

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-223301

(P2009-223301A)

(43) 公開日 平成21年10月1日 (2009. 10. 1)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 F 1/13 (2006. 01)	G 0 2 F 1/13 5 0 5	2 H 0 8 8
G 0 2 B 3/14 (2006. 01)	G 0 2 B 3/14	
G 0 2 B 3/08 (2006. 01)	G 0 2 B 3/08	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2009-30908 (P2009-30908)	(71) 出願人	000001960
(22) 出願日	平成21年2月13日 (2009. 2. 13)		シチズンホールディングス株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2008-38770 (P2008-38770)		東京都西東京市田無町六丁目1番12号
(32) 優先日	平成20年2月20日 (2008. 2. 20)	(74) 代理人	100126583
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 宮島 明
		(74) 代理人	100100871
			弁理士 土屋 繁
		(72) 発明者	田辺 綾乃
			東京都西東京市田無町六丁目1番12号
			シチズンホールディングス株式会社内
		F ターム (参考)	2H088 EA42 HA02 HA27 JA04 JA13
			JA14 KA30

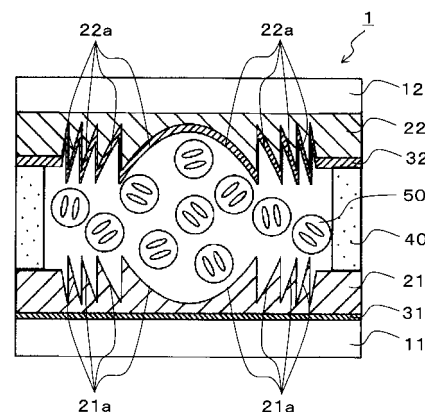
(54) 【発明の名称】 液晶レンズ

(57) 【要約】

【課題】透明基板にフレネルレンズ面を有する液晶レンズにおいて、液晶層の場所による屈折率の差を小さくして、レンズとしての収差を抑え、所望のレンズ特性を得ることを目的とする。

【解決手段】液晶レンズ1は、第1の透明基板11と第2の透明基板12とで、高分子分散液晶の液晶層50を挟持した構成を備える。第1および第2の透明基板11、12は、同心円状に分割された各レンズ面（分割レンズ面）が段差を介して接続された形状のフレネルレンズ面を有するフレネルレンズ構造21、22が、それぞれ形成されている。第1の透明基板11は、該透明基板とフレネルレンズ構造21との間に、透明電極材料で第1の電極31が形成されている。第2の透明基板12は、フレネルレンズ構造22の表面に、透明電極材料で第2の電極32が形成されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レンズ面が同心円状に分割され、分割された各レンズ面が段差を介して接続されたフレネルレンズ面を有するフレネルレンズ構造と、電極とが形成された第 1 及び第 2 の透明基板と、前記第 1 及び第 2 の透明基板で挟持された液晶と、を備え、

前記第 1 及び第 2 の透明基板のフレネルレンズ構造の分割された各レンズ面が、互いに向かい合って位置する液晶レンズにおいて、

前記液晶は、閾値電圧が電界強度に依存する液晶であり、

前記第 1 の透明基板は、該透明基板と前記フレネルレンズ構造との間に前記電極が形成され、

前記第 2 の透明基板は、前記フレネルレンズ構造の上に前記電極が形成されたことを特徴とする液晶レンズ。

【請求項 2】

前記液晶の誘電率を ϵ_{LC} 、前記第 1 の透明基板のフレネルレンズ構造を形成する部材の誘電率を ϵ_F とし、

前記第 1 の透明基板の電極から前記第 1 の透明基板のフレネルレンズ面までの距離を L_1 、前記第 1 の透明基板の電極から前記第 2 の透明基板のフレネルレンズ面までの距離を L_2 、 K を定数としたとき、レンズ有効径領域のそれぞれの位置で、

$K = \epsilon_F / \{ \epsilon_{LC} \times L_1 + \epsilon_F \times (L_2 - L_1) \}$ の関係式を、ほぼ満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の液晶レンズ。

【請求項 3】

前記液晶は高分子分散液晶である

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の液晶レンズ。

【請求項 4】

前記液晶はコレステリック液晶である

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の液晶レンズ。

【請求項 5】

前記液晶は STN 液晶である

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の液晶レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カメラ、眼鏡等の光学装置において、焦点距離の調整用に用いられる液晶レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、液晶を用いた光学素子として、印加する電圧により焦点距離を制御することができる液晶レンズが知られている。方式として平板の透明基板に輪帯形状の電極を形成したものや、透明基板に凸レンズや凹レンズのレンズ形状を持たせたものがある。前者の輪帯形状を有するものは、電圧の印加方式を変えるだけで凸レンズにも凹レンズにもなり、使う上で利便性が高いが、液晶の複屈折と液晶層の厚みの制約からレンズパワーが大きくとれない。

【0003】

後者の透明基板にレンズ形状を有するものは、凸レンズや凹レンズ形状の透明基板上への形成を、安価に行なうことができない。しかし、フレネルレンズ形状の透明基板上への形成は、近年のナノインプリント技術を用いると比較的安価に行なうことが可能であり、基本的には凸レンズや凹レンズと同等の性能を実現することが可能である。

【0004】

ここで、上述した透明基板にフレネルレンズ形状を有する液晶レンズに関して従来技術を説明する。特許文献 1～4 には、フレネルレンズ面と液晶層を組み合わせ、電界印加

10

20

30

40

50

により液晶の配向を変化させ、それによりフレネルレンズと液晶の界面による表面屈折効果を切替えて焦点距離を変化させる液晶レンズが記載されている。

【0005】

特許文献1、2には、フレネルレンズ面が形成された透明基板と、平らな透明基板とで液晶層を挟持した液晶レンズが記載されている。特許文献1に記載の液晶レンズは、フレネルレンズ面上に電極が形成され、特許文献2に記載の液晶レンズは、フレネルレンズ構造と透明基板との間に電極が形成される。

【0006】

特許文献3には、フレネルレンズ面が形成された2枚の透明基板で液晶層を挟持した液晶レンズが記載されている。特許文献3に記載の液晶レンズは、それぞれの透明基板のフレネルレンズ面上に電極が形成される。

また、特許文献4には、フレネルレンズ面上に電極が形成された透明基板と平らな透明基板とで、高分子分散液晶の液晶層を挟持した液晶レンズが記載されている。

【0007】

高分子分散液晶は、液晶分子を含む球状、多面体等の形状の多数の微小な高分子セルが高分子中に分散された構造を有する。高分子セルが例えば球状である場合、高分子セルの平均の直径が可視光の波長に比べて小さいと、高分子セルの境界面で光が散乱しないため、高分子分散液晶層を透明とすることができる。また、高分子分散液晶は偏光方向に依存しないため、偏光板を用いることなく液晶レンズを構成することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平5-323261号公報（第4頁、図5）

【特許文献2】特開2006-85801号公報（第8-9頁、図1）

【特許文献3】特開昭63-4222号公報（第3頁、図2）

【特許文献4】特開平11-64817号公報（第5頁、図6）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし、透明基板にフレネルレンズ形状を有する液晶レンズの従来技術では、次のような問題がある。

以下の説明では、フレネルレンズ形状の一つ一つの刃形状をブレードと呼ぶ。図5は、従来の構成の液晶レンズの、一つのブレードにおける半径方向の距離と液晶の電界強度との関係を示す図である。

【0010】

特許文献1及び特許文献4に記載の液晶レンズでは、フレネルレンズ面上に形成された電極により液晶層に電圧が印加される。しかし、フレネルレンズ面の形状により、液晶層の厚みが半径方向において変化するため、図5の符号 E_1 で示すように、電圧を印加した際に半径方向で液晶の電界強度が異なる。

【0011】

また、特許文献2に記載の液晶レンズでは、フレネルレンズ構造と透明基板との間に形成された電極により液晶層に電圧が印加される。このような構成では電極間の距離は半径方向において一定である。しかし、フレネルレンズ構造を、例えば紫外線硬化樹脂や熱硬化樹脂で形成したとすると、それらの樹脂の誘電率は液晶の誘電率と比較してかなり小さいため、液晶層にかかる電界強度がフレネルレンズ構造の厚みで変化する。このため、図5の符号 E_2 で示すように、電圧を印加した際に半径方向で液晶の電界強度が異なる。

【0012】

さらに、特許文献3に記載の液晶レンズでは、フレネルレンズ面上に電極が構成された2枚の基板で液晶層を挟持する構成であるため、液晶層の厚みの半径方向の変化は、特許文献1に記載の液晶レンズより大きくなる。このため、図5の符号 E_3 で示すように、電

10

20

30

40

50

圧を印加した際に生じる半径方向での液晶の電界強度の差も大きくなる。

【0013】

ここで、特許文献1～4にそれぞれ記載された構成の液晶レンズで、高分子分散液晶を用いたときの液晶の電界強度を計算する。各ブレードにおけるフレネルレンズ構造の厚みを、最も厚い箇所 $8.5\mu\text{m}$ 、最も薄い箇所 $1.5\mu\text{m}$ とし、フレネルレンズ構造が最も厚い箇所（液晶層が最も薄い箇所）の液晶層の厚みが $5\mu\text{m}$ とする。

このような構成では、フレネルレンズ構造が最も薄い箇所（液晶層が最も厚い箇所）の液晶層の厚みは、フレネルレンズ面が形成された透明基板と平らな透明基板とで液晶層を挟持した特許文献1、2、4に記載の液晶レンズでは $12\mu\text{m}$ となり、フレネルレンズ面が形成された2枚の透明基板で液晶層を挟持した特許文献3に記載の液晶レンズでは $19\mu\text{m}$ となる。

また、フレネルレンズ構造を形成する樹脂の誘電率を2.36とし、高分子分散液晶の平均誘電率を20として計算する。

【0014】

このとき、特許文献1及び特許文献4に記載の構成の液晶レンズにおいて、対向する2つの電極の間に10[V]を印加すると、液晶の電界強度は、フレネルレンズ構造が最も厚い箇所 $2.0[\text{V}/\mu\text{m}]$ となり、フレネルレンズ構造が最も薄い箇所 $0.83[\text{V}/\mu\text{m}]$ となる。よってフレネルレンズ構造の最も薄い箇所と最も厚い箇所とで、液晶の電界強度の差は $1.17[\text{V}/\mu\text{m}]$ となる。

【0015】

また、特許文献2に記載の構成の液晶レンズにおいて、同様に、対向する2つの電極の間に10[V]を印加すると、液晶の電界強度は、フレネルレンズ構造が最も厚い箇所 $0.13[\text{V}/\mu\text{m}]$ となり、フレネルレンズ構造が最も薄い箇所 $0.40[\text{V}/\mu\text{m}]$ となる。よってフレネルレンズ構造の最も薄い箇所と最も厚い箇所とで、液晶の電界強度の差は $0.27[\text{V}/\mu\text{m}]$ となる。

【0016】

さらに、特許文献3に記載の構成の液晶レンズにおいて、同様に、対向する2つの電極の間に10[V]を印加すると、液晶の電界強度は、フレネルレンズ構造が最も厚い箇所 $2.0[\text{V}/\mu\text{m}]$ となり、フレネルレンズ構造が最も薄い箇所 $0.53[\text{V}/\mu\text{m}]$ となる。よってフレネルレンズ構造の最も薄い箇所と最も厚い箇所とで、液晶の電界強度の差は $1.47[\text{V}/\mu\text{m}]$ となる。

【0017】

このように、従来の構成の液晶レンズにおいては、電圧を印加した際に半径方向で液晶の電界強度が大きく異なる。図6は、従来の構成の液晶レンズで高分子分散液晶を用いたときの、印加電圧と液晶層の屈折率の関係を示す説明図である。図6中、B'はA'に比べて強い電界強度が形成される箇所の印加電圧と液晶層の屈折率の関係を示す。

高分子分散液晶の閾値電圧は電界強度に依存する。このため、場所により電界強度が大きく異なる従来の構成の液晶レンズでは、図6のA'、B'に示すように、それぞれの閾値電圧 $V_{th}(A')$ 、 $V_{th}(B')$ も大きく異なる。このため、場所により液晶層の屈折率の差が大きく生じ、レンズとして収差の原因になる問題がある。

【0018】

フレネルレンズ構造に対して相対的に液晶層を厚くすれば、場所による液晶の電界強度の差を小さくすることは可能である。しかし、液晶層を厚くすると液晶の応答速度が遅くなり、フレネルレンズ構造を薄くするとレンズパワーが小さくなり、電気光学的な可変焦点レンズに要求される性能を低下させることになり好ましくない。

【0019】

そこで、この発明は上述した従来技術による問題を解消し、液晶層の場所による屈折率の差を小さくして、レンズとしての収差を抑え、所望のレンズ特性を得ることを可能とする液晶レンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0020】

上述した課題を解決して目的を達成するため、本発明の液晶レンズは、基本的に下記記載の構成を採用するものである。

【0021】

本発明にかかる液晶レンズは、レンズ面が同心円状に分割され、分割された各レンズ面が段差を介して接続されたフレネルレンズ面を有するフレネルレンズ構造と、電極とが形成された第1及び第2の透明基板と、第1及び第2の透明基板で挟持された液晶と、を備え、第1及び第2の透明基板のフレネルレンズ構造の分割された各レンズ面が、互いに向かい合って位置する液晶レンズにおいて、液晶は、閾値電圧が電界強度に依存する液晶であり、第1の透明基板は、該透明基板とフレネルレンズ構造との間に電極が形成され、第2の透明基板は、フレネルレンズ構造の上に電極が形成されたことを特徴とする。

10

【0022】

また、本発明にかかる液晶レンズは、前述した構成に加えて、液晶の誘電率を ϵ_{LC} 、第1の透明基板のフレネルレンズ構造を形成する部材の誘電率を ϵ_F とし、第1の透明基板の電極から第1の透明基板のフレネルレンズ面までの距離を L_1 、第1の透明基板の電極から第2の透明基板のフレネルレンズ面までの距離を L_2 、 K を定数としたとき、レンズ有効径領域のそれぞれの位置で、 $K = \epsilon_F / \{ \epsilon_{LC} \times L_1 + \epsilon_F \times (L_2 - L_1) \}$ の関係式を、ほぼ満たすことを特徴とする。

【0023】

さらに、本発明に係る液晶レンズは、前述した構成に加えて、液晶は高分子分散液晶、コレステリック液晶またはSTN液晶であることを特徴とする。

20

【0024】

本発明の液晶レンズでは、フレネルレンズ構造が厚く、フレネルレンズ構造による電圧降下が大きい箇所は、液晶層に印加される電圧は小さいが、液晶層が薄いために液晶層の単位電圧当たりの電界強度は大きい。これに対して、フレネルレンズ構造が薄く、フレネルレンズ構造による電圧降下が小さい箇所は、液晶層に印加される電圧は大きい、液晶層が厚いために液晶層の単位電圧当たりの電界強度は小さい。

よって、本発明の液晶レンズでは、フレネルレンズ構造の厚さによる電圧降下の違いが、液晶層の厚さの違いにより相殺され、電圧を印加した際の半径方向の液晶の電界強度の差を小さくすることができる。

30

【発明の効果】

【0025】

本発明の液晶レンズでは、場所による液晶の電界強度の差を小さくすることで、閾値電圧が電界強度に依存する液晶を用いたときの液晶の閾値電圧の差を小さくすることができる。これにより、本発明の液晶レンズは、液晶層の場所による屈折率の差を小さくしてレンズとしての収差を抑え、所望のレンズ特性を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の液晶レンズの構成を示す断面図である。

【図2】本発明の液晶レンズの、一つのブレードにおける半径方向の距離と、液晶の電界強度との関係を示す図である。

40

【図3】本発明の液晶レンズの印加電圧と液晶層の屈折率の関係を示す図である。

【図4】本発明の液晶レンズの断面の拡大図である。

【図5】従来の液晶レンズの、一つのブレードにおける半径方向の距離と、液晶の電界強度との関係を示す図である。

【図6】従来の液晶レンズの印加電圧と液晶層の屈折率の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下に図面を参照して、この発明にかかる液晶レンズの好適な実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明の実施の形態の液晶レンズ1の概略を示す断面図である。

50

本発明の液晶レンズ１は、第１の透明基板１１と第２の透明基板１２とで、高分子分散液晶の液晶層５０を挟持した構成を備える。液晶層５０はシール部材４０により封止されており、液晶層５０の厚みはガラスファイバーなどのスペーサにより所定の寸法に規定される。

【００２８】

第１の透明基板１１は、同心円状に分割された各レンズ面（分割レンズ面２１a）が段差を介して接続された形状のフレネルレンズ面を有するフレネルレンズ構造２１が形成されている。第１の透明基板１１とフレネルレンズ構造２１との間には、レンズ有効径領域に、透明電極材料で第１の電極３１が形成されている。透明電極材料とはレンズ作用を期待する光の波長範囲において透過率が高い材料で、可視光の範囲であればインジウム・スズ酸化物などが用いられる。フレネルレンズ構造２１の表面には配向膜を形成してもよい。形成した配向膜には配向処理を施してもよい。

10

【００２９】

第２の透明基板１２は、第１の透明基板１１と同様に、同心円状に分割された各レンズ面（分割レンズ面２２a）が段差を介して接続された形状のフレネルレンズ面を有するフレネルレンズ構造２２が形成されている。フレネルレンズ構造２２の表面には、レンズ有効径領域に、透明電極材料で第２の電極３２が形成されている。通常、このような電極はスパッタなどにより形成されるが、各ブレードのエッジにおいて電極膜が分断され導通不良を起こしてしまう場合には、半径方向に複数のブレードを横断する直線的な溝を形成しておくことで複数のブレード間での確実な導通が確保される。溝はエッジを丸める程度の曲率を持った波状の溝であればよく、彫り込んで平坦な溝にする必要はない。

20

【００３０】

上述したフレネルレンズ構造２１及び２２は、直接透明基板に金型の形状を転写するか、または透明基板に樹脂を塗布した後に金型の形状を転写するか、射出成型により作成することが可能である。フレネルレンズ構造２２の表面には配向膜を形成してもよい。形成した配向膜には配向処理を施してもよい。

【００３１】

次に、本発明の液晶レンズにおいて、各電極に電圧を印加した際の液晶の電界強度について説明する。図２は、本発明の液晶レンズと、従来の液晶レンズとにおける、一つのブレードにおける半径方向の距離と液晶の電界強度との関係を示す図である。図２において、符号 E_1 、 E_2 、 E_3 は、図５と同様にそれぞれ前述した特許文献１～４に記載の液晶レンズの電界強度を示す。

30

【００３２】

本発明の液晶レンズ１では、第１の透明基板１１のフレネルレンズ構造２１が厚い箇所は、フレネルレンズ構造２１の樹脂による電圧降下が大きく、液晶層５０に印加される電圧が小さい。しかし、フレネルレンズ構造２１が厚い箇所は、第２の透明基板１２のフレネルレンズ構造２２も厚く、液晶層５０が薄いいため、液晶層５０の単位電圧当たりの電界強度は大きい。

これに対して、第１の透明基板１１のフレネルレンズ構造２１が薄い箇所は、フレネルレンズ構造２１の樹脂による電圧降下が小さく、液晶層５０に印加される電圧が大きい。しかし、フレネルレンズ構造２１が薄い箇所は、第２の透明基板１２のフレネルレンズ構造２２も薄く、液晶層５０が厚いため、液晶層５０の単位電圧当たりの電界強度は小さい。

40

【００３３】

よって、本発明の液晶レンズ１では、フレネルレンズ構造２１の樹脂の厚さによる電圧降下の違いが、液晶層５０の厚さの違いにより相殺され、図２の E_a に示すように、 $E_1 \sim E_3$ で示す従来の液晶レンズと比較して、電圧を印加した際の半径方向の液晶の電界強度の差を小さくすることができる。なお、 E_b については後述する。

【００３４】

ここで、本発明の液晶レンズで、第１及び第２の透明基板のフレネルレンズ構造の厚み

50

を、最も厚い箇所 $8.5\mu\text{m}$ 、最も薄い箇所 $1.5\mu\text{m}$ とし、フレネルレンズ構造が最も厚い箇所（液晶層が最も薄い箇所）の液晶層の厚みが $5\mu\text{m}$ となる構成について、液晶の電界強度を計算する。このような構成では、フレネルレンズ構造が最も薄い箇所（液晶層が最も厚い箇所）の液晶層の厚みは $19\mu\text{m}$ となる。

また、フレネルレンズ構造を形成する樹脂の誘電率を 2.36 とし、液晶の平均誘電率を 20 として計算する。

【0035】

このとき、本発明の液晶レンズにおいて、対向する2つの電極の間に $10[\text{V}]$ を印加すると、液晶の電界強度は、フレネルレンズ構造が最も厚い箇所 $0.13[\text{V}/\mu\text{m}]$ となり、フレネルレンズ構造が最も薄い箇所 $0.32[\text{V}/\mu\text{m}]$ となる。よってフレネルレンズ構造の最も薄い箇所と最も厚い箇所とで、液晶の電界強度の差は $0.19[\text{V}/\mu\text{m}]$ となる。このように、本発明の液晶レンズでは、従来の液晶レンズに比べて電界強度分布の幅を小さくすることができる。

【0036】

図3は、本発明の液晶レンズにおける印加電圧と液晶層の屈折率との関係を示す説明図である。本発明の液晶レンズでは、場所による液晶の電界強度の差が小さいため、図3のA、Bに示すように、それぞれの閾値電圧 $V_{th}(A)$ 、 $V_{th}(B)$ の差を小さくすることができる。これにより、図6で説明した従来の構成の液晶レンズと比較して、場所による液晶層の屈折率の差を小さくしてレンズとしての収差を抑え、所望のレンズ特性を得ることが可能となる。

【0037】

次に、電圧を印加した際の半径方向の液晶の電界強度の差をより小さくするための、第1及び第2の透明基板のフレネルレンズ構造の構成について説明する。図4は本発明の液晶レンズの断面の拡大図である。ここで、図4に示すように、レンズ有効径領域のある位置における、第1の透明基板11の第1の電極31からフレネルレンズ構造21のフレネルレンズ面までの距離を L_1 とし、第1の透明基板11の第1の電極31から第2の透明基板12のフレネルレンズ構造22のフレネルレンズ面までの距離を L_2 とする。また、液晶層50の誘電率を ϵ_{LC} 、第1の透明基板11のフレネルレンズ構造21を形成する樹脂の誘電率を ϵ_F とする。

【0038】

このとき、第1の電極31と第2の電極32との間に電圧 V を印加すると、液晶層50の電界強度 E は、以下の式(1)となる。

$$E = \epsilon_F \times V / \{ \epsilon_{LC} \times L_1 + \epsilon_F \times (L_2 - L_1) \} \cdots (1)$$

よって、 K を定数とすると、半径方向のそれぞれの位置で、 L_1 と L_2 とが以下の式(2)をほぼ満たすとき、図2の E_b に示すように、電圧を印加した際の半径方向の液晶の電界強度の差をより小さくすることができる。

$$K = \epsilon_F / \{ \epsilon_{LC} \times L_1 + \epsilon_F \times (L_2 - L_1) \} \cdots (2)$$

【0039】

ここで、第2の透明基板12のフレネルレンズ構造22の厚みを、最も厚い箇所 $8.5\mu\text{m}$ 、最も薄い箇所 $1.5\mu\text{m}$ とし、フレネルレンズ構造22が最も厚い箇所の液晶層50の厚みが $5\mu\text{m}$ となる構成について、上述した式(2)を満たす、第1の透明基板11のフレネルレンズ構造21の構成を計算する。高分子分散液晶の液晶層50の誘電率 ϵ_{LC} を 20 とする。

【0040】

フレネルレンズ構造22のブレードの最も厚い箇所と最も薄い箇所とで計算すると、上述した式(2)を満たすフレネルレンズ構造21は、最も厚い箇所を $2.2\mu\text{m}$ 、最も薄い箇所を $1.5\mu\text{m}$ とすることができる。

このとき第1の電極31と第2の電極32の間に、例えば $10[\text{V}]$ を印加すると、フレネルレンズ構造21、22が最も厚い箇所と最も薄い箇所との液晶層50の電界強度は、それぞれ $0.13[\text{V}/\mu\text{m}]$ となる。

【0041】

上述した、第1及び第2の透明基板のフレネルレンズ構造の計算例では、フレネルレンズ構造の最も厚い箇所と最も薄い箇所とについて形状を求めた。第1及び第2の透明基板のフレネルレンズ構造を、ブレードのそれぞれの位置において式(2)を満たす形状とすることにより、ブレードのそれぞれ位置における液晶の電界強度の差を小さくすることが可能となる。

【0042】

本発明の液晶レンズは、上述した式(2)をほぼ満たすことにより、図2の符号E_bで示すように、電圧を印加した際の半径方向の液晶の電界強度の差を小さくし、閾値電圧の差を小さくして液晶層の場所による屈折率の差を抑えることにより、レンズとしての収差を抑え、所望のレンズ特性を得ることが可能となる。

10

【0043】

上述した実施形態では高分子分散液晶を用いる例を示したが、閾値電圧が電界強度に依存する液晶として、コレステリック液晶、STN液晶を用いてもよい。

本発明は、上述した各実施の形態に限らず種々変更可能である。例えば、実施の形態中に記載した寸法や特性値などの値は一例であり、本発明はそれらの値に限定されるものではない。

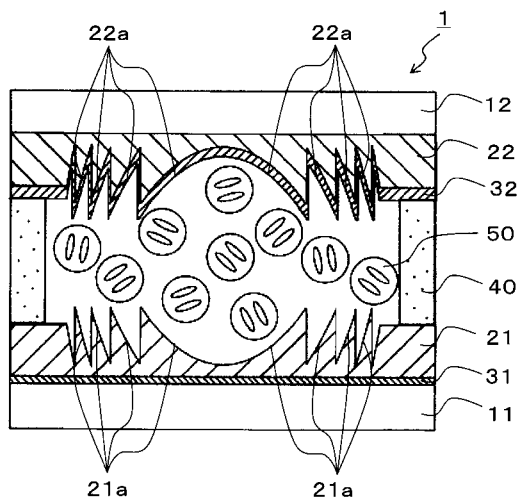
【符号の説明】

【0044】

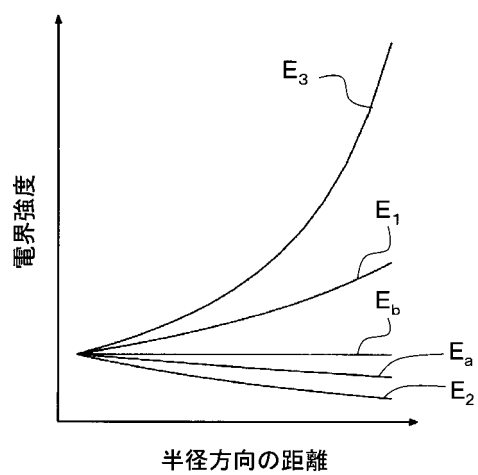
- 1 液晶レンズ
- 11、12 透明基板
- 21、22 フレネルレンズ構造
- 21a、22a 分割レンズ面
- 31、32 電極
- 40 シール部材
- 50 液晶層

20

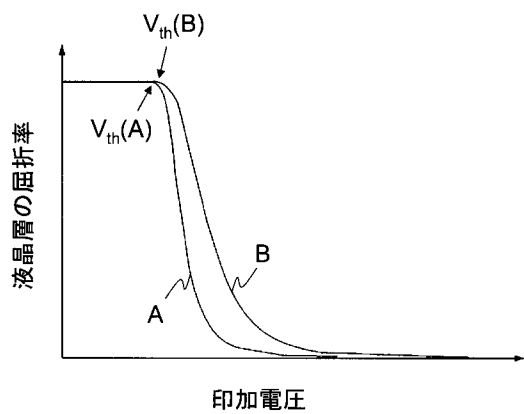
【図 1】



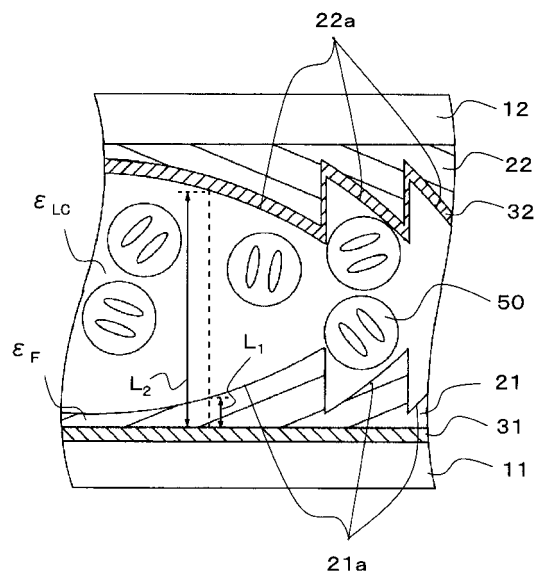
【図 2】



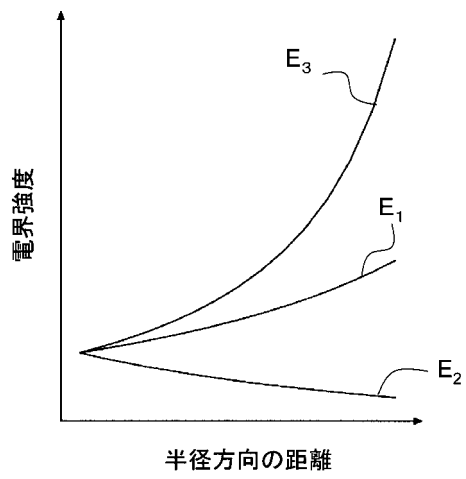
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

