

明 細 書

発明の名称：液晶レンズ及び撮像装置

技術分野

- [0001] 近年、高画質なデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ（以下、デジタルカメラという）が急速に普及してきている。また、最近では携帯電話端末等のモバイル機器に小型で高画質なデジタルカメラが搭載されてきており、デジタルカメラの小型化、薄型化の開発も進められている。このようなデジタルカメラにおいて、撮像素子に像を結像させる光学系は、通常、収差を除去するために、数枚のレンズから構成されている。また、光学的なズーム機能やフォーカス機能を持たせる場合は、組合せレンズの焦点距離や、レンズと撮像素子の間隔を変える駆動機構（アクチュエータ）が必要となる。このように、一部のレンズを移動させ、その位置関係を変化させることで焦点距離または焦点位置を変化させる方法では、機構が複雑になるという点や、可動部が必要になるため耐衝撃性が低いといった点が課題となっている。
- [0002] そこで、レンズを駆動するための可動機構を用いない合焦点手法として、電圧を印加することで液晶内の屈折率分布を変化させてレンズ効果を得ることができる液晶レンズを用いる方式が知られている。従来の液晶レンズとして、軸対称に配置された制御電極と透明平面電極とを対向に配置し、両電極の間に液晶層を介在させた液晶レンズが提案されている。このような液晶レンズでは電圧が印加された時に、制御電極の中心を軸とする軸対称な電界分布が形成されて液晶層に軸対称な屈折率分布が発生し、それによりレンズ効果を得ることができる。そして、液晶層に印加する電界強度を変化させることで電界分布を可変にして焦点距離を任意に制御することが可能である。
- [0003] 従来の液晶レンズの技術として、同心円状に独立に電圧を印加させることが可能な透明電極帯を有する液晶レンズが知られている（例えば、特許文献1参照）。この液晶レンズでは、レンズの焦点距離はそれぞれの電極帯への印加電圧を制御することによって変化させることができる。
- [0004] しかしながら、特許文献1に示す液晶レンズのようにリング状の電極を多

数配置して構成した液晶レンズでは中心から連続的な電界分布を形成するためには電極帯を細分化する必要がある、制御が困難になるという問題がある。このような問題を解決するために、より簡単な構成として円形の孔部が設けられた孔抜きパターン電極と透明平面電極とを対向に配置し、両電極の間に液晶層を介在させた液晶レンズも提案されている（例えば、特許文献2参照）。これは、円形穴型パターンを有する電極をスリットで分割することで焦点距離だけでなく光軸に垂直な方向へ焦点位置を変えるものである。この液晶レンズでは分割されたそれぞれの電極に異なる電圧を印加して制御することで電極の孔の中心軸に対称であった屈折率分布を非対称な分布とすることができる。これにより入射光に対する偏向効果を生じさせて光軸方向の焦点距離の制御のみだけでなく光軸と垂直な面内においても焦点の位置を変えることができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平03-002840号公報

特許文献2：特開平11-109304号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 液晶レンズは、その電極に印加する電圧を制御して、液晶レンズ面内の屈折率分布を変化させることにより焦点距離と光軸方向を変えることができるため、撮像光学系への適用が期待されている。従来の液晶レンズを撮像装置用の光学レンズとして用いる場合、目的とする画角に合わせた方向の光線を取り込む必要があるが、液晶レンズの各液晶層はそれぞれ一方向に配向されているので、入射した光線の入射方向や角度によって集光特性に差異が発生する。これは特に配向方向に平行な面内で入射する光線に対して大きな影響が現れる。また、電極が分割された構成の液晶レンズでは、電極の分割された部分での電界分布にひずみが発生し、レンズとしての結像特性に影響を与

える要因となる。

[0007] 図8は、互いに対向する一対の電極603a、603bの間に液晶層601を有し、電極603aには円形パターンの孔部が設けられた、従来の液晶レンズの断面図を模式的に示している。また、誘電率の観点から液晶分子602を略回転楕円体として表すと、図8に示すように、電極間に電圧を印加することで液晶（ネマチック液晶）分子602の長軸が電界604の向きに沿って配向し、液晶層内の屈折率分布が液晶分子の誘電率に基づいて変化する。このような屈折率変化を利用することで、液晶レンズへの入射光603を透過光604のように1点に集光させる。しかし、径方向にスリットが入って分割された液晶レンズでは、電極が分割されている部分の近傍は印加される電界が弱いため、液晶分子の傾きが僅かに小さくなり、集光点がずれて結像特性に影響をおよぼす。

[0008] 図9は液晶レンズの断面方向から見た（配向方向の面で分割した）液晶分子602を模式的に示しているが、液晶分子602に対する光の入射方向（図9に示す（1）の略回転楕円体の短軸方向、（2）の長軸方向）によって屈折率が異なるため、光線の入射する角度や方向によって異なった特性を示す。このような光線の入射方向や角度の違いによる結像への影響は電極が分割されている近傍のように電界の弱い部分でより顕著に現れる。また、図10は電界方向（光軸方向）から見た液晶分子を模式的に示しているが、同一の平面上で同じ入射角かつ対称に入射する2光線を考えた場合、液晶の配向方向（1）－（2）の平面上での2光線に対する屈折率差に比べて、入射方向が（1）'－（2）'のように配向方向からの角度が大きい平面上での2光線に対する屈折率差の方が小さくなる。

[0009] したがって、円形パターン電極にスリットが入った構造の液晶レンズを撮像レンズとして用いる場合において、電極の分割部分の近傍が結像特性に影響を与え、その影響はレンズの光軸に対して非対称となる。撮像レンズはある一定の画角の光線を取り込む必要があるため、液晶レンズへの入射角が大きくなるほどその非対称性は大きくなり、補正も困難になる。特に、電極の

分割方向が液晶層（液晶分子）の配向方向と一致した場合には、その近傍での結像特性を大きく劣化させると共にその非対称性も大きくなる。すなわち、撮像レンズとして用いた場合にムラの大きな結像特性を持つレンズとなってしまうという問題がある。

[0010] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、結像性能の低下を防ぎ、非対称性を改善すると共に良好な画質が得られる液晶レンズとそれを用いた撮像装置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

[0011] 本発明は、互いに対向する制御電極と固定電極との間に液晶層を有し、前記対向する電極間に電圧を印加することにより前記液晶層の液晶分子の配向制御を行う液晶レンズであって、前記制御電極は少なくとも2つの領域に分割され、前記液晶層の配向方向はレンズ有効領域内において、対向する前記制御電極同士の境界の方向と一致しないことを特徴とする。

[0012] 本発明は、前記制御電極は、孔を有する孔抜き電極であり、前記境界により孔の径方向に分割され、各電極には独立に電圧を印加することを特徴とする。

[0013] 本発明は、前記液晶層の配向方向と、前記対向する制御電極同士の境界の方向とが最大角をなすことを特徴とする。

[0014] 本発明は、制御電極と、それに対向するようにその両側に設けられた固定電極との間にそれぞれ液晶層を有し、前記対向する電極間に電圧を印加することにより前記液晶層の液晶分子の配向制御を行う液晶レンズであって、前記制御電極は少なくとも2つの領域に分割され、前記液晶層の配向方向はレンズ有効領域内において、対向する前記制御電極同士の境界の方向と一致しないことを特徴とする。

[0015] 本発明は、前記制御電極は、孔を有する孔抜き電極であり、前記境界により孔の径方向に分割され、各電極には独立に電圧を印加することを特徴とする。

[0016] 本発明は、前記液晶層の配向方向と、前記対向する制御電極同士の境界の

方向とが最大角をなすことを特徴とする。

[0017] 本発明は、前記２つの液晶層の配向方向は垂直であること特徴とする。

[0018] 本発明は、請求項１～７のいずれかに記載の液晶レンズと、撮像素子と、前記液晶レンズに印加する電圧を制御することにより前記撮像素子に入射する光の光軸の方向を制御する光軸制御部とを備えることを特徴とする。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、分割された制御電極を有する液晶レンズにおいて、電極分割箇所における光線の集光特性劣化の影響を低減し結像特性を改善することが可能になるという効果が得られる。

また、本発明による液晶レンズを撮像装置に組込むことで、光軸調整可能であり、高画質な画像を撮像することが可能になるという効果が得られる。

図面の簡単な説明

[0020] [図１]本発明の第１の実施形態における液晶レンズ１００の構成を示す正面図である。

[図２]本発明の第１の実施形態における液晶レンズ１００の構成を示す断面図である。

[図３]図１に示す電極１０４ａ、１０４ｂ、１０４ｃ、１０４ｄと液晶分子の配向方向の関係を示す説明図である。

[図４]本発明の第２の実施形態における液晶レンズ１００の構成を示す正面図である。

[図５]本発明の第２の実施形態における液晶レンズ１００の構成を示す断面図である。

[図６]本発明の第３の実施形態における撮像装置の全体構成を示す機能ブロック図である。

[図７]本発明の第４の実施形態における撮像装置の全体構成を示す機能ブロック図である。

[図８]液晶分子と屈折率の関係を示す説明図である。

[図９]液晶分子と屈折率の関係を示す説明図である。

[図10] 液晶分子と屈折率の関係を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の実施形態による液晶レンズ及び撮像装置を図面を参照して説明する。

<第1の実施形態>

図1、2は第1の実施形態における液晶レンズ100の構成を示す正面図とA-A'断面図である。液晶レンズ100は、透明な第1の電極103、第2の電極104、透明な第3の電極105、第2の電極104と第3の電極105との間に配置された液晶層106、第1の電極103と第2の電極104との間に配置された第1の絶縁層107、第2の電極104と第3の電極105の間に配置された第2の絶縁層108、第1の電極103の外側に配置された第3の絶縁層109、第3の電極105の外側に配置された第4の絶縁層110によって構成されている。なお、電極103、電極105はそれぞれ透明な光透過性を有する材料で構成されている。また、上述の電極及び絶縁体はそれぞれ透明な光透過性を有する材料で構成されている。

[0022] 第2の電極104は、円形の孔104eを有しており、図1の正面図に示すように縦、横に分割された4つの電極104a、104b、104c、104dによって構成されている（これを孔抜き電極という）。それぞれの電極104a、104b、104c、104dに対して独立して電圧を印加することができる。そして、液晶層106を挟む電極103、104、105の間に電圧を印加して液晶分子の配向制御を行うことにより、第2の電極104で構成する円形の孔104e内（これがレンズ有効領域となる）の液晶層106の屈折率分布が変化して、光学レンズとして機能する。

[0023] ここで、電極104の分割方向のうち、縦方向の分割方向を符号140aの線分で示し、横方向の分割方向を符号140bの線分で示す。液晶層106においては、液晶分子を一方向に配向させており、その配向方向を符号130の線分で示す。液晶層106は、線分130の方向（液晶分子の配向方向）が、対向する2つの電極（電極104aと104b、電極104bと1

04 d、電極104 aと104 c、電極104 cと104 d) 同士の境界の方向(線分140 a、140 bの方向)と一致しない方向になるように配置されている。

[0024] 液晶分子の配向方向(線分130)は、2つの電極同士の境界方向と一致せずに、かつ液晶分子の配向方向と電極同士の境界方向とのなす角度が最大になる方向とすることが望ましい。すなわち、4分割の電極では、2つの境界方向(2つの線分140 a、140 b)が交差してなす角度を2分する角度とするのが望ましい。図1に示す例では、線分140 aと140 bがなす角度が 90° であるので、2つの線分140 aと140 bのそれぞれと線分130とのなす角度は 45° となる。この例は、4分割電極の場合であるが、2分割の電極である場合は、分割方向と配向方向とのなす角度が 90° となる。また、8分割電極である場合は、分割方向と配向方向とのなす角度が 22.5° となる。

[0025] 一例として液晶レンズ100の寸法を以下に示す。第2の電極104の円形の孔104 eのサイズは約 $\phi 2\text{ mm}$ であり、第1の電極103との間隔は $70\text{ }\mu\text{ m}$ であり、第2の絶縁層108の厚みは $700\text{ }\mu\text{ m}$ である。液晶層106の厚さは $60\text{ }\mu\text{ m}$ としている。また、液晶層106の配向方向130は分割電極104の分割方向140 a、140 bとそれぞれ 45° をなす方向であり、電極の分割方向140 a、140 bと液晶の配向方向のなす角が最大となるような配置としている。このような配置とすることで電極の分割箇所における電界のひずみによる集光特性への影響と液晶の配向方向における集光特性への影響を分散させることが可能であり、レンズの結像特性を改善することが可能である。また、絶縁層108は大口径化のため例えば $700\text{ }\mu\text{ m}$ の厚さの透明な硝子等を用いている。2つの対向する電極(電極104 aと104 b、電極104 bと104 d、電極104 aと104 c、電極104 cと104 d)同士の境界部分の距離は、放電が発生しない状態を保つことができる最短距離とすることが望ましい。

[0026] また、本実施の形態では第1の電極103と第2の電極104は異なった

層となっているが、同一の面上に形成しても構わない。その場合、第1の電極103の形状は第2の電極104の円形の孔104eよりも小さなサイズの円形として第2の電極104の孔104eの位置に配置し、第2の電極104の分割部分のスリットに電極取り出し部を設けた構成とする。このとき、第1の電極103と第2の電極を構成する電極104a、104b、104c、104dはそれぞれ独立に電圧制御が行える。このような構成をすることで全体の厚みを減少させることができる。

[0027] 次に、図1、2に示す液晶レンズ100の動作を説明する。図1、2に示す液晶レンズ100において、透明な第3の電極105とアルミニウム薄膜等で構成された第2の電極104との間に電圧を印加すると同時に、第1の電極103と第2の電極104の間にも電圧を印加することにより、円形の孔104eを有する第2の電極104の中心軸120に軸対象な電界勾配を形成することができる。このように形成された円形電極のエッジ周りの軸対象な電界勾配により、液晶層106の細長い略回転楕円体の形状をした液晶（一例としてネマチック液晶）分子がその長軸を電界方向に向けて配向する。その結果、液晶層106の配向分布の変化により、異常光の屈折率分布が円形の電極の中心から周辺まで変化するため、レンズとして機能させることができる。第1の電極103、第2の電極104への電圧の掛け方によってこの液晶層106の屈折率分布を自由に变化させることができ、凸レンズや凹レンズなど自由に光学的な特性の制御を行うことが可能である。

[0028] 本実施形態では、第1の電極103と第3の電極105の間に 20 V rms の実効電圧を印加し、また、第2の電極104と第3の電極105の間に 70 V rms の実効電圧を印加して凸レンズとして機能させている。凸レンズとして機能させる場合にはこのように第1の電極103に印加する電圧が第2の電極104に印加する電圧より小さくすればよい。また、レンズの焦点距離を変更する場合には第1の電極103に印加する電圧を制御すればよい。ここで、液晶駆動電圧（各電極間に印加する電圧）は正弦波、またはデューティ比50%の矩形波の交流波形である。印加する電圧値は実効電圧（ r

rms : 自乗平均平方根) で表す。例えば $100V_{rms}$ の交流正弦波は、 $\pm 144V$ の尖頭値を有する電圧波形となる。また、交流電圧の周波数は例えば $1kHz$ が用いられる。

[0029] ここでは凸レンズとして機能させる場合について示したが、凹レンズとして機能させる場合には、例えば第1の電極103と第3の電極105の間に $90V_{rms}$ の実効電圧を印加し、また、第2の電極104と第3の電極105の間に $30V_{rms}$ の実効電圧を印加するなど、第1の電極への印加電圧が第2の電極への印加電圧より大きくなるように制御すればよい。

[0030] さらに第2の電極104を構成する電極104a、104b、104c、104dと第3の電極105との間にそれぞれ異なった電圧を印加することにより、同一電圧を印加したときには軸対称であった屈折率分布が、円形の孔104eを有する第2の電極中心軸120に対して、軸のずれた非対称な分布となり、入射光が直進する方向から偏向するという効果が得られる。この場合、分割された第2の電極104と第3の電極105の間に印加する電圧を適宜変えることにより、入射光の偏向の方向を変化させることができる。例えば、電極104aと電極105間と、電極104cと電極105間にそれぞれ $75V_{rms}$ を、電極104bと電極105間と、電極104dと電極105間にそれぞれ $70V_{rms}$ を印加することで、符号120で示す光軸位置が符号121で示す位置にシフトする。そのシフト量は例えば $40\mu m$ である。

[0031] なお、液晶層106の液晶分子の配向方向は、2つの電極同士の境界の方向と一致しない方向であれば、液晶分子の配向方向(線分130)は、液晶分子の配向方向と電極同士の境界方向とのなす角度が最大になる方向に限るものではない。図3に示すように、第2の電極104の円形の孔104eの中心点P1と、4つの電極104a、104b、104c、104dの8つの端点P2~P9のそれぞれとを結ぶ8本の線分141~148の方向を除く方向を液晶層106の液晶分子の配向方向とすればよい。すなわち、線分141~線分148の方向、線分142~線分143の方向、線分144~

線分 1 4 5 の方向及び線分 1 4 6 ～線分 1 4 7 の方向を除けば、電極分割箇所における光線の集光特性劣化の影響を低減し結像特性の改善することができる。

[0032] このように液晶レンズ 1 0 0 は、第 2 の電極（制御電極） 1 0 4 の分割方向と液晶層 1 0 6 の配向方向を一致させない配置とした構造のため、液晶レンズ 1 0 0 の円形の孔 1 0 4 e 内に入射する角度を持った光に対する集光特性が改善され、像のぼけを低減することができる。

[0033] また、本実施例では液晶層は 1 層で構成されているが、これに限るものではない。液晶層を複数の層で構成することにより、強いレンズパワーを得ることが可能となる。さらに同じレンズパワーを薄い液晶層の組合せで構成できるので動作速度の改善が可能となる。また、偏光方向を変えた組合せにすることで入射光の偏光方向に関係なくレンズ効果を得ることも可能になる。

[0034] <第 2 の実施形態>

図 4、5 は、第 2 の実施の形態に係る液晶レンズ 2 0 0 の構成を示す正面図と B-B' 断面図である。本実施形態における液晶レンズ 2 0 0 は、透明な第 1 の電極 2 0 3、不透明な第 2 の電極 2 0 4、透明な第 3 の電極 2 0 5 a、2 0 5 b、第 2 の電極 2 0 4 と第 3 の電極 2 0 5 a（2 0 5 b）との間に配置された液晶層 2 0 6 a（2 0 6 b）、第 2 の電極 2 0 4 と第 3 の電極 2 0 5 a（2 0 5 b）の間に配置された第 2 の絶縁層 2 0 8 a（2 0 8 b）、第 3 の電極 2 0 5 a（2 0 5 b）の外側に配置された第 4 の絶縁層 2 1 0 a（2 1 0 b）によって構成されている。

[0035] ここで、第 2 の電極 2 0 4 は、円形の孔を有しており、図 4 の正面図に示すように縦、横に分割された 4 つの電極 2 0 4 a、2 0 4 b、2 0 4 c、2 0 4 d によって構成されており、それぞれの電極に独立して電圧を印加することができる。ここで電極 2 0 4 の分割された方向をそれぞれ電極分割方向線分 2 4 0 a、2 4 0 b で示す。また、第 1 の電極 2 0 3 は第 2 の電極 2 0 4 の孔の中心位置に配置されており、電極 2 0 4 b と 2 0 4 d の間のスリットの部分に電極の引き出し線 2 0 3 a、2 0 3 b を設けており、この引き出

し線から電極203に対して電圧が印加される。第1の電極203と、第2の電極を構成する電極204a、204b、204c、204dのそれぞれは、独立に電圧制御を行うことが可能である。液晶層206a1、206a2と液晶層206b1、206b2はそれぞれ2層の液晶層から構成されており、液晶層206a1、206b1と液晶層206a2、206b2は同じ偏光方向となるように配置している。また、液晶層206a1（206b1）と206a2（206b2）は、互いに異なる方向の配向となるように配置している。液晶レンズ200では液晶層206a1、206a2、206b1、206b2へ入射する光線の角度や方向により集光特性に影響が発生し、特に配向方向に平行な面内での特性差は大きい。電極の分割方向と互いの液晶層の配向方向を異なる方向にして配置することによって集光特性の改善を図ることができる。

[0036] また、液晶層206a1（206b1）と、206a2（206b2）は偏光方向が90度となるようにとなるように配置している。液晶層206a1（206b1）と、液晶層206a2（206b2）はそれぞれ1偏光方向の光にのみしかレンズ効果を満たせないが、このように液晶層206a1（206b1）と、液晶層206a2（206b2）の偏光方向を90度となるように配置することで全ての偏光方向の光に対してレンズ効果を得ることができる。それぞれの液晶の配向制御は液晶層206a1、206a2（206b1、206b2）を挟む電極203、204、205の間に電圧を印加することで液晶層206a1、206a2と、液晶層206b1、206b2の液晶分子の配向制御を行う。ここで、液晶層206a1、206b1は配向方向が線分230方向の一方の方向（矢印の方向）となるように配置し、液晶層206a2、206b2は配向方向が線分231方向の一方の方向（矢印の方向）となるように配置している。線分230、231は共に電極分割方向線分240a、240bと一致しない配置となっている。

[0037] ここでは液晶層206a1、206b1と液晶層206a2、206b2がそれぞれ同じ配光方向となるように配置したが、液晶層206a1、20

6 a 2と液晶層206 b 1、206 b 2がそれぞれ同じ配光方向となるようにしてもよい。ただし、この場合、2つの偏光方向での焦点位置のずれが大きくなるため、電極204と電極205 aとの電位差が電極204と電極205 bとの電位差よりも小さくなるように制御する必要がある。

[0038] 一例として液晶レンズ200の寸法を以下に示す。第2の電極204の円形の孔のサイズは約 $\phi 3\text{ mm}$ であり、絶縁層208 a（208 b）の厚みは $700\text{ }\mu\text{ m}$ である。液晶層206の厚さは $30\text{ }\mu\text{ m}$ としている。また、液晶層206 a、206 bの配向方向線分230、231のそれぞれは電極分割方向線分240 a、240 bのそれぞれと45度をなす方向であり、電極の分割方向と液晶層206 a 1、206 a 2と液晶層206 b 1、206 b 2の配向方向のなす角が最大となるような配置としている。また、絶縁層208 a（208 b）は大口径化のため例えば $700\text{ }\mu\text{ m}$ の厚さの透明な硝子等を用いている。このような配置とすることで電極の分割箇所における電界のひずみによる集光特性への影響と液晶の配向方向における集光特性への影響を分散させることが可能であり、レンズの結像特性を改善することが可能である。

[0039] 次に、図4、5に示す液晶レンズ200の動作を説明する。各液晶層206 a 1、206 a 2と液晶層206 b 1、206 b 2における動作に関しては第1の実施形態で説明した動作と同様に、透明な第3の電極205 a（205 b）とアルミニウム薄膜等で構成された第2の電極204との間に電圧を印加すると同時に、第1の電極203と第2の電極204の間にも電圧を印加することにより、円形の孔を有する第2の電極204の中心軸220に軸対象な電界勾配を形成することができる。このように形成された円形電極のエッジ周りの軸対象な電界勾配により、液晶層206 a 1、206 a 2と液晶層206 b 1、206 b 2の液晶分子が電界勾配の方向に配向し、レンズとして機能させることができる。第1の電極203、第2の電極204への電圧の掛け方によってこの液晶層206 a 1、206 a 2と液晶層206 b 1、206 b 2の屈折率分布を自由に変化させることができ、凸レンズや

凹レンズなど自由に光学的な特性の制御を行うことが可能である。また、電極 204 a、204 b、204 c、204 d と第 3 の電極 205 との間にそれぞれ異なった電圧を印加することにより、同一電圧を印加したときには軸対称であった屈折率分布が、円形の孔を有する第 2 の電極中心軸 220 に対して、軸のずれた非対称な分布となり、入射光が直進する方向から偏向するという効果が得られ、焦点位置を光軸に垂直な面内で制御が可能である。

[0040] このように液晶レンズ 200 は、制御電極 204 の分割方向とレンズを構成する全ての液晶層 206 a 1、206 a 2 と液晶層 206 b 1、206 b 2 の配向方向を一致させない配置とした構造のため、液晶レンズ 200 に入射する角度を持った光に対する集光特性が改善され、像のぼけを低減することができる。

[0041] <第 3 の実施形態>

次に、図 6 を参照して、本発明による液晶レンズを用いた撮像装置を説明する。図 6 は、本発明の第 3 の実施形態に係る撮像装置の全体構成を示す機能ブロック図である。図 6 において、200 は液晶レンズである。図 6 において、第 2 の実施形態における液晶レンズ 200 と同一の部分は同一の符号を付して、その応用例も含めて説明を一部省略し、簡単に説明する。なお、電極の分割方向と液晶層の配置方向による結像特性の劣化低減に関しても第 2 の実施形態の説明と同様である。

[0042] 図 6 の撮像装置 300 は、撮像部 310、液晶レンズへの印加電圧を制御する制御部 303、撮像素子からの信号を映像信号へと変換する映像処理部 305 によって構成され、撮像部 310 はさらに撮像素子 304 と撮像素子 304 に像を結像させる撮像レンズ 302 を備えている。ここで、撮像レンズ 302 は第 2 の実施形態において説明した 4 分割された制御電極と 4 層の液晶層を備えた液晶レンズ 200 とガラスによる光学レンズ 301 との組合せによって構成されている。本実施形態では液晶レンズ 200 を用いたがこれに限定せず、分割された電極を有し、かつ電極の分割方向と液晶層の配向方向が一致しないように配置した液晶レンズであれば何でもよい。また、光

学レンズ 301 は他にもプラスチックなどから構成されたものでもよく、撮像レンズとしての組み合わせ方は特に本実施形態に限定しない。例えば、ガラスレンズの間に液晶レンズを挿入した構成とし、ガラスレンズによって液晶レンズへの入射光の入射角度を抑えるような配置としてもよい。この場合、液晶レンズへの入射角度が低減されるためより光学特性のよい撮像レンズを実現できる。

[0043] 制御部 303 は、液晶レンズ 200 に印加する電圧を制御する電圧制御部 303a、303b、303c、303d から構成されている。制御部 303 の電圧制御部 303a、303b、303c、303d のそれぞれは、液晶レンズ 200 内に備える制御電極 204a、204b、204c、204d それぞれの印加電圧を制御する。

[0044] 次に動作について簡単に説明する。撮像レンズ 302 は撮影対象からの光を対応する撮像素子 304 上に結像する。撮像レンズ 302 よって結像されたイメージを撮像素子 304 で光電変換し、光信号を電気信号に変換する。撮像素子 304 で変換された電気信号は映像処理部 305 で、予め設定されたパラメータ等により映像信号を変換する。この映像信号をもとに制御部 303 は最適な焦点位置となるように液晶レンズ 200 の制御電極 204a、204b、204c、204d に対して電圧を印加する。例えば、結像位置がずれていれば光軸の方向を変えるように制御電極 204a、204b、204c、204d に対して電圧を印加する。ここで光軸シフトは例えば、電極 204a、204c への印加電圧を電極 204b、204d よりも大きな値とした場合に、撮像素子 304 に対して電極 204a、204c 側へ光軸がシフトする。つまり、光軸をシフトさせたい方向の電圧が高いように印加電圧を制御すればよい。また、焦点位置がずれていれば（像がぼけていれば）焦点位置を変化させるように制御電極 203 への印加電圧を制御する。この制御は焦点位置を遠くにする場合には印加電圧値を高くし、逆に焦点位置を近づけるに従い印加電圧を小さくする。

[0045] このように、液晶レンズ 200 は電圧の制御のみで光軸方向だけではなく

光軸に垂直な面内においても自由に焦点位置を制御することが可能であり、焦点合わせに駆動機構の必要がない。そのため、撮像装置 300 は簡単な構造でサイズの小型化も可能である。また、制御電極の分割方向と全ての液晶層の配向方向を一致させない配置とした構造となっているため結像性能の劣化を抑制し、良好な画質を得ることができる撮像装置を実現できる。

[0046] <第 4 の実施形態>

次に、図 7 を参照して、本発明による液晶レンズを用いた他の撮像装置を説明する。図 7 は、本発明の実施形態に係る撮像装置 400 の全体構成を示す機能ブロック図である。本実施形態では第 3 の実施形態において説明した撮像装置 300 を複数個（この例では 4 個）組み合わせて構成した多眼の撮像装置である。図 7 において、第 3 の実施形態における撮像装置 300 と同一の部分は同一の符号を付して、その応用例も含めて説明を一部省略し、簡単に説明する。なお、電極の分割方向と液晶層の配置方向による結像特性の劣化低減に関しても第 2 の実施形態の説明と同様である。

[0047] 図 7 に示す撮像装置 400 は、4 系統の撮像部 310 a、310 b、310 c、310 d から構成された撮像装置の一例である。撮像部 310 a は撮像レンズ 302 と撮像素子 304 から構成されており、撮像部 310 b、310 c、310 d の構成も同様である。4 つの撮像部 310 a、310 b、310 c、310 d は、撮影対象を撮像して、4 系統の画像信号を出力する。以下、1 つの撮像部 310 a を例にとり、画像信号の流れを説明する。撮像レンズ 302 よって結像された画像を撮像素子 304 で光電変換し、光信号を電気信号に変換する。撮像素子 304 で変換された電気信号は映像処理部 305 1 で、予め設定されたパラメータ等により映像信号を変換する。映像処理部 305 1 で変換された映像信号は、映像合成部 401 に入る。同時に、他の撮像部 310 b、310 c、310 d からの画像信号は、対応する各映像処理部 305 2、305 3、305 4 で変換処理されて映像合成処理部 401 に入力される。

[0048] 映像合成処理部 401 は、4 系統の撮像部 310 a、310 b、310 c

、310dで撮像された4つの映像信号を同期を取りながら1つの映像信号に合成し、高精細映像として出力する。また映像合成処理部401では、合成された高解像度映像が予め設定した判定値より劣化していた場合は、その判定結果に基づいて、制御信号を生成する。その制御信号に基づいて、各制御部3031～3034は、対応する各撮像レンズ302の光軸制御を行い、再度、映像合成処理部401で判定する。判定結果が良ければ高精細映像を出力し、悪ければ再度、撮像レンズ302を制御することにより高精細映像を出力する。

[0049] なお、本実施形態では4つの撮像部300a～300dを備えた4眼構成であったが、数に限定はなく5眼や6眼、それ以上でも構わない。例えば、緑フィルタを備えた撮像部4個と赤と青のフィルタを備えた撮像部をそれぞれ1個組み合わせた6眼構成とすることで、緑の撮像部により高精細化を行い、それに赤と青の撮像部からの映像信号を合成処理して高精細なカラー画像を得るようにしてもよい。このような手法により感度の良い撮像装置を実現でき、明るく画質の良い画像を得ることができる。

[0050] また、本発明の撮像装置400では液晶レンズ200は電圧の制御のみで光軸方向だけではなく光軸に垂直な面内においても自由に焦点位置を制御することが可能であるため、焦点合わせに駆動機構の必要がなく、簡単な構造でサイズの小型化も可能である。また、液晶レンズは制御電極の分割方向と全ての液晶層の配向方向を一致させない配置とした構造となっているため結像性能の劣化を抑制し、良好な画質を得ることができる撮像装置を実現できる。

[0051] 以上説明したように、少なくとも2つの領域に分割された制御電極を備える液晶レンズ有効領域内において、対向する制御電極同士の境界の方向と一致しないように液晶層の配向方向を決めるようにしたため、制御電極の境界部分近傍における光線の集光特性劣化の影響を低減し結像特性を改善することが可能になる。また、この液晶レンズを撮像装置に組込むことで、高精度な光軸調整可能になり、高画質な画像を撮像することが可能になる。

産業上の利用可能性

[0052] 液晶を用いて光学レンズを構成することが不可欠な用途に適用できる。

符号の説明

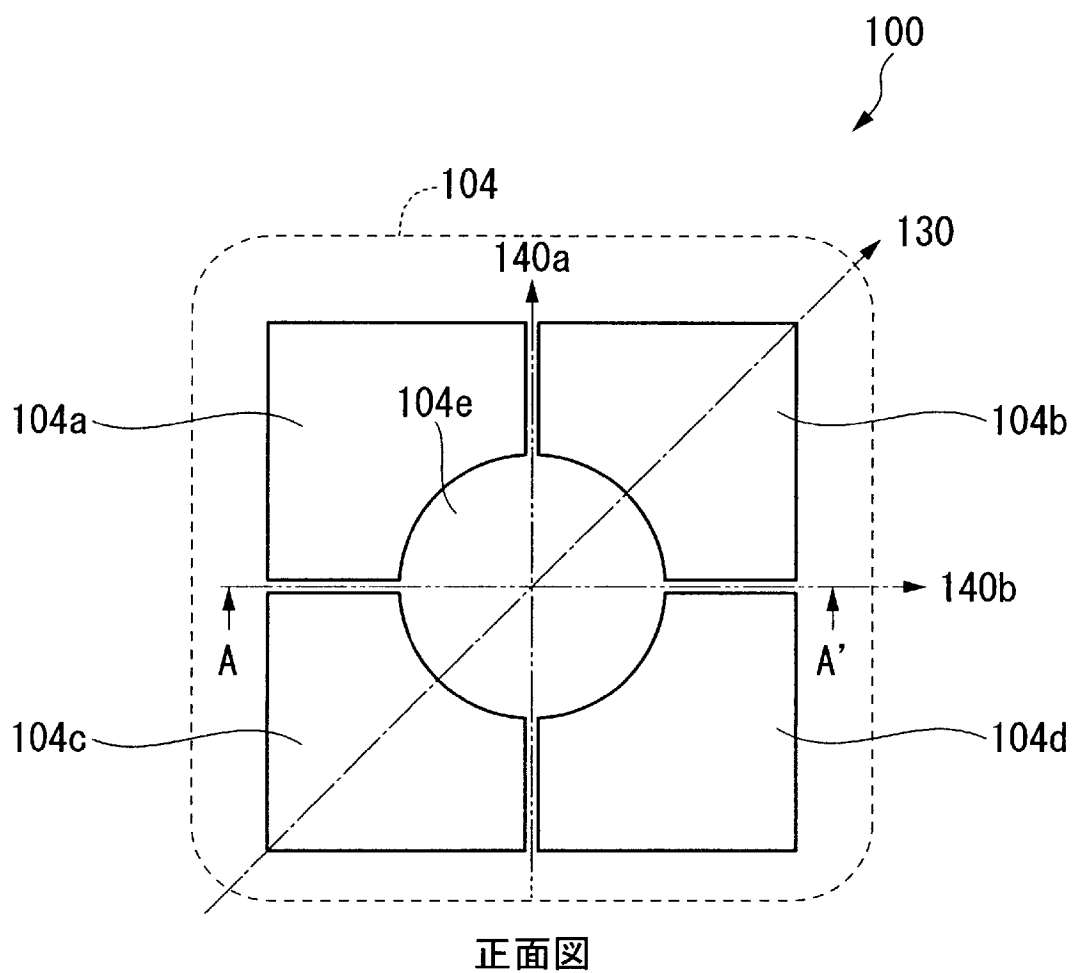
[0053] 100・・・液晶レンズ、103・・・第1の電極、104・・・第2の電極、105・・・第3の電極、106・・・液晶層106、107・・・第1の絶縁層、108・・・第2の絶縁層、109・・・第3の絶縁層、110・・・第4の絶縁層

請求の範囲

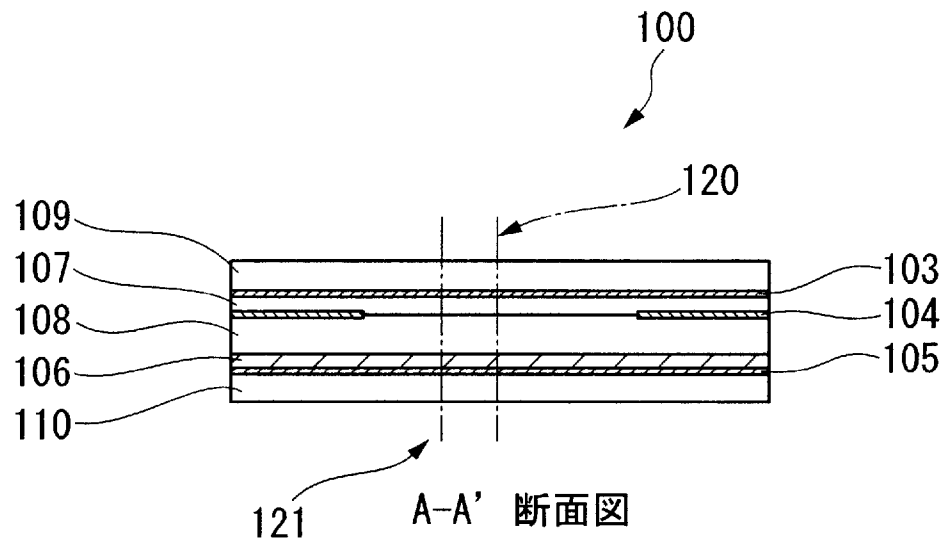
- [請求項1] 互いに対向する制御電極と固定電極との間に液晶層を有し、前記対向する電極間に電圧を印加することにより前記液晶層の液晶分子の配向制御を行う液晶レンズであって、
- 前記制御電極は少なくとも2つの領域に分割され、前記液晶層の配向方向はレンズ有効領域内において、対向する前記制御電極同士の境界の方向と一致しないことを特徴とする液晶レンズ。
- [請求項2] 前記制御電極は、孔を有する孔抜き電極であり、前記境界により孔の径方向に分割され、各電極には独立に電圧を印加することを特徴とする請求項1に記載の液晶レンズ。
- [請求項3] 前記液晶層の配向方向と、前記対向する制御電極同士の境界の方向とが最大角をなすことを特徴とする請求項1または2のいずれかに記載の液晶レンズ。
- [請求項4] 制御電極と、それに対向するようにその両側に設けられた固定電極との間にそれぞれ液晶層を有し、前記対向する電極間に電圧を印加することにより前記液晶層の液晶分子の配向制御を行う液晶レンズであって、
- 前記制御電極は少なくとも2つの領域に分割され、前記液晶層の配向方向はレンズ有効領域内において、対向する前記制御電極同士の境界の方向と一致しないことを特徴とする液晶レンズ。
- [請求項5] 前記制御電極は、孔を有する孔抜き電極であり、前記境界により孔の径方向に分割され、各電極には独立に電圧を印加することを特徴とする請求項4に記載の液晶レンズ。
- [請求項6] 前記液晶層の配向方向と、前記対向する制御電極同士の境界の方向とが最大角をなすことを特徴とする請求項4または5のいずれかに記載の液晶レンズ。
- [請求項7] 前記2つの液晶層の配向方向は垂直であること特徴とする請求項4から6のいずれかに記載の液晶レンズ。

[請求項8] 請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の液晶レンズと、撮像素子と、前記液晶レンズに印加する電圧を制御することにより前記撮像素子に入射する光の光軸の方向を制御する光軸制御部とを備えることを特徴とする撮像装置。

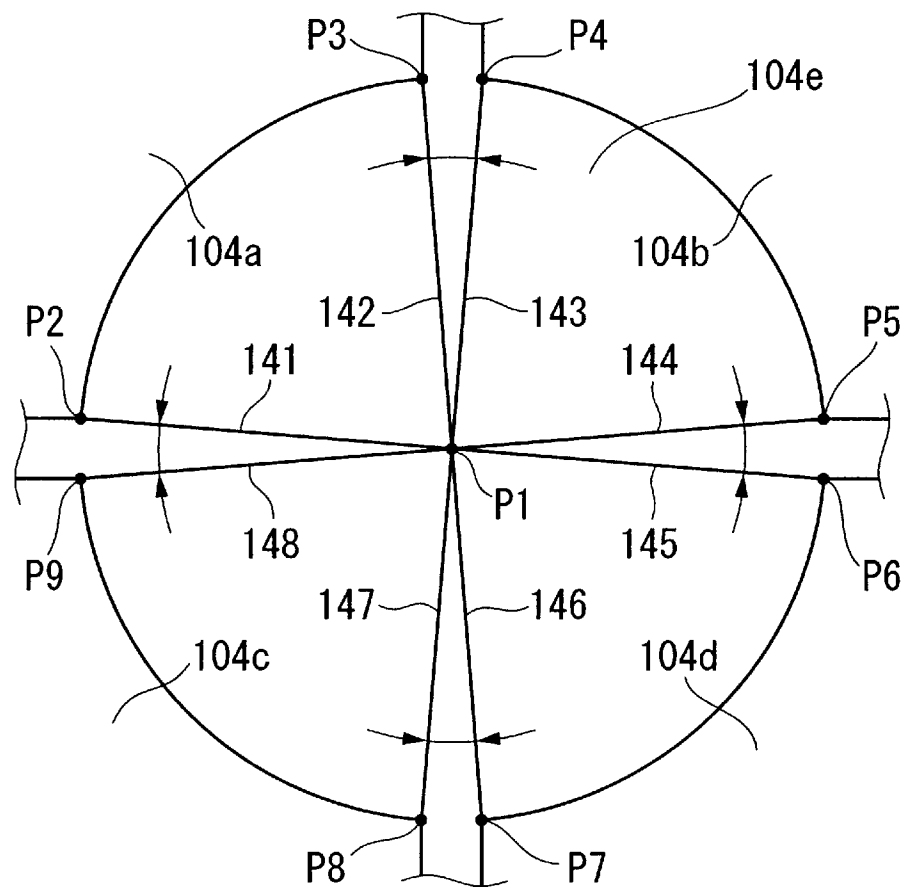
[図1]



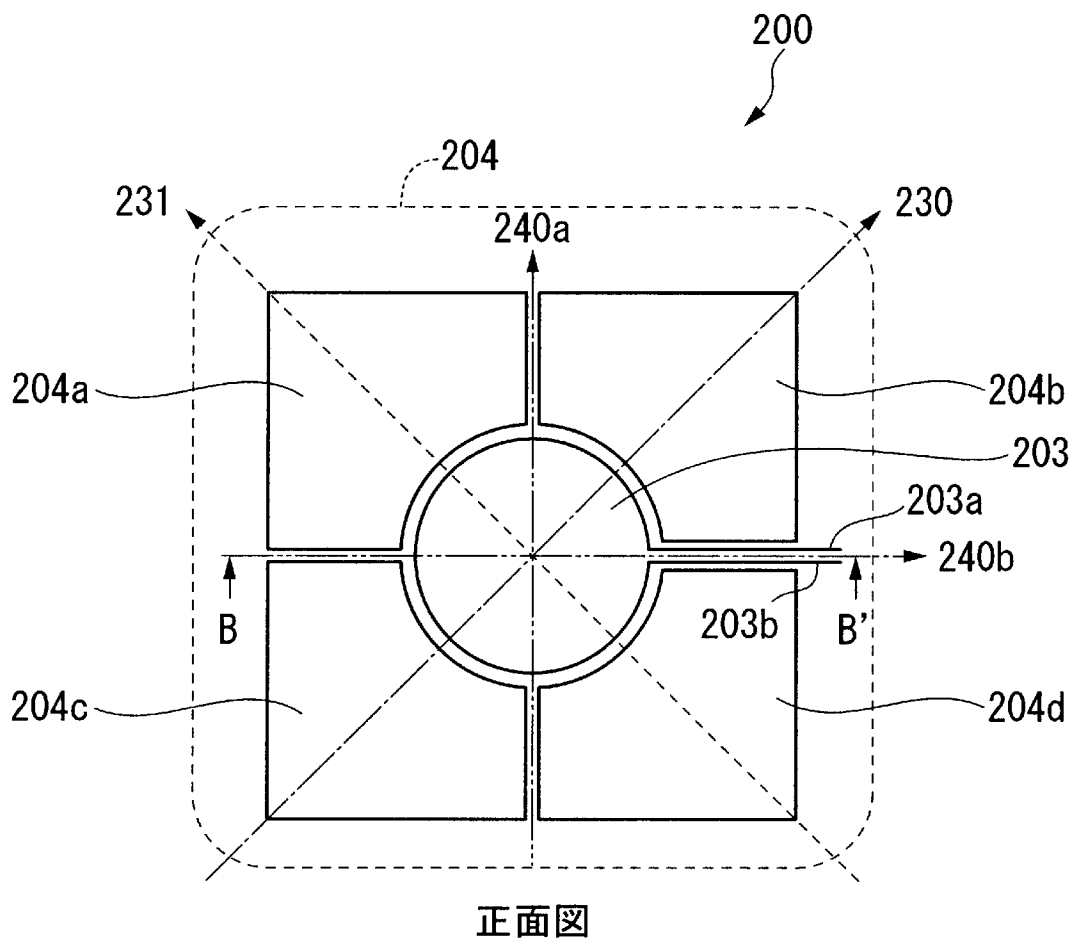
[図2]



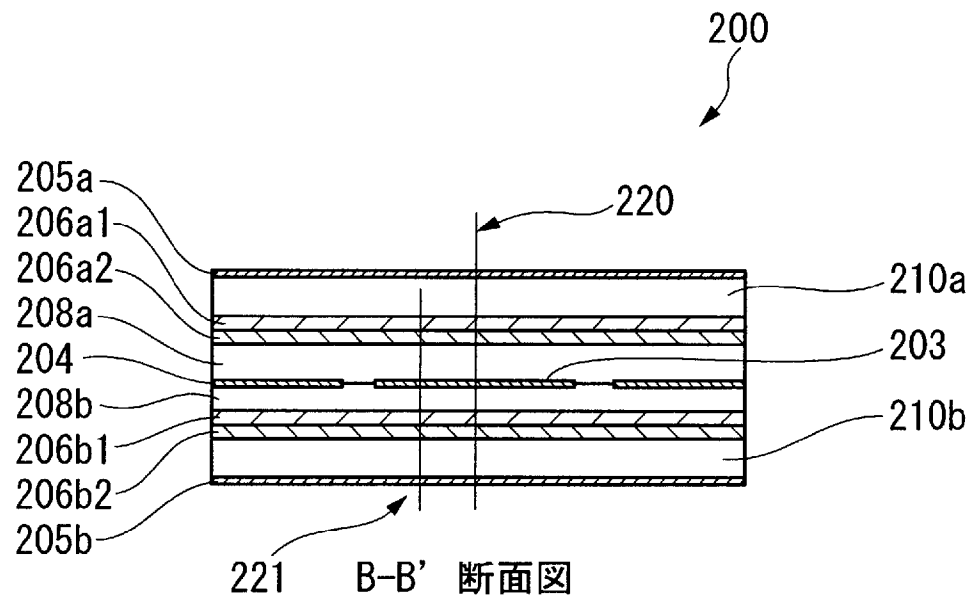
[図3]



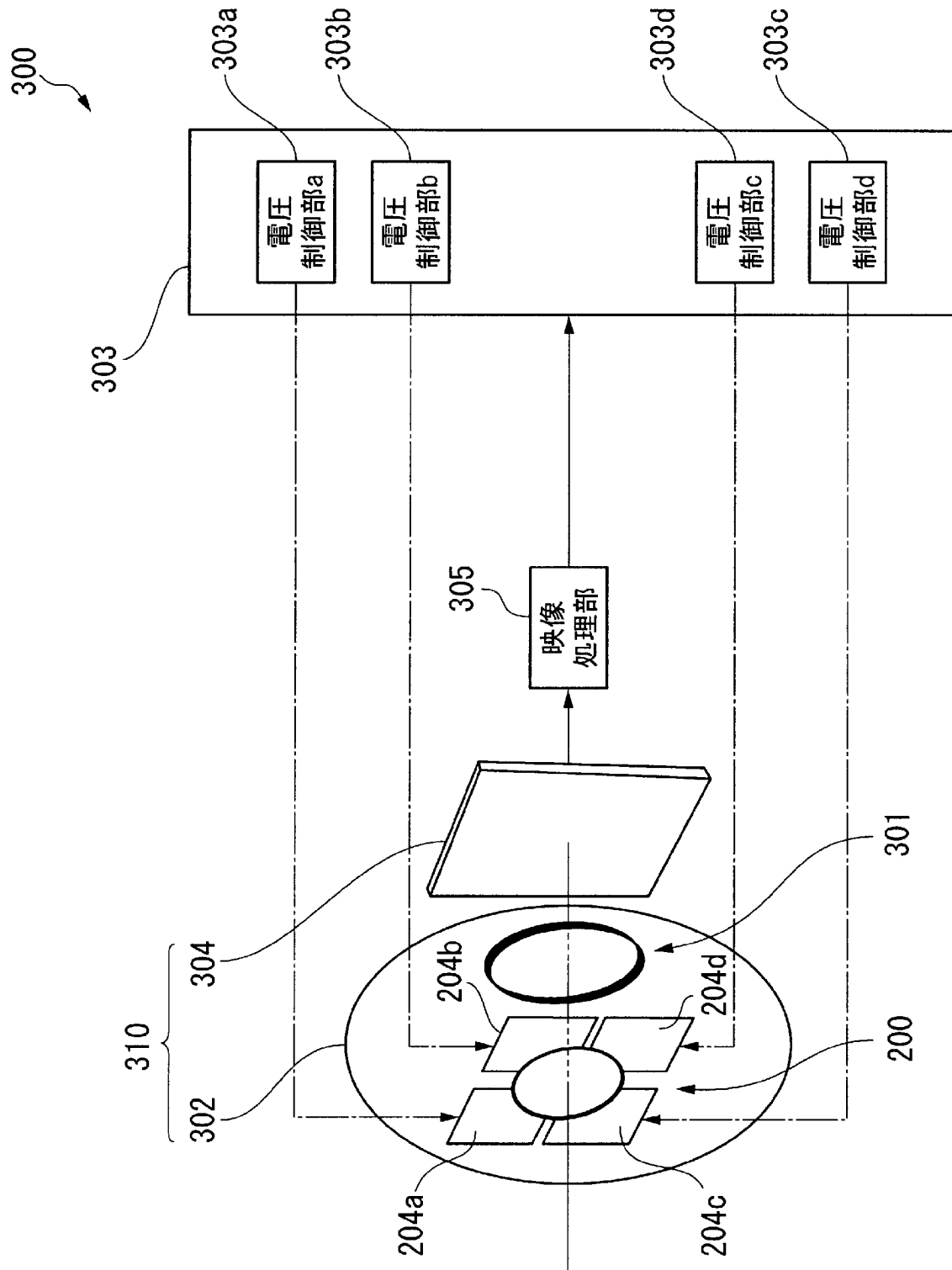
[図4]



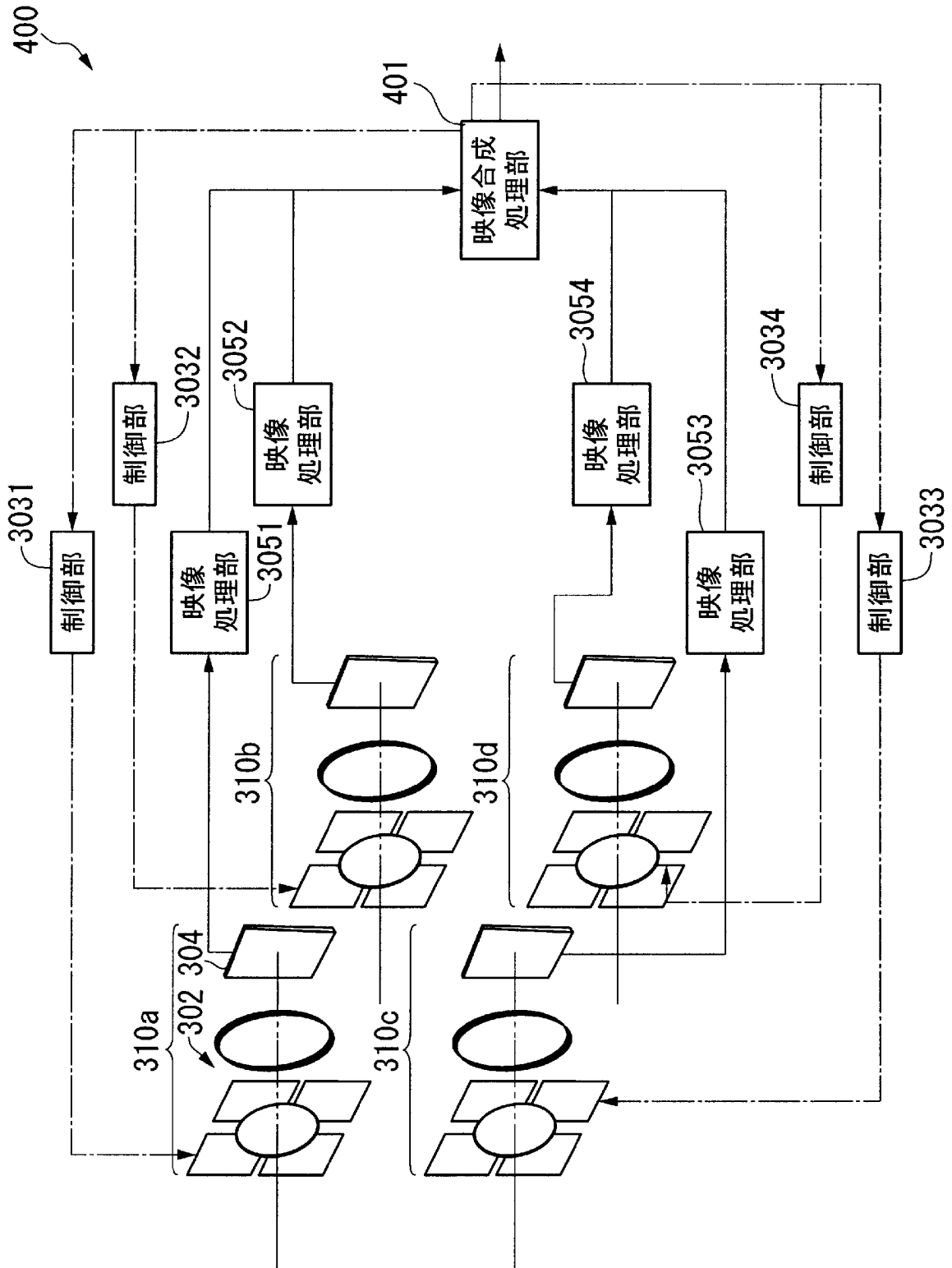
[図5]



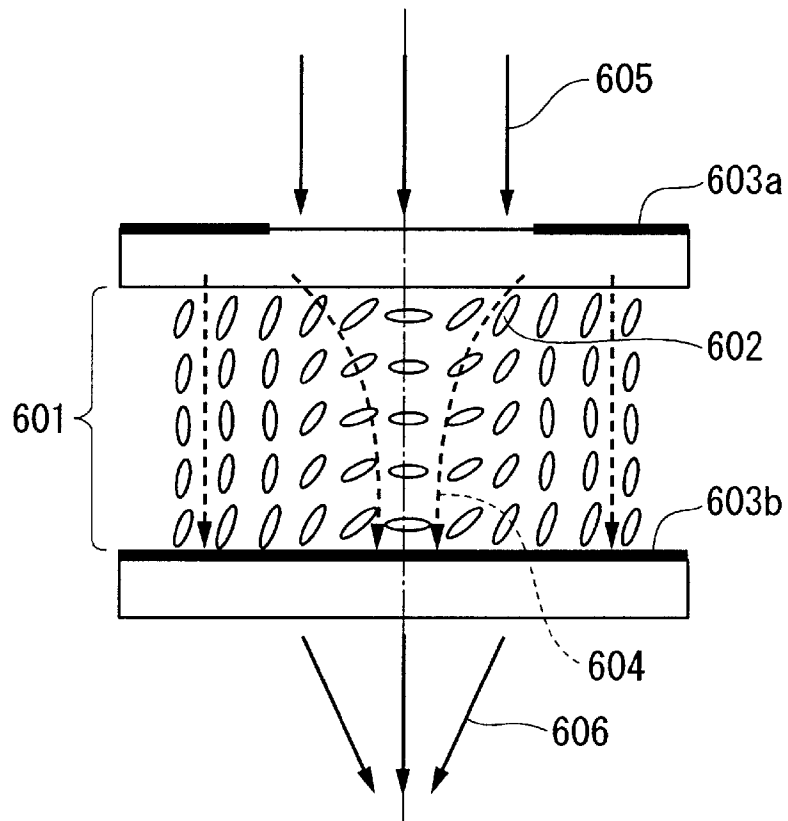
[図6]



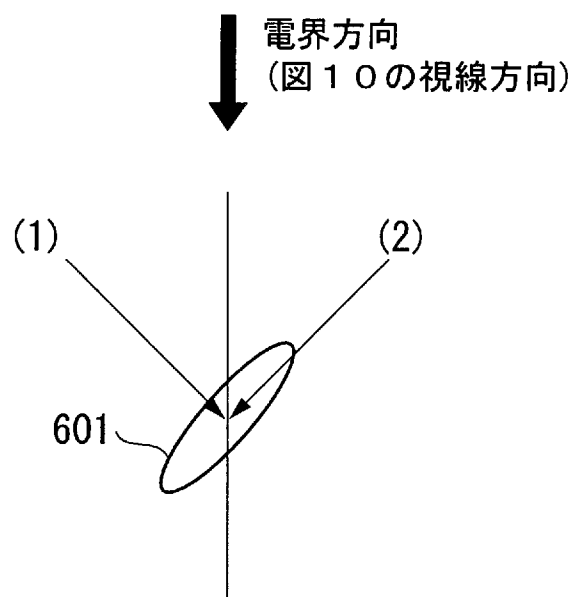
[図7]



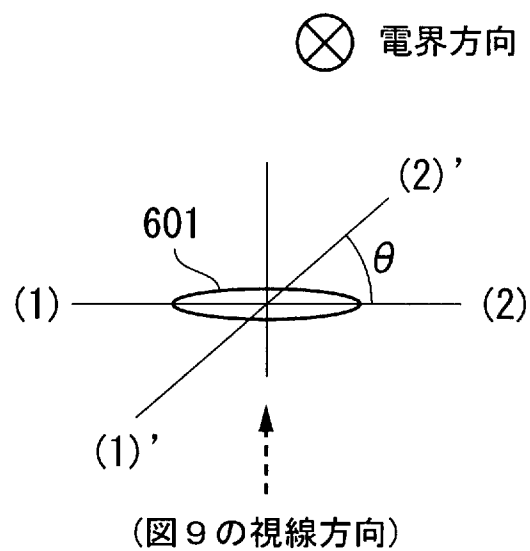
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/005756

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/13(2006.01)i, G02B3/14(2006.01)i, G02F1/1343(2006.01)i, G02F1/1347(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F1/13, G02B3/14, G02F1/1343, G02F1/1347

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-109304 A (Advantest Corp.), 23 April 1999 (23.04.1999), paragraphs [0019] to [0034]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-7
X	JP 2007-115299 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 10 May 2007 (10.05.2007), paragraphs [0041] to [0049]; fig. 1(a), 4 (Family: none)	1, 3, 4, 6, 7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 January, 2010 (06.01.10)

Date of mailing of the international search report
19 January, 2010 (19.01.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02F1/13(2006.01)i, G02B3/14(2006.01)i, G02F1/1343(2006.01)i, G02F1/1347(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02F1/13, G02B3/14, G02F1/1343, G02F1/1347

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 11-109304 A（株式会社アドバンテスト）1999.04.23, 【0019】 - 【0034】, 第1 - 4図（ファミリーなし）	1 - 7
X	JP 2007-115299 A（コニカミノルタホールディングス株式会社）2007.05.10, 【0041】 - 【0049】, 第1図（a）第4図（ファミリーなし）	1, 3, 4, 6, 7

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 0 1 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 1 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

金高 敏康

2 L

9 7 1 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3255