

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5262387号
(P5262387)

(45) 発行日 平成25年8月14日(2013.8.14)

(24) 登録日 平成25年5月10日(2013.5.10)

(51) Int.Cl.	F 1
GO2F 1/13363 (2006.01)	GO2F 1/13363
GO2F 1/13 (2006.01)	GO2F 1/13 505
GO2F 1/1335 (2006.01)	GO2F 1/1335 510
GO2F 1/139 (2006.01)	GO2F 1/139
GO2B 5/30 (2006.01)	GO2B 5/30

請求項の数 13 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2008-186357 (P2008-186357)
(22) 出願日	平成20年7月17日 (2008.7.17)
(65) 公開番号	特開2009-145863 (P2009-145863A)
(43) 公開日	平成21年7月2日 (2009.7.2)
審査請求日	平成23年6月15日 (2011.6.15)
(31) 優先権主張番号	特願2007-300196 (P2007-300196)
(32) 優先日	平成19年11月20日 (2007.11.20)
(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 雅善
(74) 代理人	100107261 弁理士 須澤 修
(74) 代理人	100127661 弁理士 宮坂 一彦
(72) 発明者	立野 善丈 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】 液晶装置、プロジェクタ及び液晶装置の光学補償方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

配向膜を夫々有する一対の基板の間に、前記配向膜によってプレチルトを付与された液晶分子を含む垂直配向型の液晶が挟持されてなり、光を変調する液晶パネルと、

前記液晶パネルを挟んで配置された一対の偏光板と、

前記一対の偏光板の間に配置されており、(i-a)第1基板及び(ii-a)第1屈折率異方性を有する第1屈折率異方性媒質の第1光軸が前記プレチルトによる前記光の特性変化を打ち消す第1方向に傾斜するように前記第1基板の上に斜方蒸着された第1蒸着膜を有する第1位相差板と、

前記一対の偏光板の間に配置されており、(i-b)第2基板及び(ii-b)第2屈折率異方性を有する第2屈折率異方性媒質の第2光軸が前記光の特性変化を打ち消すと共に前記第1方向と異なる第2方向に傾斜するように前記第2基板の上に斜方蒸着された第2蒸着膜を有する第2位相差板と、
を含み、

前記第1位相差板は、前記液晶パネルの基板の法線を軸として回転可能であり、前記第2位相差板は、前記第1位相差板とは独立に、前記法線を軸として回転可能であることを特徴とする液晶装置。

【請求項 2】

前記第1方向と前記第2方向とは、前記プレチルトが付与された液晶分子の長軸方向を挟む位置関係にあることを特徴とする請求項1に記載の液晶装置。 10

【請求項 3】

前記第1方向と前記第2方向とが形成する角度である関係角は、70度乃至110度であることを特徴とする請求項1又は2に記載の液晶装置。

【請求項 4】

前記第1屈折率異方性媒質及び前記第2屈折率異方性媒質のうち少なくとも一方は、二軸性であることを特徴とする請求項1から3のうちいずれか一項に記載の液晶装置。

【請求項 5】

前記第1屈折率異方性媒質は、前記第1光軸をX軸とした場合、X軸方向の屈折率はY軸方向の屈折率より大きく、且つ、前記Y軸方向の屈折率はZ軸方向の屈折率より大きいという大小関係を有することに加えて又は代えて、前記第2屈折率異方性媒質は、前記第2光軸をX軸とした場合、X軸方向の屈折率はY軸方向の屈折率より大きく、且つ、前記Y軸方向の屈折率はZ軸方向の屈折率より大きいという大小関係を有することを特徴とする請求項1から4のうちいずれか一項に記載の液晶装置。10

【請求項 6】

前記第1位相差板の正面方向の位相差である第1正面位相差と、前記第2位相差板の正面方向の位相差である第2正面位相差とは異なることを特徴とする請求項1から5のうちいずれか一項に記載の液晶装置。

【請求項 7】

前記一対の偏光板の一対の透過軸は、互いに直交すると共に、前記第1基板又は前記第2基板の法線方向から見て、前記プレチルトを付与された液晶分子の長軸方向と45度の角度を夫々なし。20

前記第1位相差板では、前記第1光軸が前記一対の透過軸の一方の方向に沿うと共に、前記第2位相差板では、前記第2光軸が前記一対の透過軸の他方の方向に沿うことを特徴とする請求項1から6のうちいずれか一項に記載の液晶装置。

【請求項 8】

前記第1蒸着膜及び前記第2蒸着膜のうち少なくとも一方は、無機材料を含んで構成されることを特徴とする請求項1から7のうちいずれか一項に記載の液晶装置。

【請求項 9】

前記プレチルトは、前記一対の基板のうちの一方の法線から2~8°の範囲であることを特徴とする請求項1から8のうちいずれか一項に記載の液晶装置。30

【請求項 10】

前記第1蒸着膜及び前記第2蒸着膜のうち少なくとも一方の蒸着膜の膜厚に加えて又は代えて前記一方の蒸着膜が斜方蒸着された角度である蒸着角度は、(i)前記位相差板における前記光の出射側から見て正面方向の位相差である正面位相差が第1所定範囲内にあるように設定されることに加えて、(ii)前記位相差板の法線方向と異なると共に前記一方の蒸着膜が斜方蒸着される方向である蒸着方向に沿った第1方向から、前記光が入射する場合に発生する第1位相差と、前記法線方向を基準にして前記第1方向と対称な方向である第2方向から、前記光が入射する場合に発生する第2位相差との比が第2所定範囲内にあるように設定されることを特徴とする請求項1から9のうちいずれか一項に記載の液晶装置。40

【請求項 11】

前記膜厚及び前記蒸着角度は、(i)前記正面位相差が大きくなるに従って、前記位相差板を、前記法線方向を回転軸にして回転させる際の回転角度の単位変化量に対するコントラストの変化量が大きくなるように設定されることに加えて又は代えて、(ii)前記正面位相差が小さくなるに従って、前記単位変化量に対する前記コントラストの変化量が小さくなるように設定されることを特徴とする請求項10に記載の液晶装置。

【請求項 12】

請求項1から11のうちいずれか一項に記載の液晶装置と、

前記光を出射する光源と、

前記変調された光を投射する投射光学系と、50

を備えることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項 13】

請求項 1 から 11 のうちいずれか一項に記載の液晶装置における光学補償を行う光学補償方法であって、

前記第 1 位相差板及び前記第 2 位相差板のうちの少なくとも一方の位相差板を、前記液晶パネルの基板の法線を軸として回転させる第 1 の光学調整ステップと、

前記第 1 位相差板及び前記第 2 位相差板のうちの他方の位相差板を、前記液晶パネルの基板の法線を軸として回転させる第 2 の光学調整ステップと、

を備えることを特徴とする液晶装置の光学補償方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、偏光板及び位相差板を備える液晶装置、該液晶装置を備えるプロジェクタ、該液晶装置の光学補償方法、及び該液晶装置に用いられる位相差板の技術分野に関する。

【背景技術】

【0002】

この種の液晶装置として、「VA (Vertical Alignment) モード」によって駆動する方式のものが提案されている。ここで、コントラストを向上させる技術として、位相差板を液晶ライトバルブに対して傾斜させて配置する技術が提案されている（下記の特許文献 1 を参照）。

20

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 11298 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に開示された技術のように位相差板を傾斜させて配置する場合、液晶分子の配向方向に応じて、位相差板を傾斜させる必要がある。この場合、プロジェクタの内部において、例えば空気の循環による冷却効果の観点などによって、位相差板を傾斜させるための空間が限定されているため、コントラストを高めることが困難になる可能性があるという技術的な問題点がある。或いは、この位相差板を傾斜させる機構が複雑になってしまい、組み立て工程において、位相差板を傾斜させる調整が技術的に困難となってしまう。

30

【0005】

本発明は、例えば上述した問題点に鑑みなされたものであり、比較的簡単な構成により高コントラストの画像を表示可能である液晶装置、該液晶装置を備えるプロジェクタ、及び、該液晶装置の光学補償方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

(液晶装置)

本発明の一態様の液晶装置は、配向膜を夫々有する一対の基板の間に、前記配向膜によつてプレチルトを付与された液晶分子を含む垂直配向型の液晶が挟持されてなり、光を変調する液晶パネルと、前記液晶パネルを挟んで配置された一対の偏光板と、前記一対の偏光板の間に配置されており、(i-a) 第 1 基板及び(ii-a) 第 1 屈折率異方性を有する第 1 屈折率異方性媒質の第 1 光軸が前記プレチルトによる前記光の特性変化を打ち消す第 1 方向に傾斜するように前記第 1 基板の上に斜方蒸着された第 1 蒸着膜を有する第 1 位相差板と、前記一対の偏光板の間に配置されており、(i-b) 第 2 基板及び(ii-b) 第 2 屈折率異方性を有する第 2 屈折率異方性媒質の第 2 光軸が前記光の特性変化を打ち消すと共に前記第 1 方向と異なる第 2 方向に傾斜するように前記第 2 基板の上に斜方蒸着された第 2 蒸着膜を有する第 2 位相差板と、を含み、前記第 1 位相差板は、前記液晶パネルの基板の法線を軸として回転可能であり、前記第 2 位相差板は、前記第 1 位相差板とは独立に、前記法線を

40

50

軸として回転可能であることを特徴とする。

上記の本発明に係る液晶装置は、配向膜を夫々有する一対の基板の間に、前記配向膜によってプレチルトを付与された液晶分子からなる垂直配向型の液晶が挟持されてなり、光を変調する液晶パネルと、前記液晶パネルを挟んで配置された一対の偏光板と、前記一対の偏光板の間に配置されており、(i-a)第1基板及び(ii-a)第1屈折率異方性を有し前記第1屈折率異方性の第1光軸が前記プレチルトによる前記光の特性変化を打ち消す第1方向に傾斜するように前記第1基板上に斜方蒸着された第1蒸着膜を有する第1位相差板と、前記一対の偏光板の間に配置されており、(i-b)第2基板及び(ii-b)第2屈折率異方性を有し前記第2屈折率異方性の第2光軸が前記特性変化を打ち消すと共に前記第1方向と異なる第2方向に傾斜するように前記第2基板上に斜方蒸着された第2蒸着膜を有する第2位相差板とを備える。
10

【0007】

本発明の液晶装置によれば、例えば、光源から出射された光は、反射ミラー及びダイクロイックミラー等の色分離光学系によって赤色光、緑色光及び青色光に色分離される。液晶パネルは、例えば赤色光、緑色光及び青色光の各々を変調するライトバルブとして用いられる。液晶パネルは、例えばデータ信号（或いは画像信号）に応じて各画素の液晶分子の配向状態が規制され、その表示領域にデータ信号に応じた画像を表示する。各液晶パネルによって表示された画像は、例えばダイクロイックプリズム等の色合成光学系により合成され、投射レンズを介して投写画像としてスクリーン等の投写面に投写される。
20

【0008】

液晶パネルは、一対の基板間に液晶が挟持されてなる。液晶は、垂直配向型の液晶、即ちVA(Vertical Alignment)型液晶である。一対の基板の各々には、配向膜が設けられ、該配向膜によって、液晶を構成する液晶分子は、一定の方向に、一定の角度だけ立ち上がるプレチルトが付与される。液晶がVA型であるので、液晶分子は、一対の基板の基板面の法線に対して一定の方向にプレチルト角だけ傾いて配向する。この液晶分子は、液晶パネルに電圧が印加されない場合、プレチルトを維持すると共に、液晶パネルに電圧が印加される場合、液晶パネルの基板の平面方向に近づくように傾斜する。これにより、ノーマリープラック方式或いはノーマリー・ホワイトの液晶を簡便に実現できる。尚、プレチルトを付与された液晶分子の長軸と一対の基板の一辺とは、典型的には、一対の基板の法線方向から見て、互いに45度の角度をなしてよい。液晶パネルは、一対の偏光板の間に挟み込まれるように配置される。
30

【0009】

第1位相差板は、(i-a)第1基板及び(ii-a)第1屈折率異方性を保持すると共に第1屈折率異方性の第1光軸がプレチルトによる光の特性変化を打ち消す第1方向に傾斜するように前記第1基板上に斜方蒸着された第1蒸着膜を有する。ここに本発明に係る「光の特性変化」とは、光の位相差の変化のみならず、光の進行方向の変化、偏光状態の変化、周波数などの光の基本的な特性パラメータのうちの少なくとも一つが変化することを意味する。また、本発明に係る「打ち消す方向」とは、理想的には必要且つ十分に打ち消すことができる方向を意味するが、このような理想的な方向を成分として含む方向を意味する。即ち、理想的には最も打ち消す能力が高い方向、典型的には第1基板の法線方向から平面的に見て、第1屈折率異方性の屈折率が最大である光軸が、プレチルトが付与された液晶分子の長軸方向と交わる方向を意味する。典型的には、第1位相差板の蒸着膜は、無機材料を含んで構成されることが好ましい。これにより、光の照射やそれに伴う温度上昇により第1位相差板が劣化するのを効果的に防止でき、信頼性に優れた液晶装置を構成することができる。
40

【0010】

典型的には、第1位相差板を構成する第1屈折率異方性媒質の第1光軸が第1基板の法線方向から見てプレチルトが付与された液晶分子の長軸方向に交わる第1所定方向に沿うように、第1屈折率異方性媒質は第1蒸着膜として、第1基板に斜方蒸着されている。ここに、所定方向とは、第1屈折率異方性媒質の第1光軸と液晶分子の長軸方向とが交わる
50

当該屈折率異方性媒質の第1光軸が延びる方向を意味する。具体的には、この第1屈折率異方性媒質の第1光軸が延びる方向である第1所定方向は、例えばコントラストや視野角などの液晶装置の光学的な特性のレベルが、例えば最大値等の所望の値になるように、液晶分子の長軸方向を基準にして、実験的、理論的、経験的、シミュレーション等によって個別具体的に規定することができる。

【0011】

加えて、典型的には、上述した第1位相差板の第1屈折率異方性媒質の第1光軸が第1基板と第1所定角度で交わるように、第1屈折率異方性媒質は第1蒸着膜として第1基板に斜方蒸着されている。ここに、第1所定角度とは、第1屈折率異方性媒質の光軸と、第1基板とが交わる角度を意味する。この第1所定角度は、第1基板の法線と第1屈折率異方性媒質の主屈折率に対応される光軸と間の角度を、90度から差し引いた値言い換えることができる。或いは、この第1所定角度は、第1屈折率異方性媒質の主屈折率に対応される第1光軸と、上述した第1所定方向との間の角度と言い換えることができる。具体的には、この第1屈折率異方性媒質の第1光軸と第1基板とが交わる角度である第1所定角度は、例えばコントラストや視野角などの液晶装置の光学的な特性のレベルが、例えば最大値等の所望の値になるように、実験的、理論的、経験的、シミュレーション等によって個別具体的に規定することができる。10

【0012】

他方で、第2位相差板は、(i-b)第2基板及び(ii-b)第2屈折率異方性を保持すると共に第2屈折率異方性の第2光軸がプレチルトによる光の特性変化を打ち消すと共に第1方向と異なる第2方向に傾斜するように第2基板上に斜方蒸着された第2蒸着膜を有する。20

【0013】

典型的には、第2位相差板を構成する第2屈折率異方性媒質の第2光軸が第2基板の法線方向から見てプレチルトが付与された液晶分子の長軸方向に交わる第2所定方向に沿うように、第2屈折率異方性媒質は第2蒸着膜として、第2基板に斜方蒸着されている。ここに、第2所定方向とは、第2屈折率異方性媒質の光軸と液晶分子の長軸方向とが交わる当該屈折率異方性媒質の第2光軸が延びる方向を意味する。具体的には、この第2屈折率異方性媒質の第2光軸が延びる方向である第2所定方向は、例えばコントラストや視野角などの液晶装置の光学的な特性のレベルが、例えば最大値等の所望の値になるように、液晶分子の長軸方向を基準にして、実験的、理論的、経験的、シミュレーション等によって個別具体的に規定することができる。30

【0014】

加えて、典型的には、上述した第2位相差板の第2屈折率異方性媒質の第2光軸が第2基板と第2所定角度で交わるように、第2屈折率異方性媒質は第2蒸着膜として第2基板に斜方蒸着されている。ここに、第2所定角度とは、第2屈折率異方性媒質の第2光軸と、第2基板とが交わる角度を意味する。この第2所定角度は、第2基板の法線と第2屈折率異方性媒質の主屈折率に対応される第2光軸と間の角度を、90度から差し引いた値言い換えることができる。或いは、この第2所定角度は、第2屈折率異方性媒質の主屈折率に対応される第2光軸と、上述した第2所定方向との間の角度と言い換えることができる。具体的には、この第2屈折率異方性媒質の第2光軸と第2基板とが交わる角度である第2所定角度は、例えばコントラストや視野角などの液晶装置の光学的な特性のレベルが、例えば最大値等の所望の値になるように、実験的、理論的、経験的、シミュレーション等によって個別具体的に規定することができる。40

【0015】

これにより、第1位相差板の光軸（典型的には n_x' （但し、 $n_x' > n_y' > n_z'$ ））が、プレチルト角だけ傾斜した液晶分子の長軸方向に交わる第1所定方向に沿うので、第1基板の平面方向において、第1位相差板の第1光軸が液晶分子の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうように補償する。加えて、第1位相差板の第1光軸（典型的には n_x ）が、第1基板と第1所定角度で交わるので、第1基板の垂直面方向において、第1位相差板の第1光軸が液晶分子の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうように補償す50

る。即ち、液晶分子によって形成される第1屈折率楕円体の長軸と、第1位相差板によって形成される第1屈折率楕円体の長軸とが交わるので、液晶分子と第1位相差板との両者によって形成される第1屈折率楕円体を屈折率球体へ3次元的に近づけることができる。

【0016】

加えて、第2位相差板の光軸（典型的には $n_x > n_y > n_z$ ）が、プレチルト角だけ傾斜した液晶分子の長軸方向に交わる第2所定方向に沿うので、第2基板の平面方向において、第2位相差板の第2光軸が液晶分子の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうように補償する。加えて、第2位相差板の第2光軸（典型的には n_x ）が、第2基板と第2所定角度で交わるので、第2基板の垂直面方向において、第2位相差板の第2光軸が液晶分子の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうように補償する。即ち、液晶分子によって形成される第2屈折率楕円体の長軸と、第2位相差板によって形成される第2屈折率楕円体の長軸とが交わるので、液晶分子と第2位相差板との両者によって形成される第2屈折率楕円体を屈折率球体へ3次元的に近づけることができる。10

【0017】

従って、第1及び第2位相差板によって液晶において生じる位相差（言い換えれば、複屈折効果）を打ち消す（即ち、補償する）ことができる。この結果、当該液晶装置の動作時に、光源から出射された光が例えばプレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子から構成された液晶を通過することで発生する光の位相差を、第1及び第2位相差板によって補償することができる。従って、液晶パネルを通過した光が出射側の偏光板に対し、位相がずれた状態で入射するのを防止することができる。この結果、例えば出射側の偏光板において、本来通過させないはずの光が漏れる可能性は小さくなり、コントラストの低下や視野角の縮小を防止することができる。20

【0018】

加えて、第1位相差板及び第2位相差板は、一対の偏光板の間に配置されている。より具体的には、位相差板は、一対の偏光板のうち一方の偏光板と液晶パネルとの間、或いは、一対の偏光板のうち他方の偏光板と液晶パネルとの間に配置される。言い換えれば、一対の偏光板間であって、液晶パネルに対して光が入射される側或いは光が出射される側に設けられる。

【0019】

ここで、仮に、例えば1軸性の屈折率異方性を有する位相差板などの光軸の方向が厚さ方向に沿っている位相差板を用い、この位相差板を傾斜させることによって、液晶分子の光学的な異方性を補償する場合、液晶装置の内部において、例えば空気の循環による冷却効果の観点などによって、位相差板を傾斜させるための空間が限定されているためコントラストの低下を適切に防止することが技術的に困難となってしまう。或いは、この位相差板を傾斜させる機構が複雑になってしまい、組み立て工程において、位相差板を傾斜させる調整が技術的に困難となってしまう。30

【0020】

しかるに、本発明では特に、上述したように、第1位相差板に有される第1蒸着膜は、第1屈折率異方性を保持すると共に第1屈折率異方性の光軸がプレチルトによる光の特性変化を打ち消す第1方向に傾斜するように第1基板上に斜方蒸着されている。典型的には、第1位相差板の第1屈折率異方性の第1光軸は、第1蒸着膜の斜方蒸着によって、液晶分子の光学的な異方性を補償するように、第1所定方向に向かって、第1基板と第1所定角度で交わる。従って、第1蒸着膜の斜方蒸着によって、第1位相差板の第1屈折率異方性の第1光軸が傾斜する第1方向、及び、第1位相差板の第1屈折率異方性の第1光軸が第1基板と交わる第1角度を調整することで、液晶パネルの液晶分子の光学的な異方性を容易に且つ高精度に補償することができる。40

【0021】

加えて、本発明では特に、上述したように、第2位相差板に有される第2蒸着膜は、第2屈折率異方性を保持すると共に第2屈折率異方性の光軸がプレチルトによる光の特性変50

化を打ち消すと共に第1方向と異なる第2方向に傾斜するように第2基板上に斜方蒸着されている。典型的には、第2位相差板の第2屈折率異方性の第2光軸は、第2蒸着膜の斜方蒸着によって、液晶分子の光学的な異方性を補償するように、第2所定方向に向かって、第2基板と第2所定角度で交わる。従って、第2蒸着膜の斜方蒸着によって、第2位相差板の第2屈折率異方性の第2光軸が傾斜する第2方向、及び、第2位相差板の第2屈折率異方性の第2光軸が第2基板と交わる第2角度を調整することで、液晶パネルの液晶分子の光学的な異方性を容易に且つ高精度に補償することができる。

【0022】

特に、このように、2種類の位相差板が個別に夫々が、液晶分子の光学的な異方性を補償することで、その補償の効果を顕著に向上させることができる。典型的には、上述した2つのパラメータ、即ち、第1方向及び第2方向というより多くの物理量を調整することで、液晶分子の光学的な異方性をより高精度に補償することができる。10

【0023】

また、液晶パネルの液晶分子の光学的な異方性を補償するために、位相差板自体を光の入射方向に対して傾斜させる必要が殆ど又は完全にないので、組み立て工程において、位相差板を傾斜させる調整工程を省略することができ、簡便且つ低コストに、液晶分子の光学的な異方性を補償し、コントラストを高めることができる。この結果、本発明の液晶装置によれば、液晶において生じる位相差を位相差板によって補償する効果を高めることができ、コントラストを高めることができる。20

【0024】

以上説明したように、本発明の液晶装置によれば、第1蒸着膜の斜方蒸着によって、第1位相差板における第1屈折率異方性の第1光軸が傾斜する第1方向、及び、第2蒸着膜の斜方蒸着によって、第2位相差板における第2屈折率異方性の第2光軸が傾斜する第2方向を調整することで、液晶パネルにおいて生じる位相差を第1及び第2位相差板によって確実に補償することができる。この結果、高コントラストで高品位な表示を得ることができる。20

【0025】

本発明の液晶装置の一の態様では、前記第1方向と前記第2方向とは、前記プレチルトが付与された液晶分子の長軸方向を挟む位置関係にある。30

【0026】

この態様によれば、液晶分子の長軸方向と、第1方向に沿って延びる第1屈折率異方性の第1光軸とが交わる角度を大きくさせることができると共に、液晶分子の長軸方向と、第2方向に沿って延びる第2屈折率異方性の第2光軸とが交わる角度を大きくさせることができ。これにより、液晶分子と、第1及び第2位相差板とによって形成される屈折率楕円体を三次元的に屈折率球体へ近づけることができるので、液晶分子の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうようにより適切に補償し、より高コントラストでより高品位な表示を得ることができる。30

【0027】

本発明の液晶装置の他の態様では、前記第1方向と前記第2方向とが形成する角度である関係角は、70度乃至110度である。40

【0028】

この態様によれば、第1屈折率異方性と、第2屈折率異方性とを合成することによって形成される屈折率異方性を、2軸性にさせることができ。典型的には、本願発明者による研究によれば、関係角は、70度乃至110度であることがより高コントラストを実現できる、理想的には90であることが判明している。これによって、液晶分子の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうようにより適切に補償し、より高コントラストでより高品位な表示を得ることができる。

【0029】

本発明の液晶装置の他の態様では、前記第1屈折率異方性及び前記第2屈折率異方性のうち少なくとも一方は、二軸性である。50

【 0 0 3 0 】

この態様によれば、二軸性の第1屈折率異方性の光軸が傾斜する第1方向に加えて又は代えて、二軸性の第2屈折率異方性の光軸が傾斜する第2方向を調整することで、液晶分子の長軸方向と直交している方向の成分をより大きくさせることができる。この結果、液晶分子と第1及び第2位相差板とによって形成される屈折率楕円体を屈折率球体へ3次元的に的確に近づけることができる。

【 0 0 3 1 】

本発明の液晶装置の他の態様では、前記第1屈折率異方性は、前記第1光軸をX軸とした場合、X軸方向の屈折率（例えば n_x' ）はY軸方向の屈折率（例えば n_y' ）より大きく、且つ、前記Y軸方向の屈折率はZ軸方向の屈折率（例えば n_z' ）より大きいという大小関係を有することに加えて又は代えて、前記第2屈折率異方性は、前記第2光軸をX軸とした場合、X軸方向の屈折率（例えば n_x'' ）はY軸方向の屈折率（例えば n_y'' ）より大きく、且つ、前記Y軸方向の屈折率はZ軸方向の屈折率（例えば n_z'' ）より大きいという大小関係を有する。

10

【 0 0 3 2 】

この態様によれば、第1位相差板において、第1屈折率異方性のX軸方向の光軸が傾斜する第1方向に加えて又は代えて、第2位相差板において、第2屈折率異方性のX軸方向の光軸が傾斜する第2方向を調整することで、液晶分子の長軸方向と直交している方向の成分をより大きくさせることができる。この結果、液晶分子と第1及び第2位相差板とによって形成される屈折率楕円体を屈折率球体へ3次元的に的確に近づけることができる。

20

【 0 0 3 3 】

本発明の液晶装置の他の態様では、前記第1位相差板の正面方向の位相差である第1正面位相差と、前記第2位相差板の正面方向の位相差である第2正面位相差とは異なる。

【 0 0 3 4 】

この態様によれば、2種類の位相差板が個別に夫々が、液晶分子の光学的な異方性を補償することで、その補償の効果を顕著に向上させることができる。典型的には、上述した2つのパラメータである第1方向及び第2方向に加えて、第1正面位相差及び第2正面位相差というより多くの物理量を調整することで、液晶分子の光学的な異方性をより高精度に補償することができる。尚、第1正面位相差は、第1位相差板の厚さにより設定されてよいし、第2正面位相差は、第2位相差板の厚さにより設定されてよい。

30

【 0 0 3 5 】

典型的には、第1正面位相差と、この第1正面位相差と異なる第2正面位相差板とによって影響される、一対の偏光板のうち光の出射側に位置する一の偏光板の正面方向の位相差である正面位相差をより大きく変化させることにより、液晶装置をプロジェクタに組み込む工程において、位相差板を光が入射する入射方向を回転軸として回転させることによって、実現可能なコントラストを高精度に設定する際の、位相差板の回転角度を所定範囲（例えば±5度の範囲）にあるように制限することができる。従って、位相差板を制限された所定範囲内で回転させるので、当該プロジェクタの機能上、最大となるコントラストをより簡便に調節することができる。

【 0 0 3 6 】

40

本発明の液晶装置の他の態様では、前記一対の偏光板の一対の透過軸は、互いに直交すると共に、前記第1基板又は前記第2基板の法線方向から見て、前記プレチルトを付与された液晶分子の長軸方向と45度の角度を夫々なし、前記第1位相差板では、前記第1光軸が前記一対の透過軸の一方の方向に沿うと共に、前記第2位相差板では、前記第2光軸が前記一対の透過軸の他方の方向に沿う。

【 0 0 3 7 】

この態様によれば、第1及び第2位相差板をより簡便に液晶装置に組み込むことが可能となる。

【 0 0 3 8 】

本発明の液晶装置の他の態様では、前記第1蒸着膜及び前記第2蒸着膜のうち少なくと

50

も一方は、無機材料を含んで構成される。

【0039】

この態様によれば、例えばTa2O5等の無機材料によって、光の照射やそれに伴う温度上昇により第1及び第2位相差板が劣化するのを効果的に防止でき、信頼性に優れた液晶装置を構成することができる。

【0040】

本発明の液晶装置の他の態様では、前記第1位相差板及び前記第2位相差板のうち少なくとも一方は、前記一方の法線方向を回転軸にして回転可能である。

【0041】

この態様によれば、少なくとも一方の位相差板を上述した法線方向を回転軸として回転させることで、少なくとも一方の位相差板の屈折率異方性の光軸が傾斜する方向、及び、少なくとも一方の位相差板の屈折率異方性の光軸が第1基板と交わる角度を調整することで、液晶パネルの液晶分子の光学的な異方性を容易に且つ高精度に補償することができる。
10

【0042】

本発明の液晶装置の他の態様では、前記第1蒸着膜及び前記蒸着膜のうち少なくとも一方の蒸着膜の膜厚に加えて又は代えて前記一方の蒸着膜が斜方蒸着された角度である蒸着角度は、(i)前記位相差板における前記光の出射側から見て正面方向の位相差である正面位相差が第1所定範囲内にあるように設定されることに加えて、(ii)前記位相差板の法線方向と異なると共に前記一方の蒸着膜が斜方蒸着される方向である蒸着方向に沿った第1方向から、前記光が入射する場合に発生する第1位相差と、前記法線方向を基準にして前記第1方向と対称な方向である第2方向から、前記光が入射する場合に発生する第2位相差との比が第2所定範囲内にあるように設定される。
20

【0043】

この態様によれば、一方の蒸着膜の膜厚に加えて又は代えて一方の蒸着膜が斜方蒸着された角度である蒸着角度は、(i)位相差板における光の出射側から見て正面方向の位相差である正面位相差が第1所定範囲内にあるように設定される。このことに加えて、一方の蒸着膜の膜厚に加えて又は代えて蒸着角度は、(ii)位相差板の法線方向と異なると共に一方の蒸着膜が斜方蒸着される方向である蒸着方向に沿った第1方向から、光が入射する場合に発生する第1位相差と、法線方向を基準にして第1方向と対称な方向である第2方向に沿って入射する場合に発生する第2位相差との比が第2所定範囲内にあるように設定されている。ここに、本発明に係る第1所定範囲とは、液晶装置から出射される光のコントラストをより大きくさせるように、理論的、実験的、経験的、又はシミュレーション等によって、個別具体的に規定された正面位相差の範囲を意味する。また、本発明に係る第2所定範囲とは、液晶装置から出射される光のコントラストをより大きくさせるように、理論的、実験的、経験的、又はシミュレーション等によって、個別具体的に規定された第1位相差と第2位相差との比の値の範囲を意味する。
30

【0044】

この結果、一方の蒸着膜の膜厚に加えて又は代えて一方の蒸着角度を、第1所定範囲内にある正面位相差及び第2所定範囲内にある第1位相差と第2位相差との比に応じて適切な値に設定することで、液晶装置におけるコントラストを向上可能な位相差板をより簡便に実現することができる。言い換えると、位相差板の性質や性能を直接的に規定する変数やパラメータに加えて位相差板の性質や性能を間接的に規定する変数やパラメータなどの、より多種類の変数やパラメータによって位相差板の性質や性能を規定することで、液晶装置におけるコントラストをより高精度に向上させることができる。
40

【0045】

本発明の液晶装置の他の態様では、前記膜厚及び前記蒸着角度は、(i)前記正面位相差が大きくなるに従って、前記位相差板を、前記法線方向を回転軸にして回転させる際の回転角度の単位変化量に対するコントラストの変化量が大きくなるように設定されることに加えて又は代えて、(ii)前記正面位相差が小さくなるに従って、前記単位変化量に対
50

する前記コントラストの変化量が小さくなるように設定される。

【0046】

この態様によれば、上述した第1位相差と第2位相差との比の設定に加えて、正面位相差を適切な値に設定することによって、プロジェクタの製造の組み立て工程において、或いは、ユーザの調整動作において、所望となる位相差板の調整角度の範囲を簡便且つ適切に決定することができるので、実践上、大変有利である。典型的には、プロジェクタの製造の組み立て工程において、膜厚及び蒸着角度が、正面位相差が大きくなるに従って、位相差板を、法線方向を回転軸にして回転させる際の回転角度の単位変化量に対するコントラストの変化量が大きくなるように設定される場合、コントラストの変化量が大きいために、変化量を的確且つ迅速に検知できる。これにより、最大のコントラストを実現できる位相差板の回転角度をより迅速に決定し設定することができる。或いは、典型的には、ユーザの調整動作において、膜厚及び蒸着角度は、正面位相差が小さくなるに従って、単位変化量に対するコントラストの変化量が小さくなるように設定される場合、コントラストの変化量が小さいために、最大のコントラストを実現できる位相差板の回転角度をより広範囲させることができる。これにより、例えばユーザの視認によっても最大のコントラストを実現できる位相差板の回転角度をより簡便に決定し設定することができる。

(プロジェクタ)

本発明のプロジェクタは上記課題を解決するために、上述した本発明の液晶装置(但し、各種の態様を含む)と、前記光を出射する光源と、前記変調された光を投射する投射光学系とを備えることを特徴とするプロジェクタ。

【0047】

本発明のプロジェクタによれば、光源から出射された光は、例えば反射ミラー及びダイクロイックミラー等の色分離光学系によって赤色光、緑色光及び青色光に色分離される。上述した液晶パネルは、例えば赤色光、緑色光及び青色光の各々を変調するライトバルブとして用いられる。液晶パネルは、例えばデータ信号(或いは画像信号)に応じて各画素の液晶分子の配向状態が規制され、その表示領域にデータ信号に応じた画像を表示する。各液晶パネルによって表示された画像は、投射光学系において、例えばダイクロイックプリズム等の色合成光学系により合成され、投射レンズを介して投写画像としてスクリーン等の投写面に投写される。

【0048】

上述した本発明の液晶装置と概ね同様にして、第1蒸着膜の斜方蒸着によって、第1位相差板における第1屈折率異方性の第1光軸が傾斜する第1方向、及び、第2蒸着膜の斜方蒸着によって、第2位相差板における第2屈折率異方性の第2光軸が傾斜する第2方向を調整することで、液晶パネルにおいて生じる位相差を第1及び第2位相差板によって確実に補償することができる。この結果、高コントラストで高品位な表示を得ることができる。

【0049】

尚、本発明のプロジェクタにおいても、上述した本発明の液晶装置についての各種態様と同様の態様を適宜採ることが可能である。

(液晶装置の光学補償方法)

本発明の一態様の液晶装置の光学補償方法は、前記第1位相差板及び前記第2位相差板のうちの少なくとも一方の位相差板を、前記液晶パネルの基板の法線を軸として回転させる第1の光学調整ステップと、前記第1位相差板及び前記第2位相差板のうちの他方の位相差板を、前記液晶パネルの基板の法線を軸として回転させる第2の光学調整ステップとを備えることを特徴とする。

上記の本発明に係る液晶装置の光学補償方法は、上述した本発明の液晶装置(但し、各種の態様を含む)における光学補償を行う光学補償方法であって、前記第1位相差板及び前記第2位相差板の少なくとも一方の位相差板を、前記一方の位相差板の法線方向を回転軸にして、回転させる光学調整ステップとを備える。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

本発明の液晶装置の光学補償方法によれば、上述した本発明の液晶装置に、光源、偏光板及び第1若しくは第2位相差板を組み込む工程において、光学調整ステップにおいて、第1位相差板及び第2位相差板の少なくとも一方の位相差板を光が入射する入射方向である液晶パネルの法線方向を回転軸として回転させる。これにより、この一方の位相差板の光軸と、液晶分子の長軸方向との相対的な位置関係を調整し、より高いコントラストを実現可能である。加えて、この一方の位相差板の正面位相差を調節することで、この一方の位相差板の回転角度を所定範囲にあるように制限し、ひいては、この一方の位相差板を制限された所定範囲内で回転させてるので、より簡便にコントラストを調節することができる。

10

【 0 0 5 1 】

特に、上述した、2つのパラメータ、即ち、第1方向及び第2方向という2つの物理量に加えて、傾斜した液晶分子の長軸方向と第1方向との間の角度に対応される第1位相差板の回転角、及び、傾斜した液晶分子の長軸方向と第2方向との間の角度に対応される第2位相差板の回転角などの、より多くの物理量を調整することで、液晶分子の光学的な異方性をより高精度に補償することができる。

【 0 0 5 2 】

尚、上述した光学調整ステップに加えて、一対の偏光板を、第1及び第2位相差板の法線方向を回転軸にして、回転させる他の光学調整ステップを備えてよい。これにより、例えばノーマリーブラック方式或いはノーマリーホワイト方式の液晶を簡便に実現できる。

20

【 0 0 5 3 】

尚、本発明の液晶装置の光学補償方法においても、上述した本発明の液晶装置についての各種態様と同様の態様を適宜採ることが可能である。

【 0 0 5 4 】

本発明の作用及び他の利得は次に説明する実施するための最良の形態から明らかにされる。

【発明を実施するための最良の形態】**【 0 0 5 5 】****(第1の実施形態)**

図1は、本発明の実施形態に係る液晶プロジェクタの概略構成図である。プロジェクタ10は、前方に設けられたスクリーン11に映像を投射する前方投影型のプロジェクタである。プロジェクタ10は、光源12と、ダイクロイックミラー13、14と、液晶ライトバルブ15～17と、投射光学系18と、クロスダイクロイックプリズム19と、リレー系20とを備えている。

30

【 0 0 5 6 】

光源12は、赤色光、緑色光及び青色光を含む光を供給する超高压水銀ランプで構成されている。ダイクロイックミラー13は、光源12からの赤色光LRを透過させるとともに緑色光LG及び青色光LBを反射する構成となっている。また、ダイクロイックミラー14は、ダイクロイックミラー13で反射された緑色光LG及び青色光LBのうち青色光LBを透過させるとともに緑色光LGを反射する構成となっている。このように、ダイクロイックミラー13、14は、光源12から射出された光を赤色光LRと緑色光LGと青色光LBとに分離する色分離光学系を構成する。ダイクロイックミラー13と光源12との間には、インテグレータ21及び偏光変換素子22が光源12から順に配置されている。インテグレータ21は、光源12から照射された光の照度分布を均一化する。偏光変換素子22は、光源12からの光を例えばs偏光のような特定の振動方向を有する偏光に変換する。

40

【 0 0 5 7 】

液晶ライトバルブ15は、ダイクロイックミラー13を透過して反射ミラー23で反射した赤色光LRを画像信号に応じて変調する透過型の液晶装置（電気光学装置）である。液晶ライトバルブ15は、第1の偏光板15b、液晶パネル15c、第1位相差板15a

50

、第2位相差板15e、及び第2の偏光板15dを備えている。

【0058】

ここで、液晶ライトバルブ15に入射した赤色光LRは、第1の偏光板15bを透過して例えばs偏光に変換される。液晶パネル15cは、入射したs偏光を画像信号に応じた変調によってp偏光（中間調であれば円偏光又は橢円偏光）に変換する。さらに、第2の偏光板15dは、s偏光を遮断してp偏光を透過させる偏光板である。したがって、液晶ライトバルブ15は、画像信号に応じて赤色光LRを変調し、変調した赤色光LRをクロスダイクロイックプリズム19に向けて射出する構成となっている。

【0059】

液晶ライトバルブ16は、ダイクロイックミラー13で反射した後にダイクロイックミラー14で反射した緑色光LGを、画像信号に応じて緑色光LGを変調し、変調した緑色光LGをクロスダイクロイックプリズム19に向けて射出する透過型の液晶装置である。
液晶ライトバルブ16は、液晶ライトバルブ15と同様に、第1の偏光板16b、液晶パネル16c、第1位相差板16a、第2位相差板16e、及び第2の偏光板16dを備えている。

【0060】

液晶ライトバルブ17は、ダイクロイックミラー13で反射し、ダイクロイックミラー14を透過した後でリレー系20を経た青色光LBを画像信号に応じて変調し、変調した青色光LBをクロスダイクロイックプリズム19に向けて射出する透過型の液晶装置である。液晶ライトバルブ17は、液晶ライトバルブ15、16と同様に、第1の偏光板17b、液晶パネル17c、第1位相差板17a、及び第2位相差板17e、第2の偏光板17dを備えている。

【0061】

リレー系20は、リレーレンズ24a、24bと反射ミラー25a、25bとを備えている。リレーレンズ24a、24bは、青色光LBの光路が長いことによる光損失を防止するために設けられている。リレーレンズ24aは、ダイクロイックミラー14と反射ミラー25aとの間に配置されている。リレーレンズ24bは、反射ミラー25a、25bの間に配置されている。反射ミラー25aは、ダイクロイックミラー14を透過してリレーレンズ24aから出射した青色光LBをリレーレンズ24bに向けて反射するように配置されている。反射ミラー25bは、リレーレンズ24bから出射した青色光LBを液晶ライトバルブ17に向けて反射するように配置されている。

【0062】

クロスダイクロイックプリズム19は、2つのダイクロイック膜19a、19bをX字型に直交配置した色合成光学系である。ダイクロイック膜19aは青色光LBを反射して緑色光LGを透過する。ダイクロイック膜19bは赤色光LRを反射して緑色光LGを透過する。したがって、クロスダイクロイックプリズム19は、液晶ライトバルブ15～17のそれぞれで変調された赤色光LRと緑色光LGと青色光LBとを合成し、投射光学系18に向けて射出するように構成されている。投射光学系18は、投影レンズ（図示略）を有しており、クロスダイクロイックプリズム19で合成された光をスクリーン11に投射するように構成されている。

【0063】

なお、赤色用及び青色用の液晶ライトバルブ15、17に / 2位相差板を設け、これらの液晶ライトバルブ15、17からクロスダイクロイックプリズム19に入射する光をs偏光とし、液晶ライトバルブ16には / 2位相差板を設けない構成として液晶ライトバルブ16からクロスダイクロイックプリズム19に入射する光をp偏光とする構成も採用できる。クロスダイクロイックプリズム19に入射する光を異なる種類の偏光とすることで、ダイクロイック膜19a、19bの反射特性を考慮して最適化された色合成光学系を構成できる。一般に、ダイクロイック膜19a、19bはs偏光の反射特性に優れているので、上述したようにダイクロイック膜19a、19bで反射される赤色光LR及び青色光LBをs偏光とし、ダイクロイック膜19a、19bを透過する緑色光LGをp偏光

10

20

30

40

50

とするとよい。

【0064】

(液晶ライトバルブ)

次に、液晶ライトバルブ(液晶装置)15~17について説明する。

【0065】

液晶ライトバルブ15~17は、変調する光の波長領域が異なるだけであって、その基本的構成は同一である。したがって以下では、液晶パネル15cとこれを備えた液晶ライトバルブ15とを例示して説明する。

【0066】

図2は、本実施形態に係る液晶パネルの全体構成図(図2(a))及び、当該図2(a)のH-H'線に沿う断面構成図(図2(b))である。図3は、本実施形態に係る液晶ライトバルブの構成を示す説明図である。図4は、図3における各構成部材の光学軸配置を示す図である。

【0067】

液晶パネル15cは、図2に示すように、互いに対向して配置された対向基板31とTFTアレイ基板32とを備え、シール材33を介して両者を貼り合わせた構成である。対向基板31、TFTアレイ基板32、及びシール材33に囲まれた領域内に、液晶層34が封入されている。液晶層34は、負の誘電率異方性を有する液晶からなり、本実施形態の液晶パネル15cでは、図3に示すように、液晶分子51が配向膜43、98の間で所定の傾き(プレチルト角)を有して垂直配向した構成である。

【0068】

液晶パネル15cは、TFTアレイ基板32、対向基板31及びシール材33で区画された領域に封止された液晶層34を有している。液晶パネル15cのうちシール材33の形成領域の内側には、額縁或いは周辺見切りとなる遮光膜35が形成されている。シール材33の外周側の角部には、TFTアレイ基板32と対向基板31との電気的導通をとるための基板間導通材57が配設されている。

【0069】

TFTアレイ基板32のうち平面視でシール材33の形成領域の外側となる領域に、データ線駆動回路71及び外部回路実装端子75と、2個の走査線駆動回路73とが形成されている。さらに、TFTアレイ基板32の上記領域には、上記画像表示領域の両側に設けられた走査線駆動回路73の間を接続するための複数の配線74も形成されている。データ線駆動回路71及び走査線駆動回路73をTFTアレイ基板32上に形成する代わりに、例えば、駆動用LSIが実装されたTAB(TapeAutomatedBonding)基板とTFTアレイ基板32の周辺部に形成された端子群とを異方性導電膜を介して電気的及び機械的に接続してもよい。

【0070】

対向基板31は、図2(b)に示すように、平面的に配列された複数のマイクロレンズを有するマイクロレンズ基板(集光基板)である。対向基板31は、基板92と、樹脂層93と、カバーガラス94とを主体として構成されている。

【0071】

基板92及びカバーガラス94は、ガラス等からなる透明基板であり、石英やホウ珪酸ガラス、ソーダライムガラス(青板ガラス)、クラウンガラス(白板ガラス)等からなる基板を用いることもできる。基板92の液晶層34側(図示下面側)には、複数の凹部(マイクロレンズ)95が形成されている。マイクロレンズ95は、液晶層34と反対側から基板92に入射する光を集光して液晶層34側に射出する。

【0072】

樹脂層93は、基板92のマイクロレンズ95上に充填された樹脂材料からなる層であり、光を透過可能な樹脂材料、例えばアクリル系樹脂等を用いて形成される。樹脂層93は、基板92の一面側を覆い、マイクロレンズ95の凹状の内部を充填するように設けられている。樹脂層93の上面は平坦面とされ、かかる平坦面にカバーガラス94が貼り付

10

20

30

40

50

けられている。

【0073】

マイクロレンズ基板36の液晶層34側の面には、遮光膜35と、共通電極97と、配向膜98とが形成されている。遮光膜35は平面視略格子状を成してカバーガラス94上に形成されている。マイクロレンズ95は、遮光膜35の間に位置して、液晶パネル15cの画素領域（画素電極42の形成領域）に平面視で重なる領域にそれぞれ配置されている。配向膜98は液晶層34を構成する液晶分子を基板面に対して略垂直に配向させる垂直配向膜であり、例えば、斜方蒸着により柱状構造を有して形成されたシリコン酸化物膜や、配向処理を施されたポリイミド膜等からなるものである。

【0074】

TFTアレイ基板32は、ガラスや石英等からなる透明の基板41と、基板41の液晶層34側面に形成された画素電極42と、画素電極を駆動するTFT44と、配向膜43とを主体として構成されている。

【0075】

画素電極42は、例えばITO等の透明導電材料からなる平面視略矩形状の導電膜であり、図2(a)に示すように、基板41上に平面視マトリクス状に配列され、平面視でマイクロレンズ95と重なる領域に形成されている。

【0076】

TFT44は、図示を簡略化しているが、画素電極42の各々に対応して基板41上に形成されており、通常は平面視で対向基板31側の遮光膜35と重なる領域（非表示領域、遮光領域）に配置されている。

【0077】

画素電極42を覆って形成された配向膜43は、先の配向膜98と同様に、斜方蒸着により形成されたシリコン酸化物膜等からなる垂直配向膜である。

【0078】

配向膜43、98は、互いの配向方向（柱状構造物の配向方向）が平面視でほぼ平行になるように形成されており、液晶層34を構成する液晶分子を基板面に対して所定の傾きを有してほぼ垂直に配向させるとともに、液晶分子の傾き方向を基板面方向で一様なものとするべく機能する。

【0079】

なお、基板41の液晶層34側の表面のうち平面視でシール材33の形成領域の内側となる領域には、画素電極42やTFT44を接続するデータ線（図示略）や走査線（図示略）が形成されている。データ線及び走査線は、平面視で遮光膜35と重なる領域に形成されている。そして、遮光膜35やTFT44、データ線、走査線によって縁取られた領域が液晶パネル15cの画素領域とされる。そして、複数の画素領域が平面視マトリクス状に配列されて画像表示領域を構成している。

【0080】

（偏光板及び第1及び第2位相差板）

図3に示すように、液晶ライトバルブ15は、上述した液晶パネル15cと、液晶パネル15cの対向基板31の外側に配置された第1の偏光板15bと、TFTアレイ基板32の外側に配置された第1位相差板15aと、第1位相差板15aの外側に配置された第2位相差板15eと、第2位相差板15eの外側に配置された第2の偏光板15dにより構成されている。

【0081】

なお、本実施形態の液晶ライトバルブ15では、第1の偏光板15bが配設された側（図示上側）が光入射側であり、第2の偏光板15dが配設された側が光射出側である。

【0082】

液晶パネル15cにおいて、液晶層34を挟持して対向する配向膜43、98は、例えば基板法線方向から50°程度ずれた斜め方向からシリコン酸化物を蒸着して形成されている。膜厚はいずれも40nm程度である。図3の配向膜43、98に付した矢印により

10

20

30

40

50

表される配向方向 4 3 a、9 8 a は、形成時の蒸着方向のうち基板面内の方に一致している。配向膜 4 3 における配向方向 4 3 a と配向膜 9 8 における配向方向 9 8 a とは互いに平行である。

【 0 0 8 3 】

そして、配向膜 4 3 , 9 8 の配向規制力により、液晶分子 5 1 は基板法線から 2 ° ~ 8 ° 程度傾いた状態で配向するとともに、液晶分子 5 1 のダイレクタの方向（プレチルト方向 P ）が基板面方向で配向方向 4 3 a、9 8 a に沿った方向となるように配向している。

【 0 0 8 4 】

第 1 の偏光板 1 5 b 及び第 2 の偏光板 1 5 d は、いずれも、染色された P V A (ポリビニルアルコール) からなる偏光素子 1 5 1 を、 T A C (トリアセチルセルロース) からなる 2 枚の保護膜 1 5 2 で挟み込んだ三層構造を備えている。図 4 に示すように、第 1 の偏光板 1 5 b の透過軸 1 5 1 b と、第 2 の偏光板 1 5 d の透過軸 1 5 1 d は直交して配置されている。これらの偏光板 1 5 b、1 5 d の透過軸 1 5 1 b、1 5 1 d の方向は、液晶パネル 1 5 c の配向膜 4 3 の配向方向（蒸着方向） 4 3 a に対して平面視で略 4 5 ° ずれた方向となっている。

【 0 0 8 5 】

第 1 位相差板 1 5 a は、屈折率異方性を保持する屈折率異方性媒質が斜方蒸着された第 1 蒸着膜 1 5 0 3 a と、基板 1 5 0 1 a と、基板 1 5 0 2 a とを備えて構成されている。図 3 の第 1 位相差板 1 5 a の側方には、この屈折率異方性媒質 2 5 5 a の屈折率橙円体における光軸方向の主屈折率が示されている。本実施形態では、主屈折率 n_x' 、 n_y' 、 n_z' は、 $n_x' > n_y' > n_z'$ なる関係を満たす構成とされている。すなわち、基板 1 5 0 1 a 又は基板 1 5 0 2 a の法線方向から傾いた方向の屈折率 n_x' が他の方向の屈折率 n_y' 、 n_z' より大きく、屈折率橙円体では米粒型となる。

【 0 0 8 6 】

第 2 位相差板 1 5 e は、屈折率異方性を保持する屈折率異方性媒質が斜方蒸着された第 2 蒸着膜 1 5 0 3 e と、基板 1 5 0 1 e と、基板 1 5 0 2 e とを備えて構成されている。図 3 の第 2 位相差板 1 5 e の側方には、この屈折率異方性媒質 2 5 5 e の屈折率橙円体における光軸方向の主屈折率が示されている。本実施形態では、主屈折率 n_x'' 、 n_y'' 、 n_z'' は、 $n_x'' > n_y'' > n_z''$ なる関係を満たす構成とされている。すなわち、基板 1 5 0 1 e 又は基板 1 5 0 2 e の法線方向から傾いた方向の屈折率 n_x'' が他の方向の屈折率 n_y'' 、 n_z'' より大きく、屈折率橙円体では米粒型となる。

【 0 0 8 7 】

特に、第 2 位相差板 1 5 e (又は第 1 位相差板 1 5 a) の法線方向から見て、第 2 位相差板 1 5 e の主屈折率 n_x'' の光軸が傾斜する方向と、上述した第 1 位相差板 1 5 a の主屈折率 n_x' の光軸が傾斜する方向とは直交することが好ましい。尚、これら第 1 位相差板 1 5 a 及び第 2 位相差板 1 5 e の詳細については後述される。

【 0 0 8 8 】

具体的には、これら屈折率異方性媒質 2 5 5 a (又は屈折率異方性媒質 2 5 5 e) の典型例として、二軸プレートを挙げることができる。

【 0 0 8 9 】

(第 1 及び第 2 位相差板の詳細な構成)

ここで、図 5 から図 7 を参照して、本実施形態に係る第 1 及び第 2 位相差板の詳細な構成について説明する。ここに、図 5 は、本実施形態に係る第 1 位相差板を構成する屈折率異方性媒質と、第 1 位相差板に対応される基板との相対的な位置関係を規定する蒸着方向及び蒸着角度を図式的に示した外観斜視図 (図 5 (a)) 、第 2 位相差板を構成する屈折率異方性媒質と、第 2 位相差板に対応される基板との相対的な位置関係を規定する蒸着方向及び蒸着角度を図式的に示した外観斜視図 (図 5 (b)) 並びに第 1 位相差板を構成する屈折率異方性媒質と第 2 位相差板を構成する屈折率異方性媒質とを合成した屈折率異方性媒質と基板との相対的な位置関係を図式的に示した外観斜視図 (図 5 (c)) である。図 6 は、本実施形態に係る第 1 及び第 2 位相差板を構成する屈折率異方性媒質の光軸と、

10

20

30

40

50

液晶パネルを構成する液晶分子の光軸との相対的な位置関係を図式的に示した平面図(図6(a))及び立面図(図6(b))である。図7は、本実施形態に係る第1位相差板を構成する屈折率異方性媒質と第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質とを合成した屈折率異方性媒質の光学的異方性と、液晶パネルを構成する液晶分子の光学的異方性とが合成されて、光学的等方性が実現される様子を概念的に示した模式図である。

【0090】

図5(a)に示されるように、第1位相差板15aを構成する屈折率異方性媒質255aは、第1蒸着膜1503aとして、第1所定方向、即ち、第1蒸着方向に沿って第1基板1501aに斜方蒸着されている。本実施形態に係る第1蒸着方向は、3時と9時とを結ぶ方向である。これにより、屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ は、3時と9時とを結ぶ方向に沿って延びている。尚、本実施形態における方向は、時計の短針の方向によって表現する。具体的には、1時30分の方向とは、図5(a)の第1基板又は第2基板の平面に置いた時計が1時30分を示す場合における短針の方向を示す。

【0091】

加えて、屈折率異方性媒質255aは、屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ に対応される光軸が、第1基板1501aの平面方向と第1所定角度、即ち、第1蒸着角度を有するように斜方蒸着されている。この第1蒸着角度は、基板1501aの法線と屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ に対応される光軸と間の角度を、90度から差し引いた値と言い換えることができる。或いは、この第1蒸着角度は、屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ に対応される光軸と、第1蒸着方向と間の角度と言い換えることができる。

【0092】

図5(b)に示されるように、第2位相差板15eを構成する屈折率異方性媒質255eは、第2蒸着膜1503eとして、第2所定方向、即ち、第2蒸着方向に沿って基板1501eに斜方蒸着されている。本実施形態に係る第2蒸着方向は、0時と6時とを結ぶ方向である。これにより、屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ は、0時と6時とを結ぶ方向に沿って延びている。加えて、屈折率異方性媒質255eは、屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ に対応される光軸が、第2基板1501eの平面方向と第2所定角度、即ち、第2蒸着角度を有するように斜方蒸着されている。この第2蒸着角度は、第1基板1501eの法線と屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ に対応される光軸と間の角度を、90度から差し引いた値と言い換えることができる。或いは、この第2蒸着角度は、屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ に対応される光軸と、第2蒸着方向と間の角度と言い換えることができる。

【0093】

図5(c)に示されるように、第1位相差板15aを構成する屈折率異方性媒質と第2位相差板15eを構成する屈折率異方性媒質とを合成した屈折率異方性媒質255aeの主屈折率 $n_{x'''}$ は、4時30分と10時30分とを結ぶ方向に沿って延びている。何故ならば、上述した3時と9時とを結ぶ方向に沿って延びている屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ と、上述した0時と6時とを結ぶ方向に沿って延びている屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ とが合成されるからである。

【0094】

詳細には、液晶パネル15cに封入される液晶分子51と、第1位相差板15aを構成する屈折率異方性媒質255aと、第2位相差板15eを構成する屈折率異方性媒質255eとの相対的な位置関係に着目すると、図6(a)に示されるように、第1基板1501a(又は第2基板1501e)の法線方向から平面的に見て、第1位相差板15aの基板1501aに斜方蒸着された屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ の光軸が延びる方向と、プレチルトが付与された液晶分子の長軸方向とは、例えば45度付近の角度で交わる位置関係にある。加えて、第2基板1501e(又は第1基板1501a)の法線方向から平面的に見て、第2位相差板15eの基板1501eに斜方蒸着された屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ の光軸が延びる方向と、プレチルトが付与された液

10

20

30

40

50

液晶分子の長軸方向とは例えば45度付近の角度で交わる位置関係にある。

【0095】

尚、図6(a)中において、プレチルトが付与された液晶分子の長軸方向は、所謂、明視方向の1時30分の方向である。また、液晶分子の長軸方向は、液晶分子の長軸の2つの頂点のうち光が入射される側に近い方の軸の頂点が向いている方向を意味する。

【0096】

図6(b)に示されるように、第1基板1501aの垂直平面方向から立面上的に見て、屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ の光軸が、第1基板1501aの平面と第1所定角度、即ち、第1蒸着角度(不図示)で交わる。加えて、第2基板1501eの垂直平面方向から立面上的に見て、屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ の光軸が、第2基板1501eの平面と第2所定角度、即ち、第2蒸着角度(図示)で交わる。言い換えると、屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ の光軸と、屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ の光軸とは、ねじれの位置関係にあってよい。或いは、屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ の光軸と、液晶分子の長軸方向とは、ねじれの位置関係にあってよい。或いは、屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ の光軸と、液晶分子の長軸方向とは、ねじれの位置関係にあってよい。尚、これらの第1蒸着角度又は第2蒸着角度は、90度から液晶分子のプレチルトの角度を差し引いた角度よりも小さくなつてよい。

【0097】

これにより、第1位相差板15aの光軸、即ち、屈折率異方性媒質255aの主屈折率 $n_{x'}$ の光軸が延びる方向が、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子51の長軸方向に交わるので、第1基板1501aの平面方向及び垂直平面方向において、第1位相差板15aの光軸が液晶分子51の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうように補償する。

【0098】

加えて、第2位相差板15eの光軸、即ち、屈折率異方性媒質255eの主屈折率 $n_{x''}$ の光軸が延びる方向が、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子51の長軸方向に交わるので、第2基板1501eの平面方向及び垂直平面方向において、第2位相差板15eの光軸が液晶分子51の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうように補償する。

【0099】

より具体的には、図7に示されるように、液晶分子51によって形成される屈折率樁円体の長軸と、第1位相差板15aを構成する屈折率異方性媒質と第2位相差板15eを構成する屈折率異方性媒質とを合成した屈折率異方性媒質255aeによって形成される屈折率樁円体の長軸とが交わるので、液晶分子と、第1及び第2位相差板とによって形成される屈折率樁円体を三次元的に屈折率球体へ近づけることができる。尚、第1位相差板15aを構成する屈折率異方性媒質と第2位相差板15eを構成する屈折率異方性媒質とを合成した屈折率異方性媒質255aeによって、所謂、Oプレートが近似的に実現されていることを付記しておく。

【0100】

従って、第1位相差板15a及び第2位相差板15eによって液晶において生じる位相差(言い換えれば、複屈折効果)を打ち消す(即ち、補償する)ことができる。この結果、当該プロジェクタの動作時に、光源から出射された光が例えばプレチルト角だけ傾斜した液晶分子から構成された液晶を通過することで発生する光の位相差を、第1位相差板15a及び第2位相差板15eによって補償することができる。従って、液晶パネルを通過した光が出射側の偏光板に対し、位相がずれた状態で入射するのを防止することができる。この結果、例えば出射側の偏光板において、本来通過させないはずの光が漏れる可能性は小さくなり、コントラストの低下や視野角の縮小を防止することができる。

【0101】

ここで、仮に、液晶ライトバルブ15において、これらの第1位相差板15a及び第2位相差板15eが備えられない場合、液晶パネル15cに封入された液晶層34は、光学的に正の一軸性を示すもので、液晶分子51のダイレクタ方向の屈折率が他の方向の屈折

10

20

30

40

50

率より大きくなっている。すなわち液晶層34は、上述した図3に平均的な屈折率橙円体250aを示すように、ラグビーボール型の屈折率橙円体を有するものとなっている。ここで、液晶層34の液晶分子51はプレチルト方向Pに沿って斜めに配向しており、黒表示の際に残留位相差を生じ、また斜め方向から観察したときの橙円形状が異なるために視角依存の位相差を有する。この位相差が黒表示における光漏れの原因となり、液晶パネルのコントラスト比を低下させることになる。

【0102】

或いは、仮に、例えばCプレートや1軸性の屈折率異方性を有する位相差板などの光軸の方向が厚さ方向に沿っている位相差板を用い、この位相差板を傾斜させることによって、液晶分子の光学的な異方性を補償する場合、プロジェクタの内部において、例えば空気の循環による冷却効果の観点などによって、位相差板を傾斜させるための空間が限定されているためコントラストの低下を適切に防止することが技術的に困難となってしまう。或いは、この位相差板を傾斜させる機構が複雑になってしまい、組み立て工程において、位相差板を傾斜させる調整が技術的に困難となってしまう。

10

【0103】

しかるに、本実施形態では特に、上述したように、第1位相差板15aの光軸は、屈折率異方性媒質255aの蒸着によって、液晶分子51の光学的な異方性を補償するよう、第1所定方向、所謂、第1蒸着方向に向かって、第1基板1501aと第1所定角度、所謂、第1蒸着角度で交わる。従って、第1位相差板15aを構成する屈折率異方性媒質255aが蒸着される第1蒸着方向及び第1蒸着角度を調整することで、液晶パネルの液晶分子51の光学的な異方性を容易に且つ高精度に補償することができる。

20

【0104】

加えて、上述したように、第2位相差板15eの光軸は、屈折率異方性媒質255eの蒸着によって、液晶分子51の光学的な異方性を補償するよう、第2所定方向、所謂、第2蒸着方向に向かって、第2基板1501eと第2所定角度、所謂、第2蒸着角度で交わる。従って、第2位相差板15eを構成する屈折率異方性媒質255eが蒸着される第2蒸着方向及び第2蒸着角度を調整することで、液晶パネルの液晶分子51の光学的な異方性を容易に且つ高精度に補償することができる。

【0105】

特に、このように、2種類の位相差板が個別に夫々が、液晶分子51の光学的な異方性を補償することで、その補償の効果を顕著に向上させることができる。具体的には、4つのパラメータ、即ち、第1蒸着方向、第1蒸着角度、第2蒸着方向及び第2蒸着角度という4つの物理量を調整することで、より多くのパラメータによって、液晶分子51の光学的な異方性をより高精度に補償することができる。

30

【0106】

また、液晶パネルの液晶分子51の光学的な異方性を補償するために、第1位相差板15a及び第2位相差板15eを傾斜させる必要が殆ど又は完全にないので、組み立て工程において、第1位相差板15a及び第2位相差板15eを傾斜させる調整工程を省略することができ、簡便且つ低コストに、液晶分子の光学的な異方性を補償し、コントラストを高めることができる。この結果、本実施形態に係るプロジェクタによれば、液晶において生じる位相差を第1位相差板15a及び第2位相差板15eによって補償する効果を高めることができ、コントラストを高めることができとなる。

40

【0107】

以上説明したように、本実施形態に係るプロジェクタによれば、第1位相差板15aを構成する屈折率異方性媒質が斜方蒸着される第1蒸着方向及び第1蒸着角度を調整することに加えて又は代えて、第2位相差板15eを構成する屈折率異方性媒質が斜方蒸着される第2蒸着方向及び第2蒸着角度を調整することによって、液晶において生じる位相差を第1位相差板15a及び第2位相差板15eによって確実に補償することができる。この結果、高コントラストで高品位な表示を得ることができる。

【0108】

50

特に、第1位相差板15aを構成する屈折率異方性媒質が斜方蒸着される第1蒸着方向及び第1蒸着角度と、第2位相差板15eを構成する屈折率異方性媒質が斜方蒸着される第2蒸着方向及び第2蒸着角度とを、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子51の長軸方向を挟むように調整することによって、液晶分子51の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうようにより適切に補償し、より高コントラストでより高品位な表示を得ることができる。本願発明者による研究によれば、第1蒸着方向と第2蒸着方向とがなす角度を、約70度から約110度までの範囲内にすることで、コントラストをより高めることができることが判明している。加えて、後述されるように、第1位相差板15aを当該第1位相差板15aの法線方向を回転軸として回転させると共に、第2位相差板15eを当該第2位相差板15eの法線方向を回転軸として回転させることで、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子51の長軸方向と第1蒸着方向と第2蒸着方向との相対的な位置関係を、より高いコントラストが得られるように、より高精度に調節することができる。具体的には、上述した4つのパラメータ、即ち、第1蒸着方向、第1蒸着角度、第2蒸着方向及び第2蒸着角度という4つの物理量に加えて、傾斜した液晶分子51の長軸方向と第1蒸着方向との間の角度、及び、傾斜した液晶分子51の長軸方向と第2蒸着方向との間の角度を調整することで、より多くのパラメータの調整によって、液晶分子51の光学的な異方性をより高精度に補償することができる。

【0109】

特に、屈折率異方性媒質が斜方蒸着される蒸着膜として、例えばTa2O5等の無機材料を利用することが、光の照射やそれに伴う温度上昇により第1位相差板15a又は第2位相差板15eが劣化するのを効果的に防止でき、信頼性に優れたプロジェクタを構成することができる。

【0110】

(第1及び第2位相差板の膜厚に起因したコントラスト改善の定量的な分析)

次に、図8を参照して、本実施形態に係る第1及び第2位相差板の膜厚に起因したコントラストの改善の定量的な分析について説明する。ここに、図8は、本実施形態に係る第1及び第2位相差板の膜厚と、第1位相差板と第2位相差板との組み合わせとの関係を示した棒グラフ(図8(a))、並びに、本実施形態に係る第1及び第2位相差板の膜厚と、光のコントラストとの相關関係を定量的に示したグラフ(図8(b))である。尚、図8(a)の横軸は、第1位相差板と第2位相差板との組み合わせを示し、縦軸は第1及び第2位相差板の膜厚を示す。図8(b)の横軸は、第1位相差板と第2位相差板との組み合わせを示し、縦軸はコントラストの大きさを示す。

【0111】

特に、第1位相差板の厚さ方向における屈折率は、上述した主屈折率 n_x' 、 n_y' 、 n_z' 及び第1蒸着角度並びに第1位相差板を構成する屈折率異方性媒質255aの材質によって一義的に規定することができる。概ね同様にして、第2位相差板の厚さ方向における屈折率は、上述した主屈折率 n_x'' 、 n_y'' 、 n_z'' 及び第2蒸着角度並びに第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質255eの材質によって一義的に規定することができる。

【0112】

図8(b)に示されるように、第1位相差板の厚さ及び第2位相差板の厚さのはらつきが、0.3μmから0.6μmまでの間にある割合が、大レベル、中レベル、小レベルである標本化集合S1、S2、S3を比較した場合、第1位相差板の厚さ及び第2位相差板の厚さのはらつきが、0.3μmから0.6μmまでの間にある割合が大レベルである標本化集合S1において、コントラストがいずれも5000を超え、より高いコントラストを実現できていることが判明している。

【0113】

具体的には、図8(a)に示されるように、この第1位相差板の厚さ及び第2位相差板の厚さのはらつきが、0.3μmから0.6μmまでの間にある割合が大レベルである標本化集合S1は、第1位相差板に対応されるサンプルX及び第2位相差板に対応されるサンプルY

10

20

30

40

50

の組み合わせを、(サンプルX、サンプルY)のように表現した場合、次の6つの組み合わせによって構成されている。即ち、標本化集合S1は、(サンプルA、サンプルB)、(サンプルB、サンプルC)、(サンプルB、サンプルD)、(サンプルA、サンプルD)、(サンプルC、サンプルD)、(サンプルA、サンプルC)である。尚、サンプルAは厚さ0.55μmであり、サンプルBは厚さ0.45μmであり、サンプルCは厚さ0.40μmであり、サンプルDは厚さ0.30μmである。

【0114】

概ね同様にして、第1位相差板の厚さ及び第2位相差板の厚さのばらつきが、0.3μmから0.6μmまでの間にある割合が中レベルである標本化集合S2は、次の8つの組み合わせによって構成されている。即ち、(サンプルD、サンプルE)、(サンプルD、サンプルF)、(サンプルA、サンプルG)、(サンプルA、サンプルE)、(サンプルC、サンプルE)、(サンプルD、サンプルG)、(サンプルA、サンプルF)及び(サンプルC、サンプルF)である。尚、サンプルEは厚さ0.60μmであり、サンプルFは厚さ0.20μmであり、サンプルGは厚さ0.70μmである。

10

【0115】

概ね同様にして、第1位相差板の厚さ及び第2位相差板の厚さのばらつきが、0.3μmから0.6μmまでの間にある割合が小レベルである標本化集合S3は、次の7つの組み合わせによって構成されている。即ち、(サンプルG、サンプルH)、(サンプルA、サンプルH)、(サンプルB、サンプルH)、(サンプルD、サンプルH)、(サンプルC、サンプルH)、(サンプルF、サンプルH)及び(サンプルE、サンプルH)である。尚、サンプルHは厚さ0.85μmである。

20

【0116】

以上の結果、第1位相差板の厚さ及び第2位相差板の厚さのばらつきが、0.3μmから0.6μmまでの間にある割合が大レベルであるに従って、コントラストが大きくなる傾向にあることが分かる。

【0117】

(第1及び第2位相差板の膜厚及び蒸着角度に起因した位相差変化の定量的な分析)
次に、図9及び図10を参照して、本実施形態に係る第1及び第2位相差板の膜厚及び第1及び第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質の第1及び第2蒸着角度に起因した位相差変化の定量的な分析について説明する。ここに、図9は、本実施形態に係る第1及び第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質の第1基板に対する蒸着角度とコントラストとの相関関係を定量的に示したグラフである。尚、図9の縦軸は、コントラストの大きさを示し、横軸は、蒸着角度を示す。図10は、本実施形態に係る第1及び第2位相差板の膜厚及び位相差板を構成する屈折率異方性媒質の蒸着角度を変数とした場合における、第1及び第2位相差と極角との相関関係を定量的に示したグラフ(図10(a)及び図10(b))である。尚、図10(a)は、膜厚が0.5μmである場合に対応し、図10(b)は、膜厚が0.8μmである場合に対応する。また、図10(a)及び図10(b)において、実線の曲線は蒸着角度が50度である場合の位相差の変化を示し、一点鎖線の曲線は蒸着角度が57度である場合の位相差の変化を示し、点線の曲線は蒸着角度が64度である場合の位相差の変化を示す。また、位相差は単位を「nm(nanometer)」として示されているが、このnmを光の波長で割り、360度を積算することによって、ラジアンとして表示可能である。尚、第1位相差板及び第2位相差板における膜厚及び蒸着角度に起因した位相差変化の定量性については、概ね同一であるので、説明の便宜上、第1位相差板について説明する。

30

【0118】

本願発明者による研究によれば、統計的な分析の結果、図9によってその一例が示されているように、コントラストを120000より大きくさせるには、第1位相差板を構成する屈折率異方性媒質の第1基板に対する第1蒸着角度は、50度から70度の間の範囲にあることが好ましいことが判明している。この第1蒸着角度は、上述したように、屈折率異方性媒質255aが第1基板1501aに斜方蒸着される際の、屈折率異方性媒質2

40

50

55aの主屈折率 n_x' に対応される光軸と、第1基板1501aの平面方向との角度を意味する。この第1蒸着角度は、第1基板1501aの法線と屈折率異方性媒質255aの主屈折率 n_x' に対応される光軸と間の角度を、90度から差し引いた値言い換えることができる。或いは、この第1蒸着角度は、屈折率異方性媒質255aの主屈折率 n_x' に対応される光軸と、屈折率異方性媒質255aが第1基板1501aに斜方蒸着される際の蒸着方向と間の角度と言い換えることができる。

【0119】

また、図10(a)に示されるように、膜厚が $0.5\mu m$ である条件下で、液晶ライトバルブ15の真正面から見た場合を0度とした際の視線の角度を示す極角をマイナス50度からプラス50度まで変化させるに従って、第1位相差板15aによって発生される位相差を $40nm$ (nanometer)付近から $0nm$ まで変化させることができる。具体的には、図10(a)の実線の曲線に示されるように、第1蒸着角度を50度とした場合、極角がゼロの際の位相差、所謂、正面位相差は $15nm$ 付近であることが分かる。また、極角が30度付近において、位相差がゼロであることが分かる。また、図10(a)の一点鎖線の曲線に示されるように、第1蒸着角度を57度とした場合、正面位相差は $20nm$ 付近であることが分かる。また、極角が40度付近において、位相差がゼロであることが分かる。また、図10(a)の点線の曲線に示されるように、第1蒸着角度を64度とした場合、正面位相差は $25nm$ 付近であることが分かる。また、極角が50度付近において、位相差がゼロであることが分かる。

【0120】

概ね同様にして、図10(b)に示されるように、膜厚が $0.8\mu m$ である条件下で、極角をマイナス50度からプラス50度まで変化させるに従って、第1位相差板15aによって発生される位相差を $65nm$ 付近から $0nm$ まで変化させることができる。具体的には、図10(b)の実線の曲線に示されるように、第1蒸着角度を50度とした場合、正面位相差は $25nm$ 付近であることが分かる。また、極角が30度付近において、位相差がゼロであることが分かる。また、図10(b)の一点鎖線の曲線に示されるように、第1蒸着角度を57度とした場合、正面位相差は $35nm$ 付近であることが分かる。また、極角が40度付近において、位相差がゼロであることが分かる。また、図10(b)の点線の曲線に示されるように、第1蒸着角度を64度とした場合、正面位相差は $40nm$ 付近であることが分かる。また、極角が50度付近において、位相差がゼロであることが分かる。

【0121】

このように、第1位相差板の膜厚及び第1位相差板を構成する屈折率異方性媒質の第1蒸着角度を、約50度から約70度まで変化させることによって、例えば正面位相差などの第1位相差板15aによって発生される位相差を高精度に制御することができる。これにより、本実施形態に係る液晶ライトバルブ15をプロジェクタに組み込む工程において、第1位相差板15aを光が入射する入射方向を回転軸として回転させることによって、実現可能なコントラストを高精度に設定する際の、第1位相差板15aの回転角度を所定範囲にあるように制限することができる。従って、第1位相差板15aを制限された所定範囲内で回転させるので、より簡便にコントラストを調節することができる。

【0122】

(第1及び第2位相差板の回転に起因したコントラスト改善の定量的な分析)

次に、図11及び図12に加えて、上述した図4を適宜、参照して、第1及び第2位相差板における基板法線を回転軸とする回転に起因して、コントラストの改善について説明する。ここに、図11は、本実施形態に係る第1及び第2位相差板で実現されたコントラストと、比較例に係る位相差板で実現されたコントラストとの相関関係を定量的に示した棒グラフである。図12は、本実施形態及び比較例に係る位相差板が適用された液晶パネルにおける輝度のばらつきを示した分布図(図12(a)及び図12(b))である。

【0123】

本実施形態に係るプロジェクタにおける液晶ライトバルブ15の光学調整は、液晶パネ

10

20

30

40

50

ル 1 5 c の基板法線を回転軸とする軸回りに移動可能に設けられた第 1 位相差板 1 5 a の回転角調整を行う第 1 光学調整ステップに加えて又は代えて、液晶パネル 1 5 c の基板法線を回転軸とする軸回りに移動可能に設けられた第 2 位相差板 1 5 e の回転角調整を行う第 2 光学調整ステップにより実施することができる。

【 0 1 2 4 】

この第 1 光学調整ステップでは、上述した図 4 に示すように、液晶パネル 1 5 c に対向して配置した第 1 位相差板 1 5 a について、その回転軸 8 1 a を第 1 位相差板 1 5 a (及び液晶パネル 1 5 c) の法線方向に沿った方向に設定する。そして、かかる回転軸 8 1 a を中心とする軸回りに第 1 位相差板 1 5 a を回転させて回転角 a を調整することで、上述した第 1 位相差板 1 5 a の光軸、即ち、屈折率異方性媒質 2 5 5 a の主屈折率 $n_{x'}$ の光軸の方向と、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子 5 1 の長軸方向との間の角度を高精度に調整する。このことに加えて又は代えて、液晶パネル 1 5 c に対向して配置した第 2 位相差板 1 5 e について、その回転軸 8 1 e を第 2 位相差板 1 5 e (及び液晶パネル 1 5 c) の法線方向に沿った方向に設定する。そして、かかる回転軸 8 1 e を中心とする軸回りに第 2 位相差板 1 5 e を回転させて回転角 e を調整することで、上述した第 2 位相差板 1 5 e の光軸、即ち、屈折率異方性媒質 2 5 5 e の主屈折率 $n_{x'}$ の光軸の方向と、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子 5 1 の長軸方向との間の角度を高精度に調整する。

【 0 1 2 5 】

具体的には、上述したように、4つのパラメータ、即ち、第 1 蒸着方向、第 1 蒸着角度、第 2 蒸着方向及び第 2 蒸着角度という4つの物理量に加えて、傾斜した液晶分子 5 1 の長軸方向と第 1 蒸着方向との間の角度に対応される回転角 a 、及び、傾斜した液晶分子 5 1 の長軸方向と第 2 蒸着方向との間の角度に対応される回転角 e を調整することで、より多くのパラメータの調整によって、液晶分子 5 1 の光学的な異方性をより高精度に補償することができる。

【 0 1 2 6 】

以上の結果、液晶分子と第 1 位相差板と第 2 位相差板との三者によって形成される屈折率楕円体を屈折率球体へより近づけ、所望となるコントラストが得ることが可能である。

【 0 1 2 7 】

具体的には、図 1 1 に示されるように、本実施形態に係るプロジェクタによれば、コントラストは 5 0 0 0 を超えることができ、比較例と比較して、より高いコントラストを簡便に実現することができる。具体的には、本実施形態に係るプロジェクタによれば、比較例に係る例えば光学セル c e 1 1 材質の位相差板を用いたプロジェクタや、例えば光学フィルム等の一軸位相差板を用いたプロジェクタや、例えば C プレートなどの光軸の方向が厚さ方向に沿っている位相差板を 2° 乃至 4° だけ傾斜させたプロジェクタなどは、コントラストは 5 0 0 0 より小さくなってしまう。これに対して、本実施形態によれば、第 1 位相差板 1 5 a を傾斜させることなく、回転軸 8 1 a を中心とする軸回りに第 1 位相差板 1 5 a を回転させて回転角 a を調整することに加えて又は代えて、第 2 位相差板 1 5 e を傾斜させることなく、回転軸 8 1 e を中心とする軸回りに第 2 位相差板 1 5 e を回転させて回転角 e を調整する。これにより、上述した第 1 位相差板 1 5 a の光軸の方向と、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子 5 1 の長軸方向との間の角度を高精度に調整し、所望となるコントラストが簡便な調整によって得ることが可能であると共に、上述した第 2 位相差板 1 5 e の光軸の方向と、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子 5 1 の長軸方向との間の角度を高精度に調整し、所望となるコントラストが簡便な調整によって得ることが可能である。また本実施形態において、液晶パネルと第 1 及び第 2 位相差板との間の空間では、第 1 及び第 2 位相差板を傾斜させる必要が無いので、空気の循環の妨げとならないよう構成されていることで、液晶パネル 1 5 c と第 1 及び第 2 位相差板との間で熱がこもるのを最小限に抑えることができ、液晶パネル及び位相差板の劣化を抑制する点でも有効である。

【 0 1 2 8 】

10

20

30

40

50

また、図12(b)に示されるように、本実施形態によれば、液晶パネルにおいて極角が約30度であることを示す白点線の円の内部において、輝度のばらつき、所謂、輝度ムラが発生することを効果的に防止することができる。具体的には、図12(a)に示される、位相差板が用いられない比較例に係る液晶パネルにおいて極角が約30度であることを示す白点線の円の内部の左下方において、輝度ムラが発生していることが分かる。また、図12(c)に示される、比較例に係る、例えばCプレートなどの光軸の方向が厚さ方向に沿っている位相差板が用いられた液晶パネルにおいて極角が約30度であることを示す白点線の円の内部の左下方において、輝度ムラが発生していることが分かる。尚、図12(a)においては、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子51の長軸方向に起因して、液晶分子51の長軸を対称軸として、液晶パネルにおける輝度ムラが線対称的に発生していることが分かる。これに対して、本実施形態に係るプロジェクトによれば、第1位相差板15aの光軸、即ち、屈折率異方性媒質255aの主屈折率 n_x' の光軸が延びる方向が、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子51の長軸方向に一の角度で交わると共に、第2位相差板15eの光軸、即ち、屈折率異方性媒質255eの主屈折率 n_x'' の光軸が延びる方向が、プレチルトの角度だけ傾斜した液晶分子51の長軸方向に他の角度で交わる。

【0129】

この結果、輝度ムラが線対称的に発生することを、第1位相差板15aの光軸及び第2位相差板15eの光軸によって打ち消し、輝度ムラの発生を効果的に防止可能であることが判明している。

【0130】

特に、上述した屈折率異方性媒質255aの典型例として、二軸プレートを採用した場合、主屈折率 n_x' 、 n_y' 、 n_z' は、 $n_x' > n_y' > n_z'$ なる関係を満たすので、上述した図4に示すように、基板の法線方向に延びる回転軸81aを中心とする軸回りに第1位相差板15aを回転させて回転角 a を調整する。このことに加えて又は代えて、上述した屈折率異方性媒質255eの典型例として、二軸プレートを採用した場合、主屈折率 n_x'' 、 n_y'' 、 n_z'' は、 $n_x'' > n_y'' > n_z''$ なる関係を満たすので、上述した図4に示すように、基板の法線方向に延びる回転軸81eを中心とする軸回りに第2位相差板15eを回転させて回転角 e を調整する。

【0131】

これにより、第1及び第2位相差板15a、15eの光軸と、偏光板15b、15dや液晶パネル15cの光軸との位置関係を夫々に対応しつつ変更し、第1及び第2位相差板15a、15eの位置を最適化することができる。具体的には、第1又は第2位相差板15a、15eを回転させることで、第1及び第2位相差板15a、15eと第1及び第2の偏光板15b、15dとの位置関係を、例えばAプレートなどの主屈折率 n_x 、 n_y 、 n_z が、 $n_x = n_y > n_z$ となる関係を満たす成分を有するように構成することができる。第1及び第2の偏光板15b、15dの位相差や、マイクロレンズ95の回折の影響により生じる位相差を補償することができる。特に、第1及び第2位相差板15a、15eの回転調整に加えて、第1及び第2位相差板15a、15eの正面位相差を調節することで、第1及び第2の偏光板15b、15dの位相差や、マイクロレンズ95の回折の影響により生じる位相差を、より効果的に補償することができる。

【0132】

尚、この第1位相差板15aを上述した法線方向を回転軸81aとして、回転させることによって、本発明に係る「光学調整ステップ」の一具体例が構成されている。また、第2位相差板15eを上述した法線方向を回転軸81eとして、回転させることによって、本発明に係る「光学調整ステップ」の他の具体例が構成されている。

【0133】

また、上述したように第1位相差板の膜厚及び第1位相差板を構成する屈折率異方性媒質の第1蒸着角度を変化させることによって、第1位相差板15aによって発生される正面位相差をより大きく変化させることにより、本実施形態に係る液晶ライトバルブ15を

プロジェクトに組み込む工程において、第1位相差板15aを光が入射する入射方向を回転軸として回転させることによって、実現可能なコントラストを高精度に設定する際の、第1位相差板15aの回転角度を所定範囲（例えば±5度の範囲）にあるように制限することができる。従って、第1位相差板15aを制限された所定範囲内で回転させるので、当該プロジェクトの機能上、最大となるコントラストをより簡便に調節することができる。

【0134】

概ね同様にして、上述したように第2位相差板の膜厚及び第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質の第2蒸着角度を変化させることによって、第2位相差板15eによって発生される正面位相差をより大きく変化させることにより、本実施形態に係る液晶ライトバルブ15をプロジェクトに組み込む工程において、第2位相差板15eを光が入射する入射方向を回転軸として回転させることによって、実現可能なコントラストを高精度に設定する際の、第2位相差板15eの回転角度を所定範囲（例えば±5度の範囲）にあるように制限することができる。従って、第2位相差板15eを制限された所定範囲内で回転させるので、当該プロジェクトの機能上、最大となるコントラストをより簡便に調節することができる。特に、第1位相差板15aの回転角度の調整、及び、第2位相差板15eの回転角度の調整を、両者のコントラストへの影響を考慮して、同時にやってよいし、相前後して行ってよい。

【0135】

尚、第1位相差板15aの光学調整、及び第2位相差板15eの光学調整は、実際にコントラスト（又は黒表示の輝度）を測定しつつ実施することが好ましい。一般に、偏光板の保護膜152における面方向の光軸は一定の方向に設定されているわけではなく、さらに同一の偏光板でも面内で光軸がばらついていることがある。そのため、第1位相差板15aの回転角a、及び、第2位相差板15eの回転角eを一定角度に設定することはできないので、実際に最大コントラストが得られる位置、あるいは黒レベルが最低になる位置をもって第1位相差板15a及び第2位相差板15eの最適位置とすることが好ましい。加えて、上述した図4において、偏光板を上述した法線方向を回転軸として、回転させることで、よりコントラストを上げることができる。

【0136】

一般的に、位相差板を斜方蒸着によって作成する場合、光軸が所望の蒸着角度又は蒸着方向からずれてしまう軸ずれが発生する可能性がある。特に、本実施形態では、斜方蒸着された2種類の位相差板をそれぞれ回転させて光学調整を行うことで、1種類の位相差板や一体化した位相差板を回転させて光学調整を行う場合よりも、軸ずれによる影響を抑制することができる。これにより、位相差板における製造上の光学的な特性のばらつきを補うことができる。

【0137】

（第1及び第2位相差板の配置）

次に、図13から図15を参照して、本実施形態に係る、第1及び第2位相差板の配置について説明する。ここに、図13は、本実施形態に係る液晶ライトバルブ15における構成部材の配置形態を示す概略図（図13(a)から図13(g)）である。図14は、本実施形態に係る第1位相差板の第1屈折率異方性と、第2位相差板の第2屈折率異方性とを合成した屈折率異方性を有する屈折率異方性媒質と、この屈折率異方性媒質の蒸着方向と、液晶パネルを構成する液晶分子との相対的な位置関係を図式的に示した一の模式図である。図15は、本実施形態に係る第1位相差板の第1屈折率異方性と、第2位相差板の第2屈折率異方性とを合成した屈折率異方性を有する屈折率異方性媒質と、この屈折率異方性媒質の蒸着方向と、液晶パネルを構成する液晶分子との相対的な位置関係を図式的に示した他の模式図である。

【0138】

（入射側の位相差板）

図13(a)は、液晶パネル15cへ光が入射される側に第1位相差板15aを配置し

10

20

30

40

50

、この第1位相差板15aの第1蒸着膜1503aが蒸着された第1基板1501aの側が液晶パネル15cへ近くなるように配置する。と共に、第1位相差板15aの光軸が、明視方向の0時0分と同一の方向に沿った形態である。尚、図13(a)から図13(g)において、第1の偏光板15bが図中、最上部に配置されると共に、第2の偏光板15dが図中、最下部に配置される。

【0139】

加えて、液晶パネル15cへ光が入射される側において、上述した第1位相差板15aより液晶パネル15cに近い側に第2位相差板15eを配置し、この第2位相差板15eの第2蒸着膜1503eが蒸着された第2基板1501eの側が液晶パネル15cへ近くなるように配置する。と共に、第2位相差板15eの光軸が、明視方向の9時0分と同一の方向に沿った形態である。
10

【0140】

この図13(a)に示された配置形態の場合について具体的には、図14に示されるよう¹⁰に、(i)明視方向の10時30分に沿って傾斜した液晶分子51の長軸方向と、(ii)明視方向の0時0分と同一の方向に沿った第1光軸を有する第1位相差板15a及び明視方向の9時0分と同一の方向に沿った第2光軸を有する第2位相差板15eによって形成される屈折率異方性媒質255a eの光軸の主屈折率 $n_{x''''}$ とが交わるので、第1位相差板15a及び第2位相差板15eが液晶分子51の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうように三次元的に補償する。

【0141】

図13(b)は、上述した図13(a)に示される配置の形態において、第1位相差板15aと、第2位相差板15eとを入れ替えて配置した形態である。
20

【0142】

図13(c)は、液晶パネル15cへ光が入射される側において、光軸が明視方向の0時0分と同一の方向に沿った第1位相差板15aを配置し、この第1位相差板15aの第1蒸着膜1503aが蒸着された第1基板1501aの側が液晶パネル15cへ近くなるように配置する。と共に、液晶パネル15cから光が出射される側において、光軸が明視方向の9時0分と同一の方向に沿った第2位相差板15eを配置し、この第2位相差板15eの第2蒸着膜1503eが蒸着された第2基板1501eの側が液晶パネル15cから遠くなるように配置する。と共に、第2位相差板15eの光軸が、明視方向の9時0分と同一の方向に沿った形態である。
30

【0143】

図13(d)から図13(f)は、液晶パネル15cへ光が入射される側に第1位相差板15a及び第2位相差板15eを配置し、これらに夫々対応される第1基板1501a及び第2基板1501eが、液晶パネル15cを基準にして、近くなるように又は遠くなるように配置した形態である。具体的には、図13(d)は、第1位相差板15aの第1蒸着膜1503aが蒸着された第1基板1501aの側が液晶パネル15cへ遠くなるように配置する。と共に、第2位相差板15eの第2蒸着膜1503eが蒸着された第2基板1501eの側が液晶パネル15cに近くなるように配置する。図13(e)は、第1位相差板15aの第1蒸着膜1503aが蒸着された第1基板1501aの側が液晶パネル15cへ近くなるように配置する。と共に、第2位相差板15eの第2蒸着膜1503eが蒸着された第2基板1501eの側が液晶パネル15cから遠くなるように配置する。
40

図13(f)は、第1位相差板15aの第1蒸着膜1503aが蒸着された第1基板1501aの側が液晶パネル15cへ遠くなるように配置する。と共に、第2位相差板15eの第2蒸着膜1503eが蒸着された第2基板1501eの側が液晶パネル15cから遠くなるように配置する。図13(g)は、第1位相差板15aの第1蒸着膜1503aが蒸着された第1基板1501aの側が液晶パネル15cへ遠くなるように配置する。と共に、第2位相差板15eの第2蒸着膜1503eが蒸着された第2基板1501eの側が液晶パネル15cから遠くなるように配置する。

【0144】

(出射側の位相差板)

図13(g)は、液晶パネル15cから光が出射される側に第1位相差板15a及び第2位相差板15eを配置した形態である。特に、この出射側を基準にして配置される第1
50

位相差板 15a 及び第 2 位相差板 15e は、上述した入射側を基準にした、各種の形態を概ね同様に取ることができる。

【0145】

この図 13(g) に示された配置形態の場合について具体的には、図 15 に示されるように、(i) 明視方向の 10 時 30 分に沿って傾斜した液晶分子 51 の長軸方向と、(ii) 明視方向の 0 時 0 分と同一の方向に沿った第 1 光軸を有する第 1 位相差板 15a 及び明視方向の 9 時 0 分と同一の方向に沿った第 2 光軸を有する第 2 位相差板 15e によって形成される屈折率異方性媒質 255ae の光軸の主屈折率 n_x, n_y, n_z とが交わるので、第 1 位相差板 15a 及び第 2 位相差板 15e が液晶分子 51 の光学的な異方性を光学的な等方性へ向かうように三次元的に補償する。 10

【0146】

本発明に係るプロジェクタにおいて、図 13 に示す 7 種類の形態に加えて、これら 7 種類の形態から派生される各種の形態のいずれを採用してもよい。

【0147】

他方、図 13(g) の形態を採用すれば、液晶パネル 15c の光射出側に第 1 位相差板 15a 及び第 2 位相差板 15e を配置しているので、液晶パネル 15c を透過する光の全体に対して補償することができ、より良好な光学補償効果を得ることができる。また、図 13(g) の形態を採用すれば、液晶パネル 15c の光射出側に第 1 位相差板 15a 及び第 2 位相差板 15e を配置するので、これら第 1 位相差板 15a 及び第 2 位相差板 15e を光源から遠ざけることができ、光の照射やそれに伴う温度上昇により第 1 位相差板 15a 及び第 2 位相差板 15e が劣化するのを効果的に防止でき、信頼性に優れたプロジェクタとなる。 20

【0148】

図 13(a) から図 13(f) の形態を採用すれば、液晶パネル 15c の光入射側に第 1 位相差板 15a 及び第 2 位相差板 15e を配置しているので、光源からの光に対して適切な位相差の調整を施した後、液晶パネル 15c へ光を入射させることができる。

【0149】

特に、液晶分子の長軸方向が、例えば明視方向の 1 時 30 分などの他の方向であれば、それに対応して、第 1 位相差板 15a 及び第 2 位相差板 15e の光軸が延びる方向も変化することは言うまでもない。 30

【0150】

(第 2 の実施形態)

次に、図 16 及び図 17 を参照して、第 2 実施形態に係る位相差板について説明する。ここに、図 16 は、第 2 実施形態に係る位相差板の平面図(図 16(a))及び、図 16(a)中の H-H' 断面を拡大した拡大断面図である。図 17 は、第 2 実施形態に係る位相差板の外観斜視図(図 17(a))、及び第 2 実施形態に係る正面位相差と、2 つの位相差の比とを定量的に示したグラフ(図 17(b))である。尚、図 16(a)、図 16(b)及び図 17(a)中に示された X 方向、Y 方向及び Z 方向は共通である。

【0151】

図 16(a) 及び図 16(b) に示されるように、第 2 実施形態に係る上述した位相差板 15a は、例えば透明なガラス基板等から構成された第 1 基板 1501 と、第 1 基板 1501 上に形成された蒸着膜 1503 とを備えている。 40

【0152】

蒸着膜 1503 は、第 1 基板 1501 に対して斜め方向 D から第 1 基板 1501 に T a 205 等の無機物が蒸着されることによって第 1 基板 1501 上に形成されている。

【0153】

ここで、図 16(b) に示されるように、蒸着膜 1503 は、微視的にみれば、無機物が斜め方向 D に沿って成長したカラム構造が形成された部分を含む膜構造を有している。このような構造を有する無機膜はその微細構造に起因して大なり小なり位相差が発生している。位相差板 15a が備える蒸着膜 1503 は、断面上、微視的には、第 1 基板 150 50

1において、無機物が斜方蒸着される斜め方向Dに沿って延びる柱状部分1503atを有している。

【0154】

特に、図17(a)に示されるように、光の位相差を測定する測定方向を規定する極角は、基板面15asの法線方向Pに対して傾いた角度である。典型的には、極角は、位相差板の真正面から見た場合を0度とした際の視線の角度である。本実施形態では、法線方向Pから斜め方向Dに向かって傾く極角 α をマイナスとし、これと逆に傾く極角 β をプラスとして定義する。尚、光の位相差を測定する測定方向の方位角方向、即ち、基板面15as内の面内方向は、説明を簡便にするために、無機物が斜方蒸着される斜め方向Dを基板面15asに射影した方向、言い換えると、Y方向に揃えている。典型的には、上述した蒸着角度と極角 α とは、同一の平面15ah上にあってよい。これにより、上述した蒸着角度と極角 α とを同一に設定した場合、無機物自体が有する位相差に応じて、液晶装置におけるコントラストの向上の度合いを把握することができる。
10

【0155】

第2実施形態に係る2つの位相差の比は、極角を変数とした2つの位相差間の比を意味する。典型的には、極角を「30度」とした際の位相差を基準にした場合における、極角を「30度」とした際の位相差と、極角を「-30度」とした際の位相差との比である比R[30]は、次の式(1)によって規定される。

【0156】

$$R[30] = Ret(-30) / Ret(30) \dots\dots (1)$$

20

但し、Ret(30)は、極角を「30度」とした場合における位相差を意味し、Ret(-30)は、極角を「-30度」とした場合における位相差を意味する。具体的には、図17(b)に示されるように、極角を「30度」とした際の位相差が9(nm)であり、極角を「-30度」とした際の位相差が54(nm)である場合、式(1)中のRet(30)に「9」を代入すると共に、Ret(-30)に「54」を代入することによって、比R[30] = 「6」を得ることができる。

【0157】

特に、第2実施形態では、法線方向を基準にして対称となる2つの極角を変数とした2つの位相差間の比について説明するが、本実施形態はこの限りではない。第2実施形態に係る2つの位相差の比は、例えば極角を「30度」とした際の位相差と、極角を「-20度」とした際の位相差との比などの法線方向を基準にして対称とならない2つの極角を変数とした2つの位相差間の比であってよい。或いは、本実施形態に係る位相差の比は、例えば極角を「0度」とした際の位相差、所謂、正面位相差と、極角を「-30度」とした際の位相差との比などの法線方向を基準にして対称とならない2つの極角を変数とした2つの位相差間の比であってよい。要は、少なくとも異なる2つの極角を変数とした異なる2つの位相差間の比であれば、後述される正面位相差と併せてコントラストに対する相関関係を、理論的、実験的、経験的、又はシミュレーション等によって規定できる。
30

(正面位相差、蒸着角度及び位相差の比に起因したコントラスト改善の定量的な分析)

次に、図18及び図19を参照して、第2実施形態に係る位相差板の正面位相差、蒸着角度及び位相差の比に起因したコントラスト改善の定量的な分析について説明する。ここに、図18は、第2実施形態に係る位相差板の正面位相差と位相差の比とコントラストとの間の定量的な相関関係を示したグラフである。尚、図18中で示された2重丸、黒塗りの菱形、白抜きの丸、白抜きの四角、及び白塗りの逆三角形は、コントラストの「1700～1800」、「1600～1700」、「1500～1600」、「1400～1500」、及び「1300～1400」に夫々対応している。図19は、第2実施形態に係る位相差板における厚さを同一とした場合の位相差、極角及び蒸着角度の定量的な相関関係を示したグラフ(図19(a))、第2実施形態に係る蒸着角度の大小関係を示した模式図(図19(b))、並びに、第2実施形態に係る位相差板における蒸着角度を同一とした場合の位相差、極角及び位相差板の厚さの定量的な相関関係を示したグラフ(図19(c))である。尚、図19(a)及び図19(c)中の横軸は極角を示し、縦軸は位相
40

50

差を示す。

【0158】

本願発明者による研究によれば、図18中の2重丸と領域A1とによって示されるように、コントラストが「1700～1800」の範囲にある相対的に高いコントラストを実現するためには、位相差の比R[30]を約「1.5」から約「3.2」の間の範囲YA1にさせると共に、正面位相差を約「20」から約「30」の間に範囲XA1にさせることが好ましい。或いは、図18中の2重丸と領域A2とによって示されるように、コントラストが「1700～1800」の範囲にある相対的に高いコントラストを実現するためには、位相差の比R[30]を約「6.5」から約「9.5」の間の範囲YA2にさせると共に、正面位相差を約「15」から約「17」の間に範囲XA2にさせることが好ましい。10

【0159】

詳細には、本願発明者による研究によれば、図19(a)及び図19(b)に示されるように、例えば、位相差板15aにおける厚さを同一とした場合、蒸着角度が大きくなるに従って、言い換えると、蒸着の際の斜め方向が法線方向に近づき、蒸着の際の極角がゼロに近づくに従って、極角の一定の角度当たりの位相差の変化量が小さくなることが判明している。これにより、蒸着角度が大きくなるに従って、位相差の比R[30]は、「1」の値に近づくことが判明している。或いは、本願発明者による研究によれば、図19(a)及び図19(b)に示されるように、例えば、位相差板15aにおける厚さを同一とした場合、蒸着角度が小さくなるに従って、言い換えると、蒸着の際の斜め方向が法線方向から遠ざかり、蒸着の際の極角がゼロよりも大きくなるに従って、極角の一定の角度当たりの位相差の変化量が大きくなることが判明している。これにより、蒸着角度が小さくなるに従って、位相差の比R[30]は、「1」の値から大きく離れることが判明している。20

【0160】

加えて、本願発明者による研究によれば、図19(c)に示されるように、例えば、蒸着角度を同一とした場合、位相差板15aの厚さが大きくなるに従って、極角を「0度」とした際の位相差、所謂、正面位相差は大きくなることが判明している。或いは、本願発明者による研究によれば、図19(c)に示されるように、例えば、蒸着角度を同一とした場合、位相差板15aの厚さが小さくなるに従って、正面位相差は小さくなることが判明している。具体的には、太い線が位相差板の厚さが相対的に大きい場合に対応し、点線が位相差板の厚さが相対的に小さい場合に対応している。30

【0161】

このように、蒸着角度及び位相差板の膜厚を適切に変化させることによって、位相差の比及び正面位相差を、コントラストが最大になるように夫々設定することが可能である。

【0162】

尚、これらの正面位相差の範囲XA1及びXA2によって、本発明に係る第1所定範囲の一及び他の具体例が構成されている。また、これらの位相差の比YA1及びYA2によって、本発明に係る第2所定範囲の一及び他の具体例が構成されている。40

【0163】

(正面位相差と位相差板の回転角度の範囲とコントラストとの相関関係)

次に、図20を参照して、本実施形態に係る正面位相差と位相差板の回転角度の範囲(以下、適宜「調整角度の範囲」と称す)とコントラストとの相関関係について説明する。ここに、図20は、本実施形態に係る正面位相差と調整角度との定量的な相関関係を示したグラフ(図20(a))、及び本実施形態に係る正面位相差と位相差板の調整角度とコントラストとの定量的な相関関係を示したグラフ(図20(b))である。

【0164】

図20(a)に示されるように、正面位相差が大きくなるに従って、最大となるコントラストが得られるまでの位相差板15aの調整角度を小さくすることができる。言い換えると、正面位相差が小さくなるに従って、最大となるコントラストが得られるまでの位相50

差板 15 a の調整角度を大きくすることができる。具体的には、図 20 (a) に示されるように、正面位相差 $R_{e t}(0)$ が「30 (nm)」である場合、位相差板 15 a の調整角度を例えば 3 度にすると共に、正面位相差 $R_{e t}(0)$ が「15 (nm)」である場合、位相差板 15 a の調整角度を例えば 15 度にすることができる。

【0165】

加えて、図 20 (b) に示されるように、正面位相差が大きくなるに従って、位相差板 15 a の調整角度の単位角度当たりのコントラストの変化量を大きくすることができる。言い換えると、正面位相差が小さくなるに従って、位相差板 15 a の調整角度の単位角度当たりのコントラストの変化量を小さくすることができる。具体的には、図 20 (b) に示されるように、正面位相差 $R_{e t}(0)$ が「30 (nm)」である場合、位相差板 15 a の調整角度を 3 度にした時に、最大となるコントラストを得ることができる。また、正面位相差 $R_{e t}(0)$ が「15 (nm)」である場合、位相差板 15 a の調整角度を 5 度にした時に、最大となるコントラストを得ることができる。加えて、正面位相差 $R_{e t}(0)$ が「30 (nm)」である場合における位相差板 15 a の調整角度の単位角度当たりのコントラストの変化量は、正面位相差 $R_{e t}(0)$ が「15 (nm)」である場合における位相差板 15 a の調整角度の単位角度当たりのコントラストの変化量よりも大きくなることができ、図 20 (b) では急峻な曲線が示されている。10

【0166】

第 2 実施形態によれば、上述した 2 つの位相差の比の値の設定に加えて、正面位相差の値を適切な値に設定することによって、プロジェクタの製造の組み立て工程において、或いは、ユーザの調整動作において、所望となる位相差板 15 a の調整角度の範囲を簡便且つ適切に決定することができるので、実践上、大変有利である。20

【0167】

なお、本実施形態に係る第 1 位相差板 15 a 及び第 2 位相差板 15 e の他の具体例としては、位相差板の板面に対して傾斜した状態で配向した（チルト配向した）ディスコティック液晶からなる光学異方性層を備えたものを例示すことができる。これらの位相差板は、トリアセチルセルロース (TAC) 等の支持体上に配向膜を設け、その配向膜上にトリフェニレン誘導体等のディスコティック液晶を塗設して作製することができる。より詳細には、1 組の支持体の表面にポリイミド等の配向膜を形成したものを用意し、一方の支持体上にディスコティック液晶を塗設した後、もう一方の支持体によってディスコティック液晶を挟み込む。そして、加熱処理によってディスコティックネマチック (ND) 相を形成させた後に、紫外線等によって重合して配向状態を固定化する。この ND 相の形成時に、ディスコティック液晶は配向膜によってプレチルトを付与され、光軸が斜めに傾いた状態に形成される。光軸の傾き角については、配向膜の配向処理（ラビング等）によって制御することができる。30

【0168】

あるいは、本実施形態に係る第 1 位相差板 15 a 及び第 2 位相差板 15 e の他の具体例としては、ポリカーボネートやノルボルネン樹脂等をずり応力をかけて延伸することによっても作製することができる。この場合、材料樹脂をガラス転移点付近まで加熱した状態で 2 方向から延伸し、これを加熱した一対の基板間に挟み込む。そして、一方の基板の外側から材料樹脂に対して圧力を加えながら、一対の基板を互いに反対方向にずらす。これにより、材料樹脂の上下の面に互いに反対方向にずり応力がかかり、材料樹脂を構成する光学体の光軸方向が斜めに傾く。光軸の傾き角は、ずり応力の大きさによって制御することができる。40

【0169】

本発明は、上述した実施形態に限られるものではなく、請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う液晶装置、プロジェクタ及び液晶装置の光学補償方法もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

【図面の簡単な説明】

【0170】

【図1】本発明の実施形態に係る液晶プロジェクタの概略構成図である。

【図2】本実施形態に係る液晶パネルの全体構成図(図2(a))及び、当該図2(a)のH-H'線に沿う断面構成図(図2(b))である。

【図3】本実施形態に係る液晶ライトバルブの構成を示す説明図である。

【図4】本実施形態に係る図3における各構成部材の光学軸配置を示す図である。

【図5】本実施形態に係る第1位相差板を構成する屈折率異方性媒質と、第1位相差板に対応される基板との相対的な位置関係を規定する蒸着方向等を図式的に示した外観斜視図(図5(a))、第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質と、第2位相差板に対応される基板との相対的な位置関係を規定する蒸着方向等を図式的に示した外観斜視図(図5(b))並びに第1位相差板を構成する屈折率異方性媒質と第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質とを合成した屈折率異方性媒質と基板との相対的な位置関係を図式的に示した外観斜視図(図5(c))である。 10

【図6】本実施形態に係る第1及び第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質の光軸と、液晶パネルを構成する液晶分子の光軸との相対的な位置関係を図式的に示した平面図(図6(a))及び立面図(図6(b))である。

【図7】本実施形態に係る第1位相差板を構成する屈折率異方性媒質と第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質とを合成した屈折率異方性媒質の光学的異方性と、液晶パネルを構成する液晶分子の光学的異方性とが合成されて、光学的等方性が実現される様子を概念的に示した模式図である。 20

【図8】本実施形態に係る第1及び第2位相差板の膜厚と、第1位相差板と第2位相差板との組み合わせとの関係を示した棒グラフ(図8(a))、並びに、本実施形態に係る第1及び第2位相差板の膜厚と、光のコントラストとの相關関係を定量的に示したグラフ(図8(b))である。

【図9】本実施形態に係る第1及び第2位相差板を構成する屈折率異方性媒質の第1基板に対する蒸着角度とコントラストとの相關関係を定量的に示したグラフである。

【図10】本実施形態に係る第1及び第2位相差板の膜厚及び位相差板を構成する屈折率異方性媒質の蒸着角度を変数とした場合における、第1及び第2位相差と極角との相關関係を定量的に示したグラフ(図10(a)及び図10(b))である。

【図11】本実施形態に係る第1及び第2位相差板で実現されたコントラストと、比較例に係る位相差板で実現されたコントラストとの相關関係を定量的に示した棒グラフである。 30

【図12】本実施形態及び比較例に係る位相差板が適用された液晶パネルにおける輝度のばらつきを示した分布図(図12(a)及び図12(b))である。

【図13】本実施形態に係る液晶ライトバルブ15における構成部材の配置形態を示す概略図(図13(a)から図13(g))である。

【図14】本実施形態に係る第1位相差板の第1屈折率異方性と、第2位相差板の第2屈折率異方性とを合成した屈折率異方性を有する屈折率異方性媒質と、この屈折率異方性媒質の蒸着方向と、液晶パネルを構成する液晶分子との相対的な位置関係を図式的に示した一の模式図である。 40

【図15】本実施形態に係る第1位相差板の第1屈折率異方性と、第2位相差板の第2屈折率異方性とを合成した屈折率異方性を有する屈折率異方性媒質と、この屈折率異方性媒質の蒸着方向と、液晶パネルを構成する液晶分子との相対的な位置関係を図式的に示した他の模式図である。

【図16】第2実施形態に係る位相差板の平面図(図16(a))及び、図16(a)中のH-H'断面を拡大した拡大断面図である。

【図17】第2実施形態に係る位相差板の外観斜視図(図17(a))、及び第2実施形態に係る正面位相差と、2つの位相差の比とを定量的に示したグラフ(図17(b))である。

【図18】第2実施形態に係る位相差板の正面位相差と位相差の比とコントラストとの間 50

の定量的な相関関係を示したグラフである。

【図19】第2実施形態に係る位相差板における厚さを同一とした場合の位相差、極角及び蒸着角度の定量的な相関関係を示したグラフ(図19(a))、第2実施形態に係る蒸着角度の大小関係を示した模式図(図19(b))、並びに、第2実施形態に係る位相差板における蒸着角度を同一とした場合の位相差、極角及び位相差板の厚さの定量的な相関関係を示したグラフ(図19(c))である。

【図20】本実施形態に係る正面位相差と調整角度との定量的な相関関係を示したグラフ(図20(a))、及び本実施形態に係る正面位相差と位相差板の調整角度とコントラストとの定量的な相関関係を示したグラフ(図20(b))である。

【符号の説明】

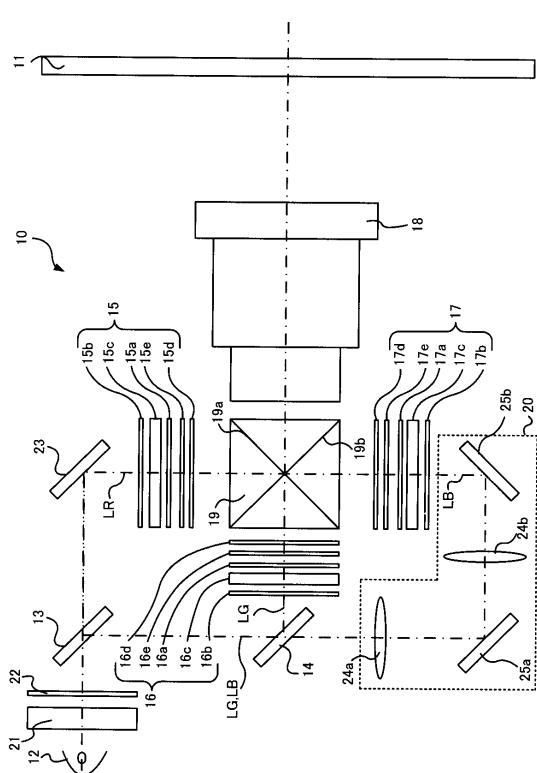
【0171】

10 ... プロジェクタ、11...スクリーン、12...光源、15、16、17、215...液晶装置、15a、16a、17a...第1位相差板、15as...基板面、15ah...平面、15b、16b、17b、15d、16d、17d...偏光板、15c、16c、17c...液晶パネル、15e、16e、17e...第1位相差板、31...対向基板、32...TFTアレイ基板、43a、98a...配向方向、43、98...配向膜、51...液晶分子、81a...回転軸、81e...回転軸、255a...屈折率異方性媒質、1501a...第1基板、1501e...第2基板、1503a...第1蒸着膜、1503e...第2蒸着膜、1503at...柱状部分、D...斜め方向、A1、A2...領域、LB...青色光、LG...緑色光、LR...赤色光、P...プレチルト方向

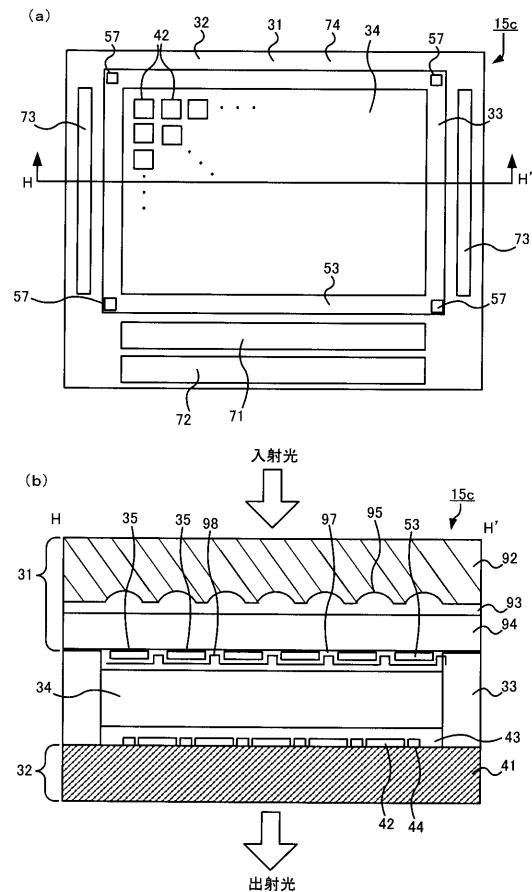
10

20

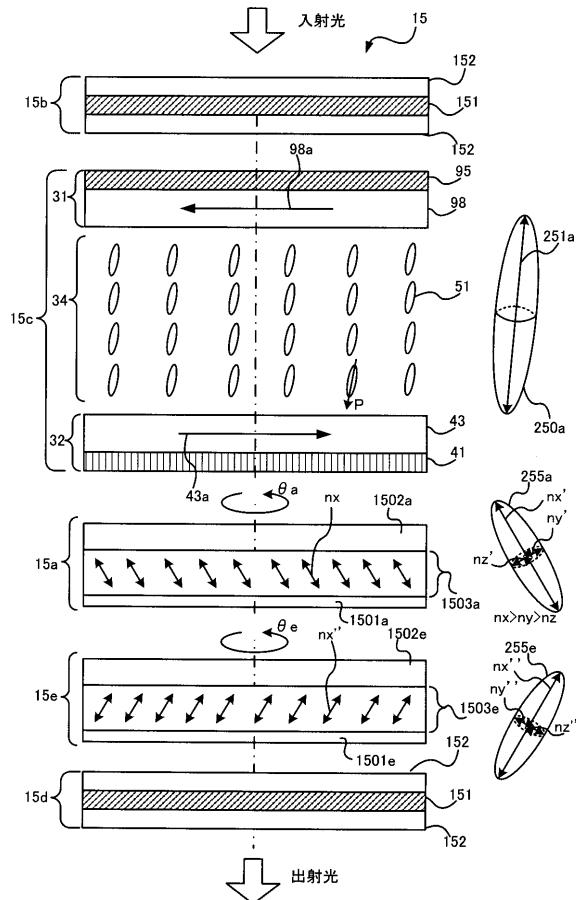
【図1】



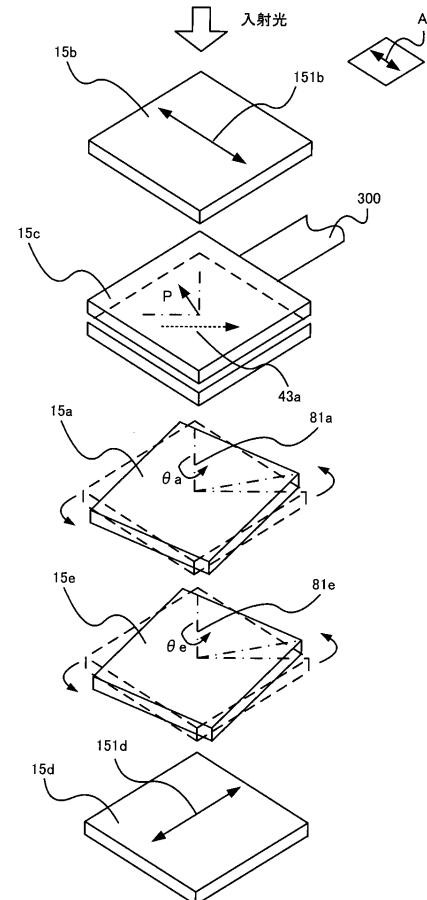
【図2】



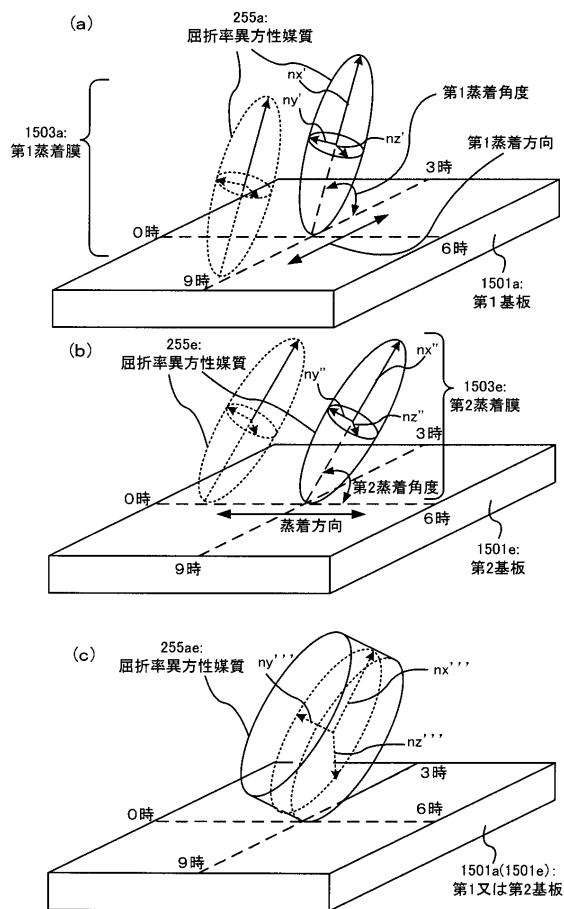
【図3】



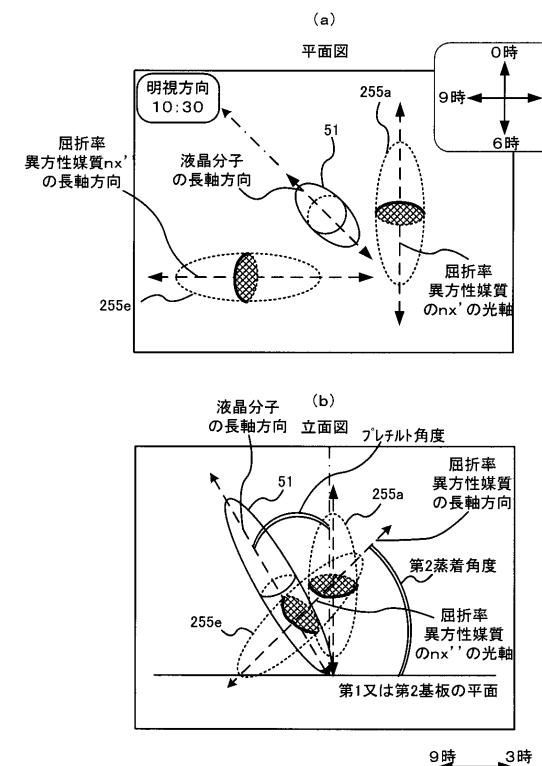
【図4】



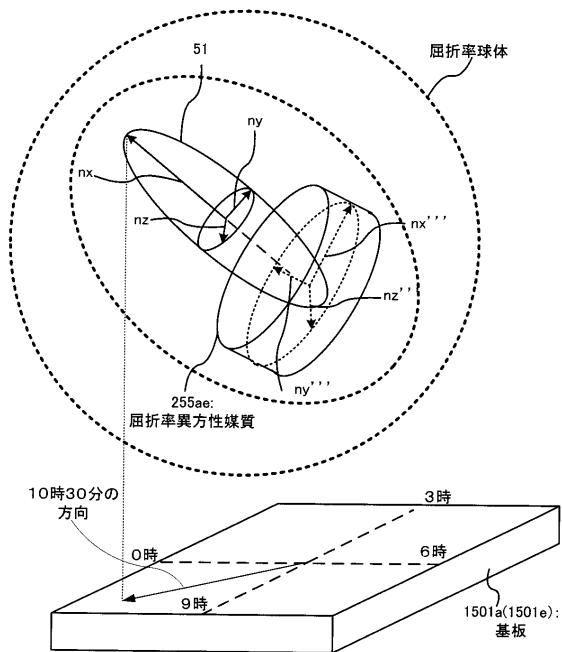
【図5】



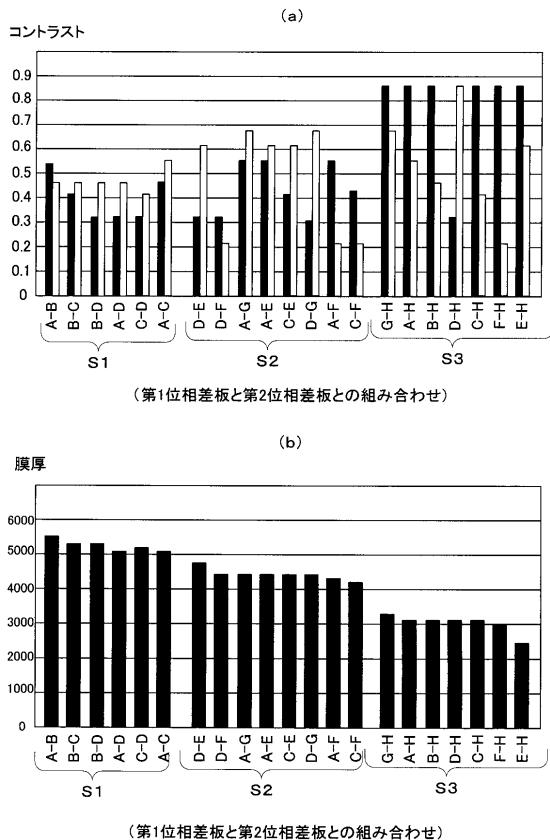
【図6】



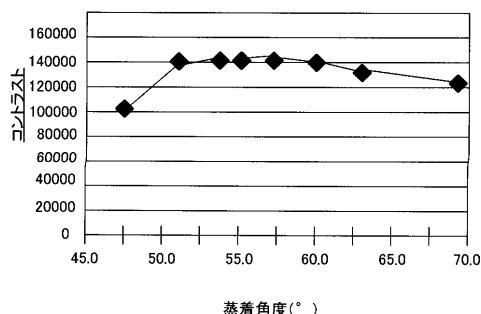
【図7】



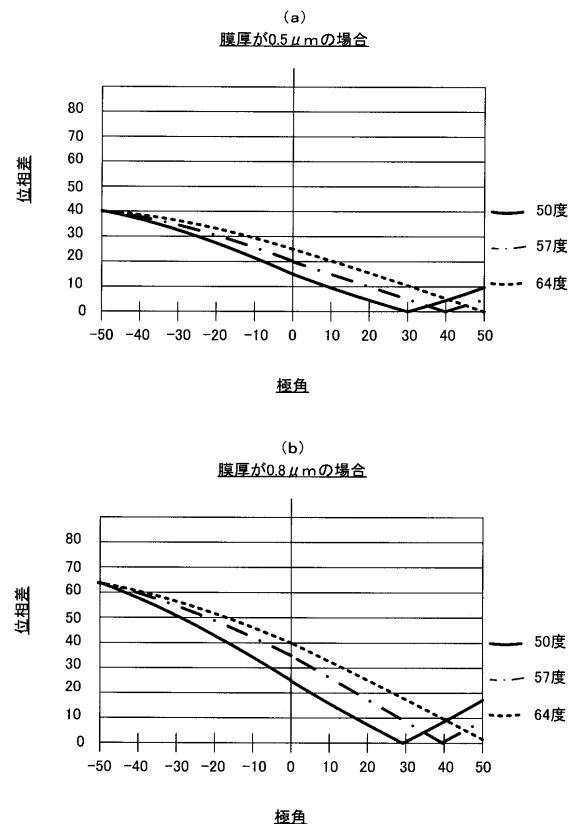
【図8】



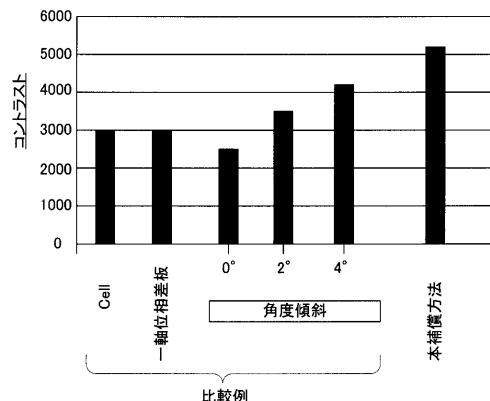
【図9】



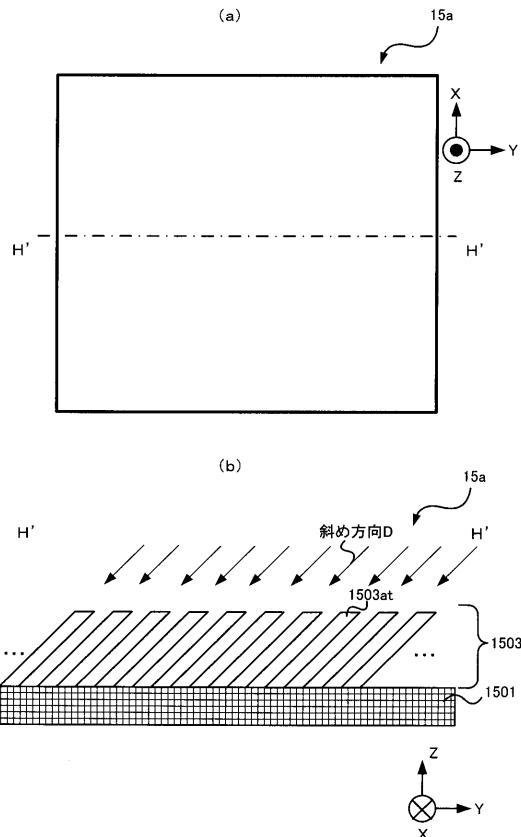
【図10】



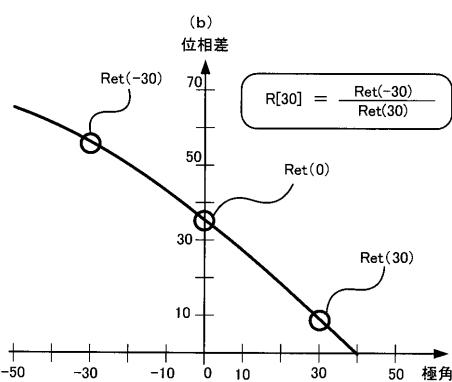
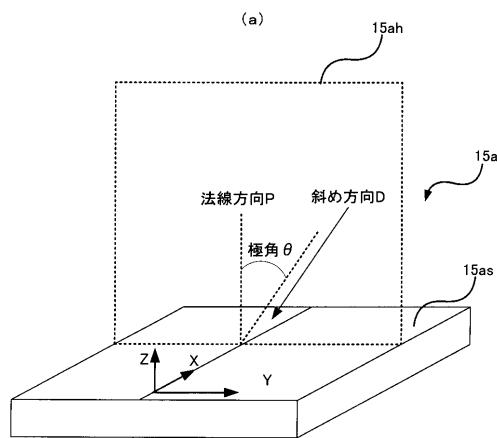
【図11】



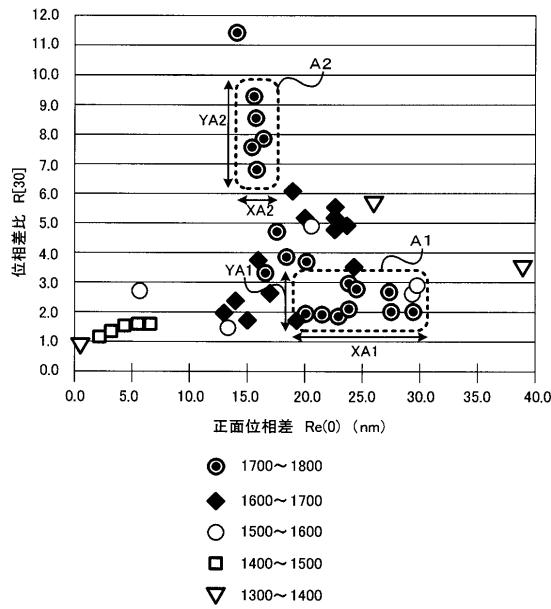
【図16】



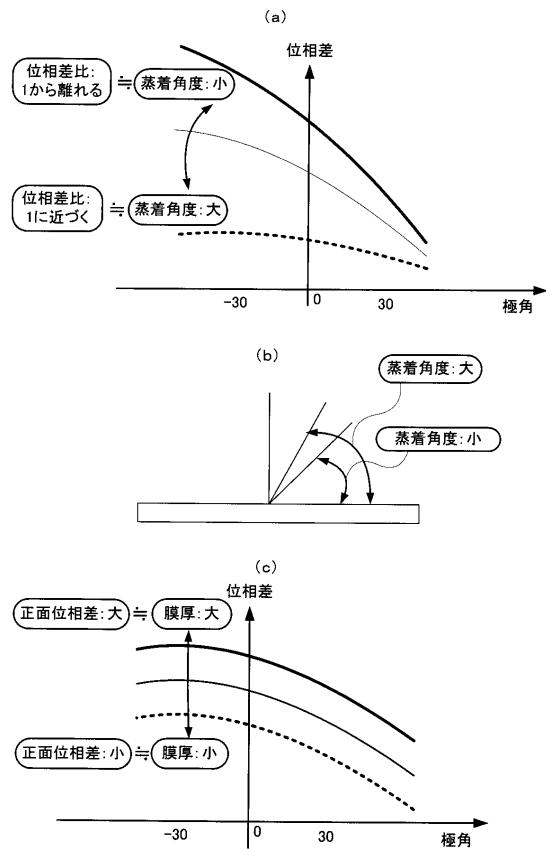
【図17】



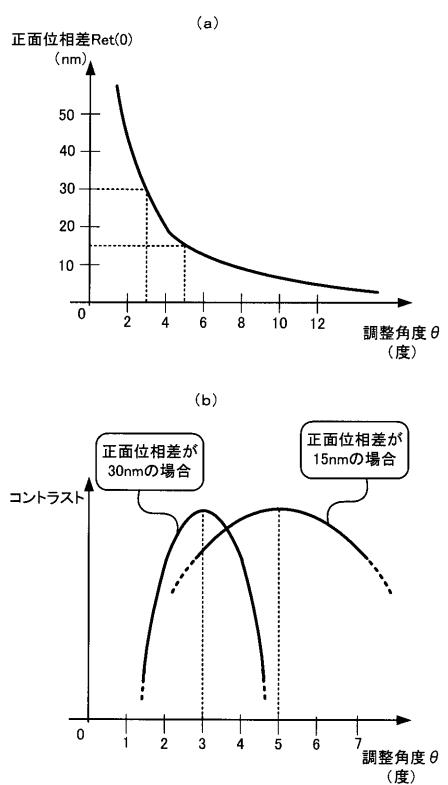
【図18】



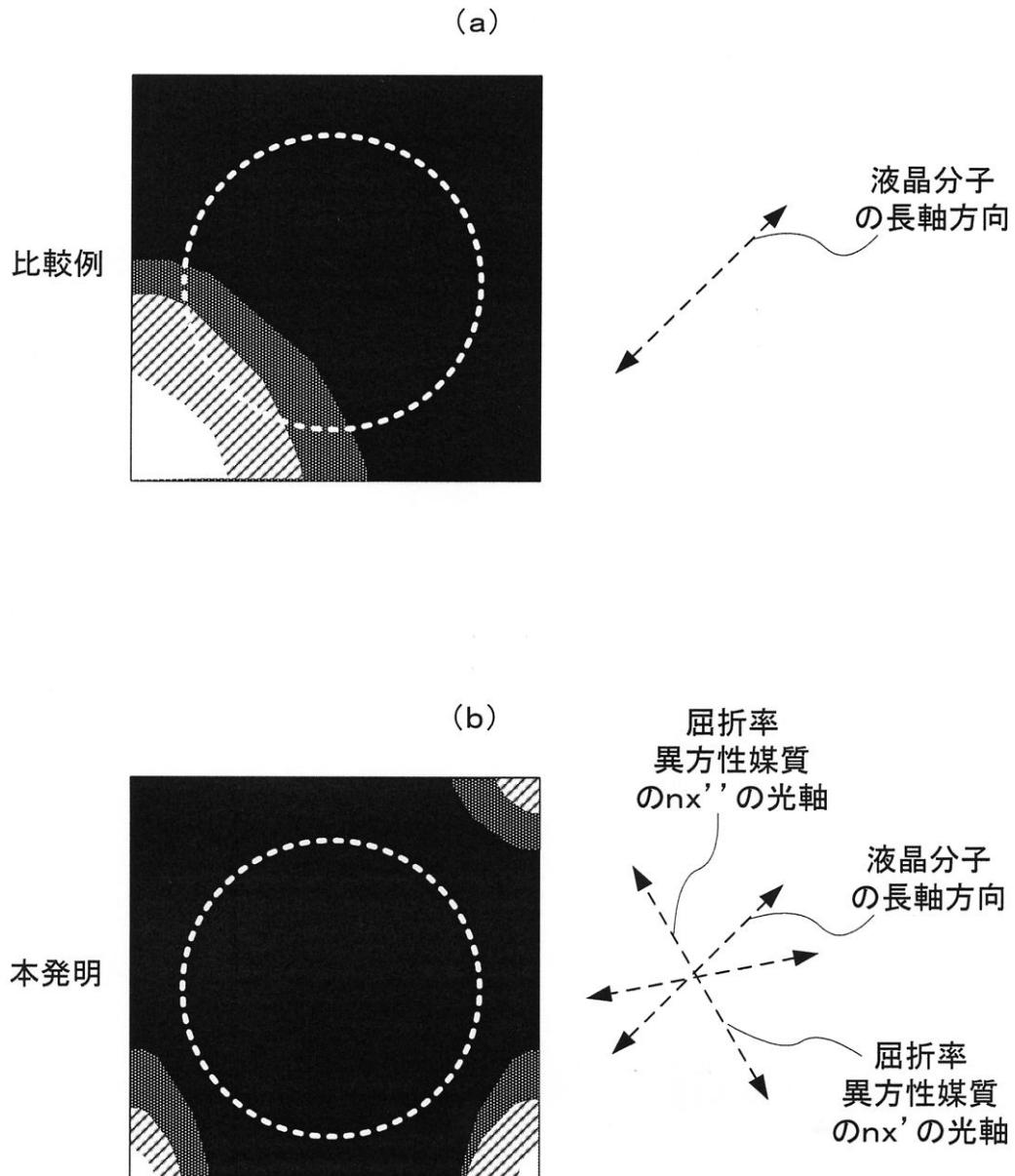
【図19】



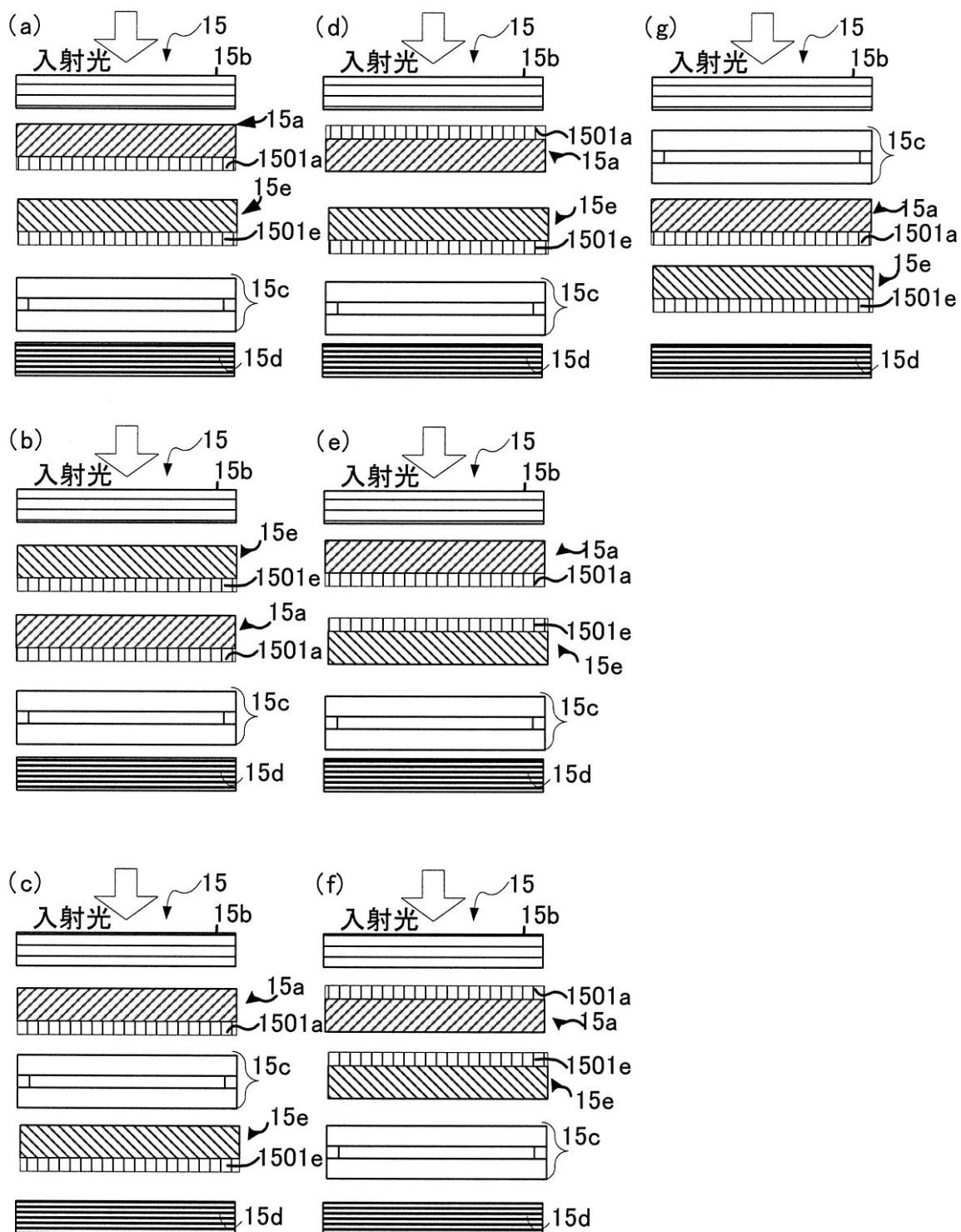
【図20】



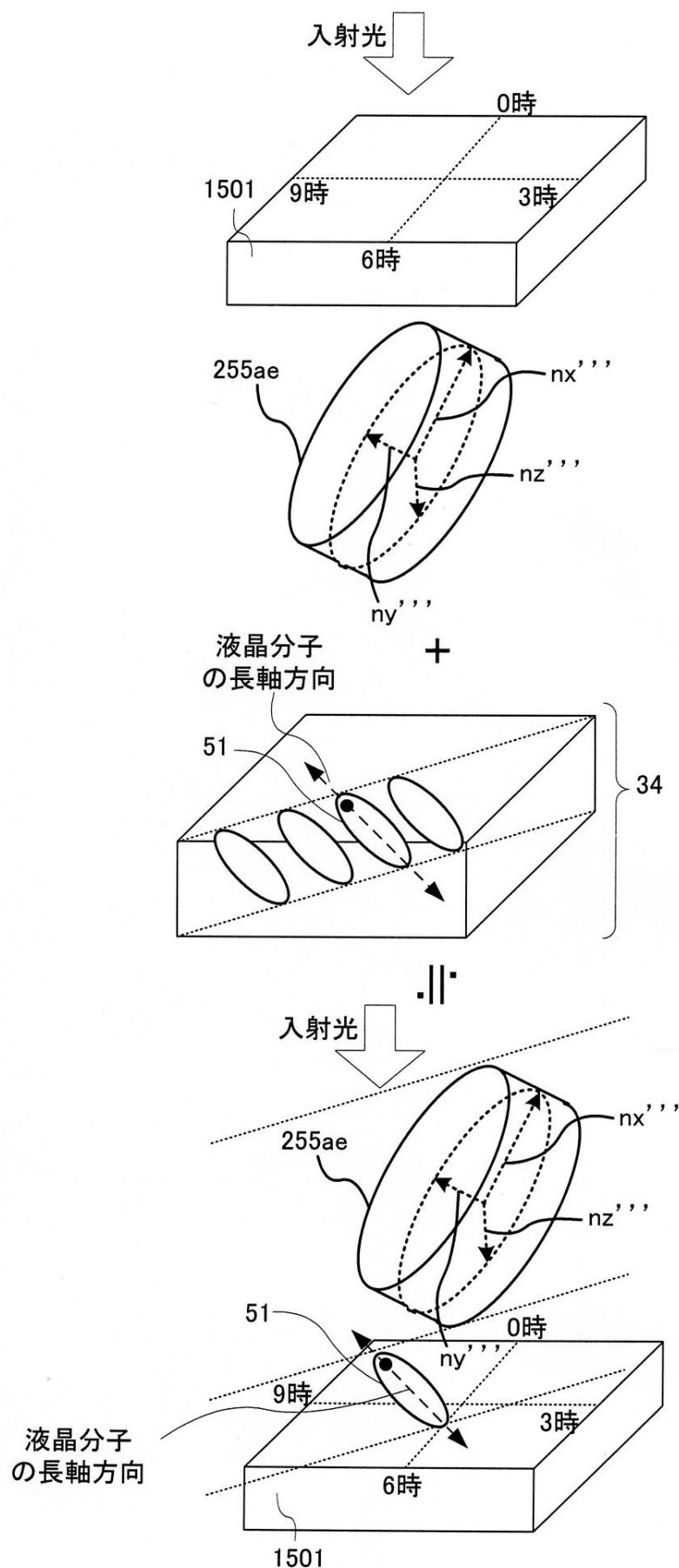
【図 1 2】



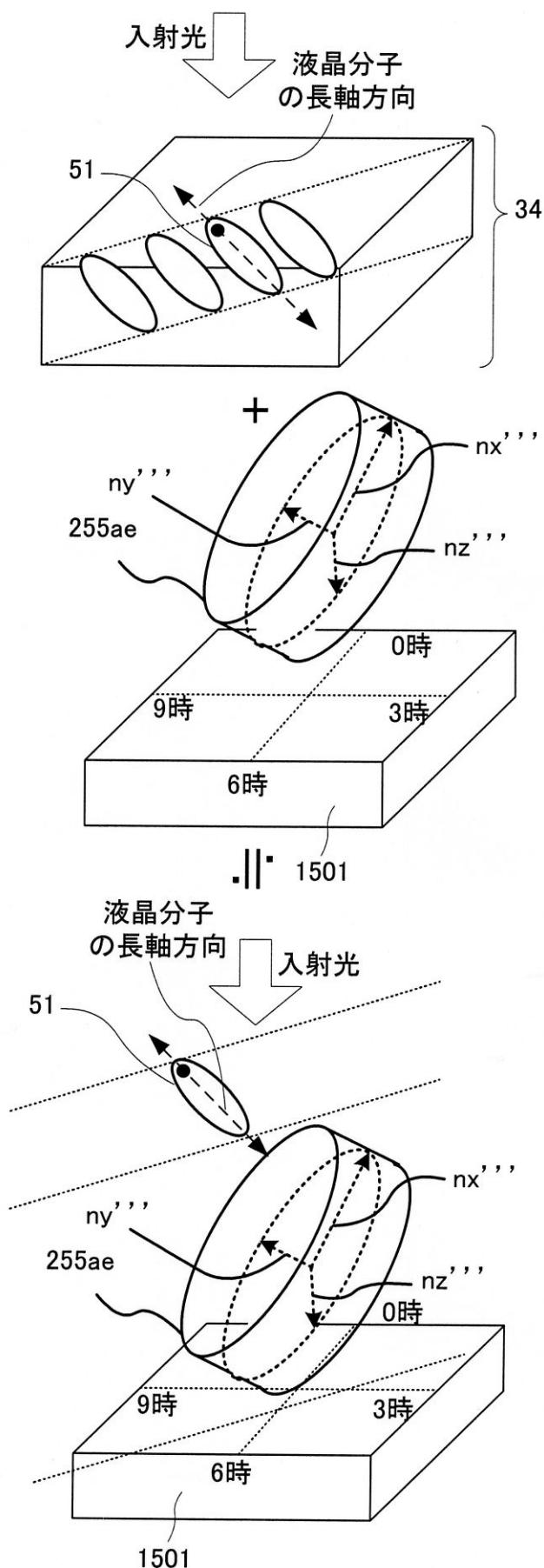
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2007/004724 (WO, A1)
特表2009-500646 (JP, A)
特開2006-098669 (JP, A)
特開2006-119444 (JP, A)
特開2000-121831 (JP, A)
特開2006-171327 (JP, A)
特開平06-148628 (JP, A)
国際公開第2008/081919 (WO, A1)
国際公開第2008/078764 (WO, A1)
国際公開第2007/105371 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 F 1 / 13363
G 02 F 1 / 13 505
G 02 F 1 / 1335
G 02 F 1 / 139
G 02 B 5 / 30
G 03 B 21 / 00