

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7431986号
(P7431986)

(45)発行日 令和6年2月15日(2024.2.15)

(24)登録日 令和6年2月6日(2024.2.6)

(51)国際特許分類	F I		
G 0 2 B 27/02 (2006.01)	G 0 2 B 27/02	Z	
G 0 2 B 27/28 (2006.01)	G 0 2 B 27/28	Z	
G 0 2 F 1/1337(2006.01)	G 0 2 F 1/1337		
G 0 2 B 5/18 (2006.01)	G 0 2 B 5/18		
G 0 2 B 5/30 (2006.01)	G 0 2 B 5/30		

請求項の数 19 (全47頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2022-545656(P2022-545656)	(73)特許権者	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(86)(22)出願日	令和3年8月25日(2021.8.25)	(74)代理人	100152984 弁理士 伊東 秀明
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/031091	(74)代理人	100148080 弁理士 三橋 史生
(87)国際公開番号	WO2022/045167	(72)発明者	佐藤 寛 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
(87)国際公開日	令和4年3月3日(2022.3.3)	(72)発明者	齊藤 之人 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
審査請求日	令和5年2月17日(2023.2.17)	(72)発明者	米本 隆 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2020-142442(P2020-142442)		
(32)優先日	令和2年8月26日(2020.8.26)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
(31)優先権主張番号	特願2020-177206(P2020-177206)		
(32)優先日	令和2年10月22日(2020.10.22)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像表示ユニットおよびヘッドマウントディスプレイ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像表示装置と、
前記画像表示装置から出射された光を回折する偏光回折素子と、
前記偏光回折素子で回折された偏光を透過し、前記偏光回折素子で回折されなかった光を吸収する偏光板と、を有し、
前記偏光回折素子が、レンズ機能を有する偏光回折レンズであって、
前記偏光回折レンズの焦点距離を f とし、前記画像表示装置と前記偏光回折レンズとの距離を d とすると、
 $d > f$ を満たす画像表示ユニット。

【請求項2】

前記偏光回折レンズの焦点距離 f が 40 mm 未満である請求項1に記載の画像表示ユニット。

【請求項3】

前記偏光回折素子が、円偏光を回折するものであり、
前記偏光板が円偏光板である請求項1または2に記載の画像表示ユニット。

【請求項4】

前記画像表示装置が、直線偏光を出射するものであり、
前記画像表示装置と前記偏光回折素子との間に、位相差板を有する請求項3に記載の画像表示ユニット。

【請求項 5】

前記位相差板が / 4 板である請求項 4 に記載の画像表示ユニット。

【請求項 6】

前記画像表示装置が、無偏光を出射するものであり、

前記画像表示装置と前記偏光回折素子との間に、前記円偏光板を有する請求項 3 に記載の画像表示ユニット。

【請求項 7】

前記円偏光板が、直線偏光板と位相差板とからなる請求項 3 ~ 6 のいずれか一項に記載の画像表示ユニット。

【請求項 8】

前記位相差板が / 4 板である請求項 7 に記載の画像表示ユニット。

10

【請求項 9】

前記偏光回折素子が、液晶化合物を含む液晶層を有する液晶回折素子であり、

前記液晶層は、前記液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有し、

前記液晶配向パターンにおける前記液晶化合物由来の光学軸の向きが面内方向に 180° 回転する長さを 1 周期とすると、前記液晶層は、面内に、前記 1 周期の長さが異なる領域を有する請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の画像表示ユニット。

【請求項 10】

前記液晶層は、前記液晶配向パターンにおける前記一方向の一方の側から他方の側に向かって、前記 1 周期が漸次、短くなる請求項 9 に記載の画像表示ユニット。

20

【請求項 11】

前記液晶層は、前記液晶配向パターンの前記一方向を、内側から外側に向かう同心円状に有する請求項 9 または 10 に記載の画像表示ユニット。

【請求項 12】

前記液晶層は、前記一方向に沿って厚さ方向に切断した断面を走査型電子顕微鏡で観察される断面画像において、液晶相に由来する明部および暗部が、前記液晶層の主面に対して傾斜している領域を有する請求項 9 ~ 11 のいずれか一項に記載の画像表示ユニット。

【請求項 13】

前記液晶回折素子は、前記液晶層を 2 層以上有し、

少なくとも 2 層の前記液晶層は、前記一方向に沿って厚さ方向に切断した断面を走査型電子顕微鏡で観察した断面画像において、前記光学軸の向きに由来する明部および暗部が観察され、

30

前記少なくとも 2 層の前記液晶層において、前記明部および前記暗部の、前記液晶層の主面に対する傾斜角度が、互いに異なっている請求項 12 に記載の画像表示ユニット。

【請求項 14】

前記液晶層は、一方向に沿って厚さ方向に切断した断面を走査型電子顕微鏡で観察される断面画像において、一方の表面から他方の表面に延在する明部および暗部を有し、暗部が、2 つ以上の角度の変曲点を有し、

厚さ方向において、前記暗部の傾斜方向が異なる領域を有する請求項 9 ~ 13 のいずれか一項に記載の画像表示ユニット。

40

【請求項 15】

前記液晶層における、前記暗部の傾斜方向が折り返される変曲点の数が奇数個である請求項 14 に記載の画像表示ユニット。

【請求項 16】

前記液晶層における、前記暗部の平均傾斜角が、一方向に沿って漸次変化している、請求項 12 ~ 15 のいずれか一項に記載の画像表示ユニット。

【請求項 17】

前記液晶層は、前記液晶層の厚さ方向の中心線に対して、前記明部および前記暗部の形状が非対称である領域を有する、請求項 12 ~ 16 のいずれか一項に記載の画像表示ユニ

50

ット。

【請求項 18】

前記液晶層の屈折率異方性に伴う屈折率差 n_{550} が 0.2 以上である、請求項 9 ~ 17 のいずれか一項に記載の画像表示ユニット。

【請求項 19】

請求項 1 ~ 18 のいずれか一項に記載の画像表示ユニットを有するヘッドマウントディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、VR (virtual reality) 用ヘッドマウントディスプレイに用いる画像表示ユニット、および、ヘッドマウントディスプレイに関する。

【背景技術】

【0002】

現実世界の外光を通さない、いわゆる没入型の仮想現実 (VR) を体験するために、使用者に装着されて、画像を使用者の眼に導く画像表示ユニットを有するヘッドマウントディスプレイがある。このようなヘッドマウントディスプレイに用いられる画像表示ユニットでは、画像表示装置から出射された光が使用者の眼の位置で光を集光するレンズが必要である。ヘッドマウントディスプレイに用いられる画像表示ユニットでは、画像表示装置とレンズとの距離をレンズの焦点距離に近くすることで、使用者に画像表示装置が表示する画像を遠方の虚像として視認させることができる。

【0003】

ヘッドマウントディスプレイに用いられる画像表示ユニットでは、薄型化および軽量化のために、一般的に、レンズとしてフレネルレンズが用いられている。しかしながら、フレネルレンズを用いる場合には、焦点距離を短くするのに限界がある。そのため、画像表示ユニット (ヘッドマウントディスプレイ) 全体の厚さを薄くすることが難しい。

【0004】

これに対して、画像表示ユニットを薄型化する構成として、画像表示装置から出射された光を 1 度反射偏光子などで反射させた後、再びミラーなどを用いて反射させ、使用者の眼に導く構造が提案されている。これにより、画像表示装置から使用者の眼までの光路長を稼ぐことができ、画像表示ユニット全体を薄型化することができる。

【0005】

例えば、特許文献 1 には、画像表示装置側から直線偏光子、1/4 波長板、ハーフミラー、1/4 波長板、反射偏光子をこの順で有し、VR 用光学装置として使用することのできるヘッドマウントディスプレイが記載されている。この光学素子では、ハーフミラーと反射偏光子の間で光を往復させて光路長を長くしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特表 2019 - 526075 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記のように、ハーフミラーおよび反射偏光子を用いて、ハーフミラーと反射偏光子との間で光を往復させて光路長を長くする画像表示ユニットでは、ハーフミラーが入射した光の約 50% を透過し、さらに、ハーフミラーを透過し反射偏光子が反射した光の約 50% をハーフミラーが反射して、この光が画像表示ユニットから出射される。そのため、画像表示装置が出射した画像の光量に対する光の利用効率が約 25% と低くなってしまいう問題があった。

【0008】

10

20

30

40

50

また、フレネルレンズを用いる画像表示ユニットでは、焦点距離を短くすると、フレネルレンズの溝構造に起因する散乱が生じたり、溝構造に起因する光のスジが視認されるという問題があり、画質が低下するという問題があった。

【 0 0 0 9 】

本発明の課題は、小型で、光利用効率が高く、画質低下の少ない画像表示ユニットおよびヘッドマウントディスプレイを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

この課題を解決するために、本発明は、以下の構成を有する。

[1] 画像表示装置と、

画像表示装置から出射された光を回折する偏光回折素子と、
偏光回折素子で回折された偏光を透過し、偏光回折素子で回折されなかった光を吸収する偏光板と、を有し、

偏光回折素子が、レンズ機能を有する偏光回折レンズであって、

偏光回折レンズの焦点距離を f とし、画像表示装置と偏光回折レンズとの距離を d とすると、

$d = f$ を満たす画像表示ユニット。

[2] 偏光回折レンズの焦点距離 f が 4 0 m m 未満である [1] に記載の画像表示ユニット。

[3] 偏光回折素子が、円偏光を回折するものであり、

偏光板が円偏光板である [1] または [2] に記載の画像表示ユニット。

[4] 画像表示装置が、直線偏光を出射するものであり、

画像表示装置と偏光回折素子との間に、位相差板を有する [3] に記載の画像表示ユニット。

[5] 位相差板が $\lambda/4$ 板である [4] に記載の画像表示ユニット。

[6] 画像表示装置が、無偏光を出射するものであり、

画像表示装置と偏光回折素子との間に、円偏光板を有する [3] に記載の画像表示ユニット。

[7] 円偏光板が、直線偏光板と位相差板とからなる [3] ~ [6] のいずれかに記載の画像表示ユニット。

[8] 位相差板が $\lambda/4$ 板である [7] に記載の画像表示ユニット。

[9] 偏光回折素子が、液晶化合物を含む液晶層を有する液晶回折素子であり、

液晶層は、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有し、

液晶配向パターンにおける液晶化合物由来の光学軸の向きが面内方向に 180° 回転する長さを 1 周期とすると、液晶層は、面内に、1 周期の長さが異なる領域を有する [1] ~ [8] のいずれかに記載の画像表示ユニット。

[1 0] 液晶層は、液晶配向パターンにおける一方向の一方の側から他方の側に向かって、1 周期が漸次、短くなる [9] に記載の画像表示ユニット。

[1 1] 液晶層は、液晶配向パターンの一方向を、内側から外側に向かう同心円状に有する [9] または [1 0] に記載の画像表示ユニット。

[1 2] 液晶層は、一方向に沿って厚さ方向に切断した断面を走査型電子顕微鏡で観察される断面画像において、液晶相に由来する明部および暗部が、液晶層の主面に対して傾斜している領域を有する [9] ~ [1 1] のいずれかに記載の画像表示ユニット。

[1 3] 液晶回折素子は、液晶層を 2 層以上有し、

少なくとも 2 層の液晶層は、一方向に沿って厚さ方向に切断した断面を走査型電子顕微鏡で観察した断面画像において、光学軸の向きに由来する明部および暗部が観察され、

少なくとも 2 層の液晶層において、明部および暗部の、液晶層の主面に対する傾斜角度が、互いに異なっている [1 2] に記載の画像表示ユニット。

[1 4] 液晶層は、一方向に沿って厚さ方向に切断した断面を走査型電子顕微鏡で観察さ

10

20

30

40

50

れる断面画像において、一方の表面から他方の表面に延在する明部および暗部を有し、暗部が、2つ以上の角度の変曲点を有し、

厚さ方向において、暗部の傾斜方向が異なる領域を有する[9]~[13]のいずれかに記載の画像表示ユニット。

[15] 液晶層における、暗部の、傾斜方向が折り返される変曲点の数が奇数個である[14]に記載の画像表示ユニット。

[16] 液晶層における、暗部の平均傾斜角が、一方向に沿って漸次変化している[12]~[15]のいずれかに記載の画像表示ユニット。

[17]液晶層は、液晶層の厚さ方向の中心線に対して、明部および暗部の形状が非対称である領域を有する[12]~[16]のいずれかに記載の画像表示ユニット。

[18]液晶層の屈折率異方性に伴う屈折率差 n_{550} が0.2以上である、[9]~[17]のいずれかに記載の画像表示ユニット。

[19] [1]~[18]のいずれかに記載の画像表示ユニットを有するヘッドマウントディスプレイ。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、小型で、光利用効率が高く、画質低下の少ない画像表示ユニットおよびヘッドマウントディスプレイを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の画像表示ユニットの一例を概念的に表す図である。

【図2】図1の画像表示ユニットの一部を拡大した図である。

【図3】図1の画像表示ユニットの作用を説明するための概念図である。

【図4】本発明の画像表示ユニットの他の一例を概念的に表す部分拡大図である。

【図5】液晶回折素子の液晶層の一例を概念的に表す平面図である。

【図6】図5に示す液晶回折素子の液晶層を概念的に示す図である。

【図7】図5に示す液晶回折素子の液晶層の一部を拡大して示す平面図である。

【図8】図5に示す液晶層を形成する配向膜を露光する露光装置の一例を概念的に示す図である。

【図9】液晶層の作用を説明するための概念図である。

【図10】液晶層の作用を説明するための概念図である。

【図11】図5に示す液晶回折素子の作用を示す概念図である。

【図12】液晶層のSEM断面の一例を概念的に示す図である。

【図13】液晶層の他の例を示す概念図である。

【図14】液晶層の他の例を示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明について詳細に説明する。以下に記載する構成要件の説明は、本発明の代表的な実施態様に基づいてなされることがあるが、本発明はそのような実施態様に限定されるものではない。なお、本明細書において「~」を用いて表される数値範囲は、「~」の前後に記載される数値を下限値および上限値として含む範囲を意味する。また、角度について「直交」および「平行」とは、厳密な角度 $\pm 10^\circ$ の範囲を意味するものとし、並びに角度について「同一」および「異なる」は、その差が 5° 未満であるか否かを基準に判断できる。

【0014】

本明細書において「遅相軸」とは、面内において屈折率が最大となる方向を意味する。

【0015】

本明細書において逆波長分散性とは長波長になるほど面内レターションの絶対値が大きくなる性質を意味し、具体的には、波長450nmで測定した面内レターション値である $R_e(450)$ と、波長550nmで測定した面内レターション値であるR

10

20

30

40

50

$e(550)$ と、波長 650nm で測定した面内レターションの値である $Re(650)$ とが $Re(450) = Re(550) = Re(650)$ の関係を満たすことを意味する。

【0016】

[画像表示ユニット]

本発明の画像表示ユニットは、
 画像表示装置と、
 画像表示装置から出射された光を回折する偏光回折素子と、
 偏光回折素子で回折された偏光を透過し、偏光回折素子で回折されなかった光を吸収する偏光板と、を有し、
 偏光回折素子が、レンズ機能を有する偏光回折レンズであって、
 偏光回折レンズの焦点距離を f とし、画像表示装置と偏光回折レンズとの間の距離を d とすると、

$d < f$ を満たす画像表示ユニットである。

【0017】

図1は、本発明の画像表示ユニットの一例を概念的に表す図である。図2は、図1に示す画像表示ユニットの一部(破線で囲む部位)を拡大する図であり、画像表示ユニットの作用を説明するための図である。

【0018】

図1および図2に示す画像表示ユニット10は、画像表示装置52と、第1の円偏光板16と、偏光回折素子20と、第2の円偏光板26と、を有する。第1の円偏光板16は、第1の直線偏光板12と、第1の位相差板14とを有する。また、第2の円偏光板26は、第2の直線偏光板24と、第2の位相差板22とを有する。第2の円偏光板26は、本発明における偏光板である。

【0019】

図1に示す例では、画像表示装置52は画像として無偏光の光を出射するものである。また、第1の円偏光板16は、所定の旋回方向の円偏光を透過し、他方の円偏光を遮蔽するものである。図1に示す例では、第1の円偏光板16は、第1の直線偏光板12によって、入射する光のうち所定の直線偏光成分を透過し、第1の位相差板14によって、第1の直線偏光板12を透過した直線偏光を円偏光に変換することで、所定の旋回方向の円偏光を透過する。また、偏光回折素子20は、第1の円偏光板16を透過した円偏光を回折するものである。その際、偏光回折素子20は、円偏光を変換する際に、逆の旋回方向の円偏光に変換する。また、偏光回折素子20は、円偏光を回折することで光を集光するレンズ機能を有する偏光回折レンズである。第2の円偏光板26は、偏光回折素子20で回折された光を透過し、回折されなかった光を吸収するものである。図1に示す例では、第2の円偏光板26は、第2の位相差板22によって、偏光回折素子20で回折された円偏光を直線偏光に変換し、第2の直線偏光板24によって、第2の位相差板22で変換された直線偏光を透過し、他の直線偏光成分を吸収することで、偏光回折素子20で回折された偏光を透過し、回折されなかった光を吸収する。

【0020】

また、図3に示すように、偏光回折素子(偏光回折レンズ)20の焦点距離を f とし、画像表示装置52と偏光回折素子20との距離を d とすると、偏光回折素子20と画像表示装置52とは、 $d < f$ を満たすように配置される。

【0021】

画像表示ユニット10において、画像表示装置52が光(画像)を出射すると、光は、第1の円偏光板16、偏光回折素子20、および、第2の円偏光板26を通過して、使用者Uに向けて出射される。その際、画像表示装置52から出射された光は、偏光回折素子20によって、使用者Uの眼の位置に集光される。図3に示すように、偏光回折素子20と画像表示装置52との距離 d が、偏光回折素子20の焦点距離 f 以下であると、画像表示ユニット10は、使用者Uに画像を遠方の虚像VIとして視認させる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

以下、図 2 を用いて、各部材の作用を具体的に説明する。図 2 に示すように、画像表示装置 5 2 から出射された無偏光は、第 1 の直線偏光板 1 2 によって、所定の直線偏光成分のみが透過される。一例として、図 2 に示す例では、第 1 の直線偏光板 1 2 は、図 2 の紙面に垂直な直線偏光成分を透過する。第 1 の直線偏光板 1 2 を透過した直線偏光は、第 1 の位相差板 1 4 に入射して右円偏光に変換される。第 1 の位相差板 1 4 によって変換された右円偏光は、偏光回折素子 2 0 に入射し、回折される。また、回折される際に右円偏光は左円偏光に変換される。偏光回折素子 2 0 に回折された左円偏光は、第 2 の位相差板 2 2 によって図中上下方向の直線偏光に変換される。第 2 の位相差板 2 2 によって変換された直線偏光は、第 2 の直線偏光板 2 4 を透過して出射される。

10

【 0 0 2 3 】

ここで、偏光回折素子 2 0 による回折効率を 1 0 0 % とすることは難しいため、図 2 に破線の矢印で示すように、偏光回折素子 2 0 に入射した右円偏光の一部は回折されずに、偏光回折素子 2 0 を透過する。第 2 の円偏光板 2 6 がいない場合には、偏光回折素子 2 0 に回折されなかった右円偏光は、画像表示ユニット 1 0 から出射され使用者 U に視認される。この右円偏光による画像は、集光されていないため実像として視認される。そのため、使用者 U には虚像に実像が重畳されて視認されるため、表示されるべき虚像の画質が低下してしまう。

【 0 0 2 4 】

これに対して、本発明の画像表示ユニット 1 0 は、第 2 の円偏光板 2 6 を有する。この場合、図 2 に示すように、偏光回折素子 2 0 に回折されなかった右円偏光（すなわち、0 次光）は、第 2 の円偏光板 2 6 の第 2 の位相差板 2 2 に入射して図 2 の紙面に垂直な方向の直線偏光に変換され、第 2 の直線偏光板 2 4 に入射して吸収される。すなわち、偏光回折素子 2 0 に回折されなかった右円偏光は、第 2 の円偏光板 2 6 によって吸収される。従って、使用者 U には、左円偏光による虚像のみが視認され、回折されなかった右円偏光は視認されない。そのため、画像表示ユニット 1 0 が表示する虚像の画質が低下することを抑制できる。

20

【 0 0 2 5 】

また、前述のとおり、フレネルレンズを用いる画像表示ユニットでは、焦点距離を短くすると、フレネルレンズの溝構造に起因する散乱が生じたり、溝構造に起因する光のスジが視認されるという問題がある。

30

これに対して、本発明の画像表示ユニット 1 0 は、レンズとして偏光を回折する偏光回折素子 2 0 を用いる。そのため、偏光回折素子 2 0 は、溝構造などを有さないため、溝構造に起因する散乱および光のスジ等は生じず、これによる画質低下も生じない。

【 0 0 2 6 】

また、前述のとおり、ハーフミラーおよび反射偏光子を用いて、ハーフミラーと反射偏光子との間で光を往復させて光路長を長くする画像表示ユニットでは、ハーフミラーが入射した光の約 5 0 % を透過し、さらに、ハーフミラーを透過し反射偏光子が反射した光の約 5 0 % をハーフミラーが反射して、この光が画像表示ユニットから出射される。そのため、画像表示ユニットとしては、画像表示装置が出射した画像の光量に対する光の利用効率が約 2 5 % と低くなってしまいう問題があった。

40

これに対して、本発明の画像表示ユニット 1 0 は、レンズとして偏光を回折する偏光回折素子 2 0 を用いる。そのため、画像表示装置 5 2 が出射した画像の光量に対する光の利用効率をより高くすることができる。

【 0 0 2 7 】

ここで、図 1 に示す例では、画像表示装置 5 2 が無偏光を出射するものとし、画像表示装置 5 2 と偏光回折素子 2 0 との間に第 1 の円偏光板 1 6 を有する構成としたがこれに限定はされない。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、本発明の画像表示ユニットの他の一例を概念的に示す部分拡大図である。

50

図3に示す画像表示ユニット10bは、画像表示装置52bと、第1の位相差板14と、偏光回折素子20と、第2の円偏光板26と、を有する。第2の円偏光板26は、第2の直線偏光板24と、第2の位相差板22とを有する。第2の円偏光板26は、本発明における偏光板である。

【0029】

図3に示す例では、画像表示装置52bは画像として直線偏光の光を出射するものである。また、第1の位相差板14は、画像表示装置52bが出射した直線偏光を円偏光に変換するものである。偏光回折素子20および第2の円偏光板26は、図1に示す画像表示ユニット10の偏光回折素子20および第2の円偏光板26と同様の構成を有する。また、偏光回折素子20と画像表示装置52とは、 $d < f$ を満たすように配置される。

10

【0030】

画像表示ユニット10bにおいて、画像表示装置52bが直線偏光(画像)を出射すると、光は、第1の位相差板14、偏光回折素子20、および、第2の円偏光板26を通過して、使用者Uに向けて出射される。その際、画像表示装置52bから出射された光は、偏光回折素子20によって、使用者Uの眼の位置に集光される。偏光回折素子20と画像表示装置52bとの距離 d が、偏光回折素子20の焦点距離 f 以下であるため、画像表示ユニット10bは、使用者Uに画像を遠方の虚像として視認させる。

【0031】

一例として、図3に示す例では、画像表示装置52bは、図3の紙面に垂直な方向の直線偏光を出射するものとする。画像表示装置52bから出射された直線偏光は、第1の位相差板14に入射して右円偏光に変換される。第1の位相差板14によって変換された右円偏光は、偏光回折素子20に入射し、回折される。また、回折される際に右円偏光は左円偏光に変換される。偏光回折素子20に回折された左円偏光は、第2の位相差板22によって図中上下方向の直線偏光に変換される。第2の位相差板22によって変換された直線偏光は、第2の直線偏光板24を透過して出射される。

20

【0032】

また、偏光回折素子20に回折されなかった右円偏光(すなわち、0次光)は、第2の円偏光板26の第2の位相差板22に入射して図4の紙面に垂直な方向の直線偏光に変換され、第2の直線偏光板24に入射して吸収される。すなわち、偏光回折素子20に回折されなかった右円偏光は、第2の円偏光板26によって吸収される。従って、使用者Uには、左円偏光による虚像のみが視認され、回折されなかった右円偏光は視認されない。そのため、画像表示ユニット10が表示する虚像の画質が低下することを抑制できる。

30

【0033】

ここで、図2および図4に示す例では、偏光回折素子20は、円偏光を回折するものとしたがこれに限定はされない。例えば、偏光回折素子は、直線偏光を回折する偏光回折レンズであってもよい。偏光回折素子が直線偏光を回折する偏光回折レンズである場合には、第2の円偏光板26に代えて、偏光回折素子が回折した直線偏光を透過し、偏光回折素子が回折しなかった直線偏光を吸収する直線偏光板を配置すればよい。このような構成において、この直線偏光板は、本発明における偏光板に相当する。

【0034】

また、偏光回折素子が直線偏光を回折する偏光回折レンズである場合には、画像表示装置が無偏光を出射するものであれば、画像表示装置と偏光回折素子との間には直線偏光板を配置すればよく、画像表示装置が直線偏光を出射するものであれば、画像表示装置と偏光回折素子との間には直線偏光板および位相差板等を配置しなくてよい。

40

【0035】

また、図2および図4に示す例において、第1の位相差板14は、入射する直線偏光を円偏光に変換する観点から、 $\lambda/4$ 板であることが好ましい。画像表示装置は、基本的に可視光の光を出射するものであるため、第1の位相差板14は、可視光域の波長に対して $\lambda/4$ 板となるものであればよい。また、第1の位相差板14に入射する光が楕円偏光である場合等には、第1の位相差板14としては、入射した光を円偏光に変換する位相差を

50

有するものであればよい。

【0036】

また、図2および図4に示す例において、第2の位相差板22は、入射する円偏光を直線偏光に変換する観点から、 $\lambda/4$ 板であることが好ましい。第2の位相差板22は、可視光域の波長に対して $\lambda/4$ 板となるものであればよい。

【0037】

また、画像表示ユニットの薄型化、視野角等の観点から、偏光回折素子(偏光回折レンズ)の焦点距離 f は40mm未満であることが好ましく、1mm以上30mm以下であるのがより好ましく、3mm以上15mm以下であるのがさらに好ましい。

【0038】

また、虚像を表示する観点等からは、画像表示システムと偏光回折素子との距離 d は、偏光回折素子の焦点距離 f 以下であればよく、虚像を遠方に表示する観点等から、距離 d と、焦点距離 f との比 d/f は、 $0.8 \sim 1$ の範囲であるのが好ましく、 $0.9 \sim 1$ の範囲であるのがより好ましく、 $0.95 \sim 1$ の範囲であるのがさらに好ましい。

【0039】

以下、画像表示システムが有する部材について説明する。

【0040】

<画像表示装置>

画像表示装置は、画像表示システムが表示する画像(静止画または動画)を照射するものである。

画像表示装置には、制限はなく、例えば、ヘッドマウントディスプレイ等に用いられる公知のディスプレイが、各種、利用可能である。

ディスプレイとしては、一例として、液晶ディスプレイ(LCOS: Liquid Crystal On Siliconなどを含む)、有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ、および、DLP(Digital Light Processing)、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)ミラーを用いたスキャニング方式ディスプレイ等が例示される。

【0041】

なお、画像表示装置は、単色画像を表示するディスプレイであってもよいし、多色画像を表示するディスプレイであってもよい。

【0042】

前述のとおり、本発明の画像表示ユニットにおいては、画像表示装置が照射する光は、無偏光でも直線偏光でもよい。

【0043】

<偏光板>

第1および第2の直線偏光板は、一方の偏光方向の直線偏光を透過し、他方の偏光方向の直線偏光を吸収する機能を有する直線偏光板であれば特に限定されず、従来公知の直線偏光板を利用することができる。直線偏光板は、吸収型の直線偏光板であっても反射型の直線偏光板であってもよい。

【0044】

吸収型直線偏光板としては、吸収型偏光子であるヨウ素系偏光子、二色性染料を利用した染料系偏光子、およびポリエーテル系偏光子などが用いられる。ヨウ素系偏光子および染料系偏光子には、塗布型偏光子と延伸型偏光子があり、いずれも適用できる。なかでも、ポリビニルアルコールにヨウ素または二色性染料を吸着させ、延伸して作製される偏光子が好ましい。

また、基材上にポリビニルアルコール層を形成した積層フィルムの状態で延伸および染色を施すことで偏光子を得る方法として、特許第5048120号公報、特許第5143918号公報、特許第4691205号公報、特許第4751481号公報、および、特許第4751486号公報を挙げることができ、これらの偏光子に関する公知の技術も好ましく利用することができる。

吸収型偏光子としては、延伸を行わず、液晶の配向性を利用して二色性色素を配向させ

10

20

30

40

50

た偏光子は特に好ましい。前記偏光子は、厚みが $0.1\ \mu\text{m} \sim 5\ \mu\text{m}$ 程度と非常に薄層化できること、特開2019-194685号公報に記載されているように折り曲げた時のクラックが入りにくいことや熱変形が小さいこと、特許6483486号公報に記載されるように50%を超えるような透過率の高い偏光板でも耐久性に優れること、また加熱成形性に優れる等、多くの長所を有する。

これらの長所を生かして、高輝度や小型軽量が求められる用途、微細な光学系用途、曲面を有する部位への成形用途、フレキシブルな部位への用途が可能である。また、支持体を剥離して偏光子を転写して使用することも可能である。

ヘッドアップディスプレイ等の車載ディスプレイ光学系、AR眼鏡、VR眼鏡等の光学系やLiDAR、顔認証システム、偏光イメージング等の光学センサなどで迷光抑止の目的で吸収型偏光子を組み込むことも好ましい。

10

【0045】

反射型の直線偏光板としては、特開2011-053705に記載されているような、2種のポリマーを含む層を延伸したフィルムや、ワイヤーグリッド偏光子等を用いることができる。輝度の観点から、ポリマーを含む層を延伸したフィルムが好ましい。市販品としては、3M社製の反射型偏光子(商品名APF)や、旭化成株式会社製のワイヤグリッド偏光子(商品名WGF)等を、好適に用いることができる。あるいは、コレステリック液晶膜と / 4板を組み合わせた反射型直線偏光板を用いても良い。

【0046】

本発明に用いる偏光板は、表面が平滑であることが好ましい。特に、偏光板をレンズ等に適用する場合は、レンズの像拡大の効果によって、僅かな表面凹凸が像の歪みに繋がるため、表面に凹凸がないことが望まれる。具体的には、表面の平均算術粗さRaが50nm以下であることが好ましく、30nm以下であることがさらに好ましく、10nm以下がさらには好ましく、5nm以下であることが最も好ましい。また、偏光板の表面上において、1平方ミリメートルの範囲内における表面凹凸の高低差が、100nm以下であることが好ましく、50nm以下であることがさらに好ましく、20nm以下であることが最も好ましい。

20

表面の凹凸および平均算術粗さは、粗さ計や干渉計を用いて測定することができる。たとえば、株式会社菱化システム製の干渉計「vertscan」を用いて測定することができる。

30

【0047】

(位相差板)

第1および第2の位相差板は、入射した偏光の位相を変換する位相差板である。位相差板は、入射する偏光を直線偏光に近くなるように変換するか、円偏光に近くなるように変換するかに応じて、遅相軸の方向を調整して配置される。具体的には、位相差板は、隣接して配置される直線偏光板の透過軸に対して、遅相軸が $+45^\circ$ または -45° となるように配置すればよい。

【0048】

本発明に用いる位相差板は、光学異方性層1層で構成された単層型でもよいし、それぞれ複数の異なる遅相軸を持つ2層以上の光学異方性層の積層によって構成された複層型もよい。複層型の位相差板の例として、WO13/137464号公報、WO2016/158300号公報、特開2014-209219号公報、特開2014-209220号公報、WO14/157079号公報、特開2019-215416号公報、WO2019/160044号公報が挙げられるが、これに限定されない。

40

【0049】

直線偏光を円偏光に変換し、または、円偏光を直線偏光に変換する観点から、位相差板は、 / 4板であることが好ましい。

【0050】

/ 4板には制限はなく、公知の / 4機能を有する板が、各種、利用可能である。 / 4板の具体例としては、例えば米国特許出願公開2015/0277006号に記載の

50

ものなどが挙げられる。

【0051】

例えば、 n_1 / 4板が単層構造である態様としては、具体的には、延伸ポリマーフィルム、および、支持体上に n_2 / 4機能を有する光学異方性層を設けた位相差フィルム等が挙げられる。また、 n_1 / 4板が複層構造である態様としては、具体的には、 n_1 / 4板と n_2 / 2波長板とを積層してなる広帯域 n_1 / 4板が挙げられる。

【0052】

n_1 / 4板の厚さは特に制限はないが、 $1 \sim 500 \mu\text{m}$ が好ましく、 $1 \sim 50 \mu\text{m}$ がより好ましく、 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ がさらに好ましい。

【0053】

本発明に用いられる位相差板は、逆波長分散性を有することが好ましい。逆波長分散性を有することで、位相差板における位相変化が理想的になり、直線偏光と円偏光との間の変換が理想的になる。

【0054】

< 偏光回折素子 >

偏光回折素子は、偏光を回折し、回折した偏光を集光するレンズ機能を有する偏光回折レンズである。前述のとおり、偏光回折素子は、直線偏光を回折するものであってもよいし、円偏光を回折するものであってもよい。

【0055】

直線偏光を回折する偏光回折素子としては、体積ホログラム型回折素子等が挙げられる。また、偏光回折素子は、その回折構造が回折した偏光を集光する構成とするため、例えば、偏光回折素子の中心から外側に向かうにしたがって回折角度が大きくなるように構成される。

【0056】

(液晶回折素子)

円偏光を回折する偏光回折素子としては、液晶回折素子が挙げられる。

【0057】

一例として、図5に液晶回折素子を用いた正レンズの概念図を示す。図5は、液晶回折素子が有する液晶層を概念的に示す平面図である。

液晶回折素子は、液晶化合物を含む組成物を用いて形成された、液晶化合物由来の光学軸が回転する所定の液晶配向パターンを有する液晶層を有するものである。図5に示す例は、液晶層36の液晶配向パターンが、液晶化合物40の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化する一方向を、内側から外側に向かう同心円状に有する、同心円状のパターンである。同心円状のパターンとは、光学軸が同じ方向を向いた液晶化合物を結んだ線が円形であり、円形の線分が同心円状となるパターンである。言い換えれば、図5に示す液晶層36の液晶配向パターンは、液晶化合物40の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化する一方向が、液晶層36の中心から放射状に設けられた液晶配向パターンである。

【0058】

図5に示す液晶層36において、液晶化合物40の光学軸(図示省略)は、液晶化合物40の長手方向である。

液晶層36では、液晶化合物40の光学軸の向きは、液晶層36の中心から外側に向かう多数の方向、例えば、矢印A₁で示す方向、矢印A₂で示す方向、矢印A₃で示す方向...に沿って、連続的に回転しながら変化している。矢印A₁、矢印A₂で、および、矢印A₃は、後述する配列軸である。

【0059】

また、液晶回折素子が有する液晶層36は、液晶配向パターンの1周期 L が、面内において異なる領域を有している。ここで、液晶配向パターンの1周期 L とは、液晶配向パターンの、面内で光学軸の向きが連続的に回転して変化する一方向において、液晶化合物40の光学軸が180°回転する長さ(距離)である。

具体的には、図5に示す例では、液晶化合物40の光学軸の向きが連続的に回転しなが

10

20

30

40

50

ら変化する各方向において、中心から外側に向かうにしたがって、1周期が漸次、短くなる構成を有する。

【0060】

後に詳述するが、液晶回折素子による回折角度は、液晶配向パターンの1周期に依存し、1周期が短いほど回折角度が大きくなる。

【0061】

液晶層36が、液晶配向パターンが、液晶化合物40の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化する一方向を、液晶層36の中心から放射状に設けられ、各方向において、中心から外側に向かうにしたがって、液晶配向パターンの1周期が漸次、短くなる構成を有すると、この液晶配向パターンを有する液晶層36に入射した円偏光は、液晶化合物40の光学軸の向きが異なる個々の局所的な領域において、それぞれ、絶対位相が変化する。この際に、それぞれの絶対位相の変化量は、円偏光が入射した液晶化合物40の光学軸の向きに応じて異なる。また、それぞれの回折角度は、円偏光が入射した領域における1周期に応じて異なる。同心円状の液晶配向パターン、すなわち、放射状に光学軸が連続的に回転して変化する液晶配向パターンを有する液晶層36は、液晶化合物40の光学軸の回転方向および入射する円偏光の方向に応じて、入射光を、集束光として透過できる。

10

すなわち、液晶層の液晶配向パターンを同心円状とすることにより、液晶回折素子は、例えば、凸レンズとして機能を発現する。

【0062】

以下、液晶回折素子の液晶層についてより詳細に説明する。

20

図6は、液晶層36の、液晶化合物40の光学軸40Aの向きが連続的に回転しながら変化する一方向に沿った断面を局所的に見た概念図である。図7は、図6の平面図である。

【0063】

図6に示す液晶回折素子は、支持体30、配向膜32および液晶層（以下、光学異方性層ともいう）36、を有する。

前述のとおり、液晶回折素子は、液晶化合物を含む組成物を用いて形成された、液晶化合物由来の光学軸が回転する所定の液晶配向パターンを有する液晶層を有するものである。また、後述するように、液晶層は、液晶配向パターンの1周期が、面内において異なる領域を有している。

【0064】

30

また、図6に示す液晶回折素子は、支持体30を有しているが、支持体30を設けなくてもよい。

例えば、本発明の光学素子は、上記構成から、支持体30を剥離して、配向膜および液晶層のみで、または、配向膜も剥離して、液晶層のみで、本発明の光学素子を構成してもよい。

【0065】

すなわち、液晶回折素子は、液晶層が、液晶化合物由来の光学軸の向きが一方向に向かって回転する液晶配向パターンを有するものであれば、各種の層構成が利用可能である。

【0066】

<<支持体>>

40

液晶回折素子において、支持体30は、配向膜32、ならびに、液晶層36を支持するものである。

【0067】

支持体30は、配向膜および液晶層を支持できるものであれば、各種のシート状物（フィルム、板状物）が利用可能である。

支持体30としては、透明支持体が好ましく、ポリメチルメタクリレート等のポリアクリル系樹脂フィルム、セルローストリアセテート等のセルロース系樹脂フィルム、シクロオレフィンポリマー系フィルム（例えば、商品名「アートン」、J S R社製、商品名「ゼオノア」、日本ゼオン社製）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリカーボネート、および、ポリ塩化ビニル等を挙げることができる。支持体は、可撓性のフィルムに限

50

らず、ガラス基板等の非可撓性の基板であってもよい。

また、支持体30は、多層のものであってもよく、多層の支持体としては、上述した支持体のいずれかなどを基板として含み、この基板の表面に他の層を設けたもの等が例示される。

【0068】

支持体30の厚さには、制限はなく、液晶回折素子の用途および支持体30の形成材料等に応じて、配向膜および液晶層を保持できる厚さを、適宜、設定すればよい。

支持体30の厚さは、1～1000μmが好ましく、3～500μmがより好ましく、5～250μmがさらに好ましい。

【0069】

<<配向膜>>

液晶回折素子において、支持体30の表面には配向膜32が形成される。

配向膜32は、液晶回折素子の液晶層36を形成する際に、液晶化合物40を所定の液晶配向パターンに配向するための配向膜である。

【0070】

後述するが、液晶回折素子において、液晶層は、液晶化合物40に由来する光学軸40A（図7参照）の向きが、面内の一方向（後述する配列軸D方向）に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する。従って、液晶回折素子の配向膜は、液晶層が、この液晶配向パターンを形成できるように、形成される。

また、液晶配向パターンにおける、光学軸40Aの向きが連続的に回転しながら変化する一方向において、光学軸40Aの向きが180°回転する長さを1周期（光学軸の回転周期）とする。

【0071】

以下の説明では、『光学軸40Aの向きが回転』を単に『光学軸40Aが回転』とも言う。

【0072】

配向膜は、公知の各種のものが利用可能である。

例えば、ポリマーなどの有機化合物からなるラビング処理膜、無機化合物の斜方蒸着膜、マイクログループを有する膜、ならびに、トリコサン酸、ジオクタデシルメチルアンモニウムクロライドおよびステアリル酸メチルなどの有機化合物のラングミュア・プロジェクト法によるLB（Langmuir-Blodgett：ラングミュア・プロジェクト）膜を累積させた膜、等が例示される。

【0073】

ラビング処理による配向膜は、ポリマー層の表面を紙または布で一定方向に数回こすることにより形成できる。配向膜に使用する材料としては、ポリイミド、ポリビニルアルコール、特開平9-152509号公報に記載された重合性基を有するポリマー、特開2005-97377号公報、特開2005-99228号公報、および、特開2005-128503号公報記載の配向膜等の形成に用いられる材料が好ましく例示される。

【0074】

液晶回折素子においては、配向膜は、光配向性の素材に偏光または非偏光を照射して配向膜とした、いわゆる光配向膜が好適に利用される。すなわち、液晶回折素子においては、配向膜として、支持体30上に、光配向材料を塗布して形成した光配向膜が、好適に利用される。

偏光の照射は、光配向膜に対して、垂直方向または斜め方向から行うことができ、非偏光の照射は、光配向膜に対して、斜め方向から行うことができる。

【0075】

本発明に利用可能な光配向膜に用いられる光配向材料としては、例えば、特開2006-285197号公報、特開2007-76839号公報、特開2007-138138号公報、特開2007-94071号公報、特開2007-121721号公報、特開2007-140465号公報、特開2007-156439号公報、特開2007-13

10

20

30

40

50

3184号公報、特開2009-109831号公報、特許第3883848号公報および特許第4151746号公報に記載のアゾ化合物、特開2002-229039号公報に記載の芳香族エステル化合物、特開2002-265541号公報および特開2002-317013号公報に記載の光配向性単位を有するマレイミドおよび/またはアルケニル置換ナジミド化合物、特許第4205195号および特許第4205198号に記載の光架橋性シラン誘導体、特表2003-520878号公報、特表2004-529220号公報および特許第4162850号に記載の光架橋性ポリイミド、光架橋性ポリアミドおよび光架橋性エステル、ならびに、特開平9-118717号公報、特表平10-506420号公報、特表2003-505561号公報、国際公開第2010/150748号、特開2013-177561号公報および特開2014-12823号公報に記載の光二量化可能な化合物、特にシンナメート化合物、カルコン化合物およびクマリン化合物等が、好ましい例として例示される。

10

中でも、アゾ化合物、光架橋性ポリイミド、光架橋性ポリアミド、光架橋性エステル、シンナメート化合物、および、カルコン化合物は、好適に利用される。

【0076】

配向膜の厚さには制限はなく、配向膜の形成材料に応じて、必要な配向機能を得られる厚さを、適宜、設定すればよい。

配向膜の厚さは、0.01~5 μmが好ましく、0.05~2 μmがより好ましい。

【0077】

配向膜の形成方法には、制限はなく、配向膜の形成材料に応じた公知の方法が、各種、利用可能である。一例として、配向膜を支持体30の表面に塗布して乾燥させた後、配向膜をレーザー光によって露光して、配向パターンを形成する方法が例示される。

20

【0078】

図8に、配向膜に、同心円状の配向パターンを形成する露光装置の一例を概念的に示す。

露光装置80は、レーザー82を備えた光源84と、レーザー82からのレーザー光MをS偏光MSとP偏光MPとに分割する偏光ビームスプリッター86と、P偏光MPの光路に配置されたミラー90AおよびS偏光MSの光路に配置されたミラー90Bと、S偏光MSの光路に配置されたレンズ92と、偏光ビームスプリッター94と、/4板96とを有する。

【0079】

30

偏光ビームスプリッター86で分割されたP偏光MPは、ミラー90Aによって反射されて、偏光ビームスプリッター94に入射する。他方、偏光ビームスプリッター86で分割されたS偏光MSは、ミラー90Bによって反射され、レンズ92によって集光されて偏光ビームスプリッター94に入射する。

P偏光MPおよびS偏光MSは、偏光ビームスプリッター94で合波されて、/4板96によって偏光方向に応じた右円偏光および左円偏光となって、支持体30の上の配向膜32に入射する。

ここで、右円偏光と左円偏光の干渉により、配向膜に照射される光の偏光状態が干渉縞状に周期的に変化するものとなる。同心円の内側から外側に向かうにしたがい、左円偏光と右円偏光の交差角が変化するため、内側から外側に向かってピッチが変化する露光パターンが得られる。これにより、配向膜において、配向状態が周期的に変化する同心円状の配向パターンが得られる。

40

【0080】

この露光装置80において、液晶化合物40の光学軸が一方向に沿って連続的に180°回転する液晶配向パターンの1周期は、レンズ92の屈折力(レンズ92のFナンバー)レンズ92の焦点距離、および、レンズ92と配向膜32との距離等を変化させることで、制御できる。

また、レンズ92の屈折力(レンズ92のFナンバー)を調節することによって、光学軸が連続的に回転する一方向において、液晶配向パターンの1周期の長さを変更できる。

具体的には、平行光と干渉させる、レンズ92で広げる光の広がり角によって、光学軸

50

が連続的に回転する一方向において、液晶配向パターンの1周期の長さを変えることができる。より具体的には、レンズ92の屈折力を弱くすると、平行光に近づくため、液晶配向パターンの1周期の長さは、内側から外側に向かって緩やかに短くなり、Fナンバーは大きくなる。逆に、レンズ92の屈折力を強めると、液晶配向パターンの1周期の長さは、内側から外側に向かって急に短くなり、Fナンバーは小さくなる。

【0081】

上述のとおり、露光されパターンを形成された配向膜（以下、パターン配向膜ともいう）は、パターン配向膜の上に形成される液晶層中の液晶化合物の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンとなるように、液晶化合物を配向させる配向パターンを有する。パターン配向膜が、液晶化合物を配向させる向きに沿った軸を配向軸とすると、パターン配向膜は、配向軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している配向パターンを有するといえる。パターン配向膜の配向軸は、吸収異方性を測定することで検出することができる。例えば、パターン配向膜に直線偏光を回転させながら照射して、パターン配向膜を透過する光の光量を測定した際に、光量が最大または最小となる向きが、面内の一方向に沿って漸次変化して観測される。

10

【0082】

なお、液晶回折素子において、配向膜は、好ましい態様として設けられるものであり、必須の構成要件ではない。

例えば、支持体30をラビング処理する方法、支持体30をレーザー光等で加工する方法等によって、支持体30に配向パターンを形成することにより、液晶層36等が、液晶化合物40に由来する光学軸40Aの向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する構成とすることも、可能である。

20

【0083】

<<液晶層>>

液晶回折素子において、配向膜32の表面には、液晶層36が形成される。

なお、後述する図9および図10においては、図面を簡略化して液晶回折素子の構成を明確に示すために、液晶層36は、配向膜の表面の液晶化合物40（液晶化合物分子）のみを示している。しかしながら、液晶層36は、図6に液晶層36を例示して概念的に示すように、通常液晶化合物を含む組成物を用いて形成された液晶層と同様に、配向された液晶化合物40が厚さ方向に積み重ねられた構造を有する。

30

【0084】

前述のように、液晶回折素子において、液晶層36は、液晶化合物を含む組成物を用いて形成されたものである。

液晶層は、面内レタレーションの値を $\lambda/2$ に設定した場合に、一般的な $\lambda/2$ 板としての機能、すなわち、液晶層に入射した光に含まれる互いに直交する2つの直線偏光成分に半波長すなわち 180° の位相差を与える機能を有している。

ここで、液晶層は、面方向において液晶化合物が回転して配向されているため、入射した円偏光を光学軸の向きが連続的に回転している向きに屈折（回折）させて透過する。その際、入射する円偏光の巡回方向に応じて回折する方向が異なる。

40

すなわち、液晶層は、円偏光を透過し、かつ、この透過光を回折する。

また、液晶層は、透過した円偏光の巡回方向を逆方向に変化させる。

【0085】

液晶層は、液晶層の面内において、液晶化合物に由来する光学軸の向きが、配列軸Dで示す一方向に連続的に回転しながら変化する液晶配向パターンを有する。

なお、液晶化合物40に由来する光学軸40Aとは、液晶化合物40において屈折率が最も高くなる軸、いわゆる遅相軸である。例えば、液晶化合物40が棒状液晶化合物である場合には、光学軸40Aは、棒形状の長軸方向に沿っている。

以下の説明では、『配列軸Dで示す一方向』を単に『配列軸D方向』とも言う。また、以下の説明では、液晶化合物40に由来する光学軸40Aを、『液晶化合物40の光学軸

50

40A』または『光学軸40A』とも言う。

液晶層において、液晶化合物40は、それぞれ、液晶層において、配列軸D方向と、この配列軸D方向と直交するY方向とに平行な面内に二次元的に配向している。なお、図6、後述する図9～図13では、Y方向は、紙面に垂直な方向となる。

【0086】

図7に、液晶層36の平面図を概念的に示す。

なお、平面図とは、図6において、液晶回折素子を上方から見た図であり、すなわち、液晶回折素子を厚さ方向(=各層(膜)の積層方向)から見た図である。言い換えれば、液晶層36を主面と直交する方向から見た図である。

また、図7では、液晶回折素子の構成を明確に示すために、液晶化合物40は配向膜32の表面の液晶化合物40のみを示している。しかしながら、液晶層36は、厚さ方向には、図6に示されるように、この配向膜32の表面の液晶化合物40から、液晶化合物40が積み重ねられた構造を有するのは、前述のとおりである。

10

【0087】

なお、図6および図7では、液晶層36の面内の一部を代表例として説明するが、液晶層の各領域においては、液晶配向パターンの1周期の長さ(1周期)が異なる以外は、基本的に、同様の構成および作用効果を有する。

【0088】

液晶層36は、液晶層36の面内において、液晶化合物40に由来する光学軸40Aの向きが、配列軸D方向に沿って連続的に回転しながら変化する液晶配向パターンを有する。

20

液晶化合物40の光学軸40Aの向きが配列軸D方向(所定の一方向)に連続的に回転しながら変化しているとは、具体的には、配列軸D方向に沿って配列されている液晶化合物40の光学軸40Aと、配列軸D方向とが成す角度が、配列軸D方向の位置によって異なっており、配列軸D方向に沿って、光学軸40Aと配列軸D方向とが成す角度が から +180°あるいは -180°まで、順次、変化していることを意味する。

なお、配列軸D方向に互いに隣接する液晶化合物40の光学軸40Aの角度の差は、45°以下であるのが好ましく、15°以下であるのがより好ましく、より小さい角度であるのがさらに好ましい。

【0089】

一方、液晶層36を形成する液晶化合物40は、配列軸D方向と直交するY方向、すなわち光学軸40Aが連続的に回転する一方向と直交するY方向では、光学軸40Aの向きが等しい液晶化合物40が等間隔で配列されている。

30

言い換えれば、液晶層36を形成する液晶化合物40において、Y方向に配列される液晶化合物40同士では、光学軸40Aの向きと配列軸D方向とが成す角度が等しい。

【0090】

液晶回折素子においては、このような液晶化合物40の液晶配向パターンにおいて、面内で光学軸40Aの向きが連続的に回転して変化する配列軸D方向において、液晶化合物40の光学軸40Aが180°回転する長さ(距離)を、液晶配向パターンにおける1周期の長さとする。言い換えれば、液晶配向パターンにおける1周期の長さは、液晶化合物40の光学軸40Aと配列軸D方向とのなす角度が から +180°となるまでの距離により定義される。

40

すなわち、配列軸D方向に対する角度が等しい2つの液晶化合物40の、配列軸D方向の中心間の距離を、1周期の長さとする。具体的には、図7に示すように、配列軸D方向と光学軸40Aの方向とが一致する2つの液晶化合物40の、配列軸D方向の中心間の距離を、1周期の長さとする。以下の説明では、この1周期の長さを『1周期』とも言う。

液晶回折素子において、液晶層の液晶配向パターンは、この1周期を、配列軸D方向すなわち光学軸40Aの向きが連続的に回転して変化する一方向に繰り返す。

【0091】

前述のように液晶層において、Y方向に配列される液晶化合物は、光学軸40Aと配列

50

軸 D 方向（液晶化合物 40 の光学軸の向きが回転する 1 方向）とが成す角度が等しい。この光学軸 40 A と配列軸 D 方向とが成す角度が等しい液晶化合物 40 が、Y 方向に配置された領域を、領域 R とする。

この場合に、それぞれの領域 R における面内レタレーション (Re) の値は、半波長すなわち $\lambda/2$ であるのが好ましい。これらの面内レタレーションは、領域 R の屈折率異方性に伴う屈折率差 n と液晶層の厚さとの積により算出される。ここで、液晶層における領域 R の屈折率異方性に伴う屈折率差とは、領域 R の面内における遅相軸の方向の屈折率と、遅相軸の方向に直交する方向の屈折率との差により定義される屈折率差である。すなわち、領域 R の屈折率異方性に伴う屈折率差 n は、光学軸 40 A の方向の液晶化合物 40 の屈折率と、領域 R の面内において光学軸 40 A に垂直な方向の液晶化合物 40 の屈折率との差に等しい。つまり、上記屈折率差 n は、液晶化合物の屈折率差に等しい。

10

【0092】

このような液晶層 36 に円偏光が入射すると、光は、屈折され、かつ、円偏光の方向が変換される。

この作用を、図 9 および図 10 に概念的に示す。なお、液晶層 36 は、液晶化合物の屈折率差と液晶層 36 の厚さとの積の値が $\lambda/2$ であるとする。

図 9 に示すように、液晶層 36 の液晶化合物の屈折率差と液晶層 36 の厚さとの積の値が $\lambda/2$ の場合に、液晶層 36 に左円偏光である入射光 L_1 が入射すると、入射光 L_1 は、液晶層 36 を通過することにより 180° の位相差が与えられて、透過光 L_2 は、右円偏光に変換される。

20

また、液晶層 36 に形成された液晶配向パターンは、配列軸 D 方向に周期的なパターンであるため、透過光 L_2 は、入射光 L_1 の進行方向とは異なる方向に進行する。このように、左円偏光の入射光 L_1 は、入射方向に対して配列軸 D 方向に一定の角度だけ傾いた、右円偏光の透過光 L_2 に変換される。

【0093】

一方、図 10 に示すように、液晶層 36 の液晶化合物の屈折率差と液晶層 36 の厚さとの積の値が $\lambda/2$ のとき、液晶層 36 に右円偏光の入射光 L_4 が入射すると、入射光 L_4 は、液晶層 36 を通過することにより、 180° の位相差が与えられて、左円偏光の透過光 L_5 に変換される。

また、液晶層 36 に形成された液晶配向パターンは、配列軸 D 方向に周期的なパターンであるため、透過光 L_5 は、入射光 L_4 の進行方向とは異なる方向に進行する。このとき、透過光 L_5 は透過光 L_2 と異なる方向、つまり、入射方向に対して配列軸 D 方向とは逆の方向に進行する。このように、入射光 L_4 は、入射方向に対して配列軸 D 方向とは逆の方向に一定の角度だけ傾いた左円偏光の透過光 L_5 に変換される。

30

【0094】

液晶層 36 は、形成された液晶配向パターンの 1 周期 Λ を変化させることにより、透過光 L_2 および L_5 の屈折の角度を調節できる。具体的には、液晶層 36 は、液晶配向パターンの 1 周期 Λ が短いほど、互いに隣接した液晶化合物 40 を通過した光同士が強く干渉するため、透過光 L_2 および L_5 を大きく屈折させることができる。

また、配列軸 D 方向に沿って回転する、液晶化合物 40 の光学軸 40 A の回転方向を逆方向にすることにより、透過光の屈折の方向を、逆方向にできる。すなわち、図 9 ~ 図 10 に示す例では、配列軸 D 方向に向かう光学軸 40 A の回転方向は時計回りであるが、この回転方向を反時計回りにすることで、透過光の屈折の方向を、逆方向にできる。

40

【0095】

液晶層 36 において、複数の領域 R の面内レタレーションの値は、半波長であるのが好ましいが、波長が 550 nm である入射光に対する液晶層 36 の複数の領域 R の面内レタレーション $Re(550) = n_{550} \times d$ が下記式 (1) に規定される範囲内であるのが好ましい。ここで、 n_{550} は、入射光の波長が 550 nm である場合の、領域 R の屈折率異方性に伴う屈折率差であり、 d は、液晶層 36 の厚さである。

$$200\text{ nm} < n_{550} \times d < 350\text{ nm} \cdots (1)$$

50

すなわち、液晶層36の複数の領域Rの面内レタレーション $Re(550) = n_{550} \times d$ が式(1)を満たしていれば、液晶層36に入射した光の十分な量の円偏光成分を、配列軸D方向に対して順方向または逆方向に傾いた方向に進行する円偏光に変換することができる。面内レタレーション $Re(550) = n_{550} \times d$ は、 $225\text{ nm} < n_{550} \times d < 340\text{ nm}$ がより好ましく、 $250\text{ nm} < n_{550} \times d < 330\text{ nm}$ がさらに好ましい。

なお、上記式(1)は波長550 nmである入射光に対する範囲であるが、波長が n nmである入射光に対する液晶層の複数の領域Rの面内レタレーション $Re(\lambda) = n \times d$ は下記式(1-2)に規定される範囲内であるのが好ましく、適宜設定することができる。

$$0.7 \times (\lambda / 2) \text{ nm} < n \times d < 1.3 \times (\lambda / 2) \text{ nm} \cdots (1-2)$$

【0096】

さらに、波長が450 nmの入射光に対する液晶層36の領域Rのそれぞれの面内レタレーション $Re(450) = n_{450} \times d$ と、波長が550 nmの入射光に対する液晶層36の領域Rのそれぞれの面内レタレーション $Re(550) = n_{550} \times d$ は、下記式(2)を満たすのが好ましい。ここで、 n_{450} は、入射光の波長が450 nmである場合の、領域Rの屈折率異方性に伴う屈折率差である。

$$(n_{450} \times d) / (n_{550} \times d) < 1.0 \cdots (2)$$

式(2)は、液晶層36に含まれる液晶化合物40が逆分散性を有していることを表している。すなわち、式(2)が満たされることにより、液晶層36は、広帯域の波長の入射光に対応できる。

【0097】

液晶層は、棒状液晶化合物または円盤状液晶化合物を含む液晶組成物の硬化層からなり、棒状液晶化合物の光学軸または円盤状液晶化合物の光学軸が、上述のように配向された液晶配向パターンを有している。

支持体上に配向膜を形成し、配向膜上に液晶組成物を塗布、硬化することにより、液晶組成物の硬化層からなる液晶層を得ることができる。なお、いわゆる $\lambda/2$ 板として機能するのは液晶層であるが、本発明は、支持体および配向膜を一体的に備えた積層体が $\lambda/2$ 板として機能する態様を含む。

また、液晶層を形成するための液晶組成物は、棒状液晶化合物または円盤状液晶化合物を含有し、さらに、レベリング剤、配向制御剤、重合開始剤および配向助剤などのその他の成分を含有していてもよい。

【0098】

また、液晶層は、入射光の波長に対して広帯域であることが望ましく、複屈折率が逆分散となる液晶材料を用いて構成されていることが好ましい。また、液晶組成物に挟れ成分を付与することにより、また、異なる位相差層を積層することにより、入射光の波長に対して液晶層を実質的に広帯域にすることも好ましい。例えば、液晶層において、挟れ方向が異なる2層の液晶を積層することによって広帯域のパターン化された $\lambda/2$ 板を実現する方法が特開2014-089476号公報等に示されており、本発明において好ましく使用することができる。

【0099】

棒状液晶化合物

棒状液晶化合物としては、アゾメチン類、アゾキシ類、シアノビフェニル類、シアノフェニルエステル類、安息香酸エステル類、シクロヘキサンカルボン酸フェニルエステル類、シアノフェニルシクロヘキサン類、シアノ置換フェニルピリミジン類、アルコキシ置換フェニルピリミジン類、フェニルジオキサン類、トラン類およびアルケニルシクロヘキシルベンゾニトリル類が好ましく用いられる。以上のような低分子液晶性分子だけではなく、高分子液晶性分子も用いることができる。

【0100】

棒状液晶化合物を重合によって配向を固定することがより好ましく、重合性棒状液晶化

10

20

30

40

50

合物としては、Makromol. Chem., 190巻、2255頁(1989年)、Advanced Materials 5巻、107頁(1993年)、米国特許4683327号明細書、同5622648号明細書、同5770107号明細書、国際公開第95/22586号、同95/24455号、同97/00600号、同98/23580号、同98/52905号、特開平1-272551号公報、同6-16616号公報、同7-110469号公報、同11-80081号公報、および、特願2001-64627号公報などに記載の化合物を用いることができる。さらに棒状液晶化合物としては、例えば、特表平11-513019号公報および特開2007-279688号公報に記載のものも好ましく用いることができる。

【0101】

円盤状液晶化合物

円盤状液晶化合物としては、例えば、特開2007-108732号公報および特開2010-244038号公報に記載のものを好ましく用いることができる。

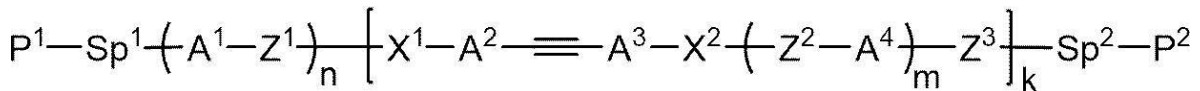
なお、液晶層に円盤状液晶化合物を用いた場合には、液晶層において、液晶化合物40は厚さ方向に立ち上がっており、液晶化合物に由来する光学軸40Aは、円盤面に垂直な軸、いわゆる進相軸として定義される。

【0102】

液晶化合物としては、高い回折効率を得るために、屈折率異方性 n の高い液晶化合物を好ましく用いることができる。屈折率異方性を高める事により、入射角度が変化した際の回折効率を高く維持する事ができる。屈折率異方性 n の高い液晶化合物としては、特に限定されないが、WO2019/182129A1に例示の化合物や、下記一般式(I)で表される化合物を好ましく用いる事ができる。

【0103】

【化1】



(I)

【0104】

一般式(I)中、

P¹及びP²は、それぞれ独立に、水素原子、-CN、-NCS又は重合性基を表す。

Sp¹及びSp²は、それぞれ独立に、単結合又は2価の連結基を表す。ただし、Sp¹及びSp²は、芳香族炭化水素環基、芳香族複素環基及び脂肪族炭化水素環基からなる群より選ばれる少なくとも1つの基を含む2価の連結基を表すことはない。

Z¹、Z²及びZ³は、それぞれ独立に、単結合、-O-、-S-、-CHR-、-CHRCHR-、-OCHR-、-CHRO-、-SO-、-SO₂-、-COO-、-OCO-、-CO-S-、-S-CO-、-O-CO-O-、-CO-NR-、-NR-CO-、-SCHR-、-CHR-S-、-SO-CHR-、-CHR-SO-、-SO₂-CHR-、-CHR-SO₂-、-CF₂O-、-OCF₂-、-CF₂S-、-SCF₂-、-OCHRCHRO-、-SCHRCHRS-、-SO-CHRCHR-SO-、-SO₂-CHRCHR-SO₂-、-CH=CH-COO-、-CH=CH-OCO-、-COO-CH=CH-、-OCO-CH=CH-、-COO-CHRCHR-、-OCO-CHRCHR-、-CHRCHR-COO-、-CHRCHR-OCO-、-COO-CHR-、-OCO-CHR-、-CHR-COO-、-CHR-OCO-、-CR=C-R-、-CR=N-、-N=CR-、-N=N-、-CR=N-N=CR-、-CF=C-F-又は-C-C-を表す。Rは水素原子又は炭素原子数1~10のアルキル基を表す。Rが複数存在する場合は、同一であっても異なってもよい。Z¹及びZ²は、それぞれ複数存在する場合は、同一であっても異なってもよい。複数存在するZ³は、同一

10

20

30

40

50

であっても異なってもよい。ただし、 $S p^2$ に連結した Z^3 は、単結合を表す。
 X^1 及び X^2 は、それぞれ独立に、単結合又は $-S-$ を表す。複数存在する X^1 及び X^2 は、それぞれ同一であっても異なってもよい。ただし、複数存在する X^1 及び複数存在する X^2 のうち、いずれか少なくとも1つは $-S-$ を表す。

k は2～4の整数を表す。

m 及び n は、それぞれ独立に、0～3の整数を表す。複数存在する m は、同一であっても異なってもよい。

A^1 、 A^2 、 A^3 及び A^4 は、それぞれ独立に、下記一般式(B-1)～(B-7)のいずれかで表される基、又は下記一般式(B-1)～(B-7)のいずれかで表される基を2つ以上3つ以下連結してなる基を表す。複数存在する A^2 及び A^3 は、それぞれ同一であっても異なってもよい。 A^1 及び A^4 は、それぞれ複数存在する場合は、同一であっても異なってもよい。

【0105】

10

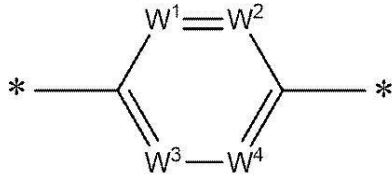
20

30

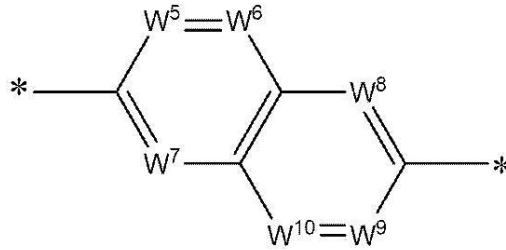
40

50

【化 2】

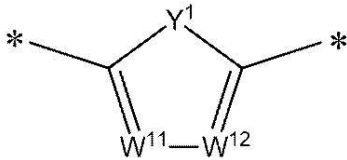


(B-1)

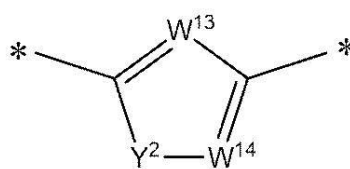


(B-2)

10

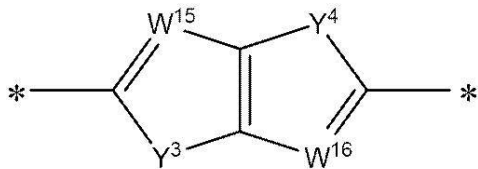


(B-3)

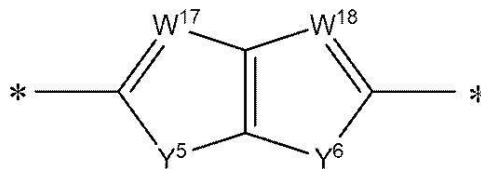


(B-4)

20

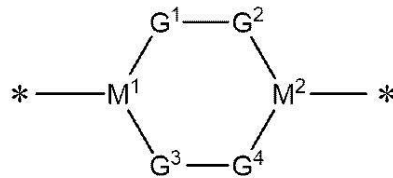


(B-5)



(B-6)

30



(B-7)

40

【 0 1 0 6 】

一般式 (B - 1) ~ (B - 7) 中、

W¹ ~ W¹⁸ は、それぞれ独立に、C R¹ 又は N を表し、R¹ は水素原子又は下記置換基 L を表す。

Y¹ ~ Y⁶ は、それぞれ独立に、N R²、O 又は S を表し、R² は水素原子又は下記置換基 L を表す。

G¹ ~ G⁴ は、それぞれ独立に、C R³ R⁴、N R⁵、O 又は S を表し、R³ ~ R⁵ は、それぞれ独立に、水素原子又は下記置換基 L を表す。

M¹ 及び M² は、それぞれ独立に、C R⁶ 又は N を表し、R⁶ は水素原子又は下記置換基

50

Lを表す。

*は結合位置を表す。

置換基Lは、炭素原子数1～10のアルキル基、炭素原子数1～10のアルコキシ基、炭素原子数1～10のアルキルアミノ基、炭素原子数1～10のアルキルチオ基、炭素原子数1～10のアルカノイル基、炭素原子数1～10のアルカノイルオキシ基、炭素原子数1～10のアルカノイルアミノ基、炭素原子数1～10のアルカノイルチオ基、炭素原子数2～10のアルキルオキシカルボニル基、炭素原子数2～10のアルキルアミノカルボニル基、炭素原子数2～10のアルキルチオカルボニル基、ヒドロキシ基、アミノ基、メルカプト基、カルボキシ基、スルホ基、アミド基、シアノ基、ニトロ基、ハロゲン原子又は重合性基である。ただし、置換基Lとして記載した上記基が $-CH_2-$ を有する場合、上記基に含まれる $-CH_2-$ の少なくとも1つを、 $-O-$ 、 $-CO-$ 、 $-CH=CH-$ 又は $-C=C-$ に置き換えてなる基も置換基Lに含まれる。また、置換基Lとして記載した上記基が水素原子を有する場合、上記基に含まれる水素原子の少なくとも1つを、フッ素原子及び重合性基からなる群より選択される少なくとも1つに置き換えてなる基も置換基Lに含まれる。

10

【0107】

入射角度が変化した場合の回折効率を高く維持するため、液晶化合物の屈折率異方性 n_{50} は0.15以上が好ましく、0.2以上がより好ましく、0.25以上がさらに好ましく、0.3以上が最も好ましい。

【0108】

<液晶回折素子の作用>

前述のように、液晶化合物を含む組成物を用いて形成された、光学軸40Aの方向が配列軸D方向に沿って回転する液晶配向パターンを有する液晶層は、円偏光を屈折させるが、液晶配向パターンの1周期が小さいほど、屈折の角度が大きい。

そのため、面内の異なる領域で液晶配向パターンの1周期が異なるようにパターンを形成した場合には、面内の異なる領域に入射した光は、異なる角度に屈折される。

20

【0109】

以下、図11の概念図を参照して、液晶回折素子の作用を詳細に説明する。図11は、液晶層36の、液晶化合物40の光学軸40Aの向きが連続的に回転しながら変化する一方向に沿った断面の、この一方向の一部を表す概念図である。

30

なお、液晶回折素子において、光学的な作用を発現するのは、基本的に、液晶層のみである。そのため、図面を簡略化して、構成および作用効果を明確に示すために、図11では、液晶回折素子は、液晶層36のみを示す。

【0110】

前述のように、液晶回折素子は、液晶層36を有する。

液晶回折素子は、一例として、円偏光を対象として、入射光を所定の方向に屈折して透過させる。なお、図11では、入射光を左円偏光としている。

【0111】

図11に示す部分において、液晶層36は、図11中左側から3つの領域A0、A1、A2を有し、各領域で1周期の長さ L が異なっている。具体的には、1周期の長さ L は、領域A0、A1、A2の順に短くなっている。また、領域A1およびA2は、光学軸が液晶層の厚さ方向でねじれて回転した構造（以下、ねじれ構造ともいう）を有している。各領域のねじれ角は同一であってもよいし、異なってもよく、必要となる性能に応じて適宜設定することができる。図11は、領域A1の厚さ方向のねじれ角は、領域A2の厚さ方向のねじれ角よりも小さく、領域A0はねじれ構造を有していない領域である（すなわち、ねじれ角が0°である）一例である。

40

なお、ねじれ角は、厚さ方向全体でのねじれ角とする。

液晶層が、ねじれ構造を有する場合には、図12に示すように、SEM(Scanning Electron Microscope)で観察される断面において、明部42および暗部44が液晶層36の主面に対して傾斜している構成となる。

50

【 0 1 1 2 】

液晶回折素子において、左円偏光 LC 1 が液晶層 3 6 の面内の領域 A 1 に入射すると、前述のように、入射方向に対して、配列軸 D 方向に、すなわち、液晶化合物の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化している一方向に所定角度、屈折されて透過する。同様に左円偏光 LC 2 が液晶層 3 6 の面内の領域 A 2 に入射すると、入射方向に対して、配列軸 D 方向に所定角度、屈折されて透過する。同様に左円偏光 LC 0 が液晶層 3 6 の面内の領域 A 0 に入射すると、入射方向に対して、配列軸 D 方向に所定角度、屈折されて透過する。

ここで、液晶層 3 6 による屈折の角度は、領域 A 1 の液晶配向パターンの 1 周期 A_1 よりも、領域 A 2 の液晶配向パターンの 1 周期 A_2 が短いため、図 1 1 に示すように、入射光に対する屈折の角度は、領域 A 2 の透過光の角度 A_2 の方が領域 A 1 の透過光の角度 A_1 よりも大きくなる。また、領域 A 1 の液晶配向パターンの 1 周期 A_1 よりも、領域 A 0 の液晶配向パターンの 1 周期 A_0 が長いいため、図 1 1 に示すように、入射光に対する屈折の角度は、領域 A 0 の透過光の角度 A_0 の方が領域 A 1 の透過光の角度 A_1 よりも小さくなる。

10

【 0 1 1 3 】

液晶回折素子の中央側から端部側に向かって、領域の液晶配向パターンを短くすることで、液晶回折素子の中央付近に入射した光よりもより端部側に入射した光を大きく屈折させることができ、光を集光する正レンズとして機能させることができる。

【 0 1 1 4 】

ここで、面内で液晶化合物の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する液晶層による光の回折では、回折角度が大きくなると回折効率が低下するおそれがある。

20

そのため、液晶層を、液晶化合物の光学軸の向きが面内で 180° 回転する 1 周期の長さが異なる領域を有する構成とした場合には、光の入射位置によって回折角度が異なるため、面内の入射位置によって回折光の光量に差が生じるおそれがある。すなわち、面内の入射位置によって、透過、回折した光が暗くなる領域が生じるおそれがある。

【 0 1 1 5 】

これに対して、液晶回折素子は、液晶層が厚さ方向でねじれて回転する領域を有していると、屈折された光の回折効率の低下を抑制することができる。従って、液晶回折素子は、液晶層が厚さ方向でねじれて回転する領域を有しており、厚さ方向のねじれ角の大きさが異なる領域を有することが好ましい。

30

具体的には、液晶配向パターンの 1 周期が短い領域ほど厚さ方向のねじれ角を大きくすることで、面内の入射位置によらず、透過した光の光量が均一にすることができる。

【 0 1 1 6 】

また、液晶回折素子では、厚さ方向のねじれ角の大きさが $10^\circ \sim 360^\circ$ である領域を有することが好ましい。

液晶回折素子において、厚さ方向のねじれ角は、面内の液晶配向パターンの 1 周期に
 応じて、適宜、設定すればよい。

【 0 1 1 7 】

40

ここで、図 6 に示す例では、液晶回折素子は、液晶層を 1 層有する構成としたが、これに限定はされず、2 層以上の液晶層を有していてもよい。

また、液晶回折素子では、液晶層を 2 層以上有する場合には、厚さ方向でねじれて回転する方向（ねじれ角の向き）が互いに異なる液晶層をさらに有していてもよい。

例えば、液晶化合物由来の光学軸の向きが一方向に向かって回転する液晶配向パターンを有し、さらに、光学軸が液晶層の厚さ方向でねじれて回転する領域を有しており、かつ、回転のねじれ角が面内で異なる領域を有する液晶層であって、厚さ方向でねじれて回転する方向が互いに異なる液晶層を積層して用いてもよい。

このように、厚さ方向でねじれて回転する方向が異なる液晶層をさらに有することにより、厚さ方向でねじれ角を有する領域において、様々な偏光状態の入射光に対し、効率的

50

に透過光を屈折することができる。

【0118】

ここで、厚さ方向でねじれて回転する方向が互いに異なる液晶層を有する場合には、厚さ方向のねじれ角が面内の領域ごとに同一であることが好ましい。

【0119】

しかしながら、本発明は、これに制限はされず、液晶回折素子において、厚さ方向のねじれ角にも制限はなく、光学素子の用途等に応じて、適宜、設定すればよい。

【0120】

また、厚さ方向でねじれて回転する方向が互いに異なる液晶層は、波長が $n m$ である入射光に対する液晶層の複数の領域 R の面内レタレーション $R e () = n \times d$ が同一であることが好ましい。

10

【0121】

しかしながら、本発明は、これに制限はされず、液晶回折素子において、波長が $n m$ である入射光に対する液晶層の複数の領域 R の面内レタレーション $R e () = n \times d$ にも制限はなく、光学素子の用途等に応じて、適宜、設定すればよい。

【0122】

液晶回折素子において、液晶層の配向パターンにおける1周期にも、制限はなく、光学素子の用途等に応じて、適宜、設定すればよい。

【0123】

(ねじれ構造のねじれ角が異なる領域の形成方法)

20

液晶層において、ねじれ構造のねじれ角が異なる領域を有する構成は、光の照射によって、戻り異性化、二量化、ならびに、異性化および二量化等を生じて、螺旋誘起力 (HTP: Helical Twisting Power) が変化するカイラル剤を用い、液晶層を形成する液晶組成物の硬化前、または、液晶組成物の硬化時、カイラル剤のHTPを変化させる波長の光を、領域ごとに照射量を変えて照射することで、形成できる。

例えば、光の照射によってHTPが小さくなるカイラル剤を用いることにより、光の照射によってカイラル剤のHTPが低下する。ここで、領域ごとに光の照射量を変えることで、例えば、照射量が多い領域では、HTPが大きく低下し、螺旋の誘起が小さくなるのでねじれ構造のねじれ角が小さくなる。一方、照射量が少ない領域では、HTPの低下が小さいため、ねじれ構造のねじれ角は大きくなる。

30

【0124】

領域ごとに光の照射量を変える方法には特に限定はなく、グラデーションマスクを介して光を照射する方法、領域ごとに照射時間を変える方法、あるいは、領域ごとに照射強度を変える方法等が利用可能である。

なお、グラデーションマスクとは、照射する光に対する透過率が面内で変化しているマスクである。

【0125】

ここで、本発明において、液晶回折素子を凸レンズとして作用させる場合には、下記の式を満たすのが好ましい。

$$(r) = (/) [(r^2 + f^2)^{1/2} - f]$$

40

ここで、 r は同心円の中心からの距離で式 $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$ で表わされる。 x 、 y は面内の位置を表し、 $(x, y) = (0, 0)$ は同心円の中心を表す。 (r) は中心からの距離 r における光学軸の角度、 λ は波長、 f は目的とする焦点距離を表わす。

【0126】

なお、本発明においては、例えば透過光に光量分布を設けたい場合など、液晶回折素子の用途によって、光学軸が連続的に回転する1方向に向かって、1周期を、漸次、変更するのではなく、光学軸が連続的に回転する1方向において、部分的に1周期が異なる領域を有する構成も利用可能である。例えば、部分的に1周期を変更する方法として、集光したレーザー光の偏光方向を任意に変えながら、光配向膜をスキャン露光してパターンニングする方法等を利用することができる。

50

加えて、液晶回折素子は、1周期 が全面的に均一な液晶層と、1周期 が異なる領域を有する液晶層とを有してもよい。

【0127】

ここで、図5に示す例においては、液晶層の液晶配向パターンは、液晶化合物の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化する方向が、液晶層の中心から放射状に設けられた、同心円状のパターンとしたが、入射する偏光を集光することができれば、これに限定はされない。

例えば、液晶層の液晶配向パターンは、液晶化合物の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化する方向が、楕円の同心円状パターンであってもよい。すなわち、光学軸が同じ方向を向いた液晶化合物を結んだ線が楕円形となる同心円状パターンであってもよい。あるいは、入射する偏光を集光することができれば、同心円状パターンが変形したようなパターンであってもよい。

10

【0128】

前述のとおり、液晶回折素子は、2層以上の液晶層を有していてもよい。その際、少なくとも2層の液晶層は、液晶化合物の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化する一方向に沿って厚さ方向に切断した断面を走査型電子顕微鏡で観察した断面画像において、光学軸の向きに由来する明部および暗部が観察され、少なくとも2層の液晶層において、明部および暗部の、液晶層の主面に対する傾斜角度が、互いに異なっていることが好ましい。また、明部および暗部の傾斜方向が互いに異なっていることが好ましい。

【0129】

20

このような液晶回折素子の一例を図13に示す。

図13に示す液晶回折素子は、第1の液晶層217と、第2の液晶層219と、第3の液晶層218と、をこの順に積層された構成を有する。

第1の液晶層217および第3の液晶層218は、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有し、かつ、厚さ方向にねじれ配向している。

【0130】

「光学軸が厚さ方向にねじれ配向した」とは、液晶層の一方の主面から他方の主面に向かう厚さ方向に配列されている光学軸の向きが相対的に変化し一方向にねじれて配向された状態をいう。ねじれ性には、右ねじれ性および左ねじれ性があるが、回折させたい方向に応じて適用すればよい。なお、厚さ方向における光学軸のねじれは1回転未満、すなわちねじれ角は360°未満である。厚み方向における液晶化合物の捩れ角は10°から200°程度が好ましく、20°から180°程度がより好ましい。コレステリック配向の場合には、捩れ角が360°以上であり特定の波長域の特定の円偏光を反射する選択反射性を有するものとなる。本明細書における「ねじれ配向」にはコレステリック配向を含まず、ねじれ配向を有する液晶層において選択反射性は生じない。

30

【0131】

このような液晶配向パターンを有する液晶層について断面をSEMで観察すると、図13に示した明線および暗線が観察される。図13において明線および暗線を重ねて示すように、この明線および暗線の周期は、液晶配向パターンの周期と一致する。

40

【0132】

図13に示すように、第1の液晶層217および第3の液晶層218は、明線および暗線の、液晶層の主面に対する傾斜角度は同じで、傾斜方向が互いに異なっている。したがって、第1の液晶層217および第3の液晶層218は、明線および暗線が上下対称(厚さ方向の中心線に対して対称)である。

【0133】

また、第1の液晶層217と第3の液晶層218との間に配置される、第2の液晶層219は、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有し、かつ、厚さ方向にねじれ配向していない。従って、第2の液晶層219の明線および暗線は第2の液晶層219の界面の法線に沿

50

っており、傾きを有していない。

【0134】

第1の液晶層217、第2の液晶層219、および、第3の液晶層218の液晶配向パターンにおける1周期はそれぞれ、面内の領域ごとに異なっているが、面内の同じ位置における、第1の液晶層217、第2の液晶層219、および、第3の液晶層218の液晶配向パターンにおける1周期は等しい。

【0135】

したがって、第1の液晶層217、第2の液晶層219、および、第3の液晶層218を有する液晶回折素子は、明線および暗線が上下対称である。

【0136】

第2の液晶層219のように、厚さ方向にねじれ配向していない場合、法線方向から入射した光に対する回折効率は高いが、斜め方向から入射した光に対する回折効率は低くなる。他方、第1の液晶層217および第3の液晶層218では、斜め方向から入射した光に対する回折効率を向上させることができる。

従って、これらの液晶層を積層してなる液晶回折素子は、入射角による回折効率の変化を少なくすることができ、平均的な回折効率を向上させることができる。

【0137】

なお、図13に示す例では、液晶回折素子は、明線および暗線が上下対称である構成としたがこれに限定はされない。

例えば、第1の液晶層217と、第2の液晶層219と、第3の液晶層218とで、液晶化合物由来の光学軸の向きが変化する一方向に沿って変化する厚さ方向のねじれ角の変化を異なるものとする事で、液晶回折素子の中心側では、明部および暗部が、上下対称であり、液晶回折素子の中心側では、明部および暗部が、上下非対称である構成としてもよい。

【0138】

また、図14に示す例のように、第1の液晶層37aと、第2の液晶層37bと、第3の液晶層37cの、明部および暗部が、互いに傾斜しており、互いの傾斜角度が異なっている、上下非対称である構成としてもよい。

【0139】

ここで、本発明においては、図13および図14に示すように、液晶層は、SEM画像において、一方の表面から他方の表面に延在する明部および暗部を有し、暗部が、2つ以上の角度の変曲点を有し、厚さ方向において、暗部の傾斜方向が異なる領域を有する液晶回折素子を好ましく用いることができる。

【0140】

図13および図14に示す例では、液晶層は、明部および暗部の縞模様を有し、1つの暗部はそれぞれ、厚さ方向の2か所で、表面に対する傾斜角度が変化している。すなわち、各暗部はそれぞれ2つの変曲点を有している。また、いずれの暗部においても、図中上側の領域における傾斜方向と、図中下側の領域における傾斜方向とが互いに逆である。すなわち、各暗部は、傾斜方向が異なる領域を有している。

【0141】

また、液晶層における、暗部の傾斜方向が折り返される変曲点の数が奇数個であることが好ましい。図14に示す例では、暗部の傾斜方向が折り返される変曲点の数は1個である。

【0142】

液晶層における、暗部の平均傾斜角は、一方向に沿って漸次変化していることが好ましい。暗部の平均傾斜角は、1つの暗部の一方の表面上の点と他方の表面上の点とを結んだ線分の、液晶層の主面に対する角度である。

【0143】

また、液晶層の屈折率異方性に伴う屈折率差 n_{550} が0.2以上であることが好ましい。

10

20

30

40

50

【0144】

液晶回折素子が、2層以上の液晶層を有しており、少なくとも2層の液晶層の明部および暗部の傾斜角度が、互いに異なっている構成の他の例としては、国際公開第2020/066429号に記載されている。

【0145】

以上、説明した本発明の画像表示ユニットは、ヘッドマウントディスプレイの画像表示ユニットとして好適に用いることができる。

【実施例】

【0146】

以下に実施例と比較例を挙げて本発明の特徴をさらに具体的に説明する。以下の実施例に示す材料、使用量、割合、処理内容、処理手順等は、本発明の趣旨を逸脱しない限り適宜変更することができる。したがって、本発明の範囲は以下に示す具体例により限定的に解釈されるべきものではない。

【0147】

[実施例1]

< 偏光回折素子の作製 >

(支持体)

支持体として、ガラスを用意した。

【0148】

(配向膜の形成)

支持体上に、下記の配向膜形成用塗布液をスピンコートで連続的に塗布した。この配向膜形成用塗布液の塗膜が形成された支持体を60℃のホットプレート上で60秒間乾燥し、配向膜を形成した。

【0149】

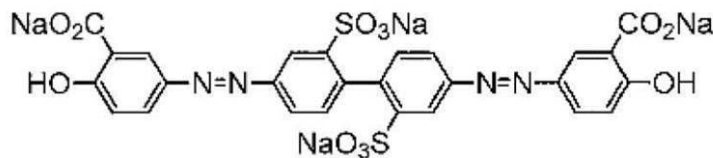
配向膜形成用塗布液

光配向用素材 A	1.00 質量部	
水	16.00 質量部	
ブトキシエタノール	42.00 質量部	
プロピレングリコールモノメチルエーテル	42.00 質量部	30

【0150】

- 光配向用素材 A -

【化3】



【0151】

(配向膜の露光)

図8に示す露光装置を用いて配向膜を露光して、配向パターンを有する配向膜P-1を形成した。

露光装置において、レーザとして波長(325nm)のレーザ光を出射するものを用いた。干渉光による露光量を1000mJ/cm²とした。なお、図8に示す露光装置を用いることによって、配向パターンの1周期が、外方向に向かって、漸次、短くなるようにした。

【0152】

(液晶層の形成)

10

20

30

40

50

第 1 の液晶層を形成する液晶組成物として、下記の組成物 A - 1 を調製した。

組成物 A - 1

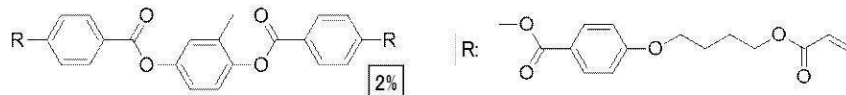
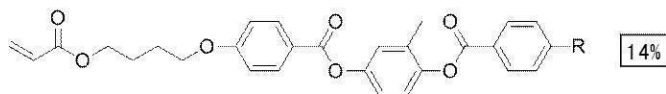
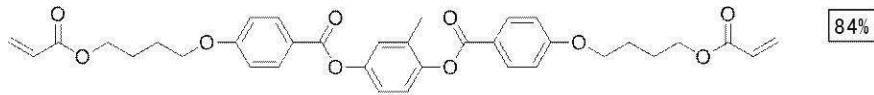
液晶化合物 L - 1	100.00 質量部	
カイラル剤 M - 1	0.36 質量部	
重合開始剤 (BASF 製、Irgacure (登録商標) 907)	3.00 質量部	
光増感剤 (日本化薬製、KAYACURE DETX - S)	1.00 質量部	
レベリング剤 T - 1	0.08 質量部	10
メチルエチルケトン	1050.00 質量部	

【0153】

液晶化合物 L - 1

【0154】

【化 4】

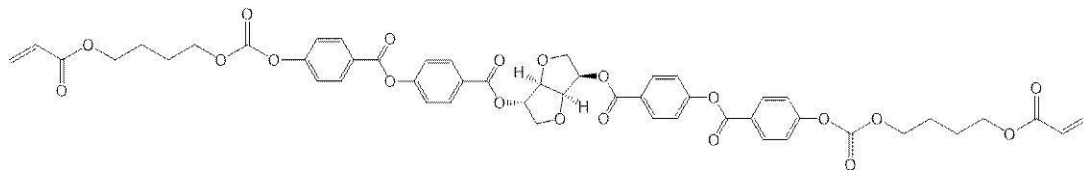


【0155】

カイラル剤 M - 1

【0156】

【化 5】

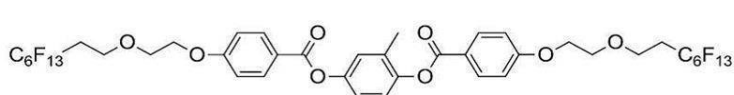


【0157】

レベリング剤 T - 1

【0158】

【化 6】



【0159】

液晶層は、組成物 A - 1 を配向膜 P - 1 上に多層塗布することにより形成した。多層塗布とは、先ず配向膜の上に 1 層目の組成物 A - 1 を塗布、加熱、冷却後に紫外線硬化を行って液晶固定化層を作製した後、2 層目以降はその液晶固定化層に重ね塗りして塗布を行い、同様に加熱、冷却後に紫外線硬化を行うことを繰り返すことを指す。多層塗布により形成することにより、液晶層の総厚が厚くなった時でも配向膜の配向方向が液晶層の下面から上面にわたって反映される。

【0160】

先ず1層目は、配向膜P-1上に下記の組成物A-1を塗布して、塗膜をホットプレート上で80℃に加熱し、その後、窒素雰囲気下で高圧水銀灯を用いて波長365nmの紫外線を300mJ/cm²の照射量で塗膜に照射することにより、液晶化合物の配向を固定化した。

【0161】

2層目以降は、この液晶層に重ね塗りして、上と同じ条件で加熱、冷却後に紫外線硬化を行って液晶固定化層を作製した。このようにして、総厚が所望の膜厚になるまで重ね塗りを繰り返し、第1の液晶層を形成した。

【0162】

なお、液晶組成物A1の硬化層の複素屈折率 n は、液晶組成物A1を別途に用意したリターション測定用の配向膜付き支持体上に塗布し、液晶化合物のダイレクタが基材に水平となるよう配向させた後に紫外線照射して固定化して得た液晶固定化層（硬化層）のリターション値および膜厚を測定して求めた。リターション値を膜厚で除算することにより n を算出できる。リターション値はAxometrics社のAxoscanを用いて目的の波長で測定し、膜厚は走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope、SEM）を用いて測定した。

【0163】

第1の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ（ $Re(550)$ ）が160nmになり、かつ、図5に示すような同心円状（放射状）の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第1の液晶層の液晶配向パターンは、外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、第1の液晶層の厚さ方向のねじれ角は面内で、右捻じれで80°であった。以下、特に記載が無い場合には、『 $n_{550} \times d$ 』等の測定は、同様に行った。

【0164】

第2の液晶層を形成する液晶組成物として、下記の組成物A-2を調製した。

組成物A-2

液晶化合物L-1	100.00質量部
重合開始剤（BASF製、Irgacure（登録商標）907）	3.00質量部
光増感剤（日本化薬製、KAYACURE DETX-S）	1.00質量部
レベリング剤T-1	0.08質量部
メチルエチルケトン	1050.00質量部

【0165】

組成物A-2を用い、液晶層の膜厚を調整した以外は、第1の液晶層と同様にして第1の液晶層の上に第2の液晶層を形成した。

【0166】

第2の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ（ $Re(550)$ ）が330nmになり、かつ、図5に示すような同心円状（放射状）の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第2の液晶層の液晶配向パターンは、外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、第2の液晶層の厚さ方向のねじれ角は面内で、0°であった。

【0167】

第3の液晶層を形成する液晶組成物として、下記の組成物A-3を調製した。

組成物A-3

液晶化合物L-1	100.00質量部
----------	-----------

カイラル剤 H - 1	0.63 質量部
重合開始剤 (BASF 製、Irgacure (登録商標) 907)	3.00 質量部
光増感剤 (日本化薬製、KAYACURE DETX - S)	1.00 質量部
レベリング剤 T - 1	0.08 質量部
メチルエチルケトン	1050.00 質量部

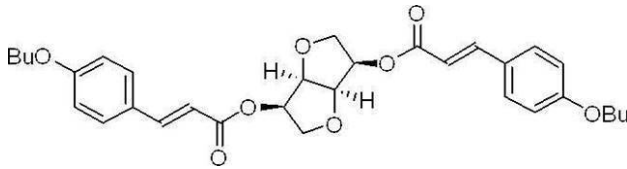
【0168】

カイラル剤 H - 1

10

【0169】

【化7】



【0170】

組成物 A - 3 を用い、液晶層の膜厚を調整した以外は、第 1 の液晶層と同様にして第 2 の液晶層の上に第 3 の液晶層を形成した。

20

【0171】

第 3 の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ ($Re(550)$) が 160 nm になり、かつ、図 5 に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第 3 の液晶層の液晶配向パターンは、外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は面内で、左捻じれで 80° であった。

第 1 ~ 第 3 の液晶層を有する液晶回折素子に平行光を入射して、集光される出射光の焦点距離を測定した。焦点距離は 30 mm であった。

【0172】

< 位相差板の作製 >

30

特開 2019 - 215416 号公報の段落 0102 から段落 0126 に記載のポジティブ A プレートと同様の方法で、セルロースアシレートフィルム、配向膜および光学異方性層 C を有するフィルムを得た。

光学異方性層 C はポジティブ A プレート (位相差板) であり、 $Re(550)$ が 138 nm となるように、ポジティブ A プレートの厚さを制御している。

【0173】

< 画像表示ユニットの作製 >

第 1 の直線偏光板、第 1 の位相差板 (/ 4 板)、液晶回折素子、第 2 の位相差板 (/ 4 板)、および、直線偏光板を用いて画像表示ユニットを作製した (図 1 参照)。市販のヘッドマウントディスプレイである Oculus 社の Oculus Rift S を分解し、その中のディスプレイを画像表示装置として用い、その表面に貼合されている直線偏光板を、第 1 の直線偏光板および第 2 の直線偏光板として用いた。画像表示装置側に第 1 の直線偏光板の吸収軸の角度が 90° となるよう配置した。第 1 の位相差板は、遅相軸が 45° となるように配置した。第 2 の位相差板は、遅相軸が - 45° となるように配置した。第 2 の直線偏光板は、吸収軸の角度が 0° となるよう配置した。なお、記載の軸角度は、ヘッドマウントディスプレイの水平方向を基準 (0°) とし、視認側から画像表示ユニットを見た際に時計回りの方向を正とした。

40

また、画像表示装置と液晶回折素子との距離は 30 mm とした。

【0174】

[実施例 2]

50

液晶回折素子の作製において、配向膜 P - 1 に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を 15 mm とし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を 15 mm とした以外は、実施例 1 と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【 0 1 7 5 】

[実施例 3]

液晶回折素子の作製において、配向膜 P - 1 に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を 10 mm とし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を 10 mm とした以外は、実施例 1 と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【 0 1 7 6 】

[比較例 1]

画像表示装置の表示面側にフレネルレンズを配置して画像表示ユニットを作製した。フレネルレンズの焦点距離は 40 mm であった。画像表示装置とフレネルレンズとの距離は 40 mm とした。

【 0 1 7 7 】

フレネルレンズは、Oculus Rift S に付属のものを使用した。

【 0 1 7 8 】

[比較例 2]

第 1 の吸収型直線偏光板、第 1 の位相差板 (/ 4 板)、部分反射ミラー、第 2 の位相差板 (/ 4 板)、反射型直線偏光板、第 2 の吸収型直線偏光板を用いて光学素子を作製し、ヘッドマウントディスプレイである画像表示ユニットを作製した。市販のヘッドマウントディスプレイである Oculus 社の Oculus Rift S を分解し、その中のディスプレイおよびその表面に貼合されている吸収型直線偏光板を用い、第 1 の吸収型直線偏光板の吸収軸角度が 90 ° となるよう配置した。部分反射ミラーとしては、透過率 50 %、反射率 50 % となるように直径 5 cm、曲率半径 10 cm のレンズの凸面へスパッタによりアルミ膜を形成した。すなわち、部分反射ミラーは湾曲形状とした。第 2 の反射型直線偏光板としては 3M 社の DBEF を用い、透過軸角度が 90 ° となるよう配置した。第 2 の反射型直線偏光板の視認側には、第 2 の吸収型直線偏光板を吸収軸角度が 0 ° となるよう配置した。また、第 1 の位相差板および第 2 の位相差板はそれぞれ、遅相軸が 45 ° および - 45 ° となるよう配置した。

部分反射ミラーの焦点距離は 20 mm とした。画像表示装置と部分反射ミラーとの距離は 20 mm とした。

【 0 1 7 9 】

[比較例 3]

第 2 の位相差板および第 2 の直線偏光板を有さない以外は実施例 1 と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【 0 1 8 0 】

[評価]

< 画像表示ユニットの光利用効率の評価 >

画像表示ユニットにおけるディスプレイを取り外し、評価用光源を配置した。評価用光源としては、レーザーポインタ (波長 532 nm) を用いた。レーザーポインタを用いて、第 1 の直線偏光板側から光を入射し (入射光)、出射光の強度をパワーメーターで測定した。入射光の強度との強度比を求めて以下の基準で評価した。

A : 強度比が 0 . 7 以上

B : 強度比が 0 . 5 以上 0 . 7 未満

C : 強度比が 0 . 5 未満

【 0 1 8 1 】

< 画質評価 1 >

上記光利用効率の評価と同様にレーザーポインタを用いて、第 1 の直線偏光板側から光を入射し、焦点距離の位置に紙を配置して紙の上に表示される光を観察して以下の基準で評価した。

10

20

30

40

50

- A：焦点1点に光の点が観察された。
- B：焦点以外の位置にも光が観察された。

【0182】

<画質評価2>

画像表示ユニットにおいてディスプレイを点灯して、表示される画像を観察して以下の基準で評価した。

- A：光のスジが観察されなかった。
- B：光のスジが観察された。

結果を表1に示す。

【0183】

【表1】

表1

	レンズ種類	焦点距離	偏光板の有無	評価		
				光利用効率	画質1	画質2
実施例1	液晶回折レンズ	30mm	あり	A	A	A
実施例2	液晶回折レンズ	15mm	あり	A	A	A
実施例3	液晶回折レンズ	10mm	あり	A	A	A
比較例1	フレネルレンズ	40mm	—	A	A	B
比較例2	部分反射ミラー	20mm	—	C	A	A
比較例3	液晶回折レンズ	30mm	なし	A	B	A

10

20

【0184】

表1から、本発明の実施例1～3は、比較例に比べて光の利用効率が高く、表示される画像の画質も高いことがわかる。

比較例1は、表示画像にフレネルレンズの溝構造に起因する光のスジが視認されてしまい画質が悪かった。

比較例2は、光利用効率が低かった。

比較例3は、液晶回折素子で回折されなかった光が出射されるため、画質が低下してしまう。

30

【0185】

[実施例1 - A2]

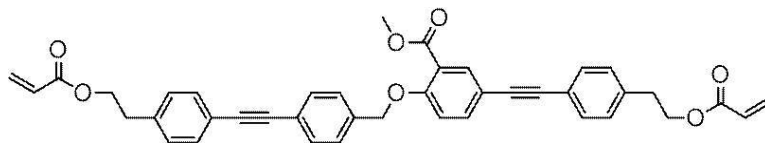
実施例1において、液晶化合物L-1を液晶化合物L-2に変えて、カイラル剤M-1、カイラル剤H-1の添加量を調整し、液晶層の膜厚を調整した以外は同様にして、液晶回折素子を作製し、実施例1 - A2の画像表示ユニットを作製した。

【0186】

液晶化合物L-2

【0187】

【化8】



40

【0188】

第1の液晶層は、最終的に液晶の n₅₅₀ × 厚さ (Re(550)) が 160 nm になり、かつ、図5に示すような同心円状(放射状)の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第1の液晶層の液晶配向パターンは、外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、第1の液晶層の厚さ方向のねじれ角

50

は面内で、右捻じれで 80° であった。

【0189】

第2の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (Re (550)) が 330 nm になり、かつ、図5に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第2の液晶層の液晶配向パターンは、外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、第2の液晶層の厚さ方向のねじれ角は面内で、 0° であった。

【0190】

第3の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (Re (550)) が 160 nm になり、かつ、図5に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第3の液晶層の液晶配向パターンは、外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は面内で、左捻じれで 80° であった。

10

第1～第3の液晶層を有する液晶回折素子に平行光を入射して、集光される出射光の焦点距離を測定した。焦点距離は 30 mm であった。

【0191】

[実施例2 - A2]

液晶回折素子の作製において、配向膜 P - 1 に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を 15 mm とし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を 15 mm とした以外は、実施例1 - A2と同様にして画像表示ユニットを作製した。

20

【0192】

[実施例3 - A2]

液晶回折素子の作製において、配向膜 P - 1 に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を 10 mm とし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を 10 mm とした以外は、実施例1 - A2と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【0193】

[実施例1 - A3]

実施例1において、液晶化合物 L - 1 を液晶化合物 L - 3 に変えて、カイラル剤 M - 1、カイラル剤 H - 1 の添加量を調整し、液晶層を形成するときの塗膜の加熱温度を 55 に変更し、液晶層の膜厚を調整した以外は同様にして、液晶回折素子を作製し、実施例1 - A3の画像表示ユニットを作製した。

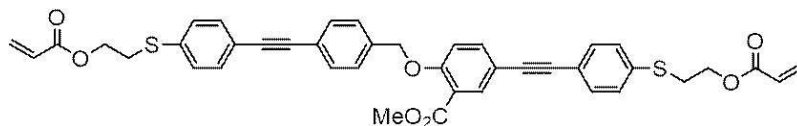
30

【0194】

液晶化合物 L - 3

【0195】

【化9】



【0196】

40

第1の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (Re (550)) が 160 nm になり、かつ、図5に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第1の液晶層の液晶配向パターンは、外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、第1の液晶層の厚さ方向のねじれ角は面内で、右捻じれで 80° であった。

【0197】

第2の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (Re (550)) が 330 nm になり、かつ、図5に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第2の液晶層の液晶配向パターンは、外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、第2の液晶層の厚さ方向のねじれ角

50

は面内で、 0° であった。

【0198】

第3の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ ($Re(550)$) が 160 nm になり、かつ、図5に示すような同心円状(放射状)の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第3の液晶層の液晶配向パターンは、外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は面内で、左捻じれで 80° であった。

第1～第3の液晶層を有する液晶回折素子に平行光を入射して、集光される出射光の焦点距離を測定した。焦点距離は 30 mm であった。

【0199】

[実施例2 - A3]

液晶回折素子の作製において、配向膜P-1に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を 15 mm とし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を 15 mm とした以外は、実施例1 - A3と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【0200】

[実施例3 - A3]

液晶回折素子の作製において、配向膜P-1に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を 10 mm とし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を 10 mm とした以外は、実施例1 - A3と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【0201】

なお、実施例1～実施例3の液晶層(液晶化合物)の n_{550} は 0.15 、実施例1 - A2～実施例3 - A2の液晶層の n_{550} は 0.25 、実施例1 - A3～実施例3 - A3の液晶層の n_{550} は 0.32 であった。

【0202】

[評価]

<画像表示ユニットの光利用効率の評価>

画像表示ユニットにおけるディスプレイを取り外し、評価用光源を配置した。評価用光源としては、レーザーポインタ(波長 532 nm) を用いた。レーザーポインタを用いて、第1の直線偏光板側から光を入射し(入射光)、出射光の強度をパワーメーターで測定した。入射光の強度との強度比を求めた。

作製した液晶回折素子の同心円の中心から、 5 mm 、 15 mm の位置において、液晶回折素子の法線方向(0°)から、 $\pm 40^\circ$ (10° 刻み)で入射角度を変えて測定を行った。

異なる入射角度で測定した強度比(光の利用効率)の平均値を算出し、実施例1～実施例3、実施例1 - A2～実施例3 - A2および実施例1 - A3～実施例3 - A3の比較を行った。

【0203】

評価の結果、実施例1に対し、実施例1 - A2の光の利用効率(平均値)は向上しており、実施例1 - A3の光の利用効率(平均値)はさらに向上していた。

同様に、実施例2に対し、実施例2 - A2の光の利用効率(平均値)は向上しており、実施例2 - A3の光の利用効率(平均値)はさらに向上していた。

実施例3に対し、実施例3 - A2の光の利用効率(平均値)は向上しており、実施例3 - A3の光の利用効率(平均値)はさらに向上していた。

【0204】

以上から、液晶回折素子の液晶層の屈折率差 n_{550} が高い方が、異なる入射角に対する光の利用効率が向上することがわかる。

【0205】

[実施例1 - B1]

(液晶層の形成)

第1の液晶層を形成する液晶組成物として、下記の組成物B-1を調製した。

10

20

30

40

50

組成物 B - 1

【0206】

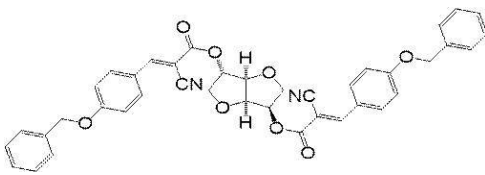
液晶化合物 L - 1	100.00 質量部	
カイラル剤 C - 3	0.23 質量部	
カイラル剤 C - 4	0.82 質量部	
重合開始剤 (BASF 製、Irgacure OXE01)	1.00 質量部	
レベリング剤 T - 1	0.08 質量部	
メチルエチルケトン	1050.00 質量部	10

【0207】

カイラル剤 C - 3

【0208】

【化10】



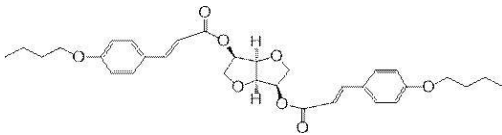
20

【0209】

カイラル剤 C - 4

【0210】

【化11】



【0211】

第2の液晶層を形成する液晶組成物として、実施例1-B1の組成物B-1において、カイラル剤C-3を0.54質量部、カイラル剤C-4を0.62質量部に変更して組成物B-2を調整した。

30

【0212】

第3の液晶層を形成する液晶組成物として、実施例1-B1の組成物B-1において、カイラル剤C-3を0.48質量部、カイラル剤C-4を未添加に変更して組成物B-3を調整した。

【0213】

まず、組成物B-1を配向膜P-1上に多層塗布することにより第1の液晶層を形成した。

【0214】

先ず1層目は、配向膜P-1上に上記の組成物B-1を塗布して、塗膜をホットプレート上で80℃に加熱し、その後、LED-UV露光機の波長365nmの紫外線を塗膜に照射した。このとき、面内で紫外線の照射量を変化させて塗膜に照射した。具体的には中心部から端部に向けて照射量が増加するように面内で照射量を変化させて塗膜への照射を行った。その後、ホットプレート上で80℃に加熱した塗膜を、窒素雰囲気下で高圧水銀灯を用いて波長365nmの紫外線を300mJ/cm²の照射量で塗膜に照射することにより、液晶化合物の配向を固定化した。

40

【0215】

2層目以降は、この液晶固定化層に重ね塗りして、上と同じ条件で液晶固定化層を作製した。このようにして、総厚が所望の膜厚になるまで重ね塗りを繰り返し、液晶層の第1

50

の液晶層を形成した。

第1の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (Re (550)) が 160 nm になり、かつ、図5に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この液晶層は外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は、中心から約 5 mm の距離でのねじれ角が左回りに 80° (-80°)、中心から 15 mm の距離での1周期が左回りに 115° (-115°) であり、外方向に向かってねじれ角が大きくなっていった。

以上のようにして面内でねじれ角が変化する液晶層を形成した。

【0216】

次に、組成物 B - 2 を第1の液晶層上に多層塗布することにより第2の液晶層を形成した。

10

第1の液晶層の上に組成物 B - 2 を塗布して、実施例 1 - B 1 の第1の液晶層の作製において、中心部から端部に向けて塗膜へ照射する紫外線の照射量を変更 (中心部から端部に向けて照射量を増加) し、総厚が所望の膜厚になるように変更した以外は同様にして、液晶層を形成した。

【0217】

2層目以降は、この液晶固定化層に重ね塗りして、上と同じ条件で液晶固定化層を作製した。このようにして、総厚が所望の膜厚になるまで重ね塗りを繰り返し、第2の液晶層を形成した。

この第2の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (Re (550)) が 330 nm になり、かつ、図5に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この液晶層は外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は、中心から約 5 mm の距離でのねじれ角が左回りに 6° (-6°)、中心から 15 mm の距離での1周期が左回りに 76° (-76°) であり、外方向に向かってねじれ角が大きくなっていった。

20

以上のようにして面内でねじれ角が変化する液晶層を形成した。

【0218】

次に、組成物 B - 3 を第2の液晶層上に多層塗布することにより第3の液晶層を形成した。

第2の液晶層の上に組成物 B - 3 を塗布して、実施例 1 - B 1 の第1の液晶層の作製において、中心部から端部に向けて塗膜へ照射する紫外線の照射量を変更 (中心部から端部に向けて照射量を増加) し、総厚が所望の膜厚になるように変更した以外は同様にして、液晶層を形成した。

30

【0219】

2層目以降は、この液晶固定化層に重ね塗りして、上と同じ条件で液晶固定化層を作製した。このようにして、総厚が所望の膜厚になるまで重ね塗りを繰り返し、第3の液晶層を形成した。

この第3の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (Re (550)) が 160 nm になり、かつ、図5に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この液晶層は外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は、中心から約 5 mm の距離でのねじれ角が右回りに 80° (ねじれ角 80°)、中心から 15 mm の距離での1周期が右回りに 48° (ねじれ角 48°) であり、外方向に向かってねじれ角が小さくなっていった。

40

以上のようにして第1の液晶層から第3の液晶層を有する液晶層を形成した。

【0220】

作製した光学異方性層の断面を SEM で観察したところ、明部および暗部の形状は、暗部が2つの変曲点を有し、平均傾斜角が、中心から外方向に向かって大きくなっていった。

また、第1～第3の液晶層を有する液晶回折素子に平行光を入射して、集光される出射光の焦点距離を測定した。焦点距離は 30 mm であった。

50

【 0 2 2 1 】

[実施例 2 - B 1]

液晶回折素子の作製において、配向膜 P - 1 に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を 1 5 m m とし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を 1 5 m m とした以外は、実施例 1 - B 1 と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【 0 2 2 2 】

[実施例 3 - B 1]

液晶回折素子の作製において、配向膜 P - 1 に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を 1 0 m m とし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を 1 0 m m とした以外は、実施例 1 - B 1 と同様にして画像表示ユニットを作製した。

10

【 0 2 2 3 】

[実施例 1 - B 2]

実施例 1 - B 1 において、液晶化合物 L - 1 を液晶化合物 L - 2 に変えて、カイラル剤 C - 3、カイラル剤 C - 4 の添加量を調整し、液晶層の作製において、中心部から端部に向けて塗膜へ照射する紫外線の照射量を調整し、液晶層の膜厚を調整した以外は同様にして、液晶回折素子を作製し、実施例 1 - B 2 の画像表示ユニットを作製した。

【 0 2 2 4 】

第 1 の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (R e (5 5 0)) が 1 6 0 n m になり、かつ、図 5 に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この液晶層は外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は、中心から約 5 m m の距離でのねじれ角が左回りに 80° ($- 80^\circ$)、中心から 1 5 m m の距離での 1 周期が左回りに 115° ($- 115^\circ$) であり、外方向に向かってねじれ角が大きくなっていた。

20

以上のようにして面内でねじれ角が変化する液晶層を形成した。

【 0 2 2 5 】

第 2 の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (R e (5 5 0)) が 3 3 0 n m になり、かつ、図 5 に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この液晶層は外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は、中心から約 5 m m の距離でのねじれ角が左回りに 6° ($- 6^\circ$)、中心から 1 5 m m の距離での 1 周期が左回りに 76° ($- 76^\circ$) であり、外方向に向かってねじれ角が大きくなっていた。

30

以上のようにして面内でねじれ角が変化する液晶層を形成した。

【 0 2 2 6 】

第 3 の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ (R e (5 5 0)) が 1 6 0 n m になり、かつ、図 5 に示すような同心円状 (放射状) の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この液晶層は外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は、中心から約 5 m m の距離でのねじれ角が右回りに 80° (ねじれ角 80°)、中心から 1 5 m m の距離での 1 周期が右回りに 48° (ねじれ角 48°) であり、外方向に向かってねじれ角が小さくなっていた。

以上のようにして第 1 の液晶層から第 3 の液晶層を有する液晶層を形成した。

40

【 0 2 2 7 】

作製した光学異方性層の断面を S E M で観察したところ、明部および暗部の形状は、暗部が 2 つの変曲点を有し、平均傾斜角が、中心から外方向に向かって大きくなっていた。

また、第 1 ~ 第 3 の液晶層を有する液晶回折素子に平行光を入射して、集光される出射光の焦点距離を測定した。焦点距離は 3 0 m m であった。

【 0 2 2 8 】

[実施例 2 - B 2]

液晶回折素子の作製において、配向膜 P - 1 に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を 1 5 m m とし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を 1 5 m m とした以外は、実施例 1 - B 2 と同様にして画像表示ユニットを作製した。

50

【0229】

[実施例3-B2]

液晶回折素子の作製において、配向膜P-1に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を10mmとし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を10mmとした以外は、実施例1-B2と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【0230】

[実施例1-B3]

実施例1-B1において、液晶化合物L-1を液晶化合物L-3に変えて、カイラル剤C-3、カイラル剤C-4の添加量を調整し、液晶層の作製において、中心部から端部に向けて塗膜へ照射する紫外線の照射量を調整し、液晶層を形成するときの塗膜の加熱温度を55に変更し、液晶層の膜厚を調整した以外は同様にして、液晶回折素子を作製し、実施例1-B2の画像表示ユニットを作製した。

10

【0231】

第1の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ(Re(550))が160nmになり、かつ、図5に示すような同心円状(放射状)の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この液晶層は外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は、中心から約5mmの距離でのねじれ角が左回りに 80° (-80°)、中心から15mmの距離での1周期が左回りに 115° (-115°)であり、外方向に向かってねじれ角が大きくなっていった。

以上のようにして面内でねじれ角が変化する液晶層を形成した。

20

【0232】

第2の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ(Re(550))が330nmになり、かつ、図5に示すような同心円状(放射状)の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この液晶層は外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は、中心から約5mmの距離でのねじれ角が左回りに 6° (-6°)、中心から15mmの距離での1周期が左回りに 76° (-76°)であり、外方向に向かってねじれ角が大きくなっていった。

以上のようにして面内でねじれ角が変化する液晶層を形成した。

【0233】

第3の液晶層は、最終的に液晶の $n_{550} \times$ 厚さ(Re(550))が160nmになり、かつ、図5に示すような同心円状(放射状)の周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この液晶層は外方向に向かって周期が短くなる液晶配向パターンであった。また、液晶層の厚さ方向のねじれ角は、中心から約5mmの距離でのねじれ角が右回りに 80° (ねじれ角 80°)、中心から15mmの距離での1周期が右回りに 48° (ねじれ角 48°)であり、外方向に向かってねじれ角が小さくなっていった。

以上のようにして第1の液晶層から第3の液晶層を有する液晶層を形成した。

30

【0234】

作製した光学異方性層の断面をSEMで観察したところ、明部および暗部の形状は、暗部が2つの変曲点を有し、平均傾斜角が、中心から外方向に向かって大きくなっていった。

また、第1~第3の液晶層を有する液晶回折素子に平行光を入射して、集光される出射光の焦点距離を測定した。焦点距離は30mmであった。

40

【0235】

[実施例2-B3]

液晶回折素子の作製において、配向膜P-1に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を15mmとし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を15mmとした以外は、実施例1-B3と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【0236】

[実施例3-B3]

液晶回折素子の作製において、配向膜P-1に形成する配向パターンを変更し、焦点距離を10mmとし、画像表示装置と液晶回折素子との距離を10mmとした以外は、実施

50

例 1 - B 3 と同様にして画像表示ユニットを作製した。

【 0 2 3 7 】

[評価]

< 画像表示ユニットの光利用効率の評価 >

画像表示ユニットにおけるディスプレイを取り外し、評価用光源を配置した。評価用光源としては、レーザーポインタ（波長 5 3 2 nm）を用いた。レーザーポインタを用いて、第 1 の直線偏光板側から光を入射し（入射光）、出射光の強度をパワーメーターで測定した。入射光の強度との強度比を求めた。

作製した液晶回折素子の同心円の中心から、5 mm、1 5 mm の位置において、液晶回折素子の法線方向（0°）から測定を行った。

測定した強度比（光の利用効率）を用いて、実施例 1 ~ 実施例 3、実施例 1 - B 1 ~ 実施例 3 - B 1 の比較を行った。

【 0 2 3 8 】

評価の結果、実施例 1 に対し、実施例 1 - B 1 の光の利用効率は、液晶回折素子の同心円の中心から、5 mm 位置では同等で、1 5 mm の位置において、利用率が向上していた。

同様に、実施例 2 に対し、実施例 2 - B 1 の光の利用効率は、液晶回折素子の同心円の中心から、5 mm 位置では同等で、1 5 mm の位置において、利用率が向上していた。

実施例 3 に対し、実施例 3 - B 1 の光の利用効率は、液晶回折素子の同心円の中心から、5 mm 位置では同等で、1 5 mm の位置において、利用率が向上していた。

【 0 2 3 9 】

以上から、液晶回折素子の液晶層が厚さ方向のねじれ角の大きさが異なる領域を有し、液晶配向パターンの 1 周期 が短い領域ほど、液晶層の厚さ方向のねじれ角を大きくする（暗部の平均傾斜角を大きくする）ことで、回折角が大きくなる領域（上述の場合、1 5 mm の位置）において、光の利用効率が向上していることがわかる。

【 0 2 4 0 】

[評価]

< 画像表示ユニットの光利用効率の評価 >

画像表示ユニットにおけるディスプレイを取り外し、評価用光源を配置した。評価用光源としては、レーザーポインタ（波長 5 3 2 nm）を用いた。レーザーポインタを用いて、第 1 の直線偏光板側から光を入射し（入射光）、出射光の強度をパワーメーターで測定した。入射光の強度との強度比を求めた。

作製した液晶回折素子の同心円の中心から、5 mm、1 5 mm の位置において、液晶回折素子の法線方向（0°）から、± 4 0°（1 0°刻み）で入射角度を変えて測定を行った。

異なる入射角度で測定した強度比（光の利用効率）の平均値を算出し、実施例 1 - B 1 ~ 実施例 3 - B 1、実施例 1 - B 2 ~ 実施例 3 - B 2 および実施例 1 - B 3 ~ 実施例 3 - B 3 の比較を行った。

【 0 2 4 1 】

評価の結果、実施例 1 - B 1 に対し、実施例 1 - B 2 の光の利用効率(平均値)は向上しており、実施例 1 - B 3 の光の利用効率(平均値)はさらに向上していた。

同様に、実施例 2 - B 1 に対し、実施例 2 - B 2 の光の利用効率(平均値)は向上しており、実施例 2 - B 3 の光の利用効率(平均値)はさらに向上していた。

実施例 3 - B 1 に対し、実施例 3 - B 2 の光の利用効率(平均値)は向上しており、実施例 3 - B 3 の光の利用効率(平均値)はさらに向上していた。

【 0 2 4 2 】

以上から、液晶回折素子の液晶層の屈折率差 n_{550} が高い方が、異なる入射角に対する光の利用効率が向上することがわかる。

【 0 2 4 3 】

[実施例 4 ~ 6]

実施例 1 ~ 3 の画像ユニット作製において、直線偏光板（ポリビニルアルコール層型）

10

20

30

40

50

を、後述の様にして作製した吸収型偏光板に変更した以外は同様にして、画像ユニットを作製した。

【0244】

[吸収型偏光子の作製]

<透明支持体1の作製>

後述する配向層形成用塗布液PA1を、ワイヤーバーで連続的にセルロースアシレートフィルム(厚み40μmのTAC基材;TG40 富士フィルム社)上に塗布した。塗膜が形成された支持体を140の温風で120秒間乾燥し、続いて、塗膜に対して偏光紫外線照射(10mJ/cm²、超高压水銀ランプ使用)することで、光配向層PA1を形成し、光配向層付きTACフィルムを得た。

10

膜厚は0.3μmであった。

【0245】

(配向層形成用塗布液PA1)

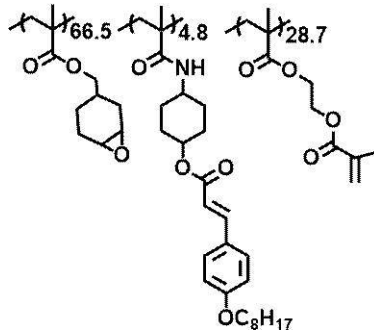
下記記重合体PA-1	100.00質量部	
下記酸発生剤PAG-1	5.00質量部	
下記酸発生剤CPI-110TF	0.005質量部	
キシレン	220.00質量部	
メチルイソブチルケトン	122.00質量部	20

【0246】

重合体PA-1

【0247】

【化12】



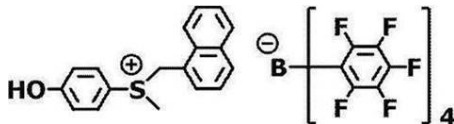
30

【0248】

酸発生剤PAG-1

【0249】

【化13】

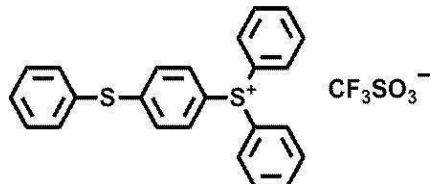


40

【0250】

酸発生剤CPI-110F

【化14】



50

【 0 2 5 1 】

< 光吸収異方性層 P 1 の形成 >

得られた配向層 P A 1 上に、下記の光吸収異方性層形成用組成物 P 1 をワイヤーバーで連続的に塗布し、塗布層 P 1 を形成した。

次いで、塗布層 P 1 を 1 4 0 ° で 3 0 秒間加熱し、塗布層 P 1 を室温 (2 3 °) になるまで冷却した。

次いで、9 0 ° で 6 0 秒間加熱し、再び室温になるまで冷却した。

その後、LED 灯 (中心波長 3 6 5 n m) を用いて照度 2 0 0 m W / c m ² の照射条件で 2 秒間照射することにより、配向層 P A 1 上に光吸収異方性層 P 1 を作製した。

膜厚は 1 . 6 μ m であった。

これを積層体 1 B とした。

【 0 2 5 2 】

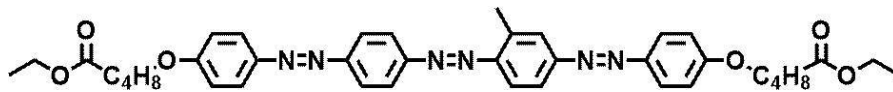
光吸収異方性層形成用組成物 P 1 の組成

・ 下記二色性物質 D - 1	0 . 2 5 質量部	
・ 下記二色性物質 D - 2	0 . 3 6 質量部	
・ 下記二色性物質 D - 3	0 . 5 9 質量部	
・ 下記高分子液晶性化合物 P - 1	2 . 2 1 質量部	
・ 下記低分子液晶性化合物 M - 1	1 . 3 6 質量部	20
・ 重合開始剤		
IRGACURE OXE - 0 2 (BASF 社製)	0 . 2 0 0 質量部	
・ 下記界面活性剤 F - 1	0 . 0 2 6 質量部	
・ シクロペンタノン	4 6 . 0 0 質量部	
・ テトラヒドロフラン	4 6 . 0 0 質量部	
・ ベンジルアルコール	3 . 0 0 質量部	

【 0 2 5 3 】

D - 1

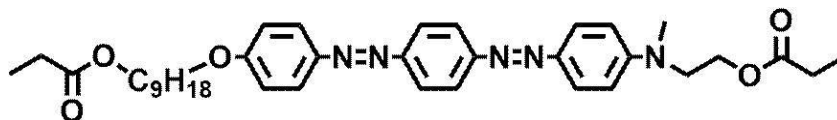
【 化 1 5 】



【 0 2 5 4 】

D - 2

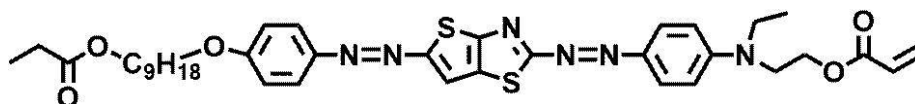
【 化 1 6 】



【 0 2 5 5 】

D - 3

【 化 1 7 】



【 0 2 5 6 】

高分子液晶性化合物 P - 1

10

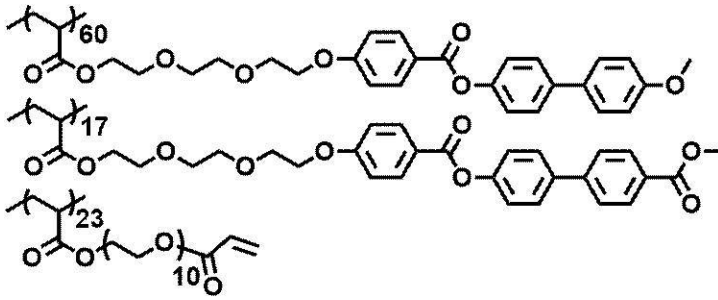
20

30

40

50

【化18】

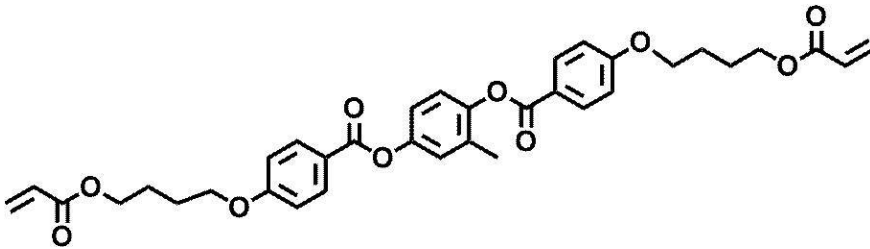


10

【0257】

低分子液晶性化合物M - 1

【化19】

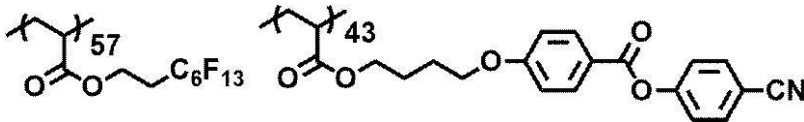


20

【0258】

界面活性剤F - 1

【化20】



【0259】

< UV接着剤の作製 >

下記のUV接着剤組成物を調製した。

30

UV接着剤組成物

- | | |
|--------------------------|---------|
| ・CEL2021P (ダイセル社製) | 70質量部 |
| ・1、4 - ブタンジオールジグリシジルエーテル | 20質量部 |
| ・2 - エチルヘキシルグリシジルエーテル | 10質量部 |
| ・CPI - 100P | 2.25質量部 |

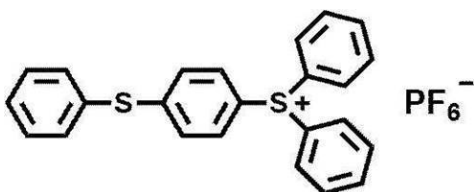
【0260】

CPI - 100P

40

【0261】

【化21】



【0262】

< 吸収型偏光フィルムの作製 >

50

積層体 1 B の光吸収異方性層表面に対し、上記 UV 接着剤を用いて、樹脂基材 S 1 としてテクノロイ S 0 0 1 G (メタクリル樹脂 50 μm 厚、 \tan ピーク温度 128、住化アクリル販売(株)) を貼り合わせた。その後、セルロースアシレートフィルム 1 のみ剥離して、樹脂基材/接着層/光吸収異方性層/配向層がこの順に配置された吸収型偏光フィルムを作製した。UV 接着層の厚みは 2 μm であった。

【0263】

得られた吸収型偏光フィルムの平均算術粗さ R_a は、10 nm 以下であった。一方、直線偏光板(ポリビニルアルコール層型)の平均算術粗さ R_a は、20 nm 以上であった。

これにより、作製した吸収型偏光フィルムは、表示される画像の歪みを抑制することができる。

10

なお、平均算術粗さ R_a は、株式会社菱化システム製の干渉計「vertscan」を用いて測定した。

【0264】

[評価]

画像表示ユニットの光利用効率の評価、画質評価 1、画質評価 2 を行い、いずれも評価は A であった。

以上から本発明の効果は明らかである。

【符号の説明】

【0265】

10 a、10 b 画像表示ユニット

20

12 第 1 の直線偏光板

14 第 1 の位相差板

16 第 1 の円偏光板

20 偏光回折素子(偏光回折レンズ)

22 第 2 の位相差板

24 第 2 の直線偏光板

26 第 2 の円偏光板

30 支持体

32 配向膜

36 液晶層

30

40 液晶化合物

40 A 光学軸

42 明部

44 暗部

52、52 b 画像表示装置

80 露光装置

82 レーザ

84 光源

86、94 偏光ビームスプリッター

90 A、90 B ミラー

40

96 / 4 板

92 レンズ

D、A₁ ~ A₃ 配列軸

1 周期

U 使用者

M レーザ光

MP P 偏光

MS S 偏光

R 領域

L₁、L₂、L₄、L₅ 光

50

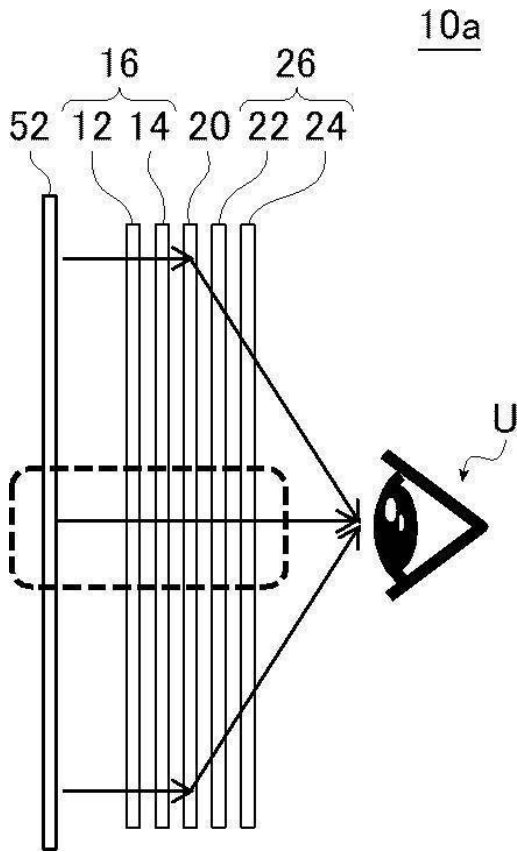
V I 虚像

d 画像表示装置と偏光回折レンズとの距離

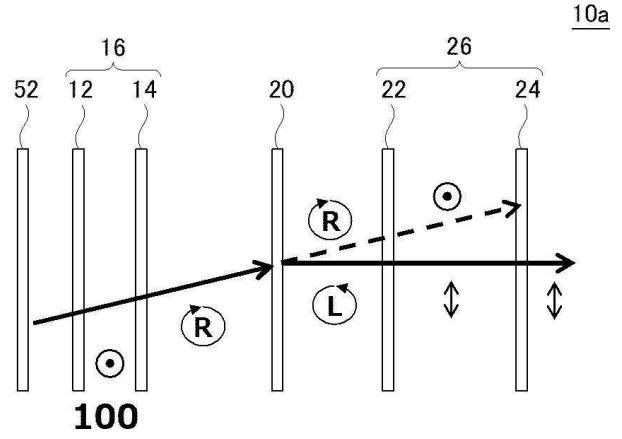
f 偏光回折レンズの焦点距離

【図面】

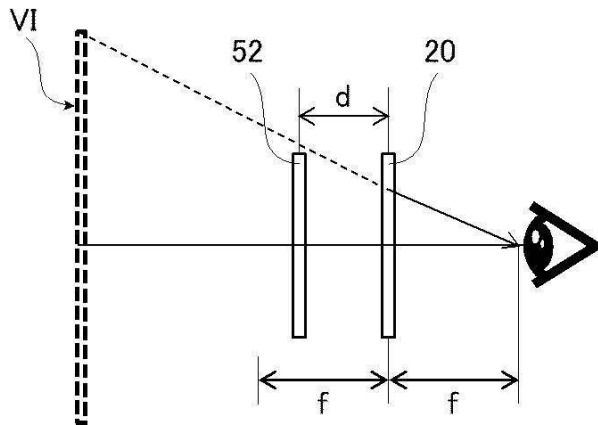
【図 1】



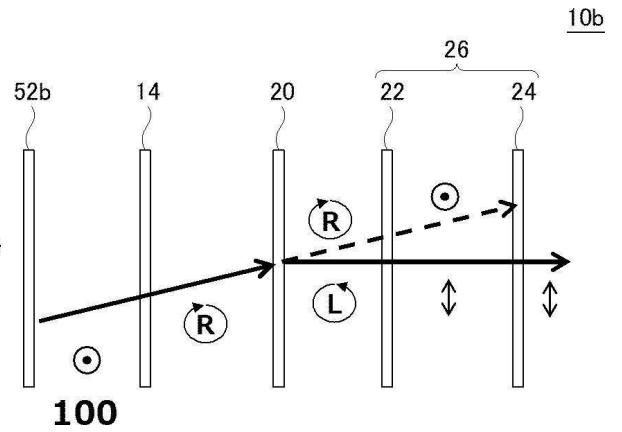
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

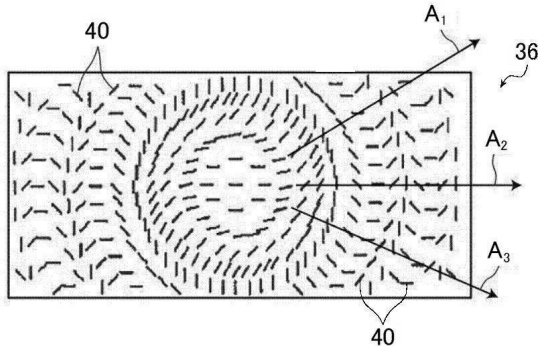
20

30

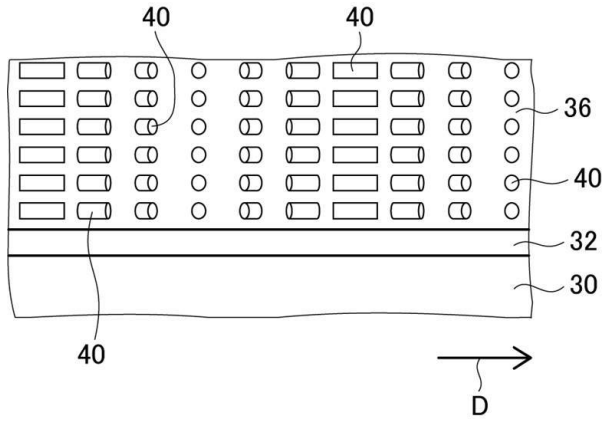
40

50

【図5】

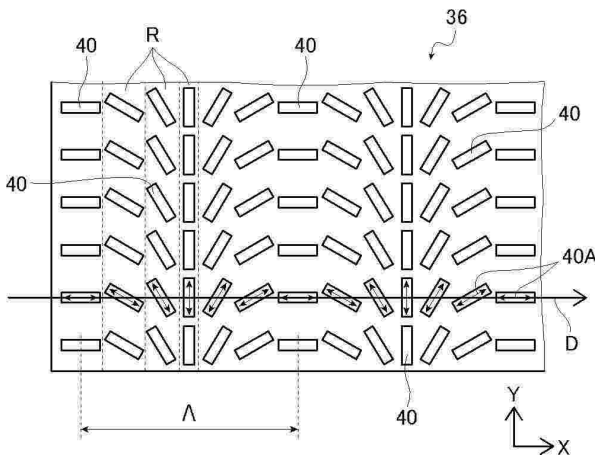


【図6】

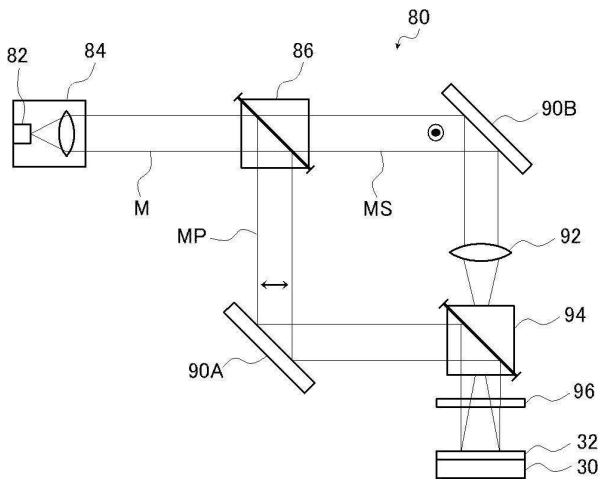


10

【図7】

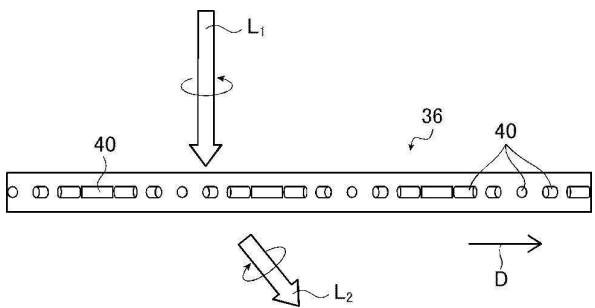


【図8】

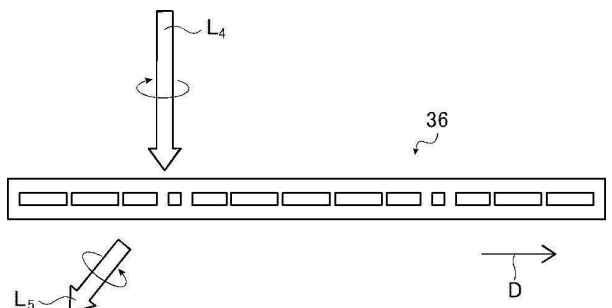


20

【図9】



【図10】

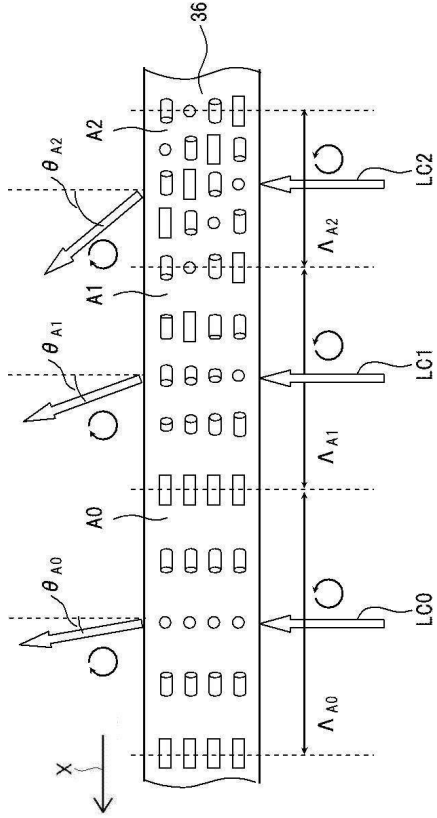


30

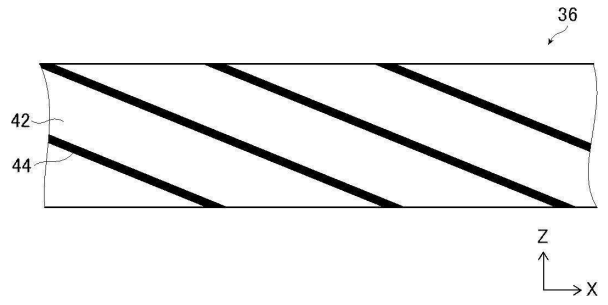
40

50

【図 1 1】



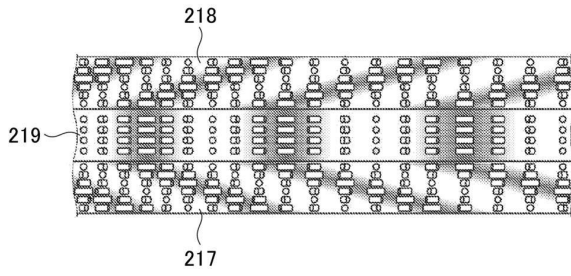
【図 1 2】



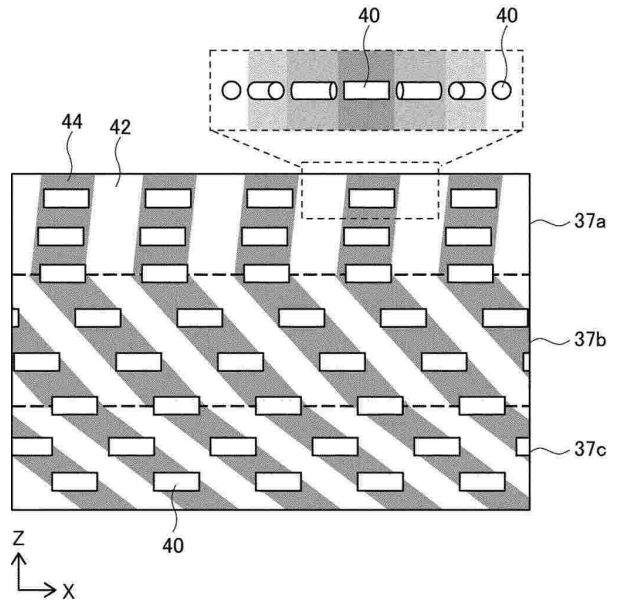
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
G 0 2 F 1/13 (2006.01) G 0 2 F 1/13 5 0 5

フィルム株式会社内

審査官 井 亀 諭

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 1 4 8 6 5 5 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 4 9 9 8 4 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 8 / 1 5 0 7 7 3 (W O , A 1)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 2 7 / 0 1 - 2 7 / 0 2