

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010 年 5 月 14 日(14.05.2010)

PCT

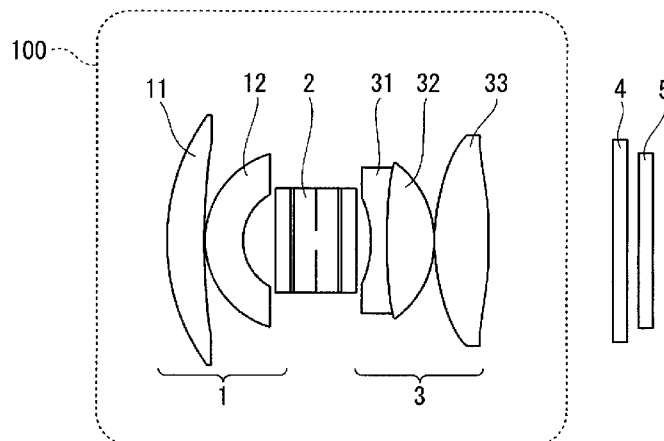
(10) 国際公開番号
WO 2010/052870 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01) *G02F 1/13* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/005766
- (22) 国際出願日: 2009 年 10 月 29 日(29.10.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-284198 2008 年 11 月 5 日(05.11.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社 (Sharp Kabushiki Kaisha) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 北川真 (KITAGAWA, Makoto) [JP/—].
- (74) 代理人: 船山武, 外(FUNAYAMA, Takeshi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: IMAGING LENS

(54) 発明の名称: 撮像レンズ

[図1]



(57) Abstract: An imaging lens includes a front lens group disposed on the side of an object to be imaged, a rear lens group disposed on the side of an imaging device, and a liquid crystal lens disposed between the front and rear lens groups, having a liquid crystal layer sandwiched between two electrodes opposite to each other, and used for changing the distribution of the refractive index by controlling orientation of liquid crystal molecules of the liquid crystal layer by applying a voltage between the electrodes. The light beam exiting from the front lens group is made to enter the liquid crystal lens in such a way that upper and lower ones of light rays exiting from the front lens group are made parallel to the main light ray and the light beam exiting from the liquid crystal lens is focused on the imaging device by the rear lens group. With such a configuration, the liquid crystal lens used in the imaging lens resolves the degradation of the focusing performance of the peripheral rays without increasing the diameter of the liquid crystal lens.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/052870 A1



被写体側に配置される前群レンズと、撮像素子側に配置される後群レンズと、前群レンズと後群レンズの間に配置され、互いに対向する２つの電極の間に液晶層を有し、対向する電極間に電圧を印加することにより液晶層の液晶分子の配向制御を行うことにより屈折率分布を変化させて液晶レンズとして機能させる液晶レンズとを備える撮像レンズであって、前群レンズから出射する光束の上光線と下光線が主光線と平行になるようにして、液晶レンズへ入射させ、後群レンズにより液晶レンズからの出射光を撮像素子に結像させる。この構成により、撮像レンズ内に用いる液晶レンズを大口径化させることなく周辺光の結像性能が低下を防止することができる。

明 細 書

発明の名称：撮像レンズ

技術分野

[0001] 本発明は、液晶レンズを備える撮像レンズに関する。

本願は、２００８年１１月０５日に、日本に出願された特願２００８－２８４１９８号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来から、カメラの撮像光学系内に液晶レンズを配置する撮像レンズが提案されている。例えば、液晶レンズをカメラの絞りに隣接して絞りの前、あるいは絞りの後に配置し、液晶レンズのレンズとして機能する領域を絞りの開口量とほぼ同じ位に設定することで液晶レンズのレンズ機能領域を小さい面積の領域にすることができ、また、レンズ機能領域の面積が小さくなることにより、レンズパワーを高めることができ、焦点距離の調整範囲を広くすることができるものがある（例えば、特許文献１参照）。

[0003] また、カメラの撮像系にフォーカス機能を有する液晶レンズを配設したものが知られている（例えば、特許文献２参照）。このフォーカス機能が得られる液晶レンズに印加する電圧量を変化させることによって自由に焦点距離の調整ができるため、レンズをアクチュエータによって移動させて焦点距離を調整する機構が不要となり、カメラの構造を薄型にすることができる。また、液晶レンズのレンズ機能領域を除いた領域部分に遮光膜を設け、液晶レンズ内に強い光が入ってもその遮光膜により光を吸収して遮り、強い光が結像部材に届くのを防止してフレア現象やゴースト現象などの発生を防止することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２００７－２０６２９９号公報

特許文献２：特開２００７－２０６３００号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] ところで、撮像レンズは、得られる画像の画角を大きくしようとする場合、一般的に撮像レンズを構成する液晶レンズ等の光学系部材を大口径化する必要がある。
- [0006] しかしながら、撮像レンズ内に用いる液晶レンズの大口径化は液晶ガラスの厚みの増大、印加電圧の増大を招き、更に液晶レンズの焦点距離も長くなるという問題がある。また撮像する画角が大きくなると周辺光の結像性能が低下してしまうという問題もある。
- [0007] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、撮像レンズ内に用いる液晶レンズを大口径化させることなく周辺光の結像性能が低下を防止することができる撮像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

- [0008] 本発明は、被写体側に配置される前群レンズと、撮像素子側に配置される後群レンズと、前記前群レンズと前記後群レンズの間に配置され、互いに対向する2つの電極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ことにより屈折率分布を変化させてレンズとして機能させる液晶レンズとを備える撮像レンズであって、前記前群レンズから出射する光束の上光線と下光線が主光線と平行になるようにして、前記液晶レンズへ入射させ、前記後群レンズにより前記液晶レンズからの出射光を前記撮像素子に結像させることを特徴とする。
- [0009] 本発明は、前記前群レンズは、正のパワーを持つレンズと、負のパワーを持つレンズとから構成し、前記正のパワーを持つレンズの後側焦点と前記負のパワーを持つレンズの焦点が略一致するように、前記正のパワーを持つレンズと前記負のパワーを持つレンズを配置したことを特徴とする。
- [0010] 本発明は、前記液晶レンズの液晶層は、絞りと組み合わせられていることを特徴とする。
- [0011] 本発明は、前記液晶レンズの液晶層は、前記絞りを挟んで複数設けられて

おり、かつ前記絞りを挟んで設けられた液晶層の液晶分子は互いに90度ずれて配向しており、あらゆる振動方向の光を利用可能にすることを特徴とする。

[0012] 本発明は、前記絞りを挟んで設けられた液晶層は、それぞれ2つの液晶層からなることを特徴とする。

[0013] 本発明は、前記互いに対向する2つの電極は、円形の切欠きを有する第1の電極と、前記円形部分に間隔を置いて配置された略円形状の第2の電極とからなることを特徴とする。

[0014] 本発明は、前記第1の電極は、4分割されていることを特徴とする。

[0015] 本発明は、前記液晶レンズの直径は、入射角の正接に前記電極から前記液晶層までの距離の2倍を掛けたものに前記絞りの直径を加えたものに等しいかより大きいことを特徴とする。

[0016] 本発明は、前記液晶レンズの直径は、1mm以上4mm以下であることを特徴とする。

[0017] 本発明は、前記液晶レンズの直後に平行配向した液晶フィルムを配置したことを特徴とする。

[0018] 本発明は、前記後群レンズの後に平行配向した液晶フィルムを配置したことを特徴とする。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、液晶レンズへ入射する光束の上光線と下光線が主光線と平行になるため、画角が大きい場合であっても液晶レンズを大口径化する必要がなくなり、液晶ガラスの厚みの増大、印加電圧の増大を防止することができるという効果が得られる。また撮像する画角が大きくなっても周辺光の結像性能が低下してしまうことを防止することができるという効果も得られる。

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撮像レンズ100の構成を示す図である。

[図2] 図1に示す前群レンズ1の構成を示す図である。

[図3] 図1に示す液晶レンズ2の構成を示す正面図である。

[図4] 図1に示す液晶レンズ2の構成を示す断面図である。

[図5] 図3に示す液晶レンズ2の電極の構成を示す図である。

[図6] 図3に示す液晶レンズ2に電圧を印加した時の液晶分子のダイレクタ方向を示す説明図である。

[図7] 図3に示す液晶レンズ2内の光束の方向を示す説明図である。

[図8] 図1に示す撮像レンズ100の光路を示す説明図である。

[図9] MTF特性を示す説明図である。

[図10] MTF特性を示す説明図である。

[図11] 本発明の第2の実施形態における液晶レンズ2の構成を示す図である。

[図12] 液晶レンズ2による焦点の位置ずれを示す説明図である。

[図13] 本発明の第3の実施形態における撮像レンズ101の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] <第1の実施形態>

以下、本発明の第1の実施形態による撮像レンズを図面を参照して説明する。図1は同実施形態の構成を示す図である。この図において、符号100は、撮像レンズであり、被写体側に配置される前群レンズ1、液晶レンズ2及び撮像素子5側に配置される後群レンズ3から構成する。符号4は、カバーガラスであり、撮像素子5を保護する。撮像素子5には、CCD (Charge Coupled Device) センサやCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサなどを用いる。前群レンズ1は、第1のレンズ11、第2のレンズ12で構成する。後群レンズ3は、第3のレンズ31、第4のレンズ32及び第5のレンズ33で構成する。被写体（図示せず）からの光束は、前群レンズ1によって撮像レンズの絞り中心で主光線が交わるように進行し、液晶レンズ2に入射する。液晶レンズ2を透過し射出した光束は、後群レン

ズ 3 により集光され、カバーガラス 4 を透過し撮像素子 5 の受光面に結像される。これにより、撮像素子 5 の受光面には、撮像レンズ 100 によって、被写体の像が結像することになる。撮像素子 5 は、この結像された光の強弱を光電変換し、得られた電気信号は画像処理して、デジタル画像を生成する。

[0022] 次に、図 2 を参照して、図 1 に示す前群レンズ 1 の構成について説明する。図 2 に示すように、前群レンズは 2 枚のレンズで構成されており、第 1 のレンズ 11 は正のパワーを持つ凸レンズ、第 2 のレンズ 12 は負のパワーを持つ凹レンズであり、前群レンズ 1 全体としては正のパワーを持つレンズを構成している。第 1 のレンズ 11 の後側焦点 f_1 と第 2 のレンズ 12 の前側焦点 f_2 は略一致するように配置されている。このため、第 1 のレンズ 11 に入射して第 2 のレンズ 12 から射出する被写体からの光は、上光線 a と下光線 b のそれぞれが主光線 c に該平行になる。なお、色収差の補正のためには、第 1 のレンズ 11 に低分散硝材（アッベ数が大）、第 2 のレンズ 12 に高分散硝材（アッベ数が小）を用いることが望ましい。

[0023] 次に、図 3～図 7 を参照して、図 1 に示す液晶レンズ 2 の構成について説明する。図 3、図 4 は、図 1 に示す液晶レンズ 2 の構成を示す正面図と断面図である。図 3 の正面図に示すように、液晶レンズ 2 の中央には以下に詳説する略円形の物理的に特異な部分 215 を有する。液晶レンズ 2 は、同一層にある透明な第 1 の電極 201 と第 2 の電極 202、透明な第 3 の電極 203、透明な第 4 の電極 204、第 1 の電極 201 と第 3 の電極 203 の間に配置された第 1 の絶縁層 205、第 2 の絶縁層 206、第 3 の絶縁層 207、第 1 の電極 201 と、第 4 の電極 204 の間に配置された第 4 の絶縁層 208、第 5 の絶縁層 209、第 6 の絶縁層 210、第 1 の絶縁層 205 と第 2 の絶縁層 206 の間に配置された第 1 の液晶層 211、第 2 の絶縁層 206 と第 3 の絶縁層 207 の間に配置された第 2 の液晶層 212、第 4 の絶縁層 208 と第 5 の絶縁層 209 の間に配置された第 3 の液晶層 213、第 5 の絶縁層 209 と第 6 の絶縁層 210 の間に配置された第 4 の液晶層 214

、第１の電極２０１、第２の電極２０２に接して配置され絶縁遮光層で作成された円形開口の絞り２１５によって構成されている。

[0024] 図４に示す第１の電極２０１は、図５に示すように、透明かつ導電性の薄膜（例えば、ITO（酸化インジウム錫）からなる）の中央部分を円形に切り欠いた円形切欠部と、膜の一部細片を切り欠いた細片切欠部を有する。円形切欠部は、細片切欠部を通して外部に通じている。第１の電極２０１は、円形開口の外側に電圧を印加するための電極である。また、第２の電極２０２は、円形状の透明かつ電導性の薄膜からなり、この電極の外周の一部には透明かつ電導性の細片２０２aが導通性を保つ状態で付加されている。第２の電極２０２および細片２０２aは、第１の電極２０１の円形切欠部及び一部細片切欠部に間隔を空けて収められている。第２の電極２０２は、円形開口の内側に電圧を印加するための電極である。第１の電極２０１と第２の電極２０２は、それぞれの電極に独立した電圧を印加することができる構造となっている。

[0025] また、第１の液晶層２１１と第３の液晶層２１３の液晶分子（例えば、ネマチック液晶分子）は、同一方向（例えば、図５に示す斜め４５度の配向方向A）に配向されており、第２の液晶層２１２と第４の液晶層２１４の液晶分子は、第１の液晶層２１１と第３の液晶層２１３の液晶分子の配向方向を、円形開口の中心を中心として電極２０３側から見て時計回りに９０度回転した方向（例えば、図５に示す配向方向B）に配向されており、P偏光波とS偏光波の両者を利用できるので、液晶レンズ２はあらゆる振動方向の光に対してレンズとして機能することが可能である。図５に示す配向方向A及び配向方向Bは、第１の電極２０１の引き出し部２０２aが延びる方向と一致していないことが望ましい。なお、図４に示す液晶レンズ２は、第２の電極２０２に対して厚み方向に対称な構造となっており、高速化のため各振動方向に２層ずつの層を有する構造としている。

[0026] 次に、図４に示す液晶レンズ２の寸法の一例を示す。第２の電極２０２の円形状外形の径は約３mmである。第３の絶縁層２０７と第４の絶縁層２０

8の厚さは、円形開口の径から決定するものであり、 $700\mu\text{m}$ である。第2の絶縁層206と第5の絶縁層209の厚みが大きいと90度異なる2偏光の液晶レンズ2の光軸方向の結像位置の位置ずれが大きくなり、撮像光学系の結像性能が悪くなるため、なるべく薄いほうが良い。ここでは、第2の絶縁層206と第5の絶縁層209の厚みを $70\mu\text{m}$ としている。第1絶縁層205と第6の絶縁層210の厚みも液晶レンズ2の厚みに影響し、なるべく薄いほうが撮像レンズ100の結像性能が良くなるため、ここでは $500\mu\text{m}$ としている。なお、絶縁層の材料には、可視光を透過する必要があるため、ガラスなどを用いるのがよい。

[0027] また、第2の電極202、第3の電極203、第4の電極204は可視光を透過する必要があるため、透明導電膜であるITO (Indium Tin Oxide) 膜等をガラス薄板の表面に対してスパッタリングを用いて形成されている。第1の電極201は、第2の電極作成の際に用いたガラス薄板の表面に蒸着したITO膜でもよいし、アルミニウム等の金属薄膜でもよい。

[0028] 次に、図3、図4に示す液晶レンズ2の動作を説明する。円形開口を持つ第1の電極201と、第2の電極202と、第3の電極203、第4の電極204の間に電位差を与えることにより、円形開口を有する第1の電極201の中心軸220に対して軸対象な電界が発生する。第1の液晶層211、第2の液晶層212、第3の液晶層213、第4の液晶層214中の液晶分子は、発生した電界に沿って配向する。液晶分子は、複屈折性を持っており、楕円形をした液晶分子の長軸方向の屈折率と、短軸方向の屈折率が異なる。通常、楕円形をした液晶分子では、「短軸方向の屈折率>長軸方向の屈折率」となる。

[0029] 第1の電極201に印加する電圧を V_1 、第2の電極202に印加する電圧を V_2 、第3の電極203に印加する電圧を V_3 、第4の電極204に印加する電圧を V_4 とし、 $V_3 = V_4$ 、 $V_4 < V_2 < V_1$ となるように各電圧を印加すると、図6に示すように液晶層のダイレクタ方向（液晶分子の平均的な配向方向）が変化する。これにより、円形開口を有する第1の電極20

1の中心軸220から周辺にかけて液晶分子の角度が変化して、屈折率分布が発生する。このとき中心の屈折率のほうが周辺の屈折率より高く、その中心を通る一断面の分布が2次曲線に近い特性となることから、正のパワーを持つ屈折率分布レンズとしての作用を持つ。

[0030] また、第1の電極201と第2の電極202に印加する電圧を調整することにより、液晶レンズ2の焦点距離を変えることができるため、可変焦点レンズとして機能させることも可能である。また、第1の電極201に印加する電圧を V_1 、第2の電極202に印加する電圧を V_2 、第3の電極203に印加する電圧を V_3 、第4の電極204に印加する電圧を V_4 とし、 $V_3 = V_4$ 、 $V_4 < V_1 < V_2$ となるように電圧を印加すると、円形開口を有する第1の電極201の中心軸220から周辺にかけて液晶分子の角度が変化して屈折率分布が発生する。このとき中心の屈折率のほうが周辺の屈折率より低く、その中心を通る一断面の分布が2次曲線に近い特性となることから、負のパワーをもつ可変焦点レンズとしての機能させることも可能となる。

[0031] ここでは、第1の電極201と第2の電極202の間に20Vrms (rms: root mean square value)の実効電圧を印加し、また、第2の電極202と第3、第4の電極203、204の間に70Vrmsの実効電圧を印加し、第1の電極201と第3、第4の電極203、204の間には90Vrmsの実効電圧を印加し、凸レンズとして機能させる。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。例えば100Vrmsの交流正弦波は、 ± 144 V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。

[0032] このように、液晶レンズ2の焦点距離は面内の液晶層のダイレクタ方向の変化による屈折率分布で決定されるため、液晶分子の複屈折でその最大値が決まり、上記の電圧値を印加したときの焦点距離は約200mmとなる。図1に示す撮像レンズ100の焦点距離は約7mmであるため、液晶レンズ2のパワーは撮像レンズ100のパワーの約3%である。このため、液晶レン

ズ 2 単体での屈折力は小さい。前群レンズ 1 から入射した光束の第 1 の液晶層 2 1 1 での屈折角度は約 0.5 度と小さいため、前群レンズ 1 から入射した上光線、主光線、下光線はほぼ平行な状態で、液晶レンズ 2 から出射する。液晶レンズ 2 はレンズとして利用する径を大きくすると、第 3 の絶縁層 2 0 8 と、第 4 の絶縁層 2 0 9 を厚くする必要があるため、撮像レンズ 1 0 0 の長さが増大する。更にそれに伴い第 1 の電極 2 0 1、第 2 の電極 2 0 2 への印加電圧も高くする必要があるため、液晶レンズ 2 の径（電極 2 0 2 の円形状外形の径）は $\phi 1\text{ mm} \sim \phi 4\text{ mm}$ とすることが望ましい。

[0033] このことから、図 7 に示すように、液晶レンズ 2 の第 1 の電極 2 0 2 付近に、中心に円形の開口を有する開口絞り 2 1 5 を液晶レンズ 2 の中心軸 2 2 0 に合わせて配置することにより、第 1 の液晶層 2 1 1 と第 4 の液晶層 2 1 4、第 2 の液晶層 2 1 2 と第 3 の液晶層 2 1 3 を透過する光束径をほぼ同じにすることができ、このとき液晶層を透過する光束径が最小となる。ここで、円形開口絞り 2 1 5 は、第 1 の電極 2 0 1、第 2 の電極 2 0 2 の近傍にあるため絶縁性を持ち、かつ可視光を透過しないことが必要であり、チタン系黒色顔料や、絶縁性の酸化クロム（ Cr_2O_3 ）膜などを用いることができる。

[0034] 次に、図 1 に示す後群レンズ 3 について説明する。後群レンズ 3 は、図 8 に示すように凹のパワーを持つ第 3 のレンズ 3 1 と正のパワーを持つ第 4 のレンズ 3 2、正のパワーを持つ第 5 のレンズ 3 3 により構成されている。更に第 3 のレンズ 3 1 と第 4 のレンズ 3 2 は貼り合わせレンズとなっており、第 3 のレンズ 3 1 に高分散硝材（アッベ数が小）、第 4 のレンズ 3 2 に低分散硝材（アッベ数が大）を用いることにより、色収差を補正することが可能である。

[0035] ここで、液晶レンズ 2 からの出射光はほぼ平行光であるため液晶レンズ 2 中の円形開口絞り 2 1 5 の直径を D_1 、後群レンズ 3 の焦点距離を f_2 、撮像レンズ 1 0 0 の F ナンバーを F としたとき、

$$D_1 = f_2 / F$$

の関係が成立する。

- [0036] また液晶レンズ2中の円形開口絞り215への光束の入射角度を θ [rad]、第1の電極201から第1の液晶層211までの距離を T 、第1の液晶層211での光束径を D_2 とすると

$$D_2 = D_1 + 2T \cdot \tan \theta = f_2 / F + 2T \cdot \tan \theta$$

となる。ここで液晶レンズ2の直径（電極202の円形状外形の径）を D_L とすると、

$$D_L \geq f_2 / F + 2T \cdot \tan \theta$$

とすることが望ましい。

- [0037] また、液晶レンズ2の直径 D_L は1mmから4mmが望ましいため、

$$1 \leq f_2 / F + 2T \cdot \tan \theta \leq 4$$

とすることが望ましい。

- [0038] $D_L < f_2 / F + 2T \cdot \tan \theta$ の場合は、周辺光量が低下するため、周辺光の F_{no} の増大により回折限界のMTF特性が低下し、画面周辺での高い空間周波数でのコントラスト（MTF）の低下を招く。図9に、 $D_L \geq f_2 / F + 2T \cdot \tan \theta$ の場合画面センタと画面周辺におけるMTF曲線の一例を示す。また、図10に、 $D_L < f_2 / F + 2T \cdot \tan \theta$ の場合の画面センタと画面周辺におけるMTF曲線の一例を示す。横軸は空間周波数であり、縦軸はMTFをパーセントで示す。図9、図10に示すように、 $D_L \geq f_2 / F + 2T \cdot \tan \theta$ を満たす場合の方が、 $D_L < f_2 / F + 2T \cdot \tan \theta$ の場合より画面周辺での高い空間周波数でのコントラスト（MTF）の低下が少ない。

- [0039] なお、第5レンズ33は、レンズの表面（両面）を非球面にしてもよい。非球面レンズを用いることで、第5レンズ33のレンズ曲面上で、物体面上の1点からの光束が最も分離されるため、収差の補正が行いやすくなる。同様に第1レンズ11を非球面レンズにしてもよい。また撮像レンズ100の一部または全てを非球面レンズにしてもよい。また本実施形態では、撮像レンズを5枚構成で説明したが、性能向上のため更に枚数を増やしたり、ある

いは薄型化のため低減することも可能である。

[0040] このように、液晶レンズ2へ入射する光束の上光線と下光線が主光線と平行になるため、画角が大きい場合であっても液晶レンズ2を大口径化する必要がなくなり、液晶ガラスの厚みの増大、印加電圧の増大を防止することができる。また撮像する画角が大きくなっても周辺光の結像性能が低下してしまふことを防止することができる。

[0041] <第2の実施形態>

図11は、第2の実施形態における液晶レンズ2の構成を示す図である。図11に示す液晶レンズ2が図3に示す液晶レンズ2と異なる点は、液晶レンズ2の第1の電極201を縦横の方向に4分割し、電極201a、電極201b、電極201c、電極201dを設けた点である。この4分割した電極201a、電極201b、電極201c、電極201dのそれぞれに異なった電圧を印加することにより、電極を分割していないときは軸対象であった屈折率分布が、電極の円形開口の中心軸に対して、軸のずれた非対称な分布に変化させることができる。これはすなわち液晶レンズ2の光軸を移動させることと等価である。

[0042] これにより、液晶レンズ2への入射光を偏向させることができる。また電極201a、電極201b、電極201c、電極201dに印加する電圧を適宜変えることにより、入射光の偏向量を変化させることができる。前述したように、液晶レンズ2のパワーは撮像レンズ100全体のパワーの約3%であるため、液晶レンズ2の光軸シフト量の約3%の光軸シフト量を得ることが可能となる。

[0043] また、第1の液晶層211と第3の液晶層213の液晶分子は、同一方向（例えば、図5に示す斜め45度の配向方向A）に配向されており、第2の液晶層212と第4の液晶層214の液晶分子は、第1の液晶層211と第3の液晶層213の液晶分子の配向方向を、円形開口の中心を中心として時計回りに90度回転した方向（例えば、図5に示す配向方向B）に配向されている。図11に示す配向方向A及び配向方向Bは、第1の電極201を4

つの電極201a、201b、201c、201dに分割する分割方向と一致していないことが望ましい。

[0044] <第3の実施形態>

図12は、液晶レンズ2の第2の絶縁層206と第5の絶縁層209の厚みによって発生する90度異なる2偏光の光軸方向の焦点の位置ずれを示す図である。液晶層211及び液晶層213の配向方向と同一振動方向の偏光（異常光）は、液晶層211と液晶層213のレンズ効果により屈折し、図12に示すように焦点を持つ。しかしながら液晶層212と液晶層214では配向方向が90度回転しているため、レンズ効果は持たず透過する。また、上記偏光と90度回転した方向の偏光（液晶層212及び液晶層214の配向方向と同一振動方向の偏光）は、液晶層212と液晶層214のレンズ効果により屈折し、図12に示すように焦点を持つ。しかしながら液晶層211と液晶層213では配向方向が90度回転しているため、レンズ効果は持たず透過する。すなわち上記の直交した2偏光は、位置の異なるレンズで屈折し焦点を持つため、焦点位置ズレが発生する。

[0045] この焦点の位置ずれは、撮像素子5上では結像ぼけとなる。液晶レンズ2の直後でこの焦点位置ずれを補正するためには、非常に大きな複屈折が必要となるため、平行配向した液晶フィルムを配置するのがよい。液晶フィルム内の液晶分子を所定の角度立った状態で固定し常光と異常光の間に複屈折を持たせることにより、上記直交した2偏光のそれぞれの位相を変えることが可能となるため、焦点位置ズレを補正することが可能となる。液晶フィルムによって、この焦点の位置ずれを補正する場合、液晶の複屈折は通常0.2程度であるため、70 μ mの焦点位置ずれを補正するためには、350 μ mの厚みにすればよい。

[0046] また、図13に示すように、後群レンズ3の後に液晶フィルム6を設けるようにしてもよい。撮像レンズ101内に液晶フィルム6を組み込む場合、液晶レンズ2のパワーは撮像レンズ100のパワーの3%程度になるため、後群レンズ3の後に液晶フィルム6を設けることにより更に薄い液晶フィル

ム6によって焦点の位置ずれを補正することが可能となる。

- [0047] なお、90度異なる2偏光の光軸方向の焦点の位置ずれを補正するための複屈折材料は、液晶フィルムに限るものではない。例えば複屈折のあるプラスチックフィルムや水晶やサファイアガラスなどを用いるようにしてもよい。

産業上の利用可能性

- [0048] 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

- [0049] 100、101・・・撮像レンズ、1・・・前群レンズ、2・・・液晶レンズ、3・・・後群レンズ、4・・・カバーガラス、5・・・撮像素子、6・・・液晶フィルム、211～214・・・液晶層、201～204・・・電極、215・・・絞り、201・・・第1の電極、201a～201d・・・電極、202・・・第2の電極

請求の範囲

- [請求項1] 被写体側に配置される前群レンズと、
撮像素子側に配置される後群レンズと、
前記前群レンズと前記後群レンズの間に配置され、互いに対向する2つの電極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ことにより屈折率分布を変化させてレンズとして機能させる液晶レンズとを備える撮像レンズであって、
前記前群レンズから出射する光束の上光線と下光線が主光線と該平行になるようにして、前記液晶レンズへ入射させ、前記後群レンズにより前記液晶レンズからの出射光を前記撮像素子に結像させることを特徴とする撮像レンズ。
- [請求項2] 前記前群レンズは、正のパワーを持つレンズと、負のパワーを持つレンズとから構成し、前記正のパワーを持つレンズの後側焦点と前記負のパワーを持つレンズの焦点が略一致するように、前記正のパワーを持つレンズと前記負のパワーを持つレンズを配置したことを特徴とする請求項1に記載の撮像レンズ。
- [請求項3] 前記液晶レンズの液晶層は、絞りと組み合わせられていることを特徴とする請求項1から2のいずれかに記載の撮像レンズ。
- [請求項4] 前記液晶レンズの液晶層は、前記絞りを挟んで複数設けられており、かつ前記絞りを挟んで設けられた液晶層の液晶分子は互いに90度ずれて配向しており、あらゆる振動方向の光を利用可能にすることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の撮像レンズ。
- [請求項5] 前記絞りを挟んで設けられた液晶層は、それぞれ2つの液晶層からなることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の撮像レンズ。
- [請求項6] 前記互いに対向する2つの電極は、円形の切欠きを有する第1の電極と、前記円形部分に間隔を置いて配置された略円形状の第2の電極

とからなることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。

[請求項7] 前記第 1 の電極は、4 分割されていることを特徴とする請求項 6 に記載の撮像レンズ。

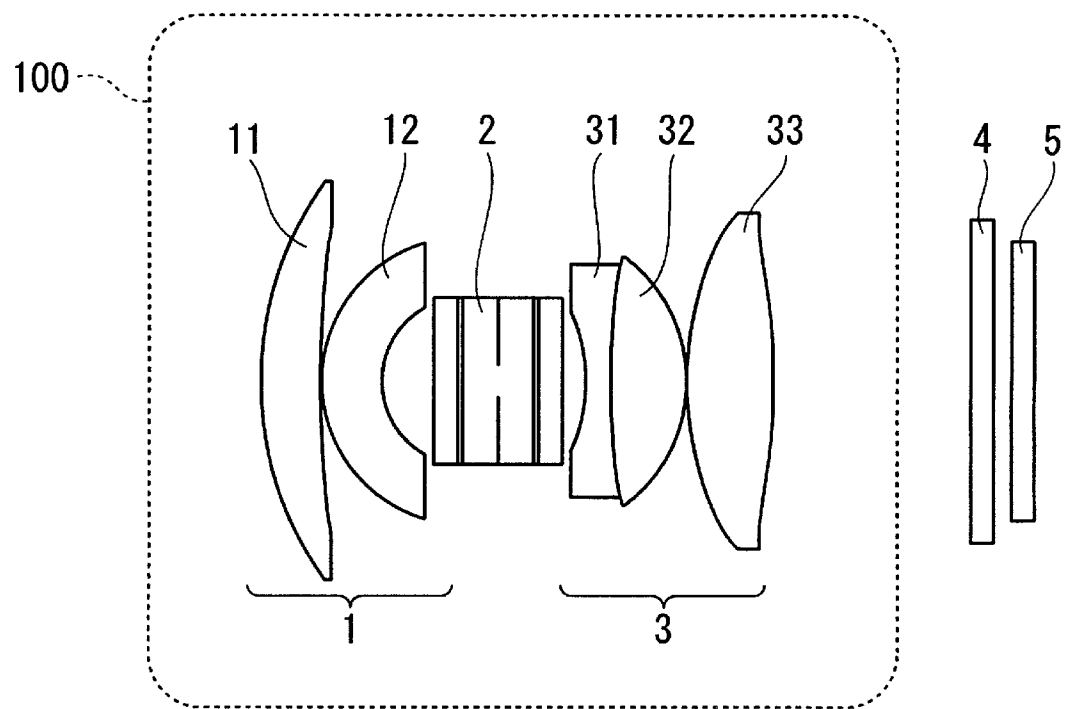
[請求項8] 前記液晶レンズの直径は、入射角の正接に前記電極から前記液晶層までの距離の 2 倍を掛けたものに前記絞りの直径を加えたものに等しいかより大きいことを特徴とする請求項 3 に記載の撮像レンズ。

[請求項9] 前記液晶レンズの直径は、1 mm 以上 4 mm 以下であることを特徴とする請求項 8 に記載の撮像レンズ。

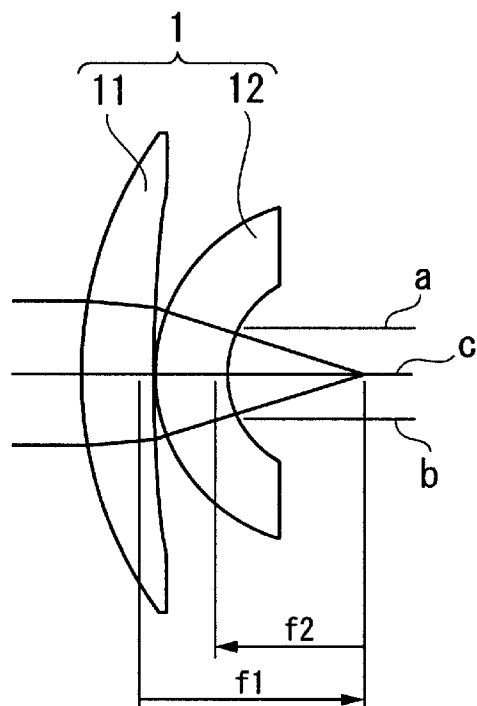
[請求項10] 前記液晶レンズの直後に平行配向した液晶フィルムを配置したことを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。

[請求項11] 前記後群レンズの後に平行配向した液晶フィルムを配置したことを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。

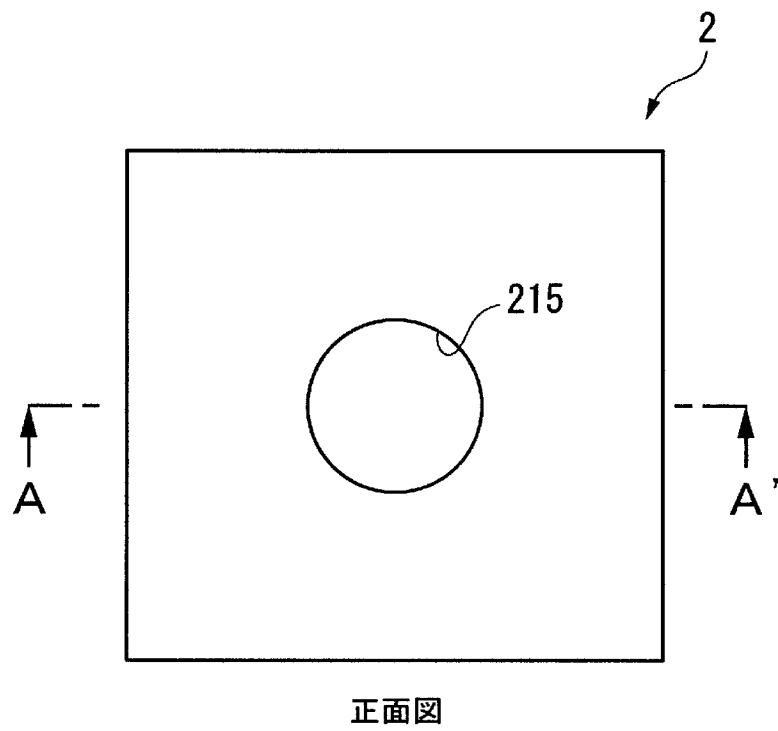
[図1]



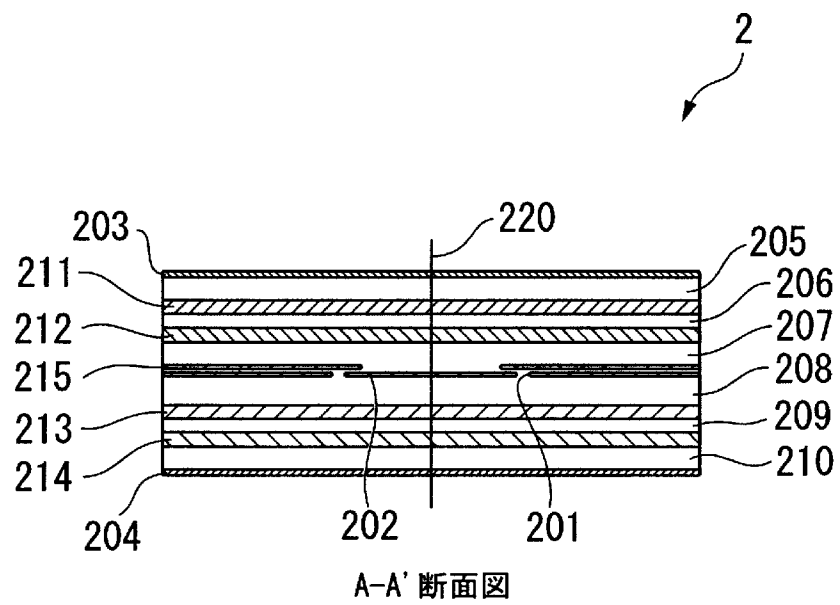
[図2]



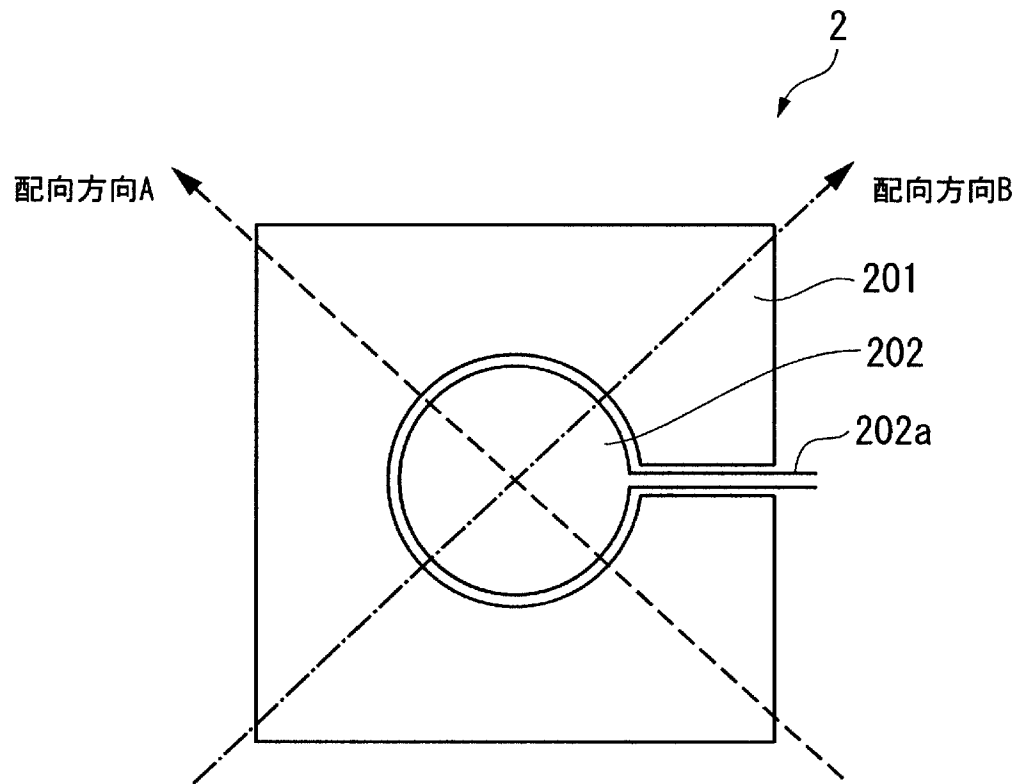
[图3]



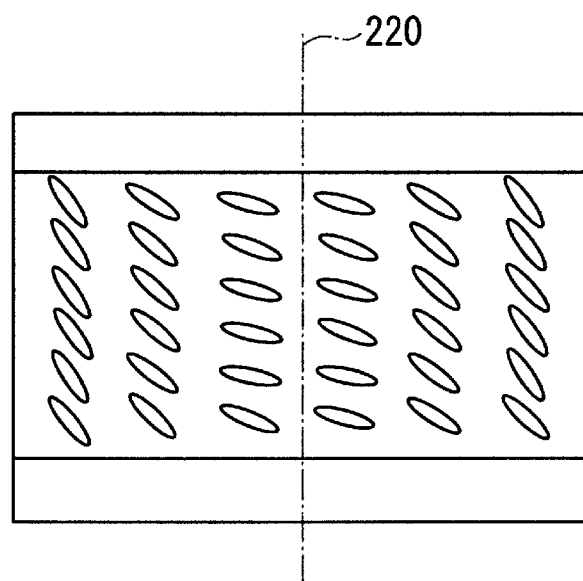
[图4]



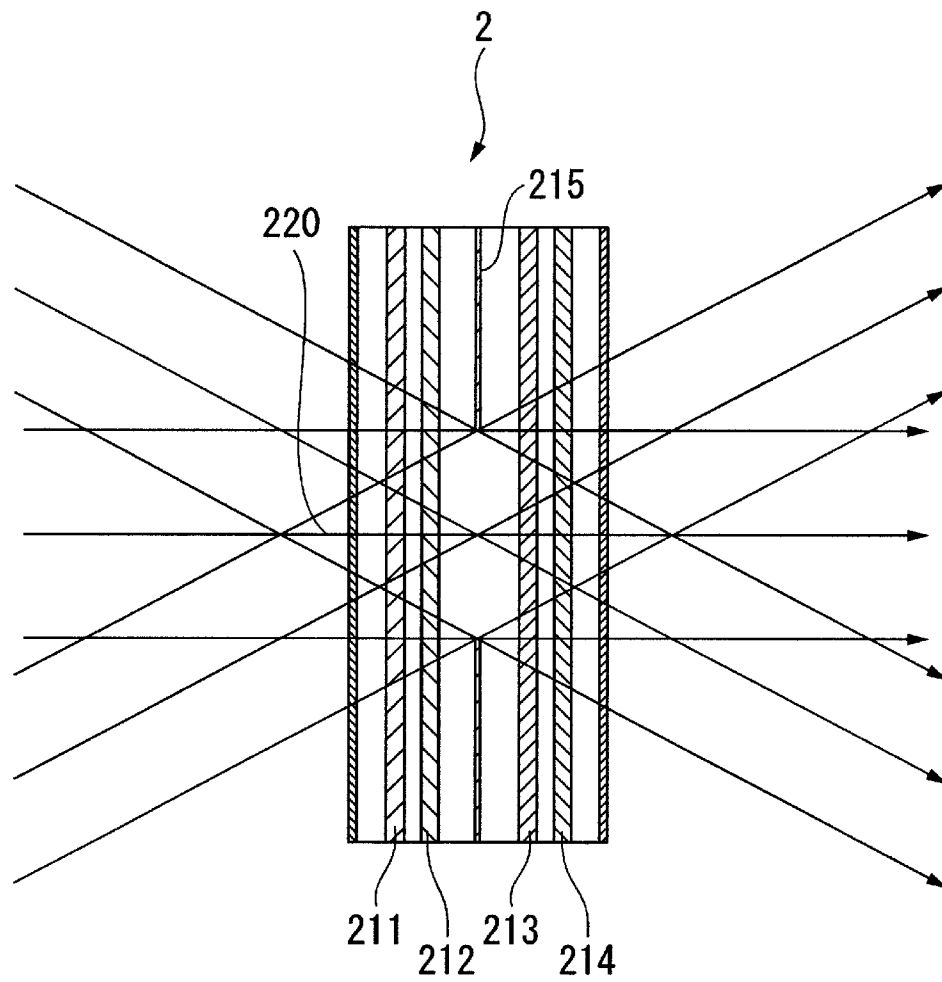
[図5]



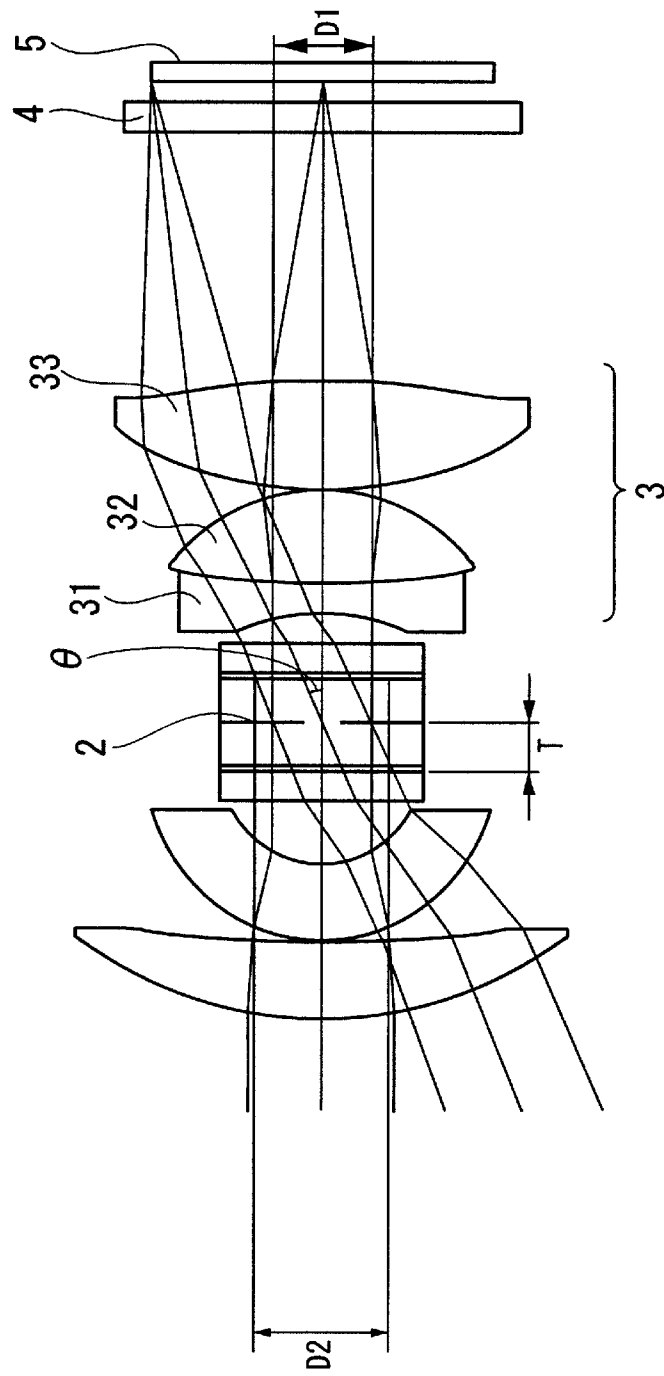
[図6]



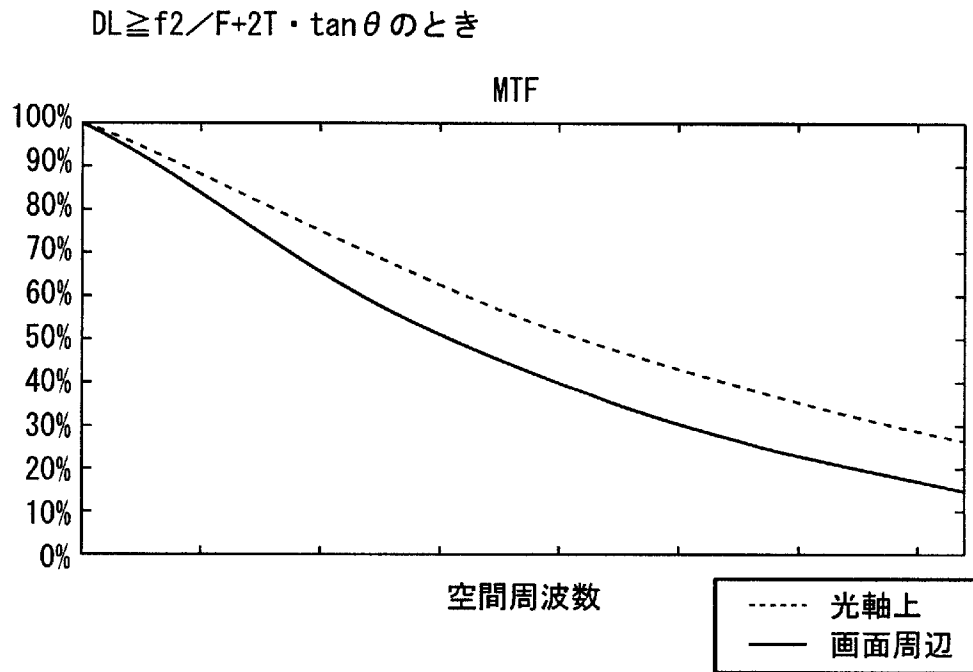
[図7]



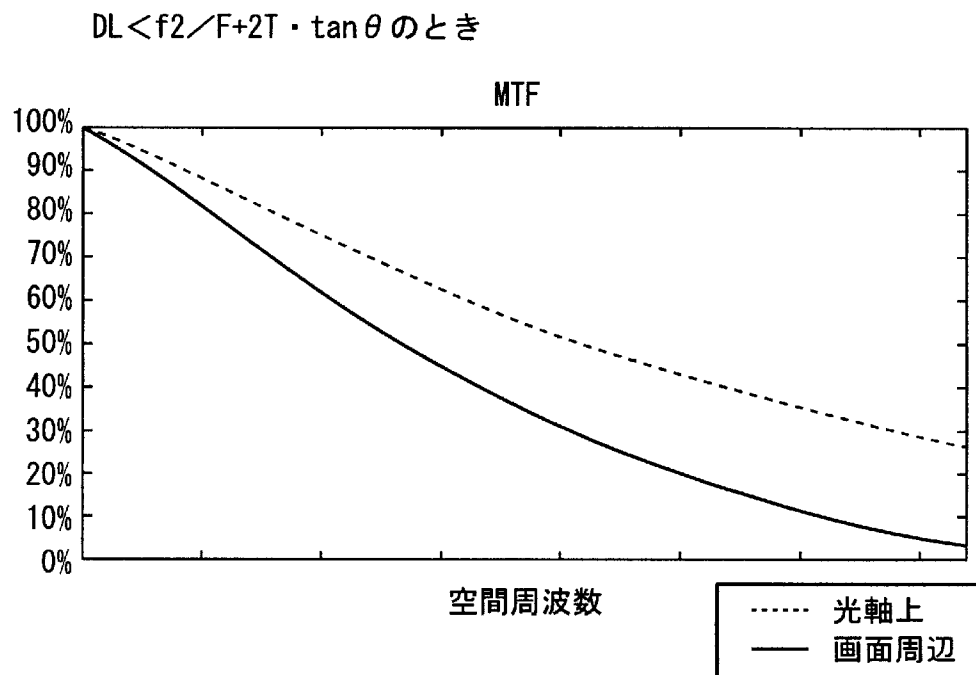
[図8]



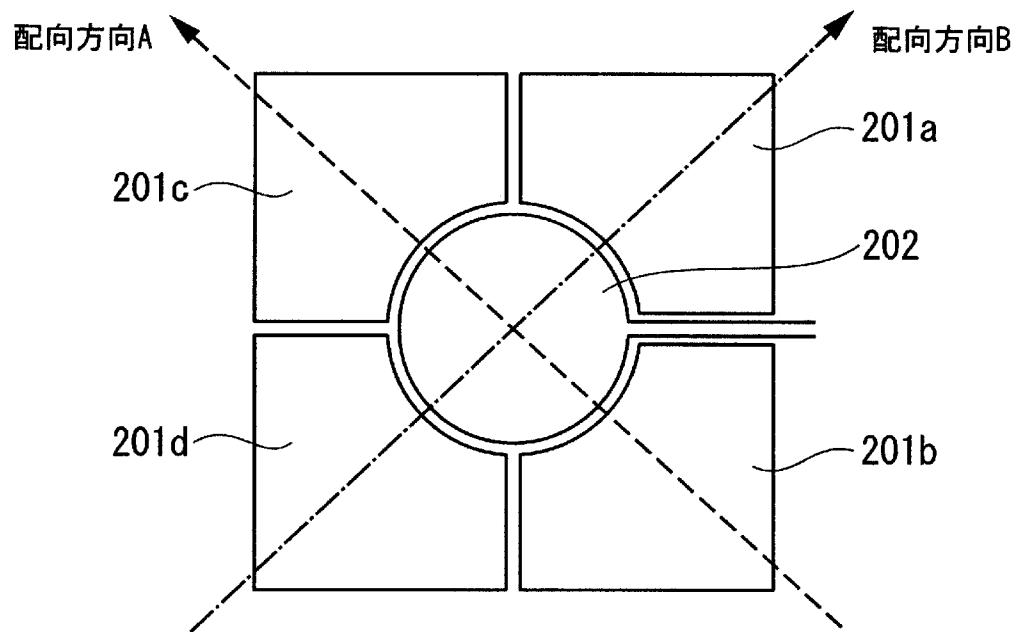
[図9]



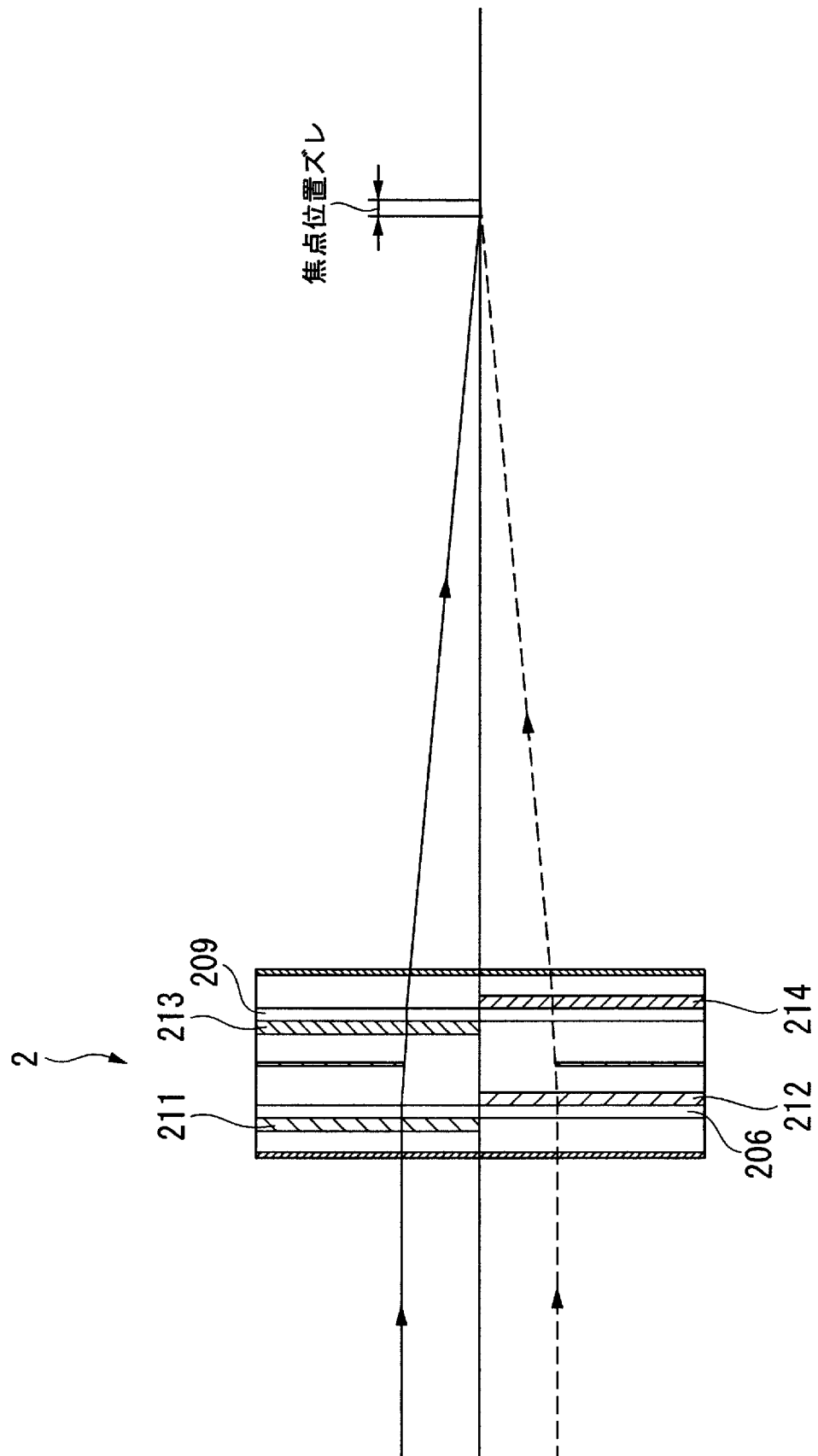
[図10]



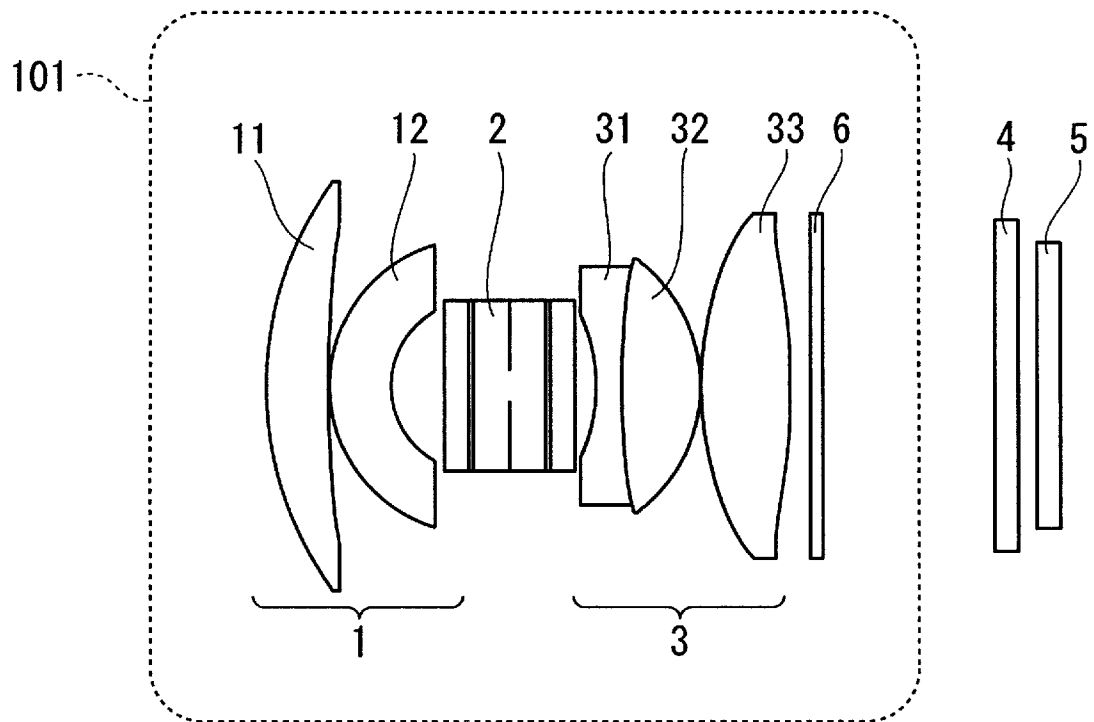
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/005766

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B13/00(2006.01) i, G02F1/13(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)

G02B13/00, G02F1/13

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 Y A	JP 2000-231009 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 22 August 2000 (22.08.2000), fig. 11, 14, 20, 23, 26, 33 (Family: none)	1-3, 8-9 4-7 10-11
Y	JP 2006-91826 A (Japan Science and Technology Agency), 06 April 2006 (06.04.2006), paragraphs [0029] to [0030], [0033]; fig. 8, 9 & US 2007/0139333 A1 & EP 1783538 A1 & WO 2006/022346 A1 & CN 101010619 A	4-7
Y	JP 2007-206299 A (Citizen Electronics Co., Ltd.), 16 August 2007 (16.08.2007), example 2; fig. 7, 8 (Family: none)	4-5

☐ 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
28 December, 2009 (28.12.09)

Date of mailing of the international search report
12 January, 2010 (12.01.10)

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. G02B13/00(2006.01)i, G02F1/13(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. G02B13/00, G02F1/13

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 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 2000 - 231009 A（オリンパス光学工業株式会社） 2000.08.22, 図 11, 14, 20, 23, 26, 33（ファミリーなし）	1-3, 8-9
Y		4-7
A		10-11
Y	JP 2006 - 91826 A（独立行政法人科学技術振興機構） 2006.04.06, 【0029】 - 【0030】, 【0033】, 図 8, 9 & US 2007/0139333 A1 & EP 1783538 A1 & WO 2006/022346 A1 & CN 101010619 A	4-7

☒ 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

2 8 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 2 . 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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

井上 信

2 V

3 3 0 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

C (続き) . 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
Y	JP 2007 - 206299 A (シチズン電子株式会社) 2007.08.16, 実施例 2, 図 7, 8 (ファミリーなし)	4-5