用いる場合、下基板３２の外側に光吸収層を配置してもよく、電圧無印加領域は透過光が吸収されて黒色表示となり、電圧印加領域では波長λ_0　光の表示となり、偏光板が不要でコントラストの高い表示装置が実現できる。

【０１８５】

（第３の実施の形態）

図４は本発明の第３の実施の形態で、４１、４２はそれぞれ上、下基板、４３、４４はそれぞれ該上、下基板４１、４２の互いに対向する面上にそれぞれ形成された透明電極、４５はエポキシ樹脂等からなり上下基板を固着する周辺シール部である。４６、４７、４８、４９は液晶層で、フィルム５０、５１、５２とそれぞれ交互に積層され、複合多層膜５７を形成している。本実施の形態に於いては、液晶層４６、４７、４８、４９にはネマチック液晶材料を用い、該ネマチック液晶材の分子配列は、電圧無印加時に於いて、上、下基板４１、４２、及びフィルム５０、５１、５２の各面に対して液晶分子の長軸を略垂直（ホメオトロピック配列）に配向させておく。そして、上記ネマチック液晶として誘電異方性が負の液晶材を選択すれば、上記上下電極４３、４４間にほぼ飽和電圧が印加された電圧印加領域５４では、上記液晶分子は上、下基板４１、４２及びフィルム５０、５１、５２の各面にほぼ水平に配向する。上記ネマチック液晶材のその分子長軸方向の屈折率をn_{LC1}''、その分子短軸方向の屈折率をn_{LC2}''（$n_{LC1}'' > n_{LC2}''$）となるように設定し、入射光５５、５６の波長λ_0　に対して

【０１８６】

【数５６】

$$n_{LC2}'' \fallingdotseq n_{F1}'' \fallingdotseq n_{F2}'' \quad \cdots (7)$$

(n_{F1}''、n_{F2}''はそれぞれフィルム５０、５１、５２のX軸及びY軸方向の屈折率)

【０１８７】

（７）式を充たすように上記液晶層４６、４７、４８、４９と上記フィルム５０、５１、５２の材料を選択すれば、電圧無印加領域（詳しくは液晶のしきい値電圧以下の電圧印加状態の領域）５３に於いては、上記フィルムと液晶層の境界面に於いては屈折率の差が殆どなく、波長λ_0　の入射光５５はほぼ透過する。

【０１８８】

ここでも前述したように入射光５５に対する液晶層４６、４７、４８、４９の各層の層内にわたる平均屈折率《n_{LC2}''　》とフィルムの屈折率とを一致させる事が、最も強い透過光を得るために有効である。

【０１８９】

更に入射光波長λ_0　に対して、下記（８）、（８）’式を充たす様、液晶層厚、フィルム厚を設定すれば、

【０１９０】

【数５７】

$$n_{LC1}'' \cdot d_{LC}'' \fallingdotseq (1/4+m/2)\lambda_0 \cdots (8),$$

$$n_{F1}'' \cdot d_F'' \fallingdotseq (1/4+k/2)\lambda_0 \cdots (8)$$

(d_{LC}''及びd_F''はそれぞれ液晶層４６、４７、４８、４９及びフィルム５０、５１、５２の厚み、k，mは０又は任意の整数)、

【０１９１】

電圧印加領域５４にて波長λ_0　の入射光５６は、複合多層膜５７により強く干渉反射される。以上の様に、電圧印加の有無により、入射光の反射／透過のスイッチングが可能となり、表示装置として機能する事が判る。

【０１９２】

尚、本実施の形態を反射型表示装置として用いる場合、下基板４２の外側に光吸収層を設けてもよい。そうすると、電圧無印加領域では透過光が吸収されて黒色表示となり、電圧印加領域では波長λ_0　の光の表示となり、偏光板が不要でコントラストの高い表示装置を実現できる。

【０１９３】

以上、３つの実施の形態を示したが、表示装置としては干渉反射波長（λ_0　）の波長帯域を広げた明るい表示装置が望ましい。

【０１９４】

最も望ましい白色反射光を得るためには、赤、緑、青色等各色の波長域で、前記干渉反射条件を充たす各複合多層膜を用意し、それらを重ね合わせた多重複合多層膜を使用すれば良い。又、前記液晶層、フィルムの各々厚みを連続的に変え、好ましくは１００層以上とした複合多層膜を使用しても、明るい表示装置の実現は可能となる。更に、上記実施の形態に用いたネマチック液晶の代わりに、特にディスコティック液晶を用いれば、フィルムにほぼ水平に配向した状態で、ほぼ均一な光の屈折率（入射光の各偏光に対して屈折率がほぼ均一）をもつため、より光反射率が高く明るい表示装置となる。又、前述した（２）、（２）’、（５）、（５）’、（７）式では波長λ_0　に対して、液晶層の一方の屈折率とフィルムの屈折率とを一致させ、入射光が透過するようにさせたが、可視光波長域で全て上述した各式を充たす様な屈折率を実現する事が好ましいが、そのためには、フィルム材料の屈折率の波長分散と液晶材料の屈折率の波長分散とをできるだけ合わせる事も、各材料の選定にあたっては重要である。しかし、一般的には液晶とフィルムの波長分散を一致させる事は困難で、その場合、フィルム材を固定し、干渉反射波長毎に（２）、（２）’、（５）、（５）’、（７）式を充たす様に液晶材の屈折率を成分調合比により調整する方法が現実的である。

【０１９５】

（第４の実施の形態）
次に、本発明に係わる明るい反射型表示装置の第４の実施の形態を図５を用いて説明する。１４８、１４９、１５０、１５１は液晶層、１４５、１４６、１４７はフィルム層で、それらは交互に重なり合って複合多層膜１５９を形成している。上記液晶層１４８、１４９、１５０、１５１とフィルム１４５、１４６、１４７の各層の屈折率と厚みは前述した第１の実施の形態に示した様に、式（１）、（２）、（２）’、（３）、（４）をほぼ充たす様に設定された複合多層膜１５９である。１５２は上基板１４２の上部に形成された光散乱層又は光散乱板からなる光散乱部である。１５３は下基板１４１の下部に形成された光吸収層又は光吸収板からなる光吸収部である。本実施の形態の動作は、まず電圧無印加領域１５４に入射した光１５６は第１の実施の形態に示した様に干渉反射され、該反射光は光散乱部１５２で散乱光１５８となり、外部に放出される。従って鏡面のような反射光ではなく、紙面による反射光のような見易い散乱反射光となる。一方、電圧印加領域１５５では、入射した光１５７は前述の第１の実施の形態に示した様に、そのまま透過し、光吸収部１５３迄到達して吸収される。従って、電圧印加領域１５５では光吸収部１５３の色が観察される。
【０１９６】
本実施の形態では、各液晶層１４８、１４９、１５０、１５１の厚みは全て等しく、更に各フィルム１４５、１４６、１４７の厚みも全て等しく設定してあるため、限られた波長λ_0　の光でしか透過／反射の電圧制御ができなかったが、可視光波長域全ての波長域で、上記干渉反射条件を充たすためには、上記広い可視光波長域を構成する個々の狭い波長域（λ_0　、λ_1　、λ_2　、・・・、λ_n　）毎に、各々干渉反射条件を充たすよう上記した実施の形態の複合多層膜を設け、干渉反射する波長の異なるｎ個の複合多層膜を積層して、各液晶層とフィルムの厚みの組み合わせを光の進行方向に沿って変え、トータルの層数を増やせばよい。つまり、前述した様に、赤、緑、青色等の各色の波長域で、前記干渉反射条件を充たす各複合多層膜を用意して、それらを重ね合わせた多重複合多層膜を複合多層膜１５９として使用すれば、白色背景に黒表示を表示する（又は黒色背景に白色表示すること）事も可能である。この場合、勿論、光吸収部１５３は黒色にしておく事が必要である。
【０１９７】
以上第４の実施の形態によれば、可視光の各波長域に対応した干渉反射の条件を充たす複数の複合多層膜により、従来例のように偏光板による光吸収がなく、又、従来例１、２と違い液晶層とフィルム層の境界面はフラットのため、干渉反射強度の高い、明るい白／黒表示外観をもった反射型表示装置が提供できる。更に上述した干渉ピッチの異なる複数の複合多層膜を重ねた多重複合多層膜も、前述した方法により、容易に得られる。
【０１９８】
（第５の実施の形態）
図６は、第５の実施の形態で、白色の背景地上に黒、赤、青等、多数の色の文字、図形等を表示させる例である。
【０１９９】
６１、６２は内面に透明電極を有する上、下基板、６３は前述した様に液晶層とフィルム層とを交互に積み重ねた複合多層膜であり、第４の実施の形態にて説明したように、液晶層及びフィルムの厚みの組み合わせは複合多層膜６３の上下方向で異ならせ、可視光領域全体の波長光に対して干渉反射条件を充たす様に設定されている。また、複合多層膜６３は第１の実施の形態で述べた式（１）、（２）、（２）’、（３）、（４）をほぼ満たす。図６に於いては、紙面の制約から液晶層とフィルム層とを合わせて７層しか描かれていないが、可視光波長域全てで充分な干渉反射を行うためには、可視光領域内の複数の波長を干渉反射する複合多層膜を反射すべき波長毎に設け、これを積層することになるので、液晶層とフィルム層とを合わせた全層数を少なくとも１００層以上とすることが好ましい。６４、６５、６６は光吸収部でそれぞれ黒、赤、緑色の色違いの光吸収層又は光吸収板からなる。６４、６５、６６を黒、赤、緑色のフィルタとし、その下に光反射層６８を形

成してもよい。６７は光散乱部である。本実施の形態では、電圧無印加領域に於いては、上記複合多層膜６３は可視光波長域の光を干渉反射し、ほぼ白色Ｗを呈する。一方、電圧印加領域に於いては、入射光はそのまま透過し、下部に配された異なった色調をもつ光吸収部（フィルタ部）６４、６５、６６で吸収され、このフィルタ部を透過し、反射層６８により反射された波長帯域が、異なった色の表示として現れる（図中では赤色光と緑色光が反射されている）。なお、黒の光吸収部６４は多層膜層を透過した光を吸収するため、この部分においては電圧印加時には黒表示となる。従って同一表示面上で白色地の背景に、黒色、赤色、緑色等を表示し図形／文字表現する事が可能である。更に前記光吸収部６４、６５、６６を画素毎に赤、青、緑の光吸収部に置き換えれば、フルカラーの反射型表示装置にもなる事は明白である。

【０２００】

尚、光吸収部を赤、青、緑のカラーフィルタとして下基板の内面に配置しても構わない。この場合、反射層は下基板６２の電極を反射電極としてもよく、また反射層を下基板の外側に配置しても構わない。

【０２０１】

（第６の実施の形態）

図７は、本発明の第６の実施の形態で、７１、７２は内面に透明電極を有する上、下基板、７４は光吸収部、７３は光散乱部である。８０、８１は、それぞれ液晶層とフィルム層とが交互に積層してなる複合多層膜で、前述した様に、電圧無印加時に於いて所望の波長域で干渉反射条件を充たす様に、各層の屈折率及び膜厚が設定されている。７７はフィルム層で、上記複合多層膜８０、８１を構成するフィルムと同じ材質、厚みでも、違う材質、厚みでも構わない。上記フィルム層７７の上、下面にはそれぞれ透明電極層７８、７９が形成されている。これにより、上下２つの複合多層膜８０と８１とを別々に電圧印加できるため、駆動電圧が約半分に低減できる。上述した例では、透明電極層を有するフィルム層７７を中間部に１層挟んだが、複数層挟めば、更に駆動電圧が低減でき、耐圧の低い半導体ＩＣドライバーによる表示駆動も可能となる事は明らかである。図中、電極７５と７８に接続された構成、電極７６と７９に接続された構成は駆動回路を示す（後述の実施の形態でも同様）。この２つの駆動回路は２つの複合多層膜を別々に駆動してもよい。別々に駆動すれば、反射強度が２段階に制御できる。また、別々に駆動される複合多層膜をより多く設けてもよく、この場合には反射強度がより多レベルとなり階調表示が可能となる。本実施の形態のように、複合多層膜の間に電極を有する中間フィルムを介在する構成は、前述の全ての実施の形態と組み合わせることができる。

【０２０２】

このように、本発明では、フィルム層を表示機能材の一つとして用いるため、容易に中間部に電極層が挿入でき、低電圧駆動が可能になるとともに、以下の実施の形態に示すように、反射型カラー表示装置も容易に実現できる。

【０２０３】

（第７の実施の形態）

図８は、本発明による第７の実施の形態で、明るい反射型カラー表示装置の具体例である。９１、９２は上、下基板で互に対向する面上に透明電極膜１０８、１０９をそれぞれ有している。９３は黒色の光吸収部、９４は光散乱部である。９５は複合多層膜で、前述した様に液晶層とフィルム層との複合多層膜からなる。又、該液晶層及び該フィルム層の各々の屈折率と層厚は、前述した方法に従い、電圧無印加時に赤色光を選択的に干渉反射し、電圧印加時には透過するように設定されている。図８に於いては、該複合多層膜９５は３層構造のものとして図示されているが、実際は、１０層以上の複合多層膜９５が良好な干渉反射を得るために好ましい。同様に、複合多層膜９６、９７は各々緑色、青色を電圧無印加時に選択的に干渉反射するように、そして電圧印加時には透過するように、各々の液晶層とフィルム層の屈折率及び層厚が設定されている。９８、９９は各々上下面に透明電極１００と１０１及び１０２と１０３を有する中間フィルム基板である。本実施の形態に於いては、上述した通り、赤色光選択反射層９５、緑色光選択反射層９６、青色光選択

反射層９７の３つの複合多層膜からなる多重複合多層膜を有し、中間フィルム基板９８、９９を各色の複合多層膜間に挿入する事により、各々の複合多層膜９５、９６、９７を独立して電圧を印加する事が可能になり、赤色、緑色、青色を自由に表示制御できる。図８に示す様に、表示領域１１０では、赤色光選択反射層９５、緑色光選択反射層９６、は電圧が印加されていないため、それぞれ色光を干渉反射し、青色光選択反射層９７には電圧が印加されていることにより、青色光はそのまま透過し、下部の黒色光吸収部９３で吸収される。よって、赤色、緑色光が反射し、反射光１０６は黄色となる事を示している。一方、表示領域１１１では、赤色光選択反射層９５、緑色光選択反射層９６は共に電圧印加され、それぞれ、赤及び緑色光が透過し、黒色光吸収部９３で光吸収され、青色光選択反射層９７では電圧無印加で青色光が干渉反射される。よって表示領域１１１では青色を呈する。

【０２０４】

上述した様に、本実施の形態に於いては、赤色光を選択反射する赤色複合多層膜９５、緑色光を選択反射する緑色複合多層膜９６、青色を選択反射する青色複合多層膜９７を各々積層し、各々の複合多層膜を挟んで、透明電極層９８、９９を配するため、各色毎独立に光透過率／反射率を制御できる。本実施の形態にて白色表示する場合は、３つの複合多層膜９５、９６、９７を共に電圧印加しない場合であり、赤、青、緑色光が共に反射して白色表示となる。また、黒色表示の場合は、３つの複合反射膜９５、９６、９７に電圧印加した状態であり、この場合入射光は透過して光吸収部９３に吸収されて黒色表示となる。従って、白色地に黒は勿論、白色地に赤、青、緑色又はそれらの混合色が自由に表現できる明るいフルカラー反射型表示装置が可能となる。上述した例では、赤、緑、青色に対応した複合多層膜を用いたが、勿論、色の組み合わせは、シアン、マゼンダ、イエロー等自由に選択できる。

【０２０５】

（第８の実施の形態）

図９は本発明の第８の実施の形態で、１１２、１２６は内面に透明電極を有する上、下基板、１１３は黒色の光吸収部、１１４は光散乱部、１１５は複合多層膜でネマチック液晶層１２３とフィルム層１２４とが交互に積層された構造から構成される。ここでは液晶層１２３は、電圧無印加時に於いて、液晶分子の長軸方向を揃え、しかもフィルム層１２４の面にほぼ水平に分子軸が揃った（ホモジニヤス配向）液晶層を使用している。上述した、液晶分子の長軸を揃え、基板面に水平に配向させる方法としては、既存の液晶表示装置の製造方法として一般的なポリイミド樹脂とラビング工程の組み合わせでも、簡単に達成できるが、本実施の形態では後述する様にフィルム層１２４を延伸した膜にすれば、その面上の液晶分子は長軸を延伸方向に揃えて並ぶ性質があり、特別な配向処理をしなくとも、上記配向をもった液晶層を実現できる。上記ネマチック液晶層では、液晶分子の長軸方向と短軸方向とでは屈折率が異なる。今、電圧無印加領域１１７に於いて、液晶分子の長軸が紙面に平行に向くように配向させた場合、紙面に平行の入射偏光成分と、紙面に垂直の入射偏光成分とでは、液晶層の屈折率が異なってくる。本実施の形態では、液晶分子長軸方向の屈折率（n_{LC1}）とフィルムの屈折率（n_F）とが一致する様に液晶材料とフィルム材料を選定する。そのため、電圧無印加時においては、入射光１１８のうち、紙面に平行な偏光成分１１９は複合多層膜１１５を透過し下部の黒色光吸収部１１３にて吸収される。一方、紙面に垂直な偏光成分１２０に対しては、液晶層１２３の屈折率はn_{LC2}（$n_{LC1} > n_{LC2}$）となり、フィルム層の屈折率（n_F）とは異なる。ここで、フィルム層の厚み（d_F）と液晶層の厚み（d_{LC}）とを

【０２０６】

【数５８】

$$n_F \cdot d_F \fallingdotseq (1/4 + k/2)\lambda \cdots\cdots (9),$$
$$n_{LC2} \cdot d_{LC} \fallingdotseq (1/4 + m/2)\lambda \cdots (9)',$$

（λは入射光の波長、k，mは０又は任意の整数）

【０２０７】

（９）、（９）’式を充たす様に設定すれば、波長λの光に対する干渉反射の条件を充たし、反射光１２７として反射する。一方、電圧印加領域１１６に於いては、液晶層１２３の液晶分子はフィルム層１２４の面に対して略垂直に配向し、入射光１２５から見た液晶層１２４の屈折率は、全ての入射偏光面に対して（n_{LC3}）となる。ネマチック液晶の一般的な性質から、

【０２０８】

【数５９】

$$n_{LC3} \fallingdotseq n_{LC2} \quad \cdots (10)$$

【０２０９】

が成り立ち、上記（９）式に従い、波長λの入射光１２５は全て反射し、反射光１２１、１２２となる。

【０２１０】

上述した干渉反射の条件は、波長λの光に対して作用するが、前述した様に、液晶層厚とフィルム層厚の組み合わせを変えた複数の複合多層膜を重ねた多重複合多層膜を複合多層膜１１５の代わりに用いれば、可視光波長域全てをカバーする干渉反射波長巾の広い白色背景の明るい表示装置が実現できる。

【０２１１】

（第９の実施の形態）

図１０は、本発明の第９の実施の形態で、１３０、１３１はそれぞれ内面に透明電極を有する上、下基板、１３２は黒色の光吸収部、１３５は光散乱部である。１３３は複合多層膜で、正の誘電異方性を持つネマチック液晶層（以下、本実施の形態においては、単にネマチック液晶層と呼ぶ）１４３とフィルム１４２を交互に積み重ねた構造を有する。１３４も複合多層膜で、やはりネマチック液晶層１４４とフィルム１４５の積層構造から成る。

【０２１２】

本実施の形態に於いては、電圧無印加時には、液晶層１４３の液晶分子の長軸方向は各フィルム１４２の面にほぼ水平、且つ紙面にほぼ平行になるようにホモジニヤス配向させてある。一方、液晶層１４４では、やはり電圧無印加時に於いては、液晶分子の長軸方向は各フィルム１４５の面に対しては、ほぼ水平方向であるが、紙面に対してはほぼ垂直の方向、つまり上記１４３の液晶層の液晶分子長軸とは略直交する方向にホモジニヤス配向させてある。

【０２１３】

上記ネマチック液晶層は複屈折性を有するが、今、液晶分子の長軸に平行な偏光に対する屈折率をn_{LC1}、そして該長軸に垂直な偏光に対する屈折率をn_{LC2}とする。

【０２１４】

更にフィルム１４２、１４５の屈折率は、Ｘ軸方向の屈折率をn_{F1}、Ｙ軸方向の屈折率をn_{F2}（$n_{F1} \geqq n_{F2}$）とおく。ここで、Ｘ軸方向は隣接する上記ホモジニヤス配向を取る液晶分子の長軸方向と略一致させてある。そこで

【０２１５】

【数６０】

$$n_{F2} \fallingdotseq n_{LC2} \quad \cdots (11)$$

$$n_{LC2} \leqq n_{F1} < n_{LC1} \quad \cdots (11)'$$

【０２１６】

となるようにフィルムの屈折率n_{F1}、n_{F2}を設定すれば入射光１４１は複合多層膜１３３、１３４を透過する。

【０２１７】

なお、前述した様に、電圧印加時に液晶分子は上記液晶層の層内全てでフィルム面に対して垂直に配列する事はなく、フィルム面に近接した液晶分子は、フィルム面に水平な方向成分を持つ配列を取る。従って、この時の各液晶層の平均的な屈折率はn_{LC2}とはな

らず、n_{LC2} よりも大きく、n_{LC1} よりも小さな値となる。従ってフィルムのＸ軸方向の屈折率n_{F1}は、入射光１４１に対する液晶層の電圧印加時に於けるＸ軸方向の平均的な屈折率《n_{LC2} 》と等しくした時に入射光１４１は最も強く透過する。

【０２１８】

次に電圧無印加時の反射条件として、

【０２１９】

【数６１】

$$n_{LC1} \cdot d_{LC} \fallingdotseq (1/4+m/2)\lambda \cdots (12)$$
$$n_{F1} \cdot d_{F} \fallingdotseq (1/4+k/2)\lambda \cdots (12)'$$

（d_{LC}は液晶層１４３、１４４の厚み、d_F はフィルム層１４２、１４５の厚み、λは入射光１３８、１４１の波長とする、ｋ，ｍは０又は任意の整数）

【０２２０】

（１１）、（１１）’、（１２）、（１２）’式を充たす様に液晶層１４３、１４４の屈折率と厚み、及びフィルム層１４２、１４５の屈折率と厚みを設定すれば、前述した説明に従い、図１０に示す通り、電圧無印加領域１３６に於いては、波長λの入射光１３８は、紙面に平行な偏光成分は複合多層膜１３３で反射（反射光１３９）される。そして、入射光１３８の紙面に垂直な偏光成分は、複合多層膜１３３では（１１）式を充たす為透過し、複合多層膜１３４に到達し、そこで（１２）、（１２）’式より、干渉反射を受け反射され、反射光１４０となる。従って、波長λの入射光１３８は電圧無印加領域１３６では全て反射される。ここでも前述した通り、複合多層膜１３３、１３４の層数を増やし、尚且つ各層厚の組み合わせの異なる複数の複合多層膜を重ね合わせた多重複合多層膜とすれば、反射光波長域を拡大し、白色反射光を得る事が可能である。

【０２２１】

一方、電圧印加領域１３７に於いては、液晶層１４３、１４４を構成する液晶分子が正の誘電異方性を持つネマチック液晶材であるため、フィルム１４２、１４５の各面に対し、略垂直に該液晶分子の長軸を揃える。従って全ての偏光に対し、（１１）、（１１）’式を充たし、入射光１４１は複合多層膜１３３及び１３４を透過し、下部の黒色光吸収部１３２にて光吸収される。勿論、この透過率を上げるためには、全ての可視光波長域に対しても（１１）、（１１）’式を充たすよう、液晶層とフィルム層の屈折率を合わせ込む配慮が重要である。

【０２２２】

以上の様に、本実施の形態に於いては、入射する光の全ての偏光に対して、ほとんどを散乱反射する白色地に、ほぼ完璧な黒色表示（黒色地に白色表示も可能）を表現でき、まさに紙に黒色表示を描いたような明るい反射型表示装置が可能になる。

【０２２３】

又、第９の実施の形態で示した紙面に垂直と並行の２つの偏光軸に対してそれぞれ干渉反射条件を充たす２つの複合多層膜をペアにした二重複合多層膜を、前述した第１乃至第７の実施の形態に示した各複合多層膜の代わりに用いれば、よりコントラストの高い表示装置が実現できることは容易に理解できる。

【０２２４】

図１０に於いては、第６の実施の形態と同様に複合多層膜１３３と１３４の中間に、上、下電極層１３７、１３８を有するフィルム１３６を中間電極層として挿入してあるが、これにより、より低い電圧で表示動作をさせる事が可能になる。

【０２２５】

以上、９つの実施の形態により本発明を説明してきたが、本発明に用いたフィルム材料は、略透明で薄膜化できるフィルム材料ならば、何でも良い。例えば、ポリエチレンナフサレート樹脂、ポリエステル樹脂、ポリカーボネート樹脂、セルロース系樹脂、ポリエーテルサルホン系樹脂等、種々の屈折率を持った樹脂から選択できる。液晶材料は、前述した様に、ネマチック液晶、スメクチック液晶、さらにはこれらの液晶分子を含む高分子液晶、さらにはこれらの液晶の混合物等、電界印加により液晶分子軸の方向が変えられ、それ

により液晶層の屈折率が変化すれば、何でも良いが、前述した通り、特にディスコティック液晶は層面に平行に配向した状態で干渉反射能力が高く、より好ましい（ディスコティック液晶と前述の液晶と混合してもよい）。

【０２２６】

更に、前述した９つの実施の形態に於いては、そこで用いた液晶層を構成する液晶分子は上、下基板間の電圧印加の有無により、該分子長軸は水平／垂直とほぼ９０°の軸方向の変位で説明した。液晶層の電圧印加の有無による屈折率差の絶対値が大きい程、干渉反射の能力は高く、複合多層膜の層数が少なくとも、その表示性能は高い。しかし、実際には、液晶分子全体の電圧印加有無による９０°の分子軸変位は理想的で、印加電圧にもよるが、平均的に８０°あるいはそれ以下の変位のケースの方が多いと推測される。しかし、本発明の主旨は、前記複合多層膜を構成する液晶層の屈折率が電圧印加によって変化すれば、分子軸変位が８０°あるいはそれ以下であっても、複合多層膜の層数を増やす事により干渉反射光強度を補えるため、各実施の形態に示した表示性能が得られる事は明らかである。

【０２２７】

また、表示駆動の電圧については、前述した様に、複合多層膜の中間部に電極を有する複数の基板を挿入し、結果的に分割された複合多層膜にそれぞれ電圧を印加すれば、より低い電圧で表示駆動させる事は可能であるが、もう一つの方法として、フィルム層に多少なりとも導電性を付与させる事が、より低い電圧での表示駆動という目的を達成する上で有効な手段となる。

【０２２８】

つまり、通常の導電性のないフィルムを用いた場合、液晶層全体に印加される電圧（Ｖ）は、ほぼ下記（１３）式の通りとなる。

【０２２９】

【数６２】

$$V \fallingdotseq \{\varepsilon_F / (\varepsilon_{LC} + \varepsilon_F)\} \cdot V_0 \quad \cdots \quad (13)$$

ε_F ：フィルムの誘電率

ε_{LC}：液晶層の誘電率

V_0 ：上、下電極間に印加される電圧

【０２３０】

通常、液晶層の誘電率（ε_{LC}）は１０～１５、フィルム層の誘電率は３～４である。従って液晶層全体に印加される電圧（Ｖ）は、０．２V_0　前後となり、V_0　の１／５前後に低減してしまう。よって、上述した様に、フィルム層に多少の導電性を付与させる事により、Ｖ　V_0　とする事ができ、上下電極間に印加する電圧が殆どそのまま液晶層に印加される。上記フィルムに導電性を付与する方法としては、ポリアセチレン系、ポリパラフェニレン系といった導電性を持つプラスチックを前記フィルムに混入させる事により、上記効果を実現できる。

【０２３１】

以上、本発明の構成について、種々の実施の形態を挙げてきたが、各実施の形態において説明された内容は、他の実施の形態において適宜組み合わせて実施できることは言うまでもない。次に、以上の実施の形態による表示装置の具体的な製造方法、特に前記複合多層膜の製造方法について説明する。

【０２３２】

（第１０の実施の形態）

図１１は、上記複合多層膜の製造方法の実施の形態で、１１０１は液晶材料で壺１１０８内に保持されている。１１０２は第１のローラーで、矢印１１０９の方向に回転し、液晶材１１０１を第１のローラー面上に一様にコートしながら回転方向に巻き上げる。１１０３は、コートされた液晶層の厚みを一定に保つ為に設けられた第２のローラーで、必要に応じ取り付ける。１１０５は前記複合多層膜を構成する材料となるプラスチックフィルム（以下、単にフィルムと呼ぶ）材で、第１のローラー１１０２と第３のローラー１１０４

の接点部で液晶材１１０１が上記フィルム１１０５の面上に均一に塗布される。液晶層の膜厚の制御は、第１のローラー１１０２と第３のローラー１１０４の間隙調整で可能である。その他やはり上記膜厚の制御法として、液晶材の精密な粘度コントロールによっても可能で、その為に、液晶層の温度管理、又は液晶材料と溶媒の混合系による粘度管理によっても液晶層の精密な厚みの管理は可能となる。勿論、溶媒系との組み合わせでは、液晶層をコーティングした後、溶媒除去の工程が必要である。

【０２３３】

次に同様な方法で、やはり液晶層が面上にコートされたフィルム１１１０と前述のフィルム１１０５とが、第４のローラー１１０６と第五のローラー１１０７の間で重なり合わされ、複合４層膜が形成される。同様の事を繰り返す事により、１０層以上の複合多層膜が容易に製造できる事は明らかである。

【０２３４】

以上は、基本的な製造方法の例であるが、勿論、液晶層厚の均一化、更にはフィルム同志の貼り合わせの際に気泡を抱き込まないように、更にローラー数を増やしたり、均一熱源により加熱し液晶の粘度を下げて塗布しローラーで張り合わせるといった工夫をすれば、更に目的に合った複合多層膜が得られるが、既存の精度の高い多層膜製造工程が参考になる事は容易に理解できる。

【０２３５】

又、前述した実施の形態に於ける複合多層膜を構成する各フィルム及び液晶層に要求される各膜厚は、可視光波長の４分の１、つまり０．１μｍから０．２μｍ程度の極薄の厚みが必要になる。このためには図１１に示した様な０．２μｍ以下の厚みのフィルムを使用し、液晶層をコートする際、高い温度で粘度を下げたり、溶媒に溶かして低粘性にした状態で塗布し、極薄膜液晶層を得る事も可能であるが、図１２に示す方法を用いれば、更に容易に上記複合多層膜が得られる。

【０２３６】

（第１１の実施の形態）

図１２は、上記複合多層膜の製造方法の他の実施の形態で、１２０１は図１１の方法で作成された比較的厚い（例えばフィルム、液晶層単層の厚みが１μｍ以上）複合多層膜、上記複合多層膜は１段目の圧延ローラー１２０２、及び１２０３で延伸される。更に延伸された複合多層膜１２０６は２段目の圧延ローラー１２０４と１２０５とにより延伸される。このように延伸処理を多数回行う事により、当初の複合多層膜１２０１は徐々に液晶層、フィルムの厚みを減じ、所望の薄層を得る事が容易に可能となる。このようにして作成した複合多層膜を所定のサイズに切断し、図１に示す様に上、下基板１、２間に液晶材料とともに挟み込み、周辺部をエポキシ系接着剤等でシールすれば、図１に示す様な複合多層膜を有する表示装置が比較的容易に完成する。

【０２３７】

以上本発明の各実施の形態に於いては、プラスチックフィルム（以下、単にフィルムと呼ぶ）上に液晶層をコーティング塗布したものを複合多層膜の単位複合膜とし、それを１０層以上ローラー等で重ねあわせる事により、極めて容易に上記複合多層膜を実現し、そしてフィルムと液晶層の界面がフラットで、干渉反射光強度の高い反射型表示装置が提供できる。

【０２３８】

又、フィルムの厚みは自由に選択でき、更に液晶層の厚みもロールコート法ならびに、その際の温度又は溶剤等による液晶粘度のコントロールにより、比較的容易に精度よく管理できるため、干渉反射の波長域も簡単に設定できる。更に上記、フィルム層、液晶層の厚みの管理された複合多層膜は、層単位で厚みを変化させる事も容易で、広い波長帯域に於いて干渉反射条件を充たす事が可能になり、任意の色、そして白色の背景色を持った明るい反射型表示装置が容易に実現できる。

【０２３９】

又、上記複合多層膜が可視光波長域で干渉反射条件を充たすためには、フィルム、液晶層

の各膜厚とも０．２μｍ以下の極めて薄い膜厚が要求されるが、製造方法として、比較的厚い（１μｍ以上）フィルムを用い、その上にロールコート法等により液晶材料をコーティング塗布した後、該液晶材料がコーティング塗布されたフィルムを多層、ローラー等で重ね合わせ、比較的厚い複合多層膜を形成した後に、該複合多層膜を圧延ローラーで多段回、延伸処理を施せば、極めて容易に所望の厚みを有する複合多層膜が実現できるとともに、精密な膜厚コントロールが可能になる。更にこの延伸処理は、フィルム高分子ポリマーの分子軸方向を揃え、それがこのフィルムの上にコーティングされた液晶層の液晶分子の配向方向を揃える効果もあり、液晶分子長軸の揃った屈折率の均一な液晶層が得られるため、干渉反射光の波長を、精密にそして容易に制御でき、均一で明るい反射型表示装置が得られる。勿論、あらかじめ、フィルム上にポリイミド等の配向材を塗布そして乾燥し、従来の液晶表示体製造で、一般的な回転ブラシラビング法によっても、液晶分子を所望の方向に均一に配向させる事は可能である。

【０２４０】

更に、上記複合多層膜の一方のベース材料としてフィルムを用いているため、透明電極も容易にフィルム上に形成でき、該複合多層膜の中間部に電極層を持つフィルムを挿入すれば、より低電圧の駆動が可能になる。又、赤、緑、青色等の選択干渉反射を示す各複合多層膜のブロックの上下に、それぞれ該電極層を持つフィルムを挟み、上記各ブロックを重ねて一体化すれば、各々独立に表示駆動ができ、反射型のフルカラー表示装置が実現できる。

【０２４１】

【実施例】

次に、複合多層膜としてにおける液晶層とフィルムの積層数と反射率との関係等を、以下の実施例により説明する。

【０２４２】

（第１の実施例）

図１３は４５０ｎｍの入射光の波長を干渉反射する複合多層膜の例である。図１３（ａ）は複合多層膜の積層を模式化した図であり、図１３（ｂ）は積層数を変えて４５０ｎｍ付近での干渉反射率を測定した結果の図である。液晶（液晶分子の長軸方向の屈折率n_1＝１．７、短軸方向の屈折率n_2＝１．５）を用い、フィルムとしてポリエチレン樹脂（屈折率n_F＝１．５）を、図１３（ａ）に示されるように基板間に積層した。電圧無印加時の液晶分子の配向は基板にほぼ水平方向とし、配向方向を紙面に垂直方向に設定した液晶層と平行方向に設定した液晶層とをほぼ同数になるように設けた。また、液晶層とフィルム層の厚みは、４５０ｎｍの波長に対して（３）（４）式を満たすように設定した。図１３（ｂ）は横軸が波長、縦軸が反射率であり、Ａは液晶層とフィルム層を合計した複合多層膜が２１層（奇数になるのは、複合多層膜の両側に液晶層が配置されるため、液晶層とフィルムの組み合わせに対して液晶層が１層多くなることによる。又上記層数は前記紙面に垂直方向に配向した液晶層を有する複合多層膜及び水平方向に配向した液晶層を有する複合多層膜の各々の層数であり、全層数はその２倍となる。）、Ｂは同じく４１層、Ｃは６１層、Ｄは８１層、Ｅは１０１層の場合の反射率を示す。電圧無印加の時、液晶層の液晶分子はフィルム面に対して平行方向に配向し、屈折率がｎ１＝１．７となりフィルムの屈折率１．５と異なるので、４５０ｎｍの波長を選択的に干渉反射する。図から明かなように、複合多層膜は２１層以上あれば好ましく、さらに４１層以上、さらには６１層以上あればより好ましい事が判る。

【０２４３】

（第２の実施例）

図１４は４５０ｎｍ、５５０ｎｍ、６５０ｎｍ、７５０ｎｍの入射光の波長をそれぞれ干渉反射する複合多層膜を更に積層した例である。図１４（ａ）は４つの波長に対応する複合多層膜の積層を模式化した図であり、図１４（ｂ）は積層数を変えて各波長付近での干渉反射率を測定した結果の図である。液晶（液晶分子の長軸方向の屈折率n_1＝１．７、短軸方向の屈折率n_2＝１．５）を用い、フィルムとしてポリエチレン樹脂（屈折率

n_F ＝１．５）を、図１４（ａ）に示されるように基板間に積層した。電圧無印加時の液晶分子の配向は基板にほぼ水平方向とし、配向方向を紙面に垂直方向に設定した液晶層と平行方向に設定した液晶層とをほぼ同数になるように設けた。また、４つの波長に対応する複合多層膜は、液晶層とフィルム層の厚みを４５０ｎｍの波長、５５０ｎｍの波長、６５０ｎｍの波長、７５０ｎｍの波長に対してそれぞれ（３）（４）式を満たすように設定した。図１４（ｂ）は横軸が波長、縦軸が反射率である。各波長に対応する４つの複合多層膜は、上記紙面に垂直方向に配向を設定した液晶層を含む複合多層膜と同じく水平方向に配向を設定した液晶層を含む複合多層膜とをそれぞれ有し、図のＡ～Ｅは、各波長を干渉反射する各複合多層膜において、上記紙面に垂直方向に配向を設定した液晶層を含む複合多層膜及び同じく水平方向に配向を設定した液晶層を含む複合多層膜の各々の層数を示す。従って、総層数はＡ～Ｅの層数のほぼ８倍となる。Ａは各波長を干渉反射する液晶層とフィルム層を合計した複合多層膜が２１層（奇数になるのは、複合多層膜の両側に液晶層が配置されるため、液晶層とフィルムの組み合わせに対して液晶層が１層多くなることによる。）、Ｂは同じく４１層、Ｃは６１層、Ｄは８１層、Ｅは１０１層の場合の反射率を示す。電圧無印加の時、液晶層の液晶分子はほぼ水平方向に配向し、屈折率がn_1＝１．７となりフィルムの屈折率１．５と異なるので、各波長を選択的に干渉反射する。図から明かなように、各波長を干渉反射する各複合多層膜において、上記紙面に垂直方向に配向を設定した液晶層を含む複合多層膜及び同じく水平方向に配向を設定した液晶層を含む複合多層膜の各々の層数は２１層以上あることが好ましく、さらに４１層以上、さらには６１層以上あればより好ましい事が判る。

【０２４４】

（第３の実施例）

次に、第３乃至第１０の実施例として、複合多層膜のフィルムと液晶層の屈折率及びこれらの層数と反射率との関係を種々の構造の表示装置について調べた。

【０２４５】

図１５Ａ乃至図１５Ｃおよび図１６Ａ、Ｂは、第３の実施例乃至第１０の実施例の表示装置における印加電圧と液晶分子の配向状態との一般的な関係を説明するための図であって、図１５Ａ、Ｂ、Ｃ、図１６Ａ、Ｂは、それぞれ液晶層に０．５Ｖ、１．０Ｖ、１．５Ｖ、２．０Ｖ、２．５Ｖを印加したときの液晶の配向状態を模式的に示している。第３の実施例乃至第１０の実施例においては、液晶層に使用する液晶を誘電率異方性が正のネマチック液晶とし、電圧無印加時に液晶がフィルムまたは基板に対し水平に配向（ホモジニヤス配向）するような構造であるとして、表示素子の反射率のシミュレーションを行った。このような構造の表示素子においては、図１５Ａ～Ｃ、図１６Ａ、Ｂに示すように、印加電圧を高くしていくと、液晶は次第に傾いてくるが、この傾きはセルの厚さ方向で一様ではなく、フィルムまたは基板に近い部分では傾きは小さく、セルの中央部においては傾きは大きくなる。従って、図１７に示すように、液晶はセル内において、その厚さ方向に、印加電圧に応じた屈折率分布を持つようになる。第３乃至第１０の実施例においては、液晶層はこのような屈折率分布を持っているとして反射率をシミュレーションした。なお、図１７の屈折率分布は、セル厚０．１μｍのものについてのものである。

【０２４６】

図１８は、本発明の第３の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。

【０２４７】

この第３の実施例の表示装置においては、図１８Ａに示すように、波長４５０ｎｍ、５５０ｎｍ、６５０ｎｍ、７５０ｎｍの入射光をそれぞれ干渉反射する４つの複合多層膜を積層している。

【０２４８】

各波長の光を干渉反射する複合多層膜は、図１８Ｂに示すように、それぞれＰ波用の複合多層膜２００とＳ波用の複合多層膜３００とを備えている。Ｐ波用の複合多層膜２００においては、フィルム２０１と液晶層２１１とを交互に積層し、各液晶層２１１においては、電圧無印加時の液晶分子の長軸の配向方向は、フィルム２０１にほぼ水平であってしか

も紙面に並行であるとした。Ｓ波用の複合多層膜３００においては、フィルム３０１と液晶層３１１とを交互に積層し、各液晶層３１１においては、電圧無印加時の液晶分子の長軸の配向方向は、フィルム３０１にほぼ水平であってしかも紙面に垂直であるとした。各波長の光を干渉反射する複合多層膜内においては、Ｐ波用の複合多層膜２００のフィルム２０１と液晶層２１１の層数とＳ波用の複合多層膜３００のフィルム３０１と液晶層３１１の層数とは同じとした。また、各波長の光を干渉反射する複合多層膜間においても、Ｐ波用の複合多層膜２００のフィルム２０１と液晶層２１１の層数とＳ波用の複合多層膜２００のフィルム３０１と液晶層３１１の層数とは同じとした。なお、この各波長の光を干渉反射する複合多層膜の構造は、第４乃至第９の実施例おいても、同様である。

【０２４９】

第３の実施例においては、液晶分子の長軸方向の屈折率をn_{LC1}＝１．７、同じく短軸方向の屈折率をn_{LC2}＝１．５とし、フィルムのＸ軸方向の屈折率をn_{F1}＝１．７、Ｙ軸方向の屈折率をn_{F2}＝１．５とした。（ここでＸ軸方向は該フィルムに隣接する上記液晶分子の長軸方向であり、Ｙ軸方向は同じく短軸方向である。）４つの波長の光をそれぞれ干渉反射する複合多層膜は、液晶層とフィルムの厚みを４５０ｎｍの波長、５５０ｎｍの波長、６５０ｎｍの波長、７５０ｎｍの波長に対してそれぞれ（３）、（４）式を満たすように設定した。

【０２５０】

電圧を印加した場合のセル内の厚さ方向の屈折率分布は、図１９Ａのようになり、液晶層はこのような屈折率分布を持つとして表示装置の反射率を求め、印加電圧０．５Ｖ、１．０Ｖ、１．５Ｖ、２．０Ｖおよび２．５Ｖの場合について、それぞれ図１９Ｂ、図２０Ａ、図２０Ｂ、図２１Ａ、図２１Ｂに示した。

【０２５１】

これらの図においては、横軸が波長、縦軸が反射率である。これらの各図においては、各波長の光を干渉反射する各複合多層膜の層数がそれぞれ２１×２（Ａ）、４１×２（Ｂ）、６１×２（Ｃ）、８１×２（Ｄ）および１０１×２（Ｅ）の場合について反射率をそれぞれ求めている。ここで、例えばＡの場合については、２１×２とは、各波長の光を干渉反射する各複合多層膜内において、Ｐ波用の複合多層膜の層数が２１であり、Ｓ波用の複合多層膜の層数が２１であることを示している。従って、本実施例のＡの場合では、全層数は２１×２×４＝１６８となる。Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅの場合も同様である。

【０２５２】

なお、例えばＡの場合については、Ｐ波用またはＳ波用の複合多層膜の層数が２１であるとは、Ｐ波用、Ｓ波用それぞれについて、液晶層が１１層、フィルムが１０層であることを示す。このように、液晶層とフィルムを合計した複合多層膜が２１層（奇数）になるのは、複合多層膜の両端には液晶層が配置されるため、液晶層とフィルムの組み合わせに対して液晶層が１層多くなることによる。Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅの場合も同様である。

【０２５３】

電圧無印加の時、液晶層の液晶分子はほぼ水平方向に配向し、Ｘ軸方向では液晶層の屈折率（n_1）及びフィルムの屈折率（n_{F1}）ともn_1＝n_{F1}＝１．７となり透過状態となる。同様にＹ軸方向でも液晶層の屈折率（n_2）及びフィルムの屈折率（n_{F2}）ともn_2＝n_{F2}＝１．５となり透過状態となり、全ての入射光（Ｐ波、Ｓ波）は複合多層膜を透過する。電圧を印加していくと、図１９Ａに示したように、屈折率が１．７よりも小さくなっていくので、各波長の光を選択的に干渉反射するようになる。

【０２５４】

層数を増加させると、反射率が増加するが、反射率は普通の紙で約７０％、上質紙で約８０％程度であることを考慮すれば、各波長の光を干渉反射する各複合多層膜内において、Ｐ波用またはＳ波用の複合多層膜の層数が２１あれば、実用上十分な反射率が得られることがわかる。

【０２５５】

（第４の実施例）

図２２は、本発明の第４の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。この第４の実施例の表示装置においては、波長４５０ｎｍ、５００ｎｍ、５５０ｎｍ、６００ｎｍ、６５０ｎｍ、７００ｎｍ、７５０ｎｍの入射光をそれぞれ干渉反射する７つの複合多層膜を積層している。この７つの複合多層膜のそれぞれの構造は、図１８Ｂを参照して説明した第３の実施例の場合と同様である。

【０２５６】

本実施例においては、液晶分子の長軸方向の屈折率n_1　＝１．８、短軸方向の屈折率n_2　＝１．５２とし、フィルムの屈折率をn_{F1}＝１．８、n_{F2}＝１．５２とした。この場合、液晶分子の配向方向とフィルムの配置との関係は第３の実施例の場合と同様である。７つの波長の光をそれぞれ干渉反射する複合多層膜は、液晶層とフィルムの厚みを４５０ｎｍの波長、５００ｎｍの波長、５５０ｎｍの波長、６００ｎｍ、６５０ｎｍの波長、７００ｎｍの波長、７５０ｎｍの波長に対してそれぞれ（６）、（６）’式を満たすように設定した。

【０２５７】

電圧を印加した場合のセル内の厚さ方向の屈折率分布は、図２３Ａのようになり、液晶層はこのような屈折率分布を持つとして表示装置の反射率を求め、印加電圧０．５Ｖ、１．０Ｖ、１．５Ｖ、２．０Ｖおよび２．５Ｖの場合について、それぞれ図２３Ｂ、図２４Ａ、図２４Ｂ、図２５Ａ、図２５Ｂに示した。

【０２５８】

これらの図においては、横軸が波長、縦軸が反射率である。これらの各図においては、各波長の光を干渉反射する各複合多層膜の層数がそれぞれ１１×２（Ｆ）、２１×２（Ａ）、３１×２（Ｇ）および４１×２（Ｂ）の場合について反射率をそれぞれ求めている。ここで、各場合の層数の内容については、第３の実施例の場合と同様である。

【０２５９】

電圧無印加の時、液晶層の液晶分子はほぼ水平方向に配向し、液晶層の屈折率（n_1　、n_2　）とフィルムの屈折率（n_{F1}、n_{F2}）との関係は、n_1　＝n_{F1}＝１．８、n_2　＝n_{F2}＝１．５２となりＰ波、Ｓ波とも屈折率の差がなく透過状態となる。電圧を印加していくと、図２３Ａに示したように、屈折率が１．８よりも小さくなっていくので、各波長を選択的に干渉反射するようになる。

【０２６０】

本実施例では、液晶の屈折率が長軸方向で１．８、短軸方向で１．５２であり、第３の実施例よりも複屈折率性が高いので、少ない層数で高い反射率が得られている。各波長の光を干渉反射する各複合多層膜内において、Ｐ波用またはＳ波用の複合多層膜の層数が１１の場合でも、実用上十分な反射率が得られており、２１層の場合には、８０％以上と上質紙以上の反射率が得られていることがわかる。

【０２６１】

（第５の実施例）

図２６は、本発明の第５の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。この第５の実施例の表示装置においては、波長４００ｎｍ、４５０ｎｍ、５００ｎｍ、５５０ｎｍ、６００ｎｍ、６５０ｎｍ、７００ｎｍ、７５０ｎｍ、８００ｎｍの入射光をそれぞれ干渉反射する９つの複合多層膜を積層している。この９つの複合多層膜のそれぞれの構造は、図１８Ｂを参照して説明した第３の実施例の場合と同様である。

【０２６２】

本実施例においては、液晶分子の長軸方向の屈折率n_1　＝１．８、短軸方向の屈折率n_2　＝１．５２とし、フィルムの屈折率をn_{F1}＝１．８、n_{F2}＝１．５２とした。ここで液晶分子の配列方向とフィルムの配置との関係は第３の実施例の場合と同様である。９つの波長の光をそれぞれ干渉反射する複合多層膜は、液晶層とフィルムの厚みを４００ｎｍ、４５０ｎｍの波長、５００ｎｍの波長、５５０ｎｍの波長、６００ｎｍ、６５０ｎｍの波長、７００ｎｍの波長、７５０ｎｍの波長、８００ｎｍの波長に対してそれぞれ（３）、（４）式を満たすように設定した。

【０２６３】
電圧を印加した場合のセル内の厚さ方向の屈折率分布は、図２７Ａのようになり、液晶層はこのような屈折率分布を持つとして表示装置の反射率を求め、印加電圧０．５Ｖ、１．０Ｖ、１．５Ｖ、２．０Ｖおよび２．５Ｖの場合について、それぞれ図２７Ｂ、図２８Ａ、図２８Ｂ、図２９Ａ、図２９Ｂに示した。
【０２６４】
これらの図においては、横軸が波長、縦軸が反射率である。これらの各図においては、各波長の光を干渉反射する各複合多層膜の層数がそれぞれ５×２（Ｈ）、１１×２（Ｆ）、１５×２（Ｉ）および２１×２（Ａ）の場合について反射率をそれぞれ求めている。ここで、各場合の層数の内容については、第３の実施例の場合と同様である。
【０２６５】
電圧無印加の時、液晶層の屈折率（n_1、n_2）とフィルムの屈折率（n_{F1}、n_{F2}）との関係は$n_1 = n_{F1} = 1.8$、$n_2 = n_{F2} = 1.52$となりＰ波、Ｓ波とも屈折率の差がなく透過状態となる。電圧を印加していくと、図２７Ａに示したように、屈折率が１．８よりも小さくなっていくので、各波長を選択的に干渉反射するようになる。
【０２６６】
（第６の実施例）
図３０は、本発明の第６の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。この第６の実施例の表示装置においては、波長４５０ｎｍ、５５０ｎｍ、６５０ｎｍ、７５０ｎｍの入射光をそれぞれ干渉反射する４つの複合多層膜を積層している。この４つの複合多層膜のそれぞれの構造は、図１８Ｂを参照して説明した第３の実施例の場合と同様である。
【０２６７】
本実施例においては、液晶分子の長軸方向の屈折率$n_1 = 1.8$、短軸方向の屈折率$n_2 = 1.52$とし、フィルムの屈折率を$n_{F1} = 1.8$、$n_{F2} = 1.52$とした。この場合、液晶分子の配向方向とフィルムの配置との関係は第３の実施例の場合と同様である。４つの波長の光をそれぞれ干渉反射する複合多層膜は、液晶層とフィルムの厚みを４５０ｎｍの波長、５５０ｎｍの波長、６５０ｎｍの波長、７５０ｎｍの波長に対してそれぞれ（３）、（４）式を満たすように設定した。
【０２６８】
電圧を印加した場合のセル内の厚さ方向の屈折率分布は、図３１Ａのようになり、液晶層はこのような屈折率分布を持つとして表示装置の反射率を求め、印加電圧０．５Ｖ、１．０Ｖ、１．５Ｖ、２．０Ｖおよび２．５Ｖの場合について、それぞれ図３１Ｂ、図３２Ａ、図３２Ｂ、図３３Ａ、図３３Ｂに示した。
【０２６９】
これらの図においては、横軸が波長、縦軸が反射率である。これらの各図においては、各波長の光を干渉反射する各複合多層膜の層数がそれぞれ５×２（Ｈ）、１１×２（Ｆ）、１５×２（Ｉ）および２１×２（Ａ）の場合について反射率をそれぞれ求めている。ここで、各場合の層数の内容については、第３の実施例の場合と同様である。
【０２７０】
電圧無印加の時、液晶層の屈折率（n_1、n_2）とフィルムの屈折率（n_{F1}、n_{F2}）との関係は、$n_1 = n_{F1} = 1.8$、$n_2 = n_{F2} = 1.52$となりＰ波、Ｓ波とも屈折率の差がなく透過状態となる。電圧を印加していくと、図３１Ａに示したように、屈折率が１．８よりも小さくなっていくので、各波長を選択的に干渉反射するようになる。
【０２７１】
（第７の実施例）
図３４は、本発明の第７の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。この第７の実施例の表示装置においては、波長４５０ｎｍ、５００ｎｍ、５５０ｎｍ、６００ｎｍ、６５０ｎｍ、７００ｎｍ、７５０ｎｍの入射光をそれぞれ干渉反射する７つの複合多層

膜を積層している。この７つの複合多層膜のそれぞれの構造は、図１８Ｂを参照して説明した第３の実施例の場合と同様である。

【０２７２】

本実施例においては、液晶分子の長軸方向の屈折率n_1＝１．８、短軸方向の屈折率n_2＝１．５２とし、フィルムの屈折率を$n_{F1}=n_{F2}$＝１．５２とした。７つの波長の光をそれぞれ干渉反射する複合多層膜は、液晶層とフィルムの厚みを４５０ｎｍの波長、５００ｎｍの波長、５５０ｎｍの波長、６００ｎｍ、６５０ｎｍの波長、７００ｎｍの波長、７５０ｎｍの波長に対してそれぞれ（３）、（４）式を満たすように設定した。本実施例のように屈折率が１．５程度のフィルムは種類が多く、例えば、ポリエチレン、ポリエステル、ポリカーボネート等が好ましく用いれられる。

【０２７３】

電圧を印加した場合のセル内の厚さ方向の屈折率分布は、図３５Ａのようになり、液晶層はこのような屈折率分布を持つとして表示装置の反射率を求め、印加電圧０．５Ｖ、１．０Ｖ、１．５Ｖ、２．０Ｖおよび２．５Ｖの場合について、それぞれ図３５Ｂ、図３６Ａ、図３６Ｂ、図３７Ａ、図３７Ｂに示した。

【０２７４】

これらの図においては、横軸が波長、縦軸が反射率である。これらの各図においては、各波長の光を干渉反射する各複合多層膜の層数がそれぞれ１１×２（Ｆ）、２１×２（Ａ）、３１×２（Ｇ）、４１×２（Ｂ）および５１×２（Ｊ）の場合について反射率をそれぞれ求めている。ここで、各場合の層数の内容については、第３の実施例の場合と同様である。

【０２７５】

電圧無印加の時、液晶層の液晶分子はほぼ水平方向に配向し、屈折率がn_1＝１．８となるが、フィルムの屈折率は１．５２であるので、各波長で干渉反射される。電圧を印加していくと、図３５Ａに示したように、屈折率が１．８よりも小さくなっていくので、各波長の干渉反射の程度が次第減少し、透過率が上昇してくるが、電圧を２．０Ｖ、２．５Ｖとかけていっても、反射率は０にはならない。これは、図３５Ａに示すように、電圧を印加した場合の液晶の屈折率は、液晶の短軸方向の屈折率に等しくはならないからである。

【０２７６】

（第８の実施例）

図３８は、本発明の第８の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。この第８の実施例の表示装置においては、波長４５０ｎｍ、５００ｎｍ、５５０ｎｍ、６００ｎｍ、６５０ｎｍ、７００ｎｍ、７５０ｎｍの入射光をそれぞれ干渉反射する７つの複合多層膜を積層している。この７つの複合多層膜のそれぞれの構造は、図１８Ｂを参照して説明した第３の実施例の場合と同様である。

【０２７７】

本実施例においては、液晶分子の長軸方向の屈折率n_1＝１．８、短軸方向の屈折率n_2＝１．５２とし、フィルムの屈折率を$n_{F1}=n_{F2}$＝１．５８とした。７つの波長の光をそれぞれ干渉反射する複合多層膜は、液晶層とフィルムの厚みを４５０ｎｍの波長、５００ｎｍの波長、５５０ｎｍの波長、６００ｎｍ、６５０ｎｍの波長、７００ｎｍの波長、７５０ｎｍの波長に対してそれぞれ（３）、（４）式を満たすように設定した。

【０２７８】

電圧を印加した場合のセル内の厚さ方向の屈折率分布は、図３９Ａのようになり、液晶層はこのような屈折率分布を持つとして表示装置の反射率を求め、印加電圧０．５Ｖ、１．０Ｖ、１．５Ｖ、２．０Ｖおよび２．５Ｖの場合について、それぞれ図３９Ｂ、図４０Ａ、図４０Ｂ、図４１Ａ、図４２Ｂに示した。

【０２７９】

これらの図においては、横軸が波長、縦軸が反射率である。これらの各図においては、各波長を干渉する各複合多層膜の層数がそれぞれ１１×２（Ｆ）、２１×２（Ａ）、３１×

２（Ｇ）、４１×２（Ｂ）および５１×２（Ｊ）の場合について反射率をそれぞれ求めている。ここで、各場合の層数の内容については、第３の実施例の場合と同様である。

【０２８０】

電圧無印加の時、液晶層の液晶分子はほぼ水平方向に配向し、屈折率がn_1＝１．８となるが、フィルムの屈折率は１．５８であるので、各波長で干渉反射される。電圧を印加していくと、図３９Ａに示したように、屈折率が１．８よりも小さくなっていくので、各波長の干渉反射の程度が次第減少し、透過率が上昇する。そして、電圧を２．５Ｖと印加した場合に、反射率はほぼ０となる。図３９Ａに示すように、電圧を２．５Ｖ印加した場合には、液晶層の平均的な屈折率はフィルムの屈折率の１．５８にほぼ等しくなるからである。

【０２８１】

（第９の実施例）

図４２は、本発明の第９の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。この第９の実施例の表示装置においては、波長４５０ｎｍ、５００ｎｍ、５５０ｎｍ、６００ｎｍ、６５０ｎｍ、７００ｎｍ、７５０ｎｍの入射光をそれぞれ干渉反射する７つの複合多層膜を積層している。この７つの複合多層膜のそれぞれの構造は、図１８Ｂを参照して説明した第３の実施例の場合と同様である。

【０２８２】

本実施例においては、液晶分子の長軸方向の屈折率n_1＝１．８、短軸方向の屈折率n_2＝１．５２とし、フィルムの屈折率を$n_{F1}=n_{F2}$＝１．６とした。７つの波長の光をそれぞれ干渉反射する複合多層膜は、液晶層とフィルムの厚みを４５０ｎｍの波長、５００ｎｍの波長、５５０ｎｍの波長、６００ｎｍ、６５０ｎｍの波長、７００ｎｍの波長、７５０ｎｍの波長に対してそれぞれ（３）、（４）式を満たすように設定した。

【０２８３】

電圧を印加した場合のセル内の厚さ方向の屈折率分布は、図４３Ａのようになり、液晶層はこのような屈折率分布を持つとして表示装置の反射率を求め、印加電圧０．５Ｖ、１．０Ｖ、１．５Ｖ、２．０Ｖおよび２．５Ｖの場合について、それぞれ図４３Ｂ、図４４Ａ、図４４Ｂ、図４５Ａ、図４５Ｂに示した。

【０２８４】

これらの図においては、横軸が波長、縦軸が反射率である。これらの各図においては、各波長を干渉反射する各複合多層膜の層数がそれぞれ１１×２（Ｆ）、２１×２（Ａ）、３１×２（Ｇ）、４１×２（Ｂ）および５１×２（Ｊ）の場合について反射率をそれぞれ求めている。ここで、各場合の層数の内容については、第３の実施例の場合と同様である。

【０２８５】

電圧無印加の時、液晶層の液晶分子はほぼ水平方向に配向し、屈折率がn_1＝１．８となるが、フィルムの屈折率は１．６であるので、各波長で干渉反射される。電圧を印加していくと、図４３Ａに示したように、屈折率が１．８よりも小さくなっていくので、各波長の干渉反射の程度が次第減少し、透過率が上昇する。そして、印加電圧を２．０Ｖとした場合に、反射率はほぼ０となり、印加電圧をさらに増加させて、２．５Ｖとすると、反射率は逆に増加する。図４３Ａに示すように、電圧を２．０Ｖ印加した場合には、液晶層の平均的な屈折率はフィルムの屈折率の１．６にほぼ等しくなるから反射率がほぼ０となり、電圧を２．５Ｖ印加した場合には、液晶層の平均的な屈折率はフィルムの屈折率１．６よりも小さくなるからまた反射率が増加している。なお、本実施例では、第８の実施例の場合よりもフィルムの屈折率を液晶の長軸方向の屈折率に近づけているので、駆動電圧を下げることができる。

【０２８６】

このように、フィルムの屈折率を印加電圧によってきまる液晶の平均的な屈折率にほぼ等しくすれば、その印加電圧での反射率を小さくすることができる。

【０２８７】

（第１０の実施例）

図４６は、本発明の第１０の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。この第１０の実施例の表示装置においては、液晶層およびフィルムからなる複合多層膜を、隣接する液晶層およびフィルムの間では、（３）、（４）式をほぼ成立させながら、干渉反射する波長を４５０ｎｍから７５０ｎｍまで連続的変化させて表示装置を構成した。なお、各波長の光を干渉反射する複合多層膜は、それぞれＰ波用の複合多層膜とＳ波用の複合多層膜を備えており、Ｐ波用の複合多層膜の液晶層においては、電圧無印加時の液晶分子の長軸の配向方向は、フィルムにほぼ水平であってしかも紙面に並行であるとし、Ｓ波用の複合多層膜の液晶層においては、電圧無印加時の液晶分子の長軸の配向方向は、フィルムにほぼ水平であってしかも紙面に垂直であるとした。各波長の光を干渉反射する複合多層膜内においては、Ｐ波用の複合多層膜のフィルムと液晶層の層数とＳ波用の複合多層膜のフィルムと液晶層の層数とは同じとした。

【０２８８】

本実施例においては、液晶分子の長軸方向の屈折率n_1、短軸方向の屈折率n_2をそれぞれ、n_1/n_2＝１．６／１．５、１．５５／１．４、１．７／１．５、１．１５／１．３、とし、それぞれの表示装置の電圧印加時の反射率分布を図４７Ａ、４７Ｂ、４８Ａ、４８Ｂにそれぞれ示した。なお、フィルムはいづれも複屈折性を有するフィルムを用い、Ｘ軸方向の屈折率は隣接する液晶分子の長軸方向の屈折率と等しくし、Ｙ軸方向の屈折率はやはり隣接する液晶分子の短軸方向の屈折率と等しくなるように設定している。これらの図においては、横軸が波長、縦軸が反射率である。これらの各図においては、４５０ｎｍから７５０ｎｍまでの光を干渉反射する複合多層膜における液晶層とフィルムの全層数がそれぞれ５１×２（ａ）、１０１×２（ｂ）、１５１×２（ｃ）、２０１×２（ｄ）、２５１×２（ｅ）、３０１×２（ｆ）、３５１×２（ｇ）、４０１×２（ｈ）、４５１×２（ｉ）および５０１×２（ｊ）の各場合について反射率をそれぞれ求めている。ここで、例えばａの場合、５１×２とは、Ｐ波用の複合多層膜の層数が５１であり、Ｓ波用の複合多層膜の層数が５１であることを示している。従って、本実施例の場合では、全層数は５１×２＝１０２となる。ｂ乃至ｊの場合も同様である。

【０２８９】

液晶の複屈折率性（＝長軸方向の屈折率（n_1、n_{CL1}）／短軸方向の屈折率（n_2、n_{CL2}））が大きい程、また、層数が多い程、反射率が高くなっている。

【０２９０】

図４９には、この複屈折率性をパラメータとして、全層数と反射率との関係を示している。これによれば、複屈折性が１．１以上で、全層数が１００以上あれば、従来のＴＮ液晶の反射率よりも高い反射率が得られることがわかる。

【０２９１】

なお、上記第３乃至第１０の実施例においては、電圧無印加時に液晶がフィルムまたは基板に対し水平に配向（ホモジニヤス配向）するような構造であるとしてシミュレーションを行ったが、電圧無印加時に液晶がフィルムまたは基板に対しほぼ垂直に配向（ホメオトロピック配向）するような構造であっても、その原理は同じである。ただ、この場合には、フィルムの屈折率が液晶の長軸方向の屈折率に近い場合には、電圧無印加で光反射、電圧印加で光透過となり、フィルムの屈折率が液晶の短軸方向の屈折率に近い場合には、電圧無印加で光透過、電圧印加で光反射となる。

【０２９２】

【発明の効果】

以上、説明した様に、本発明にかかわる表示装置に於いては、偏光板を使わず、明るい表示装置が可能となり、特に反射型表示装置として従来の液晶表示装置では得られなかった明るい白／黒表示、更には、明るい反射型カラー表示装置が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明に係る表示装置の第１の実施の形態を説明するための図である。

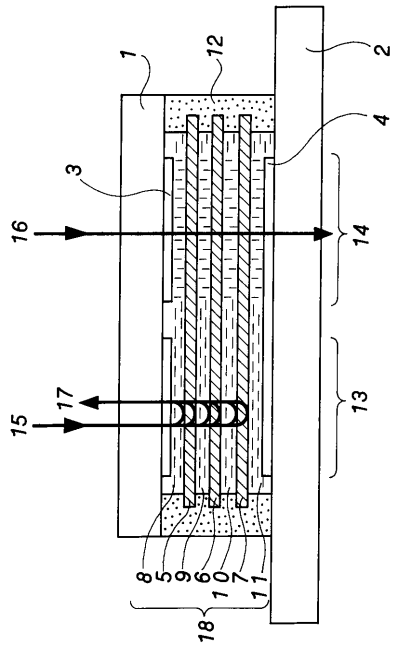
【図２】本発明に係る表示原理を説明するための図である。

【図３】本発明に係る表示装置の第２の実施の形態を説明するための図である。

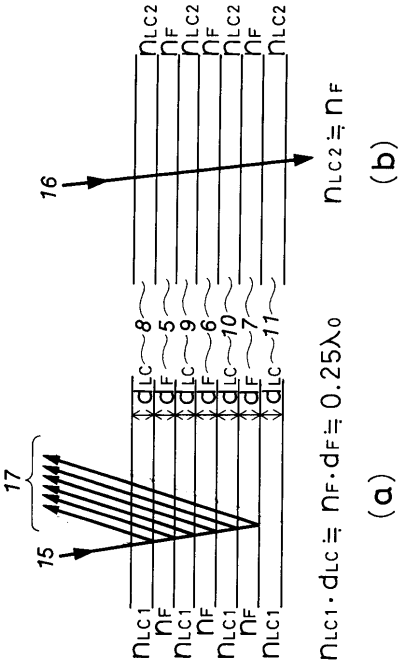
【図４】本発明に係る表示装置の第３の実施の形態を説明するための図である。
【図５】本発明に係る表示装置の第４の実施の形態を説明するための図である。
【図６】本発明に係る表示装置の第５の実施の形態を説明するための図である。
【図７】本発明に係る表示装置の第６の実施の形態を説明するための図である。
【図８】本発明に係る表示装置の第７の実施の形態を説明するための図である。
【図９】本発明に係る表示装置の第８の実施の形態を説明するための図である。
【図１０】本発明に係る表示装置の第９の実施の形態を説明するための図である。
【図１１】本発明に係る表示装置に使用する複合多層膜の製造方法を説明するための図である。
【図１２】本発明に係る表示装置に使用する複合多層膜の他の製造方法を説明するための図である。
【図１３】本発明に係る表示装置の第１の実施例における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図１４】本発明に係る表示装置の第２の実施例における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図１５】本発明に係る表示装置の第３の実施例乃至第１０の実施例における印加電圧と液晶分子の配向状態との関係を説明するための図である。
【図１６】本発明に係る表示装置の第３の実施例乃至第１０の実施例における印加電圧と液晶分子の配向状態との関係を説明するための図である。
【図１７】本発明に係る表示装置の第３の実施例乃至第１０の実施例におけるセル厚方向と液晶の屈折率との関係を印加電圧をパラメータとして説明するための図である。
【図１８】本発明の第３の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。
【図１９】本発明の第３の実施例の表示装置を説明するための図であり、図１９Ａは、第３の実施例の表示装置におけるセル厚方向と液晶の屈折率との関係を印加電圧をパラメータとして説明するための図であり、図１９Ｂは、第３の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図２０】本発明の第３の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図２１】本発明の第３の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図２２】本発明の第４の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。
【図２３】本発明の第４の実施例の表示装置を説明するための図であり、図２３Ａは、第４の実施例の表示装置におけるセル厚方向と液晶の屈折率との関係を印加電圧をパラメータとして説明するための図であり、図２３Ｂは、第４の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図２４】本発明の第４の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図２５】本発明の第４の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図２６】本発明の第５の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。
【図２７】本発明の第５の実施例の表示装置を説明するための図であり、図２７Ａは、第５の実施例の表示装置におけるセル厚方向と液晶の屈折率との関係を印加電圧をパラメータとして説明するための図であり、図２７Ｂは、第５の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図２８】本発明の第５の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図２９】本発明の第５の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図３０】本発明の第６の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。
【図３１】本発明の第６の実施例の表示装置を説明するための図であり、図３１Ａは、第

６の実施例の表示装置におけるセル厚方向と液晶の屈折率との関係を印加電圧をパラメータとして説明するための図であり、図３１Ｂは、第６の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図３２】本発明の第６の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図３３】本発明の第６の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図３４】本発明の第７の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。
【図３５】本発明の第７の実施例の表示装置を説明するための図であり、図３５Ａは、第７の実施例の表示装置におけるセル厚方向と液晶の屈折率との関係を印加電圧をパラメータとして説明するための図であり、図３５Ｂは、第７の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図３６】本発明の第７の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図３７】本発明の第７の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図３８】本発明の第８の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。
【図３９】本発明の第８の実施例の表示装置を説明するための図であり、図３９Ａは、第８の実施例の表示装置におけるセル厚方向と液晶の屈折率との関係を印加電圧をパラメータとして説明するための図であり、図３９Ｂは、第８の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図４０】本発明の第８の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図４１】本発明の第８の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図４２】本発明の第９の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。
【図４３】本発明の第９の実施例の表示装置を説明するための図であり、図４３Ａは、第９の実施例の表示装置におけるセル厚方向と液晶の屈折率との関係を印加電圧をパラメータとして説明するための図であり、図４３Ｂは、第９の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図４４】本発明の第９の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図４５】本発明の第９の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図４６】本発明の第１０の実施例の表示装置の構造を説明するための図である。
【図４７】本発明の第１０の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図４８】本発明の第１０の実施例の表示装置における複合多層膜の層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【図４９】本発明の第１０の実施例の表示装置における複合多層膜の全層数と干渉反射率の関係を説明するための図である。
【符号の説明】
１　上基板
２　下基板
５、６、７　　プラスチックフィルム
８、９、１０、１１　液晶層
１３　　電圧無印加領域
１４　　電圧印加領域
１５、１６　　入射光
１７　　干渉反射光

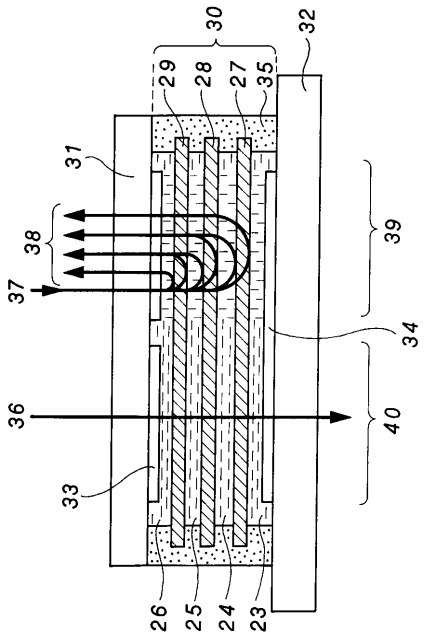
【図１】


1
12
2
3
4
16
14
15
17
13
8
5
9
6
10
7
11
18

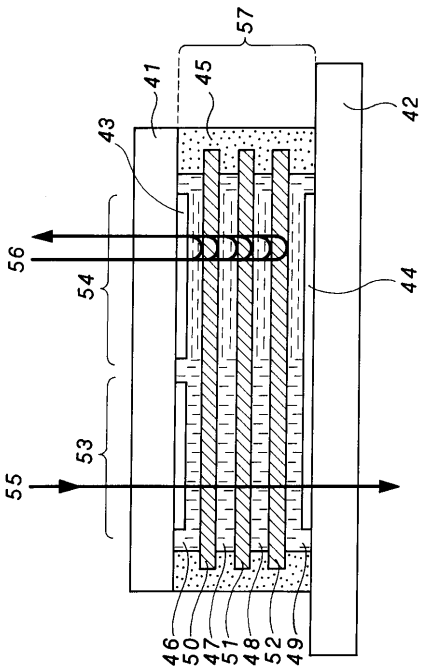
【図２】


16
17
15
n_{LC2}
n_F
n_{LC1}
d_{LC}
d_F
$n_{LC2} \fallingdotseq n_F$
(b)
$n_{LC1} \cdot d_{LC} \fallingdotseq n_F \cdot d_F \fallingdotseq 0.25\lambda_0$
(a)

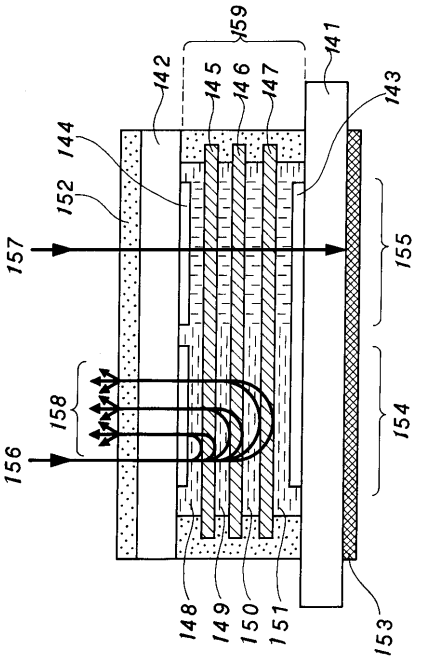
【図３】


30
32
29
28
27
35
31
38
39
37
34
36
40
33
26
25
24
23

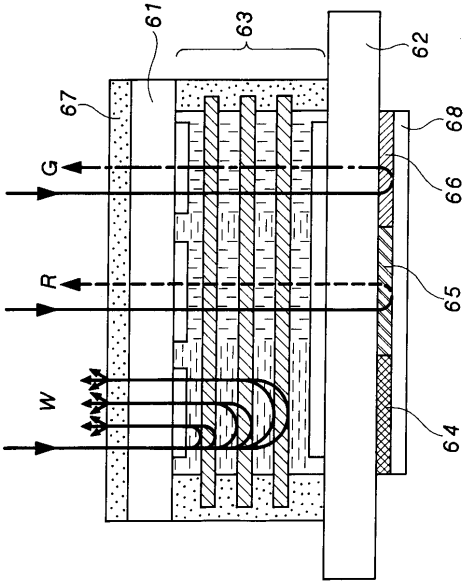
【図４】


57
41
45
42
43
56
54
44
53
55
46
50
47
51
48
52
49

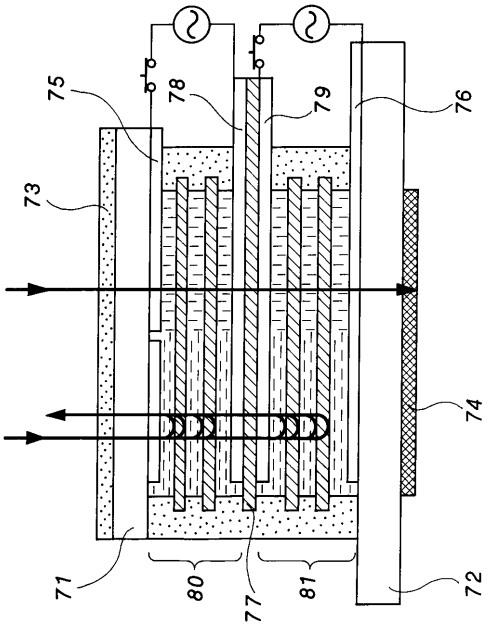
【図５】


159
141
142
145
146
147
143
144
152
157
155
158
154
156
148
149
150
151
153

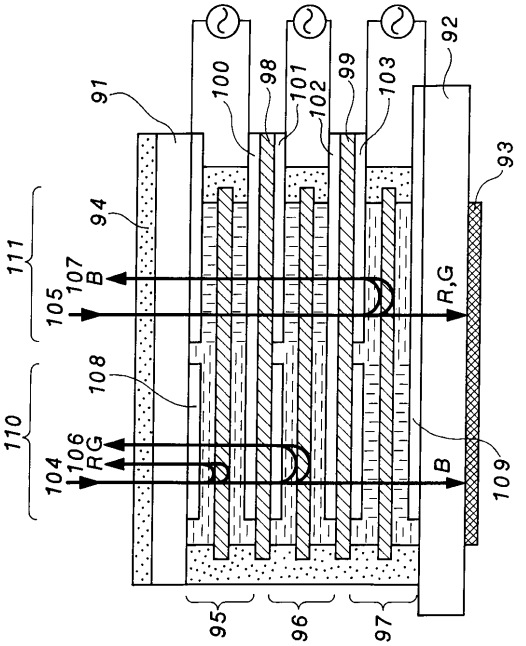
【図６】


61
63
62
67
68
G
66
R
65
W
64

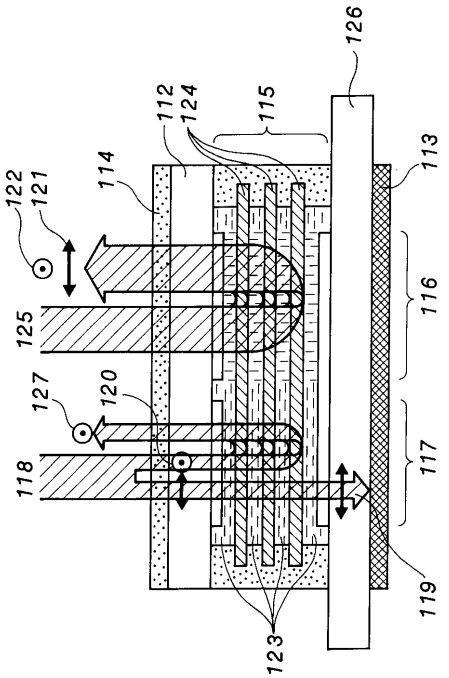
【図７】


75
78
79
76
73
74
71
80
77
81
72

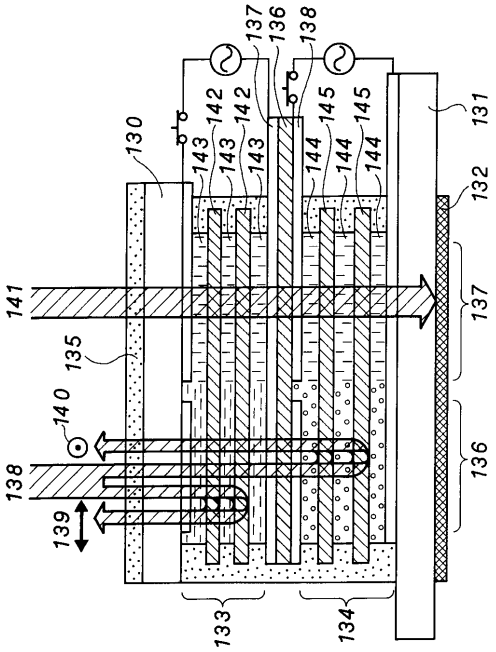
【図８】


91
100
98
101
102
99
103
92
93
94
111
107
B
105
R,G
108
110
106
RG
104
B
109
95
96
97

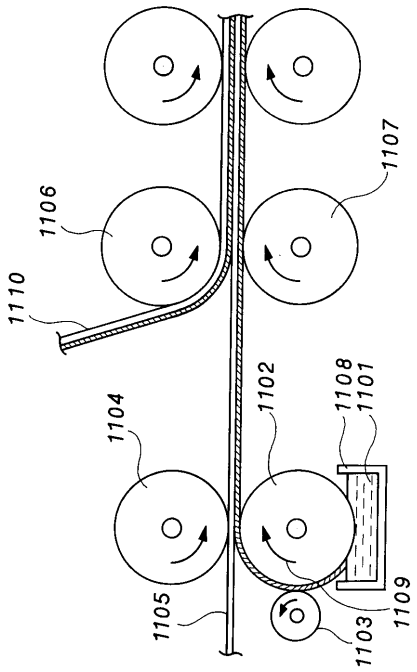
【図９】



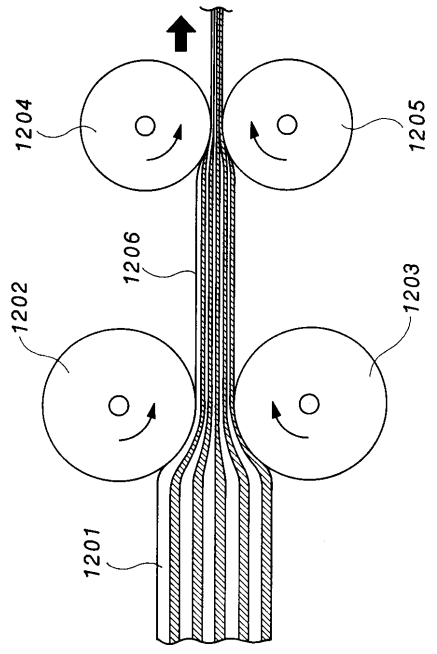
【図１０】



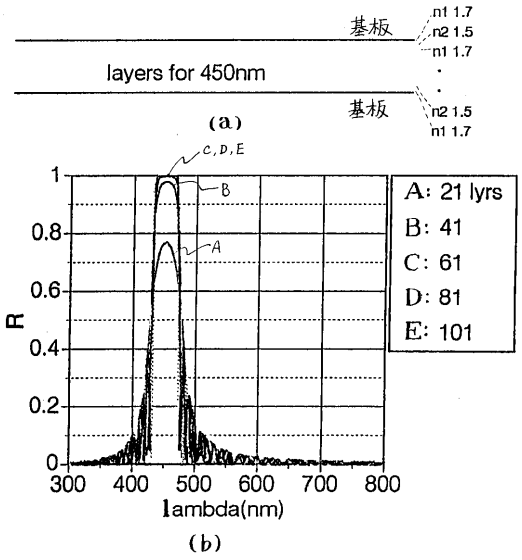
【図１１】



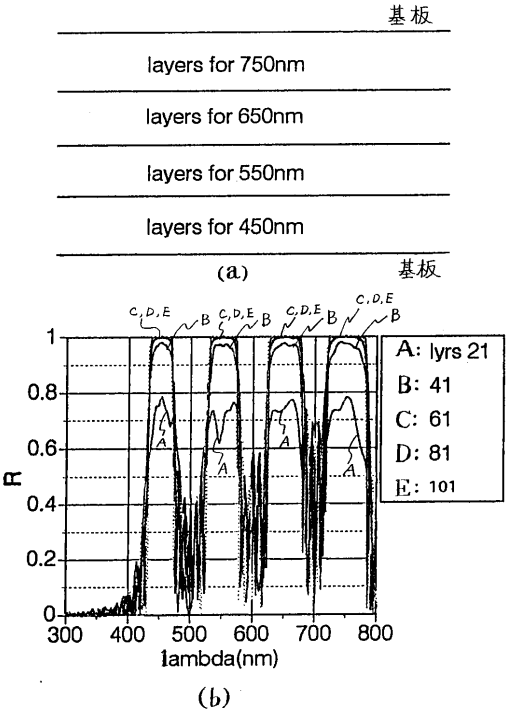
【図１２】



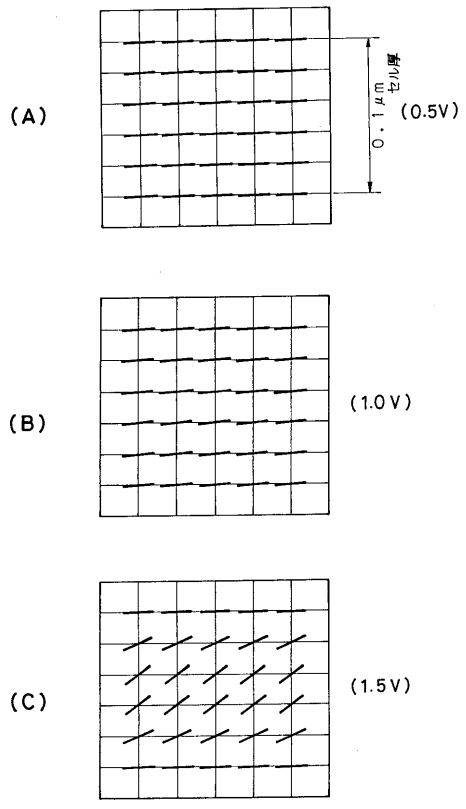
【図１３】



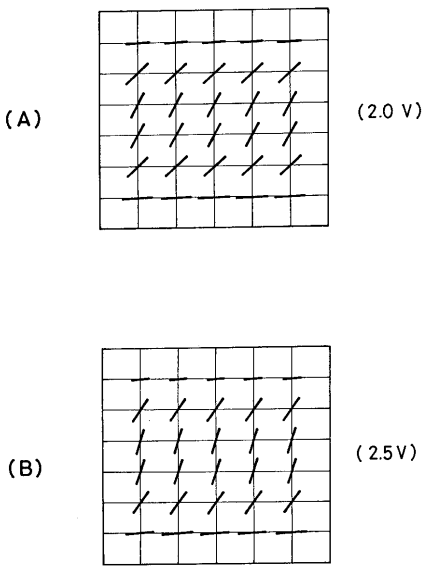
【図１４】



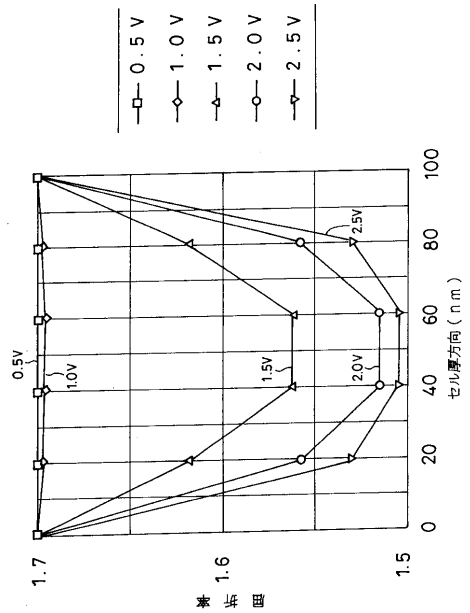
【図１５】



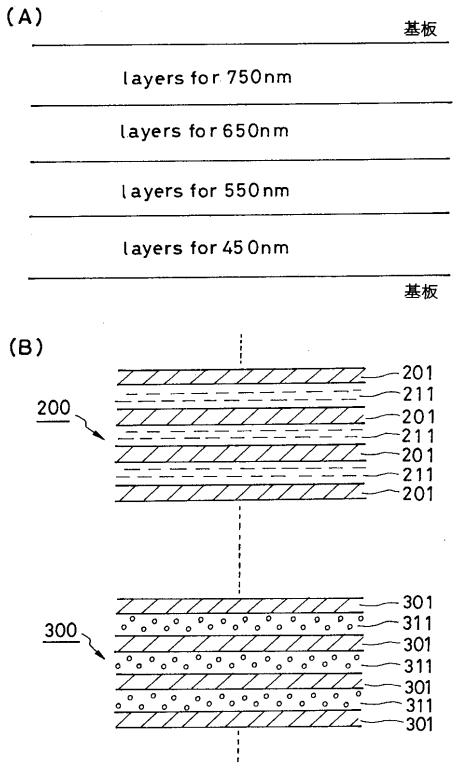
【図１６】



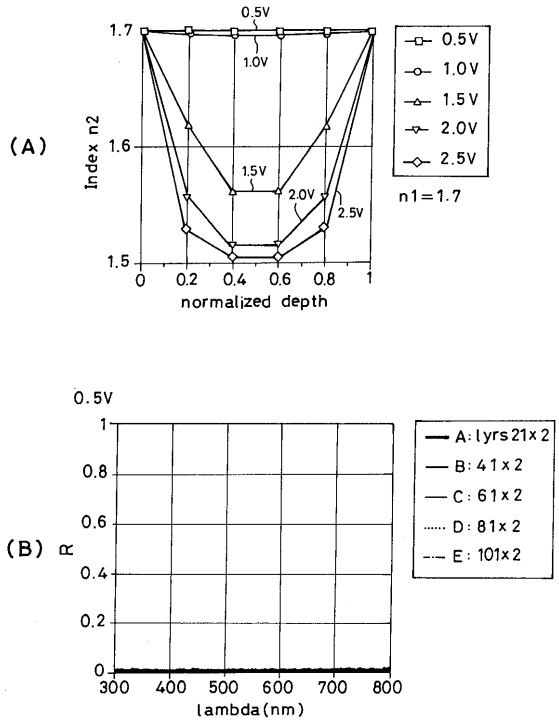
【図１７】



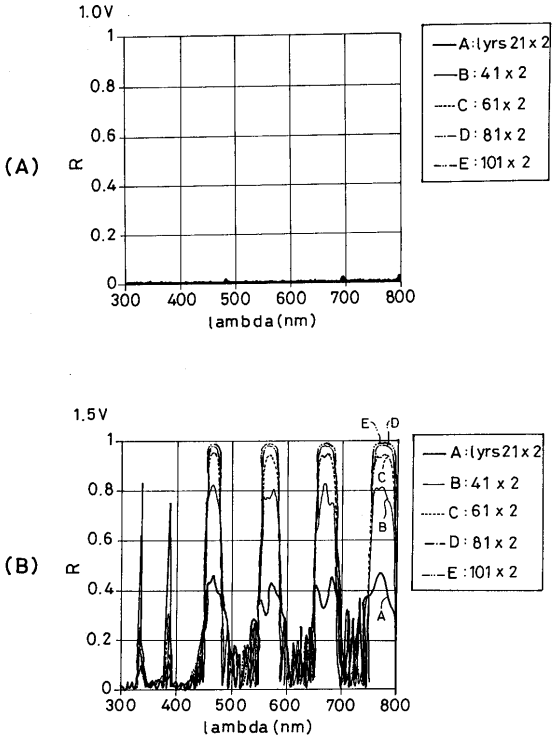
【図１８】



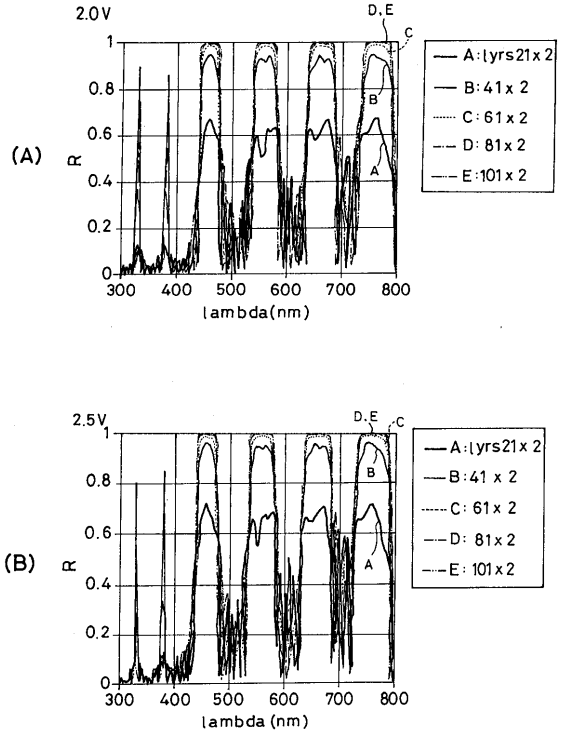
【図１９】



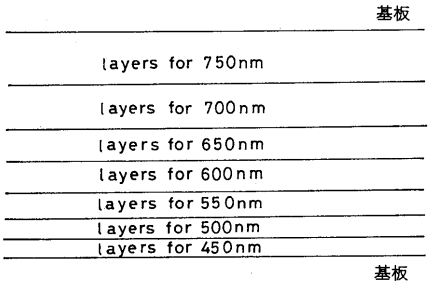
【図２０】



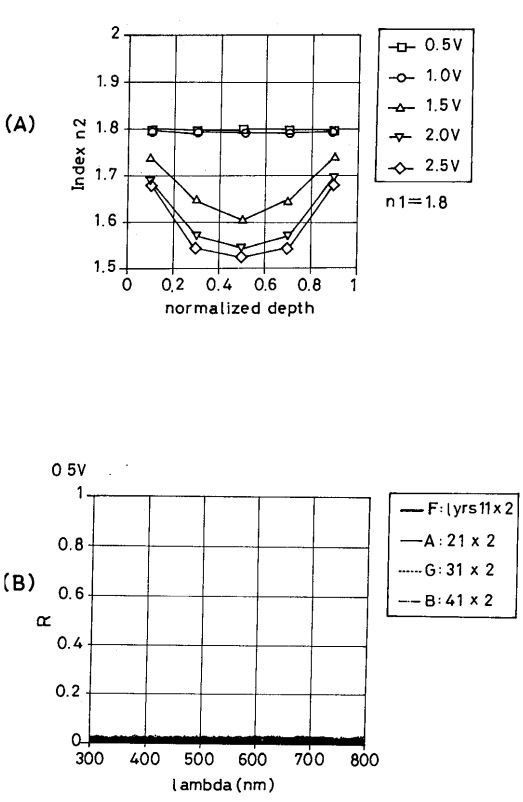
【図２１】



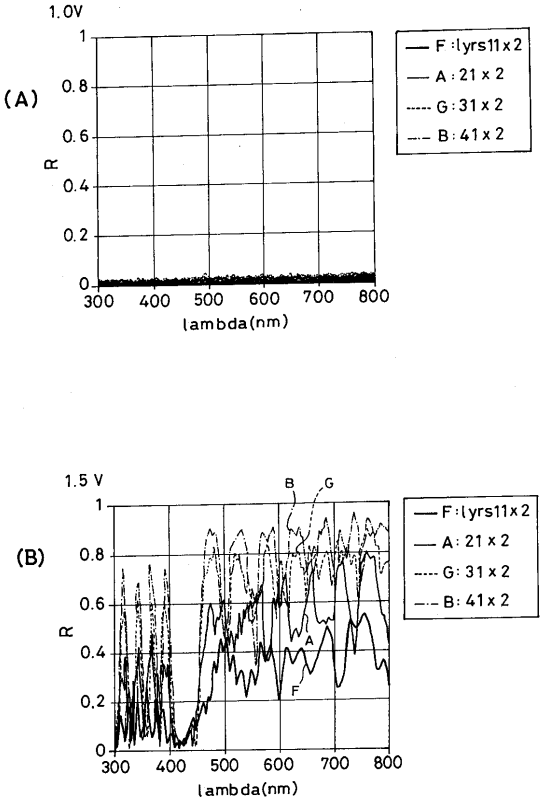
【図２２】



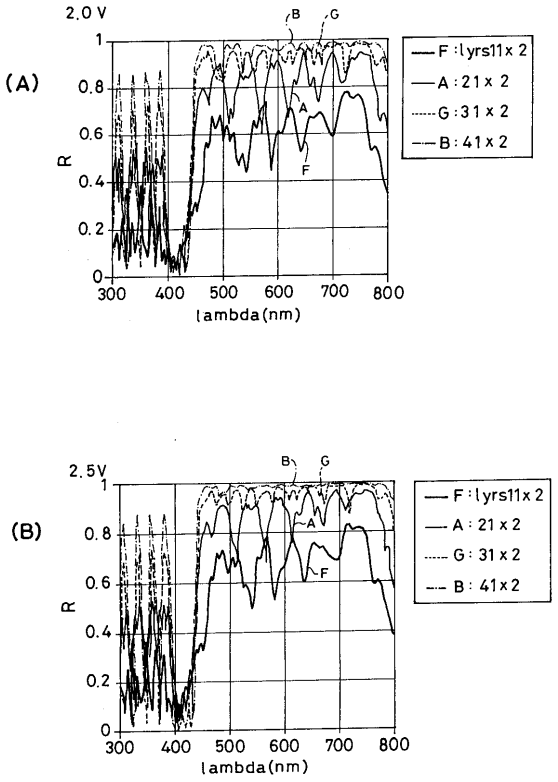
【図２３】



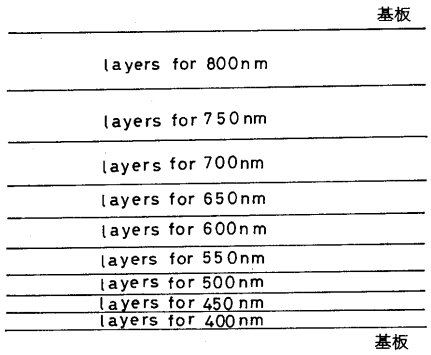
【図２４】



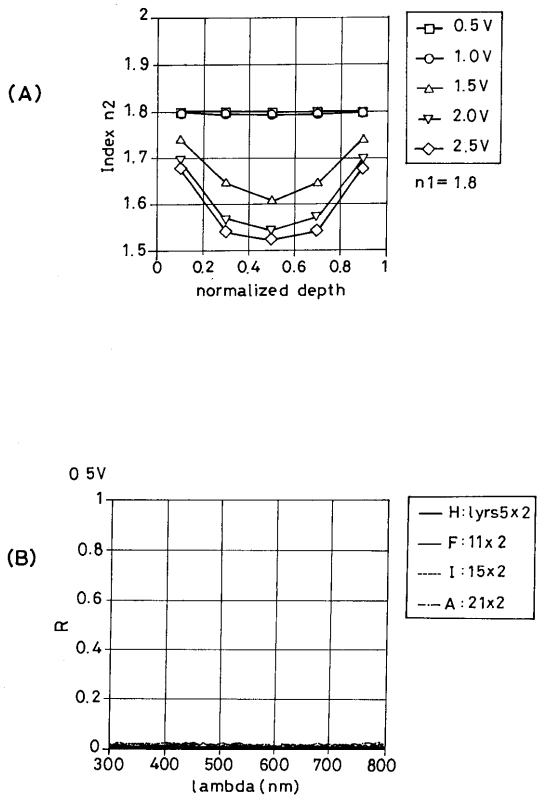
【図２５】



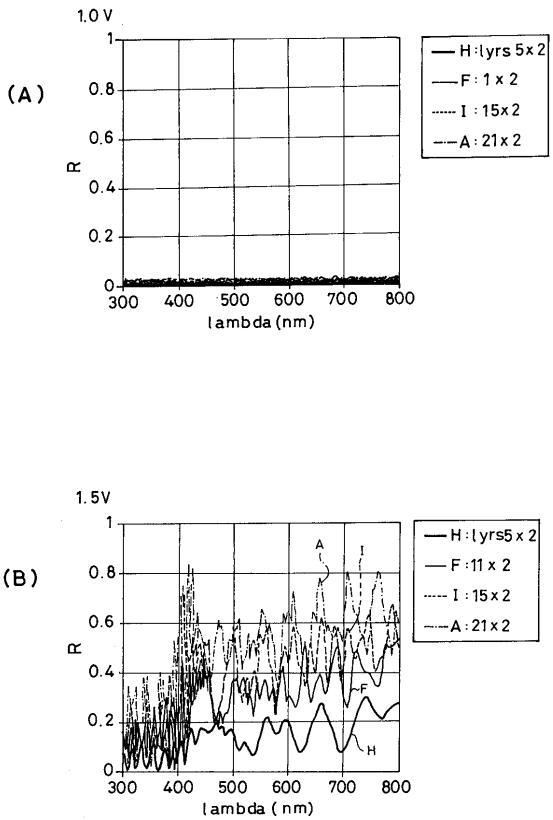
【図２６】



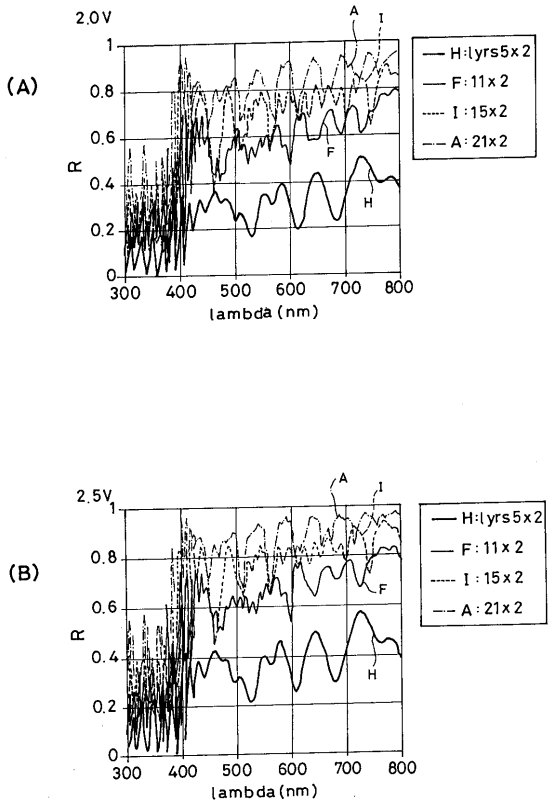
【図２７】



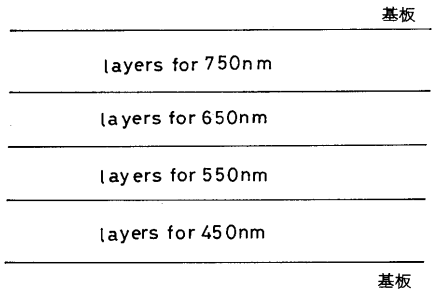
【図２８】



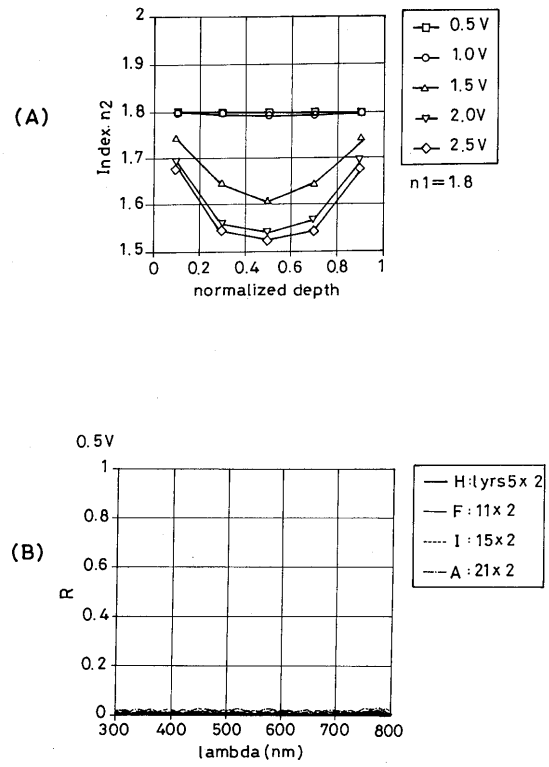
【図２９】



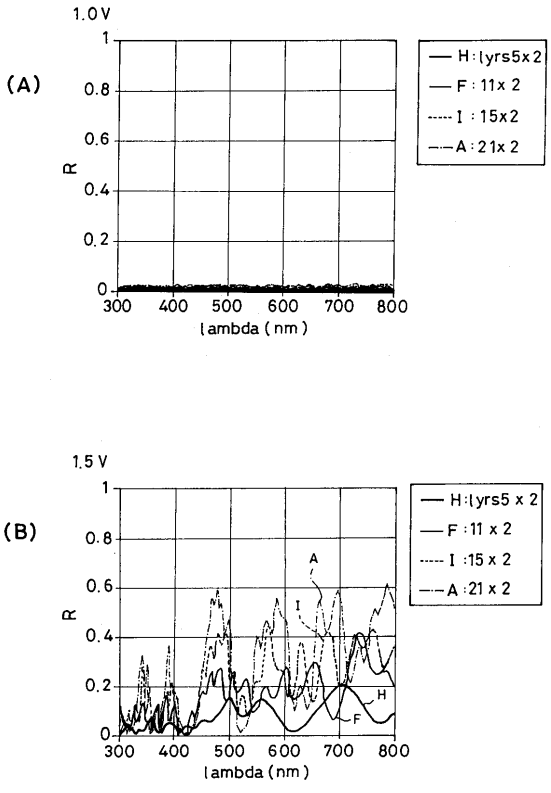
【図３０】



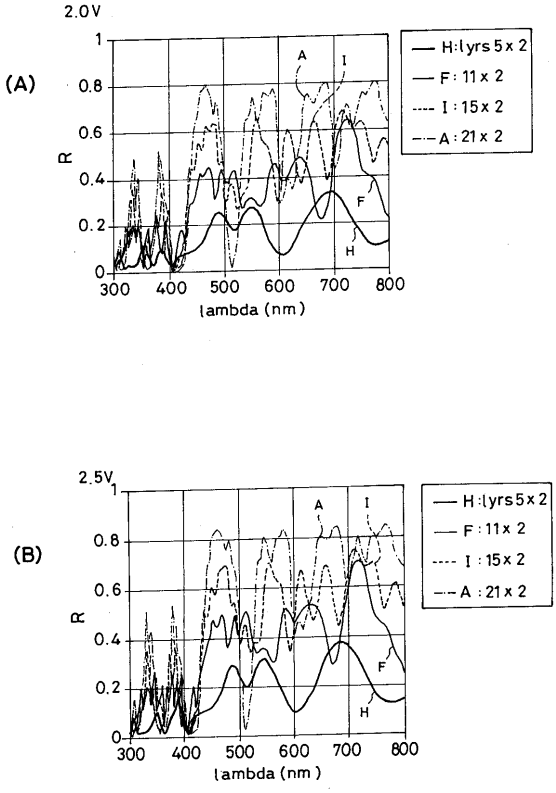
【図３１】



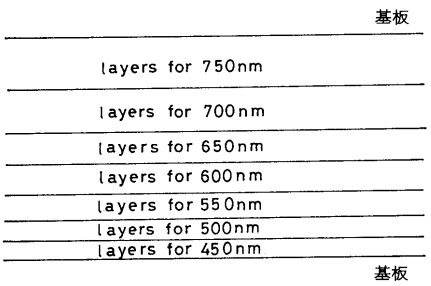
【図３２】



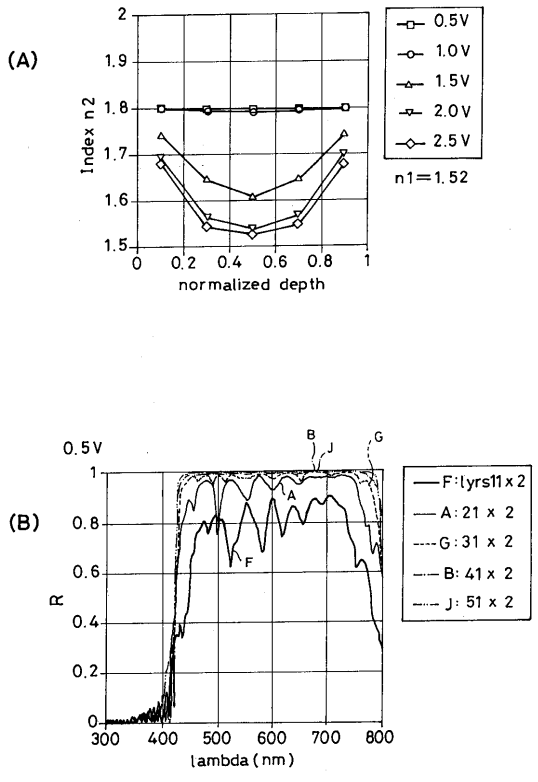
【図３３】



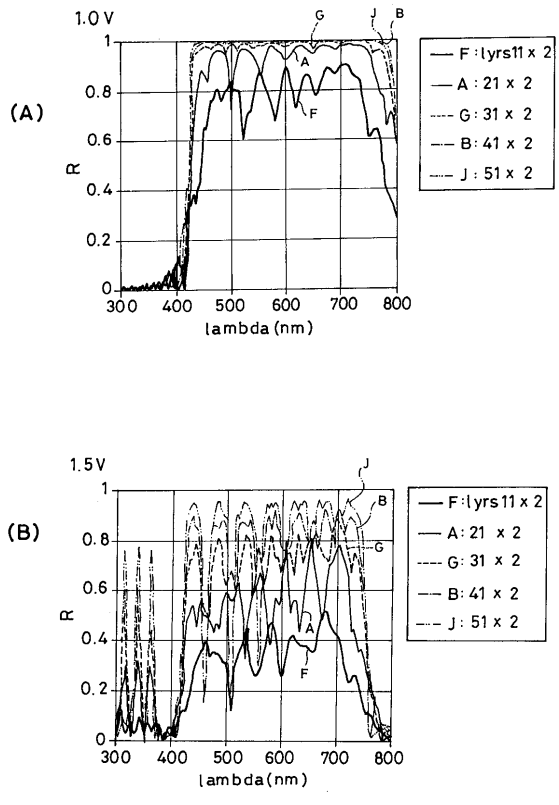
【図３４】



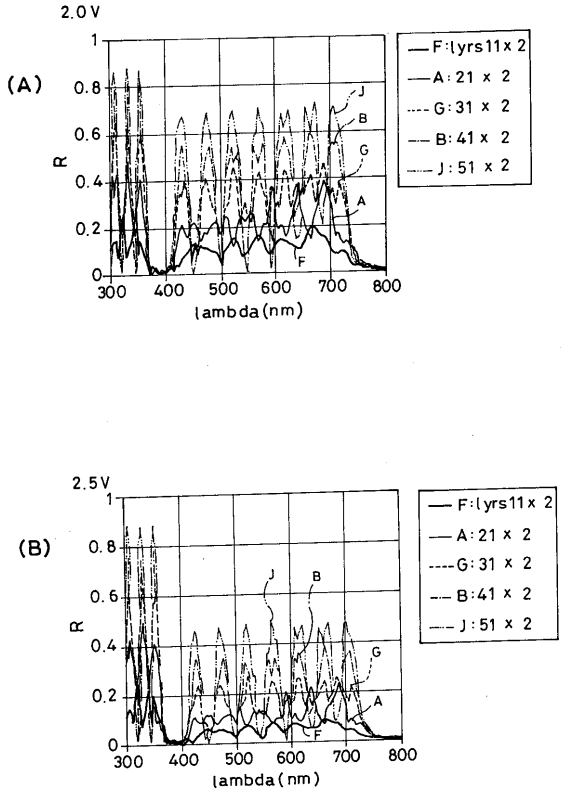
【図３５】



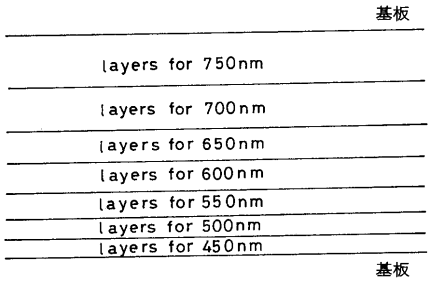
【図３６】



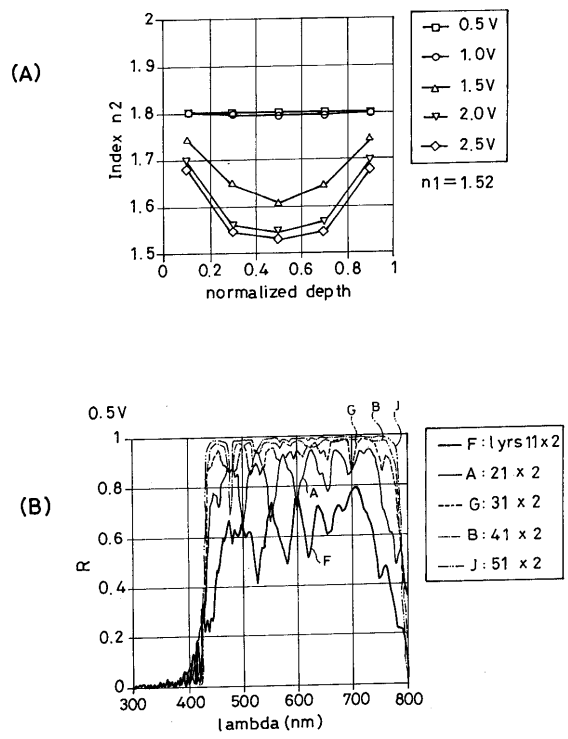
【図３７】



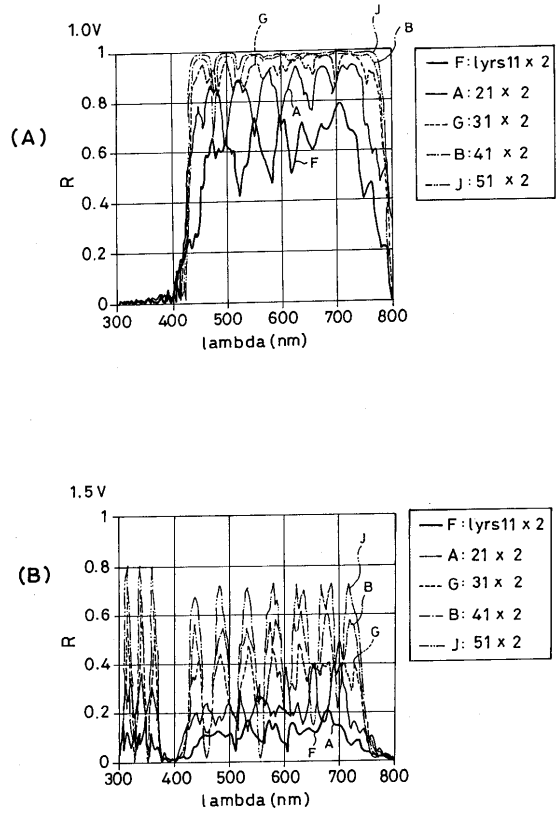
【図３８】



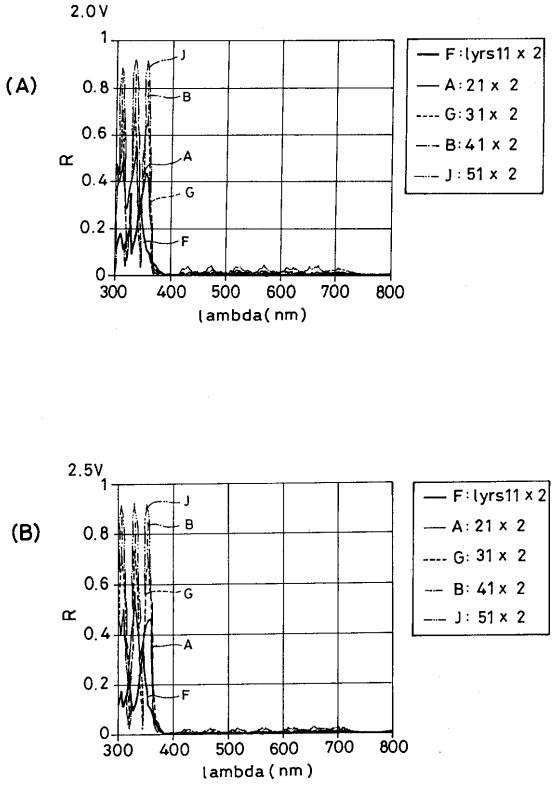
【図３９】



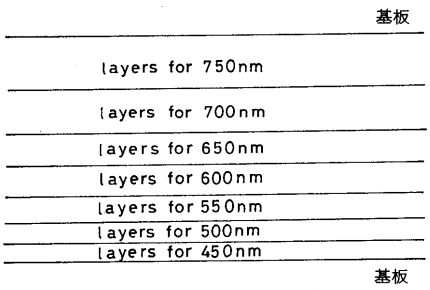
【図４０】



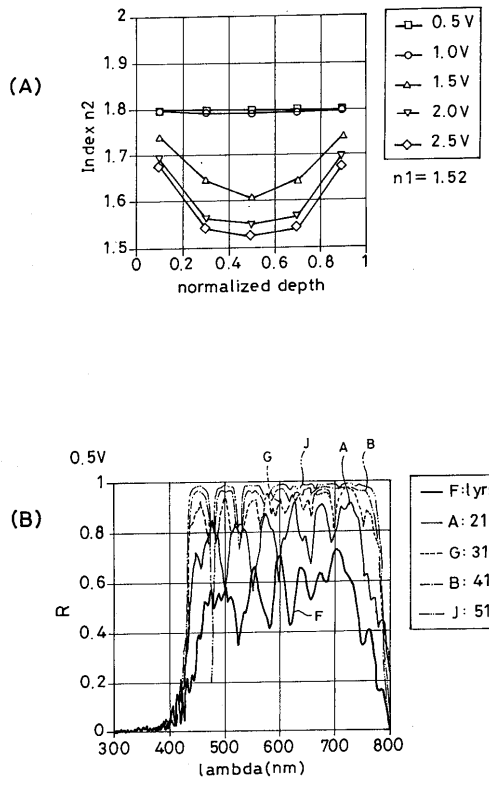
【図４１】



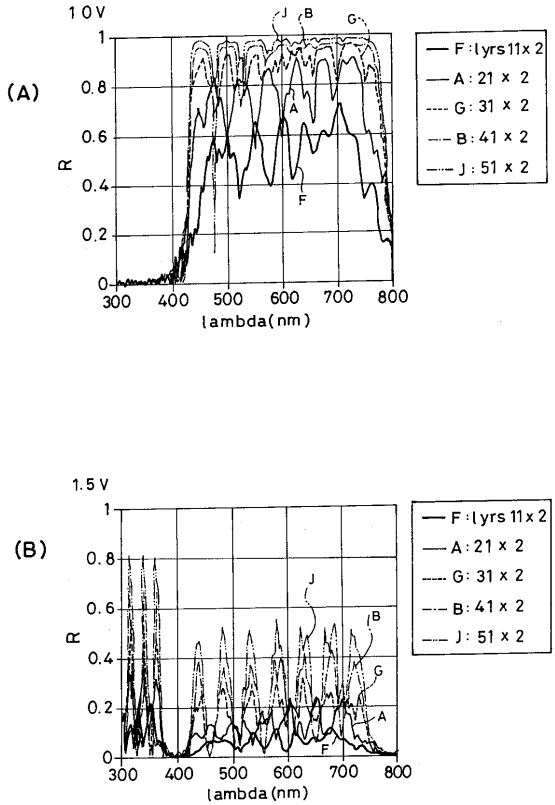
【図４２】



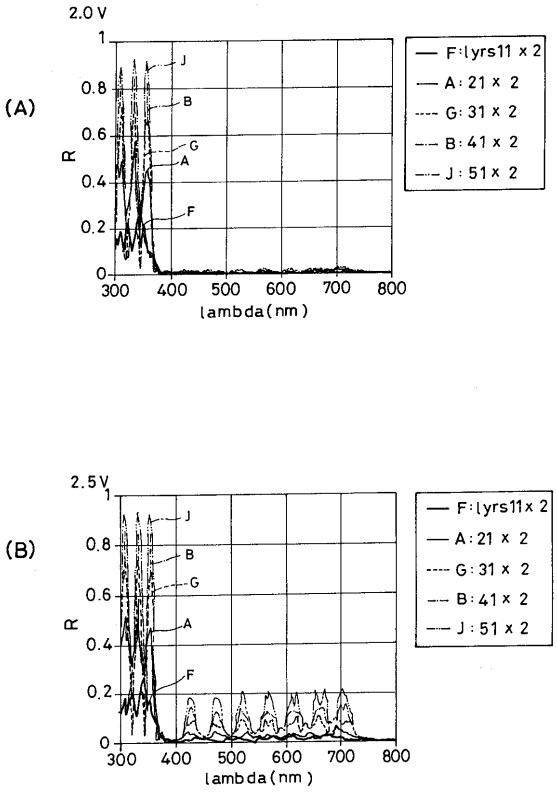
【図４３】



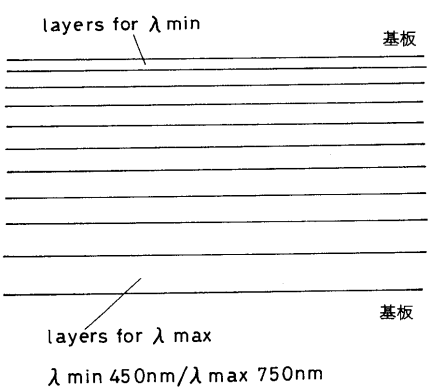
【図４４】



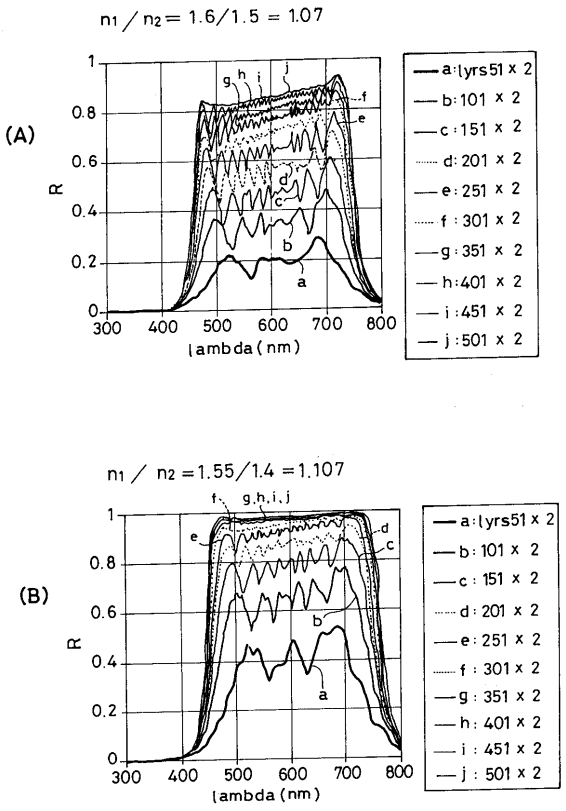
【図４５】



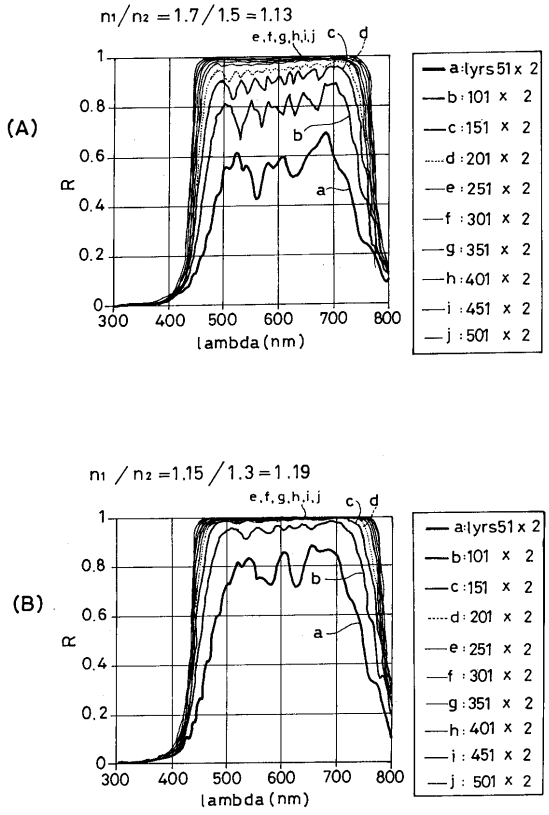
【図４６】



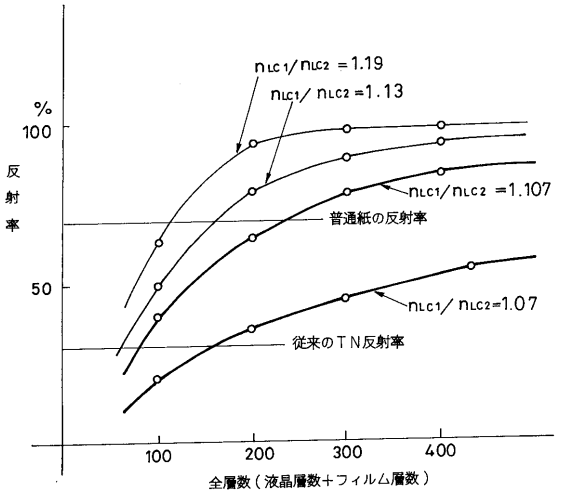
【図４７】



【図４８】



【図４９】


nLC1/nLC2 =1.19
nLC1/ nLC2 =1.13
%
100
反
射
率
nLC1/nLC2 =1.107
普通紙の反射率
50
nLC1/ nLC2=1.07
従来のＴＮ反射率
100
200
300
400
全層数（液晶層数＋フィルム層数）

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０７－０９２４８３（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１７８６２３（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１３４２６６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２９４９５２（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１２８１４３（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２８７２１４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02F 1/1347
G02F 1/1333
G02F 1/1335