

(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2005-115266
(P2005-115266A)

(43) 公開日 平成17年4月28日(2005.4.28)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO2F 1/13	GO2F 1/13 505	2H087
GO2B 1/08	GO2B 1/08	2H088
GO2B 15/00	GO2B 15/00	

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-352515 (P2003-352515)	(71) 出願人	503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(22) 出願日	平成15年10月10日(2003.10.10)	(74) 代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100113099 弁理士 和田 祐造
		(74) 代理人	100117547 弁理士 須田 浩史
		(72) 発明者	佐藤 進 秋田県秋田市八橋本町4丁目7番26号
		(72) 発明者	葉 茂 秋田県秋田市手形大沢9番地
		Fターム(参考)	2H087 RA00 SA00 2H088 EA33 EA38 EA40 EA42 GA02 HA24 KA30 MA20

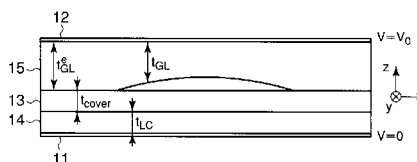
(54) 【発明の名称】 液晶光学素子

(57) 【要約】

【課題】 軽量小型、簡単な構成で、直径の大きな液晶レンズを実現可能で、また、電氣的に焦点距離の調整機能が容易で応答特性も良い液晶光学素子を得る。

【解決手段】 基本的には、第1の電極11とカバー基板13との間に液晶層14を構成し、この液晶セルと、ガラスレンズ15を積層し、電極12を設ける。これにより、広範囲の構造寸法を有するレンズを得ることができ、また入射光の波面制御や光学素子における収差の補償機能を持たせることができる。また液晶層自身は厚みを薄くしてもよく、応答特性を向上することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明な第1の電極を有する平行平板からなる第1の基板と、
電極を有しない平行平板からなり、前記第1の基板に一方の面が対向した第1のカバー基板と、

前記カバー基板の他方の面に対向した透明な第2の電極を有する平行平板からなる第2の基板と、

前記第1の基板と、前記カバー基板との間に收容された液晶層と、

前記第1のカバー基板と前記第2の電極との間に配置されて、曲面構造で透明な絶縁性媒体と

を具備したことを特徴とする液晶光学素子。

10

【請求項 2】

前記第2の電極と対向した第2のカバー基板と、

前記第2のカバー基板と前記第2の電極との間に收容された第2の液晶層と

を更に有したことを特徴とする請求項1記載の液晶光学素子。

【請求項 3】

前記曲面構造の透明な絶縁性媒体は、その曲面の形状が半球面又は球面の一部であることを特徴とする請求項1又は2記載の液晶光学素子。

【請求項 4】

前記曲面構造の透明な絶縁性媒体は、その曲面の形状が正弦波関数又は正弦波関数の重畳関数で与えられていることを特徴とする請求項1又は2記載の液晶光学素子。

20

【請求項 5】

前記曲面構造の透明な絶縁性媒体は、その曲面の形状がべき乗の関数で与えられていることを特徴とする請求項1又は2記載の液晶光学素子。

【請求項 6】

前記液晶層は、透明な絶縁層で分割されていることを特徴とする請求項1、2、3、4又は5のいずれかに記載の液晶光学素子。

【請求項 7】

前記第1、第2の電極の両電極に駆動電圧が与えられたとき、又は両電極間の電圧が可変されたときに、いずれか一方の電極に一定時間電位勾配を与える手段が設けられていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5又は6のいずれかに記載の液晶光学素子。

30

【請求項 8】

前記第1の基板と、前記第1のカバー基板と、前記第2の基板と、前記液晶層と、前記曲面構造の透明な絶縁性媒体とによる構造体が、2次元アレイ状に配列されていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6又は7のいずれかに記載の液晶光学素子。

【請求項 9】

前記液晶層は重合硬化性液晶からなり、前記液晶層に所定の電界を与え液晶分子の配向を制御した状態で紫外線または可視光線を照射して重合硬化させていることを特徴とする請求項請求項1、2、3、4、5、6、7又は8のいずれかに記載の液晶光学素子。

【請求項 10】

前記第1の基板と、前記第2の基板又はいずれか一方の基板が剥離されていることを特徴とする請求項9記載の液晶光学素子。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、簡単な構造であり、外部電圧により光学特性を可変することができる液晶光学素子に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶の特徴を利用した液晶表示素子は、薄型軽量の平板型表示素子として、目覚ましい

50

発展を続けている。液晶分子の配向状態は、液晶表示素子を構成する2枚の透明導電膜を付したガラス基板の表面の処理や、外部印加電圧により容易に制御することができる。

【0003】

ネマティック液晶セルにおいて、液晶分子は電界の方向に配向するという性質を利用すると、軸対称的な不均一電界による液晶分子配向効果により、空間的な屈折率分布特性を有する液晶レンズを得ることができる。例えば、特開平11-109304号公報では、液晶マイクロレンズが開示されており、焦点位置を光軸方向と光軸に垂直な方向とのいずれにも制御できるようにした技術が開示されている。

【特許文献1】特開平11-109304号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記の文献は、液晶マイクロレンズについて開示されているが、液晶レンズの利用分野としては、レンズ直径1mm以上の液晶レンズを要望する分野もある。例えば、撮像用レンズ、顕微鏡、眼鏡、光ファイバーのスイッチ素子などである。またレンズの機能としては、入射光の波面や収差の補正などの機能が要望されることもある。しかし従来は、このような要望に応じた液晶レンズがない。

【0005】

直径が数mm以上のレンズを構成しようとすると、凸レンズでは液晶層の中央部分の厚み、凹レンズでは液晶層の周囲部分の厚みが数100ミクロン以上の厚みとなる。液晶層の厚みが大きくなると、液晶分子の配向動作が低下し白濁現象が生じるという問題がある。ネマチック液晶セルでは、電極に印加した電圧により電界が生じ、この電界に対して液晶分子が電界方向に配向する。このときの応答特性は、液晶層の厚みの2乗に比例して長くなるという特性がある。このことは、液晶層の厚みが大きいことは、電極に印加する電圧を変化させて焦点距離を可変するのに必要な時間が長くなるということを意味する。

20

【0006】

そこで、この発明の目的とするところは、軽量小型で、簡単な構成であり、直径の大きな液晶レンズを容易に実現可能であること、また、機械的な手段を用いることなく焦点距離の調整機能が容易で、応答特性も良い液晶光学素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

この発明は、基本的には、透明な第1の電極を有する平行平板からなる第1の基板と、電極を有しない平行平板からなり、前記第1の基板に一方の面が対向した第1のカバー基板と、前記カバー基板の他方の面に対向した透明な第2の電極を有する平行平板からなる第2の基板と、前記第1の基板と、前記カバー基板との間に収容された液晶層と、前記第1のカバー基板と前記第2の電極との間に配置されて、曲面構造で透明な絶縁性媒体とを有する。

【発明の効果】

【0008】

この発明によれば、広範囲の構造寸法を有するレンズを得ることができ、また入射光の波面制御や光学素子における収差の補償機能を持たせることができる。また液晶層自身は厚みを薄くしてもよく、応答特性を向上することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下この発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1には、この発明の一実施の形態であって、基本的構成を示している。

【0010】

図1はこの発明の原理を理解するための基本構成を示している。図1において、11は第1の電極（又は基底電極）であり、12は第2の電極である。13は、カバー基板である。第1の電極11とカバー基板13との間には、液晶層14が形成されている。カバー基

50

板 1 3 と第 2 の電極 1 2 との間には、凹レンズ部を有したガラスレンズ 1 5 が配置される。つまり、凹レンズが液晶セル上に置かれた形である。1 つの電極 1 1 は液晶セル内にあり、第 2 の電極 1 2 はガラスレンズ 1 5 の頂点上にあることになる。

【 0 0 1 1 】

ここで、

t_{cover} はカバー基板 1 3 の厚み、 t_{LC} は、液晶層 1 4 の厚みである。

【 0 0 1 2 】

t_{GL}^e はガラスレンズ 1 5 の端の厚み、 t_{GL} はガラスレンズの半径方向の位置
 $= (x^2 + y^2)^{1/2}$ により変化するガラスレンズの厚みである。

【 0 0 1 3 】

液晶ダイレクタ（液晶分子）は、 x 軸に平行に配向するような処理が施されている。座標の原点は基底電極 1 1 の中心にある。簡単にするために、ガラスレンズ 1 5 とカバー基板 1 3 の誘電率は同一と仮定する。

【 0 0 1 4 】

今、電圧 V_0 が電極 1 2 を介して印加されると、電界 E が液晶層 1 4 に加わり、ガラスレンズ 1 5 の凹部に対応する液晶層 1 4 における液晶分子（LCダイレクタ）が再配向する。液晶層 1 4 における液晶分子の再配向と同時に、液晶層 1 4 の屈折率分布が変化する。再配向前の状態のみを考慮すると、電界 E の分布は、誘電率とガラスと液晶の次元、およびガラスの形状の関数である。これは、

【 0 0 1 5 】

【 数 1 】

$$E \approx C V_0 / (a - b t_{GL})$$

と推定される、ここで、定数 a b c は

【 0 0 1 6 】

【 数 2 】

$$a = \epsilon_g^2 \epsilon_v t_{GL}^e + \epsilon_g \epsilon_v t_{cover} + \epsilon_g^2 t_{LC}$$

$$b = \epsilon_g \epsilon_v (\epsilon_g - 1)$$

$$c = \epsilon_g^2$$

であり、

ϵ_g は、ガラスの誘電率

ϵ_v は、液晶ダイレクタに垂直な液晶の誘電率

t_{cover} は、カバー基板 1 3 の厚み

t_{LC} は、液晶層の厚み

t_{GL}^e は、ガラスレンズ 1 5 の端の厚み

t_{GL} は、ガラスレンズの半径方向の位置 $= (x^2 + y^2)^{1/2}$ により変化するガラスレンズ 1 5 の厚み

$a - b t_{GL}$ は正の数

E は t_{GL} により増加すると解される。したがって、液晶において電界は中心で最も弱く、開口端で最も強い。

【 0 0 1 7 】

静電界における公式 $\nabla \cdot V = 0$ であり、ここで電気変位 D は、 $D = \epsilon \cdot E$ であり、電極間の空間における電位 V はガラスおよび空気中で

【 0 0 1 8 】

10

20

30

40

【数 3】

$$\partial^2 V / \partial^2 x + \partial^2 V / \partial^2 y + \partial^2 V / \partial^2 z = 0$$

を満たし、さらに液晶中で、

【0019】

【数 4】

$$\epsilon_p \partial^2 V / \partial^2 x + \epsilon_v \partial^2 V / \partial^2 y + \epsilon_v \partial^2 V / \partial^2 z = 0$$

10

【0020】

を満たす。ここで、 ϵ_p はローカル液晶ダイレクタに平行な液晶平行の誘電率であり、2つの異なる誘電体間の界面で、Dの界面に垂直方向の成分は連続する。印加された電圧は $V_0 = 50V$ であり、式は数値的に積分される。計算において、物理的および幾何学的パラメータに対して以下の値が使用される：

【数 5】

$$\epsilon_g = 6.7, \quad \epsilon_v = 5.2, \quad \epsilon_p = 22.0, \quad t_{LC} = 300\mu\text{m},$$

$$t_{\text{cover}} = 300\mu\text{m}, \quad t_{GL}^e = 1.3\text{mm}, \quad GL_r = 41.52\text{mm},$$

20

$$GL\text{直径} = 10\text{mm}, \quad GL\text{の端の厚み} = 2.6\text{mm}$$

【0021】

計算結果は図2で示される。ガラスレンズにおいて、 GL_r は、ガラスレンズの曲率半径、図2(a)は平面 $x = 0$ 内の等電位線を示す。それぞれの領域は空気、ガラス、および液晶で占められた空間をそれぞれ示す。推定にしたがって、液晶において開口内部の電界分布は中心で最も弱く、端で最も強い。図2(b)は平面 $z = t_{LC} / 2$ 内の等電位線を示す。電界は中心対称な分布をしている。

【0022】

30

液晶ダイレクタは、電氣的トルク $E^2 \sin^2 \theta / (4 \dots)$ により傾斜する。ここで θ は、液晶ダイレクタと電界との間の角度であり、 ϵ_p は液晶の誘電率異方性であり、液晶ダイレクタは電界による配向力と液晶の弾力的な力との釣り合いによって決まる配向状態となる。すなわち電界分布に対応するように液晶ダイレクタの傾斜角 θ は中心で最小となり、端で最大となる。異常光に対する位相シフトは

【数 6】

$$\phi = (2\pi / \lambda) \int_0^{t_{LC}} n_o n_e / (n_e^2 \sin^2 \theta + n_o \cos^2 \theta)^{1/2} dz$$

【0023】

40

である。ここで λ は光波の波長であり、 n_o および n_e はそれぞれ液晶の常光および異常光に対する屈折率である。この位相シフトは釣り鐘状となり、中心で最大となり、端で最小となる。分布図は V_0 により変化する。 V_0 の範囲において、位相シフト分布図が二次曲線または二次曲面に近くなった場合、液晶層は電氣的に調整可能な焦点距離を有する光学レンズのようにはたらく。このように、ガラスレンズと液晶層の合成は、ガラスレンズの開口に近い開口と、ガラスレンズの焦点距離から変化する焦点距離を持つ複合体レンズとなる。

【0024】

図3には、本発明のさらに第2の実施の形態を示している。ここでは、2つの同一の液晶層を使用している。

50

【0025】

31は、ITO電極（透明な第1の電極11）を持つ、透明な第1のガラス基板（平行平板）であり、41は、透明な第2の電極12をもつ、透明な第2のガラス基板（平行平板）である。さらに、33は、カバー基板であり、このカバー基板33と、第1の電極11間には、液晶層34が形成されている。また上記の第2の電極12と対向してカバー基板43が配置され、このカバー基板43と第2の電極12との間に第2の液晶層44が形成されている。カバー基板33と、カバー基板43との間には、ガラスレンズ50が配置されている。第1、第2の電極11、12間には、電源電圧のオンオフ、或は電源電圧の可変が可能となっている。さらには、レンズ機能を立ち上げる時に、いずれか一方の電極に対して液晶分子の配向を整えるための電圧を一定期間印加する電圧印加回路が接続されてもよい。

10

【0026】

ガラスレンズ50は、シグマ光器製 SLB-10B-40Nのガラスであり、それぞれ1つのITO電極を持つ2つの液晶セル間で挟まれた形である。ネマティックな液晶はMerckE44である。液晶に接触している基板表面はポリミド（JSR Optmer AL1254）膜により覆われ、液晶のダイレクタが基板に平行に一方向に配向するように、図中の矢印によって示される方向にラビングされている。ガラスレンズ50の端の厚みおよびディオプタは、それぞれ

$$t_{GL}^e = 2.6\text{mm}, \quad D_{GL} = -25.2\text{m}^{-1}$$

である。

20

【0027】

ガラスレンズと液晶の他のパラメータは計算に用いられているのと同じである。電極を介して電圧 V_0 が印加されるとき、ガラスレンズ50の厚みの変化に対応し、液晶層において軸対称な不均一の電界分布が形成され、不均一なダイレクタの再配向が行われる。

【0028】

異常光入射の波面におけるダイレクタの再配向の効果を検証するために、我々は以下の干渉方法を用いて波面を測定する。システムは、各偏光子に対して 45° のラビング方向を持つ2つの直交偏光子間に置かれる。He-Neレーザからの入射光波は第1の偏光子によって常光と異常光とに分けられる。第2の偏光子は2つの波を再合成させて干渉させる。

【0029】

常光は液晶層において均一な位相シフトを受けるので、干渉パターンは液晶層から生じた異常光に関する位相シフトを表す。

30

【0030】

実験においては、入射光ビームがガラスの開口よりもわずかに小さくなるよう8.5mmの直径のマスクを使用した。

【0031】

図4は V_0 が70,90,および $100V_{rms}$ での干渉パターンを示す。予想されるように、パターンは V_0 により変化する。マスクの開口端から出力された異常光線に対して、位相シフト量がゼロであると仮定する。

【0032】

相対位相遅延は干渉パターンから計算され、これは図5で示される。点は測定値を示し、これにあわせて近似二次曲線が描かれている。相対位相遅延は V_0 の大きな範囲でほぼ二次曲線となり、液晶層は光学レンズとして十分機能する。液晶層の位相変換が

40

【数7】

$$T(\rho) = \exp[-jk\rho^2 / (2f_{LC})]$$

【0033】

として表され、ここで k は光波の波数であり、 f_{LC} は液晶層によって形成されたレンズの焦点距離である。測定された位相シフト分布から、種々の印加電圧 V_0 における液晶レン

50

ズのディオプタ $D_{LC}=1/f_{LC}$ が求められ、ガラスレンズと液晶レンズを組み合わせたシステムのディオプタは

【数 8】

$$D(V_0) = D_{GL} + D_{LC}(V_0)$$

となる。

【0034】

図 6 はこの組み合わせレンズシステムのディオプタを V_0 の関数で示す。組み合わせレンズシステムは、 $18 V_{rms} - 125 V_{rms}$ の V_0 の範囲において、すぐれたレンズ特性を示す。黒点はこの範囲内の測定値を示す。開口端に近いダイレクタの再配向は中心の再配向よりも大きい。再配向の差は V_0 がまだ小さいときに V_0 により大きくなる。 V_0 が十分大きくなると、

10

開口端に近いダイレクタの回転が飽和に近づく一方で、中心に近いダイレクタは引き続き電界により回転する。再配向の空間分布図はその後平坦に近くなる。したがって、 D はまず V_0 により増加し、最大値に達した後、減少し始める。 V_0 が非常に大きくなると、液晶ダイレクタのほとんどすべては角度 $\theta/2$ まで回転し、光ビームの位相シフトの空間分布が消滅し、レンズシステムのディオプタ $D(V_0)$ がガラスレンズ D_{GL} のディオプタに近づく。

20

【0035】

2つの液晶層の光学軸が互いに垂直に配置されている場合、上下の液晶層は任意の偏光の入射光波の二つの成分にそれぞれ作用するので、このレンズシステムを任意の偏向の光波に適用することができる。

【0036】

上記したように、可変焦点レンズは、1つまたは2つの液晶層およびガラスレンズを使用して作られる。その焦点距離はガラスレンズの焦点距離の値から電氣的に変化する。

【0037】

可変焦点レンズは多くのアプリケーションで使用される。本発明の液晶レンズ(LCL)は新しいタイプの可変焦点レンズである。液晶(LC)部材は、大きな電氣的・光学的異方性を持ち、それらの光学特性は外部電界により容易に変化する。液晶からなるレンズは電氣的に調整可能な焦点距離を有する。したがって焦点距離の変化はより正確であり便利である。そして従来の機械的な可変焦点レンズをコンパクトで軽量な本発明の液晶レンズに置き換えることが可能となる。

30

【0038】

この発明は上記の実施形態に限定されるものではない。本発明では、レンズ機能を得るために、軸対称に不均一な電界分布による分子配向効果を利用している。ここで、第1、第2の電極11、12、つまり対向電極間に電圧を印加するとき又は電圧を可変するとき、少なくとも一方の電極に一定時間電位勾配を与える手段を有してもよい。即ち、対向電極間に電圧を印加し始めたとき又は電圧を可変し始めたときに、同期して、一方の電極に電位勾配を与えるのである。このために、電位勾配を与える電極は、抵抗性を持つことが好ましい。例えば第1の電極が100 ~ 1Mの電気抵抗を有してもよい。

40

【0039】

すると、対向電極(第1、第2の電極)間に電圧を与えるときに、一方の電極(第1の電極)に対して、一定時間電位勾配を与えるので、電界により液晶分子が基板面から立ち上がる方向が一方向に整列される。このために対向電極間に電圧を与えたときに、液晶レンズの特性悪化となるディスクリネーションラインの発生が抑制される。結果として、対向電極間に印加する電圧を高くすることができ、応答特性、さらには回復特性の改善を得ることが可能となる。勿論光学特性も良好となる。

【0040】

50

上記したようにこの発明の液晶光学素子は、基本的な構成として、透明な第1の電極 1 1 を有する平行平板からなる第1の基板 3 1 と、電極を有しない平行平板からなり、前記第1の基板 3 1 に一方の面が対向した第2の基板（カバー基板 1 3）と、前記第2の基板 3 3 の他方の面に対向した透明な第2の電極 1 2 を有する平行平板からなる第3の基板 4 4 と、前記第1の基板 3 1 と、前記第2の基板 1 3 との間に收容された液晶層 3 4 と、前記第2の基板 3 3 と前記第2の電極 1 2 との間に配置されて、曲面構造で透明な絶縁性媒体（ガラスレンズ 5 0）とを有する。

【0041】

さらに、前記第2の電極と対向した第4の基板 4 3 と、前記第4の基板 4 3 と前記第2の電極との間に收容された第2の液晶層 4 4 とを有してもよい。前記曲面構造の透明な絶縁性媒体 5 0 は、その曲面の形状が半球面又は球面の一部である。前記曲面構造の透明な絶縁性媒体 5 0 は、その曲面の形状が正弦波関数又は正弦波関数の重畳関数で与えられている。または前記曲面構造の透明な絶縁性媒体 5 0 は、その曲面の形状がべき乗の関数で与えられている。さらに前記液晶層は、透明な絶縁層を有する。

10

【0042】

またこの発明では、前記第1、第2の電極の両電極に駆動電圧が与えられたとき、又は両電極間の電圧が可変されたときに、いずれか一方の電極に一定時間電位勾配を与える手段が設けられていてもよい。またこの発明では、前記第1の基板と、前記第2の基板と、前記第3の基板と、前記液晶層と、前記曲面構造の透明な絶縁性媒体とによる構造体が、2次元アレイ状に配列されていてもよい。

20

【0043】

また、この発明では、入射光の波面制御や光学素子における収差の補償機能を持たせることができる。これは透明な合成樹脂製媒体を特定の形状とすることで、外部電圧印加により、波面の制御や収差の補正を行うこともできる。

【0044】

またこの発明では、前記液晶層は、重合硬化性液晶からなり、前記液晶層に所定の電圧を印加して、液晶分子の配向を制御した状態で紫外線又は可視光線を照射して重合硬化させてもよい。更にこの状態で、上記の第1、第2の基板若しくはいずれかを剥離してもよい。

【図面の簡単な説明】

30

【0045】

【図1】本発明の基本的構成と機能を説明するために示した図。

【図2】図1の液晶素子のレンズ機能を説明するために平面 $x = 0$ および $z = t_{LC} / 2$ 内の等電位線を示す図。

【図3】本発明の液晶素子の具体的構成例を示す図。

【図4】本発明に係る液晶素子における干渉パターンの例を示す説明図。

【図5】本発明に係る液晶素子において、印加された各種電圧における位相遅延の分布の様子を示す図。

【図6】本発明に係る液晶素子において、印加された電圧により変化するディオプタを示す図。

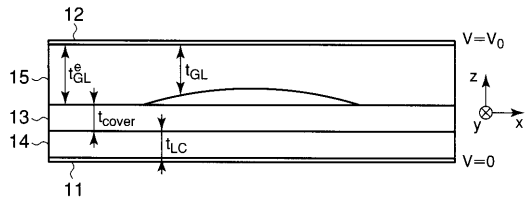
40

【符号の説明】

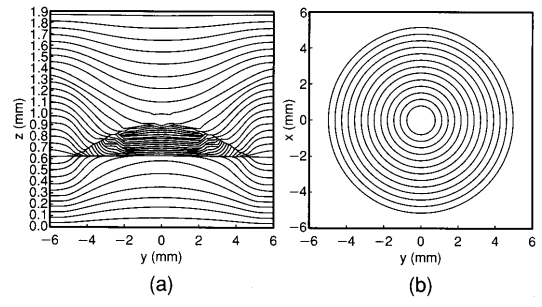
【0046】

1 1 ... 第1の電極、1 2 ... 第2の電極、1 3 ... カバー基板、1 4 ... 液晶層、1 5 ... ガラスレンズ、3 1 ... 第1の基板、3 3 ... カバー基板、3 4 ... 液晶層、4 1 ... 第2の基板、4 3 ... カバー基板、4 4 ... 液晶層、5 0 ... ガラスレンズ。

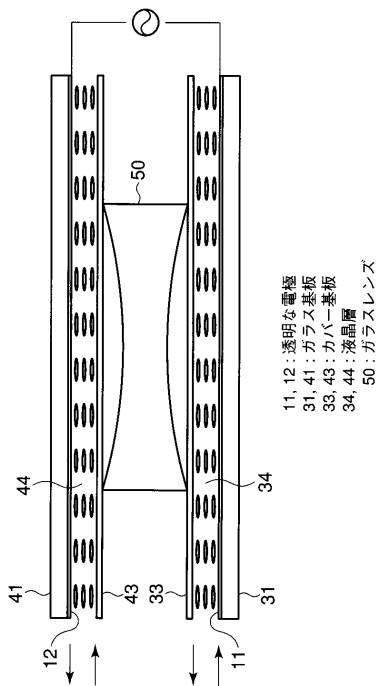
【 図 1 】



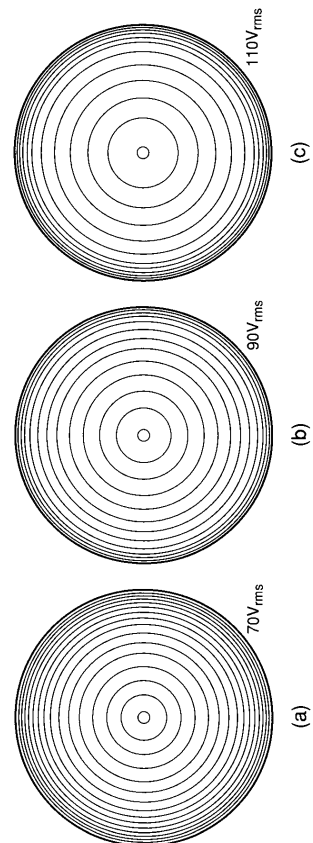
【 図 2 】



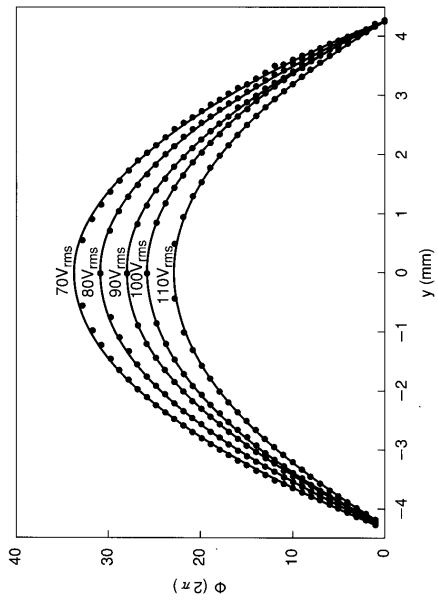
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

