

(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
2022年9月15日(15.09.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/190653 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 27/146 (2006.01) *H04N 5/369* (2011.01)
G02B 7/02 (2021.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/001700
- (22) 国際出願日: 2022年1月19日(19.01.2022)
- (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 2021-037662 2021年3月9日(09.03.2021) JP
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014

神奈川県厚木市旭町四丁目14番
1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 高地 泰三(TAKACHI Taizo); 〒2430014
神奈川県厚木市旭町4丁目14-1 ソ
ニーセミコンダクタソリューションズ
株式会社内 Kanagawa (JP).

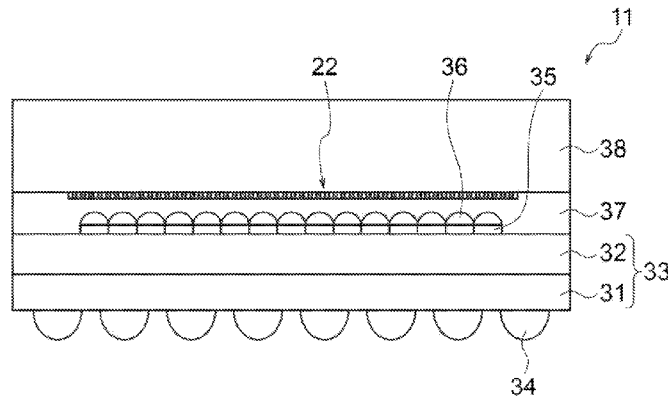
(74) 代理人: 中村 行孝, 外(NAKAMURA Yukitaka
et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内1
丁目6番6号 日本生命丸の内ビル 協和
特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) **Title:** IMAGING ELEMENT, IMAGING DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING IMAGING ELEMENT

(54) 発明の名称: 撮像素子、撮像装置、及び撮像素子の製造方法

[図4]



(57) **Abstract:** [Problem] To provide advantageous technical solutions for acquiring a high quality image, using a small device configuration. [Solution] An imaging element comprising: a pixel substrate having an image sensor; an optically transmissive cover body facing the image sensor; and a diffraction lens having a plurality of protruding lens portions protruding from the cover body toward the image sensor. A space is provided between the plurality of protruding lens portions.

[続葉有]



WO 2022/190653 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: [課題] 小型の装置構成で高品質の画像を取得するのに有利な技術を提供する。 [解決手段] 撮像素子は、イメージセンサを具備する画素基板と、イメージセンサに対面する透光性のカバー体と、カバー体からイメージセンサに向かって突出する複数の突出レンズ部を有する回折レンズと、を備え、複数の突出レンズ部の相互間に空間が設けられている。

明 細 書

発明の名称：撮像素子、撮像装置、及び撮像素子の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、撮像素子、撮像装置、及び撮像素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 一般的な撮像装置（カメラ）では、レンズの幾何光学屈折を利用して、撮影光がイメージセンサ（例えばCMOSイメージセンサ）上に集光される。

[0003] 一方、近年の高解像度化及び小型化の要求の高まりを背景に、幾何光学屈折を利用するレンズ（以下「幾何光学レンズ」とも称する）だけではなく、他の光学特性を利用したレンズも提案されている。

[0004] 例えば特許文献1は、光回折を利用した光学レンズを開示する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2014-78015号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述の幾何光学レンズ及び光回折を利用するレンズ（以下「回折レンズ」とも称する）を、高解像度且つ小型の撮像装置に応用する場合、小型のレンズ構成によって、光学特性上の不具合（例えば色収差）を抑える必要がある。

[0007] 本開示は上述の事情に鑑みてなされたものであり、小型の装置構成で高品質の画像を取得するのに有利な技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一態様は、イメージセンサを具備する画素基板と、イメージセンサに対面する透光性のカバー体と、カバー体からイメージセンサに向かって突出する複数の突出レンズ部を有する回折レンズと、を備え、複数の突出レンズ部の相互間に空間が設けられている撮像素子に関する。

- [0009] 撮像素子は、イメージセンサと回折レンズとの間に位置し、複数の突出レンズ部に接触する光硬化樹脂膜を備えてもよい。
- [0010] 撮像素子は、イメージセンサと回折レンズとの間に位置し、複数の突出レンズ部に接触する無機膜を備えてもよい。
- [0011] 撮像素子は、お互いに重ねられる複数のレンズ構成層を備え、複数のレンズ構成層の各々は、カバー体及び回折レンズを含んでもよい。
- [0012] 回折レンズは、イメージセンサから $60\mu\text{m}$ 以下離れて位置してもよい。
- [0013] 複数の突出レンズ部の平面サイズは、光軸からの距離を基準に、周期的に変化し、複数の突出レンズ部の平面サイズの変化の周期は、複数の突出レンズ部の光回折の 360° の位相差に基づいており、各周期において、光軸から離れるに従って突出レンズ部の平面サイズが小さくなってもよい。
- [0014] 複数の突出レンズ部の平面サイズは、光軸からの距離を基準に、周期的に変化し、複数の突出レンズ部の平面サイズの変化の周期は、複数の突出レンズ部の光回折の 360° の位相差に基づいており、各周期において、光軸から離れるに従って突出レンズ部の平面サイズが大きくなってもよい。
- [0015] 撮像素子は、画素基板とカバー体との間に位置し、画素基板に対してカバー体を固定する固定部を備えてもよい。
- [0016] イメージセンサと回折レンズとの間に空間が設けられていてもよい。
- [0017] 撮像素子は、画素基板を支持する支持体と、支持体とカバー基板との間に位置し、支持体に対してカバー体を固定する固定部と、を備えてもよい。
- [0018] 本開示の他の態様は、イメージセンサを具備する画素基板と、イメージセンサに対面する透光性のカバー体と、カバー体からイメージセンサに向かって突出する複数の突出レンズ部を有する回折レンズと、カバー体を介して画素基板とは反対側に位置する撮像レンズと、を備え、複数の突出レンズ部の相互間に空間が形成されている撮像装置に関する。
- [0019] 回折レンズは、撮像レンズの色収差を低減してもよい。
- [0020] 回折レンズは、撮像レンズから回折レンズに向かう光の主光線入射角度よりも小さい主光線入射角度で、光を出射してもよい。

[0021] 本開示の他の態様は、イメージセンサを有する画素基板に対し、透光性のカバー体を固定する工程を含み、カバー体には、回折レンズを構成し且つ相互間に空間が設けられている複数の突出レンズ部が固定されており、複数の突出レンズ部がカバー体と画素基板との間に位置するように、カバー体は画素基板に対して固定される撮像素子の製造方法に関する。

[0022] 撮像素子の製造方法は、画素基板上に、光硬化樹脂を付与する工程と、画素基板上の光硬化樹脂のうちイメージセンサを覆う部分を、光照射によって硬化させる工程と、を含み、画素基板上の光硬化樹脂のうち光照射によって硬化した部分に複数の突出レンズ部を対面させつつ、カバー体が画素基板に対して固定されてもよい。

[0023] 撮像素子の製造方法は、画素基板上に、無機膜を付与する工程を含み、無機膜に複数の突出レンズ部を対面させつつ、カバー体が画素基板に対して固定されてもよい。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図1は、複数の幾何光学レンズを含むユニットを通過した短波長光及び長波長光の焦点を例示する図面である。

[図2]図2は、光回折を利用する回折レンズを通過した短波長光及び長波長光の焦点を例示する図面である。

[図3]図3は、幾何光学レンズ及び回折レンズを含む光学レンズ系を通過した短波長光及び長波長光の焦点を例示する図面である。

[図4]図4は、第1実施形態に係る撮像素子の一例を示す断面図である。

[図5]図5は、図4に示す撮像素子の一部分を拡大して示す断面図である。

[図6]図6は、下側基板及び上側基板の構造の一例を示す断面図であり、撮像素子の一部分が拡大して示されている。

[図7]図7は、幾何光学レンズ及び撮像素子を備える撮像装置の一例を示す断面図である。

[図8]図8は、図7に示す撮像素子の一部分を拡大して示す断面図である。

[図9]図9は、撮像素子の一部分を拡大して示す断面図であり、隣接するイメ

ーじセンサ間で混色が生じる場合を例示的に説明する図である。

[図10]図10は、撮像素子の一部分を拡大して示す断面図であり、回折レンズによって撮影光が適切なイメージセンサに向かって屈折し、混色が防がれる場合を例示的に説明する図である。

[図11A]図11Aは、回折レンズの製造方法の一例を説明するための図である。
。

[図11B]図11Bは、回折レンズの製造方法の一例を説明するための図である。
。

[図11C]図11Cは、回折レンズの製造方法の一例を説明するための図である。
。

[図11D]図11Dは、回折レンズの製造方法の一例を説明するための図である。
。

[図11E]図11Eは、回折レンズの製造方法の一例を説明するための図である。
。

[図12]図12は、カバー体ウエハー上に形成された複数の回折レンズを示す斜視図である。

[図13A]図13Aは、撮像素子の製造方法の一例を示す斜視図である。

[図13B]図13Bは、撮像素子の製造方法の一例を示す斜視図である。

[図13C]図13Cは、撮像素子の製造方法の一例を示す斜視図である。

[図13D]図13Dは、撮像素子の製造方法の一例を示す斜視図である。

[図14]図14は、撮像素子の製造方法の一例を示す撮像素子の断面図である。
。

[図15]図15は、撮像素子の製造方法の一例を示す撮像素子の断面図である。
。

[図16]図16は、撮像素子の製造方法の一例を示す撮像素子の断面図である。
。

[図17]図17は、撮像素子の製造方法の他の例を示す断面図である。

[図18]図18は、図17に示す製造方法によって製造される撮像素子の一部

分を拡大して示す断面図である。

[図19]図 1 9 は、第 2 実施形態に係る撮像装置の一例を示す断面図である。

[図20]図 2 0 は、第 3 実施形態に係る撮像装置の一例を示す断面図である。

[図21]図 2 1 は、第 4 実施形態に係る撮像装置の一例を示す断面図である。

[図22]図 2 2 は、第 5 実施形態に係る撮像装置の一例を示す断面図である。

[図23]図 2 3 は、第 6 実施形態に係る撮像装置の一例を示す断面図である。

[図24]図 2 4 は、回折レンズの構造例を示す斜視図である。

[図25]図 2 5 は、回折レンズの一例の概略を示す拡大平面図である。

[図26A]図 2 6 A は、回折レンズ（複数の突出レンズ部）の光回折の位相差を説明するための図である。

[図26B]図 2 6 B は、回折レンズ（複数の突出レンズ部）の光回折の屈折角を説明するための図である。

[図26C]図 2 6 C は、回折レンズ（複数の突出レンズ部）の光回折の屈折角及び焦点距離を説明するための図である。

[図27]図 2 7 は、1 つの回折レンズを構成する複数の突出レンズ部の配置例を示す平面図である。

[図28]車両制御システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図29]車外情報検出部及び撮像部の設置位置の一例を示す説明図である。

[図30]内視鏡手術システムの概略的な構成の一例を示す図である。

[図31]カメラヘッド及びCCUの機能構成の一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0025] 図 1 は、複数の幾何光学レンズを含むユニット（以下単に「幾何光学レンズ 2 1」とも称する）を通過した短波長光 L 1 及び長波長光 L 2 の焦点を例示する図面である。

[0026] 幾何光学屈折を利用する幾何光学レンズ 2 1 は、光の波長が長くなるほど小さな屈折率を示し、焦点距離が長くなる（図 1 に示す「長波長光 L 2」参照）。すなわち幾何光学レンズ 2 1 は、光の波長が短くなるほど大きな屈折率を示し、焦点距離が短くなる（図 1 に示す「短波長光 L 1」参照）。

- [0027] 上記特性を持つ幾何光学レンズ 2 1 によって撮影光をイメージセンサ上に集光する場合、色収差を抑えるために、複数のレンズを組み合わせる必要がある。
- [0028] 図 2 は、光回折を利用する回折レンズ 2 2 を通過した短波長光 L 1 及び長波長光 L 2 の焦点を例示する図面である。
- [0029] 回折レンズ 2 2 は、光の波長が長くなるほど大きな屈折率を示し、焦点距離が短くなる（図 2 に示す「長波長光 L 2」参照）。すなわち回折レンズ 2 2 は、光の波長が短くなるほど小さな屈折率を示し、焦点距離が長くなる（図 2 の「短波長光 L 1」参照）。
- [0030] このように幾何光学レンズ 2 1 及び回折レンズ 2 2 は、入射光の波長に関し、お互いに逆の屈折特性を示す。そのため、幾何光学レンズ 2 1 及び回折レンズ 2 2 を組み合わせることで、光学レンズ系の光軸 A x に沿う方向（以下「光軸方向」とも称する）のサイズの拡大を抑えつつ、色収差を効果的に低減することが可能である。
- [0031] 図 3 は、幾何光学レンズ 2 1 及び回折レンズ 2 2 を含む光学レンズ系を通過した短波長光 L 1 及び長波長光 L 2 の焦点を例示する図面である。図 3 に示す例では、幾何光学レンズ 2 1 のユニットのうち最も被写体側に位置するレンズの表面に回折レンズ 2 2 が取り付けられる。
- [0032] このように幾何光学レンズ 2 1 及び回折レンズ 2 2 を組み合わせることによって、光軸方向の光学レンズ系の拡大を抑えつつ、短波長光 L 1 の焦点及び長波長光 L 2 の焦点をお互いに一致又は近接させることが可能である。
- [0033] 上述のように幾何光学レンズ 2 1 に回折レンズ 2 2 を組み合わせることによって光学レンズ系全体の光学特性を向上させることができるが、回折レンズ 2 2 の設置は必ずしも容易ではない。
- [0034] すなわち、回折レンズ 2 2 によって所望の光学特性を実現するためには、回折レンズ 2 2 のレンズ片を所望位置に配置する必要がある。しかしながら、特有の形状を持つ微細構造の回折レンズ 2 2 を、レンズ曲面上の所望位置に精度良く配置及び固定することは容易ではない。特に、近年では、多画素

化の進展に伴って、より高い分解能を持つ光学レンズ系が求められており、回折レンズ 22 のレンズ片は、より一層微細且つ複雑な形状を持つ傾向が強い。

[0035] 高度なレンズ光学特性は、上述のように幾何光学レンズ 21 に含まれるレンズの数を増やすことでも、実現可能である。その一方で、スマートフォンなどの携帯端末に搭載される撮像装置では、モバイル性向上の観点から、光学レンズ系の小型化、薄型化及び軽量化が求められている。光学レンズ系の高性能化のためのレンズ数の増大と、モバイル性向上のための小型化等とは、お互いに相反する要求である。

[0036] また撮像装置の薄型化のために光学レンズ系を薄くする場合、イメージセンサへの光の入射角度（主光線入射角度：CRA）が大きくなる傾向があるが、主光線入射角度が大きくなるとセンサ感度が低下し、撮影画像の質が落ちる。なお、主光線入射角度が 0° に近づくほど、イメージセンサに向かう光の進行方向は光軸方向に近づき、主光線入射角度が大きくなるほど、イメージセンサに向かう光の進行方向は光軸に垂直な方向に近づく。

[0037] 以下では、小型の装置構成で高品質の画像を取得するのに有利な撮像素子及び撮像装置の例と、そのような撮像素子及び撮像装置を製造する方法の例とを説明する。

[0038] [第 1 実施形態]

図 4 は、第 1 実施形態に係る撮像素子 11 の一例を示す断面図である。図 5 は、図 4 に示す撮像素子 11 の一部分を拡大して示す断面図である。

[0039] 図 4 及び図 5 に示される撮像素子 11 は、積層された下側基板 31 及び上側基板 32 を含む画素基板 33 がパッケージ化された半導体パッケージである。

[0040] 撮像素子 11 は、図 4 の上から下に向かって進行する撮影光を受光し、当該撮影光を電気信号に変換し、当該電気信号（すなわち画像データ）を出力する。

[0041] 下側基板 31 には、不図示の外部基板と電氣的に接続するための裏面電極

である複数ののはんだボール 3 4 が形成されている。

[0042] 上側基板 3 2 の上面には、R（赤）、G（緑）及び B（青）のカラーフィルタ 3 5 と、カラーフィルタ 3 5 を覆うオンチップレンズ 3 6 とが設けられている。

[0043] 上側基板 3 2 には、シール樹脂 3 7 を介してカバー体 3 8 が固定されている。シール樹脂 3 7 は、上側基板 3 2 に対してカバー体 3 8 を接着する接着層として機能するとともに、カラーフィルタ 3 5 及びオンチップレンズ 3 6 を外側から遮断するシール層として機能する。

[0044] 一例として、上側基板 3 2 には、2次元配列された複数のイメージセンサ（光電変換素子）を有する画素領域と、複数のイメージセンサを制御する制御回路とが形成される。一方、下側基板 3 1 には、複数のイメージセンサからの画素信号を処理する回路などのロジック回路が形成される。

[0045] 他の例として、上側基板 3 2 には画素領域のみが形成され、制御回路及びロジック回路は下側基板 3 1 に形成されてもよい。

[0046] このように積層構造の下側基板 3 1 及び上側基板 3 2 に画素領域、制御回路及びロジック回路を形成することで、撮像素子 1 1 の平面方向への拡張を抑えて、撮像素子 1 1 の平面サイズの小型化を促すことができる。

[0047] 図 6 は、下側基板 3 1 及び上側基板 3 2 の構造の一例を示す断面図であり、撮像素子 1 1 の一部分が拡大して示されている。

[0048] 下側基板 3 1 には、例えばシリコン（Si）で構成された半導体基板 8 1（以下「シリコン基板 8 1」とも称する）の上側（上側基板 3 2 側）に、多層配線層 8 2 が形成されている。この多層配線層 8 2 により、例えば、上述の制御回路及びロジック回路が構成されている。

[0049] 多層配線層 8 2 は、上側基板 3 2 に最も近い最上層の配線層 8 3 a、中間の配線層 8 3 b、及び、シリコン基板 8 1 に最も近い最下層の配線層 8 3 c などからなる複数の配線層 8 3 と、各配線層 8 3 の間に形成された層間絶縁膜 8 4 とで構成される。

[0050] 複数の配線層 8 3 は、例えば、銅（Cu）、アルミニウム（Al）、タン

グステン（W）などを用いて形成され、層間絶縁膜 84 は、例えば、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜などで形成される。複数の配線層 83 及び層間絶縁膜 84 のそれぞれは、全ての階層が同一の材料で形成されていてもよし、階層によって 2 つ以上の材料を使い分けてもよい。

[0051] シリコン基板 81 の所定の位置には、シリコン基板 81 を貫通するシリコン貫通孔 85 が形成される。シリコン貫通孔 85 の内壁に、絶縁膜 86 を介して接続導体 87 が埋め込まれることにより、シリコン貫通電極（TSV：Through Silicon Via）88 が形成される。絶縁膜 86 は、例えば、SiO₂膜やSiN膜などで形成することができる。

[0052] なお、図 6 に示されるシリコン貫通電極 88 では、内壁面に沿って絶縁膜 86 と接続導体 87 が成膜され、シリコン貫通孔 85 内部が空洞となっているが、内径によってはシリコン貫通孔 85 内部全体が接続導体 87 で埋め込まれることもある。換言すれば、貫通孔の内部が導体で埋め込まれていても、一部が空洞となってもどちらでもよい。このことは、後述するチップ貫通電極（TCV：Through Chip Via）105 などについても同様である。

[0053] シリコン貫通電極 88 の接続導体 87 は、シリコン基板 81 の下面側に形成された再配線 90 と接続されており、再配線 90 は、はんだボール 34 と接続されている。接続導体 87 及び再配線 90 は、例えば、銅（Cu）、タングステン（W）、チタン（Ti）、タンタル（Ta）、チタンタングステン合金（TiW）、或いはポリシリコンなどで形成することができる。

[0054] また、シリコン基板 81 の下面側には、はんだボール 34 が形成されている領域を除いて、再配線 90 と絶縁膜 86 を覆うように、ソルダマスク（ソルダレジスト）91 が形成されている。

[0055] 一方、上側基板 32 には、シリコン（Si）で構成された半導体基板 101（以下「シリコン基板 101」とも称する）の下側（下側基板 31 側）に、多層配線層 102 が形成されている。この多層配線層 102 により、例えば、画素領域の画素回路が構成されている。

- [0056] 多層配線層 102 は、シリコン基板 101 に最も近い最上層の配線層 103 a、中間の配線層 103 b、及び、下側基板 31 に最も近い最下層の配線層 103 c などからなる複数の配線層 103 と、各配線層 103 の間に形成された層間絶縁膜 104 とで構成される。
- [0057] 複数の配線層 103 及び層間絶縁膜 104 として使用される材料は、上述した配線層 83 及び層間絶縁膜 84 の材料と同種のもので採用することができる。また、複数の配線層 103 や層間絶縁膜 104 が、1 または 2 つ以上の材料を使い分けて形成されてもよい点も、上述した配線層 83 及び層間絶縁膜 84 と同様である。
- [0058] なお、図 6 の例では、上側基板 32 の多層配線層 102 は 3 層の配線層 103 で構成され、下側基板 31 の多層配線層 82 は 4 層の配線層 83 で構成されているが、配線層の総数はこれに限られず、任意の層数で形成することができる。
- [0059] シリコン基板 101 内には、PN 接合により形成されたフォトダイオードにより構成されるイメージセンサ 40 が、画素ごとに形成されている。
- [0060] また、図示は省略されているが、多層配線層 102 とシリコン基板 101 には、第 1 転送トランジスタ 52、第 2 転送トランジスタ 54 などの複数の画素トランジスタや、メモリ部 (MEM) 53 など形成されている。
- [0061] カラーフィルタ 35 とオンチップレンズ 36 が形成されていないシリコン基板 101 の所定の位置には、上側基板 32 の配線層 103 a と接続されているシリコン貫通電極 109 と、下側基板 31 の配線層 83 a と接続されているチップ貫通電極 105 とが、形成されている。
- [0062] チップ貫通電極 105 とシリコン貫通電極 109 は、シリコン基板 101 上面に形成された接続用配線 106 で接続されている。また、シリコン貫通電極 109 及びチップ貫通電極 105 のそれぞれとシリコン基板 101 との間には、絶縁膜 107 が形成されている。さらに、シリコン基板 101 の上面には、絶縁膜 (平坦化膜) 108 を介して、カラーフィルタ 35 やオンチップレンズ 36 が形成されている。

- [0063] 以上のように、図 1 に示される固体撮像装置 1 の画素基板 33 は、下側基板 31 の多層配線層 82 側と、上側基板 32 の多層配線層 102 側とを貼り合わせた積層構造となっている。図 6 では、下側基板 31 の多層配線層 82 と、上側基板 32 の多層配線層 102 との貼り合わせ面が、破線で示されている。
- [0064] また、固体撮像装置 1 の画素基板 33 では、上側基板 32 の配線層 103 と下側基板 31 の配線層 83 が、シリコン貫通電極 109 とチップ貫通電極 105 の 2 本の貫通電極により接続される。下側基板 31 の配線層 83 とはんだボール（裏面電極）14 が、シリコン貫通電極 88 と再配線 90 により接続されている。これにより、固体撮像装置 1 の平面積を、極限まで小さくすることができる。
- [0065] このように、図 6 に示される撮像素子 11 によれば、小型の半導体装置（半導体パッケージ）を実現することができる。
- [0066] 上述のように撮像素子 11 は、撮影光が入射するイメージセンサ 40 を具備する画素基板 33 と、イメージセンサ 40 に対面する透光性のカバー体 38 と、を備える。そして画素基板 33 とカバー体 38 との間に位置するシール樹脂 37 が、固定部として働き、画素基板 33 に対してカバー体 38 を固定する。これにより画素基板 33 及びカバー体 38 は一体化される。
- [0067] さらに本実施形態の撮像素子 11 は、カバー体 38 に取り付けられる回折レンズ 22 を備える。
- [0068] 図 4 ～図 6 に示されるカバー体 38 は、光軸方向に離れて位置する 2 つの平坦面（すなわち表面及び裏面）であって、光軸 A x に垂直な方向に延在する平坦面を有する。回折レンズ 22 は、カバー体 38 のこれらの平坦面のうちの一方（すなわち画素基板 33 に向けられた裏面）に取り付けられる。
- [0069] 回折レンズ 22 は、カバー体 38 から画素基板 33（特にイメージセンサ 40）に向かって突出する複数の突出レンズ部 23 を有し、突出レンズ部 23 の相互間には空間（すなわちエアーギャップ 24）が設けられる。
- [0070] 本実施形態では、隣り合う突出レンズ部 23 間に形成されるエアーギャップ

プ24が、シール樹脂37等の部材によって充填されることなく、空間の状態を維持する。これにより回折レンズ22は、本来の微小凹凸形状を保持し、優れた光学特性を発揮及び維持することができる。

[0071] すなわち、突出レンズ部23間においてエアーギャップ24を適切に確保することにより、各突出レンズ部23の境界で大きな屈折率差を作り出すことができる。したがって本実施形態の回折レンズ22は、屈折に関して高いレンズ性能を本来的に持つことができ、高い屈折率を示すレンズとして構成することが可能である。

[0072] 回折レンズ22の実際の屈折率は、各突出レンズ部23の形状やサイズ等を適宜調整することで変えられる。したがって本実施形態の回折レンズ22は、幅広い屈折率範囲に対応可能であり、その屈折率範囲内の所望の屈折率を選択的に示すように設けられる。

[0073] このように本実施形態によれば、所望の光屈折特性を示す回折レンズ22を、高い自由度で設計することが可能である。

[0074] また本実施形態の回折レンズ22（特に複数の突出レンズ部23の先端部）は、シール樹脂37に接触し、シール樹脂37を介して画素基板33（すなわち下側基板31及び上側基板32）を支持する。

[0075] これにより、画素基板33（例えばイメージセンサ40を含む上側基板32）の変形が抑えられ、回折レンズ22とイメージセンサ40との間の距離を所望距離に安定的且つ均一に維持することができる。

[0076] 例えば、突出レンズ部23とイメージセンサ40との間に空間が設けられるキャビティ構造を撮像素子11が有する場合（後述の図22参照）、各突出レンズ部23の境界において大きな屈折率差が存在するため、回折レンズ22は高い屈折性能を有する。

[0077] その一方で、突出レンズ部23とイメージセンサ40との間に空間が存在すると、画素基板33が撓みやすくなり、例えば画素基板33が回折レンズ22に向かって意図せずに反ってしまう可能性がある。画素基板33（特にイメージセンサ40）が撓むと、回折レンズ22による撮影光の集光位置と

イメージセンサ４０の入光面（すなわち撮像面）とがずれて、デフォーカス状態で撮影が行われ、撮影画像の質が低下する。

[0078] 一方、図４～図６に示す本実施形態の撮像素子１１によれば、回折レンズ２２によって画素基板３３が支持されるため、画素基板３３の撓み（特に回折レンズ２２に向かう反り）の発生を抑えることができる。これにより、回折レンズ２２と画素基板３３（特にイメージセンサ４０）との間の距離を、撮像面全体にわたって一定に保ち、撮像素子１１の集光性能を向上させることができる。

[0079] また、画素基板３３がシール樹脂３７を介して回折レンズ２２により支持されることで、回折レンズ２２と画素基板３３との間の距離（すなわち光路長）の長大化を抑えつつ、画素基板３３の意図しない撓みを抑制することができる。

[0080] 例えば、画素基板３３を介してカバー体３８とは反対側に設けられる支持体により、画素基板３３を支持する場合（後述の図２３参照）、画素基板３３の撓みを防ぐことはできるが、光路長が長大化する傾向がある。

[0081] すなわち、画素基板３３を外側から支える支持体を設ける場合、画素基板３３と外部基板（図示せず）とはワイヤーボンド（WB）等の配線を介して相互に接続される。そのような配線設置のために、光軸方向スペースを確保する必要があり、カバー体３８の裏面に取り付けられる回折レンズ２２と、画素基板３３（特にイメージセンサ４０）との間の距離が大きくなり、光路長が長大化する。その結果、回折レンズ２２を介してイメージセンサ４０上に集光する撮影光の色収差が大きくなり、また撮像素子１１全体の光軸方向サイズ（厚み）が大きくなる。

[0082] 一方、図４～図６に示す本実施形態の撮像素子１１によれば、画素基板３３を外側から支える支持体が不要である。そのため、撮像素子１１と外部基板とをつなぐ配線としてはんだボール３４を設けることができ、画素基板３３と外部基板（図示せず）とをつなぐためのワイヤーボンド配線は不要である。したがって、回折レンズ２２を画素基板３３（特にイメージセンサ４０

）に近づけて設置することができ、光路長を短くすることができる。

[0083] その結果、本実施形態の撮像素子 11 は、色収差が抑えられた高品質の撮影画像を取得することができ、撮像素子 11 の光軸方向サイズを小さくすることも可能である。

[0084] 図 7 は、幾何光学レンズ 21 及び撮像素子 11 を備える撮像装置 10 の一例を示す断面図である。図 8 は、図 7 に示す撮像素子 11 の一部分を拡大して示す断面図である。

[0085] 図 7 に示す撮像装置 10 は、上述の図 4 に示す撮像素子 11 と、カバー体 38 を介して画素基板 33 とは反対側に位置する幾何光学レンズ 21（撮像レンズ）と、を備える。上述のように、撮像素子 11 は回折レンズ 22 を含み、回折レンズ 22 は、カバー体 38 からイメージセンサ 40 に向かって突出する複数の突出レンズ部 23 を有し、複数の突出レンズ部 23 の相互間にはエアギャップ 24 が形成されている。

[0086] 被写体像の撮影光 L は、幾何光学レンズ 21、カバー体 38、回折レンズ 22、オンチップレンズ 36 及びカラーフィルタ 35 を通って、画素基板 33 のイメージセンサ 40（図 6 参照）に入射する。

[0087] この際、撮影光 L は、主に、幾何光学レンズ 21、回折レンズ 22 及びオンチップレンズ 36 により屈折されて進行方向が調整され、イメージセンサ 40 に向けて誘導される。そのため、実際に使用する幾何光学レンズ 21 の光学特性（例えば屈折特性）に応じて、回折レンズ 22 の光学特性及び構成を決めることができる。或いは、実際に使用する回折レンズ 22 の光学特性（例えば屈折特性）に応じて、幾何光学レンズ 21 の光学特性及び構成を決めることができる。

[0088] 典型的には、幾何光学レンズ 21 の色収差が回折レンズ 22 によって低減されるように、回折レンズ 22 の光学特性（特に屈折特性）及び構成が決められる。

[0089] また幾何光学レンズ 21 から回折レンズ 22 に向かう撮影光 L の主光線入射角度（CRA）よりも小さい主光線入射角度で、回折レンズ 22 が撮影光

Lを出射するように、回折レンズ22の光学特性（特に屈折特性）及び構成が決められる。

[0090] このように回折レンズ22は、幾何光学レンズ21の色収差を補正するレンズとしてだけでなく、主光線入射角度を改善するレンズとしても機能することができ、光学レンズ系全体のシェーディング特性を改善することができる。

[0091] 図9は、撮像素子11の一部分を拡大して示す断面図であり、隣接するイメージセンサ40間で混色が生じる場合を例示的に説明する図である。図10は、撮像素子11の一部分を拡大して示す断面図であり、回折レンズ22によって撮影光Lが適切なイメージセンサ40に向かって屈折し、混色が防がれる場合を例示的に説明する図である。

[0092] 上述のように、本実施形態の撮像素子11によれば、撮影光Lの光路は、幾何光学レンズ21により変えられた後、回折レンズ22によっても変えられる。

[0093] ただし、回折レンズ22を通過した撮影光Lの進行方向は、必ずしも、イメージセンサ40の撮像面に対して垂直な方向（すなわち光軸方向）と完全には一致しない。回折レンズ22によって、撮影光Lの進行方向が光軸方向に近づくように変えられるが、撮影光Lには、光軸方向に対して斜めを成す方向に進行する光成分が含まれる。

[0094] 回折レンズ22とイメージセンサ40の撮像面との間の距離が大きい場合（図9参照）、光軸方向に対して傾斜する方向に進行する撮影光Lは、対応のイメージセンサ40に隣接する他のイメージセンサ40に入射しやすくなり、混色をもたらす。

[0095] 一方、回折レンズ22とイメージセンサ40の撮像面との間の距離が小さい場合（図10参照）、撮影光Lは、光軸方向に対して傾斜する方向に進行しても、対応のイメージセンサ40に入射する確率が高くなり、混色をもたらすにくい。

[0096] 本件発明者は、撮像素子11の構成を変えつつ、混色の発生に関する考察

を実際に行ったところ、混色発生を防ぐ観点から、回折レンズ22は、イメージセンサ40（特に撮像面）から光軸方向に60 μ m以下離れて位置することが有効であるという知見を得た。回折レンズ22は、イメージセンサ40から光軸方向に50 μ m以下離れて位置することがより好ましく、40 μ m以下離れて位置することがより好ましく、30 μ m以下離れて位置することがより好ましい。

[0097] なお図9及び図10に示すようにオンチップレンズ36を用いる場合には、回折レンズ22とオンチップレンズ36（特に頂部）との間の光軸方向距離dを60 μ m以下にすることで、混色発生を有効に防ぎうるという知見を、本件発明者は得た。回折レンズ22とオンチップレンズ36との間の光軸方向距離dは、50 μ m以下であることがより好ましく、40 μ m以下であることがより好ましく、30 μ m以下であることがより好ましい。

[0098] 次に、回折レンズ22の製造方法の例について説明する。

[0099] 図11A～図11Eは、回折レンズ22の製造方法の一例を説明するための図である。図12は、カバー体ウエハー45上に形成された複数の回折レンズ22を示す斜視図である。

[0100] 上述のように本実施形態の回折レンズ22は、カバー体38の平坦面上（特に裏面上）に形成される。

[0101] 本例では、まず、複数のカバー体38を含むカバー体ウエハー45が準備される（図11A参照）。

[0102] カバー体ウエハー45は、お互いに反対側に位置する2つの平坦面を有する。カバー体ウエハー45のこれらの平坦面は、個々のカバー体38の表面及び裏面にそれぞれ対応する。カバー体ウエハー45（すなわちカバー体38）の構成材料は限定されず、例えばガラスによってカバー体ウエハー45が構成される。

[0103] そして、カバー体ウエハー45の一方の平坦面に、回折レンズ22の構成材料から成るレンズ基材膜41が付着される（図11B参照）。

[0104] レンズ基材膜41の構成材料は限定されない。典型的には、レンズ基材膜

41は、高屈折率を示す無機材料（例えばSiN、ZrO₂、ZnSe、Zns、TiO₂或いはCeO₂など）から成る透明な無機膜として設けられる。

[0105] カバー体ウエハー45に対するレンズ基材膜41の付着方法は限定されず、任意の手段（例えばスピコートや吹きつけなど塗布）を用いて、レンズ基材膜41がカバー体ウエハー45に付着される。

[0106] カバー体ウエハー45上のレンズ基材膜41の厚みは限定されないが、回折レンズ22（すなわち複数の突出レンズ部23）の厚みに応じて、カバー体ウエハー45上のレンズ基材膜41の厚みが決められる。典型的には、数十nm（ナノメートル）～数百nmの厚みを有するレンズ基材膜41が、カバー体ウエハー45上に形成される。

[0107] その後、レンズ基材膜41上にレジスト42が付着され、パターニングが行われる（図11C参照）。すなわち、回折レンズ22（すなわち複数の突出レンズ部23）の形状及び配置に応じたパターン構成を有するレジスト42が、レンズ基材膜41を被覆する。

[0108] レジスト42の構成材料及びレンズ基材膜41に対するレジスト42の付着方法は、限定されない。

[0109] その後、レンズ基材膜41のエッチングが行われ、レンズ基材膜41のうちレジスト42により覆われていない箇所が、カバー体ウエハー45上から取り除かれる（図11D）。ここで行われるエッチングの具体的な方法は限定されず、典型的にはドライエッチングが行われる。

[0110] その後、レジスト42がレンズ基材膜41から取り除かれる（図11E）。レジスト42の除去方法は限定されない。典型的には、レンズ基材膜41及びレジスト42の材料に応じて選定された薬品を使って、レジスト42が除去される。

[0111] 上述の一連の工程を行った結果、カバー体ウエハー45には、残存するレンズ基材膜41によって構成される複数の回折レンズ22（すなわち複数の突出レンズ部23）が形成される（図12参照）。

[0112] 上述の図11A～図11Eに示す製造方法によれば、曲面ではなく、平坦

面上に回折レンズ 22 を形成することができる。

[0113] 回折レンズ 22 は、回折を利用して撮影光 L を効率的に屈折させるために、撮影光 L の波長に対して十分に小さいスリット部を有する必要がある、個々の突出レンズ部 23 は数十 nm レベルの微細構造を有することもある。リソグラフィ・エッチング技術を使ってレンズ表面などの曲面上に数十 nm レベルの微細な突出レンズ部 23 を作る場合、突出レンズ部 23 の高さ方向位置の精緻な調整が必要とされる。そのような微細構造の回折レンズ 22（複数の突出レンズ部 23）を曲面上に高精度に形成することは簡単ではなく、製造コストも高くなる。

[0114] 一方、本実施形態のようにカバー体 38（カバー体ウエハー 45）上に回折レンズ 22 を形成する場合、カバー体 38（カバー体ウエハー 45）の平坦性が高い面上に複数の突出レンズ部 23 を形成することができる。そのため、数十 nm レベルの微細構造の回折レンズ 22 を、リソグラフィ・エッチング技術によって、カバー体 38（カバー体ウエハー 45）の平坦面上に高精度に事前形成することができる。

[0115] また上述の図 11A～図 11E に示す製造方法によれば、図 12 に示すように、複数のカバー体 38 を含む一体構成のカバー体ウエハー 45 上に、複数の回折レンズ 22 を形成することができる。すなわち、カバー体ウエハー 45 のうちそれぞれのカバー体 38 に対応する複数の箇所上に、複数の回折レンズ 22 を同時的に形成することができる。これにより、回折レンズ 22 が取り付けられたカバー体 38 を効率良く大量に作ることができ、製造コストを下げることも可能である。

[0116] なお複数の回折レンズ 22 が取り付けられている上述のカバー体ウエハー 45 は、一体構成のウエハーの状態のまま撮像素子 11 の製造に用いられてもよいし、切断されて個々のカバー体 38 に分離されてもよい。

[0117] 次に、撮像素子 11 の製造方法の例について説明する。

[0118] 撮像素子 11 の製造方法の典型例は、上述のようにして作られたカバー体 38 を画素基板 33 に対して固定する工程を含む。当該工程において、カバ

一体 3 8 に取り付けられている回折レンズ 2 2（すなわち複数の突出レンズ部 2 3）が、カバー一体 3 8 と画素基板 3 3 との間に位置するように、カバー一体 3 8 は画素基板 3 3 に対して固定される。

[0119] 一般に、カバー一体 3 8 が取り付けられる直前の画素基板 3 3 は、カラーフィルタ 3 5 及びオンチップレンズ 3 6 が既に取り付けられていることが多く、カラーフィルタ 3 5 及びオンチップレンズ 3 6 は有機材料で構成されることが多い。そのため、カバー一体 3 8 が取り付けられる直前の画素基板 3 3 は、耐熱性に関して厳しい制約を受ける。

[0120] したがって、カバー一体 3 8 が取り付けられる直前の画素基板 3 3 上に回折レンズ 2 2 を形成することは、そのような耐熱性の制約範囲内でのみ可能であり、必ずしも容易ではない。

[0121] 一方、上述のように画素基板 3 3 から分離したカバー一体 3 8 上に回折レンズ 2 2 を形成する場合、耐熱性に関する制約が緩く、平坦性が高いカバー一体 3 8 の面上に回折レンズ 2 2 を形成することができる。そのため、リソグラフィ・エッチング技術を使って、ナノレベル構造の回折レンズ 2 2 を、カバー一体 3 8 上に容易に精度良く形成することができる。

[0122] なお、本実施形態の撮像素子 1 1 では、上述のように突出レンズ部 2 3 間にエアギャップ 2 4 が確保された状態で、カバー一体 3 8 は画素基板 3 3 に対して固定される。

[0123] そのようなエアギャップ 2 4 を確実に作り出すため、撮像素子 1 1 の製造方法は、例えば以下に示す工程を含んでもよい。

[0124] 図 1 3 A～図 1 3 D は、撮像素子 1 1 の製造方法の一例を示す斜視図である。

[0125] 図 1 4～図 1 6 は、撮像素子 1 1 の製造方法の一例を示す撮像素子 1 1 の断面図である。理解を容易にするため、図 1 4～図 1 6 は 1 つの画素基板 3 3 に注目しているが、本例の製造方法では、複数の画素基板 3 3 を含む基板ウエハー 4 6 単位で、図 1 4～図 1 6 に示す製造プロセスが行われる。

[0126] 本例の製造方法によって作られる撮像素子 1 1 では、画素基板 3 3（特に

イメージセンサ４０）と回折レンズ２２との間に位置するシール樹脂３７が光硬化樹脂膜により構成され、複数の突出レンズ部２３の先端部が硬化状態の光硬化樹脂膜に接触する。

[0127] すなわち、まず、複数の画素基板３３を含む一体構成の基板ウエハー４６が準備される（図１３Ａ参照）。この基板ウエハー４６には、各画素基板３３に対応する箇所においてカラーフィルタ３５及びオンチップレンズ３６が既に取り付けられている。

[0128] そして、基板ウエハー４６（すなわち複数の画素基板３３）の一方の面上に、シール樹脂３７を構成する光硬化樹脂が未硬化状態で付与される（図１３Ｂ参照）。光硬化樹脂は、各画素基板３３のうちカラーフィルタ３５及びオンチップレンズ３６が設けられる側の面を覆うように、基板ウエハー４６に付与される。

[0129] その後、基板ウエハー４６上の光硬化樹脂（シール樹脂３７）に光が照射される（図１３Ｃ参照）。これにより、基板ウエハー４６上の光硬化樹脂のうち各画素基板３３のイメージセンサ４０を覆う部分が、光照射によって硬化される（図１３Ｃに示す「樹脂硬化部３７ａ」参照）。

[0130] 本工程において、基板ウエハー４６上の光硬化樹脂のうち各画素基板３３のイメージセンサ４０よりも外側の部分は、光が照射されず、未硬化状態のままである。

[0131] 典型的には、図１４に示すように、露光装置４９から発せられる光が、マスク４８を介して各画素基板３３上の光硬化樹脂（シール樹脂３７）に照射される。

[0132] その後、回折レンズ２２が取り付けられたカバー体ウエハー４５（図１２参照）が、光硬化樹脂（シール樹脂３７）を介して基板ウエハー４６に接着される（図１３Ｄ参照）。

[0133] すなわち、光硬化樹脂（シール樹脂３７）のうちイメージセンサ４０の外側に位置する未硬化部分（すなわち未露光部分）が、接着剤として働き、カバー体ウエハー４５及び基板ウエハー４６を接着する。

- [0134] 本工程では、基板ウエハー４６の各画素基板３３上の光硬化樹脂のうち光照射によって硬化した部分に、回折レンズ２２（すなわち複数の突出レンズ部２３）を対面させつつ、カバー体ウエハー４５の各カバー体３８が対応の画素基板３３に対して固定される。
- [0135] カバー体ウエハー４５を基板ウエハー４６に対して押しつけることによって、光硬化樹脂のうちの未硬化部分が、イメージセンサ４０の外側で、オンチップレンズ３６よりも盛り上がる。このようにして各画素基板３３の周辺部分で盛り上がった未硬化状態の光硬化樹脂に、カバー体３８の裏面のうち回折レンズ２２よりも外側の部分を接触させることで、各画素基板３３が対応のカバー体３８に対して接着される（図１５参照）。
- [0136] 本工程では、カバー体ウエハー４５及び基板ウエハー４６に接触する光硬化樹脂（シール樹脂３７）の未硬化部分に光が照射され、カバー体ウエハー４５及び基板ウエハー４６に対して光硬化樹脂（シール樹脂３７）が固着される。
- [0137] その後、はんだボール３４、ＴＳＶ及び裏面配線などの構成要素が、カバー体ウエハー４５及び基板ウエハー４６を含む一体構成のウエハー構造体に形成される（図１６参照）。
- [0138] その後、ウエハー構造体が切断され、個々の撮像素子１１に分離される。
- [0139] 本例の製造方法によれば、シール樹脂３７のうち回折レンズ２２（すなわち複数の突出レンズ部２３）に対面する部分が硬化した状態で、複数の突出レンズ部２３がシール樹脂３７に接触させられる。
- [0140] そのため、突出レンズ部２３間のエアギャップ２４へのシール樹脂３７の進入を防ぎつつ、回折レンズ２２が取り付けられたカバー体３８を、シール樹脂３７を介して画素基板３３に押しつけて固定することができる。
- [0141] したがって、各エアギャップ２４は、シール樹脂３７によって充填されることなく、空間の状態を維持することができ、回折レンズ２２は所望の光学特性を保持することができる。
- [0142] 図１７は、撮像素子１１の製造方法の他の例を示す断面図である。図１８

は、図 1 7 に示す製造方法によって製造される撮像素子 1 1 の一部分を拡大して示す断面図である。

[0143] 本例の製造方法によって作られる撮像素子 1 1 では、画素基板 3 3（特にイメージセンサ 4 0）と回折レンズ 2 2 との間に位置する無機膜 5 0 に、複数の突出レンズ部 2 3 の先端部が接触する。

[0144] すなわち、まず、カラーフィルタ 3 5 及びオンチップレンズ 3 6 が既に取り付けられている基板ウエハー 4 6 が準備される。

[0145] そして、基板ウエハー 4 6（すなわち複数の画素基板 3 3）の一方の面上に、シール樹脂 3 7 を構成する材料膜が付与される。シール樹脂 3 7 の具体的な材料は限定されず、光硬化樹脂であってもよいし、熱硬化樹脂であってもよい。

[0146] そして、基板ウエハー 4 6 上のシール樹脂 3 7 が半硬化される。シール樹脂 3 7 を半硬化させる方法は限定されず、例えば光照射や加熱等の適切な手段によって、シール樹脂 3 7 は半硬化される。

[0147] その後、基板ウエハー 4 6（すなわち複数の画素基板 3 3）上の半硬化状態のシール樹脂 3 7 上に、透光性の無機膜 5 0 が付与される。これにより、基板ウエハー 4 6 の各画素基板 3 3 のイメージセンサ 4 0 が、硬化状態の無機膜 5 0 により覆われる。

[0148] なお、基板ウエハー 4 6 上のシール樹脂 3 7 のうち各画素基板 3 3 のイメージセンサ 4 0 よりも外側の部分は、無機膜 5 0 により覆われることなく、半硬化状態で露出されたままである。

[0149] 無機膜 5 0 の具体的な材料は限定されず、例えば二酸化ケイ素（ SiO_2 ）によって無機膜 5 0 を構成してもよい。

[0150] シール樹脂 3 7 に対する無機膜 5 0 の付与方法は限定されず、例えばスパッタリングによって無機膜 5 0 をシール樹脂 3 7 に付着させることができる。一例として、図 1 7 に示すように、画素基板 3 3 上のシール樹脂 3 7 と、成膜装置 5 1 との間にマスク 4 8 を介在させ、シール樹脂 3 7 のうち無機膜 5 0 が形成される範囲を成膜装置 5 1 に対して露出させた状態で、成膜装置

５１は無機膜５０の成膜処理を行う。

[0151] その後、回折レンズ２２が取り付けられたカバー体ウエハー４５（図１２参照）が、シール樹脂３７を介して基板ウエハー４６に接着される。本工程では、無機膜５０に複数の突出レンズ部２３を対面させつつ、カバー体３８が画素基板３３に対して固定される。

[0152] カバー体ウエハー４５を基板ウエハー４６に対して押しつけることによって、シール樹脂３７のうちの未硬化部分が、イメージセンサ４０の外側で、オンチップレンズ３６よりも盛り上がる。このようにして周辺部分で盛り上がった未硬化状態のシール樹脂３７に、カバー体３８の裏面のうち回折レンズ２２よりも外側の部分を接触させることで、各画素基板３３が対応のカバー体３８に対して接着される（図１８参照）。

[0153] 本工程では、カバー体ウエハー４５及び基板ウエハー４６に接触するシール樹脂３７の未硬化部分が硬化され、カバー体ウエハー４５及び基板ウエハー４６に対してシール樹脂３７が固着される。

[0154] その後、はんだボール３４、ＴＳＶ及び裏面配線などの構成要素が、カバー体ウエハー４５及び基板ウエハー４６を含む一体構成のウエハー構造体に形成される。

[0155] その後、ウエハー構造体が切断され、個々の撮像素子１１に分離される。

[0156] 本例の製造方法によれば、カバー体３８を画素基板３３に対して固定する際、硬化状態の無機膜５０に対して複数の突出レンズ部２３が接触させられる。

[0157] そのため、突出レンズ部２３間のエアギャップ２４へのシール樹脂３７の進入が無機膜５０によりブロックされた状態で、回折レンズ２２が取り付けられたカバー体３８を、シール樹脂３７を介して画素基板３３に押しつけて固定することができる。

[0158] したがって、各エアギャップ２４は、シール樹脂３７によって充填されることなく、空間の状態を維持することができ、回折レンズ２２は所望の光学特性を保持することができる。

[0159] 上述のいずれの製造方法においても、回折レンズ 2 2 の複数の突出レンズ部 2 3 が硬化部材（すなわちシール樹脂 3 7（光硬化樹脂）又は無機膜 5 0）に対面した状態で、カバー体 3 8 がシール樹脂 3 7 を介して画素基板 3 3 に対して押しつけられる。これにより、突出レンズ部 2 3 間のエアギャップ 2 4 へのシール樹脂 3 7 の進入を確実に防ぎ、回折レンズ 2 2 は、微小凹凸形状を保持して、本来の光学特性を発揮することができる。

[0160] [第 2 実施形態]

本実施形態において、上述の第 1 実施形態と同一又は対応の要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0161] 図 1 9 は、第 2 実施形態に係る撮像装置 1 0 の一例を示す断面図である。

[0162] 図 1 9 に示す撮像装置 1 0 は、複数のレンズ構成層 5 5 を含む回折レンズユニット 5 6 を備える。

[0163] 複数のレンズ構成層 5 5 は、光軸方向にお互いに重ねられる。各レンズ構成層 5 5 は、カバー体 3 8 と、カバー体 3 8 の裏面に取り付けられる回折レンズ 2 2（複数の突出レンズ部 2 3）と、を含む。

[0164] 図 1 9 に示す回折レンズユニット 5 6 は 3 つのレンズ構成層 5 5 を含むが、回折レンズユニット 5 6 に含まれるレンズ構成層 5 5 の数は限定されない。

[0165] 隣り合うレンズ構成層 5 5 は接着層 5 7 を介して相互に接着される。すなわち、隣り合うレンズ構成層 5 5 のうちの一方のレンズ構成層 5 5（図 1 9 の上側のレンズ構成層 5 5）の回折レンズ 2 2 と、他方のレンズ構成層 5 5（図 1 9 の下側のレンズ構成層 5 5）のカバー体 3 8（特に表面）とが、同じ接着層 5 7 に固着される。

[0166] 最も画素基板 3 3 側（図 1 9 の下側）に位置するレンズ構成層 5 5 の回折レンズ 2 2（複数の突出レンズ部 2 3）のうちイメージセンサ 4 0 と対面しない部分が、シール樹脂 3 7 を介して画素基板 3 3 に接着される。

[0167] 図 1 9 に示す例では、各カバー体 3 8 の裏面の全体にわたって回折レンズ 2 2 が取り付けられているが、上述の第 1 実施形態の例（図 4 参照）のよう

に、各カバー体 38 の裏面の一部にのみ回折レンズ 22 が取り付けられてもよい。この場合、接着層 57 及びシール樹脂 37 は、カバー体 38 の裏面のうち回折レンズ 22 が取り付けられていない周辺領域に付着し、カバー体 38 の裏面のうち回折レンズ 22 が取り付けられている中央領域には付着しないように、設けられうる。

[0168] 図 19 に示す撮像装置 10 の他の構成は、上述の第 1 実施形態に係る撮像装置 10 の構成と同様である。

[0169] 本実施形態の撮像装置 10 及び撮像素子 11 によれば、積層構造を有する複数の回折レンズ 22 によって、撮影光 L の光路を調整し、色収差等の光学特性上の不具合を改善することが可能である。

[0170] その結果、例えば、より高度な光学特性を有する撮像装置 10 及び撮像素子 11 を実現したり、より簡素な及び／又はより安価な幾何光学レンズ 21 を用いたりすることが可能である。特に、幾何光学レンズ 21 のレンズ枚数や各レンズの厚みを薄くすることで、光学レンズ系全体の光軸方向サイズを小さくし、撮像装置 10 全体の薄型化を促すことができる。

[0171] また、それぞれのレンズ構成層 55 において様々な光学特性を有する回折レンズ 22 を用いることで、光学レンズ系全体として多様な光学特性を発揮することが可能である。

[0172] [第 3 実施形態]

本実施形態において、上述の第 1 実施形態及び第 2 実施形態と同一又は対応の要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0173] 図 20 は、第 3 実施形態に係る撮像装置 10 の一例を示す断面図である。

[0174] 図 20 に示す撮像装置 10 は、複数のレンズ構成層 55 を含む回折レンズユニット 56 を備えるが、幾何光学レンズを具備しない。すなわち本実施形態の光学レンズ系は、複数の回折レンズ 22 のみを含み、幾何光学レンズを含まない。図 20 に示す回折レンズユニット 56 は、6 つのレンズ構成層 55 を含む。

[0175] 隣り合うレンズ構成層 55 間の接着構成、及び、最も画素基板 33 側に位

置するレンズ構成層 5 5 と画素基板 3 3 との間の接着構成は、上述の第 2 実施形態の例（図 1 9 参照）と同様である。

[0176] 図 2 0 に示す撮像装置 1 0 の他の構成は、上述の第 2 実施形態に係る撮像装置 1 0 の構成と同様である。

[0177] 本実施形態の撮像装置 1 0 及び撮像素子 1 1 によれば、幾何光学レンズが不要である。そのため、装置構成を簡素化することが可能であり、撮像装置 1 0 全体の光軸方向サイズを小さくすることが可能である。

[0178] また、それぞれのレンズ構成層 5 5 において様々な光学特性を有する回折レンズ 2 2 を用いることで、光学レンズ系全体として多様な光学特性を発揮することが可能である。

[0179] [第 4 実施形態]

本実施形態において、上述の第 1 実施形態～第 3 実施形態と同一又は対応の要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0180] 図 2 1 は、第 4 実施形態に係る撮像装置 1 0 の一例を示す断面図である。

[0181] 図 2 1 に示す撮像素子 1 1 では、回折レンズ 2 2 を構成する突出レンズ部 2 3 間のエアーギャップ 2 4 に、シール樹脂 3 7 が充填されている。

[0182] 本実施形態の回折レンズ 2 2 は、上述の第 1 実施形態と同様に、カバー体 3 8 の裏面のうち光軸方向にイメージセンサ 4 0 と対面する範囲にわたって存在するが、カバー体 3 8 の裏面のうちイメージセンサ 4 0 と対面しない周辺範囲の一部又は全部には存在しない。

[0183] 本例の撮像装置 1 0 の他の構成は、上述の第 1 実施形態に係る撮像装置 1 0 の構成と同様である。

[0184] 本実施形態の撮像装置 1 0 及び撮像素子 1 1 においても、回折レンズ 2 2（複数の突出レンズ部 2 3）はカバー体 3 8 の平坦面に取り付けられる。そのため、所望形状の回折レンズ 2 2 を、カバー体 3 8 上の所望位置に精度良く設けることができる。

[0185] [第 5 実施形態]

本実施形態において、上述の第 1 実施形態～第 4 実施形態と同一又は対応

の要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0186] 図22は、第5実施形態に係る撮像装置10の一例を示す断面図である。

[0187] 図22に示す撮像素子11では、イメージセンサ40と回折レンズ22との間に空間が設けられる。より具体的には、光軸方向において、オンチップレンズ36と回折レンズ22（複数の突出レンズ部23）との間は、シール樹脂37が存在せず、空間が存在する。

[0188] すなわち、画素基板33の周辺領域に対応する範囲には、上述の第1実施形態と同様に、カバー体38を画素基板33に対して接着固定するシール樹脂37が存在する。一方、画素基板33の中央領域（特にイメージセンサ40が存在する領域）に対応する範囲には、シール樹脂37が存在しない。

[0189] そのため本例の撮像素子11は、カバー体38、シール樹脂37及び画素基板33によって囲まれる空間を持つキャビティ構造を有し、当該空間にカラーフィルタ35、オンチップレンズ36及び回折レンズ22が位置する。

[0190] 図22に示す撮像装置10の他の構成は、上述の第1実施形態に係る撮像装置10の構成と同様である。

[0191] 本実施形態の撮像装置10及び撮像素子11によれば、回折レンズ22と、当該回折レンズ22に隣接する空間との間で大きな屈折率差があるので、回折レンズ22の回折性能（すなわち屈折性能）を向上させることができる。これにより、幾何光学レンズ21及び回折レンズ22の設計上の制約を緩和することが可能である。

[0192] [第6実施形態]

本実施形態において、上述の第1実施形態～第5実施形態と同一又は対応の要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0193] 図23は、第6実施形態に係る撮像装置10の一例を示す断面図である。

[0194] 図23に示す撮像素子11は、画素基板33を外側から支持する支持体60と、支持体60とカバー体38との間に位置する接着層61と、を備える。

[0195] 支持体60は、内側に空間を有する中空構造を有し、光軸Axと垂直な方

向に延びる支持底部と、支持底部から光軸方向に延びる支持周縁部と、を具備する。

[0196] 画素基板 33、カラーフィルタ 35 及びオンチップレンズ 36 は、支持底部に対して固定され、全体が支持体 60 の内側空間に配置される。

[0197] カバー体 38 の裏面に取り付けられる回折レンズ 22 は、支持体 60、接着層 61 及びカバー体 38 により包囲される空間に、全体が配置される。

[0198] 接着層 61 は、支持体 60 の支持周縁部の端面と、カバー体 38 の周縁部（特に回折レンズ 22 より外側に位置する部分）の裏面と、の間に位置し、支持体 60 に対してカバー体 38 を固定する固定部として働く。

[0199] したがって本実施形態の撮像素子 11 では、上述の第 1 実施形態～第 4 実施形態の撮像素子 11 では設けられていたシール樹脂 37 が不要である。そのため、オンチップレンズ 36 と回折レンズ 22（複数の突出レンズ部 23）との間は、全体にわたって空間が存在する。

[0200] 画素基板 33 は、ワイヤーボンド配線 62 を介して外部基板（図示せず）に接続される。ワイヤーボンド配線 62 の全体と、外部基板のうちワイヤーボンド配線 62 が接続される部分とは、支持体 60 の内側空間に位置する。

[0201] 図 23 に示す撮像装置 10 の他の構成は、上述の第 1 実施形態に係る撮像装置 10 の構成と同様である。

[0202] 本実施形態の撮像装置 10 及び撮像素子 11 によれば、回折レンズ 22 と、当該回折レンズ 22 に隣接する空間との間で大きな屈折率差があるため、回折レンズ 22 の回折性能（すなわち屈折性能）を向上させることができる。

[0203] また画素基板 33 は支持体 60 によって外側から支持されているので、画素基板 33 の撓み及び反りの発生を防ぐことができる。

[0204] [回折レンズの構造例]

次に、回折レンズ 22 の構造例について説明する。

[0205] 以下で例示的に説明される回折レンズ 22 を適用可能な撮像装置 10 及び撮像素子 11 は、限定されない。したがって以下で説明する回折レンズ 22

は、上述の各実施形態に係る撮像装置 10 及び撮像素子 11 に対して適用されてもよいし、他の撮像装置 10 及び撮像素子 11 に対して適用されてもよい。

[0206] 図 24 は、回折レンズ 22 の構造例を示す斜視図である。理解を容易にするため、図 24 には、直方体状のカバー体 38 の上面において、相互に垂直を成す縦方向及び横方向に沿って複数の突出レンズ部 23 が規則的に並べられている状態が示されている。実際のカバー体 38 及び回折レンズ 22（複数の突出レンズ部 23）の状態は、図 24 に示す状態とは異なりうる。

[0207] 回折レンズ 22 の構造は、主として、各突出レンズ部 23 の光軸方向サイズ（高さ h ）、隣り合う突出レンズ部 23 間の距離（ピッチ P ）、及び光軸 $A \times$ と垂直を成す方向のサイズ（縦幅 D 及び横幅 W ）に応じて定まる。

[0208] 回折レンズ 22 は、撮影光 L を適切に屈折させるために、撮影光 L の波長に対して十分に小さいスリットを有する必要がある。

[0209] 一般的な撮像装置 10（カメラ）での使用を想定した場合、各突出レンズ部 23 は、 $200 \sim 1000 \text{ nm}$ 程度の高さ h 、 $100 \sim 800 \text{ nm}$ 程度の縦幅 D 及び横幅 W 、及び $300 \sim 800 \text{ nm}$ 程度のピッチ P を有する。

[0210] 図 25 は、回折レンズ 22 の一例の概略を示す拡大平面図である。図 26 A～図 26 C は、回折レンズ 22（複数の突出レンズ部 23）の光回折の位相差 s 、屈折角 θ 及び焦点距離 f を説明するための図である。

[0211] 図 25 に示す例では、突出レンズ部 23 のピッチ P が一定に維持された状態で、突出レンズ部 23 の平面サイズ（例えば横幅 W 及び縦幅 D ）が、中央から外側に向かうに従って小さくなる。この場合、回折レンズ 22 により回折された撮影光 L には位相差 s が生じ（図 26 A 参照）、突出レンズ部 23 から出射する撮影光 L は屈折する（図 26 B 参照）。

[0212] 回折レンズ 22 全体を凸レンズとして機能させる場合、回折レンズ 22 は、光軸 $A \times$ から離れた位置ほど、大きな屈折角 θ で撮影光 L を屈折させる必要があり、図 26 C に示すような焦点距離 f を有する。

[0213] 一方、突出レンズ部 23 によりもたらされる撮影光 L の位相差 s （図 26

A参照)は、中央から外側に向かって並べられる突出レンズ部23の数に応じて少しずつ変わり、中央からある距離離れた位置で 360° の位相差sが生じる。

[0214] したがって、そのような位相差sの変化を、中央(光軸Ax)から外側に向かって連続的に生じさせることで、回折レンズ22全体を凸レンズとして構成することが可能である。

[0215] 図27は、1つの回折レンズ22を構成する複数の突出レンズ部23の配置例を示す平面図である。

[0216] 図27に示すように、突出レンズ部23の平面サイズ(例えば横幅W及び縦幅D)の変化を、中心(すなわち光軸Ax)から外側に向かって周期的に生じさせることで、回折レンズ22全体を凸レンズとして機能させることが可能である。

[0217] 図27に示す回折レンズ22では、第1周期S1、第2周期S2及び第3周期S3の突出レンズ部23を含む。第1周期S1は、光軸Axを含む範囲である。第2周期S2は、第1周期S1の次に光軸Axに近い範囲であり、第1周期S1に隣り合って位置する。第3周期S3は、第2周期S2の次に光軸Axに近い範囲であり、第2周期S2に隣り合って位置する。

[0218] 第1周期S1、第2周期S2及び第3周期S3の各々に含まれる複数の突出レンズ部23は、光回折に関し、 $0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲の位相差を示す。

[0219] ここで、図27に示す例において、中心(光軸Ax)から右横方向に延びる仮想線上に位置する複数の突出レンズ部23に注目する。

[0220] この場合、第1周期S1に含まれる各突出レンズ部23の横幅W1、第2周期S2に含まれる各突出レンズ部23の横幅W2、及び第3周期S3に含まれる各突出レンズ部23の横幅W3は、「 $W1 > W2 > W3$ 」の関係を有する。すなわち、各周期における位置に関して周期間で相互に対応する突出レンズ部23の横幅Wは、「 $W1 > W2 > W3$ 」の関係を満たす。

[0221] 例えば第1周期S1の最も光軸Ax側に位置する突出レンズ部23の横幅W1、第2周期S2の最も光軸Ax側に位置する突出レンズ部23の横幅W

2、及び第3周期S3の最も光軸Ax側に位置する突出レンズ部23の横幅W3は、「 $W1 > W2 > W3$ 」を満たす。

[0222] なお上述の「 $W1 > W2 > W3$ 」は、各突出レンズ部23の横幅Wの方向に並べられる複数の突出レンズ部23に注目した場合に満たされる関係である。

[0223] 他の直線方向に並ぶ複数の突出レンズ部23の関係については、当該方向に沿った第1周期S1の各突出レンズ部23のサイズJ1、第2周期S2の各突出レンズ部23のサイズJ2、及び第3周期S3の各突出レンズ部23のJ3が「 $J1 > J2 > J3$ 」を満たす。すなわち、各周期における位置に関して周期間で相互に対応する突出レンズ部23のサイズが「 $J1 > J2 > J3$ 」の関係を満たす。

[0224] したがって、各突出レンズ部23の縦幅Dの方向に並べられる複数の突出レンズ部23に注目した場合、第1周期S1～第3周期S3の対応の突出レンズ部23間で「 $D1 > D2 > D3$ 」の関係が満たされる。すなわち第1周期S1の最も光軸Ax側の突出レンズ部23の縦幅D1、第2周期S2の最も光軸Ax側の突出レンズ部23の第2周期S2、及び第3周期S3の最も光軸Ax側の突出レンズ部23の縦幅D3は、「 $D1 > D2 > D3$ 」の関係を満たす。

[0225] 一方、各周期における複数の突出レンズ部23は、同じピッチPで設けられる。

[0226] ただし、第1周期S1に含まれる突出レンズ部23のピッチP1、第2周期S2に含まれる突出レンズ部23のピッチP2、及び第3周期S3に含まれる突出レンズ部23のピッチP3は、「 $P1 > P2 > P3$ 」の関係を有する。

[0227] 上述の「 $W1 > W2 > W3$ 」、「 $D1 > D2 > D3$ 」、「 $J1 > J2 > J3$ 」及び「 $P1 > P2 > P3$ 」を満たす回折レンズ22は、全体として凸レンズを構成する。

[0228] 一方、「 $W1 < W2 < W3$ 」、「 $D1 < D2 < D3$ 」、「 $J1 < J2 < J3$ 」

3」及び「 $P1 < P2 < P3$ 」を満たす回折レンズ22は、全体として凹レンズを構成する。

[0229] 以上説明したように、凸レンズを構成する回折レンズ22の複数の突出レンズ部23の平面サイズ（すなわち光軸Axと垂直を成す平面上のサイズ）は、光軸Axからの距離を基準に周期的に変化する。複数の突出レンズ部23の平面サイズの変化の周期は、複数の突出レンズ部23の光回折の360°の位相差に基づく。そして、凸レンズを成す回折レンズ22では、各周期において、光軸Axから離れるに従って突出レンズ部23の平面サイズは小さくなる。

[0230] 同様に、凹レンズを構成する回折レンズ22の複数の突出レンズ部23の平面サイズは、光軸Axからの距離を基準に周期的に変化し、複数の突出レンズ部23の平面サイズの変化の周期は、複数の突出レンズ部23の光回折の360°の位相差に基づいている。ただし、凹レンズを成す回折レンズ22では、各周期において、光軸Axから離れるに従って突出レンズ部23の平面サイズは大きくなる。

[0231] [応用例]

以下に、上述の撮像装置10、撮像素子11、及び撮像装置10及び撮像素子11の製造方法を応用可能な電子機器の例について説明する。なお、上述の撮像装置10、撮像素子11、及び撮像装置10及び撮像素子11の製造方法は、下述の電子機器以外の任意のシステム、装置及び方法等に対しても応用可能である。

[0232] <移動体への応用例>

本開示に係る技術（本技術）は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、自動車、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、自動二輪車、自転車、パーソナルモビリティ、飛行機、ドローン、船舶、ロボット等のいずれかの種類の移動体に搭載される装置として実現されてもよい。

[0233] 図28は、本開示に係る技術が適用され得る移動体制御システムの一例で

ある車両制御システムの概略的な構成例を示すブロック図である。

- [0234] 車両制御システム 12000 は、通信ネットワーク 12001 を介して接続された複数の電子制御ユニットを備える。図 28 に示した例では、車両制御システム 12000 は、駆動系制御ユニット 12010、ボディ系制御ユニット 12020、車外情報検出ユニット 12030、車内情報検出ユニット 12040、及び統合制御ユニット 12050 を備える。また、統合制御ユニット 12050 の機能構成として、マイクロコンピュータ 12051、音声画像出力部 12052、及び車載ネットワーク I/F (Interface) 12053 が図示されている。
- [0235] 駆動系制御ユニット 12010 は、各種プログラムにしたがって車両の駆動系に関連する装置の動作を制御する。例えば、駆動系制御ユニット 12010 は、内燃機関又は駆動用モータ等の車両の駆動力を発生させるための駆動力発生装置、駆動力を車輪に伝達するための駆動力伝達機構、車両の舵角を調節するステアリング機構、及び、車両の制動力を発生させる制動装置等の制御装置として機能する。
- [0236] ボディ系制御ユニット 12020 は、各種プログラムにしたがって車体に装備された各種装置の動作を制御する。例えば、ボディ系制御ユニット 12020 は、キーレスエントリシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドランプ、バックランプ、ブレーキランプ、ウinker又はフォグランプ等の各種ランプの制御装置として機能する。この場合、ボディ系制御ユニット 12020 には、鍵を代替する携帯機から発信される電波又は各種スイッチの信号が入力され得る。ボディ系制御ユニット 12020 は、これらの電波又は信号の入力を受け付け、車両のドアロック装置、パワーウィンドウ装置、ランプ等を制御する。
- [0237] 車外情報検出ユニット 12030 は、車両制御システム 12000 を搭載した車両の外部の情報を検出する。例えば、車外情報検出ユニット 12030 には、撮像部 12031 が接続される。車外情報検出ユニット 12030 は、撮像部 12031 に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像

を受信する。車外情報検出ユニット１２０３０は、受信した画像に基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体検出処理又は距離検出処理を行ってもよい。

[0238] 撮像部１２０３１は、光を受光し、その光の受光量に応じた電気信号を出力する光センサである。撮像部１２０３１は、電気信号を画像として出力することもできるし、測距の情報として出力することもできる。また、撮像部１２０３１が受光する光は、可視光であっても良いし、赤外線等の非可視光であっても良い。

[0239] 車内情報検出ユニット１２０４０は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット１２０４０には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部１２０４１が接続される。運転者状態検出部１２０４１は、例えば運転者を撮像するカメラを含み、車内情報検出ユニット１２０４０は、運転者状態検出部１２０４１から入力される検出情報に基づいて、運転者の疲労度合い又は集中度合いを算出してもよいし、運転者が居眠りをしていないかを判別してもよい。

[0240] マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０又は車内情報検出ユニット１２０４０で取得される車内外の情報に基づいて、駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置の制御目標値を演算し、駆動系制御ユニット１２０１０に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、車両の衝突回避あるいは衝撃緩和、車間距離に基づく追従走行、車速維持走行、車両の衝突警告、又は車両のレーン逸脱警告等を含むＡＤＡＳ（Advanced Driver Assistance System）の機能実現を目的とした協調制御を行うことができる。

[0241] また、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０又は車内情報検出ユニット１２０４０で取得される車両の周囲の情報に基づいて駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置等を制御することにより、運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

[0242] また、マイクロコンピュータ 12051 は、車外情報検出ユニット 12030 で取得される車外の情報に基づいて、ボディ系制御ユニット 12030 に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ 12051 は、車外情報検出ユニット 12030 で検知した先行車又は対向車の位置に応じてヘッドランプを制御し、ハイビームをロービームに切り替える等の防眩を図ることを目的とした協調制御を行うことができる。

[0243] 音声画像出力部 12052 は、車両の搭乗者又は車外に対して、視覚的又は聴覚的に情報を通知することが可能な出力装置へ音声及び画像のうちの少なくとも一方の出力信号を送信する。図 28 の例では、出力装置として、オーディオスピーカ 12061、表示部 12062 及びインストルメントパネル 12063 が例示されている。表示部 12062 は、例えば、オンボードディスプレイ及びヘッドアップディスプレイの少なくとも一つを含んでもよい。

[0244] 図 29 は、撮像部 12031 の設置位置の例を示す図である。

[0245] 図 29 では、撮像部 12031 として、撮像部 12101、12102、12103、12104、12105 を有する。

[0246] 撮像部 12101、12102、12103、12104、12105 は、例えば、車両 12100 のフロントノーズ、サイドミラー、リアバンパ、バックドア及び車室内のフロントガラスの上部等の位置に設けられる。フロントノーズに備えられる撮像部 12101 及び車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部 12105 は、主として車両 12100 の前方の画像を取得する。サイドミラーに備えられる撮像部 12102、12103 は、主として車両 12100 の側方の画像を取得する。リアバンパ又はバックドアに備えられる撮像部 12104 は、主として車両 12100 の後方の画像を取得する。車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部 12105 は、主として先行車両又は、歩行者、障害物、信号機、交通標識又は車線等の検出に用いられる。

[0247] なお、図 29 には、撮像部 12101 ないし 12104 の撮影範囲の一例

が示されている。撮像範囲 1 2 1 1 1 は、フロントノーズに設けられた撮像部 1 2 1 0 1 の撮像範囲を示し、撮像範囲 1 2 1 1 2, 1 2 1 1 3 は、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部 1 2 1 0 2, 1 2 1 0 3 の撮像範囲を示し、撮像範囲 1 2 1 1 4 は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部 1 2 1 0 4 の撮像範囲を示す。例えば、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 で撮像された画像データが重ね合わせられることにより、車両 1 2 1 0 0 を上方から見た俯瞰画像が得られる。

[0248] 撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 の少なくとも 1 つは、距離情報を取得する機能を有していてもよい。例えば、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 の少なくとも 1 つは、複数の撮像素子からなるステレオカメラであってもよいし、位相差検出用の画素を有する撮像素子であってもよい。

[0249] 例えば、マイクロコンピュータ 1 2 0 5 1 は、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 から得られた距離情報を基に、撮像範囲 1 2 1 1 1 ないし 1 2 1 1 4 内における各立体物までの距離と、この距離の時間的変化（車両 1 2 1 0 0 に対する相対速度）を求めることにより、特に車両 1 2 1 0 0 の進行路上にある最も近い立体物で、車両 1 2 1 0 0 と略同じ方向に所定の速度（例えば、0 km/h 以上）で走行する立体物を先行車として抽出することができる。さらに、マイクロコンピュータ 1 2 0 5 1 は、先行車の手前に予め確保すべき車間距離を設定し、自動ブレーキ制御（追従停止制御も含む）や自動加速制御（追従発進制御も含む）等を行うことができる。このように運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

[0250] 例えば、マイクロコンピュータ 1 2 0 5 1 は、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 から得られた距離情報を元に、立体物に関する立体物データを、2 輪車、普通車両、大型車両、歩行者、電柱等その他の立体物に分類して抽出し、障害物の自動回避に用いることができる。例えば、マイクロコンピュータ 1 2 0 5 1 は、車両 1 2 1 0 0 の周辺の障害物を、車両 1 2 1 0 0 のドライバが視認可能な障害物と視認困難な障害物とに識別する。そして、マイク

ロコンピュータ１２０５１は、各障害物との衝突の危険度を示す衝突リスクを判断し、衝突リスクが設定値以上で衝突可能性がある状況であるときには、オーディオスピーカ１２０６１や表示部１２０６２を介してドライバに警報を出力することや、駆動系制御ユニット１２０１０を介して強制減速や回避操舵を行うことで、衝突回避のための運転支援を行うことができる。

[0251] 撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、赤外線を検出する赤外線カメラであってもよい。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在するかどうかを判定することで歩行者を認識することができる。かかる歩行者の認識は、例えば赤外線カメラとしての撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像における特徴点を抽出する手順と、物体の輪郭を示す一連の特徴点にパターンマッチング処理を行って歩行者か否かを判別する手順によって行われる。マイクロコンピュータ１２０５１が、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在すると判定し、歩行者を認識すると、音声画像出力部１２０５２は、当該認識された歩行者に強調のための方形輪郭線を重畳表示するように、表示部１２０６２を制御する。また、音声画像出力部１２０５２は、歩行者を示すアイコン等を所望の位置に表示するように表示部１２０６２を制御してもよい。

[0252] 以上、本開示に係る技術が適用され得る車両制御システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、例えば撮像部１２０３１、１２１０１、１２１０２、１２１０３、１２１０４、１２１０５及び運転者状態検出部１２０４１を含むカメラに適用されうる。これらの場合にも、小型の装置構成で高品質の画像を取得するのに有利である。

[0253] <内視鏡手術システムへの応用例>

本開示に係る技術（本技術）は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、内視鏡手術システムに適用されてもよい。

[0254] 図３０は、本開示に係る技術（本技術）が適用され得る内視鏡手術システムの概略的な構成の一例を示す図である。

[0255] 図30では、術者（医師）11131が、内視鏡手術システム11000を用いて、患者ベッド11133上の患者11132に手術を行っている様子が図示されている。図示するように、内視鏡手術システム11000は、内視鏡11100と、気腹チューブ11111やエネルギー処置具11112等の、その他の術具11110と、内視鏡11100を支持する支持アーム装置11120と、内視鏡下手術のための各種の装置が搭載されたカート11200と、から構成される。

[0256] 内視鏡11100は、先端から所定の長さの領域が患者11132の体腔内に挿入される鏡筒11101と、鏡筒11101の基端に接続されるカメラヘッド11102と、から構成される。図示する例では、硬性の鏡筒11101を有するいわゆる硬性鏡として構成される内視鏡11100を図示しているが、内視鏡11100は、軟性の鏡筒を有するいわゆる軟性鏡として構成されてもよい。

[0257] 鏡筒11101の先端には、対物レンズが嵌め込まれた開口部が設けられている。内視鏡11100には光源装置11203が接続されており、当該光源装置11203によって生成された光が、鏡筒11101の内部に延設されるライトガイドによって当該鏡筒の先端まで導光され、対物レンズを介して患者11132の体腔内の観察対象に向かって照射される。なお、内視鏡11100は、直視鏡であってもよいし、斜視鏡又は側視鏡であってもよい。

[0258] カメラヘッド11102の内部には光学系及び撮像素子が設けられており、観察対象からの反射光（観察光）は当該光学系によって当該撮像素子に集光される。当該撮像素子によって観察光が光電変換され、観察光に対応する電気信号、すなわち観察像に対応する画像信号が生成される。当該画像信号は、RAWデータとしてカメラコントロールユニット（CCU: Camera Control Unit）11201に送信される。

[0259] CCU11201は、CPU（Central Processing Unit）やGPU（Graphics Processing Unit）等によって構成され、内視鏡11100及び表示装

置 1 1 2 0 2 の動作を統括的に制御する。さらに、C C U 1 1 2 0 1 は、カメラヘッド 1 1 1 0 2 から画像信号を受け取り、その画像信号に対して、例えば現像処理（デモザイク処理）等の、当該画像信号に基づく画像を表示するための各種の画像処理を施す。

[0260] 表示装置 1 1 2 0 2 は、C C U 1 1 2 0 1 からの制御により、当該 C C U 1 1 2 0 1 によって画像処理が施された画像信号に基づく画像を表示する。

[0261] 光源装置 1 1 2 0 3 は、例えば L E D（light emitting diode）等の光源から構成され、術部等を撮影する際の照射光を内視鏡 1 1 1 0 0 に供給する。

[0262] 入力装置 1 1 2 0 4 は、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 に対する入力インタフェースである。ユーザは、入力装置 1 1 2 0 4 を介して、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 に対して各種の情報の入力や指示入力を行うことができる。例えば、ユーザは、内視鏡 1 1 1 0 0 による撮像条件（照射光の種類、倍率及び焦点距離等）を変更する旨の指示等を入力する。

[0263] 処置具制御装置 1 1 2 0 5 は、組織の焼灼、切開又は血管の封止等のためのエネルギー処置具 1 1 1 1 2 の駆動を制御する。気腹装置 1 1 2 0 6 は、内視鏡 1 1 1 0 0 による視野の確保及び術者の作業空間の確保の目的で、患者 1 1 1 3 2 の体腔を膨らめるために、気腹チューブ 1 1 1 1 1 を介して当該体腔内にガスを送り込む。レコーダ 1 1 2 0 7 は、手術に関する各種の情報を記録可能な装置である。プリンタ 1 1 2 0 8 は、手術に関する各種の情報を、テキスト、画像又はグラフ等各種の形式で印刷可能な装置である。

[0264] なお、内視鏡 1 1 1 0 0 に術部を撮影する際の照射光を供給する光源装置 1 1 2 0 3 は、例えば L E D、レーザ光源又はこれらの組み合わせによって構成される白色光源から構成することができる。R G Bレーザ光源の組み合わせにより白色光源が構成される場合には、各色（各波長）の出力強度及び出力タイミングを高精度に制御することができるため、光源装置 1 1 2 0 3 において撮像画像のホワイトバランスの調整を行うことができる。また、この場合には、R G Bレーザ光源それぞれからのレーザ光を時分割で観察対象

に照射し、その照射タイミングに同期してカメラヘッド 11102 の撮像素子の駆動を制御することにより、RGB それぞれに対応した画像を時分割で撮像することも可能である。当該方法によれば、当該撮像素子にカラーフィルタを設けなくても、カラー画像を得ることができる。

[0265] また、光源装置 11203 は、出力する光の強度を所定の時間ごとに変更するようにその駆動が制御されてもよい。その光の強度の変更のタイミングに同期してカメラヘッド 11102 の撮像素子の駆動を制御して時分割で画像を取得し、その画像を合成することにより、いわゆる黒つぶれ及び白とびのない高ダイナミックレンジの画像を生成することができる。

[0266] また、光源装置 11203 は、特殊光観察に対応した所定の波長帯域の光を供給可能に構成されてもよい。特殊光観察では、例えば、体組織における光の吸収の波長依存性を利用して、通常の観察時における照射光（すなわち、白色光）に比べて狭帯域の光を照射することにより、粘膜表層の血管等の所定の組織を高コントラストで撮影する、いわゆる狭帯域光観察（Narrow Band Imaging）が行われる。あるいは、特殊光観察では、励起光を照射することにより発生する蛍光により画像を得る蛍光観察が行われてもよい。蛍光観察では、体組織に励起光を照射し当該体組織からの蛍光を観察すること（自家蛍光観察）、又はインドシアニンググリーン（ICG）等の試薬を体組織に局注するとともに当該体組織にその試薬の蛍光波長に対応した励起光を照射し蛍光像を得ること等を行うことができる。光源装置 11203 は、このような特殊光観察に対応した狭帯域光及び／又は励起光を供給可能に構成され得る。

[0267] 図 31 は、図 30 に示すカメラヘッド 11102 及び CCU 11201 の機能構成の一例を示すブロック図である。

[0268] カメラヘッド 11102 は、レンズユニット 11401 と、撮像部 11402 と、駆動部 11403 と、通信部 11404 と、カメラヘッド制御部 11405 と、を有する。CCU 11201 は、通信部 11411 と、画像処理部 11412 と、制御部 11413 と、を有する。カメラヘッド 1110

2とCCU11201とは、伝送ケーブル11400によって互いに通信可能に接続されている。

[0269] レンズユニット11401は、鏡筒11101との接続部に設けられる光学系である。鏡筒11101の先端から取り込まれた観察光は、カメラヘッド11102まで導光され、当該レンズユニット11401に入射する。レンズユニット11401は、ズームレンズ及びフォーカスレンズを含む複数のレンズが組み合わされて構成される。

[0270] 撮像部11402を構成する撮像素子は、1つ（いわゆる単板式）であってもよいし、複数（いわゆる多板式）であってもよい。撮像部11402が多板式で構成される場合には、例えば各撮像素子によってRGBそれぞれに対応する画像信号が生成され、それらが合成されることによりカラー画像が得られてもよい。あるいは、撮像部11402は、3D（dimensional）表示に対応する右目用及び左目用の画像信号をそれぞれ取得するための1対の撮像素子を有するように構成されてもよい。3D表示が行われることにより、術者11131は術部における生体組織の奥行きをより正確に把握することが可能になる。なお、撮像部11402が多板式で構成される場合には、各撮像素子に対応して、レンズユニット11401も複数系統設けられ得る。

[0271] また、撮像部11402は、必ずしもカメラヘッド11102に設けられなくてもよい。例えば、撮像部11402は、鏡筒11101の内部に、対物レンズの直後に設けられてもよい。

[0272] 駆動部11403は、アクチュエータによって構成され、カメラヘッド制御部11405からの制御により、レンズユニット11401のズームレンズ及びフォーカスレンズを光軸に沿って所定の距離だけ移動させる。これにより、撮像部11402による撮像画像の倍率及び焦点が適宜調整され得る。

[0273] 通信部11404は、CCU11201との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部11404は、撮像部11402から得た画像信号をRAWデータとして伝送ケーブル11400を介して

CCU11201に送信する。

[0274] また、通信部11404は、CCU11201から、カメラヘッド11102の駆動を制御するための制御信号を受信し、カメラヘッド制御部11405に供給する。当該制御信号には、例えば、撮像画像のフレームレートを指定する旨の情報、撮像時の露出値を指定する旨の情報、並びに／又は撮像画像の倍率及び焦点を指定する旨の情報等、撮像条件に関する情報が含まれる。

[0275] なお、上記のフレームレートや露出値、倍率、焦点等の撮像条件は、ユーザによって適宜指定されてもよいし、取得された画像信号に基づいてCCU11201の制御部11413によって自動的に設定されてもよい。後者の場合には、いわゆるAE（Auto Exposure）機能、AF（Auto Focus）機能及びAWB（Auto White Balance）機能が内視鏡11100に搭載されていることになる。

[0276] カメラヘッド制御部11405は、通信部11404を介して受信したCCU11201からの制御信号に基づいて、カメラヘッド11102の駆動を制御する。

[0277] 通信部11411は、カメラヘッド11102との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部11411は、カメラヘッド11102から、伝送ケーブル11400を介して送信される画像信号を受信する。

[0278] また、通信部11411は、カメラヘッド11102に対して、カメラヘッド11102の駆動を制御するための制御信号を送信する。画像信号や制御信号は、電気通信や光通信等によって送信することができる。

[0279] 画像処理部11412は、カメラヘッド11102から送信されたRAWデータである画像信号に対して各種の画像処理を施す。

[0280] 制御部11413は、内視鏡11100による術部等の撮像、及び、術部等の撮像により得られる撮像画像の表示に関する各種の制御を行う。例えば、制御部11413は、カメラヘッド11102の駆動を制御するための制

御信号を生成する。

- [0281] また、制御部 1 1 4 1 3 は、画像処理部 1 1 4 1 2 によって画像処理が施された画像信号に基づいて、術部等が映った撮像画像を表示装置 1 1 2 0 2 に表示させる。この際、制御部 1 1 4 1 3 は、各種の画像認識技術を用いて撮像画像内における各種の物体を認識してもよい。例えば、制御部 1 1 4 1 3 は、撮像画像に含まれる物体のエッジの形状や色等を検出することにより、鉗子等の術具、特定の生体部位、出血、エネルギー処置具 1 1 1 1 2 の使用時のミスト等を認識することができる。制御部 1 1 4 1 3 は、表示装置 1 1 2 0 2 に撮像画像を表示させる際に、その認識結果を用いて、各種の手術支援情報を当該術部の画像に重畳表示させてもよい。手術支援情報が重畳表示され、術者 1 1 1 3 1 に提示されることにより、術者 1 1 1 3 1 の負担を軽減することや、術者 1 1 1 3 1 が確実に手術を進めることが可能になる。
- [0282] カメラヘッド 1 1 1 0 2 及び C C U 1 1 2 0 1 を接続する伝送ケーブル 1 1 4 0 0 は、電気信号の通信に対応した電気信号ケーブル、光通信に対応した光ファイバ、又はこれらの複合ケーブルである。
- [0283] ここで、図示する例では、伝送ケーブル 1 1 4 0 0 を用いて有線で通信が行われていたが、カメラヘッド 1 1 1 0 2 と C C U 1 1 2 0 1 との間の通信は無線で行われてもよい。
- [0284] 以上、本開示に係る技術が適用され得る内視鏡手術システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、例えばカメラヘッド 1 1 1 0 2 に適用されうる。この場合にも、小型の装置構成で高品質の画像を取得するのに有利である。
- [0285] なお、ここでは、一例として内視鏡手術システムについて説明したが、本開示に係る技術は、その他、例えば、顕微鏡手術システム等に適用されてもよい。
- [0286] 本明細書で開示されている実施形態及び変形例はすべての点で例示に過ぎず限定的には解釈されないことに留意されるべきである。上述の実施形態及

び変形例は、添付の特許請求の範囲及びその趣旨を逸脱することなく、様々な形態での省略、置換及び変更が可能である。例えば上述の実施形態及び変形例が全体的に又は部分的に組み合わせられてもよく、また上述以外の実施形態が上述の実施形態又は変形例と組み合わせられてもよい。また、本明細書に記載された本開示の効果は例示に過ぎず、その他の効果ももたらされてもよい。

[0287] 上述の技術的思想を具現化する技術的カテゴリーは限定されない。例えば上述の装置を製造する方法或いは使用する方法に含まれる 1 又は複数の手順（ステップ）をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラムによって、上述の技術的思想が具現化されてもよい。またそのようなコンピュータプログラムが記録されたコンピュータが読み取り可能な非一時的（non-transitory）な記録媒体によって、上述の技術的思想が具現化されてもよい。

[0288] [付記]

本開示は以下の構成を取ることもできる。

[0289] [項目 1]

撮影光が入射するイメージセンサを具備する画素基板と、
前記イメージセンサに対面する透光性のカバー体と、
前記カバー体から前記イメージセンサに向かって突出する複数の突出レンズ部を有する回折レンズと、を備え、
前記複数の突出レンズ部の相互間に空間が設けられている
撮像素子。

[0290] [項目 2]

前記イメージセンサと前記回折レンズとの間に位置し、前記複数の突出レンズ部に接触する光硬化樹脂膜を備える
項目 1 に記載の撮像素子。

[0291] [項目 3]

前記イメージセンサと前記回折レンズとの間に位置し、前記複数の突出レンズ部に接触する無機膜を備える

項目 1 又は 2 に記載の撮像素子。

[0292] [項目 4]

お互いに重ねられる複数のレンズ構成層を備え、

前記複数のレンズ構成層の各々は、前記カバー体及び前記回折レンズを含む

項目 1 ～ 3 のいずれに記載の撮像素子。

[0293] [項目 5]

前記回折レンズは、前記イメージセンサから $60\ \mu\text{m}$ 以下離れて位置する

項目 1 ～ 4 のいずれに記載の撮像素子。

[0294] [項目 6]

前記複数の突出レンズ部の平面サイズは、光軸からの距離を基準に、周期的に変化し、前記複数の突出レンズ部の平面サイズの変化の周期は、前記複数の突出レンズ部の光回折の 360° の位相差に基づいており、

各周期において、光軸から離れるに従って突出レンズ部の平面サイズが小さくなる

項目 1 ～ 5 のいずれに記載の撮像素子。

[0295] [項目 7]

前記複数の突出レンズ部の平面サイズは、光軸からの距離を基準に、周期的に変化し、前記複数の突出レンズ部の平面サイズの変化の周期は、前記複数の突出レンズ部の光回折の 360° の位相差に基づいており、

各周期において、光軸から離れるに従って突出レンズ部の平面サイズが大きくなる

項目 1 ～ 6 のいずれに記載の撮像素子。

[0296] [項目 8]

前記画素基板と前記カバー体との間に位置し、前記画素基板に対して前記カバー体を固定する固定部を備える

項目 1 ～ 7 のいずれに記載の撮像素子。

[0297] [項目 9]

前記イメージセンサと前記回折レンズとの間に空間が設けられている項目 1 ～ 8 のいずれに記載の撮像素子。

[0298] [項目 1 0]

前記画素基板を支持する支持体と、
前記支持体とカバー基板との間に位置し、前記支持体に対して前記カバー体を固定する固定部と、を備える
項目 1 ～ 9 のいずれに記載の撮像素子。

[0299] [項目 1 1]

撮影光が入射するイメージセンサを具備する画素基板と、
前記イメージセンサに対面する透光性のカバー体と、
前記カバー体から前記イメージセンサに向かって突出する複数の突出レンズ部を有する回折レンズと、
前記カバー体を介して前記画素基板とは反対側に位置する撮像レンズと、
を備え、
前記複数の突出レンズ部の相互間に空間が形成されている
撮像装置。

[0300] [項目 1 2]

前記回折レンズは、前記撮像レンズの色収差を低減する
項目 1 1 に記載の撮像装置。

[0301] [項目 1 3]

前記回折レンズは、前記撮像レンズから前記回折レンズに向かう前記撮影光の主光線入射角度よりも小さい主光線入射角度で、前記撮影光を出射する
項目 1 1 又は 1 2 に記載の撮像装置。

[0302] [項目 1 4]

イメージセンサを有する画素基板に対し、透光性のカバー体を固定する工程を含み、
前記カバー体には、回折レンズを構成し且つ相互間に空間が設けられている複数の突出レンズ部が固定されており、

前記複数の突出レンズ部が前記カバー体と前記画素基板との間に位置するように、前記カバー体は前記画素基板に対して固定される撮像素子の製造方法。

[0303] [項目 1 5]

前記画素基板上に、光硬化樹脂を付与する工程と、
前記画素基板上の前記光硬化樹脂のうち前記イメージセンサを覆う部分を、光照射によって硬化させる工程と、を含み、
前記画素基板上の前記光硬化樹脂のうち前記光照射によって硬化した部分に前記複数の突出レンズ部を対面させつつ、前記カバー体が前記画素基板に対して固定される
項目 1 4 に記載の撮像素子の製造方法。

[0304] [項目 1 6]

前記画素基板上に、無機膜を付与する工程を含み、
前記無機膜に前記複数の突出レンズ部を対面させつつ、前記カバー体が前記画素基板に対して固定される
項目 1 4 又は 1 5 に記載の撮像素子の製造方法。

符号の説明

- [0305] 1 0 撮像装置
1 1 撮像素子
2 1 幾何光学レンズ
2 2 回折レンズ
2 3 突出レンズ部
2 4 エアーギャップ
3 1 下側基板
3 2 上側基板
3 3 画素基板
3 4 はんだボール
3 5 カラーフィルタ

- 3 6 オンチップレンズ
- 3 7 シール樹脂
- 3 8 カバー体
- 4 0 イメージセンサ
- 4 1 レンズ基材膜
- 4 2 レジスト
- 4 5 カバー体ウエハー
- 4 6 基板ウエハー
- 4 8 マスク
- 4 9 露光装置
- 5 0 無機膜
- 5 1 成膜装置
- 5 5 レンズ構成層
- 5 6 回折レンズユニット
- 5 7 接着層
- 6 0 支持体
- 6 1 接着層
- 6 2 ワイヤーボンド配線
- A x 光軸
- D 縦幅
- L 撮影光
- L 1 短波長光
- L 2 長波長光
- P ピッチ
- S 1 第1周期
- S 2 第2周期
- S 3 第3周期
- s 位相差

W 横幅

θ 屈折角

請求の範囲

- [請求項1] イメージセンサを具備する画素基板と、
 前記イメージセンサに対面する透光性のカバー体と、
 前記カバー体から前記イメージセンサに向かって突出する複数の突出レンズ部を有する回折レンズと、を備え、
 前記複数の突出レンズ部の相互間に空間が設けられている撮像素子。
- [請求項2] 前記イメージセンサと前記回折レンズとの間に位置し、前記複数の突出レンズ部に接触する光硬化樹脂膜を備える
請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項3] 前記イメージセンサと前記回折レンズとの間に位置し、前記複数の突出レンズ部に接触する無機膜を備える
請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項4] お互いに重ねられる複数のレンズ構成層を備え、
 前記複数のレンズ構成層の各々は、前記カバー体及び前記回折レンズを含む
請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項5] 前記回折レンズは、前記イメージセンサから $60\mu\text{m}$ 以下離れて位置する
請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項6] 前記複数の突出レンズ部の平面サイズは、光軸からの距離を基準に、周期的に変化し、前記複数の突出レンズ部の平面サイズの変化の周期は、前記複数の突出レンズ部の光回折の 360° の位相差に基づいており、
 各周期において、光軸から離れるに従って突出レンズ部の平面サイズが小さくなる
請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項7] 前記複数の突出レンズ部の平面サイズは、光軸からの距離を基準に

、周期的に変化し、前記複数の突出レンズ部の平面サイズの変化の周期は、前記複数の突出レンズ部の光回折の 360° の位相差に基づいており、

各周期において、光軸から離れるに従って突出レンズ部の平面サイズが大きくなる

請求項1に記載の撮像素子。

[請求項8] 前記画素基板と前記カバー体との間に位置し、前記画素基板に対して前記カバー体を固定する固定部を備える

請求項1に記載の撮像素子。

[請求項9] 前記イメージセンサと前記回折レンズとの間に空間が設けられている請求項1に記載の撮像素子。

[請求項10] 前記画素基板を支持する支持体と、
前記支持体とカバー基板との間に位置し、前記支持体に対して前記カバー体を固定する固定部と、を備える

請求項1に記載の撮像素子。

[請求項11] イメージセンサを具備する画素基板と、
前記イメージセンサに対面する透光性のカバー体と、
前記カバー体から前記イメージセンサに向かって突出する複数の突出レンズ部を有する回折レンズと、

前記カバー体を介して前記画素基板とは反対側に位置する撮像レンズと、を備え、

前記複数の突出レンズ部の相互間に空間が形成されている撮像装置。

[請求項12] 前記回折レンズは、前記撮像レンズの色収差を低減する

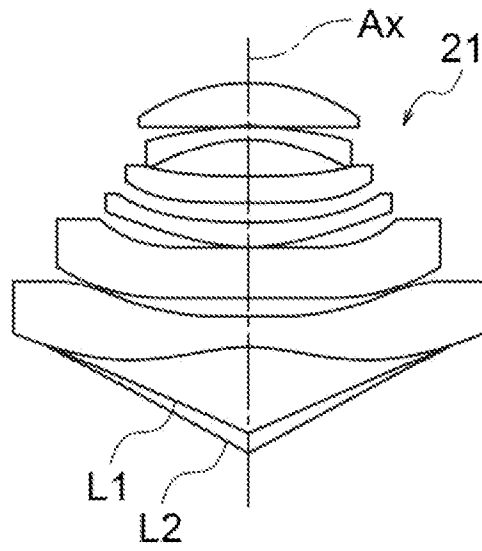
請求項11に記載の撮像装置。

[請求項13] 前記回折レンズは、前記撮像レンズから前記回折レンズに向かう光の主光線入射角度よりも小さい主光線入射角度で、光を出射する

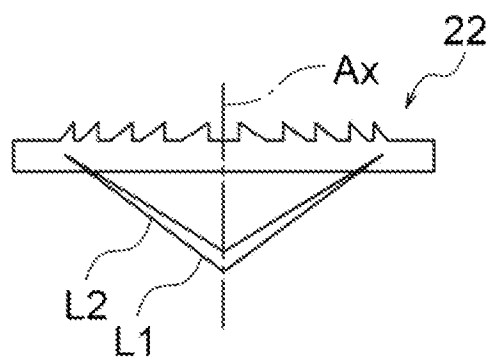
請求項11に記載の撮像装置。

- [請求項14] イメージセンサを有する画素基板に対し、透光性のカバー体を固定する工程を含み、
- 前記カバー体には、回折レンズを構成し且つ相互間に空間が設けられている複数の突出レンズ部が固定されており、
- 前記複数の突出レンズ部が前記カバー体と前記画素基板との間に位置するように、前記カバー体は前記画素基板に対して固定される撮像素子の製造方法。
- [請求項15] 前記画素基板上に、光硬化樹脂を付与する工程と、
- 前記画素基板上の前記光硬化樹脂のうち前記イメージセンサを覆う部分を、光照射によって硬化させる工程と、を含み、
- 前記画素基板上の前記光硬化樹脂のうち前記光照射によって硬化した部分に前記複数の突出レンズ部を対面させつつ、前記カバー体が前記画素基板に対して固定される
- 請求項14に記載の撮像素子の製造方法。
- [請求項16] 前記画素基板上に、無機膜を付与する工程を含み、
- 前記無機膜に前記複数の突出レンズ部を対面させつつ、前記カバー体が前記画素基板に対して固定される
- 請求項14に記載の撮像素子の製造方法。

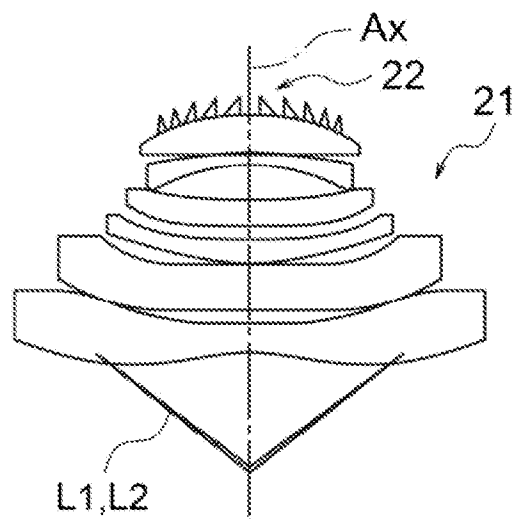
[図1]



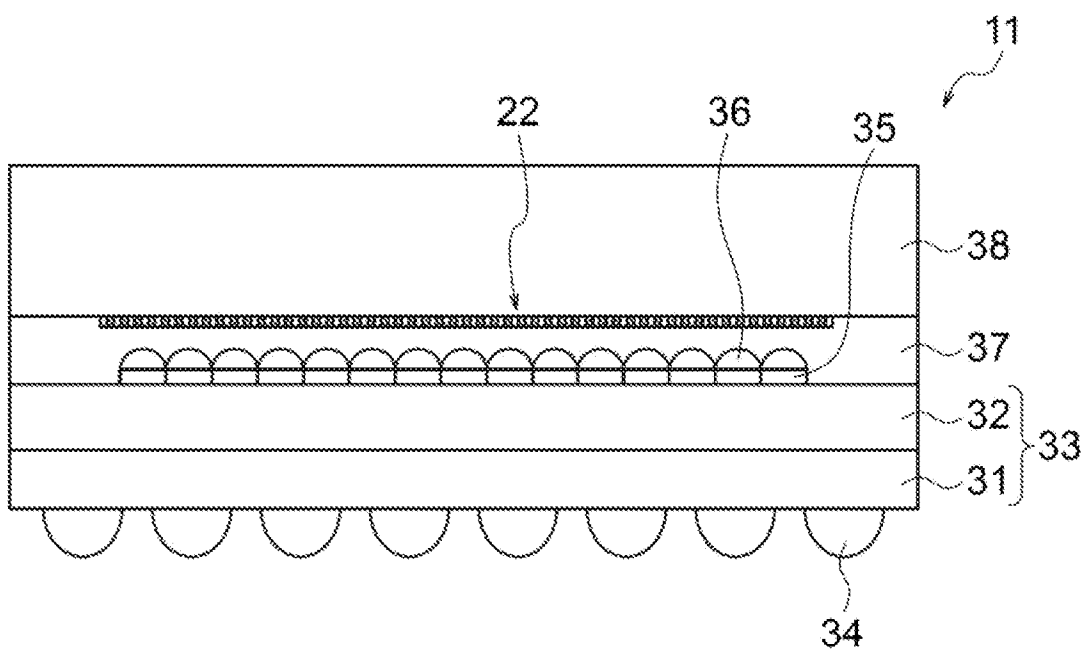
[図2]



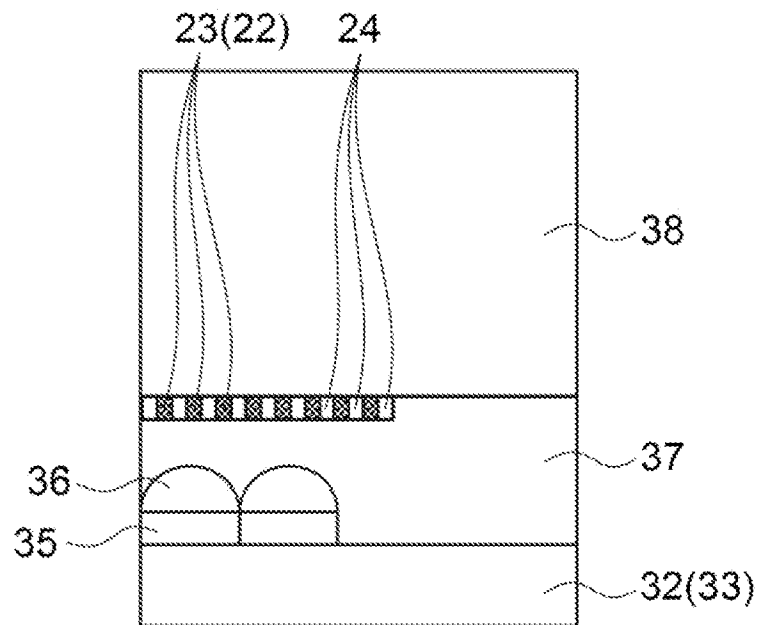
[図3]



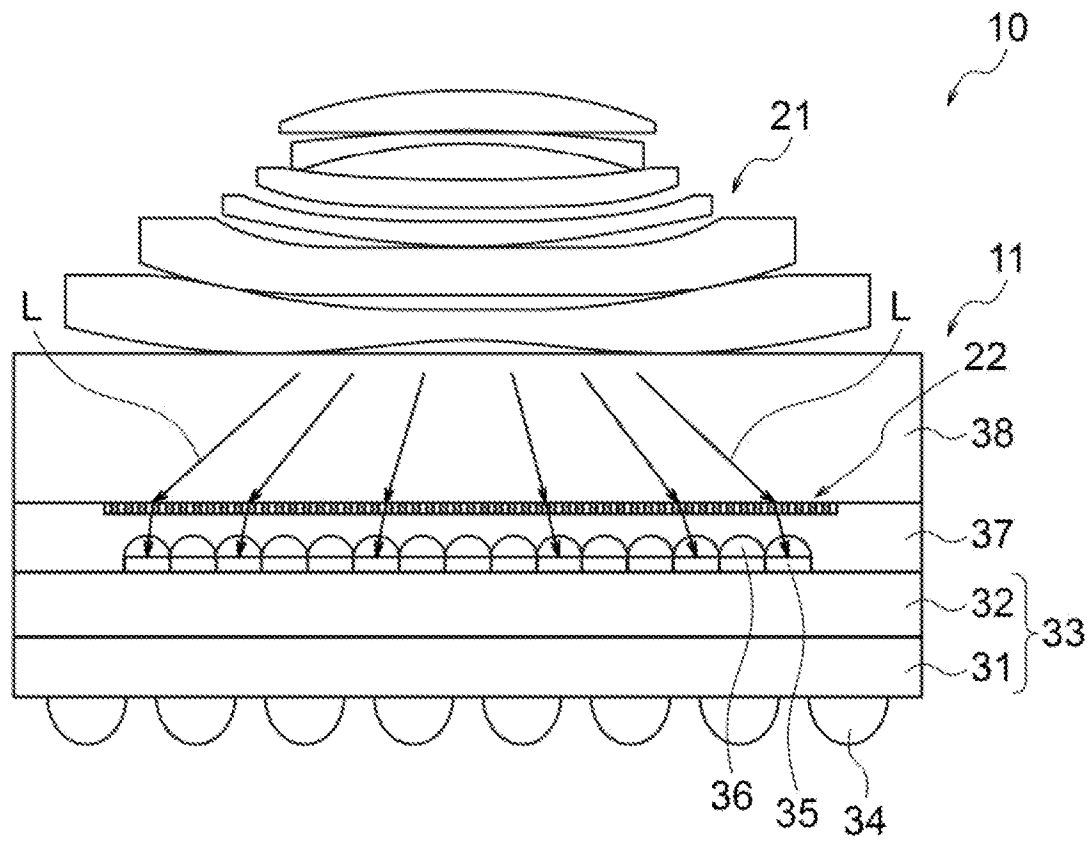
[図4]



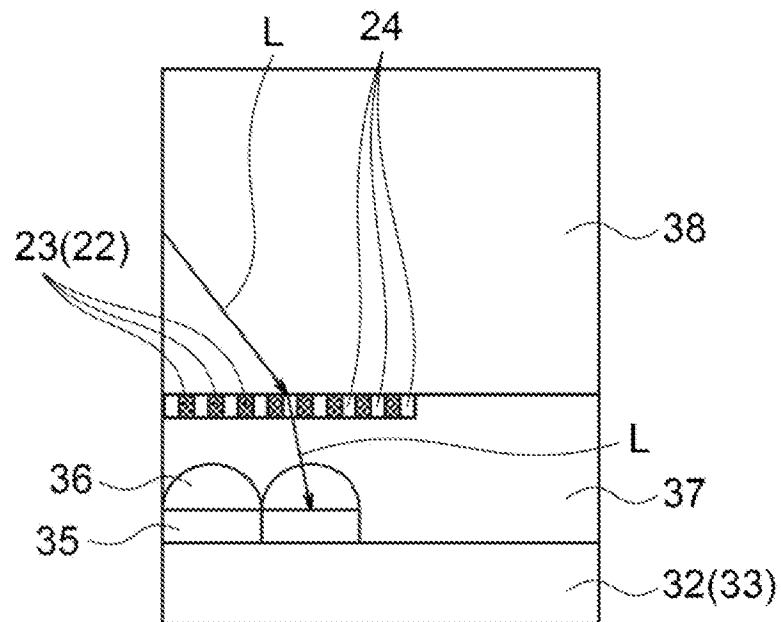
[図5]



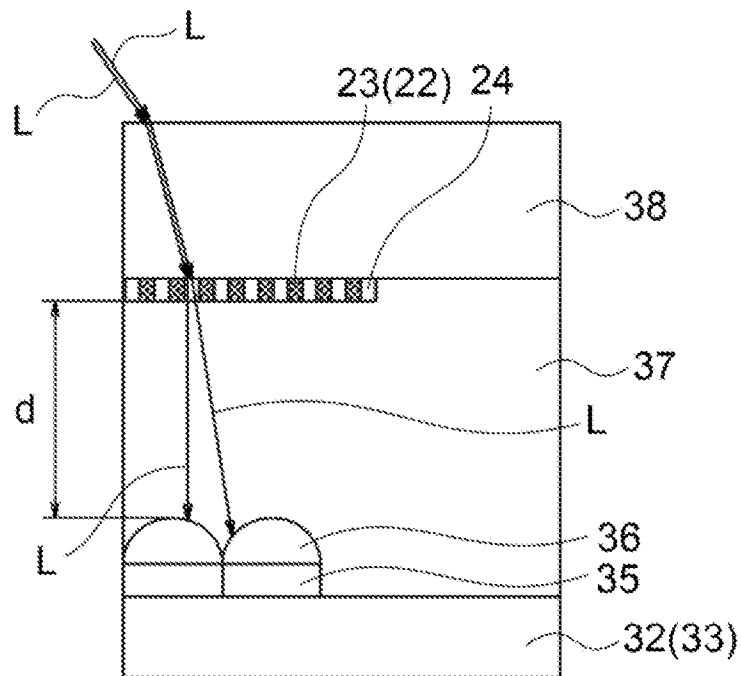
[図7]



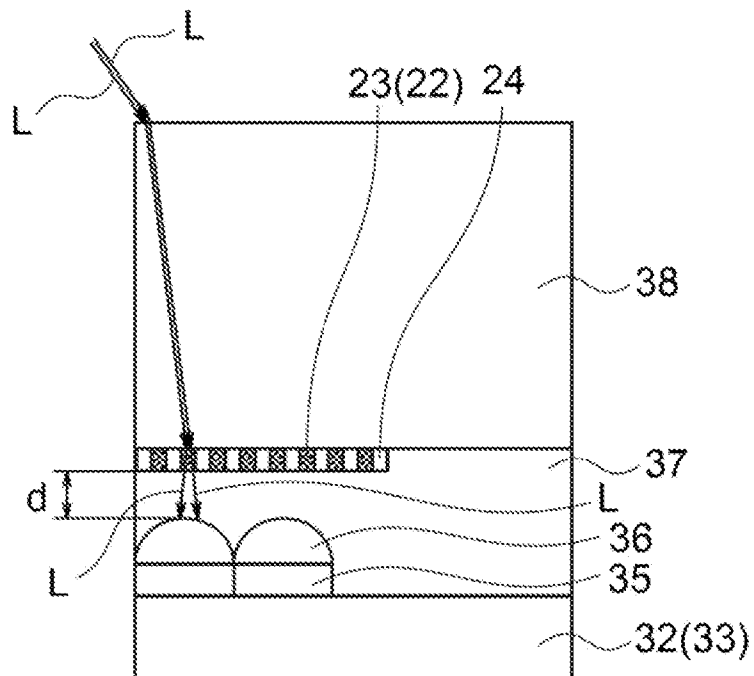
[図8]



[図9]



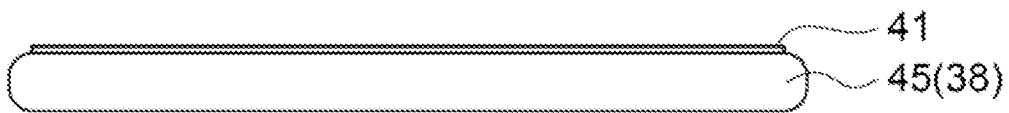
[図10]



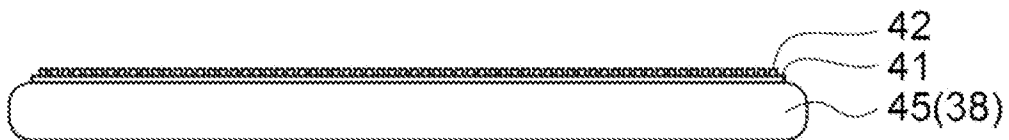
[図11A]



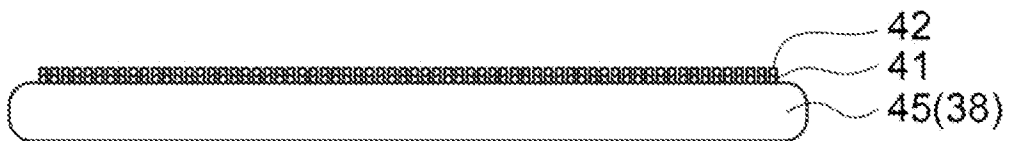
[図11B]



[図11C]



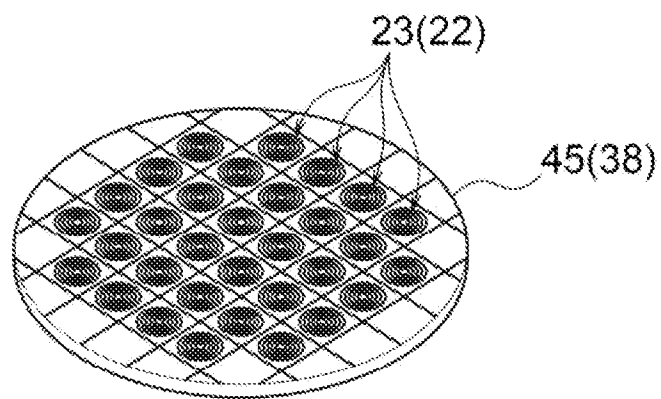
[図11D]



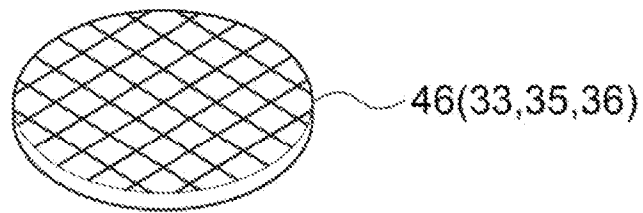
[図11E]



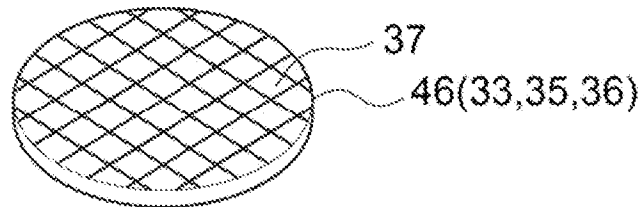
[図12]



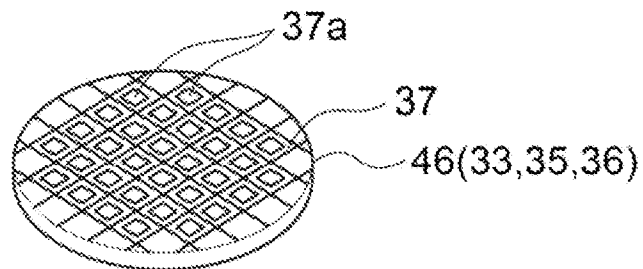
[図13A]



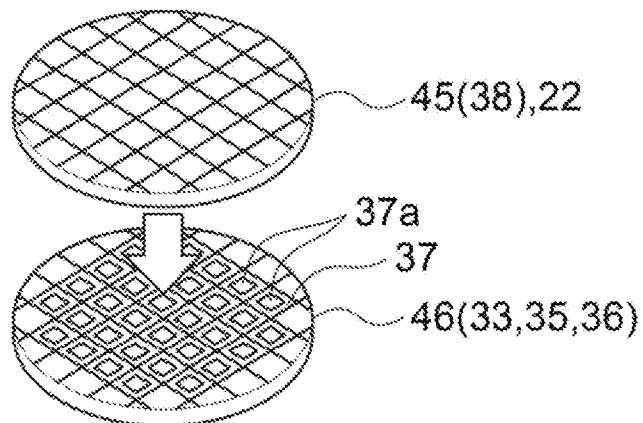
[図13B]



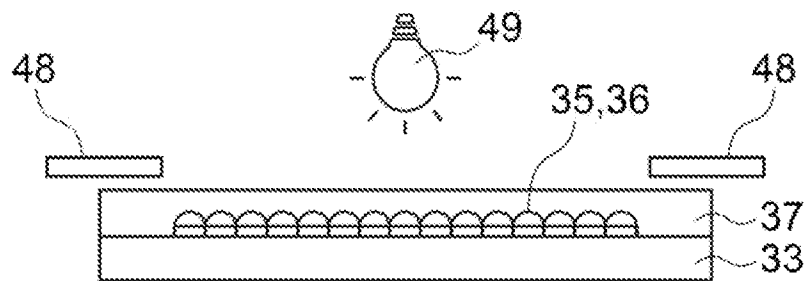
[図13C]



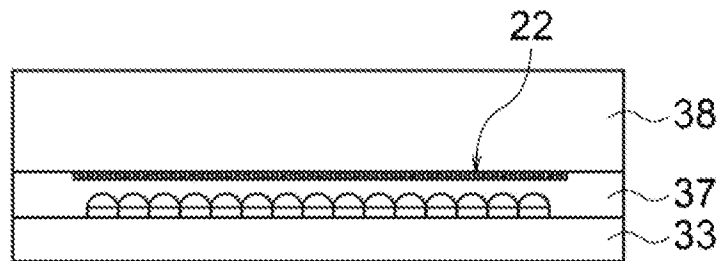
[図13D]



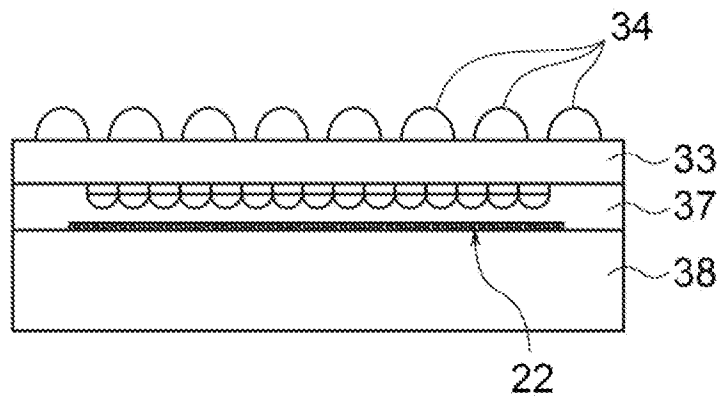
[図14]



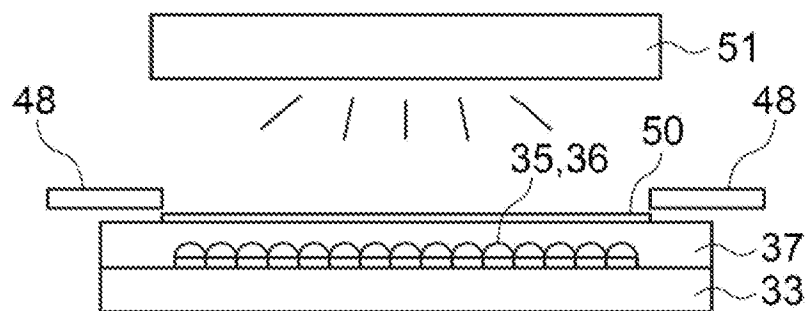
[図15]



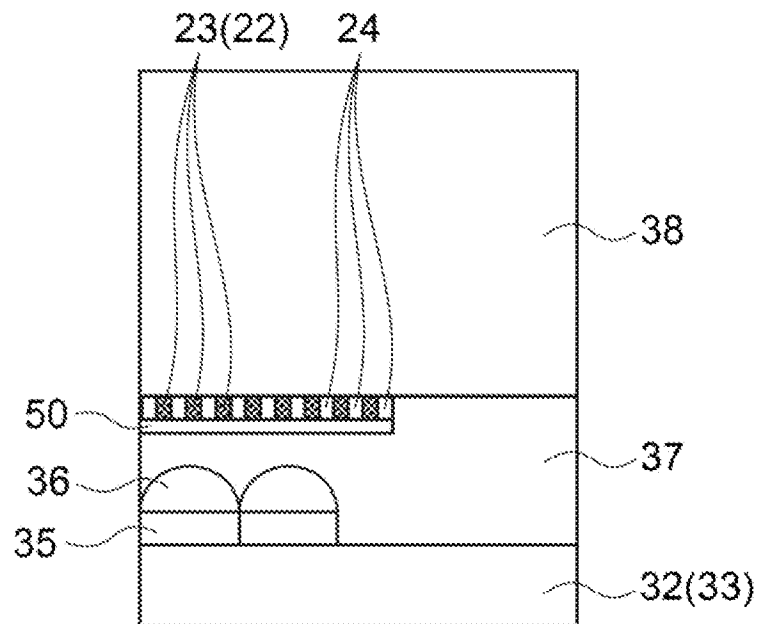
[図16]



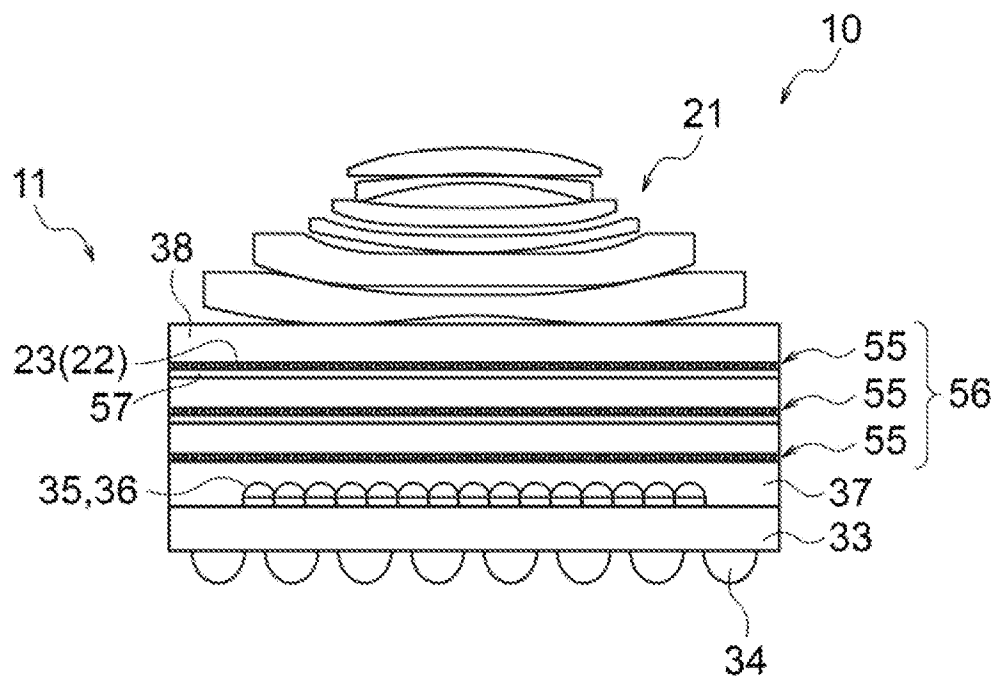
[図17]



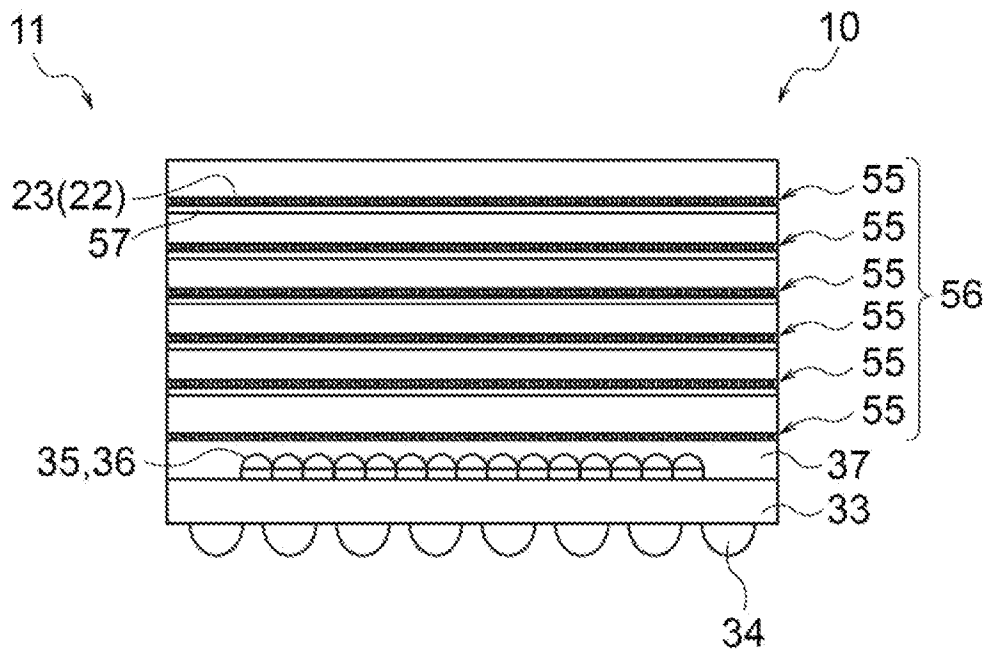
[図18]



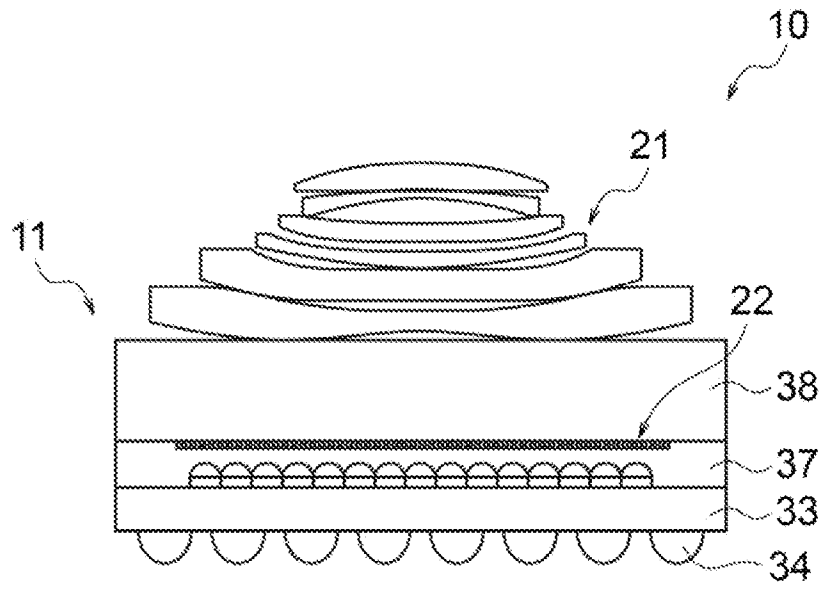
[図19]



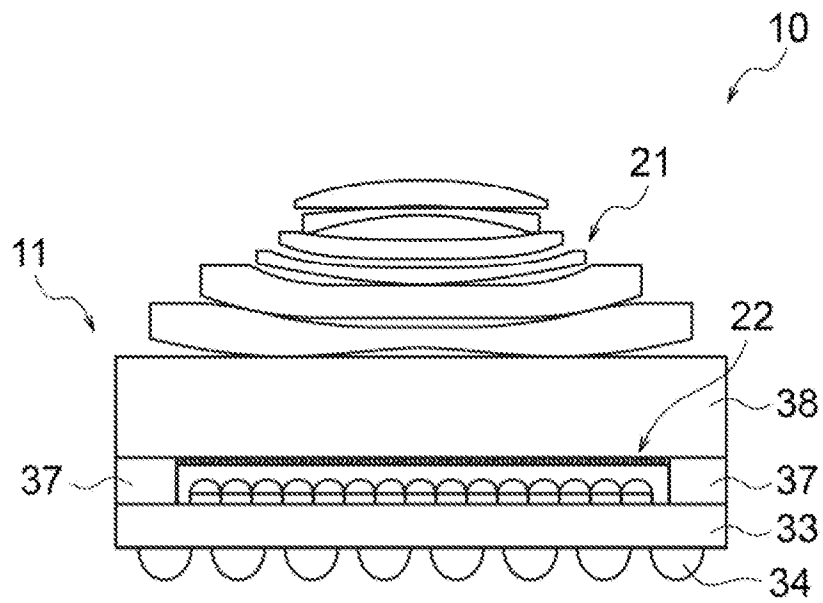
[図20]



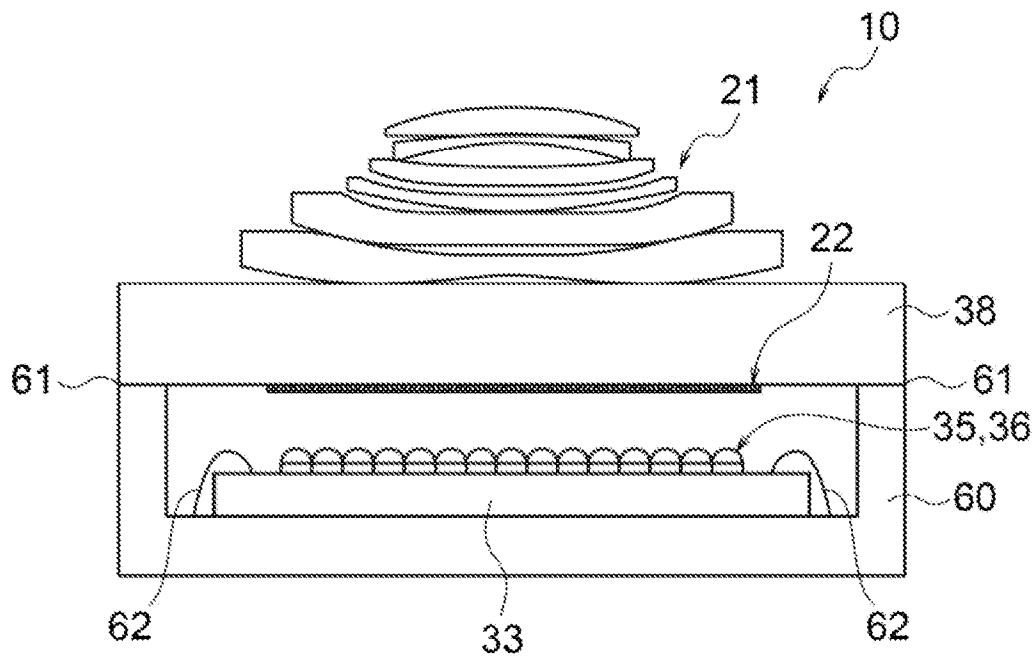
[図21]



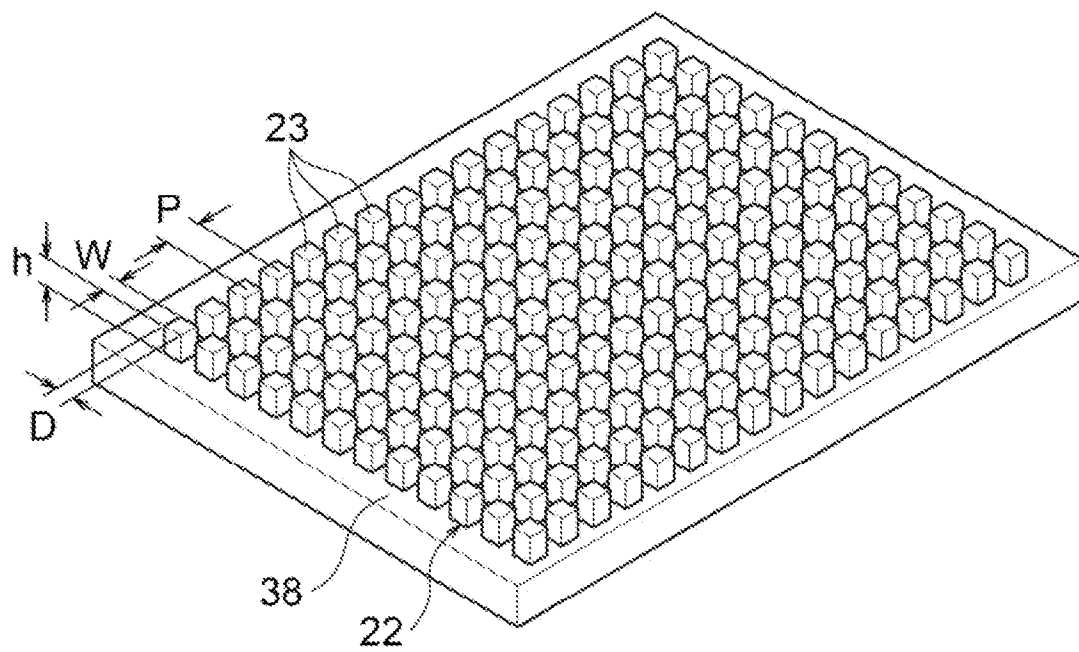
[図22]



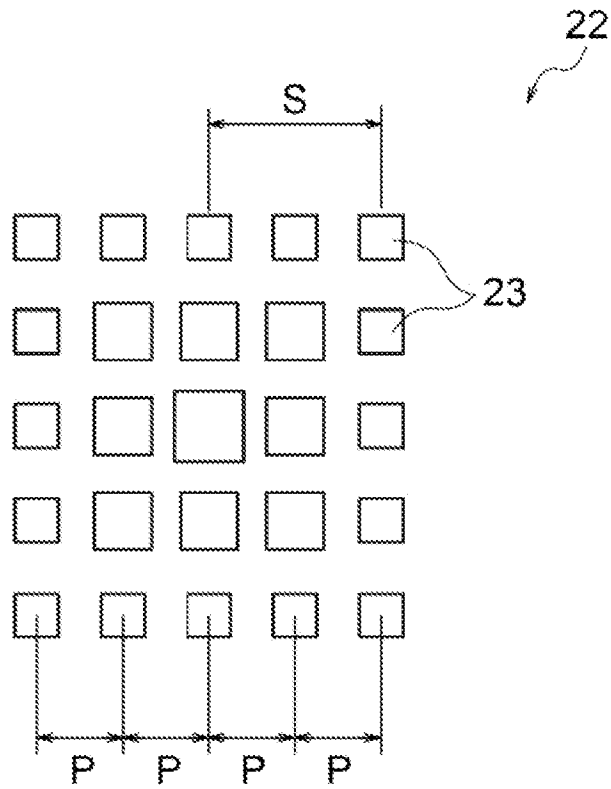
[図23]



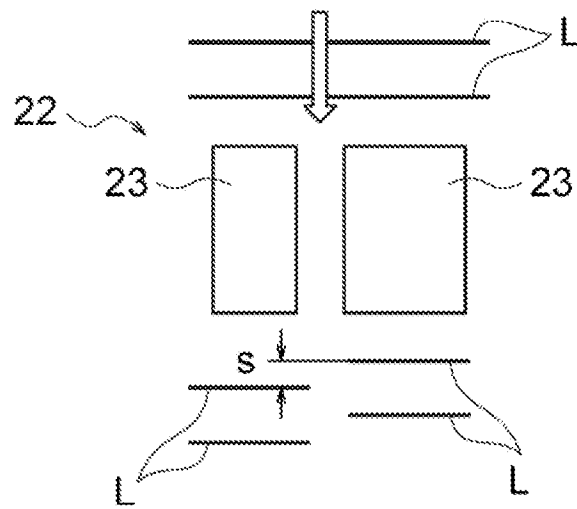
[図24]



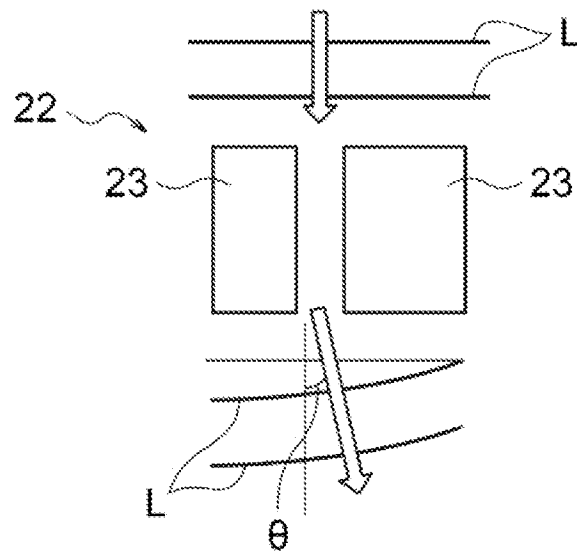
[図25]



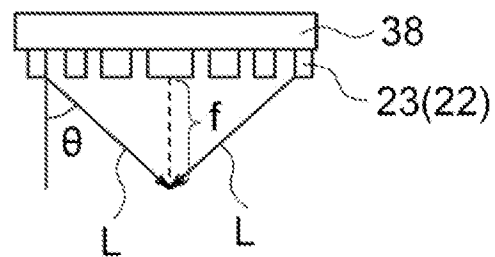
[図26A]



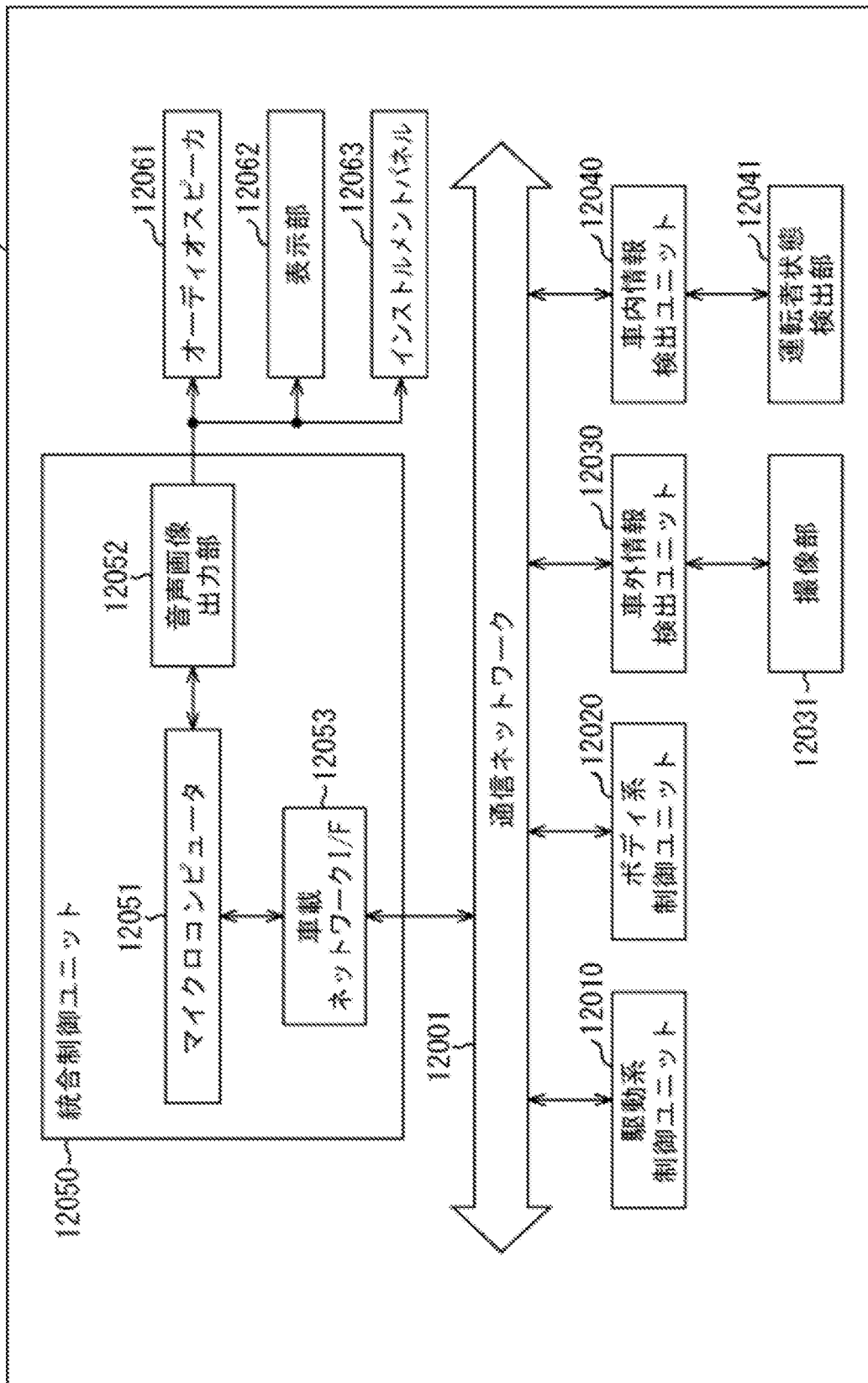
[図26B]



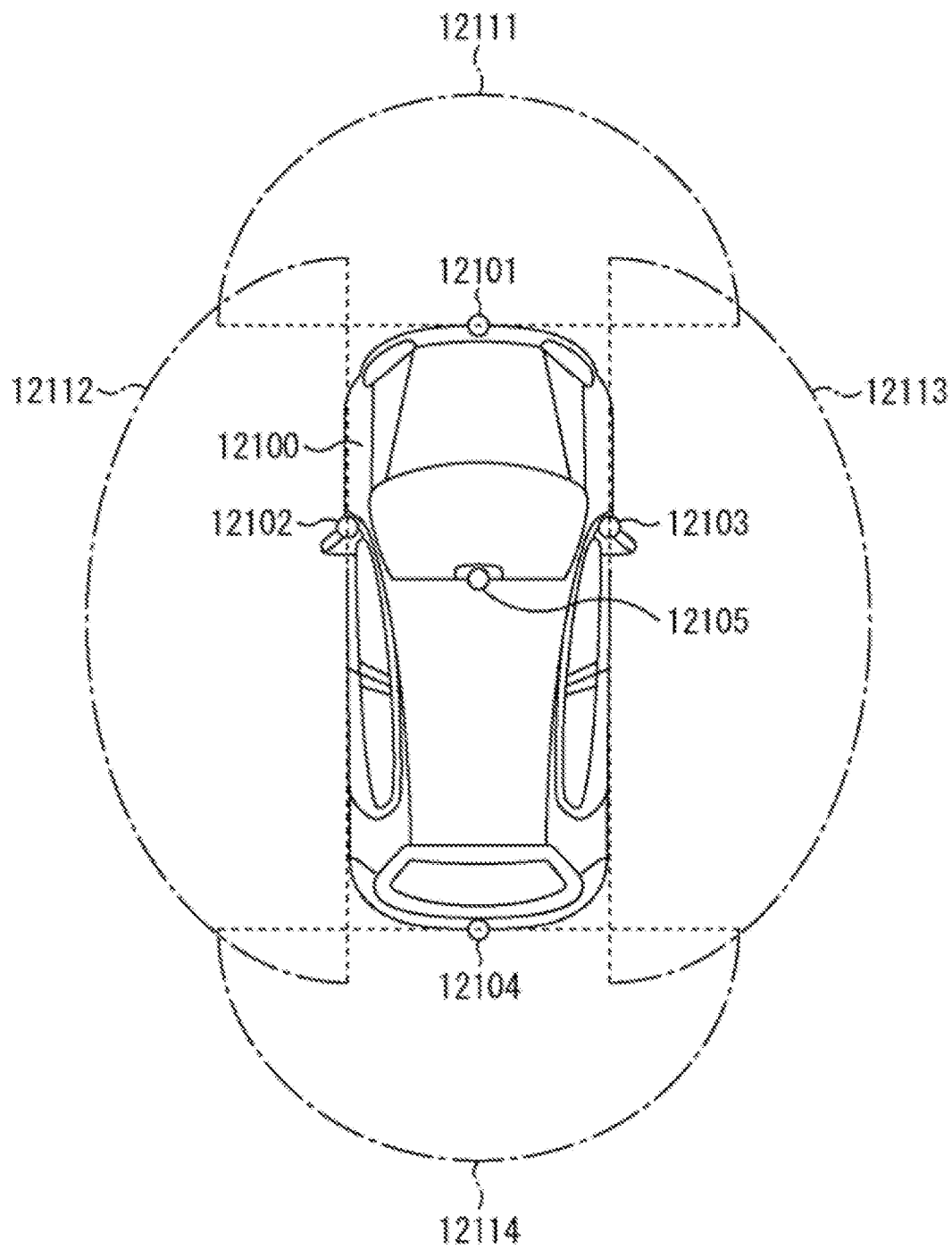
[図26C]



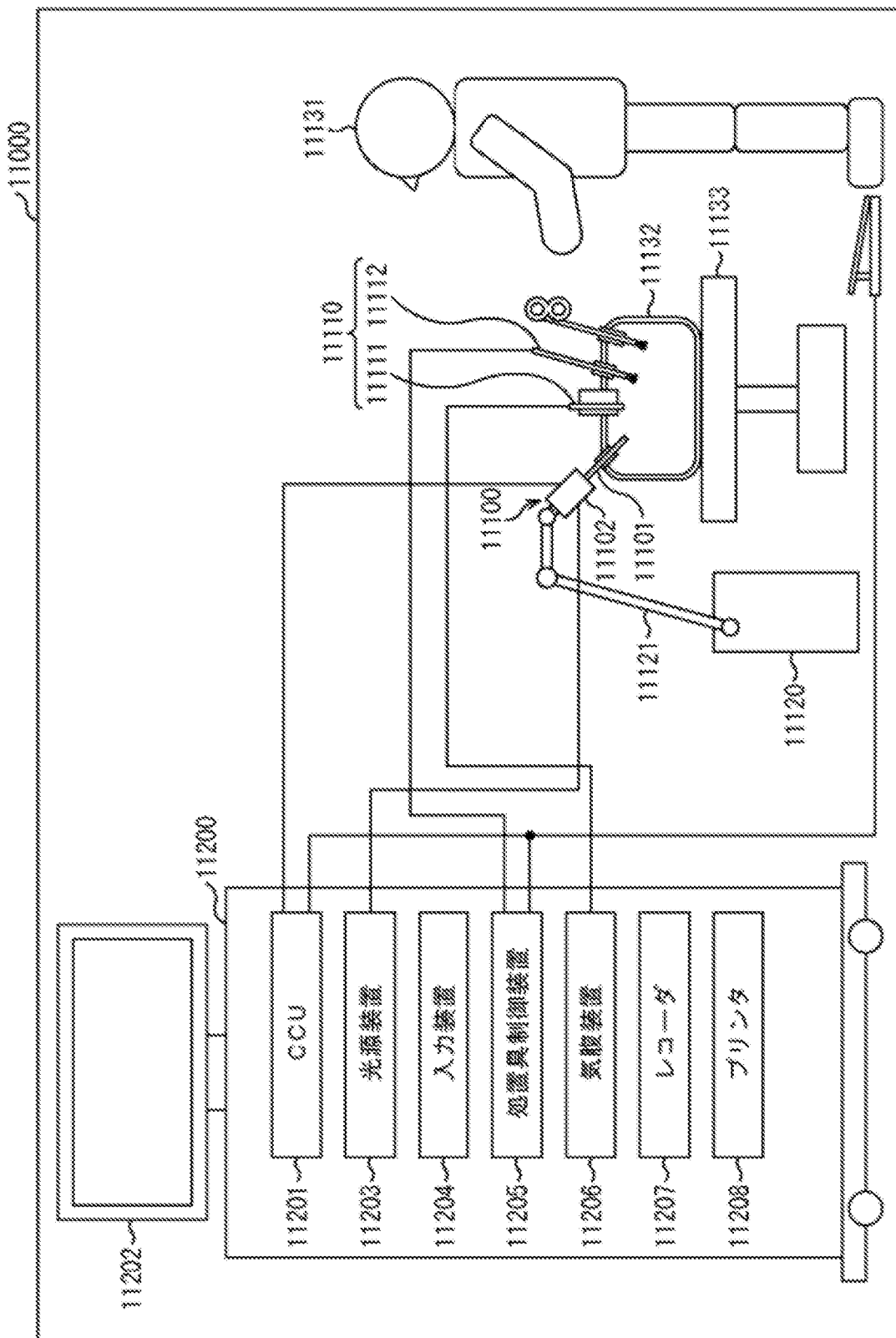
[図28]



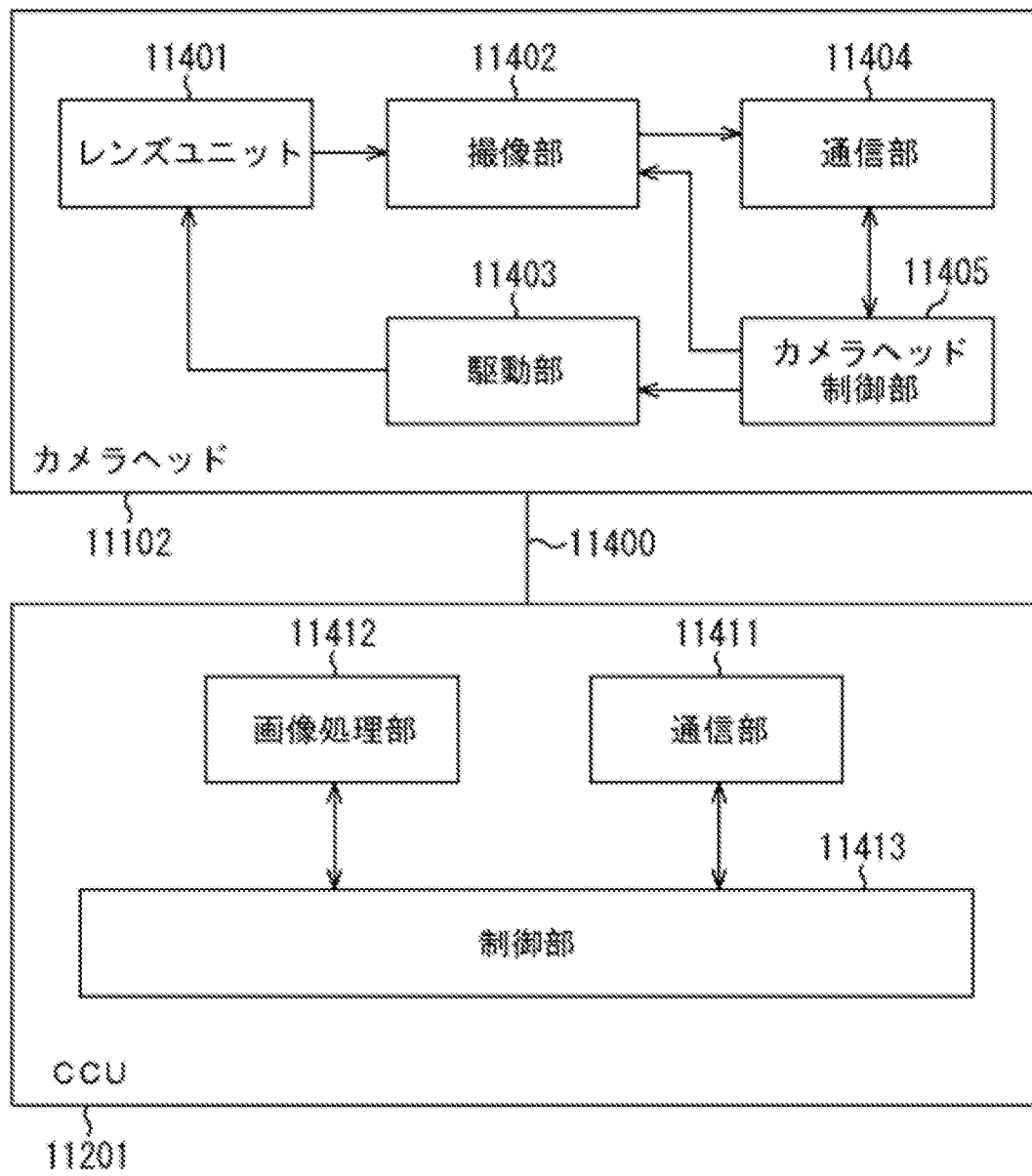
[図29]



[図30]



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/001700

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 27/146**(2006.01)i; **G02B 7/02**(2021.01)i; **H04N 5/369**(2011.01)i

FI: H01L27/146 D; G02B7/02 B; G02B7/02 Z; H04N5/369

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)

H01L27/146; G02B7/02; H04N5/369

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2013-038164 A (SONY CORP.) 21 February 2013 (2013-02-21) paragraphs [0019]-[0024], [0070]-[0074], [0084]-[0087], [0173]-[0176], [0225]-[0242], fig. 1, 6, 18, 26-27	1, 5, 8-11, 13-16
Y		14-16
A		2-4, 6-7
X	JP 2009-145809 A (FUJINON CORP.) 02 July 2009 (2009-07-02) paragraphs [0021]-[0037], [0091]-[0095], fig. 1-2, 17	1, 8-12
Y		14-16
A	paragraphs [0060]-[0063]	2-4, 6-7
A	JP 2010-098066 A (OLYMPUS CORP.) 30 April 2010 (2010-04-30) paragraphs [0041]-[0047], fig. 6-7	2-4, 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

13 April 2022

Date of mailing of the international search report

26 April 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/001700

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2013-038164	A	21 February 2013	US 2013/0032914 A1 paragraphs [0049]-[0054], [0100]-[0104], [0115]-[0118], [0244]-[0254], [0333]-[0351], fig. 1, 6, 18, 26-27	
JP	2009-145809	A	02 July 2009	CN 201273960 Y TW M354078 U1	
JP	2010-098066	A	30 April 2010	US 2010/0091168 A1 paragraphs [0045]-[0050], fig. 7-8	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 27/146(2006.01)i; G02B 7/02(2021.01)i; H04N 5/369(2011.01)i FI: H01L27/146 D; G02B7/02 B; G02B7/02 Z; H04N5/369		
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（IPC）） H01L27/146; G02B7/02; H04N5/369		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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 2013-038164 A（ソニー株式会社）21.02.2013（2013-02-21） 段落 [0019] - [0024] , [0070] - [0074] , [0084] - [0087] , [0173] - [0176] , [0225] - [0242] , [図1] , [図6] , [図18] , [図26] - [図27]	1, 5, 8-11, 13-16
Y		14-16
A		2-4, 6-7
X	JP 2009-145809 A（フジノン株式会社）02.07.2009（2009-07-02） 段落 [0021] - [0037] , [0091] - [0095] , [図1] - [図2] , [図17]	1, 8-12
Y		14-16
A	段落 [0060] - [0063]	2-4, 6-7
A	JP 2010-098066 A（オリンパス株式会社）30.04.2010（2010-04-30） 段落 [0041] - [0047] , [図6] - [図7]	2-4, 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、一般的な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抵触するものではなく、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 13.04.2022		国際調査報告の発送日 26.04.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 田邊 顕人 5F 5894 電話番号 03-3581-1101 内線 3514

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/001700

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-038164	A	21.02.2013	US 2013/0032914 A1 段落 [0049] - [0054] , [0100] - [0104] , [0115] - [0118] , [0244] - [0254] , [0333] - [0351] , 図1, 6, 18, 26-27	
JP	2009-145809	A	02.07.2009	CN 201273960 Y TW M354078 U1	
JP	2010-098066	A	30.04.2010	US 2010/0091168 A1 段落 [0045] - [0050] , 図 7-8	