

(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
2014 年 10 月 2 日(02.10.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/157709 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 17/08 (2006.01) **G02B 3/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/059376
- (22) 国際出願日: 2014 年 3 月 28 日(28.03.2014)
- (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 2013-070634 2013 年 3 月 28 日(28.03.2013) JP
- (72) 発明者: および
- (71) 出願人: 佐々木真人(SASAKI, Makoto) [JP/JP]; 〒3410035 埼玉県三郷市鷹野 4-1-40-9 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 福田充広, 外(FUKUDA, Mitsuhiro et al.); 〒1010047 東京都千代田区内神田 2 丁目 5 番 3 号 児谷ビル 1 階 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシヤ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

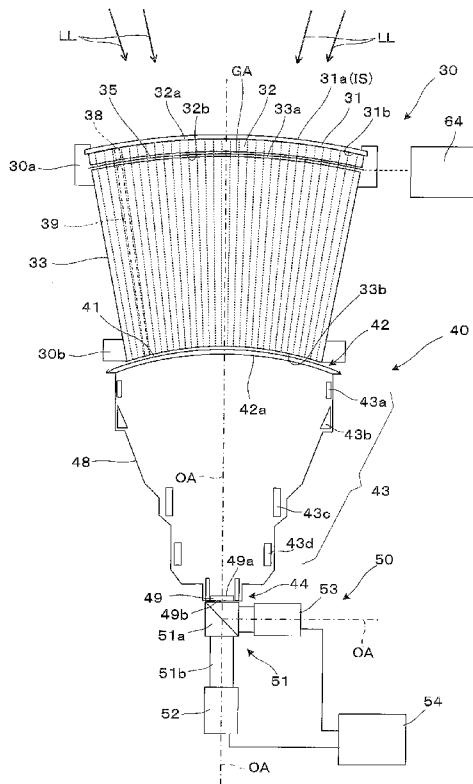
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: IMAGING OPTICAL SYSTEM AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 撮像光学系及び撮像装置

FIG.2



(57) Abstract: An imaging optical system, etc., capable of preventing deterioration in optical filter properties even if the numerical aperture in an imaging system is large. A lens array (32) has two-dimensionally arrayed lens elements (38). Each lens element (38) carries out angle conversion such that the angle of emission is reduced below the angle of incidence and the angle of emission approaches a state close to parallel to the main light beam optical axis (EA). As a result, the angles of incidence of light beams (L1, L2) caused to be incident to an optical filter (35) can be reduced, and the optical filter (35), for example, an interference-type bandpass filter, can be operated with desired transmission properties.

(57) 要約: 結像系の開口数が大きくても、光学フィルターの特性が劣化することを防止できる撮像光学系等を提供する。レンズアレイ 32 が 2 次元的に配列されたレンズ要素 38 を有し、各レンズ要素 38 が射出角を入射角よりも減少させて主光線光軸 EA に平行に近い状態に近づける角度変換を行うので、光学フィルター 35 へ入射させる光線 L1, L2 の入射角を減少させることができ、例えば干渉型のバンドパスフィルターである光学フィルター 35 を所期の透過特性で動作させることができる。

明 細 書

発明の名称 : 撮像光学系及び撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、対象物の像を高感度で計測するための撮像光学系及びこれを用いた撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 撮像光学系を備える撮像装置として、補正レンズ及び結像ミラーによって光電撮像装置の光電変換面上に対象の像を形成し、光電撮像装置の出力として増倍された高輝度の像を得るものが存在する（例えば特許文献1参照）。これにより、物体の発光、物体からの反射光等の微弱光を高感度で撮像し、計測又は観測することができる。

[0003] 上記のような撮像装置では、広い波長範囲の像に限らず、光学フィルターを利用して特定の波長域に限った計測を行うことがある。この場合、結像系の開口数（NA）が大きいと、光学フィルターに入射する光線角度範囲が広がって角度の偏りも生じやすく、光学フィルターが干渉型光学フィルターのように角度特性を有するものであると、光学フィルターの機能が損なわれることになる。

[0004] なお、マイクロレンズアレイと光学フィルターとを組み合わせた技術が存在するが（例えば特許文献2、3参照）、これら特許文献2、3において、マイクロレンズアレイは、受光部への集光のために用いられている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2012／165357号

特許文献2：特開2009－294301号公報

特許文献3：特開2009－225454号公報

発明の概要

[0006] 本発明は、上記背景技術に鑑みてなされたものであり、結像系その他の光

学系の開口数が大きくても、光学フィルターその他の光学要素の特性が劣化することを防止できる撮像光学系及びこれを用いた撮像装置を提供することを目的とする。

[0007] 上記目的を達成するため、本発明に係る撮像光学系は、2次元的な広がりを持つ入射面を形成するレンズ要素を有するレンズアレイを備え、レンズ要素は、通過する光の射出角を入射角よりも減少させ、射出NAを入射NAよりも減少させ平行光に近づけるよう、角度変換を行う。ここで、レンズ要素は、入射光の主光線光軸に対する傾斜角を減少させるものであり、レンズ要素を通過させる光線に関して開口数を減少させるように変換する光学系であるといえる。

[0008] 上記撮像光学系では、射出角を入射角よりも減少させる角度変換を行うレンズ要素が設けられているので、光フィルタリング部、撮像面等への高効率伝送結合が可能になる。例えば、レンズアレイの後段に光学フィルターを配置した場合、光学フィルターへ入射させる光の入射角を減少させることができ、光学フィルターを所期の透過特性で動作させることができる。

[0009] 本発明の具体的な側面では、前記レンズアレイの射出面側に配置されて所定波長の光を選択的に透過させる光学フィルターをさらに備える。この場合、入射角の減少によって光学フィルターの透過特性を向上させることができる。

[0010] 本発明の別の側面では、対象の像を形成する反射鏡をさらに備え、レンズアレイは、反射鏡による像の形成位置に配置される。

[0011] 本発明のさらに別の側面では、レンズ要素は、第1レンズと第2レンズとを光路に沿って配置した組レンズであり、反射鏡の光軸に垂直な方向に関して2次元的に配列されている。この場合、第1レンズと第2レンズとを利用して角度変換に際しての収差を低減することができる。なお、レンズ要素は、光軸に垂直な平面に限らず、これを変形させた曲面上に2次元的に配列されることで、より収差の少ない画像を得ることができる。

[0012] 本発明のさらに別の側面では、レンズ要素は、格子点に対応して配置され

、第1レンズと第2レンズとは、それぞれ円柱状及び多角柱状のいずれかのレンズである。この場合、レンズ要素を2次元的に高密度で充填することができる。なお、レンズ要素が例えば矩形（正方形を含む）断面の四角柱状であるとき、レンズ要素は、矩形格子点上に配置される。

[0013] 本発明のさらに別の側面では、第1レンズと第2レンズとは、互いに嵌合する嵌合部をそれぞれ有する。この場合、第1レンズと第2レンズとを簡易に連結してレンズ要素を省スペースで配置することができる。

[0014] 本発明のさらに別の側面では、レンズ要素は、湾曲する光透過基板上に貼り付けられて、もしくは隣接するレンズ要素に連結することによって相互に支持しあって、一体的に固定される。レンズ要素が光透過基板上に貼り付けられる場合、多数のレンズ要素を精密に連結したレンズアレイを簡易に得ることができる。なお、隣接するレンズ要素が相互に支持しあう場合、これらの間に連結部、接着剤等を介在させる必要もなくなり、レンズ要素のみでレンズアレイを構成することができる。

[0015] 本発明のさらに別の側面では、レンズアレイの射出面側に、光ガイドアレイをさらに備える。この場合、レンズアレイからの射出光を断面サイズ及び射出方向等を変更しつつ別の箇所へ導くことができる。

[0016] 本発明のさらに別の側面では、光ガイドアレイは、射出面側で細くなるようなテーパ面を有するロッド要素を有する。この場合、レンズアレイからの射出光をより狭めた面又は領域から射出させることができる。

[0017] 本発明のさらに別の側面では、レンズアレイの射出面側に配置されて所定波長の光を選択的に透過させる光学フィルターをさらに備え、光学フィルターは、レンズアレイと光ガイドアレイとの間に配置される。この場合、レンズアレイからの射出光をそのまま光学フィルターに入射させることができる。

[0018] 本発明のさらに別の側面では、光学フィルターは、波長特性が異なる複数のフィルター領域を有するとともに変位可能に構成され、複数のフィルター領域は、光学フィルターの変位によってレンズアレイに対する配置を切り換

えられる。この場合、異なる波長帯域の像を並列的に検出することができる。

[0019] 上記目的を達成するため、本発明に係る撮像装置は、上述の撮像光学系と、レンズアレイの射出面側に設けられてレンズアレイの射出面のパターンを検出する検出部とを備える。

[0020] 上記撮像装置では、上述の撮像光学系を用いており、光学フィルターを適正に活用することができ、所望の波長域で高精度かつ高感度の計測等が可能になる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明の一実施形態に係る撮像光学系を用いた撮像装置を説明する側方断面の概念図である。

[図2]撮像装置のうち撮像光学系等を含む部分を説明する拡大断面図である。

[図3]図3 Aは、撮像光学系に含まれる伝達部のうちレンズアレイを説明する部分拡大正面図であり、図3 Bは、撮像光学系に含まれる伝達部の構成要素を説明する部分拡大断面図である。

[図4]撮像光学系に含まれる伝達部のうち光学フィルターを説明する正面図である。

[図5]図5 A及び5 Bは、レンズ要素を構成するレンズを説明する斜視図である。

[図6]図6 A～6 Cは、光ガイドアレイを構成する光ガイド要素を説明する側面図、入射面、及び射出図である。

[図7]変形例の撮像光学系等を説明する拡大断面図である。

[図8]別の変形例の撮像光学系等を説明する拡大断面図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の一実施形態である撮像光学系を組み込んだ撮像装置の構造等について説明する。

[0023] 図1に示す撮像装置100は、例えばシュミットカメラ型の望遠鏡装置或いは広角光学装置であり、結像ミラー10と、補正板20と、伝達部30と

、イメージインテンシファイア部40と、検出部50とを備える。ここで、結像ミラー10と、補正板20と、伝達部30とは、観測又は計測対象の縮小像を得るための撮像光学系200となっている。

[0024] 撮像光学系200において、結像ミラー10は、結像用の反射鏡として、球面、放物面その他の非球面等である反射面10aを有し、対象からの光線LLを集光して像形成位置IS上に観察対象の像を形成する。補正板20は、光入射面21aと光射出面21bとを有する薄いレンズである。光入射面21a及び光射出面21bの少なくとも一方は、球面、非球面等となっており、結像ミラー（反射鏡）10への光線LLの光路を補正する。補正板20は、図示のように1枚構成のものに限らず、複数枚の構成とできる。伝達部30は、2次元的に広がる像形成位置IS上に形成された像をイメージインテンシファイア部40の光学窓41に導く役割を有するとともに、後述する光学フィルター35（図4参照）によって対象からの光線LLを特定の波長域の計測光に制限することができる。

[0025] 図2に示すように、伝達部30は、光透過基板31と、レンズアレイ32と、光ガイドアレイ33と、光学フィルター35とを備える。伝達部30を構成する光透過基板31、レンズアレイ32、光ガイドアレイ33等の部分は、光軸OAに垂直な面に沿って配置される枠状の支持体30a、30bに支持されて一体的に固定されている。

[0026] 伝達部30のうち光透過基板31は、湾曲し薄い球面状の外観を有する球殻状部材であり、凸の球面である入射面31aと凹の球面である射出面31bとを備える。入射面31aは、結像ミラー10の像形成位置ISに対応するものとなっている。射出面31bには、レンズアレイ32の入射面32aが接着されている。つまり、光透過基板31は、レンズアレイ32を球殻状又はドーム状に配列した状態で支持している。光透過基板31は、例えばガラスで形成されるが、プラスチック材料で形成されてもよい。

[0027] 図3Aに部分的に拡大して示すように、レンズアレイ32は、矩形格子点に対応して最密に配置された多数のレンズ要素38を備える。つまり、レン

ズ要素38は、光軸OAに垂直な平面又は方向に関して、すなわち光軸OAに沿った方向から見て、2次元のマトリクス状に等間隔で一様に配列されている。ただし、隣接するレンズ要素38間には、マージン等を考慮して入射側で僅かな隙間が形成されているが、射出側で殆ど隙間がなく密着した状態となっている。各レンズ要素38は、四角柱状の部材であり、計測光又は像光である光線LLの発散角又は収束角について角度変換を行う役割を有する。つまり、レンズ要素38は、これを通過する光線LL光の射出角を入射角よりも減少させる役割を有し、射出NAを入射NAよりも減少させ平行光に近づけることで、入射側よりも射出側で光線LLの主光線光軸EAに対する傾き角を減少させて平行に近い状態にする役割を有し、このレンズ要素38内において開口数を減少させる開口数変換を行う。これにより、次段の光学フィルター35に入射させる光線LL（計測）の入射角を小さくすることができる。図2に戻って、レンズアレイ32の入射面32aは、光透過基板31の射出面31bに沿って配列される結果として不連続であるが2次元的な広がりをも有し、全体として凸の球状面を形成している。一方、レンズアレイ32の射出面32bは、入射面32aに略平行であり、全体として凹の球状面を形成している。

[0028] 光ガイドアレイ33は、レンズアレイ32に対向して配置され、多数の細長い光ガイド要素39を束ねた構造を有する。これらの光ガイド要素39は、レンズアレイ32を構成する多数のレンズ要素38と同様に、矩形格子点又は主光線光軸EAに対応して配置されている（図3B参照）。つまり、各光ガイド要素39は、個々のレンズ要素38に対応して1対1で配置されている。光ガイド要素39は、四角形の断面を有するロッド状の部材であり、一端から他端に向けて光を伝送する役割を有する。光ガイドアレイ33の入射面33aは、レンズアレイ32の射出面32bに沿って配列され、全体として凸の球状面を形成している。一方、光ガイドアレイ33の射出面33bは、イメージインテンシファイア部40の光学窓41に対向しており、全体として凹の球状面を形成している。光ガイドアレイ33を構成する多数の光

ガイド要素３９は、支持体３０ａ、３０ｂに支持され、相互に位置決めされている。

[0029] 光学フィルター３５は、レンズアレイ３２と光ガイドアレイ３３との間に形成された薄い空隙ＧＡに挿入されるように配置されている。光学フィルター３５は、レンズアレイ３２の射出面３２ｂ又は光ガイドアレイ３３の入射面３３ａに沿って延びており、入射側で凸の球状面を成し、射出側で凹の球状面を成している。光学フィルター３５は、所定波長の光を選択的に透過させるものであり、例えば特定の紫外光や赤外光を狭帯域で通過させるバンドパスフィルターである。光学フィルター３５は、支持体３０ａに自転可能な状態で保持されている。光学フィルター３５は、伝達部３０に付随して設けた回転駆動装置６４に駆動されて光軸ＯＡのまわりに所望の速度で回転させることができる。図３Ｂに示すように、光学フィルター３５は、光透過性の基板３５ｆ上に誘電体多層膜３５ｇを成膜した構造を有する干渉型光学フィルターである。また、図４に示すように、光学フィルター３５は、波長特性が異なる複数のフィルター領域Ａ１～Ａ３を有するものとできる。この場合、回転駆動装置６４によって光学フィルター３５を適当な回転速度で回転させることにより、フィルター領域Ａ１～Ａ３のレンズアレイ３２に対する相対的な配置を順次周期的に切り換えることができる。これにより、異なる波長帯域の像を多少の時間差をもって並列的に検出することができる。

[0030] 図３Ｂに示すように、レンズアレイ３２を構成する個々のレンズ要素３８は、第１レンズ７１と第２レンズ７２とを光路に沿って配置した組レンズである。第１レンズ７１と第２レンズ７２とは、プラスチック材料で形成されている。光学的に上流の第１レンズ７１は、四角柱状又はブロック状の肉厚レンズであり、平面の入射面７１ａと、凸の射出面７１ｂとを有する。ここで、射出面７１ｂは、球面に近いが非球面となっている。光学的に下流の第２レンズ７２も、第１レンズ７１と同様の横断面を有する四角柱状又はブロック状の肉厚レンズであり、平面の入射面７２ａと、凸の射出面７２ｂとを有する。ここで射出面７２ｂは、球面に近いが非球面となっている。

[0031] 図5 Aに示すように、第1レンズ7 1の射出面7 1 b側には、その外側に4つの突起7 1 dからなる嵌合部7 1 eが形成されている。図5 Bに示すように、第2レンズ7 2の入射面7 2 a側には、その外側に4つの切欠き状の凹部7 2 dからなる嵌合部7 2 eが形成されている。第1レンズ7 1の嵌合部7 1 eと第2レンズ7 2の嵌合部7 2 eとを嵌合させ接着剤で固定することにより、第1レンズ7 1と第2レンズ7 2とがアライメントされ、両レンズ7 1, 7 2に設けた面7 1 a, 7 1 b, 7 2 a, 7 2 bがアライメントされて適切に配置される。なお、嵌合部7 1 eの突起7 1 dと嵌合部7 2 eの凹部7 2 dとは、側面の稜に対応する四隅に形成されており、第1レンズ7 1と第2レンズ7 2とを簡易に連結できるだけでなく、第1レンズ7 1と第2レンズ7 2とを省スペースで配置することができる。

[0032] 光ガイドアレイ3 3を構成する多数の光ガイド要素3 9は、隣接するものと互いに密着しないように配置することが望ましい。このため、網と網との間にロッド状の光ガイド要素3 9を通して、これらを宙吊り状態に保持している。また、光ガイド要素3 9の射出側の端面を薄いガラスボール状の表面に接着することで、光ガイド要素3 9の支持を安定化させている。なお、隣接する複数の光ガイド要素3 9間の適所を低屈折率の接着材で接続することもできるが、隣接する複数の光ガイド要素3 9である隣接する複数のプラスチックロッドに小さな凹凸からなる嵌め合い部を設けることによっても、これらを互いに接続可能であり支持を安定化させることができる。

[0033] 図6 A～6 C等に示すように、光ガイドアレイ3 3を構成する個々の光ガイド要素3 9は、第1ロッド部8 1と、第2ロッド部8 2と、第3ロッド部8 3とを備える。第1ロッド部8 1は、入射側に配置され、図3 Bに示すようにレンズ要素3 8の第2レンズ7 2に対向して配置される。入射側の第1ロッド部8 1は、入射面3 9 aを有し、細長い四角柱状の部材であり、第2ロッド部8 2に向けて細くなるように断面サイズが減少する。つまり、第1ロッド部8 1は、光射出側に向けて細くなるテーパ状の側面8 1 sを有する。射出側の第3ロッド部8 3は、射出面3 9 bを有し、断面サイズが一様

な細長い四角柱状の部材であり、非テーパ状の側面 83s を有する。第2 ロッド部 82 は、第1 ロッド部 81 と第3 ロッド部 83 とを段差なく連続的に連結する細長い四角柱状の部材であり、第3 ロッド部 83 に向けて細くなるように断面サイズが減少する。つまり第2 ロッド部 82 は、光射出側に向けて細くなるテーパ状の側面 82s を有する。なお、図 6C において、一点鎖線は、第1 及び第2 ロッド部 81, 82 間の境界を示している。

[0034] 以下、図 3B を参照して、単一のレンズ要素 38、光ガイド要素 39 等における光路を説明する。結像ミラー（反射鏡）10 からの像光である光線 LL は、大きな収束角度でレンズアレイ 32 等に入射する。いずれかのレンズ要素 38 に入射した光線 LL は、第1 レンズ 71 の屈折率分だけ開口数（NA）が或る程度減少する。さらに、レンズ要素 38 を通過する光線 LL は、第1 レンズ 71 の射出面 71b と第2 レンズ 72 の射出面 72b とによって断面積が増加するものの主光線光軸 EA に略平行に近い状態となって、見かけ上の開口数（NA）がさらに減少する。つまり、光学フィルター 35 に入射する光線 LL の入射角は、レンズ要素 38 が存在しない場合に比較してかなり小さなものとなっている。ただし、結像ミラー（反射鏡）10 の実効的な開口数（NA）、つまり光の取込み効率は、レンズ要素 38 の有無に関わらず実質的に元のままに保たれている。ここで、結像ミラー 10 で結像させる光線 LL は、例えば可視光域、赤外等の波長範囲に広がるものとなっている。具体的な例では、1064nm、532nm、355nm、308nm 等の任意の波長から選択した3つの波長の光線 LL（図4のフィルター領域 A1～A3 に対応）を検出することが考えられる。この場合、光線 LL の NA は、波長ごとに多少異なるものとなるが、各波長の光線 LL について、レンズ要素 38 の通過前後で NA を減少させることができる。なお、第1 レンズ 71 と第2 レンズ 72 との間に十分な屈折率差等を与えるならば、NA の波長依存性を低減することもできる。光線 LL は、観測又は計測の対象物自体が発生する光であってもよいが、特定波長の光で照明される観測又は計測の対象物によって反射される光ともできる。光ガイド要素 39 は、入射面 3

9 a を経て入射した光線を側面 8 1 s, 8 2 s, 8 3 s で全反射させながら内部で伝搬させる。光ガイド要素 3 9 を伝搬する光線 LL は、側面 8 2 s 等によって多少開口数が増加するが、一旦光学フィルター 3 5 を通過した後は、NA の増加によって波長選択性等の検出精度に影響が生じることはない。

[0035] 図 2 に戻って、イメージインテンシファイア部 4 0 は、結像ミラー 1 0 によって結像され伝達部 3 0 によって伝達された微弱な画像を増幅する。イメージインテンシファイア部 4 0 は、結像光を光電変換するための入力部 4 2 と、光電変換後の電子を収束させる静電収束系 4 3 と、収束状態で入射した電子を光に変換して像を形成する出力部 4 4 とを有する。イメージインテンシファイア部 4 0 の入力部 4 2 は、金属製の容器本体 4 8 の開放側の一端に固定されている。入力部 4 2 は、球殻状の外形を有するガラス製の光学窓 4 1 を有しており、光学窓 4 1 の内側には所定の特性を有する光電変換物質の蒸着によって光電変換面 4 2 a が形成されている。静電収束系 4 3 は、容器本体 4 8 の側壁内面に支持されている。静電収束系 4 3 は、複数の電子収束用の電極部分 4 3 a ~ 4 3 d を有している。出力部 4 4 は、容器本体 4 8 の底部に固定されている。出力部 4 4 は、例えばファイバーオプティックプレート 4 9 で形成され、入射面 4 9 a には、所定の特性を有する蛍光体が塗布されている。ファイバーオプティックプレート 4 9 の入射面 4 9 a は、静電収束系 4 3 の結像面の位置に配置されており、静電収束系 4 3 の結像面と一致するような面形状を有している。

[0036] 検出部 5 0 は、イメージインテンシファイア部 4 0 によって増幅された画像を電気的な信号として検出する。検出部 5 0 は、リレー光学系 5 1 と、精細像検出部 5 2 と、粗像検出部 5 3 と、駆動回路 5 4 とを備える。リレー光学系 5 1 は、光軸 OA に沿った光路上流側に配置されるディストリビューター 5 1 a と、ディストリビューター 5 1 a よりも光路下流側に配置される本体光学系 5 1 b とを備える。リレー光学系 5 1 のうちディストリビューター 5 1 a は、ビームスプリッターである。本体光学系 5 1 b は、イメージインテンシファイア部 4 0 の出力面 4 9 b の像を、精細像検出部 5 2 の撮像面（

不図示)上に略等倍で投射する投射光学系となっている。精細像検出部52は、例えばCMOS型撮像素子である固体撮像素子と、固体撮像素子に撮像動作を行わせる駆動回路とを有し、駆動回路54から出力されるタイミング信号に基づいて固体撮像素子に撮像動作を行わせる。精細像検出部52は、イメージインテンシファイア部40の光電変換面42aに入射した微弱な光の精細画像を、ビデオレートで画素デジタル信号化して出力する役割を有する。粗像検出部53は、例えばマルチアノードタイプのフォトマルチプライヤーであり、駆動回路54による制御下で動作する。粗像検出部53は、光電変換面42aに入射した微弱な光の粗像を、測光信号として出力する。なお、光学フィルター35を動作させる回転駆動装置64からの同期信号を利用して、精細像検出部52からの検出信号を弁別することにより、各フィルター領域A1～A3に対応する色の画像を取得することができる。

[0037] 以下、具体的な実施例について説明する。図1に示す結像ミラー10の瞳直径は約1000mmであり、結像ミラー10から焦点面である像形成位置ISまでの距離は約630mmであり、F値は0.63であった。像形成位置ISに配置された光透過基板31(図2参照)の曲率半径、すなわちレンズアレイ32の入射面32a及び射出面32bの曲率半径は、約720mmであった。光透過基板31の厚みは、2.75mmであった。レンズアレイ32を構成するレンズ要素38は、屈折率が約1.49のアクリル樹脂製であり、4.75mm×4.75mmの正方断面を有し、例えば64×64個を光透過基板31に沿った縦横に配列したものとした。第1レンズ71の主光線光軸EA方向の長さは、10mm程度とし、第2レンズ72の主光線光軸EA方向の長さは、7mm程度とした。また、第1レンズ71の嵌合部71eの段差量と、第2レンズ72の嵌合部72eの段差量とは、射出面71bの突出量にもよるが、0.5mm程度とする。

[0038] 第1レンズ71の射出面71bは、半径を r としサグ量を z として、以下の式で表すことができる。

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + Ar^4 + Br^6 + Cr^8 + Dr^{10}$$

ここで、 c は曲率であり、 k は円錐定数であり、 A 、 B 、 C 、及び D は、4次、6次、8次、及び10次の補正係数である。具体的な数値は以下のようなものとした。

$1/c=2.10859$, $k=-0.095498$, $A=-0.257210e-01$, $B=0.304803e-02$,
 $C=0.275122e-02$, $D=-0.555852e-03$

ここで、数値中の「 $e-x$ 」は、 10^{-x} を意味する。

[0039] 第2レンズ72の射出面72bも、上式で表すことができ、具体的な数値は以下のようなものとした。

$1/c=300.5924$, $k=11847.723605$, $A=0.625647e-01$, $B=-0.115565e-01$,
 $C=-0.368550e-03$, $D=0.456764e-04$

[0040] 光ガイドアレイ33を構成する各光ガイド要素39において、第1ロッド部81は、入射側が4.9mm×4.9mmの正方断面を有し、20mmの長さを有する。第2ロッド部82は、入射側が4.75mm×4.75mmの正方断面を有するとともに射出側が2.0mm×2.0mmの正方断面を有し、260mmの長さを有する。さらに、第3ロッド部83は、全体で2.0mm×2.0mmの正方断面を有し、20mmの長さを有する。つまり、第1ロッド部81のテーパ状の側面81sは、0.2°のテーパ角を有し、第2ロッド部82のテーパ状の側面82sは、約0.3°程度のテーパ角を有するものとなっている。

[0041] 以上で説明した撮像光学系200によれば、レンズアレイ32が2次元的に配列されたレンズ要素38を有し、各レンズ要素38が光線の射出角を入射角よりも減少させて主光線光軸EAに平行に近い状態に近づける角度変換を行うので、光学フィルター35へ入射させる光線L1、L2の入射角を減少させることができ、光学フィルター35を所期の透過特性で動作させることができる。この際、レンズアレイ32を像形成位置ISに対応する湾曲する曲面に沿って配置することで、より高精度の撮像が可能になり、光学フィ

ルター 35 による色分離も精密なものとなる。

[0042] 以上実施形態に即して本発明を説明したが、本発明は、上記の実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

[0043] 上記実施形態では、レンズアレイ 32 を構成するレンズ要素 38 を矩形格子点上に配置したが、レンズ要素 38 は、用途に応じて様々な配置とできる。例えば、レンズ要素 38 をハニカム状に配列することもでき、この場合、レンズ要素 38 は、断面が六角形の六角柱状とすることが望ましい。さらに、レンズ要素 38 は、四角柱状や六角柱状に限らずその他の多角柱状等とすることができ、円柱状とすることもできる。

[0044] 上記実施形態では、レンズ要素 38 を第 1 レンズ 71 と第 2 レンズ 72 とで構成しているが、レンズ要素 38 を単一のレンズで構成することもでき、3 つ以上のレンズで構成することもできる。ただし、2 つ以上のレンズを用いることで収差補正が容易になり、3 つ以下とすることで組み立て工程が煩雑なることを回避できる。2 つ以上のレンズを用いる場合、各レンズを異なる材料で形成することで波長依存性の低減又は色収差の補正が可能である。なお、レンズ要素 38 を単一の波長のみに適合させたものとすることもできる。

[0045] 上記実施形態では、第 1 レンズ 71 と第 2 レンズ 72 とに嵌合部 71 e, 72 e を設けているが、これらを省略することもできる。この場合、第 1 レンズ 71 と第 2 レンズ 72 とを外的な手段によってアライメントしつつ接合することになる。

[0046] 上記実施形態では、第 1 レンズ 71 の射出面 71 b である光学面 70 o を矩形の輪郭領域 71 p の一部である円形領域に形成し、第 2 レンズ 72 の射出面 72 b である光学面を矩形の輪郭領域に形成している。この場合、第 1 レンズ 71 において、射出面 71 b を通過する際に光線 L1, L2 の径が減少しているため、射出面 71 b で光線のケラレは生じず光量減少といった問題が生じない。ただし、射出面 71 b は、矩形の輪郭領域全体に形成するこ

ともできる。第2レンズ72において、射出面72bは、矩形の輪郭領域の一部である円形領域に形成することもできる。

[0047] レンズアレイ32は、複数のレンズ要素38を連結したものに限らず、複数のレンズ要素38を一体成形した製品とすることができる。この場合、複数の第1レンズ71を2次的に配列した第1アレイ層と複数の第2レンズ72を2次的に配列した第2アレイ層とを積み重ねることになる。

[0048] 上記実施形態において、光ガイドアレイ33を省略することもできる。この場合、光学フィルター35を介してレンズアレイ32の射出面32bに対向するように、イメージインテンシファイア部40を近接配置する。

[0049] 上記実施形態において、光学フィルター35は、3つのフィルター領域A1～A3に限らず、2つ又は4つのフィルター領域に分割することができる。この際、フィルター領域の形状も扇型に限らず、目的に応じて様々な形状とできる。さらに、光学フィルター35をターレットレボルバー状として、これを構成する複数のフィルター領域のうち各フィルター領域によってレンズアレイ32全体を一括して覆う構成とすることもできる。この場合、特定波長の像を一括して取得することができる。また、光学フィルター35を複数のフィルター領域に分割しないで、光学フィルター35全体を単一の波長特性を有するものとでき、この場合、レンズ要素38を単一の波長のみに適合させれば良くなる。さらに、光学フィルター35において、基板35fと誘電体多層膜35gとの順番を入れ替えることができ、基板35fを入射側に配置した場合、光学フィルター35をターレットレボルバー状とすれば、基板35fの表面に補正レンズアレイを形成することもできる。

[0050] 上記実施形態において、光学フィルター35として受動的な干渉型のフィルターを用いる例を説明したが、本発明はこれに限らず、光学フィルター35として能動的な空間変調装置型の光学フィルター（例えば液晶パネル）を配置することもできる。空間変調装置型の光学フィルターの場合、光量を空間的及び経時的に切り替えることができ、さらに波長選択性のローテーターフィルム及び偏光フィルターと組み合わせることで透過色を空間的及び経時

的に切り替えることもできる。

[0051] 上記実施形態において、光ガイドアレイ 33 の次段にイメージインテンシファイア部 40 を配置しているが、図 7 に示すように光ガイドアレイ 33 の次段に精細像検出部 252 を直接配置することもできる。この場合、光ガイドアレイ 33 の射出面 33b に対向して、例えば CMOS 型撮像素子である固体撮像素子 252a を配置することになる。

[0052] 図 8 に示すように、レンズ要素 38 の各第 1 レンズ 71 にファイバーバンドル 331 の各光ファイバー 75 を結合させることもできる。図示の例では、光ファイバー 75 の先端部 75e が第 1 レンズ 71 の凹部 71h に埋め込まれている。光ファイバー 75 の先端部 75e の端面と第 1 レンズ 71 の凹部 71h の底面との間には、浸液、接着剤等を介在させることができる。ファイバーバンドル 331 を構成する光ファイバー 75 は、レンズ 72 と同様に 2 次元的に配列される。この場合、光ファイバー 75 の射出面 75b からの光線 LL がレンズ要素 38 を経て光学フィルター 35 に入射する際に平行光化される。ファイバーバンドル 331 の入射側は、結像ミラー 10 の焦点面等に相当する像形成位置 IS となっている。この像形成位置 IS は、平面に限らず曲面とできる。像形成位置 IS が曲面の場合、光ファイバー 75 の軸 OS、すなわち主光線光軸に相当するものもこれに直交させることが望ましい。光ファイバー 75 の入射側の先端部には、レンズその他の結合素子 75c を組み付けることができる。像形成位置 IS には、結像ミラー 10 の焦点面を配置することができるが、これに限らず他の様々な光学系の焦点面等を配置することができる。

[0053] 図 8 に示す装置において、ファイバーバンドル 331 を構成する各光ファイバー 75 をガンマ線検出器のシンチレーションファイバーとすることもできる。この場合、光ファイバー 75 は、2 次元的に配列され、立方体状の空間を占有することになる。なお、像形成位置 IS には遮光用の部材を配置することになる。シンチレーションファイバーには、蛍光物質が添加されており、光ファイバー 75 を通過したガンマ線を可視光等に変換する。ファイバ

ーバンドル 3 3 1 からの光線 L L のうち特定波長の光線が光学フィルター 3 5 によって選択され、精細像検出部 5 2 により高速かつ高感度で検出される。

[0054] 以上で説明した撮像光学系 2 0 0 や撮像装置 1 0 0 は、（１）例えば霧雨時に前方に存在する人間認知のような微弱光を高速度撮影可能な車載イメージセンシング装置の検出系、（２）レーザー散乱光を用いた大気監視技術、（３）セシウム 1 3 7 等の大気放射線源の同定、（４）突発事故等の災害や危機の監視技術、（５）医療等のリアルタイム診断観察技術、（６）X 線や P E T その他の検査診断技術等に応用することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 2次元的な広がりを持つ入射面を形成するレンズ要素を有するレンズアレイを備え、
- 前記レンズ要素は、通過する光の射出角を入射角よりも減少させ、射出NAを入射NAよりも減少させ平行光に近づけるよう、角度変換を行う撮像光学系。
- [請求項2] 前記レンズアレイの射出面側に配置されて所定波長の光を選択的に透過させる光学フィルターをさらに備える、請求項1に記載の撮像光学系。
- [請求項3] 対象の像を形成する反射鏡をさらに備え、
- 前記レンズアレイは、前記反射鏡による像の形成位置に配置される、請求項1に記載の撮像光学系。
- [請求項4] 前記レンズ要素は、第1レンズと第2レンズとを光路に沿って配置した組レンズであり、前記反射鏡の光軸に垂直な方向に関して2次元的に配列されている、請求項1に記載の撮像光学系。
- [請求項5] 前記レンズ要素は、格子点に対応して配置され、前記第1レンズと前記第2レンズとは、それぞれ円柱状及び多角柱状のいずれかのレンズである、請求項4に記載の撮像光学系。
- [請求項6] 前記第1レンズと前記第2レンズとは、互いに嵌合する嵌合部をそれぞれ有する、請求項5に記載の撮像光学系。
- [請求項7] 前記レンズ要素は、湾曲する光透過基板上に貼り付けられて、もしくは隣接するレンズ要素に連結することによって相互に支持しあって、一体的に固定される、請求項1に記載の撮像光学系。
- [請求項8] 前記レンズアレイの射出面側に、光ガイドアレイをさらに備える、請求項1に記載の撮像光学系。
- [請求項9] 前記光ガイドアレイは、射出面側で細くなるようなテーパ面を有するロッド要素を有する、請求項8に記載の撮像光学系。
- [請求項10] 前記レンズアレイの射出面側に配置されて所定波長の光を選択的に

透過させる光学フィルターをさらに備え、

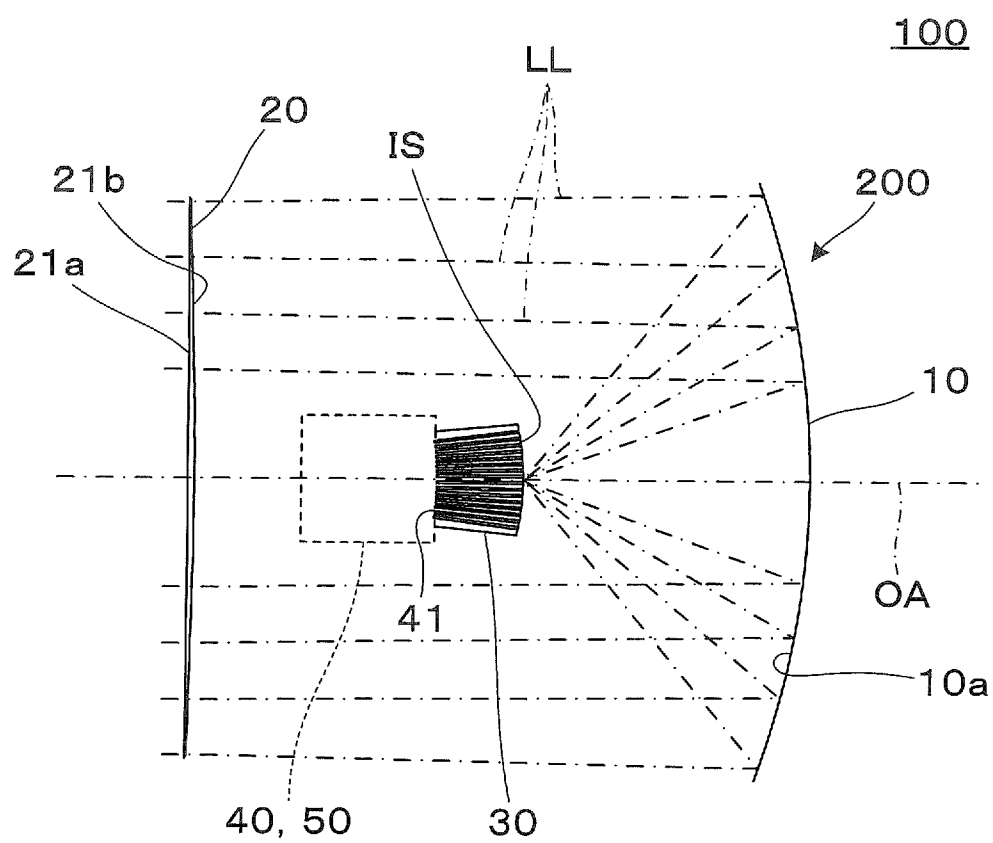
前記光学フィルターは、前記レンズアレイと前記光ガイドアレイとの間に配置される、請求項 8 に記載の撮像光学系。

[請求項11] 前記光学フィルターは、波長特性が異なる複数のフィルター領域を有するとともに変位可能に構成され、前記複数のフィルター領域は、前記光学フィルターの変位によって前記レンズアレイに対する配置を切り換えられる、請求項 10 に記載の撮像光学系。

[請求項12] 請求項 1 から 11 までのいずれか一項に記載の撮像光学系と、
前記レンズアレイの射出面側に設けられて、前記レンズアレイの射出面のパターンを検出する検出部と
を備える撮像装置。

[図1]

FIG. 1



[図2]

FIG.2

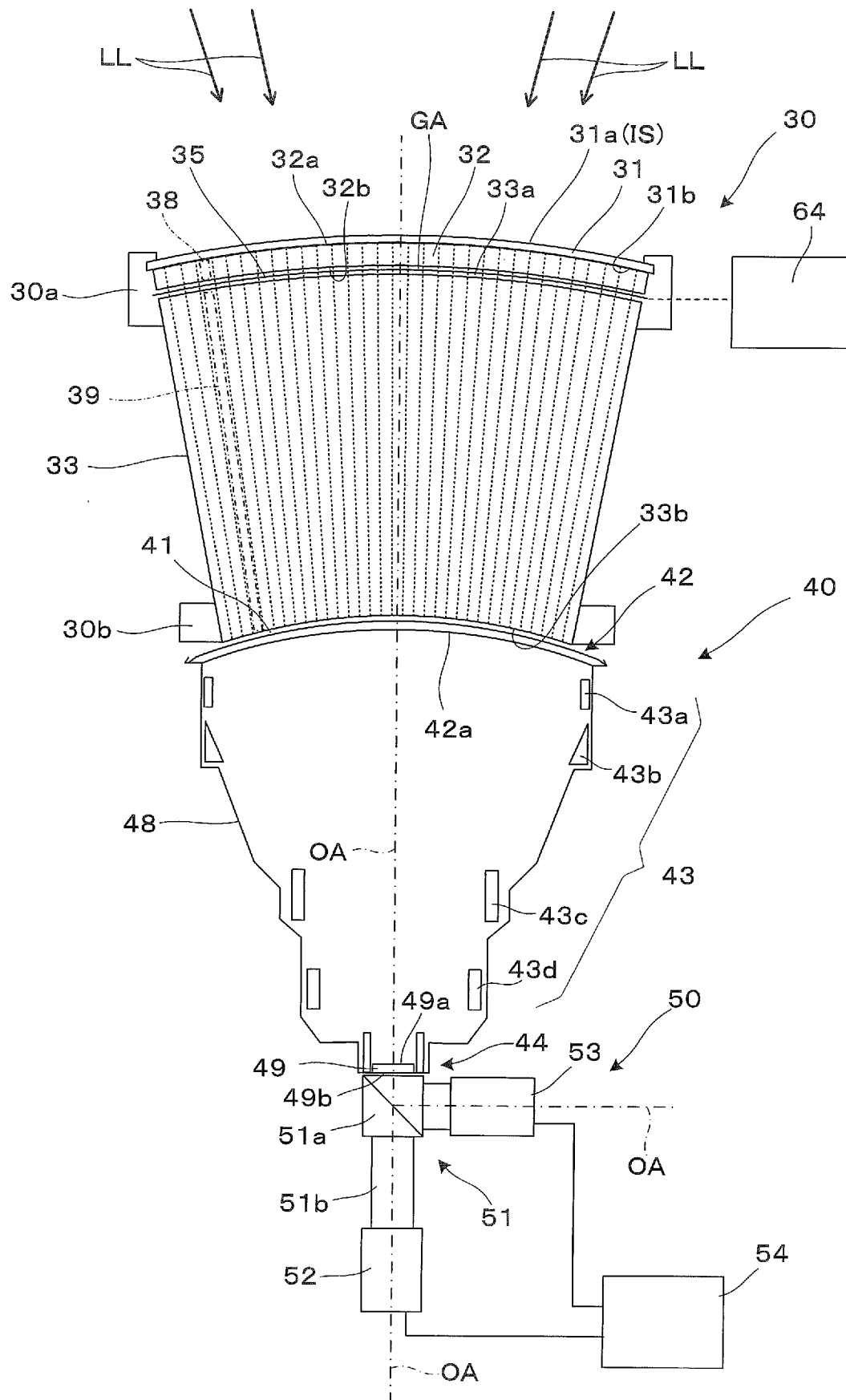
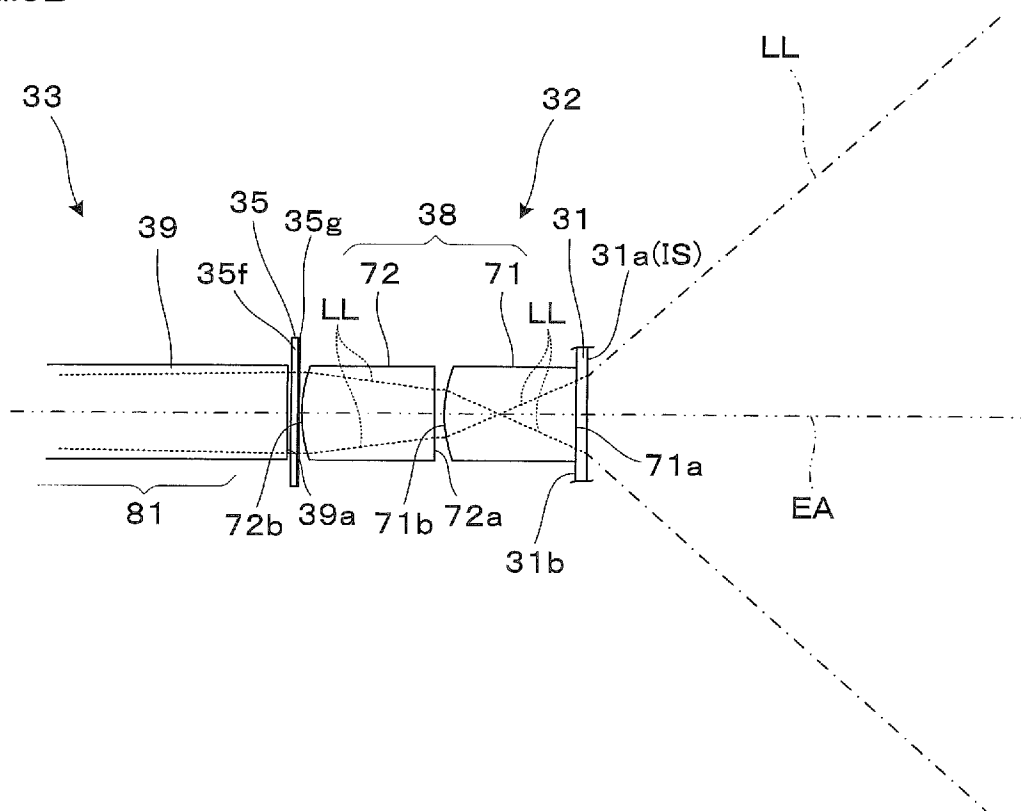
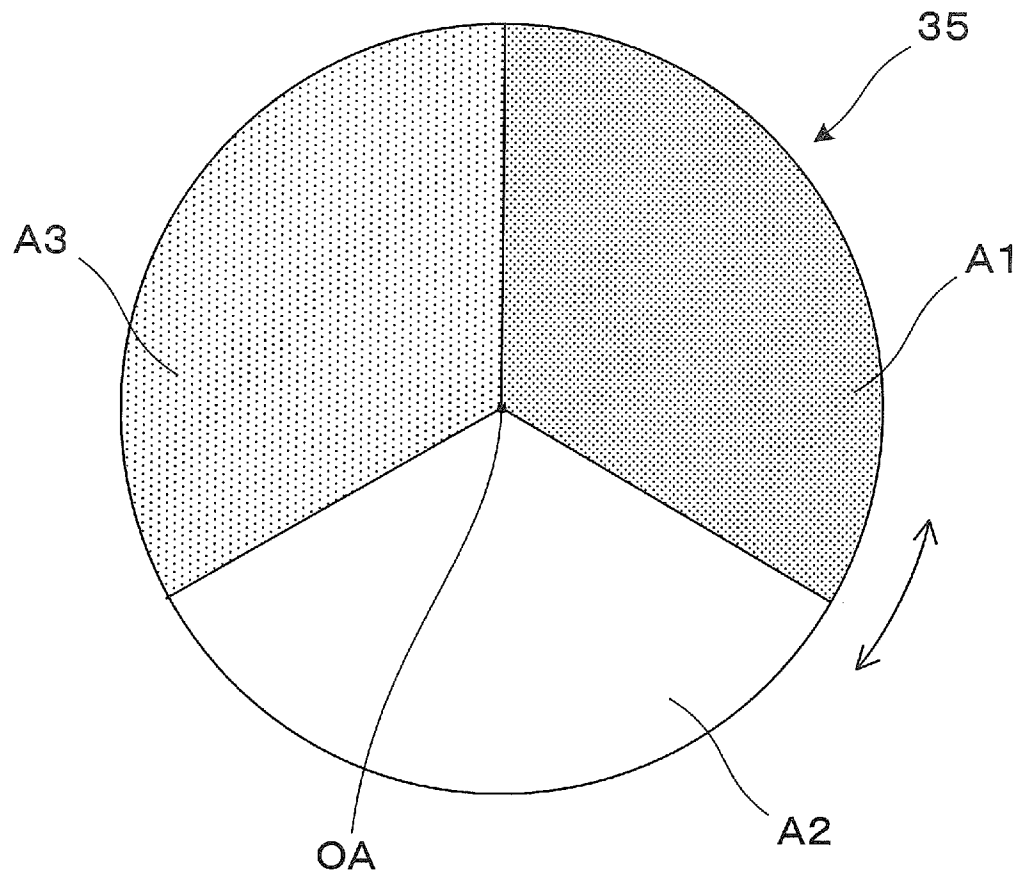


FIG.3A



[図4]

FIG.4



[図5]

FIG.5A

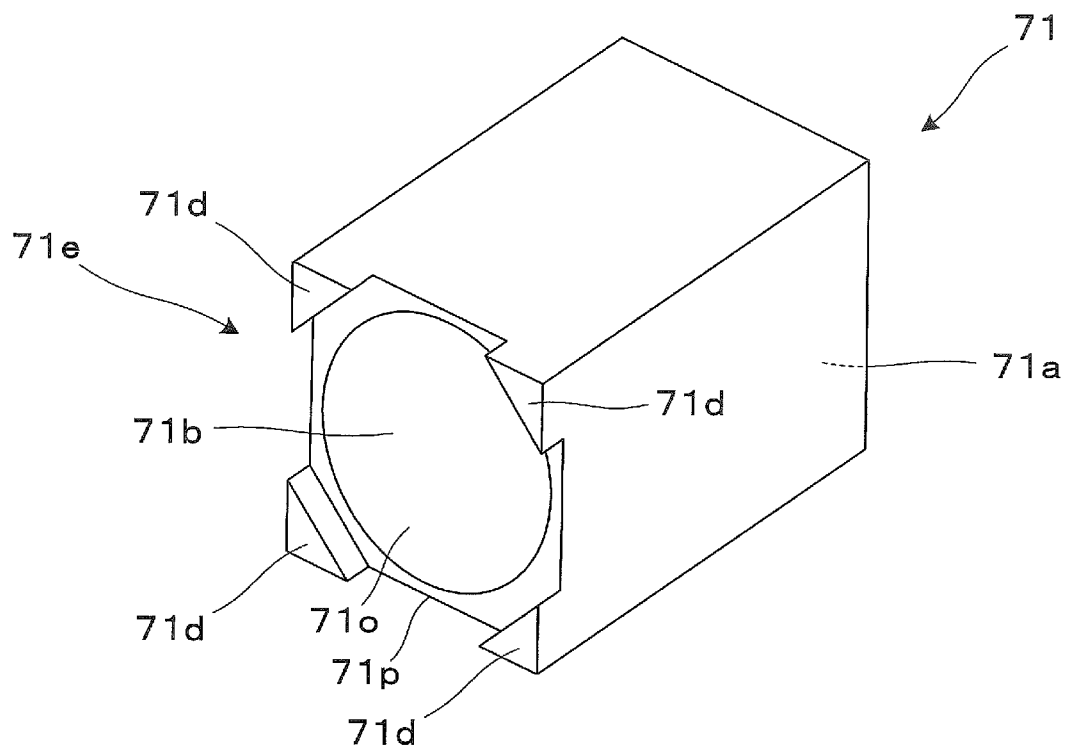
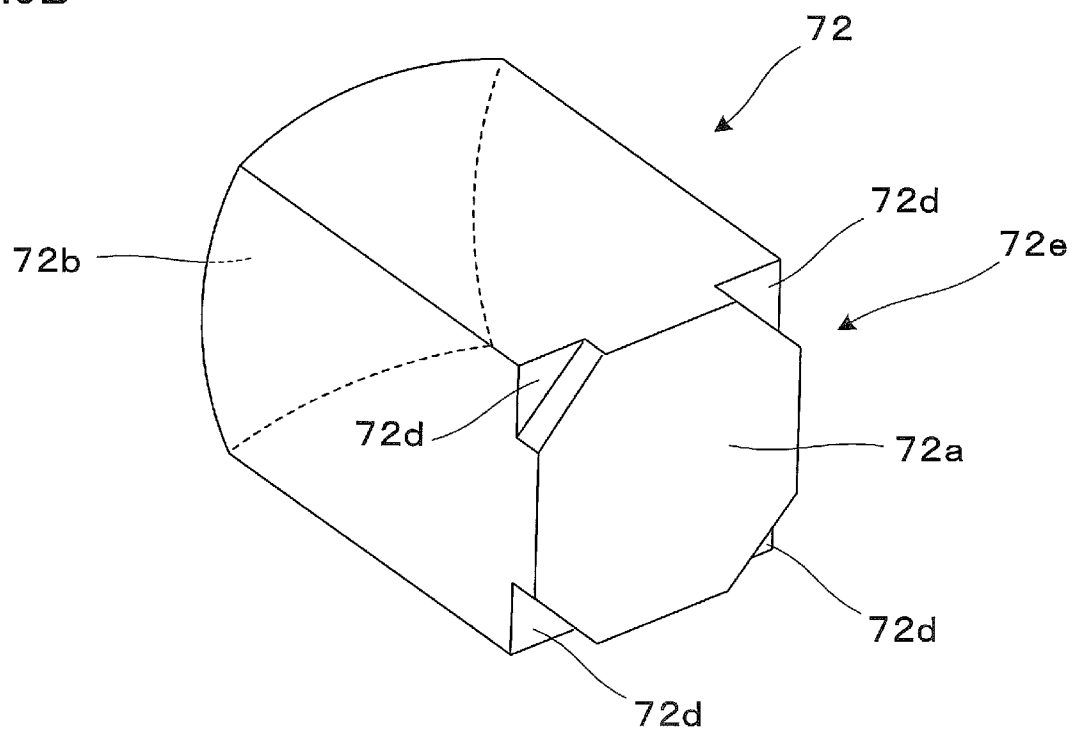


FIG.5B



[図6]

FIG.6A

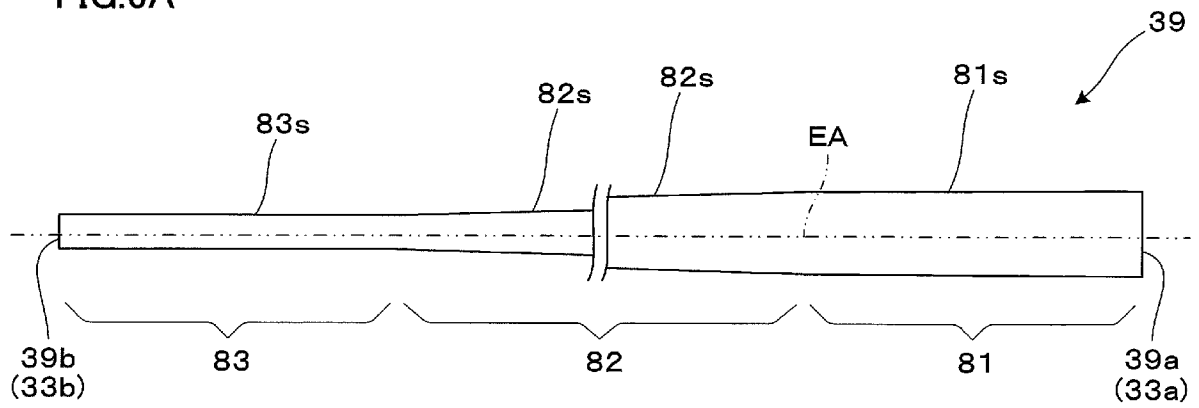


FIG.6B

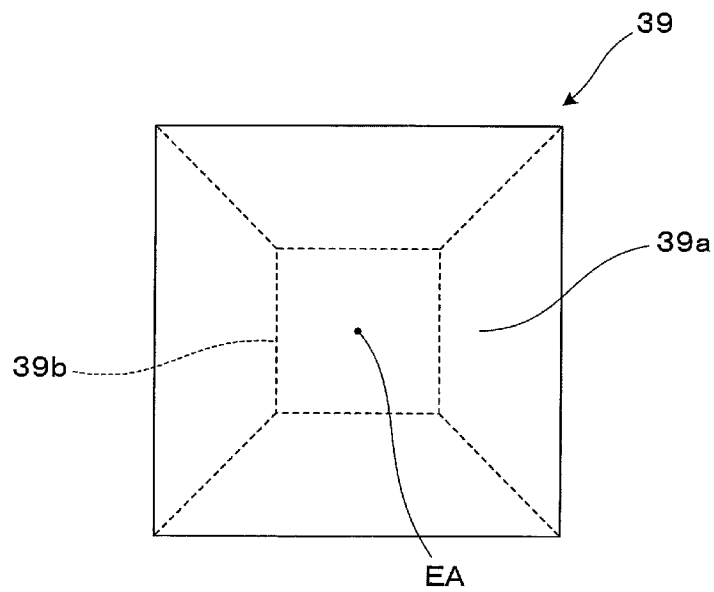
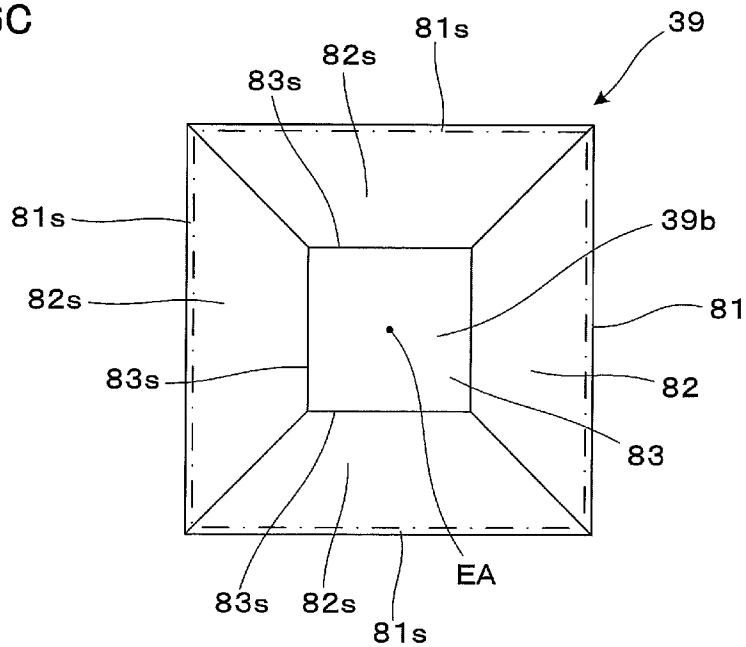
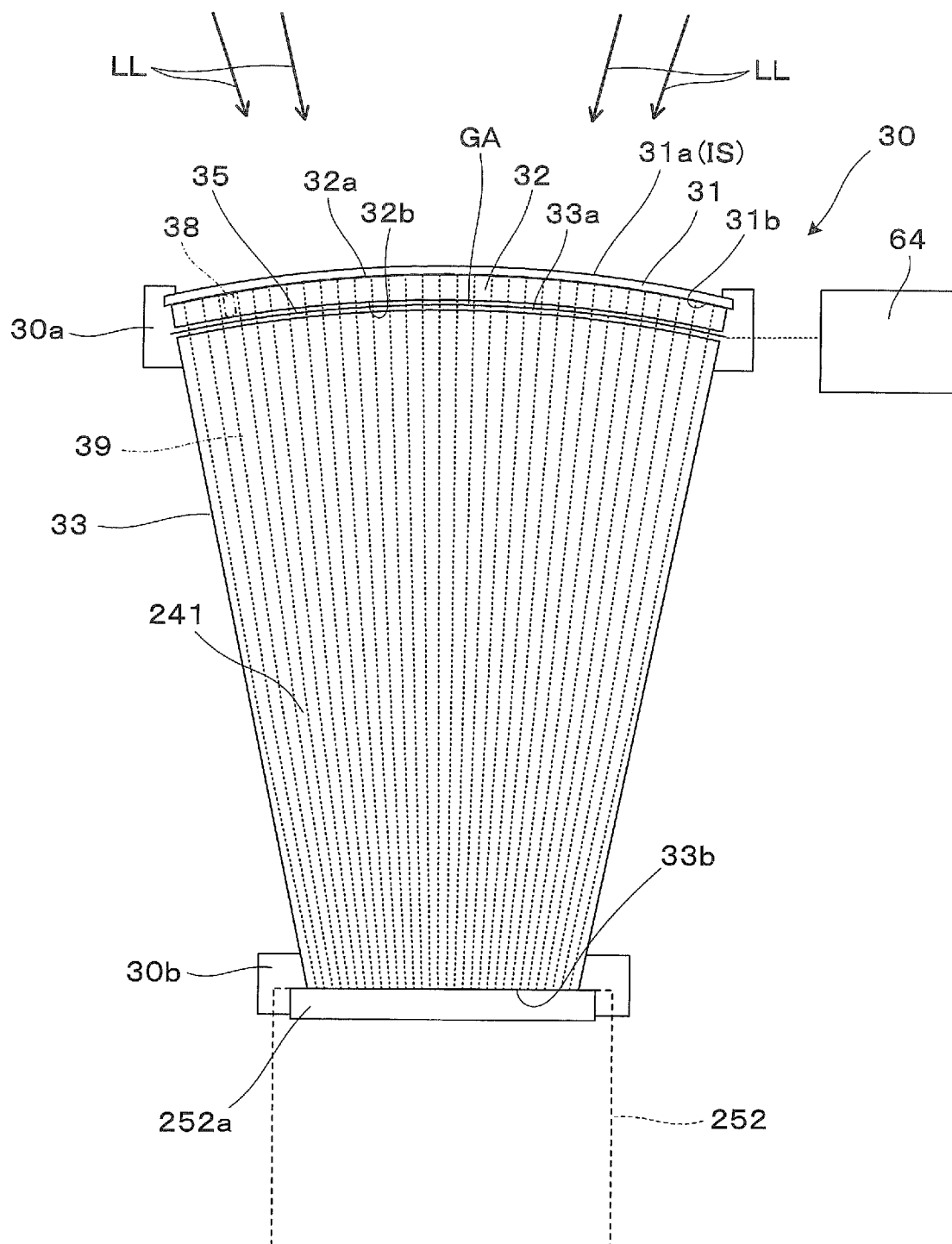


FIG.6C



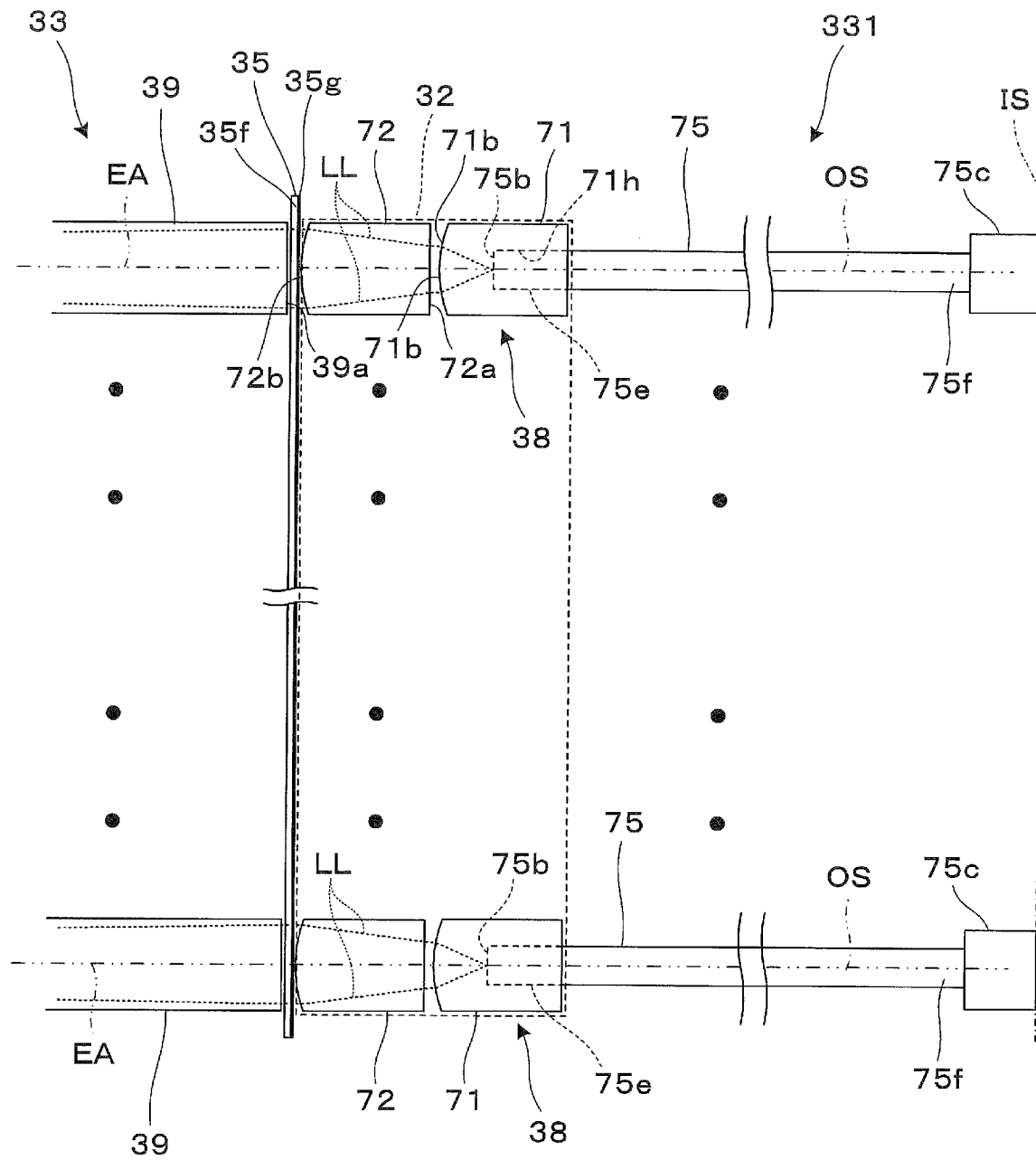
[図7]

FIG. 7



[図8]

FIG.8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/059376

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B17/08(2006.01)i, G02B3/00(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)

G02B17/08, G02B3/00

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	JP 2001-183296 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 06 July 2001 (06.07.2001), entire text; all drawings; particularly, example 8 (paragraph [0020]; fig. 12); example 9 (paragraph [0021]; fig. 13) (Family: none)	1, 12 2-11
Y	JP 2006-292582 A (Canon Inc.), 26 October 2006 (26.10.2006), entire text; all drawings; particularly, 1st carrying-out mode (paragraphs [0015] to [0036]; fig. 1) (Family: none)	2, 10-11

☒ 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
16 June, 2014 (16.06.14)

Date of mailing of the international search report
01 July, 2014 (01.07.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/059376

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-128270 A (Denso Corp.), 05 July 2012 (05.07.2012), entire text; all drawings; particularly, 1st carrying-out mode (paragraphs [0011] to [0026]; fig. 1) & US 2012/0154914 A1 & DE 102011088860 A1	2,10-11
Y	JP 9-74514 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 18 March 1997 (18.03.1997), entire text; all drawings; particularly, 1st carrying-out mode (paragraphs [0013] to [0037]; fig. 1 to 4) (Family: none)	2,10-11
Y	JP 4-42692 A (Sharp Corp.), 13 February 1992 (13.02.1992), entire text; all drawings; particularly, example (page 3, upper right column, line 18 to page 4, upper right column, line 3; fig. 1 to 2) (Family: none)	2,10-11
Y	JP 62-40416 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 21 February 1987 (21.02.1987), entire text; all drawings; particularly, 1st examples (page 3, upper right column, line 12 to page 5, lower left column, line 12; fig. 1 to 3) (Family: none)	2,10-11
Y	JP 61-41114 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 27 February 1986 (27.02.1986), entire text; all drawings; particularly, page 2, lower left column, line 6 to lower right column, line 3; 1st example (page 2, lower right column, line 17 to page 4, lower right column, line 7) & US 4625236 A & EP 172680 A1 & EP 172680 B1 & DE 3586855 T2 & AT 82673 T	2,10-11
Y	US 3142236 A (AMERICAN OPTICAL CO.), 28 July 1964 (28.07.1964), entire text; all drawings; particularly, column 3, line 23 to column 8, line 74; fig. 1 to 2, 5 to 6 & GB 957126 A	3-6,8-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/059376

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-253841 A (The Institute of Physical and Chemical Research), 25 September 1998 (25.09.1998), entire text; all drawings; particularly, 1st carrying-out mode (paragraphs [0019] to [0024]; fig. 1); 3rd carrying-out mode (paragraphs [0028] to [0032]; fig. 3); 4th carrying-out mode (paragraphs [0033] to [0036]; fig. 4) (Family: none)	3-6, 8-11
Y	JP 2007-293271 A (ASML Holding N.V.), 08 November 2007 (08.11.2007), entire text; all drawings; particularly, paragraphs [0083] to [0093]; fig. 6 to 7 & US 2007/0183054 A1 & US 7532403 B2 & US 2009/0251786 A1 & US 7859756 B2 & EP 1816520 A2 & KR 10-2007-0080220 A & KR 10-0869307 B1 & CN 101025474 A & CN 101025474 B & SG 134315 A1 & TW I344062 B & JP 4551415 B2	4-7
Y	JP 2011-75835 A (Fujifilm Corp.), 14 April 2011 (14.04.2011), entire text; all drawings; particularly, paragraphs [0056] to [0061]; fig. 9 to 10 & US 2012/0189800 A1 & EP 2485070 A1 & WO 2011/040103 A1 & KR 10-2012-0091010 A & CN 102770786 A	6-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B17/08(2006.01)i, G02B3/00(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. G02B17/08, G02B3/00

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 Y	JP 2001-183296 A（オリンパス光学工業株式会社）2001.07.06, 全文、全図、特に、実施例8（段落[0020]、図12）、実施例9（段落[0021]、図13）（ファミリーなし）	1, 12 2-11
Y	JP 2006-292582 A（キヤノン株式会社）2006.10.26, 全文、全図、特に、第1の実施形態（段落[0015]-[0036]、図1）（ファミリーなし）	2, 10-11

☒ 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

1 6 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 7 . 2 0 1 4

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）

森内 正明

2 V

9 2 2 2

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 2012-128270 A (株式会社デンソー) 2012. 07. 05, 全文、全図、特に、第 1 実施形態 (段落[0011]-[0026]、図 1) & US 2012/0154914 A1 & DE 102011088860 A1	2, 10-11
Y	JP 9-74514 A (オリンパス光学工業株式会社) 1997. 03. 18, 全文、全図、特に、第 1 実施形態 (段落[0013]-[0037]、図 1-4) (ファミリーなし)	2, 10-11
Y	JP 4-42692 A (シャープ株式会社) 1992. 02. 13, 全文、全図、特に、実施例 (第 3 ページ右上欄第 18 行-第 4 ページ右上欄第 3 行、第 1-2 図) (ファミリーなし)	2, 10-11
Y	JP 62-40416 A (オリンパス光学工業株式会社) 1987. 02. 21, 全文、全図、特に、第 1 実施例 (第 3 ページ右上欄第 12-第 5 ページ左下欄第 12 行、第 1-3 図) (ファミリーなし)	2, 10-11
Y	JP 61-41114 A (オリンパス光学工業株式会社) 1986. 02. 27, 全文、全図、特に、第 2 ページ左下欄第 6 行-右下欄第 3 行、第 1 実施例 (第 2 ページ右下欄第 17 行-第 4 ページ右下欄第 7 行) & US 4625236 A & EP 172680 A1 & EP 172680 B1 & DE 3586855 T2 & AT 82673 T	2, 10-11
Y	US 3142236 A (AMERICAN OPTICAL COMPANY) 1964. 07. 28, 全文、全図、特に、第 3 欄第 23 行-第 8 欄第 74 行、Fig. 1-2, 5-6 & GB 957126 A	3-6, 8-11
Y	JP 10-253841 A (理化学研究所) 1998. 09. 25, 全文、全図、特に、第 1 の実施形態 (段落[0019]-[0024]、図 1)、第 3 の実施形態 (段落[0028]-[0032]、図 3)、第 4 の実施形態 (段落[0033]-[0036]、図 4) (ファミリーなし)	3-6, 8-11
Y	JP 2007-293271 A (エーエスエムエル ホールディング エヌ. ブイ.) 2007. 11. 08, 全文、全図、特に、段落[0083]-[0093]、図 6-7 & US 2007/0183054 A1 & US 7532403 B2 & US 2009/0251786 A1 & US 7859756 B2 & EP 1816520 A2 & KR 10-2007-0080220 A & KR 10-0869307 B1 & CN 101025474 A & CN 101025474 B & SG 134315 A1 & TW I344062 B & JP 4551415 B2	4-7
Y	JP 2011-75835 A (富士フイルム株式会社) 2011. 04. 14, 全文、全図、特に、段落[0056]-[0061]、図 9-10 & US 2012/0189800 A1 & EP 2485070 A1 & WO 2011/040103 A1 & KR 10-2012-0091010 A & CN 102770786 A	6-7