

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6918409号
(P6918409)

(45) 発行日 令和3年8月11日(2021.8.11)

(24) 登録日 令和3年7月27日(2021.7.27)

(51) Int.Cl.	F 1
G02B 7/02	(2021.01) G02B 7/02 B
G03B 11/00	(2021.01) G02B 7/02 H
G03B 15/02	(2021.01) G03B 11/00
G03B 19/07	(2021.01) G03B 15/02 F
G03B 15/03	(2021.01) G03B 19/07

請求項の数 7 (全 103 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-11990(P2017-11990)
 (22) 出願日 平成29年1月26日(2017.1.26)
 (65) 公開番号 特開2018-120113(P2018-120113A)
 (43) 公開日 平成30年8月2日(2018.8.2)
 審査請求日 令和1年12月19日(2019.12.19)

前置審査

(73) 特許権者 316005926
 ソニーセミコンダクタソリューションズ株
 式会社
 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号
 (74) 代理人 100121131
 弁理士 西川 孝
 (74) 代理人 100082131
 弁理士 稲本 義雄
 (74) 代理人 100168686
 弁理士 三浦 勇介
 (72) 発明者 山本 篤志
 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソ
 ニーセミコンダクタソリューションズ株式
 会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カメラモジュールおよびその製造方法、並びに電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成され、前記第1の貫通孔および前記第2の貫通孔それぞれの内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、

前記第1の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、前記第2の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第2の光学ユニットが前記第1のピッチと異なる第2のピッチで複数個配列されており、

複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第2の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部とを備える受光素子と、

複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれの光軸上に、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタと

を備え、

前記波長選択フィルタは、前記複数個の前記第1の光学ユニットの光軸上には配置されない

カメラモジュール。

【請求項 2】

前記複数個の前記第2の光学ユニットの前記波長選択フィルタは、通過させる波長帯がそれぞれ異なる

請求項1に記載のカメラモジュール。

【請求項 3】

前記第2の貫通孔の開口幅は、前記第1の貫通孔の開口幅よりも小さい

請求項1または2に記載のカメラモジュール。

【請求項 4】

開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成された基板の前記第1の貫通孔の内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、

前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数枚の前記レンズを含む第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部を備える受光素子と、

前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数個の前記第2の貫通孔で構成された開口部の光軸上に配置された、光を発する発光部と

を備えるカメラモジュール。

【請求項 5】

開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成された基板の前記第1の貫通孔の内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、

前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数枚の前記レンズを含む第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部を備える受光素子と、

前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数個の前記第2の貫通孔で構成された開口部の光軸上に配置された、光を発する発光部と

を備えるカメラモジュール

を備える電子機器。

【請求項 6】

開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成され、前記第1の貫通孔および前記第2の貫通孔それぞれの内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしを直接接合により接合して積層して積層レンズ構造体を形成し、

前記第1の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、前記第2の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第2の光学ユニットが前記第1のピッチと異なる第2のピッチで複数個配列されており、

複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第2の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部とを備える受光素子を、前記積層レンズ構造体と積層し、

複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれの光軸上に、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタを配置し、

複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれの光軸上に、前記波長選択フィルタを配置しない

カメラモジュールの製造方法。

【請求項 7】

開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成され、前記第1の貫通孔および前記

10

20

30

40

50

第2の貫通孔それぞれの内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、

前記第1の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、前記第2の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第2の光学ユニットが前記第1のピッチと異なる第2のピッチで複数個配列されており、

複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第2の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部とを備える受光素子と、

複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれの光軸上に、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタと

を備え、

前記波長選択フィルタは、前記複数個の前記第1の光学ユニットの光軸上には配置されない

カメラモジュール

を備える電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本技術は、カメラモジュールおよびその製造方法、並びに電子機器に関し、特に、ウエハ基板が積層されたカメラモジュールにおいて、平面方向のレンズ間の空いている領域を有効利用することができるようとしたカメラモジュールおよびその製造方法、並びに電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

ウエハ基板の平面方向にレンズを複数配列させるウエハレベルレンズプロセスは、レンズを形成する際の形状精度や位置精度の要求が厳しい。特に、ウエハ基板どうしを積層して積層レンズ構造体を製造するプロセスは非常に難易度が高く、量産レベルでは3層以上の積層は実現されていない。

20

【0003】

ウエハレベルレンズプロセスについては、これまでも様々な技術が考案され、提案されている。例えば、特許文献1では、基板に形成した貫通孔内にレンズ材料を充填してレンズを形成する際、そのレンズ材料をそのまま接着剤として用いて、ウエハ基板を積層する方法が提案されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-279790号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ウエハ基板が積層されたカメラモジュールでは、平面方向のレンズ間の空いている領域の有効利用が望まれている。

【0006】

本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、ウエハ基板が積層されたカメラモジュールにおいて、平面方向のレンズ間の空いている領域を有効利用することができるようとするものである。

【課題を解決するための手段】

50

【0007】

本技術の第1の側面のカメラモジュールは、開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成され、前記第1の貫通孔および前記第2の貫通孔それぞれの内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、前記第1の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、前記第2の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第2の光学ユニットが前記第1のピッチと異なる第2のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第2の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部とを備える受光素子と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれの光軸上に、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタとを備え、前記波長選択フィルタは、前記複数個の前記第1の光学ユニットの光軸上には配置されない。

10

【0008】

本技術の第2の側面のカメラモジュールの製造方法は、開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成され、前記第1の貫通孔および前記第2の貫通孔それぞれの内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしを直接接合により接合して積層して積層レンズ構造体を形成し、前記第1の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、前記第2の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第2の光学ユニットが前記第1のピッチと異なる第2のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第2の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部とを備える受光素子を、前記積層レンズ構造体と積層し、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれの光軸上に、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタを配置し、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれの光軸上に、前記波長選択フィルタを配置しない。

20

【0009】

30

本技術の第3の側面の電子機器は、開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成され、前記第1の貫通孔および前記第2の貫通孔それぞれの内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、前記第1の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、前記第2の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第2の光学ユニットが前記第1のピッチと異なる第2のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第2の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部とを備える受光素子と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれの光軸上に、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタとを備えるカメラモジュールを備え、前記波長選択フィルタは、前記複数個の前記第1の光学ユニットの光軸上には配置されない。

40

【0010】

50

本技術の第1及び第3の側面においては、開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成され、前記第1の貫通孔および前記第2の貫通孔それぞれの内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体が設けられ、前記第1の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、前記第2の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層され

て構成される第2の光学ユニットが前記第1のピッチと異なる第2のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第2の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部とを備える受光素子と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれの光軸上に、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタとが設けられ、前記波長選択フィルタは、前記複数個の前記第1の光学ユニットの光軸上には配置されない。

【0011】

本技術の第2の側面においては、開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成され、前記第1の貫通孔および前記第2の貫通孔それぞれの内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしを直接接合により接合して積層して積層レンズ構造体が形成され、前記第1の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、前記第2の貫通孔の内側に形成された前記レンズが前記直接接合により光軸方向に積層されて構成される第2の光学ユニットが前記第1のピッチと異なる第2のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部と、複数個の前記第2の光学ユニットそれぞれの光軸上に、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタが配置され、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれの光軸上に、前記波長選択フィルタは配置されない。

本技術の第4の側面のカメラモジュールは、開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成された基板の前記第1の貫通孔の内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数枚の前記レンズを含む第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部を備える受光素子と、前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数個の前記第2の貫通孔で構成された開口部の光軸上に配置された、光を発する発光部と備える。

本技術の第5の側面の電子機器は、開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成された基板の前記第1の貫通孔の内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数枚の前記レンズを含む第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部を備える受光素子と、前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数個の前記第2の貫通孔で構成された開口部の光軸上に配置された、光を発する発光部とを備えるカメラモジュールを備える。

本技術の第4および第5の側面においては、開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成された基板の前記第1の貫通孔の内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数枚の前記レンズを含む第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部を備える受光素子と、前記直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数個の前記第2の貫通孔で構成された開口部の光軸上に配置された、光を発する発光部とが設けられる。

【0012】

カメラモジュール及び電子機器は、独立した装置であっても良いし、他の装置に組み込まれるモジュールであっても良い。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【0013】

本技術の第1乃至第5の側面によれば、ウエハ基板が積層されたカメラモジュールにおいて、平面方向のレンズ間の空いている領域を有効利用することができる。

【0014】

なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第1の実施の形態を示す図である。

10

【図2】特許文献1に開示された積層レンズ構造体の断面構造図である。

【図3】図1のカメラモジュールの積層レンズ構造体の断面構造図である。

【図4】レンズ付き基板の直接接合を説明する図である。

【図5】図1のカメラモジュールを形成する工程を示す図である。

【図6】図1のカメラモジュールを形成する工程を示す図である。

【図7】図1のカメラモジュールを形成する別の工程を示す図である。

【図8】レンズ付き基板の構成を説明する図である。

【図9】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第2の実施の形態を示す図である。

【図10】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第3の実施の形態を示す図である。

20

【図11】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第4の実施の形態を示す図である。

【図12】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第5の実施の形態を示す図である。

【図13】第4の実施の形態に係るカメラモジュールの詳細構成を説明する図である。

【図14】担体基板とレンズ樹脂部の平面図と断面図である。

【図15】積層レンズ構造体と絞り板を示す断面図である。

【図16】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第6の実施の形態を示す図である。

30

【図17】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第7の実施の形態を示す図である。

【図18】レンズ付き基板の詳細構成を示す断面図である。

【図19】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図20】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図21】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図22】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図23】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図24】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図25】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

40

【図26】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図27】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図28】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図29】レンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図30】基板状態のレンズ付き基板どうしの接合を説明する図である。

【図31】基板状態のレンズ付き基板どうしの接合を説明する図である。

【図32】5枚のレンズ付き基板を基板状態で積層する第1の積層方法を説明する図である。

【図33】5枚のレンズ付き基板を基板状態で積層する第2の積層方法を説明する図である。

50

【図34】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第8の実施の形態を示す図である。

【図35】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第9の実施の形態を示す図である。

【図36】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第10の実施の形態を示す図である。

【図37】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第11の実施の形態を示す図である。

【図38】比較構造例1としてのウエハレベル積層構造の断面図である。

【図39】比較構造例2としてのレンズアレイ基板の断面図である。

10

【図40】図39のレンズアレイ基板の製造方法を説明する図である。

【図41】比較構造例3としてのレンズアレイ基板の断面図である。

【図42】図41のレンズアレイ基板の製造方法を説明する図である。

【図43】比較構造例4としてのレンズアレイ基板の断面図である。

【図44】図43のレンズアレイ基板の製造方法を説明する図である。

【図45】比較構造例5としてのレンズアレイ基板の断面図である。

【図46】レンズとなる樹脂がもたらす作用を説明する図である。

【図47】レンズとなる樹脂がもたらす作用を説明する図である。

【図48】比較構造例6としてのレンズアレイ基板を模式的に表した図である。

【図49】比較構造例7としての積層レンズ構造体の断面図である。

20

【図50】図49の積層レンズ構造体がもたらす作用を説明する図である。

【図51】比較構造例8としての積層レンズ構造体の断面図である。

【図52】図51の積層レンズ構造体がもたらす作用を説明する図である。

【図53】本構造を採用した積層レンズ構造体の断面図である。

【図54】図53の積層レンズ構造体を模式的に表した図である。

【図55】カバーガラスに絞りを追加した第1の構成例を示す図である。

【図56】図55のカバーガラスの製造方法を説明する図である。

【図57】カバーガラスに絞りを追加した第2の構成例を示す図である。

【図58】カバーガラスに絞りを追加した第3の構成例を示す図である。

【図59】貫通孔の開口自体を絞り機構とする構成例を示す図である。

30

【図60】金属接合を用いたウエハレベルでの貼り合わせを説明する図である。

【図61】高濃度ドープ基板を用いたレンズ付き基板の例を示す図である。

【図62】図61のAのレンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図63】図61のBのレンズ付き基板の製造方法を説明する図である。

【図64】カメラモジュールに備わる絞り板の平面形状の例を表す図である。

【図65】カメラモジュールの受光領域の構成を説明する図である。

【図66】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第1の例を示す図である。

【図67】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第2の例を示す図である。

【図68】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第3の例を示す図である。

【図69】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第4の例を示す図である。

40

【図70】図66に示した画素配列の変形例を示す図である。

【図71】図68の画素配列の変形例を示す図である。

【図72】図69の画素配列の変形例を示す図である。

【図73】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第5の例を示す図である。

【図74】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第6の例を示す図である。

【図75】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第7の例を示す図である。

【図76】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第8の例を示す図である。

【図77】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第9の例を示す図である。

【図78】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第10の例を示す図である。

【図79】カメラモジュールの受光領域の画素配列の第11の例を示す図である。

50

【図80】本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第12の実施の形態を示す図である。

【図81】図80の波長選択フィルタのフィルタ特性を示すグラフである。

【図82】第12の実施の形態の変形例を示す断面図である。

【図83】第12の実施の形態に係るカメラモジュールに用いられる積層レンズ構造体の製造方法を説明する図である。

【図84】第12の実施の形態に係るカメラモジュールのその他の構成を説明する図である。

【図85】本技術を適用した電子機器としての撮像装置の構成例を示すブロック図である。

10

【図86】体内情報取得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87】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88】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。

【図89】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90】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。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本技術を実施するための形態（以下、実施の形態という）について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. カメラモジュールの第1の実施の形態

20

2. カメラモジュールの第2の実施の形態

3. カメラモジュールの第3の実施の形態

4. カメラモジュールの第4の実施の形態

5. カメラモジュールの第5の実施の形態

6. 第4の実施の形態のカメラモジュールの詳細構成

7. カメラモジュールの第6の実施の形態

8. カメラモジュールの第7の実施の形態

9. レンズ付き基板の詳細構成

10. レンズ付き基板の製造方法

11. レンズ付き基板どうしの接合

30

12. カメラモジュールの第8及び第9の実施の形態

13. カメラモジュールの第10の実施の形態

14. カメラモジュールの第11の実施の形態

15. 他の構造と比較した本構造の効果

16. 各種の変形例

17. 受光素子の画素配列と絞り板の構造と用途説明

18. カメラモジュールの第12の実施の形態

19. 電子機器への適用例

20. 体内情報取得システムへの応用例

21. 内視鏡手術システムへの応用例

40

22. 移動体への応用例

【0017】

<1. カメラモジュールの第1の実施の形態>

図1は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第1の実施の形態を示す図である。

【0018】

図1のAは、カメラモジュール1の第1の実施の形態としてのカメラモジュール1Aの構成を示す模式図である。図1のBは、カメラモジュール1Aの概略断面図である。

【0019】

カメラモジュール1Aは、積層レンズ構造体11と受光素子12とを備える。積層レン

50

ズ構造体 11 は、縦横それぞれ 5 個ずつ、合計 25 個の光学ユニット 13 を備える。光学ユニット 13 は、1 本の光軸方向に複数枚のレンズ 21 を含んで構成される。カメラモジュール 1A は、光学ユニット 13 を複数個備えた複眼カメラモジュールである。

【0020】

カメラモジュール 1A が備える複数個の光学ユニット 13 の光軸は、図 1 の B に示されるように、モジュールの外側に向かって広がるように配置され、これにより広角の画像の撮影が可能とされている。

【0021】

なお、図 1 の B では、簡単のため、積層レンズ構造体 11 はレンズ 21 を 3 層だけ積層した構造になっているが、より多くのレンズ 21 を積層して良いことは言うまでもない。

10

【0022】

図 1 のカメラモジュール 1A は、複数個の光学ユニット 13 を介して撮影した複数枚の画像をつなぎ合わせて、1 枚の広角画像を作り出すことができる。複数枚の画像をつなぎ合わせるため、各画像を撮影する各光学ユニット 13 の形成および配置には、高い精度が要求される。また、特に広角側の光学ユニット 13 は、レンズ 21 への光の入射角度が小さいため、光学ユニット 13 の内での各レンズ 21 の位置関係と配置にも、高い精度が要求される。

【0023】

図 2 は、特許文献 1 が開示する、樹脂による固着技術を用いた積層レンズ構造体の断面構造図である。

20

【0024】

図 2 に示される積層レンズ構造体 500 においては、レンズ 511 を備えた基板 512 どうしを固着する手段として、樹脂 513 が用いられている。樹脂 513 は、UV 硬化性などのエネルギー硬化性樹脂である。

【0025】

基板 512 どうしを貼り合わせる前に、基板 512 表面全面に樹脂 513 の層が形成される。その後、基板 512 どうしが貼り合わされ、さらに、樹脂 513 が硬化される。これにより、貼り合わせた基板 512 どうしが固着される。

【0026】

しかし、樹脂 513 を硬化させた際に、樹脂 513 は硬化収縮する。図 2 に示される構造の場合、基板 512 全体に樹脂 513 の層を形成した後、樹脂 513 を硬化させるため、樹脂 513 の変位量が大きくなってしまう。

30

【0027】

また、基板 512 どうしを貼り合わせて形成した積層レンズ構造体 500 を個片化し、撮像素子を組み合わせてカメラモジュールを形成した後も、カメラモジュールに備わる積層レンズ構造体 500 は、図 2 に示されるように、レンズ 511 を備えた基板 512 間全体に、樹脂 513 が存在している。このため、カメラモジュールをカメラの筐体内に搭載し、実使用した際に、機器の発熱による温度上昇により、積層レンズ構造体 500 の基板間の樹脂が熱膨張する懸念がある。

【0028】

40

図 3 は、図 1 のカメラモジュール 1A の積層レンズ構造体 11 のみを示した断面構造図である。

【0029】

カメラモジュール 1A の積層レンズ構造体 11 も、レンズ 21 を備えたレンズ付き基板 41 を複数枚積層して形成されている。

【0030】

カメラモジュール 1A の積層レンズ構造体 11 では、レンズ 21 を備えたレンズ付き基板 41 どうしを固定する手段として、図 2 の積層レンズ構造体 500 やその他の先行技術文献に示されるものとは全く異なる固定手段が用いられている。

【0031】

50

すなわち、積層される2枚のレンズ付き基板41は、一方の基板表面に形成した酸化物や窒化物による表面層と、他方の基板表面に形成した酸化物や窒化物による表面層と、の間の共有結合によって、直接接合される。具体例として、図4に示されるように、積層する2枚のレンズ付き基板41それぞれの表面に、表面層としてシリコン酸化膜もしくはシリコン窒化膜が形成され、これに水酸基を結合させた後、2枚のレンズ付き基板41どうしが貼り合わされ、昇温されて脱水縮合される。その結果、2枚のレンズ付き基板41の表面層の間で、シリコン-酸素共有結合が形成される。これにより2枚のレンズ付き基板41が直接接合される。なお、縮合の結果、2枚の表面層に含まれる元素同士が直接共有結合を形成することも起こり得る。

【0032】

10

本明細書では、このように、2枚のレンズ付き基板41の間に配置した無機物の層を介して2枚のレンズ付き基板41を固定すること、あるいは、2枚のレンズ付き基板41の表面にそれぞれ配置した無機物の層どうしを化学結合させることで2枚のレンズ付き基板41を固定すること、あるいは、2枚のレンズ付き基板41の表面にそれぞれ配置した無機物の層の間に脱水縮合による結合を形成することで2枚のレンズ付き基板41を固定すること、あるいは、2枚のレンズ付き基板41の表面にそれぞれ配置した無機物の層の間に、酸素を介した共有結合あるいは互いの無機物の層に含まれる元素どうしの共有結合を形成することで2枚のレンズ付き基板41を固定すること、あるいは、2枚のレンズ付き基板41の表面にそれぞれ配置したシリコン酸化物層もしくはシリコン窒化物層の間に、シリコン-酸素共有結合あるいはシリコン-シリコン共有結合を形成することで2枚のレンズ付き基板41を固定すること、を直接接合と呼ぶ。

【0033】

20

この貼り合わせと昇温による脱水縮合を行うため、本実施の形態では、半導体装置やフラットディスプレイ装置の製造分野で使用される基板を用いて、基板状態でレンズが形成され、基板状態で貼り合わせおよび昇温による脱水縮合が行われ、基板状態で共有結合による接合が行われる。2枚のレンズ付き基板41の表面に形成した無機物の層の間を、共有結合によって接合させた構造は、特許文献1が開示する図2で説明した技術を用いた場合に懸念される、基板全体に渡る樹脂513の硬化収縮による変形や、実使用時の樹脂513の熱膨張による変形を抑える、という作用または効果をもたらす。

【0034】

30

図5及び図6は、積層レンズ構造体11と受光素子12を組み合わせた図1のカメラモジュール1Aを形成する工程を示す図である。

【0035】

まず、図5に示されるように、各レンズ21(不図示)が平面方向に複数形成されたレンズ付き基板41Wが複数枚用意され、これらが積層される。これにより、基板状態のレンズ付き基板41Wが複数枚積層された、基板状態の積層レンズ構造体11Wが得られる。

【0036】

次に、図6に示されるように、受光素子12が平面方向に複数形成された基板状態のセンサ基板43Wが、図5に示した基板状態の積層レンズ構造体11Wとは別に作製され、用意される。

40

【0037】

そして、基板状態のセンサ基板43Wと、基板状態の積層レンズ構造体11Wが、積層され、貼り合わせた基板のモジュール毎に外部端子を着けることで、基板状態のカメラモジュール44Wが得られる。

【0038】

最後に、基板状態のカメラモジュール44Wが、モジュール単位またはチップ単位に個片化される。個片化されたカメラモジュール44が、別途用意された筐体(不図示)に封入されることで、最終的なカメラモジュール44が得られる。

【0039】

なお、本明細書及び図面においては、例えば、レンズ付き基板41Wのように、符号に

50

“W”が付加された部品は、それが基板状態（ウエハ状態）であることを表し、レンズ付き基板41のように“W”が付されていないものは、モジュール単位またはチップ単位に個片化された状態であることを表す。その他、センサ基板43W、カメラモジュール44Wなどについても同様である。

【0040】

図7は、積層レンズ構造体11と受光素子12を組み合わせた図1のカメラモジュール1Aを形成する別の工程を示す図である。

【0041】

まず、上述した工程と同様に、基板状態のレンズ付き基板41Wが複数枚積層された、基板状態の積層レンズ構造体11Wが製造される。

10

【0042】

次に、基板状態の積層レンズ構造体11Wが、個片化される。

【0043】

また、基板状態の積層レンズ構造体11Wとは別に、基板状態のセンサ基板43Wが作製され、用意される。

【0044】

そして、基板状態のセンサ基板43Wの各受光素子12の上に、個片化された積層レンズ構造体11が1個ずつマウントされる。

【0045】

最後に、個片化された積層レンズ構造体11がマウントされた、基板状態のセンサ基板43Wがモジュール単位またはチップ単位に個片化される。積層レンズ構造体11がマウントされ、個片化されたセンサ基板43が、別途用意された筐体（不図示）に封入され、さらに外部端子が着けられることで、最終的なカメラモジュール44が得られる。

20

【0046】

さらに、積層レンズ構造体11と受光素子12を組み合わせた図1のカメラモジュール1Aを形成する別の工程の例として、図7に示した基板状態のセンサ基板43Wを個片化し、その結果得られた個々の受光素子12へ、個片化後の積層レンズ構造体11をそれぞれマウントして、個片化されたカメラモジュール44を得ても良い。

【0047】

図8は、カメラモジュール1Aにおけるレンズ付き基板41の構成を説明する図である。

30

【0048】

図8のAは、図1のAと同様の、カメラモジュール1Aの構成を示す模式図である。

【0049】

図8のBは、図1のBと同様の、カメラモジュール1Aの概略断面図である。

【0050】

カメラモジュール1Aは、図8のBに示されるように、複数枚のレンズ21を組み合わせて形成し、1本の光軸を備えた光学ユニット13を、複数個備えた複眼カメラモジュールである。積層レンズ構造体11は、縦横それぞれ5個ずつ、合計25個の光学ユニット13を備える。

40

【0051】

カメラモジュール1Aでは、複数個の光学ユニット13の光軸が、モジュールの外側に向かって広がるように配置され、これにより、広角の画像の撮影が可能とされている。図8のBでは、簡単のため、積層レンズ構造体11は、レンズ付き基板41を3層だけ積層した構造になっているが、より多くのレンズ付き基板41を積層して良いことは言うまでもない。

【0052】

図8のC乃至Eは、積層レンズ構造体11を構成する3層のレンズ付き基板41それぞれの平面形状を示す図である。

【0053】

50

図8のCは、3層のうちの最上層のレンズ付き基板41の平面図であり、図8のDは、中層のレンズ付き基板41の平面図であり、図8のEは、最下層のレンズ付き基板41の平面図である。カメラモジュール1は、複眼広角カメラモジュールであるため、上層になるに従って、レンズ21の径が大きくなると共に、レンズ間のピッチが広がっている。

【0054】

図8のF乃至Hは、図8のC乃至Eに示したレンズ付き基板41を得るための、基板状態のレンズ付き基板41Wの平面図である。

【0055】

図8のFに示されるレンズ付き基板41Wは、図8のCのレンズ付き基板41に対応する基板状態を示し、図8のGに示されるレンズ付き基板41Wは、図8のDのレンズ付き基板41に対応する基板状態を示し、図8のHに示されるレンズ付き基板41Wは、図8のEのレンズ付き基板41に対応する基板状態を示している。

10

【0056】

図8のF乃至Hに示される基板状態のレンズ付き基板41Wは、図8のAに示したカメラモジュール1Aを、基板1枚につき8個得られる構成とされている。

【0057】

図8のF乃至Hの各レンズ付き基板41Wの間で、モジュール単位のレンズ付き基板41内のレンズ間のピッチは、上層のレンズ付き基板41Wと下層のレンズ付き基板41Wとで異なる一方、各レンズ付き基板41Wにおいて、モジュール単位のレンズ付き基板41を配置するピッチは、上層のレンズ付き基板41Wから下層のレンズ付き基板41Wまで、一定となっていることがわかる。

20

【0058】

<2. カメラモジュールの第2の実施の形態>

図9は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第2の実施の形態を示す図である。

【0059】

図9のAは、カメラモジュール1の第2の実施の形態としてのカメラモジュール1Bの外観を示す模式図である。図9のBは、カメラモジュール1Bの概略断面図である。

【0060】

カメラモジュール1Bは、2個の光学ユニット13を備える。2個の光学ユニット13は、積層レンズ構造体11の最上層に、絞り板51を備える。絞り板51には、開口部52が設けられている。

30

【0061】

カメラモジュール1Bは2個の光学ユニット13を備えるが、これら2つの光学ユニット13の光学パラメータは異なる。すなわち、カメラモジュール1Bは、光学性能が異なる2種類の光学ユニット13を備える。2種類の光学ユニット13は、例えば、近景を撮影するための焦点距離が短い光学ユニット13と、遠景を撮影するために焦点距離が長い光学ユニット13とすることができる。

【0062】

カメラモジュール1Bでは、2つの光学ユニット13の光学パラメータが異なるため、例えば、図9のBに示されように、2つの光学ユニット13のレンズ21の枚数が異なる。また、2つの光学ユニット13が備える積層レンズ構造体11の同じ層のレンズ21において、径、厚さ、表面形状、体積、または、隣接するレンズとの距離、のいずれかが異なる構成が可能となっている。このため、カメラモジュール1Bにおけるレンズ21の平面形状は、例えば、図9のCに示されるように、2つの光学ユニット13が同じ径のレンズ21を備えていても良いし、図9のDに示すように、

40

異なる形状のレンズ21を備えていても良いし、図9のEに示すように、一方がレンズ21を備えない空洞21Xとなった構造でも良い。

【0063】

図9のF乃至Hは、図9のC乃至Eに示したレンズ付き基板41を得るための、基板状態の

50

レンズ付き基板 4 1 Wの平面図である。

【 0 0 6 4 】

図 9 のFに示されるレンズ付き基板 4 1 Wは、図 9 のCのレンズ付き基板 4 1 に対応する基板状態を示し、図 9 のGに示されるレンズ付き基板 4 1 Wは、図 9 のDのレンズ付き基板 4 1 に対応する基板状態を示し、図 9 のHに示されるレンズ付き基板 4 1 Wは、図 9 のEのレンズ付き基板 4 1 に対応する基板状態を示している。

【 0 0 6 5 】

図 9 のF乃至Hに示される基板状態のレンズ付き基板 4 1 Wは、図 9 のAに示したカメラモジュール 1 Bを、基板 1 枚につき 1 6 個得られる構成とされている。

【 0 0 6 6 】

図 9 のF乃至Hに示されるように、カメラモジュール 1 Bを形成するために、基板状態のレンズ付き基板 4 1 Wの基板全面に同じ形状のレンズを形成することや、異なる形状のレンズを形成することや、レンズを形成したり形成しなかったりすることが可能である。

【 0 0 6 7 】

< 3 . カメラモジュールの第 3 の実施の形態 >

図 1 0 は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第 3 の実施の形態を示す図である。

【 0 0 6 8 】

図 1 0 のAは、カメラモジュール 1 の第 3 の実施の形態としてのカメラモジュール 1 Cの外観を示す模式図である。図 1 0 のBは、カメラモジュール 1 Cの概略断面図である。

【 0 0 6 9 】

カメラモジュール 1 Cは、光の入射面上に、縦横 2 個ずつ、合計 4 個の光学ユニット 1 3 を備える。4 個の光学ユニット 1 3 どうしでは、レンズ 2 1 の形状は同じになっている。

【 0 0 7 0 】

4 個の光学ユニット 1 3 は、積層レンズ構造体 1 1 の最上層に、絞り板 5 1 を備えるが、その絞り板 5 1 の開口部 5 2 の大きさが、4 個の光学ユニット 1 3 の間で異なる。これにより、カメラモジュール 1 Cは、例えば、以下のようなカメラモジュール 1 Cを実現することができる。すなわち、例えば防犯用の監視カメラにおいて、昼間のカラー画像監視用に、R G B 3 種類のカラーフィルタを備えて R G B 3 種の光を受光する受光画素と、夜間の白黒画像監視用に、R G B 用のカラーフィルタを備えない受光画素と、を備えた受光素子 1 2 を用いたカメラモジュール 1 Cにおいて、照度が低い夜間の白黒画像を撮影するための画素だけ絞りの開口の大きさを大きくすることが可能となる。このため、1 個のカメラモジュール 1 Cにおけるレンズ 2 1 の平面形状は、例えば図 1 0 のCに示されるように、4 つの光学ユニット 1 3 が備えるレンズ 2 1 の径は同じであって、かつ、図 1 0 のDに示されるように、絞り板 5 1 の開口部 5 2 の大きさは、光学ユニット 1 3 によっては異なる。

【 0 0 7 1 】

図 1 0 のEは、図 1 0 のCに示したレンズ付き基板 4 1 を得るための、基板状態のレンズ付き基板 4 1 Wの平面図である。図 1 0 のFは、図 1 0 のDに示した絞り板 5 1 を得るための、基板状態での絞り板 5 1 Wを示す平面図である。

【 0 0 7 2 】

図 1 0 のEの基板状態のレンズ付き基板 4 1 W、及び、図 1 0 のFの基板状態の絞り板 5 1 Wでは、図 1 0 のAに示したカメラモジュール 1 Cを、基板 1 枚につき 8 個得られる構成とされている。

【 0 0 7 3 】

図 1 0 のFに示されるように、基板状態での絞り板 5 1 Wでは、カメラモジュール 1 Cを形成するために、カメラモジュール 1 Cが備える光学ユニット 1 3 毎に、異なる開口部 5 2 の大きさを設定することができる。

【 0 0 7 4 】

10

20

30

40

50

< 4 . カメラモジュールの第 4 の実施の形態 >

図 1 1 は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第 4 の実施の形態を示す図である。

【 0 0 7 5 】

図 1 1 の A は、カメラモジュール 1 の第 4 の実施の形態としてのカメラモジュール 1 D の外観を示す模式図である。図 1 1 の B は、カメラモジュール 1 D の概略断面図である。

【 0 0 7 6 】

カメラモジュール 1 D は、カメラモジュール 1 C と同様に、光の入射面上に、縦横 2 個ずつ、合計 4 個の光学ユニット 1 3 を備える。4 個の光学ユニット 1 3 どうしでは、レンズ 2 1 の形状と絞り板 5 1 の開口部 5 2 の大きさは同じになっている。

10

【 0 0 7 7 】

カメラモジュール 1 D は、光の入射面の縦方向と横方向のそれぞれについて 2 個ずつ配置した光学ユニット 1 3 に備わる光軸が、同じ方向に延びている。図 1 1 の B に示される 1 点鎖線は、光学ユニット 1 3 それぞれの光軸を表している。この様な構造のカメラモジュール 1 D は、超解像技術を利用して、1 個の光学ユニット 1 3 で撮影するよりも、解像度が高い画像を撮影することに適している。

【 0 0 7 8 】

カメラモジュール 1 D では、縦方向と横方向のそれぞれについて、光軸が同じ方向を向きながら、異なる位置に配置された複数個の受光素子 1 2 で画像を撮影することにより、あるいは 1 個の受光素子 1 2 の中の異なる領域の受光画素で画像を撮影することにより、光軸が同じ方向を向きながら、必ずしも同一ではない複数枚の画像を得ることができる。これら同一ではない複数枚の画像が持っている場所毎の画像データを合わせることで、解像度が高い画像を得ることができる。このため、1 個カメラモジュール 1 D におけるレンズ 2 1 の平面形状は、図 1 1 の C に示されるように、4 つの光学ユニット 1 3 で同じになっていることが望ましい。

20

【 0 0 7 9 】

図 1 1 の D は、図 1 1 の C に示したレンズ付き基板 4 1 を得るための、基板状態のレンズ付き基板 4 1 W の平面図である。基板状態のレンズ付き基板 4 1 W は、図 1 1 の A に示したカメラモジュール 1 D を、基板 1 枚につき 8 個得られる構成とされている。

【 0 0 8 0 】

30

図 1 1 の D に示されるように、基板状態のレンズ付き基板 4 1 W では、カメラモジュール 1 D を形成するために、カメラモジュール 1 D が複数個のレンズ 2 1 を備え、この 1 個のモジュール用のレンズ群が、基板上に一定のピッチで複数個配置されている。

【 0 0 8 1 】

< 5 . カメラモジュールの第 5 の実施の形態 >

図 1 2 は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第 5 の実施の形態を示す図である。

【 0 0 8 2 】

図 1 2 の A は、カメラモジュール 1 の第 5 の実施の形態としてのカメラモジュール 1 E の外観を示す模式図である。図 1 2 の B は、カメラモジュール 1 E の概略断面図である。

40

【 0 0 8 3 】

カメラモジュール 1 E は、1 本の光軸を有する光学ユニット 1 3 をカメラモジュール 1 E 内に 1 個備える、単眼のカメラモジュールである。

【 0 0 8 4 】

図 1 2 の C は、カメラモジュール 1 E におけるレンズ 2 1 の平面形状を示すレンズ付き基板 4 1 の平面図である。カメラモジュール 1 E は、1 個の光学ユニット 1 3 を備える。

【 0 0 8 5 】

図 1 2 の D は、図 1 2 の C に示したレンズ付き基板 4 1 を得るための、基板状態のレンズ付き基板 4 1 W の平面図である。基板状態のレンズ付き基板 4 1 W は、図 1 2 の A に示したカメラモジュール 1 E を、基板 1 枚につき 3 2 個得られる構成とされている。

50

【0086】

図12のDに示されるように、基板状態のレンズ付き基板41Wでは、カメラモジュール1E用のレンズ21が、基板上に一定のピッチで複数個配置されている。

【0087】

<6. 第4の実施の形態のカメラモジュールの詳細構成>

次に、図13を参照して、図11に示した第4の実施の形態に係るカメラモジュール1Dの詳細構成について説明する。

【0088】

図13は、図11のBに示したカメラモジュール1Dの断面図である。

【0089】

カメラモジュール1Dは、複数のレンズ付き基板41a乃至41eが積層された積層レンズ構造体11と、受光素子12を含んで構成される。積層レンズ構造体11は、複数個の光学ユニット13を備える。1点鎖線84は、それぞれの光学ユニット13の光軸を表す。受光素子12は、積層レンズ構造体11の下側に配置されている。カメラモジュール1Dにおいて、上方からカメラモジュール1D内へと入射した光は、積層レンズ構造体11を透過し、積層レンズ構造体11の下側に配置された受光素子12で受光される。

【0090】

積層レンズ構造体11は、積層された5枚のレンズ付き基板41a乃至41eを備える。5枚のレンズ付き基板41a乃至41eを特に区別しない場合には、単に、レンズ付き基板41と記述して説明する。

【0091】

積層レンズ構造体11を構成する各レンズ付き基板41の貫通孔83の断面形状は、下側(受光素子12を配置する側)に向かって開口幅が小さくなる、いわゆる下すぼみの形状となっている

【0092】

積層レンズ構造体11の上には、絞り板51が配置されている。絞り板51は、例えば、光吸収性もしくは遮光性を有する材料で形成された層を備える。絞り板51には、開口部52が設けられている。

【0093】

受光素子12は、例えば、表面照射型または裏面照射型のCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)イメージセンサで構成される。受光素子12の積層レンズ構造体11側となる上側の面には、オンチップレンズ71が形成されており、受光素子12の下側の面には、信号を入出力する外部端子72が形成されている。

【0094】

積層レンズ構造体11、受光素子12、絞り板51などは、レンズバレル74に収納されている。

【0095】

受光素子12の上側には、構造材73が配置されている。その構造材73を介して、積層レンズ構造体11と受光素子12とが固定されている。構造材73は、例えばエポキシ系の樹脂である。

【0096】

本実施の形態では、積層レンズ構造体11は、積層された5枚のレンズ付き基板41a乃至41eを備えるが、レンズ付き基板41の積層枚数は2枚以上であれば特に限定されない。

【0097】

積層レンズ構造体11を構成するそれぞれのレンズ付き基板41は、担体基板81にレンズ樹脂部82が追加された構成である。担体基板81は貫通孔83を有し、貫通孔83の内側に、レンズ樹脂部82が形成されている。レンズ樹脂部82は、上述したレンズ21を含み、担体基板81まで延在してレンズ21を担持する部位も併せて、レンズ21を構成する材料によって一体となった部分を表す。

10

20

30

40

50

【0098】

なお、レンズ付き基板41a乃至41eそれぞれの担体基板81、レンズ樹脂部82、または、貫通孔83を区別する場合には、図13に示されるように、レンズ付き基板41a乃至41eに対応して、担体基板81a乃至81e、レンズ樹脂部82a乃至82e、または、貫通孔83a乃至83eのように記述して説明する。

【0099】

<レンズ樹脂部の詳細説明>

次に、レンズ付き基板41aのレンズ樹脂部82aを例に、レンズ樹脂部82の形状について説明する。

【0100】

図14は、レンズ付き基板41aを構成する担体基板81aとレンズ樹脂部82aの平面図と断面図である。

【0101】

図14に示される担体基板81aとレンズ樹脂部82aの断面図は、平面図に示されているB-B'線とC-C'線の断面図である。

【0102】

レンズ樹脂部82aは、レンズ21を構成する材料によって一体となって形成した部位であり、レンズ部91と担持部92を備える。上述した説明において、レンズ21とは、レンズ部91またはレンズ樹脂部82a全体に相当する。

【0103】

レンズ部91は、レンズとしての性能を有する部位、言い換えれば、「光を屈折させて集束もしくは発散させる部位」、あるいは、「凸面や凹面や非球面などの曲面を備えた部位、もしくはフレネルレンズや回折格子を利用したレンズで用いる複数個の多角形を連続して配置した部位」である。

【0104】

担持部92は、レンズ部91から担体基板81aまで延在してレンズ部91を担持する部位である。担持部92は、腕部101と脚部102で構成され、レンズ部91の外周に位置する。

【0105】

腕部101は、レンズ部91の外側に、レンズ部91に接して配置し、レンズ部91から外側方向へ一定の膜厚で延在する部位である。脚部102は、担持部92のなかで腕部101以外の部分で、かつ貫通孔83aの側壁に接する部分を含む部位である。脚部102は、腕部101よりも樹脂の膜厚が厚いことが好ましい。

【0106】

担体基板81aに形成された貫通孔83aの平面形状は円形であり、その断面形状は当然直径の方向によらず同じである。レンズ形成時に上型と下型の形によって決まる形状であるレンズ樹脂部82aの形状も、その断面形状が直径の方向によらず同じとなるように形成されている。

【0107】

図15は、図13のカメラモジュール1Dの一部である積層レンズ構造体11と絞り板51を示す断面図である。

【0108】

カメラモジュール1Dでは、モジュールに入射される光が絞り板51で絞られた後、積層レンズ構造体11の内部で広げられて、積層レンズ構造体11の下方に配置された受光素子12(図15では不図示)へと入射される。すなわち、積層レンズ構造体11全体について概観すると、モジュールに入射された光は、絞り板51の開口部52から下側に向かって、ほぼ未広がりに広がって進行する。このため、積層レンズ構造体11に備わるレンズ樹脂部82の大きさの一例として、図15の積層レンズ構造体11においては、絞り板51の直下に配置されたレンズ付き基板41aに備わるレンズ樹脂部82aが最も小さく、積層レンズ構造体11の最下層に配置されたレンズ付き基板41eに備わるレンズ樹

10

20

30

40

50

脂部 8 2 e が最も大きくなっている。

【0109】

仮にレンズ付き基板 4 1 のレンズ樹脂部 8 2 の厚さを一定にした場合、大きさが小さなレンズよりも大きなレンズを作る方が難しい。それは例えば、レンズを製造する際にレンズに加わる荷重によってレンズが変形しやすい、大きさが大きいゆえに強度を保つのが難しい、との理由による。このため、大きさが大きなレンズは、大きさが小さなレンズよりも、厚さを厚くすることが好ましい。このため、図 1 5 の積層レンズ構造体 1 1 においては、レンズ樹脂部 8 2 の厚さは、最下層に配置したレンズ付き基板 4 1 e に備わるレンズ樹脂部 8 2 e が最も厚くなっている。

【0110】

10

図 1 5 の積層レンズ構造体 1 1 は、レンズ設計の自由度を高めるために、さらに以下の特徴の少なくとも一つを備える。

(1) 担体基板 8 1 の厚さが、積層レンズ構造体 1 1 を構成する少なくとも複数枚のレンズ付き基板 4 1 の間で異なる。例えば、担体基板 8 1 の厚さが、下層のレンズ付き基板 4 1 の方が厚い。

(2) レンズ付き基板 4 1 に備わる貫通孔 8 3 の開口幅が、積層レンズ構造体 1 1 を構成する少なくとも複数枚のレンズ付き基板 4 1 の間で異なる。例えば、貫通孔 8 3 の開口幅が、下層のレンズ付き基板 4 1 の方が大きい。

(3) レンズ付き基板 4 1 に備わるレンズ部 9 1 の直径が、積層レンズ構造体 1 1 を構成する少なくとも複数枚のレンズ付き基板 4 1 の間で異なる。例えば、レンズ部 9 1 の直径が、下層のレンズ付き基板 4 1 のレンズ部 9 1 の方が大きい。

20

(4) レンズ付き基板 4 1 に備わるレンズ部 9 1 の厚さが、積層レンズ構造体 1 1 を構成する少なくとも複数枚のレンズ付き基板 4 1 の間で異なる。例えば、レンズ部 9 1 の厚さが、下層のレンズ付き基板 4 1 のレンズ部 9 1 の方が厚い。

(5) レンズ付き基板 4 1 に備わるレンズ間の距離が、積層レンズ構造体 1 1 を構成する少なくとも複数枚のレンズ付き基板 4 1 の間で異なる。

(6) レンズ付き基板 4 1 に備わるレンズ樹脂部 8 2 の体積が、積層レンズ構造体 1 1 を構成する少なくとも複数枚のレンズ付き基板 4 1 の間で、異なる。例えば、レンズ樹脂部 8 2 の体積が、下層のレンズ付き基板 4 1 のレンズ樹脂部 8 2 の方が大きい。

(7) レンズ付き基板 4 1 に備わるレンズ樹脂部 8 2 の材料が、積層レンズ構造体 1 1 を構成する少なくとも複数枚のレンズ付き基板 4 1 の間で異なる。

30

【0111】

一般的に、カメラモジュールに入射される入射光は、垂直入射光と射入射光とを併せて含んでいる。射入射光の多くは絞り板 5 1 に当たり、そこで吸収もしくはカメラモジュール 1 D の外側へ反射される。絞り板 5 1 によって絞りきれなかった射入射光は、その入射角度によっては貫通孔 8 3 の側壁に当たってしまい、そこで反射される可能性がある。

【0112】

射入射光の反射光が進行する方向は、図 1 3 において示される、射入射光 8 5 の入射角度と、貫通孔 8 3 の側壁の角度とによって決まる。貫通孔 8 3 の開口幅が、入射側から受光素子 1 2 側へ向かって大きくなる、いわゆる、末広がりの形状の場合、絞り板 5 1 によって絞りきれなかった特定の入射角度の射入射光 8 5 が、貫通孔 8 3 の側壁に当たってしまった際には、それが受光素子 1 2 方向へと反射されてしまい、これが迷光あるいはノイズ光となる可能性がある。

40

【0113】

しかしながら、図 1 3 に示した積層レンズ構造体 1 1 においては、図 1 5 に示されるように、貫通孔 8 3 は、下側(受光素子 1 2 を配置する側)に向かって開口幅が小さくなる、いわゆる下すぼみの形状となっている。この形状の場合、貫通孔 8 3 の側壁に当たった射入射光 8 5 は、下側方向いわゆる受光素子 1 2 の方向ではなく、上側方向、いわゆる入射側方向へと反射される。これにより、迷光あるいはノイズ光の発生を抑えるという作用または効果が得られる。

50

【0114】

レンズ付き基板41の貫通孔83は、その側壁に当たって反射される光を低減するために、光吸収性の材料を側壁に配置するとなお良い。

【0115】

一例として、カメラモジュール1Dをカメラとして使用する際に受光したい波長の光（例えば可視光）を、第1の光とし、その第1の光とは波長が異なる光（例えばUV光）を、第2の光とした場合、第2の光（UV光）によって硬化する樹脂に、第1の光（可視光）の吸収材料としてカーボン粒子を分散させたものを、担体基板81の表面に塗布または噴射し、貫通孔83の側壁部の樹脂のみに第2の光（UV光）を照射して硬化させ、これ以外の領域の樹脂を除去することで、貫通孔83の側壁に、第1の光（可視光）に対する光吸収性を有する材料の層を形成して良い。10

【0116】

図15に示した積層レンズ構造体11は、積層した複数枚のレンズ付き基板41の一番上に、絞り板51を配置した構造の例である。絞り板51は、積層した複数枚のレンズ付き基板41の一番上ではなく、中間のレンズ付き基板41のどこかに挿入して配置しても良い。

【0117】

さらに別の例として、板状の絞り板51をレンズ付き基板41と別に備えるのではなく、レンズ付き基板41の表面に、光吸収性を有する材料の層を形成して、これを絞りとして機能させても良い。例えば、上記第2の光（UV光）によって硬化する樹脂に、上記第1の光（可視光）の吸収材料としてカーボン粒子を分散させたものを、レンズ付き基板41の表面に塗布または噴射し、絞りとして機能させる際に光を透過させたい領域を除いて、それ以外の領域の樹脂へ第2の光（UV光）を照射して、上記樹脂を硬化させて残し、硬化させなかった領域、すなわち絞りとして機能させる際に光を透過させたい領域、の樹脂を除去することで、レンズ付き基板41の表面に絞りを形成しても良い。20

【0118】

なお、上記表面に絞りを形成するレンズ付き基板41は、積層レンズ構造体11の最上層に配置されたレンズ付き基板41であって良いし、あるいは、積層レンズ構造体11の内層となるレンズ付き基板41であっても良い。

【0119】

図15に示した積層レンズ構造体11は、レンズ付き基板41を積層した構造を備える。30

【0120】

別の実施形態として、積層レンズ構造体11は、レンズ付き基板41を複数枚と、レンズ樹脂部82を備えない担体基板81を少なくも1枚、併せて備えた構造であっても良い。この構造において、レンズ樹脂部82を備えない担体基板81は、積層レンズ構造体11の最下層もしくは最上層に配置しても良いし、積層レンズ構造体11における内側の層として配置しても良い。この構造は、例えば、積層レンズ構造体11が備える複数枚のレンズ間の距離や、積層レンズ構造体11の最下層のレンズ樹脂部82と積層レンズ構造体11の下側に配置される受光素子12との距離を、任意に設定し得る、と言う作用または効果をもたらす。40

【0121】

あるいはまた、この構造は、レンズ樹脂部82を備えない担体基板81の開口幅を適切に設定し、かつ、開口部を除いた領域に光吸収性を有する材料を配置することによって、これを絞り板として機能させ得る、と言う作用または効果をもたらす。

【0122】

<7. カメラモジュールの第6の実施の形態>

図16は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第6の実施の形態を示す図である。

【0123】

図16において、図13に示した第4の実施の形態と対応する部分については同一の符号を付してあり、図13のカメラモジュール1Dと異なる部分に注目して説明する。

【0124】

図16に示されるカメラモジュール1Fにおいても、図13に示したカメラモジュール1Dと同様に、入射した光が、絞り板51で絞られた後、積層レンズ構造体11の内部で広がり、積層レンズ構造体11の下方に配置された受光素子12へと入射される。すなわち、積層レンズ構造体11全体について概観すると、光は、絞り板51の開口部52から下側に向かって、末広がりに広がって進行する。

【0125】

図16のカメラモジュール1Fは、積層レンズ構造体11を構成する各レンズ付き基板41の貫通孔83の断面形状が、下側(受光素子12を配置する側)に向かって開口幅が大きくなる、いわゆる末広がりの形状となっている点が、図13に示したカメラモジュール1Dと異なる。

【0126】

カメラモジュール1Fの積層レンズ構造体11は、入射した光が、絞り板51の開口部52から下側に向かって末広がりに広がって進行する構造であるため、貫通孔83の開口幅が下側向かって大きくなる末広がり形状は、貫通孔83の開口幅が下側に向かって小さくなる下すぼみ形状よりも、例えば、担体基板81が光路の邪魔になりにくい。これにより、レンズ設計の自由度が高いという作用をもたらす。

【0127】

また、担持部92を含めたレンズ樹脂部82の基板平面方向の断面積は、貫通孔83の開口幅が下側に向かって小さくなる下すぼみ形状の場合、レンズ樹脂部82の下面においては、レンズ21に入射した光線を透過させるために特定の大きさとなり、かつ、レンズ樹脂部82の下面から上面に向かって、その断面積が大きくなって行く。

【0128】

これに対して、貫通孔83の開口幅が下側向かって大きくなる末広がり形状の場合、レンズ樹脂部82の下面における断面積は、下すぼみ形状の場合と概ね同じとなるが、レンズ樹脂部82の下面から上面に向かって、その断面積が小さくなって行く。

【0129】

これにより、貫通孔83の開口幅が下側に向かって大きくなる構造は、担持部92を含めたレンズ樹脂部82の大きさを、小さく抑えることができるという作用または効果をもたらす。また、これにより、先に述べたレンズが大きい場合に生じるレンズ形成の難しさを、低減できるという作用または効果をもたらす。

【0130】

<8. カメラモジュールの第7の実施の形態>

図17は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第7の実施の形態を示す図である。

【0131】

図17においても、図13と対応する部分については同一の符号を付してあり、図13に示したカメラモジュール1Dと異なる部分に注目して説明する。

【0132】

図17のカメラモジュール1Gは、やはり、積層レンズ構造体11を構成する各レンズ付き基板41のレンズ樹脂部82と貫通孔83の形状が、図13に示したカメラモジュール1Dと異なる。

【0133】

カメラモジュール1Gの積層レンズ構造体11は、貫通孔83の形状が、下側(受光素子12を配置する側)に向かって開口幅が小さくなる、いわゆる下すぼみの形状となったレンズ付き基板41と、貫通孔83の形状が、下側に向かって開口幅が大きくなる、いわゆる末広がりの形状となったレンズ付き基板41との双方を備える。

【0134】

10

20

30

40

50

貫通孔 8 3 が、下側に向かって開口幅が小さくなる、いわゆる下すぼみの形状となつたレンズ付き基板 4 1 は、先に述べたように、貫通孔 8 3 の側壁に当たつた射入射光 8 5 が、上側方向いわゆる入射側方向へと反射され、これにより迷光あるいはノイズ光の発生を抑える、という作用または効果をもたらす。

【 0 1 3 5 】

そこで、図 1 7 の積層レンズ構造体 1 1 においては、積層レンズ構造体 1 1 を構成する複数枚のレンズ付き基板 4 1 のうち、特に上側（入射側）の複数枚において、貫通孔 8 3 が、下側に向かって開口幅が小さくなる、いわゆる下すぼみの形状となつたレンズ付き基板 4 1 が用いられている。

【 0 1 3 6 】

貫通孔 8 3 が、下側に向かって開口幅が大きくなる、いわゆる末広がりの形状となつたレンズ付き基板 4 1 は、先に述べたように、レンズ付き基板 4 1 に備わる担体基板 8 1 が光路の邪魔となりにくく、これによって、レンズ設計の自由度が増す、あるいは、レンズ付き基板 4 1 に備わる担持部 9 2 を含めたレンズ樹脂部 8 2 の大きさを小さく抑える、という作用または効果をもたらす。

【 0 1 3 7 】

図 1 7 の積層レンズ構造体 1 1 においては、光は絞りから下側に向かって、末広がりに広がって進行するため、積層レンズ構造体 1 1 を構成する複数枚のレンズ付き基板 4 1 のうち、下側に配置した何枚かのレンズ付き基板 4 1 に備わるレンズ樹脂部 8 2 の大きさが大きい。このような大きいレンズ樹脂部 8 2 において、末広がりの形状の貫通孔 8 3 を用いると、レンズ樹脂部 8 2 の大きさを抑制する作用が大きく現れる。

【 0 1 3 8 】

そこで、図 1 7 の積層レンズ構造体 1 1 においては、積層レンズ構造体 1 1 を構成する複数枚のレンズ付き基板 4 1 のうち、特に下側の複数枚において、貫通孔 8 3 が、下側に向かって開口幅が大きくなる、いわゆる末広がりの形状となつたレンズ付き基板 4 1 を用いている。

【 0 1 3 9 】

< 9 . レンズ付き基板の詳細構成 >

次に、レンズ付き基板 4 1 の詳細構成について説明する。

【 0 1 4 0 】

図 1 8 は、レンズ付き基板 4 1 の詳細構成を示す断面図である。

【 0 1 4 1 】

なお、図 1 8 では、5 枚のレンズ付き基板 4 1 a 乃至 4 1 e のうちの、最上層のレンズ付き基板 4 1 a が図示されているが、その他のレンズ付き基板 4 1 も同様に構成されている。

【 0 1 4 2 】

レンズ付き基板 4 1 の構成としては、図 1 8 の A 乃至 C のいずれかの構成をとることができる。

【 0 1 4 3 】

図 1 8 の A に示されるレンズ付き基板 4 1 には、担体基板 8 1 に設けられた貫通孔 8 3 に対して、上面からみて貫通孔 8 3 を塞ぐようにレンズ樹脂部 8 2 が形成されている。レンズ樹脂部 8 2 は、図 1 4 を参照して説明したように、中央部のレンズ部 9 1（不図示）と、その周辺部の担持部 9 2（不図示）で構成される。

【 0 1 4 4 】

レンズ付き基板 4 1 の貫通孔 8 3 となる側壁には、光反射を起因とするゴーストやフレアを防止するために光吸収性もしくは遮光性を有する膜 1 2 1 が成膜されている。これらの膜 1 2 1 を便宜的に遮光膜 1 2 1 と呼ぶ。

【 0 1 4 5 】

担体基板 8 1 とレンズ樹脂部 8 2 の上側表面には、酸化物もしくは窒化物あるいは他の絶縁物を含む上側表面層 1 2 2 が形成されており、担体基板 8 1 とレンズ樹脂部 8

10

20

30

40

50

2の下側表面には、酸化物もしくは窒化物あるいはその他の絶縁物を含む下側表面層123が形成されている。

【0146】

上側表面層122は、一例として、低屈折膜と高屈折膜を交互に複数層積層した反射防止膜を構成している。反射防止膜は、例えば、低屈折膜と高屈折膜を交互に合計4層積層して構成することができる。低屈折膜は、例えば、SiO_x(1×2)、SiOC、SiOFなどの酸化膜、高屈折膜は、例えば、TiO、TaO、Nb2O5などの金属酸化膜で構成される。

【0147】

なお、上側表面層122の構成は、例えば、光学シミュレーションを用いて所望の反射防止性能が得られるように設計されていればよく、低屈折膜及び高屈折膜の材料、膜厚、積層数などは特に限定されない。本実施の形態では、上側表面層122の最表面は、低屈折膜となっており、その膜厚は、例えば20乃至1000nm、密度は、例えば2.2乃至2.5g/cm³、平坦度が、例えば1nm以下程度の二乗平均粗さRq(RMS)となっている。また、詳細は後述するが、この上側表面層122は、他のレンズ付き基板41と接合される際の接合膜にもなっている。

【0148】

上側表面層122は、一例として、低屈折膜と高屈折膜を交互に複数層積層した反射防止膜であって良く、そのなかでも無機物の反射防止膜であって良い。上側表面層122は、別の例として、酸化物もしくは窒化物あるいはその他の絶縁物を含む单層膜であっても良く、そのなかでも無機物の膜であっても良い。

【0149】

下側表面層123も、一例として、低屈折膜と高屈折膜を交互に複数層積層した反射防止膜であって良く、そのなかでも無機物の反射防止膜であって良い。下側表面層123は、別の例として、酸化物もしくは窒化物あるいはその他の絶縁物を含む单層膜であっても良く、そのなかでも無機物の膜であっても良い。

【0150】

図18のB及びCのレンズ付き基板41については、図18のAに示したレンズ付き基板41と異なる部分についてのみ説明する。

【0151】

図18のBに示されるレンズ付き基板41においては、担体基板81とレンズ樹脂部82の下側表面に形成されている膜が、図18のAに示したレンズ付き基板41と異なる。

【0152】

図18のBのレンズ付き基板41では、担体基板81の下側表面には、酸化物もしくは窒化物あるいはその他の絶縁物を含む下側表面層124が形成されている一方、レンズ樹脂部82の下側表面には、下側表面層124が形成されていない。下側表面層124は、上側表面層122と同一材料でもよいし、異なる材料でもよい。

【0153】

このような構造は、例えば、レンズ樹脂部82を形成する前に、担体基板81の下側表面に下側表面層124を形成しておき、その後、レンズ樹脂部82を形成する製法により、形成し得る。あるいは、レンズ樹脂部82を形成した後に、レンズ樹脂部82にマスクを形成し、担体基板81上にはマスクを形成しない状態で、下側表面層124を構成する膜を、例えばPVDにより、担体基板81の下側表面に堆積させることで、形成し得る。

【0154】

図18のCのレンズ付き基板41においては、担体基板81の上側表面に、酸化物もしくは窒化物あるいはその他の絶縁物を含む上側表面層125が形成されている一方、レンズ樹脂部82の上側表面には、上側表面層125が形成されていない。

【0155】

同様に、レンズ付き基板41の下側表面においても、担体基板81の下側表面に、酸化物もしくは窒化物あるいはその他の絶縁物を含む下側表面層124が形成されている一方、レンズ樹脂部82の下側表面には、下側表面層124が形成されていない。

10

20

30

40

50

【0156】

このような構造は、例えば、レンズ樹脂部82が形成される前に、担体基板81に上側表面層125と下側表面層124を形成しておき、その後、レンズ樹脂部82を形成する製法により、形成し得る。あるいは、レンズ樹脂部82を形成した後に、レンズ樹脂部82にマスクを形成し、担体基板81上にはマスクを形成しない状態で、上側表面層125および下側表面層124を構成する膜を、例えばPVDにより、担体基板81の表面に堆積させることで、形成し得る。下側表面層124と上側表面層125は、同一材料でもよいし、異なる材料でもよい。

【0157】

レンズ付き基板41は、以上のように構成することができる。

10

【0158】

<10.レンズ付き基板の製造方法>

次に、図19乃至図29を参照して、レンズ付き基板41の製造方法を説明する。

【0159】

初めに、複数の貫通孔83が形成された基板状態の担体基板81Wが用意される。担体基板81Wは、例えば、通常の半導体装置に用いる、シリコンの基板を用いることができる。担体基板81Wの形状は、例えば図19のAに示されるような円形で、その直径は、例えば200mmや300mmなどとされる。担体基板81Wは、シリコンの基板ではなく、例えば、ガラスの基板、樹脂の基板、あるいは金属の基板であっても良い。

【0160】

20

また、貫通孔83の平面形状は、本実施の形態では、図19のAに示されるように円形であるとするが、図19のBに示されるように、貫通孔83の平面形状は、例えば四角形などの多角形であっても良い。

【0161】

貫通孔83の開口幅は、例えば、100μm程度から20mm程度まで採り得る。この場合、担体基板81Wには、例えば100個程度から500万個程度まで配置し得る。

【0162】

本明細書においては、レンズ付き基板41の平面方向における貫通孔83の大きさを、開口幅と呼ぶ。開口幅は、特に断り書きが無い限り、貫通孔83の平面形状が四角形である場合は一辺の長さ、貫通孔83の平面形状が円形である場合は直径を意味する。

30

【0163】

貫通孔83は、図20に示されるように、担体基板81Wの第1の表面における第1の開口幅131よりも、第1の表面と対向する第2の表面における第2の開口幅132の方が、小さくなっている。

【0164】

第1の開口幅131よりも第2の開口幅132の方が小さい貫通孔83の3次元形状の例として、貫通孔83は、図20のAに示される円錐台の形状であって良いし、多角形の角錐台の形状であっても良い。貫通孔83の側壁の断面形状は、図20のAに示されるような直線であって良いし、図20のBに示されるような曲線であってもよい。あるいはまた、図20のCに示されるように、段差があっても良い。

40

【0165】

第1の開口幅131よりも第2の開口幅132の方が小さい形状である貫通孔83は、貫通孔83内に樹脂を供給し、この樹脂を、第1と第2の表面のそれぞれから対向する方向へ型部材で押すことでレンズ樹脂部82を形成する際に、レンズ樹脂部82となる樹脂が、対向する2つの型部材からの力を受けて、貫通孔83の側壁に押し付けられる。これにより、レンズ樹脂部82となる樹脂と担体基板との密着強度が高くなるという作用をもたらし得る。

【0166】

なお、貫通孔83の他の実施の形態として、第1の開口幅131と第2の開口幅132が等しい形状、すなわち貫通孔83の側壁の断面形状が垂直となる形状であっても良い。

50

【0167】

<ウェットエッティングを用いた貫通孔の形成方法>

担体基板81Wの貫通孔83は、担体基板81Wをウェットエッティングにより、エッティングすることによって形成することができる。具体的には、担体基板81Wをエッティングする前に、担体基板81Wの非開口領域がエッティングされることを防ぐためのエッティングマスクが、担体基板81Wの表面に形成される。エッティングマスクの材料には、例えばシリコン酸化膜あるいはシリコン窒化膜などの絶縁膜が用いられる。エッティングマスクは、エッティングマスク材料の層を担体基板81Wの表面に形成し、この層に貫通孔83の平面形状となるパターンを開口することで、形成される。エッティングマスクが形成された後、担体基板81Wをエッティングすることにより、担体基板81Wに貫通孔83が形成される。

10

【0168】

担体基板81Wとして、例えば、基板表面方位が(100)の単結晶シリコンを使用する場合、貫通孔83を形成するためには、KOHなどのアルカリ性の溶液を用いた結晶異方性ウェットエッティングを採用することができる。

【0169】

基板表面方位が(100)の単結晶シリコンである担体基板81Wに、KOHなどのアルカリ性の溶液を用いた結晶異方性ウェットエッティングを行うと、開口側壁に(111)面が現れるようエッティングが進行する。その結果、エッティングマスクの開口部の平面形状が円形もしくは四角形のどちらであっても、平面形状が四角形であって、貫通孔83の開口幅は第1の開口幅131よりも第2の開口幅132の方が小さく、貫通孔83の3次元形状が角錐台もしくはこれに類似の形状となる貫通孔83が得られる。角錐台となる貫通孔83の側壁の角度は、基板平面に対して、約55°の角度となる。

20

【0170】

貫通孔形成のためのエッティングは、別の実施の例として、国際公開第2011/010739号などに開示された、結晶方位の制約を受けずに任意の形状にシリコンをエッティング可能な薬液を用いたウェットエッティングによって行っても良い。この薬液としては、例えば、TMAH(水酸化テトラメチルアンモニウム)水溶液に、界面活性剤であるポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテル、ポリオキシアルキレンアルキルエーテル、ポリエチレングリコールの少なくとも1つを加えた薬液、もしくは、KOH水溶液にイソプロピルアルコールを加えた薬液、などを採用することができる。

30

【0171】

基板表面方位が(100)の単結晶シリコンである担体基板81Wに、上述したいずれかの薬液を用いて貫通孔83形成のためのエッティングを行うと、エッティングマスクの開口部の平面形状が円形である場合は、平面形状が円形であって、第1の開口幅131よりも第2の開口幅132の方が小さく、3次元形状が円錐台もしくはこれに類似の形状、となる貫通孔83が得られる。

【0172】

エッティングマスクの開口部の平面形状が四角形である場合には、平面形状が四角形であって、開口幅は第1の開口幅131よりも第2の開口幅132の方が小さく、3次元形状が角錐台もしくはこれに類似の形状、となる貫通孔83が得られる。上記円錐台もしくは角錐台となる貫通孔83の側壁の角度は、基板平面に対して、約45°の角度となる。

40

【0173】

<ドライエッティングを用いた貫通孔の形成方法>

また、貫通孔83形成のエッティングには、上述したウェットエッティングではなく、ドライエッティングを用いることも可能である。

【0174】

図21を参照して、ドライエッティングを用いた貫通孔83の形成方法について説明する。

【0175】

図21のAに示されるように、担体基板81Wの一方の表面に、エッティングマスク141

50

が形成される。エッティングマスク 141 は、貫通孔 83 を形成する部分が開口されたマスクパターンとなっている。

【0176】

次に、図 21 の B に示されるように、エッティングマスク 141 の側壁を保護するための保護膜 142 が形成された後、図 21 の C に示されるように、ドライエッティングにより担体基板 81W が所定の深さでエッティングされる。ドライエッティング工程により、担体基板 81W 表面とエッティングマスク 141 表面の保護膜 142 は除去されるが、エッティングマスク 141 側面の保護膜 142 は残存し、エッティングマスク 141 の側壁は保護される。エッティング後、図 21 の D に示されるように、側壁の保護膜 142 が除去され、エッティングマスク 141 が、開口パターンのパターンサイズを大きくする方向に後退される。

10

【0177】

そして、再び、図 21 の B 乃至 D の保護膜形成工程、ドライエッティング工程、エッティングマスク後退工程が、複数回繰り返し行われる。これにより、図 21 の E に示されるように、担体基板 81W は、周期性のある段差を持つ階段形状（凹凸形状）となるようにエッティングされる。

【0178】

最後に、エッティングマスク 141 が除去されると、図 21 の F に示されるように、階段形状の側壁をもつ貫通孔 83 が、担体基板 81W に形成される。貫通孔 83 の階段形状の平面方向の幅（1段の幅）は、例えば、400nm 乃至 1μm 程度とされる。

【0179】

以上のようにドライエッティングを用いて貫通孔 83 を形成する場合には、保護膜形成工程、ドライエッティング工程、エッティングマスク後退工程が繰り返し実行される。

20

【0180】

貫通孔 83 の側壁が周期性のある階段形状（凹凸形状）であることにより、入射光の反射を抑制することができる。また、仮に、貫通孔 83 の側壁がランダムな大きさの凹凸形状である場合には、貫通孔 83 内に形成されるレンズと側壁との間の密着層にボイド（空隙）が発生し、そのボイドが原因でレンズとの密着性が低下する場合がある。しかしながら、上述した形成方法によれば、貫通孔 83 の側壁は周期性のある凹凸形状となるので、密着性が向上し、レンズ位置ずれによる光学特性の変化を抑制することができる。

【0181】

30

各工程で使用される材料の一例としては、例えば、担体基板 81W は単結晶シリコン、エッティングマスク 141 はフォトレジスト、保護膜 142 は、C4F8 や CHF3 などのガスプラズマを用いて形成するフロカーボンポリマー、エッティング処理は、SF6/O2、C4F8/SF6 など F を含むガスを用いたプラズマエッティング、マスク後退工程は、O2ガス、CF4/O2 など O2 を含むプラズマエッティングとすることができます。

【0182】

あるいはまた、担体基板 81W は単結晶シリコン、エッティングマスク 141 は SiO2、エッティングは、Cl2 を含むプラズマ、保護膜 142 は、O2 プラズマを用いてエッティング対象材を酸化させた酸化膜、エッティング処理は、Cl2 を含むガスを用いたプラズマエッティングマスク後退工程は、CF4/O2 など F を含むガスを用いたプラズマエッティングとすることができます。

40

【0183】

以上のように、ウェットエッティング、または、ドライエッティングにより、担体基板 81W に、複数の貫通孔 83 を同時形成することができるが、担体基板 81W には、図 22 の A に示されるように、貫通孔 83 を形成していない領域に貫通溝 151 を形成しても良い。

【0184】

図 22 の A は、貫通孔 83 に加えて貫通溝 151 を形成した担体基板 81W の平面図である。

【0185】

貫通溝 151 は、例えば、図 22 の A に示されるように、行列状に配置された複数個の

50

貫通孔 8 3 を避けて、行方向と列方向のそれぞれの貫通孔 8 3 の間の一部にだけ配置される。

【 0 1 8 6 】

また、担体基板 8 1 W の貫通溝 1 5 1 は、積層レンズ構造体 1 1 を構成する各レンズ付き基板 4 1 どうしで、同一の位置に配置することができる。この場合には、積層レンズ構造体 1 1 として複数枚の担体基板 8 1 W が積層された状態では、図 2 2 の B の断面図のよう 10 に、複数枚の担体基板 8 1 W の貫通溝 1 5 1 が、複数枚の担体基板 8 1 W の間で貫通した構造となる。

【 0 1 8 7 】

レンズ付き基板 4 1 の一部としての担体基板 8 1 W の貫通溝 1 5 1 は、例えば、レンズ付き基板 4 1 を変形させる応力がレンズ付き基板 4 1 の外部から働く場合に、応力による 10 レンズ付き基板 4 1 の変形を緩和する作用または効果をもたらし得る。

【 0 1 8 8 】

あるいは、貫通溝 1 5 1 は、例えば、レンズ付き基板 4 1 を変形させる応力がレンズ付き基板 4 1 の内部から発生する場合に、応力によるレンズ付き基板 4 1 の変形を緩和する作用または効果をもたらし得る。

【 0 1 8 9 】

<レンズ付き基板の製造方法>

次に、図 2 3 を参照して、基板状態のレンズ付き基板 4 1 W の製造方法について説明する。

20

【 0 1 9 0 】

初めに、図 2 3 の A に示されるように、貫通孔 8 3 が複数形成された担体基板 8 1 W が用意される。貫通孔 8 3 の側壁には遮光膜 1 2 1 が成膜されている。図 2 3 では、紙面の制約上、2 個の貫通孔 8 3 のみが示されているが、実際には、図 1 9 で示したように、担体基板 8 1 W の平面方向に、多数の貫通孔 8 3 が形成されている。また、担体基板 8 1 W の外周に近い領域には、位置合わせのためのアライメントマーク (不図示) が形成されている。

【 0 1 9 1 】

担体基板 8 1 W 上側の表側平坦部 1 7 1 と、下側の裏側平坦部 1 7 2 は、後の工程で行われるプラズマ接合が可能な程度に平坦に形成された平坦面となっている。担体基板 8 1 W の厚みは、最終的にレンズ付き基板 4 1 として個片化され、他のレンズ付き基板 4 1 と重ねられた際に、レンズ間距離を決定するスペーサとしての役割も担っている。

30

【 0 1 9 2 】

担体基板 8 1 W には、熱膨張係数が 1 0 ppm / 以下 の低熱膨張係数の基材を用いるのが好ましい。

【 0 1 9 3 】

次に、図 2 3 の B に示されるように、凹形状の光学転写面 1 8 2 が一定の間隔で複数配置された下型 1 8 1 の上に、担体基板 8 1 W が配置される。より詳しくは、凹形状の光学転写面 1 8 2 が担体基板 8 1 W の貫通孔 8 3 の内側に位置するように、担体基板 8 1 W の裏側平坦部 1 7 2 と下型 1 8 1 の平坦面 1 8 3 とが重ね合わされる。下型 1 8 1 の光学転写面 1 8 2 は、担体基板 8 1 W の貫通孔 8 3 と 1 対 1 に対応するように形成されており、対応する光学転写面 1 8 2 と貫通孔 8 3 の中心が光軸方向で一致するように、担体基板 8 1 W と下型 1 8 1 の平面方向の位置が調整される。下型 1 8 1 は、硬質の型部材で形成されており、例えば、金属やシリコン、石英、ガラスで構成される。

40

【 0 1 9 4 】

次に、図 2 3 の C に示されるように、重ね合わされた下型 1 8 1 と担体基板 8 1 W の貫通孔 8 3 の内側に、エネルギー硬化性樹脂 1 9 1 が充填 (滴下) される。レンズ樹脂部 8 2 は、このエネルギー硬化性樹脂 1 9 1 を用いて形成される。そのため、エネルギー硬化性樹脂 1 9 1 は、気泡を含まないようにあらかじめ脱泡処理されていることが好ましい。脱泡処理としては、真空脱泡処理、または、遠心力による脱泡処理であることが好ましい。

50

また、真空脱泡処理は充填後に行うことが好ましい。脱泡処理を行うことにより、気泡を抱き込むことなく、レンズ樹脂部82の成形が可能となる。

【0195】

次に、図23のDに示されるように、重ね合わされた下型181と担体基板81Wの上に、上型201が配置される。上型201には、凹形状の光学転写面202が一定の間隔で複数配置されており、下型181を配置したときと同様に、貫通孔83の中心と光学転写面202の中心が光軸方向で一致するように、精度良く位置決めされた上で、上型201が配置される。

【0196】

紙面上の縦方向となる高さ方向については、上型201と下型181との間隔を制御する制御装置により、上型201と下型181との間隔が予め定めた距離となるように、上型201の位置が固定される。このとき、上型201の光学転写面202と下型181の光学転写面182とで挟まれる空間は、光学設計によって計算されたレンズ樹脂部82（レンズ21）の厚みと等しくなる。

【0197】

あるいはまた、図23のEに示されるように、下型181を配置したときと同様に、上型201の平坦面203と、担体基板81Wの表側平坦部171とを、重ね合わせても良い。この場合、上型201と下型181との距離は、担体基板81Wの厚みと同値となり、平面方向及び高さ方向の高精度な位置合わせが可能となる。

【0198】

上型201と下型181との間隔が予め設定した距離となるように制御したとき、上述した図23のCの工程において、担体基板81Wの貫通孔83の内側に滴下されたエネルギー硬化性樹脂191の充填量は、担体基板81Wの貫通孔83と、その上下の上型201及び下型181とで囲まれる空間から溢れないようにコントロールされた量となっている。これにより、エネルギー硬化性樹脂191の材料を無駄にすることなく、製造コストを削減することができる。

【0199】

続いて、図23のEに示される状態において、エネルギー硬化性樹脂191の硬化処理が行われる。エネルギー硬化性樹脂191は、例えば、熱またはUV光をエネルギーとして与え、所定の時間放置することで、硬化する。硬化中には、上型201を下方向に押し込んだり、アライメントをすることにより、エネルギー硬化性樹脂191の収縮による変形を最小限に抑制することができる。

【0200】

エネルギー硬化性樹脂191の代わりに、熱可塑性樹脂を用いても良い。その場合には、図23のEに示される状態において、上型201と下型181を昇温することでエネルギー硬化性樹脂191がレンズ形状に成形され、冷却することで硬化する。

【0201】

次に、図23のFに示されるように、上型201と下型181の位置を制御する制御装置が、上型201を上方向、下型181を下方向へ移動させて、上型201と下型181を担体基板81Wから離型する。上型201と下型181が担体基板81Wから離型されると、担体基板81Wの貫通孔83の内側に、レンズ21を含むレンズ樹脂部82が形成されている。

【0202】

なお、担体基板81Wと接触する上型201と下型181の表面をフッ素系またはシリコン系等の離型剤でコーティングしてもよい。そのようにすることにより、上型201と下型181から担体基板81Wを容易に離型することができる。また、担体基板81Wとの接触面から容易に離型する方法として、フッ素含有DLC（Diamond Like Carbon）等の各種コーティングを行ってもよい。

【0203】

次に、図23のGに示されるように、担体基板81Wとレンズ樹脂部82の表面に上側表

10

20

30

40

50

面層 122 が形成され、担体基板 81W とレンズ樹脂部 82 の裏面に、下側表面層 123 が形成される。上側表面層 122 及び下側表面層 123 の成膜前後において、必要に応じて CMP (Chemical Mechanical Polishing) 等を行うことで、担体基板 81W の表側平坦部 171 と裏側平坦部 172 を平坦化してもよい。

【0204】

以上のように、担体基板 81W に形成された貫通孔 83 に、エネルギー硬化性樹脂 191 を上型 201 と下型 181 を用いて加圧成型 (インプリント) することで、レンズ樹脂部 82 を形成し、レンズ付き基板 41 を製造することができる。

【0205】

光学転写面 182 及び光学転写面 202 の形状は、上述した凹形状に限定されるものではなく、レンズ樹脂部 82 の形状に応じて適宜決定される。図 15 に示したように、レンズ付き基板 41a 乃至 41e のレンズ形状は、光学系設計により導出された様々な形状をとることができ、例えば、両凸形状、両凹形状、平凸形状、平凹形状、凸メニスカス形状、凹メニスカス形状、更には高次非球面形状などでもよい。

【0206】

また、光学転写面 182 及び光学転写面 202 の形状は、形成後のレンズ形状がモスアイ構造となる形状とすることもできる。

【0207】

上述した製造方法によれば、エネルギー硬化性樹脂 191 の硬化収縮によるレンズ樹脂部 82 どうしの平面方向の距離の変動を、担体基板 81W の介在によって断ち切ることができるので、レンズ距離間精度を高精度に制御することができる。また、強度の弱いエネルギー硬化性樹脂 191 を、強度の強い担体基板 81W によって補強する効果がある。これにより、ハンドリング性の良いレンズを複数配置したレンズアレイ基板を提供することができるとともに、レンズアレイ基板の反りを抑制できる効果を有する。

【0208】

<貫通孔形状が多角形の例>

図 19 のBに示したように、貫通孔 83 の平面形状は、例えば四角形などの多角形であつても良い。

【0209】

図 24 は、貫通孔 83 の平面形状が四角形である場合の、レンズ付き基板 41a の担体基板 81a とレンズ樹脂部 82a の平面図と断面図である。

【0210】

図 24 におけるレンズ付き基板 41a の断面図は、平面図の B-B' 線と C-C' 線における断面図を示している。

【0211】

B-B' 線断面図と C-C' 線断面図を比較して判るように、貫通孔 83a が四角形の場合、貫通孔 83a の中心から貫通孔 83a の上部外縁までの距離、および、貫通孔 83a の中心から貫通孔 83a の下部外縁までの距離は、四角形である貫通孔 83a の辺方向と対角線方向とで異なり、対角線方向の方が大きい。このため、貫通孔 83a の平面形状が四角形の場合、レンズ部 91 を円形にすると、レンズ部 91 外周から貫通孔 83a 側壁までの距離、言い換えれば、担持部 92 の長さを、四角形の辺方向と対角線方向とで異なる長さにする必要がある。

【0212】

そこで、図 24 に示されるレンズ樹脂部 82a は、以下の構造を備える。

(1) レンズ部 91 の外周に配置した腕部 101 の長さは、四角形の辺方向と対角線方向とで同じである。

(2) 腕部 101 の外側に配置し、貫通孔 83a 側壁まで延在する脚部 102 の長さは、四角形の辺方向の脚部 102 の長さよりも対角線方向の脚部 102 の長さの方を、長くしている。

【0213】

10

20

30

40

50

図24に示されるように、脚部102は、レンズ部91に直接は接していない一方、腕部101は、レンズ部91に直接接している。

【0214】

図24のレンズ樹脂部82aでは、レンズ部91に直接接している腕部101の長さと厚さを、レンズ部91の外周全体に渡って一定にすることで、レンズ部91全体を偏りなく一定の力で支える、という作用または効果をもたらし得る。

【0215】

さらに、レンズ部91全体を偏りなく一定の力で支えることにより、例えば、貫通孔83aを取り囲む担体基板81aから、貫通孔83aの外周全体に渡って応力が加わるような場合には、これをレンズ部91全体に偏りなく伝えることで、レンズ部91の特定の部分だけに偏って応力が伝わることを抑える、という作用または効果をもたらし得る。

【0216】

図25は、平面形状が四角形である貫通孔83のその他の例について示す、レンズ付き基板41aの担体基板81aとレンズ樹脂部82aの平面図と断面図である。

【0217】

図25におけるレンズ付き基板41aの断面図は、平面図のB-B'線とC-C'線における断面図を示している。

【0218】

図25においても、図22と同様に、貫通孔83aの中心から貫通孔83aの上部外縁までの距離、および、貫通孔83aの中心から貫通孔83aの下部外縁までの距離は、四角形である貫通孔83aの辺方向と対角線方向とで異なり、対角線方向の方が大きい。このため、貫通孔83aの平面形状が四角形の場合、レンズ部91を円形にすると、レンズ部91外周から貫通孔83a側壁までの距離、言い換えれば、担持部92の長さを、四角形の辺方向と対角線方向とで異なる長さにする必要がある。

【0219】

そこで、図25に示されるレンズ樹脂部82aは、以下の構造を備える。

(1) レンズ部91の外周に配置した脚部102の長さを、貫通孔83aの四角形の4つの辺に沿って、一定にしている。

(2) 上記(1)の構造を実現するために、腕部101の長さは、四角形の辺方向の腕部の長さよりも対角線方向の腕部の長さの方を、長くしている。

【0220】

図25に示されるように、脚部102は腕部101よりも、樹脂の膜厚が厚い。このため、レンズ付き基板41aの平面方向の単位面積当たりの体積も、脚部102は腕部101よりも大きい。

【0221】

図25の実施例では、脚部102の体積をできるだけ小さくし、かつ、貫通孔83aの四角形の4辺に沿って一定にすることで、例えば樹脂の膨潤のような変形が発生するような場合には、これによる体積変化をできるだけ抑え、かつ体積変化がレンズ部91の外周全体に渡ってできるだけ偏らないようにする、という作用または効果をもたらし得る。

【0222】

図26は、レンズ付き基板41のレンズ樹脂部82と貫通孔83の他の実施形態を示す断面図である。

【0223】

図26に示されるレンズ樹脂部82と貫通孔83は、以下の構造を備える。

(1) 贯通孔83の側壁は、段付き部221を備える段付き形状である。

(2) レンズ樹脂部82の担持部92の脚部102が、貫通孔83の側壁上方に配置されるだけでなく、貫通孔83に備わる段付き部221の上にも、レンズ付き基板41の平面方向に延在している。

【0224】

図27を参照して、図26に示した段付き形状の貫通孔83の形成方法について説明す

10

20

30

40

50

る。

【0225】

初めに、図27のAに示されるように、担体基板81Wの一方の面に、貫通孔開口の際のウェットエッティングに対する耐性を有するエッティングストップ膜241が形成される。エッティングストップ膜241は、例えば、シリコン窒化膜とすることができます。

【0226】

次いで、担体基板81Wのもう一方の面に、貫通孔開口の際のウェットエッティングに対する耐性を有するハードマスク242が形成される。ハードマスク242も、例えばシリコン窒化膜とすることができます。

【0227】

次に、図27のBに示されるように、ハードマスク242の所定の領域が、1回目のエッティングのために開口される。1回目のエッティングでは、貫通孔83の段付き部221の上段となる部分がエッティングされる。このため、1回目のエッティングのためのハードマスク242の開口部は、図26に記載のレンズ付き基板41の上側基板表面における開口に対応した領域となる。

【0228】

次に、図27のCに示されるように、ウェットエッティングにより、ハードマスク242の開口部に応じて、担体基板81Wが所定の深さ分だけエッティングされる。

【0229】

次に、図27のDに示されるように、エッティング後の担体基板81Wの表面に、ハードマスク243が改めて形成され、貫通孔83の段付き部221の下側となる部分に対応してハードマスク243が開口される。2回目のハードマスク243も、例えばシリコン窒化膜を採用することができます。

【0230】

次に、図27のEに示されるように、ウェットエッティングにより、ハードマスク243の開口部に応じて、エッティングストップ膜241に到達するまで担体基板81Wがエッティングされる。

【0231】

最後に、図27のFに示されるように、担体基板81Wの上側表面のハードマスク243と、下側表面のエッティングストップ膜241が除去される。

【0232】

以上のように、ウェットエッティングによる貫通孔形成のための担体基板81Wのエッティングを2回に分けて行うことで、図26に示した段付き形状の貫通孔83が得られる。

【0233】

図28は、貫通孔83aが段付き部221を有し、かつ、貫通孔83aの平面形状が円形である場合の、レンズ付き基板41aの担体基板81aとレンズ樹脂部82aの平面図と断面図である。

【0234】

図28におけるレンズ付き基板41aの断面図は、平面図のB-B'線とC-C'線における断面図を示している。

【0235】

貫通孔83aの平面形状が円形である場合、貫通孔83aの断面形状は当然直径の方向によらず同じである。これに加えて、レンズ樹脂部82aの外縁、腕部101、及び脚部102の断面形状も、直径の方向によらず同じとなるように形成されている。

【0236】

図28の段付き形状を有する貫通孔83aは、貫通孔83a内に段付き部221を備えない図14の貫通孔83aと比較して、レンズ樹脂部82の担持部92の脚部102が、貫通孔83aの側壁と接触する面積を大きくできる、という作用または効果をもたらす。また、これにより、レンズ樹脂部82と貫通孔83aの側壁との密着強度、言い換えれば、レンズ樹脂部82aと担体基板81Wとの密着強度を増加させる、という作用または効

10

20

30

40

50

果をもたらす。

【0237】

図29は、貫通孔83aが段付き部221を有し、かつ、貫通孔83aの平面形状が四角形である場合の、レンズ付き基板41aの担体基板81aとレンズ樹脂部82aの平面図と断面図である。

【0238】

図29におけるレンズ付き基板41aの断面図は、平面図のB-B'線とC-C'線における断面図を示している。

【0239】

図29に示されるレンズ樹脂部82と貫通孔83は、以下の構造を備える。

10

(1) レンズ部91の外周に配置した腕部101の長さは、四角形の辺方向と対角線方向とで同じである。

(2) 腕部101の外側に配置し、貫通孔83aの側壁まで延在する脚部102の長さは、四角形の辺方向の脚部102の長さよりも、対角線方向の脚部102の長さが長い。

【0240】

図29に示されるように、脚部102は、レンズ部91に直接は接していない一方、腕部101は、レンズ部91に直接接している。

【0241】

図29のレンズ樹脂部82aでは、図24に記載のレンズ樹脂部82aと同様に、レンズ部91に直接接している腕部101の長さと厚さを、レンズ部91の外周全体に渡って一定にすることで、レンズ部91全体を偏りなく一定の力で支える、という作用または効果をもたらし得る。

20

【0242】

さらに、レンズ部91全体を偏りなく一定の力で支えることにより、例えば、貫通孔83aを取り囲む担体基板81aから、貫通孔83aの外周全体に渡って応力が加わるような場合には、これをレンズ部91全体に偏りなく伝えることで、レンズ部91の特定の部分だけに偏って応力が伝わることを抑える、という作用または効果をもたらし得る。

【0243】

さらに、図29の貫通孔83aの構造は、貫通孔83a内に段付き部221を備えない図24等の貫通孔83aと比較して、レンズ樹脂部82aの担持部92の脚部102が、貫通孔83aの側壁と接触する面積を大きくできる、という作用または効果をもたらす。これにより、レンズ樹脂部82aと貫通孔83aの側壁部との密着強度、言い換えれば、レンズ樹脂部82aと担体基板81aとの密着強度が増加する、という作用または効果をもたらす。

30

【0244】

<11.レンズ付き基板どうしの直接接合>

次に、複数のレンズ付き基板41が形成された基板状態のレンズ付き基板41Wどうしの直接接合について説明する。

【0245】

以下の説明では、図30に示されるように、複数のレンズ付き基板41aが形成された基板状態のレンズ付き基板41Wを、レンズ付き基板41W-aと記述し、複数のレンズ付き基板41bが形成された基板状態のレンズ付き基板41Wを、レンズ付き基板41W-bと記述する。その他のレンズ付き基板41c乃至41eについても同様に表す。

40

【0246】

図31を参照して、基板状態のレンズ付き基板41W-aと、基板状態のレンズ付き基板41W-bとの直接接合について説明する。

【0247】

なお、図31では、レンズ付き基板41W-aの各部と対応するレンズ付き基板41W-bの部分には、レンズ付き基板41W-aと同じ符号を付して説明する。

【0248】

50

レンズ付き基板41W-aとレンズ付き基板41W-bの上側表面には、上側表面層122または125が形成されている。レンズ付き基板41W-aとレンズ付き基板41W-bの下側表面には、下側表面層123または124が形成されている。そして、図31のAに示されるように、レンズ付き基板41W-aと41W-aの接合される面となる、レンズ付き基板41W-aの裏側平坦部172を含む下側表面全体、及び、レンズ付き基板41W-bの表側平坦部171を含む上側表面全体に、プラズマ活性処理が施される。プラズマ活性処理に使用されるガスは、O₂、N₂、He、Ar、H₂などプラズマ処理可能なガスであれば何でもよい。ただし、プラズマ活性処理に使用されるガスとして、上側表面層122及び下側表面層123の構成元素と同じガスを使用すると、上側表面層122及び下側表面層123の膜自身の変質を抑制することができるので、好ましい。

10

【0249】

そして、図31のBに示されるように、活性化された表面状態のレンズ付き基板41W-aの裏側平坦部172と、レンズ付き基板41W-bの表側平坦部171とを貼り合わせる。

【0250】

このレンズ付き基板どうしの貼り合わせ処理により、レンズ付き基板41W-aの下側表面層123または124の表面のOH基の水素とレンズ付き基板41W-bの上側表面層122または125の表面のOH基の水素との間に水素結合が生じる。これにより、レンズ付き基板41W-aとレンズ付き基板41W-bとが固定される。このレンズ付き基板どうしの貼り合わせ処理は、大気圧の条件下で行い得る。

20

【0251】

上記貼り合わせ処理を行ったレンズ付き基板41W-aとレンズ付き基板41W-bに、アニール処理を加える。これによりOH基どうしが水素結合した状態から脱水縮合が起きて、レンズ付き基板41W-aの下側表面層123または124と、レンズ付き基板41W-bの上側表面層122または125との間に、酸素を介した共有結合が形成される。あるいは、レンズ付き基板41W-aの下側表面層123または124に含まれる元素と、レンズ付き基板41W-bの上側表面層122または125に含まれる元素とが共有結合する。これらの結合により、2枚のレンズ付き基板が強固に固定される。このように、上側に配置したレンズ付き基板41Wの下側表面層123または124と、下側に配置したレンズ付き基板41Wの上側表面層122または125との間に共有結合が形成され、これによって2枚のレンズ付き基板41Wが固定されることを、本明細書では直接接合と呼ぶ。特許文献1が開示する複数枚のレンズ付き基板を基板全面に渡って樹脂によって固着する方法は、樹脂の硬化収縮や熱膨張とこれによるレンズの変形の懸念がある。これに対して、本技術の直接接合は、複数枚のレンズ付き基板41Wを固定する際に樹脂を用いないため、これによる硬化収縮や熱膨張を起こすことなく、複数枚のレンズ付き基板41Wを固定することができる、という作用または効果をもたらす。

30

【0252】

上記アニール処理も、大気圧の条件下で行い得る。このアニール処理は、脱水縮合を行うため、100以上または150以上もしくは200以上で行い得る。一方、このアニール処理は、レンズ樹脂部82を形成するためのエネルギー性硬化樹脂191を熱から保護する観点やエネルギー性硬化樹脂191からの脱ガスを抑える観点から、400以下または350以下もしくは300以下で行い得る。

40

【0253】

上記レンズ付き基板41Wどうしの貼り合わせ処理あるいは上記レンズ付き基板41Wどうしの直接接合処理を、仮に大気圧以外の条件下で行った場合には、接合されたレンズ付き基板41W-aとレンズ付き基板41W-bを大気圧の環境に戻すと、接合されたレンズ樹脂部82とレンズ樹脂部82との間の空間と、レンズ樹脂部82の外部との圧力差が生じてしまう。この圧力差により、レンズ樹脂部82に圧力が加わり、レンズ樹脂部82が変形してしまう懸念がある。

【0254】

50

上記レンズ付き基板41Wどうしの貼り合わせ処理あるいは上記レンズ付き基板どうしの直接接合処理の双方を、大気圧の条件下で行うことは、接合を大気圧以外の条件下で行った場合に懸念されるレンズ樹脂部82の変形を回避することができる、という作用または効果をもたらす。

【0255】

プラズマ活性処理を施した基板を直接接合する、言い換えればプラズマ接合することで、例えば、接着剤として樹脂を用いた場合のような流動性、熱膨張を抑制することができる、レンズ付き基板41W-aとレンズ付き基板41W-bを接合する際の位置精度を向上させることができる。

【0256】

レンズ付き基板41W-aの裏側平坦部172と、レンズ付き基板41W-bの表側平坦部171には、上述したように、上側表面層122または下側表面層123が成膜されている。この上側表面層122及び下側表面層123は、先に行ったプラズマ活性処理により、ダングリングボンドが形成されやすくなっている。即ち、レンズ付き基板41W-aの裏側平坦部172に成膜した下側表面層123と、レンズ付き基板41W-bの表側平坦部171に成膜した上側表面層122は、接合強度を増加させる役割も有している。

【0257】

また、上側表面層122または下側表面層123が酸化膜で構成されている場合には、プラズマ(02)による膜質変化の影響を受けないため、レンズ樹脂部82に対しては、プラズマによる腐食を抑制する効果も有する。

【0258】

以上のように、複数のレンズ付き基板41aが形成された基板状態のレンズ付き基板41W-aと、複数のレンズ付き基板41bが形成された基板状態のレンズ付き基板41W-bが、プラズマによる表面活性化処理を施したうえで直接接合される、言い換えれば、プラズマ接合を用いて接合される。

【0259】

図32は、図31を参照して説明した基板状態のレンズ付き基板41Wどうしの接合方法を用いて、図13の積層レンズ構造体11に対応する5枚のレンズ付き基板41a乃至41eを基板状態で積層する第1の積層方法を示している。

【0260】

最初に、図32のAに示されるように、積層レンズ構造体11において最下層に位置する基板状態のレンズ付き基板41W-eが用意される。

【0261】

次に、図32のBに示されるように、積層レンズ構造体11において下から2層目に位置する基板状態のレンズ付き基板41W-dが、基板状態のレンズ付き基板41W-eの上に接合される。

【0262】

次に、図32のCに示されるように、積層レンズ構造体11において下から3層目に位置する基板状態のレンズ付き基板41W-cが、基板状態のレンズ付き基板41W-dの上に接合される。

【0263】

次に、図32のDに示されるように、積層レンズ構造体11において下から4層目に位置する基板状態のレンズ付き基板41W-bが、基板状態のレンズ付き基板41W-cの上に接合される。

【0264】

次に、図32のEに示されるように、積層レンズ構造体11において下から5層目に位置する基板状態のレンズ付き基板41W-aが、基板状態のレンズ付き基板41W-bの上に接合される。

【0265】

最後に、図32のFに示されるように、積層レンズ構造体11においてレンズ付き基板

10

20

30

40

50

4 1 a の上層に位置する絞り板 5 1 Wが、基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - a の上に接合される。

【 0 2 6 6 】

以上のように、基板状態の 5 枚のレンズ付き基板 4 1 W - a 乃至 4 1 W - e を、積層レンズ構造体 1 1 における下層のレンズ付き基板 4 1 W から、上層のレンズ付き基板 4 1 W へと、1 枚ずつ順番に積層していくことで、基板状態の積層レンズ構造体 1 1 W が得られる。

【 0 2 6 7 】

図 3 3 は、図 3 1 を参照して説明した基板状態のレンズ付き基板 4 1 W どうしの接合方法を用いて、図 1 3 の積層レンズ構造体 1 1 に対応する 5 枚のレンズ付き基板 4 1 a 乃至 4 1 e を基板状態で積層する第 2 の積層方法を示している。

10

【 0 2 6 8 】

最初に、図 3 3 の A に示されるように、積層レンズ構造体 1 1 においてレンズ付き基板 4 1 a の上層に位置する絞り板 5 1 W が用意される。

【 0 2 6 9 】

次に、図 3 3 の B に示されるように、積層レンズ構造体 1 1 において最上層に位置する基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - a が、上下を反転させたうえで、絞り板 5 1 W の上に接合される。

【 0 2 7 0 】

次に、図 3 3 の C に示されるように、積層レンズ構造体 1 1 において上から 2 層目に位置する基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - b が、上下を反転させたうえで、基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - a の上に接合される。

20

【 0 2 7 1 】

次に、図 3 3 の D に示されるように、積層レンズ構造体 1 1 において上から 3 層目に位置する基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - c が、上下を反転させたうえで、基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - b の上に接合される。

【 0 2 7 2 】

次に、図 3 3 の E に示されるように、積層レンズ構造体 1 1 において上から 4 層目に位置する基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - d が、上下を反転させたうえで、基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - c の上に接合される。

30

【 0 2 7 3 】

最後に、図 3 3 の F に示されるように、積層レンズ構造体 1 1 において上から 5 層目に位置する基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - e が、上下を反転させたうえで、基板状態のレンズ付き基板 4 1 W - d の上に接合される。

【 0 2 7 4 】

以上のように、基板状態の 5 枚のレンズ付き基板 4 1 W - a 乃至 4 1 W - e を、積層レンズ構造体 1 1 における上層のレンズ付き基板 4 1 W から、下層のレンズ付き基板 4 1 W へと、1 枚ずつ順番に積層していくことで、基板状態の積層レンズ構造体 1 1 W が得られる。

【 0 2 7 5 】

図 3 2 または図 3 3 で説明した積層方法により積層した基板状態の 5 枚のレンズ付き基板 4 1 W - a 乃至 4 1 W - e は、ブレード若しくはレーザなどを用いてモジュール単位またはチップ単位に個片化されることで、5 枚のレンズ付き基板 4 1 a 乃至 4 1 e が積層された積層レンズ構造体 1 1 となる。

40

【 0 2 7 6 】

< 1 2 . カメラモジュールの第 8 及び第 9 の実施の形態 >

図 3 4 は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第 8 の実施の形態を示す図である。

【 0 2 7 7 】

図 3 5 は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第 9 の実施の形態を示す図である。

【 0 2 7 8 】

50

図34及び図35の説明では、図13に示したカメラモジュールEと異なる部分についてのみ説明する。

【0279】

図34のカメラモジュール1Hと図35のカメラモジュール1Jは、図13に示したカメラモジュールEにおける構造材73の部分が異なる構造に置き換えられている。

【0280】

図34のカメラモジュール1Hでは、カメラモジュール1Jにおける構造材73の部分が、構造材301a及び301bと、光透過性基板302に置き換えられている。

【0281】

具体的には、受光素子12の上側の一部に、構造材301aが配置されている。その構造材301aを介して、受光素子12と光透過性基板302が固定されている。構造材301aは、例えばエポキシ系の樹脂である。

【0282】

光透過性基板302の上側には、構造材301bが配置されている。その構造材301bを介して、光透過性基板302と積層レンズ構造体11が固定されている。構造材301bは、例えばエポキシ系の樹脂である。

【0283】

これに対して、図35のカメラモジュール1Jでは、図34のカメラモジュール1Hの構造材301aの部分が、光透過性を有する樹脂層311に置き換えられている。

【0284】

樹脂層311は、受光素子12の上側全面に配置されている。その樹脂層311を介して、受光素子12と光透過性基板302が固定されている。受光素子12の上側全面に配置された樹脂層311は、光透過性基板302の上方から光透過性基板302に応力が加わった場合に、これが受光素子12の一部の領域に集中して印加されることを防ぎ、受光素子12全面に応力を分散させて受け止める作用または効果をもたらす。

【0285】

光透過性基板302の上側には、構造材301bが配置されている。その構造材301bを介して、光透過性基板302と積層レンズ構造体11が固定されている。

【0286】

図34のカメラモジュール1Hと図35のカメラモジュール1Jは、受光素子12の上側に光透過性基板302を備える。光透過性基板302は、例えば、カメラモジュール1Hまたは1Jを製造する途中で、受光素子12に傷が着くことを抑える、という作用または効果をもたらす。

【0287】

<13. カメラモジュールの第10の実施の形態>

図36は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第10の実施の形態を示す図である。

【0288】

図36に示されるカメラモジュール1Jにおいて、積層レンズ構造体11は、レンズバレル74に収納されている。レンズバレル74は、シャフト331に沿って移動する移動部材332と、固定部材333で固定されている。レンズバレル74が不図示の駆動モータによってシャフト331の軸方向に移動されることにより、積層レンズ構造体11から受光素子12の撮像面までの距離が調整される。

【0289】

レンズバレル74、シャフト331、移動部材332、及び、固定部材333は、ハウジング334に収納されている。受光素子12の上部には保護基板335が配置され、保護基板335とハウジング334が、接着剤336により接続されている。

【0290】

上記の積層レンズ構造体11を移動させる機構は、カメラモジュール1Jを用いたカメラが、画像を撮影する際に、オートフォーカス動作を行うこととする、という作用

10

20

30

40

50

または効果をもたらす。

【0291】

<14. カメラモジュールの第11の実施の形態>

図37は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第11の実施の形態を示す図である。

【0292】

図37のカメラモジュール1Lは、圧電素子による焦点調節機構を追加したカメラモジュールである。

【0293】

即ち、カメラモジュール1Lでは、図34のカメラモジュール1Hと同様に、受光素子12の上側の一部に、構造材301aが配置されている。その構造材301aを介して、受光素子12と光透過性基板302が固定されている。構造材301aは、例えばエポキシ系の樹脂である。

【0294】

光透過性基板302の上側には、圧電素子351が配置されている。その圧電素子351を介して、光透過性基板302と積層レンズ構造体11が固定されている。

【0295】

カメラモジュール1Lでは、積層レンズ構造体11の下側に配置した圧電素子351へ電圧を印加および遮断することで、積層レンズ構造体11を上下方向に移動させることができる。積層レンズ構造体11を移動する手段としては、圧電素子351に限らず、電圧の印加および遮断によって形状が変化する他のデバイスを用いることができる。例えばMEMSデバイスを用いることができる。

【0296】

上記の積層レンズ構造体11を移動させる機構は、カメラモジュール1Lを用いたカメラが、画像を撮影する際に、オートフォーカス動作を行うことを可能にする、という作用または効果をもたらす。

【0297】

<15. 他の構造と比較した本構造の効果>

積層レンズ構造体11は、レンズ付き基板41どうしを直接接合により固着させた構造(以下、本構造という。)である。本構造の作用及び効果について、レンズが形成されたレンズ付き基板のその他の構造と比較して説明する。

【0298】

<比較構造例1>

図38は、本構造と比較するための第1の基板構造(以下、比較構造例1という。)であって、特開2011-138089号公報(以下、比較文献1という。)において図14(b)として開示されたウエハレベル積層構造の断面図である。

【0299】

図38に示されるウエハレベル積層構造1000は、ウエハ基板1010上にイメージセンサ1011が複数配列されているセンサアレイ基板1012の上に、2枚のレンズアレイ基板1021が、柱状のスペーサ1022を介して積層された構造を有する。各レンズアレイ基板1021は、レンズ付き基板1031と、そのレンズ付き基板1031に複数形成された貫通孔部分に形成されているレンズ1032とで構成される。

【0300】

<比較構造例2>

図39は、本構造と比較するための第2の基板構造(以下、比較構造例2という。)であって、特開2009-279790号公報(以下、比較文献2という。)において図5(a)として開示されたレンズアレイ基板の断面図である。

【0301】

図39に示されるレンズアレイ基板1041では、板状の基板1051に設けられた複数の貫通孔1052それぞれに、レンズ1053が設けられている。各レンズ1053は

10

20

30

40

50

、樹脂（エネルギー硬化性樹脂）1054で形成されており、その樹脂1054は、基板1051の上面にも形成されている。

【0302】

図40を参照して、図39のレンズアレイ基板1041の製造方法について簡単に説明する。

【0303】

図40のAは、複数個の貫通孔1052が形成された基板1051が、下型1061の上に置かれた状態を示している。下型1061は、この後の工程で、樹脂1054を下方から上方へ押す金型である。

【0304】

図40のBは、複数個の貫通孔1052内部と基板1051上面に樹脂1054を塗布した後、上型1062を基板1051の上に配置し、上型1062と下型1061を用いて、加圧成型している状態を示している。上型1062は、樹脂1054を上方から下方へ押す金型である。図40のBに示される状態で、樹脂1054の硬化が行われる。

10

【0305】

図40のCは、樹脂1054が硬化した後、上型1062と下型1061を離形させ、レンズアレイ基板1041が完成した状態を示している。

【0306】

このレンズアレイ基板1041は、（1）基板1051の貫通孔1052の位置に形成された樹脂1054がレンズ1053となり、このレンズ1053が基板1051に複数個形成され、かつ、（2）これら複数個のレンズ1053の間に位置する基板1051の上側表面全体に、樹脂1054の薄い層が形成されている、ことが特徴である。

20

【0307】

このレンズアレイ基板1041を複数積層した構造体を形成する場合、基板1051の上側表面全体に形成された樹脂1054の薄い層が、基板どうしを接着する接着剤としての作用または効果をもたらす。

【0308】

また、レンズアレイ基板1041を複数積層した構造体を形成する場合、比較構造例1として示した図38のウエハレベル積層構造1000と比較して、基板どうしを接着する面積を大きくすることができるので、基板どうしをより強い力で接着することができる。

30

【0309】

<比較構造例2において樹脂がもたらす作用>

比較構造例2である図39のレンズアレイ基板1041が開示されている比較文献2では、レンズ1053となる樹脂1054の作用として、以下のことが開示されている。

【0310】

比較構造例2では、樹脂1054としてエネルギー硬化性樹脂が使用されている。そして、エネルギー硬化性樹脂の一例として、光硬化性樹脂が使用されている。エネルギー硬化性樹脂として光硬化性樹脂を使用した場合、UV光が樹脂1054に照射されると、樹脂1054が硬化する。この硬化により、樹脂1054では、硬化収縮が起きる。

【0311】

しかし、図39のレンズアレイ基板1041の構造によれば、樹脂1054の硬化収縮が起きても、複数個あるレンズ1053の間には基板1051が介在するので、樹脂1054の硬化収縮によるレンズ1053間の距離の変動を断ち切ることができ、これにより、複数個のレンズ1053を配置したレンズアレイ基板1041の反りを抑制することができるとしている。

40

【0312】

<比較構造例3>

図41は、本構造と比較するための第3の基板構造（以下、比較構造例3という。）であって、特開2010-256563号公報（以下、比較文献3という。）において図1として開示されたレンズアレイ基板の断面図である。

50

【0313】

図41に示されるレンズアレイ基板1081では、板状の基板1091に設けられた複数の貫通孔1092それぞれに、レンズ1093が設けられている。各レンズ1093は樹脂（エネルギー硬化性樹脂）1094で形成されており、その樹脂1094は、貫通孔1092が設けられていない基板1091の上面にも形成されている。

【0314】

図42を参照して、図41のレンズアレイ基板1081の製造方法について簡単に説明する。

【0315】

図42のAは、複数個の貫通孔1092が形成された基板1091が、下型1101の上に置かれた状態を示している。下型1101は、この後の工程で、樹脂1094を下方から上方へ押す金型である。

10

【0316】

図42のBは、複数個の貫通孔1092内部と基板1091上面に樹脂1094を塗布した後、上型1102を基板1091の上に配置し、上型1102と下型1101を用いて、加圧成型している状態を示している。上型1102は、樹脂1094を上方から下方へ押す金型である。図42のBに示される状態で、樹脂1094の硬化が行われる。

11

【0317】

図42のCは、樹脂1094が硬化した後、上型1102と下型1101を離形させ、レンズアレイ基板1081が完成した状態を示している。

20

【0318】

このレンズアレイ基板1081は、（1）基板1091の貫通孔1092の位置に形成された樹脂1094がレンズ1093となり、このレンズ1093が基板1091に複数個形成され、かつ、（2）これら複数個のレンズ1093の間に位置する基板1091の上側表面全体に、樹脂1094の薄い層が形成されている、ことが特徴である。

【0319】

<比較構造例3において樹脂がもたらす作用>

比較構造例3である図41のレンズアレイ基板1081が開示されている比較文献3では、レンズ1093となる樹脂1094の作用として、以下のことが開示されている。

21

【0320】

比較構造例3では、樹脂1094としてエネルギー硬化性樹脂が使用されている。そして、エネルギー硬化性樹脂の一例として、光硬化性樹脂が使用されている。エネルギー硬化性樹脂として光硬化性樹脂を使用した場合、UV光が樹脂1094に照射されると、樹脂1094が硬化する。この硬化により、樹脂1094では、硬化収縮が起きる。

22

【0321】

しかし、図41のレンズアレイ基板1081の構造によれば、樹脂1094の硬化収縮が起きても、複数個あるレンズ1093の間には基板1091が介在するので、樹脂1094の硬化収縮によるレンズ1093間の距離の変動を断ち切ることができ、これにより、複数個のレンズ1093を配置したレンズアレイ基板1081の反りを抑制することができるとしている。

23

【0322】

以上のように、比較文献2及び3では、光硬化性樹脂が硬化する際、硬化収縮が起きることが開示されている。なお、光硬化性樹脂が硬化する際、硬化収縮が起きることは、比較文献2及び3以外にも、例えば、特開2013-1091号公報などでも開示されている。

24

【0323】

また、樹脂をレンズの形状に成型し、成型後の樹脂を硬化させると、樹脂に硬化収縮が起きて問題となるのは、光硬化性樹脂に限ったことではない。例えば、光硬化性樹脂と同様にエネルギー硬化性樹脂の一例である熱硬化性樹脂においても、硬化の際に硬化収縮が起きることが問題となる。このことは、例えば、比較文献1や3、特開2010-204

50

631号公報などにおいても開示されている。

【0324】

<比較構造例4>

図43は、本構造と比較するための第4の基板構造（以下、比較構造例4という。）であって、上述した比較文献2において図6として開示されたレンズアレイ基板の断面図である。

【0325】

図43のレンズアレイ基板1121は、図39に示したレンズアレイ基板1041と比較すると、貫通孔1042部分以外の基板1141の形状が、上側だけでなく下側にも突出した形状となっている点、及び、基板1141の下側表面の一部にも、樹脂1144が形成されている点が異なる。レンズアレイ基板1121のその他の構成は、図39に示したレンズアレイ基板1041と同様である。

【0326】

図44は、図43のレンズアレイ基板1121の製造方法を説明する図であって、図40のBに対応する図である。

【0327】

図44は、複数個の貫通孔1142内部と基板1141上面に樹脂1144を塗布した後、上型1152と下型1151を用いて、加圧成型している状態を示している。樹脂1144は、基板1141下面と下型1151との間に注入されている。図44に示される状態で、樹脂1144の硬化が行われる。

10

【0328】

このレンズアレイ基板1121は、（1）基板1141の貫通孔1142の位置に形成された樹脂1144がレンズ1143となり、このレンズ1143が基板1141に複数個形成され、かつ、（2）これら複数個のレンズ1143の間に位置する基板1141の上側表面全体に、樹脂1144の薄い層が形成されているだけでなく、基板1141の下側表面の一部にも、樹脂1144の薄い層が形成されている、ことが特徴である。

20

【0329】

<比較構造例4において樹脂がもたらす作用>

比較構造例4である図43のレンズアレイ基板1121が開示されている比較文献2では、レンズ1143となる樹脂1144の作用として、以下のことが開示されている。

30

【0330】

比較構造例4である図43のレンズアレイ基板1121においても、樹脂1144として、エネルギー硬化性樹脂の一例である光硬化性樹脂が使用されている。そして、UV光が樹脂1144に照射されると、樹脂1144が硬化する。この硬化により、比較構造例2および3と同様に、樹脂1144では、硬化収縮が起きる。

【0331】

しかし、比較構造例4のレンズアレイ基板1121では、複数個のレンズ1143の間に位置する基板1141の上側表面全体だけでなく、基板1141の下側表面の一定の領域にも、樹脂1144の薄い層が形成されている。

【0332】

このように、基板1141の上側表面と下側表面の双方に樹脂1144を形成した構造とすることにより、レンズアレイ基板1121全体の反りの方向を相殺することができる。

40

【0333】

これに対して、比較構造例2として図39に示したレンズアレイ基板1041では、複数個のレンズ1053の間に位置する基板1051の上側表面全体には樹脂1054の薄い層が形成されているが、基板1051の下側表面には、樹脂1054の薄い層が一切形成されていない。

【0334】

従って、図43のレンズアレイ基板1121では、図39のレンズアレイ基板1041

50

と比較して、反り量をより小さくしたレンズアレイ基板を提供することができる。

【0335】

<比較構造例5>

図45は、本構造と比較するための第5の基板構造（以下、比較構造例5という。）であって、上述した比較文献2において図9として開示されたレンズアレイ基板の断面図である。

【0336】

図45のレンズアレイ基板1161は、図39に示したレンズアレイ基板1041と比較すると、基板1171に形成された貫通孔1172近傍の基板裏面に、樹脂はみだし領域1175を有している点が異なる。レンズアレイ基板1161のその他の構成は、図39に示したレンズアレイ基板1041と同様である。

【0337】

なお、図45のレンズアレイ基板1161は、個片化された後の状態を示している。

【0338】

このレンズアレイ基板1161は、（1）基板1171の貫通孔1172の位置に形成された樹脂1174がレンズ1173となり、このレンズ1173が基板1171に複数個形成され、かつ、（2）これら複数個のレンズ1173の間に位置する基板1171の上側表面全体に、樹脂1174の薄い層が形成されているだけでなく、基板1171の下側表面の一部にも、樹脂1174の薄い層が形成されている、ことが特徴である。

【0339】

<比較構造例5において樹脂がもたらす作用>

比較構造例5である図45のレンズアレイ基板1161が開示されている比較文献2では、レンズ1173となる樹脂1174の作用として、以下のことが開示されている。

【0340】

比較構造例5である図45のレンズアレイ基板1161においても、樹脂1174として、エネルギー硬化性樹脂の一例である光硬化性樹脂が使用されている。そして、UV光が樹脂1174に照射されると、樹脂1174が硬化する。この硬化により、比較構造例2および3と同様に、樹脂1174では、硬化収縮が起きる。

【0341】

しかし、比較構造例5のレンズアレイ基板1171では、複数個のレンズ1173の間に位置する基板1171の上側表面全体だけでなく、基板1171の下側表面の一定の領域にも、樹脂1174の薄い層（樹脂はみだし領域1175）が形成されている。これにより、レンズアレイ基板1171全体の反りの方向を相殺し、反り量をより小さくしたレンズアレイ基板を提供することができる。

【0342】

<比較構造例2乃至5において樹脂がもたらす作用の比較>

比較構造例2乃至5において樹脂がもたらす作用についてまとめると、次のようになる。

【0343】

（1）比較構造例2及び3のように、レンズアレイ基板の上面全体に樹脂の層を配置した構造の場合、複数個のレンズを配置した基板に、反りが発生してしまう。

【0344】

図46は、比較構造例2及び3のように、レンズアレイ基板の上面全体に樹脂の層を配置した構造を模式的に表した図であり、レンズとなる樹脂がもたらす作用を説明する図である。

【0345】

図46のA及びBに示されるように、レンズアレイ基板1211（レンズ及び貫通孔の図示は省略）の上面に配置された光硬化性樹脂1212の層では、硬化のためのUV光の照射により、硬化収縮が生じる。これにより、光硬化性樹脂1212の層内では、光硬化性樹脂1212に起因した収縮方向の力が発生する。

10

20

30

40

50

【0346】

一方、レンズアレイ基板1211自体は、UV光を照射しても、収縮も膨張もしない。すなわち、レンズアレイ基板1211自体には、基板に起因した力は発生しない。その結果、レンズアレイ基板1211は、図46のCに示されるように、下に凸の形状に反ってしまう。

【0347】

(2)しかし、比較構造例4および5のように、レンズアレイ基板の上面と下面の双方に樹脂の層を配置した構造の場合、レンズアレイ基板の反りの方向が相殺されるので、比較構造例2及び3よりも、レンズアレイ基板の反り量を小さくすることができる。

【0348】

図47は、比較構造例4及び5のように、レンズアレイ基板の上面と下面の双方に樹脂の層を配置した構造を模式的に表した図であり、レンズとなる樹脂がもたらす作用を説明する図である。

【0349】

図47のA及びBに示されるように、レンズアレイ基板1211の上面に配置した光硬化性樹脂1212の層では、硬化のためのUV光の照射により、硬化収縮が生じる。これにより、レンズアレイ基板1211の上面に配置した光硬化性樹脂1212の層内では、光硬化性樹脂1212に起因した収縮方向の力が発生する。このため、レンズアレイ基板1211の上面側では、レンズアレイ基板1211を下に凸の形状に反らせようとする力が働く。

【0350】

これに対して、レンズアレイ基板1211自体は、UV光を照射しても、収縮も膨張もしない。すなわち、レンズアレイ基板1211自体には、基板に起因した力は発生しない。

【0351】

一方、レンズアレイ基板1211の下面に配置した光硬化性樹脂1212の層では、硬化のためのUV光の照射により、硬化収縮が生じる。これにより、レンズアレイ基板1211の下面に配置した光硬化性樹脂1212の層内では、光硬化性樹脂1212に起因した収縮方向の力が発生する。このため、レンズアレイ基板1211の下面側では、レンズアレイ基板1211を上に凸の形状に反らせようとする力が働く。

【0352】

レンズアレイ基板1211の上面側における、レンズアレイ基板1211を下に凸の形状に反らせようとする力と、レンズアレイ基板1211の下面側における、レンズアレイ基板1211を上に凸の形状に反らせようとする力は、相殺されるように働く。

【0353】

その結果、図47のCに示されるように、比較構造例4及び5におけるレンズアレイ基板1211の反り量は、図46のCに示した比較構造例2及び3における反り量よりも低減される。

【0354】

以上のように、レンズアレイ基板を反らせる力およびレンズアレイ基板の反り量は、(1)当該レンズアレイ基板の上面において当該レンズアレイ基板に作用する力の方向および大きさと、

(2)当該レンズアレイ基板の下面において当該レンズアレイ基板に作用する力の方向および大きさと、の相対関係の影響を受ける。

【0355】

<比較構造例6>

そこで、例えば、図48のAに示されるように、レンズアレイ基板1211の上面に配置する光硬化性樹脂1212の層及び面積と、レンズアレイ基板1211の下面に配置する光硬化性樹脂1212の層及び面積とを、同一にするレンズアレイ基板構造が考えられる。このレンズアレイ基板構造を、本構造と比較するための第6の基板構造(以下、比較

10

20

30

40

50

構造例 6 という。) と呼ぶ。

【0356】

比較構造例 6 では、レンズアレイ基板 1211 の上面に配置された光硬化性樹脂 1212 の層では、光硬化性樹脂 1212 に起因した収縮方向の力が発生する。レンズアレイ基板 1211 自体は、基板に起因した力が発生しない。このため、レンズアレイ基板 1211 の上面側では、レンズアレイ基板 1211 を下に凸の形状に反らせようとする力が働く。

【0357】

一方、レンズアレイ基板 1211 の下面に配置された光硬化性樹脂 1212 の層では、光硬化性樹脂 1212 に起因した収縮方向の力が発生する。レンズアレイ基板 1211 自体は、基板に起因した力が発生しない。このため、レンズアレイ基板 1211 の下面側では、レンズアレイ基板 1211 を上に凸の形状に反らせようとする力が働く。

10

【0358】

レンズアレイ基板 1211 を反らせようとする上記 2 つの力が、図 47 の A に示した構造よりもさらに相殺する方向に働く。その結果、レンズアレイ基板 1211 を反らせる力およびレンズアレイ基板 1211 の反り量は、比較構造例 4 および 5 よりもさらに低減される。

【0359】

< 比較構造例 7 >

20

ところで、実際には、カメラモジュールに組み込まれる積層レンズ構造体を構成するレンズ付き基板の形状は全て同じではない。より具体的には、積層レンズ構造体を構成する複数のレンズ付き基板どうしは、例えば、レンズ付き基板の厚さや貫通孔の大きさが異なっていたり、貫通孔に形成されるレンズの厚みや形状、体積などが異なる場合がある。さらに言えば、レンズ付き基板の上面及び下面に形成される光硬化性樹脂の膜厚なども、各レンズ付き基板で異なる場合もある。

【0360】

図 49 は、第 7 の基板構造（以下、比較構造例 7 という。）としての、3 枚のレンズ付き基板の積層で構成される積層レンズ構造体の断面図である。この積層レンズ構造体では、図 48 で示した比較構造例 6 と同様に、各レンズ付き基板の上面及び下面に配置された光硬化性樹脂の層及び面積が同一に形成されているものとする。

30

【0361】

図 49 に示される積層レンズ構造体 1311 は、3 枚のレンズ付き基板 1321 乃至 1323 で構成される。

【0362】

以下では、3 枚のレンズ付き基板 1321 乃至 1323 のうち、真ん中のレンズ付き基板 1321 を、第 1 のレンズ付き基板 1321、最上層のレンズ付き基板 1322 を、第 2 のレンズ付き基板 1322、最下層のレンズ付き基板 1323 を、第 3 のレンズ付き基板 1323 という。

【0363】

最上層に配置された第 2 のレンズ付き基板 1322 と、最下層に配置された第 3 のレンズ付き基板 1323 は、基板の厚さ、及び、レンズの厚さが異なる。

40

【0364】

より具体的には、レンズの厚さが、第 2 のレンズ付き基板 1322 よりも第 3 のレンズ付き基板 1323 の方が厚く形成されており、それに伴い、基板の厚さも、第 2 のレンズ付き基板 1322 よりも第 3 のレンズ付き基板 1323 の方が厚く形成されている。

【0365】

第 1 のレンズ付き基板 1321 と第 2 のレンズ付き基板 1322 との接触面、及び、第 1 のレンズ付き基板 1321 と第 3 のレンズ付き基板 1323 との接触面には、樹脂 1341 が全面に渡って形成されている。

【0366】

50

3枚のレンズ付き基板1321乃至1323の貫通孔の断面形状は、基板上面よりも基板下面の方が広い、いわゆる末広がり形状である。

【0367】

図50を参照して、形状の異なる3枚のレンズ付き基板1321乃至1323がもたらす作用について説明する。

【0368】

図50のA乃至Cは、図49に示した積層レンズ構造体1311を模式的に表した図である。

【0369】

この積層レンズ構造体1311のように、第1のレンズ付き基板1321の上面と下面に、基板の厚さが異なる第2のレンズ付き基板1322と第3のレンズ付き基板1323を配置した場合、3枚のレンズ付き基板1321乃至1323の接触面全面に渡って存在する樹脂1341の層が、積層レンズ構造体1311の厚さ方向のどの位置に存在するかによって、この積層レンズ構造体1311を反らせる力、及び、積層レンズ構造体1311の反る量が、変わる。

10

【0370】

3枚のレンズ付き基板1321乃至1323の接触面全面に渡って存在する樹脂1341の層が、積層レンズ構造体1311の中心線、即ち、積層レンズ構造体1311の厚さ方向の中点を通って、基板平面方向に走る線に対して対称に配置されていないと、第1のレンズ付き基板1321の上面と下面に配置された樹脂1341の硬化収縮によって発生する力の作用を、図48のCに示したように、完全に相殺することはできない。その結果、積層レンズ構造体1311はどちらかの方向へ反ってしまう。

20

【0371】

例えば、第1のレンズ付き基板1321の上面と下面の2層の樹脂1341が、積層レンズ構造体1311の厚さ方向の中心線よりも上側方向にずれて配置される場合、2層の樹脂1341が硬化収縮を起こすと、積層レンズ構造体1311は、図50のCに示されるように、下に凸の形状に反ってしまう。

【0372】

さらに、第2のレンズ付き基板1322と第3のレンズ付き基板1323のうち、厚さが薄い方の基板の貫通孔の断面形状が、第1のレンズ付き基板1321の方向に向かって大きくなる形状である場合には、レンズの欠損あるいは破損、となる懸念が増加する。

30

【0373】

図49に示した例では、第2のレンズ付き基板1322と第3のレンズ付き基板1323のうち、厚さが薄い方の第2のレンズ付き基板1322の貫通孔の断面形状が、第1のレンズ付き基板1321の方向に向かって大きくなる末広がり形状である。このような形状において、第1のレンズ付き基板1321の上面と下面の2層の樹脂1341が硬化収縮した際には、積層レンズ構造体1311には、図50のCに示したように下に凸の形状に反る力が作用し、この力は、図50のDに示されるように、第2のレンズ付き基板1322において、レンズと基板が離間する方向の力として作用する。この作用により、第2のレンズ付き基板1322のレンズ1332が、欠損あるいは破損、となる懸念が増加する。

40

【0374】

次に、樹脂が熱膨張する場合について考える。

【0375】

<比較構造例8>

図51は、第8の基板構造（以下、比較構造例8という。）としての、3枚のレンズ付き基板の積層で構成される積層レンズ構造体の断面図である。この積層レンズ構造体では、図48で示した比較構造例6と同様に、各レンズ付き基板の上面及び下面に配置された光硬化性樹脂の層及び面積が同一に形成されているものとする。

【0376】

50

図51の比較構造例8は、3枚のレンズ付き基板1321乃至1323の貫通孔の断面形状が、基板上面よりも基板下面の方が狭い、いわゆる下すぼみ形状である点のみが、図49の比較構造例7と異なる。

【0377】

図52のA乃至Cは、図51に示した積層レンズ構造体1311を模式的に表した図である。

【0378】

ユーザがカメラモジュールを実使用する際、動作に伴う消費電力の増大によりカメラの筐体内の温度が上昇し、カメラモジュールの温度も上昇する。この温度上昇により、図51の積層レンズ構造体1311において、第1のレンズ付き基板1321の上面と下面に配置された樹脂1341が熱膨張する。

10

【0379】

第1のレンズ付き基板1321の上面と下面に配置する樹脂1341の面積と厚さを、図48のAのように同一にしたとしても、3枚のレンズ付き基板1321乃至1323の接触面全面に渡って存在する樹脂1341の層が、積層レンズ構造体1311の中心線、即ち、積層レンズ構造体1311の厚さ方向の中点を通って、基板平面方向に走る線に対して対称に配置されていないと、第1のレンズ付き基板1321の上面と下面に配置された樹脂1341の熱膨張によって発生する発生する力の作用を、図48のCに示したように、完全に相殺することはできない。その結果、積層レンズ構造体1311はどちらかの方向へ反ってしまう。

20

【0380】

例えば、第1のレンズ付き基板1321の上面と下面の2層の樹脂1341が、積層レンズ構造体1311の厚さ方向の中心線よりも上側方向にずれて配置される場合、2層の樹脂1341が熱膨張を起こすと、積層レンズ構造体1311は、図52のCに示されるように、上に凸の形状に反ってしまう。

【0381】

さらに、図51に示した例では、第2のレンズ付き基板1322と第3のレンズ付き基板1323のうち、厚さが薄い方の第2のレンズ付き基板1322の貫通孔の断面形状が、第1のレンズ付き基板1321の方向に向かって小さくなる下すぼみ形状である。このような形状において、第1のレンズ付き基板1321の上面と下面の2層の樹脂1341が熱膨張した際には、積層レンズ構造体1311には、上に凸の形状に反る力が作用し、この力は、図52のDに示されるように、第2のレンズ付き基板1322において、レンズと基板が離間する方向の力として作用する。この作用により、第2のレンズ付き基板1322のレンズ1332が、欠損あるいは破損、となる懸念が増加する。

30

【0382】

<本構造>

図53は、本構造を採用した3枚のレンズ付き基板1361乃至1363からなる積層レンズ構造体1371を示す図である。

【0383】

図53のAは、図49の積層レンズ構造体1311に対応した構造であり、貫通孔の断面形状が、いわゆる末広がり形状の構造である。一方、図53のBは、図51の積層レンズ構造体1311に対応した構造であり、貫通孔の断面形状が、いわゆる下すぼみ形状の構造である。

40

【0384】

図54は、本構造がもたらす作用を説明するため、図53の積層レンズ構造体1371を模式的に示した図である。

【0385】

積層レンズ構造体1371は、真ん中の第1のレンズ付き基板1361の上方に第2のレンズ付き基板1362を配置し、第1のレンズ付き基板1361の下方に第3のレンズ付き基板1363を配置した構造である。

50

【0386】

最上層に配置された第2のレンズ付き基板1362と、最下層に配置された第3のレンズ付き基板1363は、基板の厚さ、及び、レンズの厚さが異なる。より具体的には、レンズの厚さが、第2のレンズ付き基板1362よりも第3のレンズ付き基板1363の方が厚く形成されており、それに伴い、基板の厚さも、第2のレンズ付き基板1362よりも第3のレンズ付き基板1363の方が厚く形成されている。

【0387】

本構造の積層レンズ構造体1371では、レンズ付き基板どうしを固着する手段として、基板どうしの直接接合が用いられる。言い換えれば、固着させるレンズ付き基板へプラズマ活性処理が施され、固着させる2つのレンズ付き基板がプラズマ接合される。さらに言い換えれば、積層する2枚のレンズ付き基板それぞれの表面に、シリコン酸化膜を形成し、これに水酸基を結合させた後、2枚のレンズ付き基板どうしを貼り合わせ、これを昇温して脱水縮合させる。こうして、2枚のレンズ付き基板が、シリコン-酸素共有結合により、直接接合されている。

10

【0388】

したがって、本構造の積層レンズ構造体1371においては、レンズ付き基板どうしを固着する手段として、樹脂による接着は用いられていない。このため、レンズ付き基板とレンズ付き基板との間に、レンズ形成用の樹脂もしくは基板を接着するための樹脂が配置されない。また、レンズ付き基板の上面や下面に樹脂が配置されないため、レンズ付き基板の上面や下面において、樹脂が熱膨張したり、硬化収縮することはない。

20

【0389】

従って、積層レンズ構造体1371では、第1のレンズ付き基板1351の上層及び下層に、レンズの厚さ、及び、基板の厚さが異なる第2のレンズ付き基板1362と第3のレンズ付き基板1363が配置されても、上述した各比較構造例1乃至8のような、硬化収縮に起因した基板の反り、及び、熱膨張に起因した基板の反りは発生しない。

【0390】

即ち、レンズ付き基板どうしを直接接合により固着させた本構造は、上方と下方に、レンズの厚さ、及び、基板の厚さが異なるレンズ付き基板を積層した場合でも、上述した各比較構造例1乃至8よりも、基板の反りを大きく抑制することができる、という作用及び効果をもたらす。

30

【0391】

<16. 各種の変形例>

上述した各実施の形態のその他の変形例について、以下説明する。

【0392】

<16.1 光学絞り付きカバーガラス>

積層レンズ構造体11の上部には、積層レンズ構造体11のレンズ21の表面を保護するため、カバーガラスを設ける場合がある。この場合、カバーガラスに、光学絞りの機能を持たせるようにすることができる。

【0393】

図55は、カバーガラスが光学絞りの機能を備える第1の構成を示す図である。

40

【0394】

図55に示されるカバーガラスが光学絞りの機能を備える第1の構成例では、積層レンズ構造体11の上部にカバーガラス1501がさらに積層されている。そして、積層レンズ構造体11とカバーガラス1501の外側に、レンズバレル74が配置されている。

【0395】

カバーガラス1501のレンズ付き基板41a側の面（図中、カバーガラス1501の下面）に、遮光膜1502が形成されている。ここで、各レンズ付き基板41a乃至41eのレンズ中心（光学中心）から所定の範囲は、遮光膜1502が形成されていない開口部1503となっており、開口部1503は、光学絞りとして機能する。これにより、例えば、図13のカメラモジュール1D等で構成されていた絞り板51が省略されている。

50

【0396】

図56は、遮光膜1502が形成されたカバーガラス1501の製造方法を説明する図である。

【0397】

初めに、図56のAに示されるように、例えば、ウエハもしくはパネルの形態のカバーガラス（ガラス基板）1501Wの一方の面全体に、光吸収材料がスピンドルコート塗布されることにより、遮光膜1502が形成される。遮光膜1502となる光吸収材料としては、例えば、カーボンブラック顔料や、チタンブラック顔料を内添した光吸収性を有する樹脂が用いられる。

【0398】

10

次に、遮光膜1502の所定の領域がリソグラフィ技術またはエッチング処理によって除去されることにより、図56のBに示されるように、開口部1503が所定の間隔で複数形成される。開口部1503の配置は、図23の担体基板81Wの貫通孔83の配置と1対1に対応する。なお、遮光膜1502と開孔部1503の別の形成方法の例として、開口部1503を除いた領域へインクジェットによって遮光膜1502となる光吸収材料噴射するという方法を用いることもできる。

【0399】

20

以上のようにして製造された基板状態のカバーガラス1501Wと、同じく基板状態の複数枚のレンズ付き基板41Wとが、貼り合わされた後、ブレードもしくはレーザなどを活用したダイシング等により個片化される。これにより、図55に示した、絞り機能を備えるカバーガラス1501が積層された積層レンズ構造体11が完成する。

【0400】

このように、半導体プロセスの一工程として、カバーガラス1501を形成することにより、別の組み立て工程でカバーガラスを形成する場合に懸念されるゴミ欠陥の発生を抑制することができる。

【0401】

図55に示した第1の構成例によれば、塗布により光学絞りを形成するので、遮光膜1502は1μm程度の薄い膜厚で形成することができ、絞り機構が所定の厚みを有することにより入射光が遮蔽されることに起因する光学性能の劣化（周辺部の減光）を抑えることができる。

30

【0402】

なお、上述した例では、カバーガラス1501Wの個片化を、複数枚のレンズ付き基板41Wと接合した後に行なったが、接合前に行なっても良い。換言すれば、遮光膜1502を備えたカバーガラス1501と5枚のレンズ付き基板41a乃至41eとの接合は、ウエハレベルで行っても良いし、チップレベルで行っても良い。

【0403】

遮光膜1502の表面は粗くしてもよい。この場合、遮光膜1502を形成したカバーガラス1501表面の表面反射を減らすとともに、遮光膜1502の表面積を増大させることができるので、カバーガラス1501とレンズ付き基板41との接合強度を向上させることができる。

40

【0404】

遮光膜1502の表面を粗面にする方法としては、例えば、遮光膜1502となる光吸収材料を塗布後、エッチングなどにより粗面に加工する方法、光吸収材料を塗布前のカバーガラス1501を粗面に形成後、光吸収材料を塗布する方法、凝集する光吸収材料により成膜後に表面に凹凸が生じるようにする方法、固体分を含んだ光吸収材料により成膜後に表面に凹凸が生じるようにする方法、などがある。

【0405】

また、遮光膜1502とカバーガラス1501との間に、反射防止膜を形成してもよい。

【0406】

50

カバーガラス 1501 が絞りの支持基板を兼用することにより、カメラモジュール 1 のサイズを小型化することができる。

【0407】

図 57 は、カバーガラスが光学絞りの機能を備える第 2 の構成を示す図である。

【0408】

図 57 に示されるカバーガラスが光学絞りの機能を備える第 2 の構成例では、カバーガラス 1501 が、レンズバレル 74 の開口部の位置に配置されている。その他の構成は、図 55 に示した第 1 の構成例と同じである。

【0409】

図 58 は、カバーガラスが光学絞りの機能を備える第 3 の構成を示す図である。

10

【0410】

図 58 に示されるカバーガラスが光学絞りの機能を備える第 3 の構成例では、遮光膜 1502 が、カバーガラス 1501 の上面、換言すれば、レンズ付き基板 41a と反対側に形成されている。その他の構成は、図 55 に示した第 1 の構成例と同じである。

【0411】

なお、図 57 に示した、レンズバレル 74 の開口部にカバーガラス 1501 を配置した構成においても、遮光膜 1502 を、カバーガラス 1501 の上面に形成してもよい。

【0412】

<16.2 貫通孔による絞り形成>

次に、上述した絞り板 51 やカバーガラス 1501 を用いた絞りに代えて、レンズ付き基板 41 の貫通孔 83 の開口自体を絞り機構とする例について説明する。

20

【0413】

図 59 の A は、貫通孔 83 の開口自体を絞り機構とする第 1 の構成例を示す図である。

【0414】

なお、図 59 の説明においては、図 58 に示した積層レンズ構造体 11 と異なる部分についてのみ説明し、同一部分の説明は適宜省略する。また、図 59 では、図が煩雑になるのを避けるため、説明に必要となる符号のみ図示されている。

【0415】

図 59 の A に示される積層レンズ構造体 11f は、図 58 に示した積層レンズ構造体 11 を構成する 5 枚のレンズ付き基板 41a 乃至 41e のうち、光入射側に最も近く、受光素子 12 から最も遠い位置にあるレンズ付き基板 41a が、レンズ付き基板 41f に置き換えられた構成とされている。

30

【0416】

レンズ付き基板 41f を図 58 のレンズ付き基板 41a と比較すると、図 58 のレンズ付き基板 41a では、上面の穴径が下面の穴径よりも大きくなっているのに対して、図 59 のレンズ付き基板 41f では、上面の穴径 D1 が下面の穴径 D2 よりも小さくなっている。すなわち、レンズ付き基板 41f の貫通孔 83 の断面形状は、いわゆる末広がり形状となっている。

【0417】

レンズ付き基板 41f の貫通孔 83 に形成されているレンズ 21 の最表面の高さ位置は、図 59 の A において一点鎖線で示される、レンズ付き基板 41f の最上面の位置よりも低くなっている。

40

【0418】

積層レンズ構造体 11f では、複数枚のレンズ付き基板 41 のうち、最上層のレンズ付き基板 41f の貫通孔 83 の光入射側の穴径が最も小さくなることにより、この貫通孔 83 の穴径の最も小さい部分（穴径 D1 の部分）が、入射光の光線を制限する光学絞りとして機能する。

【0419】

図 59 の B は、貫通孔 83 の開口自体を絞り機構とする第 2 の構成例を示す図である。

【0420】

50

図59のBに示される積層レンズ構造体11gは、図58に示した積層レンズ構造体11を構成する5枚のレンズ付き基板41a乃至41eのうち、やはり、最上層のレンズ付き基板41aが、レンズ付き基板41gに置き換えられた構成とされている。そして、レンズ付き基板41gのさらに上に、基板1511が積層された構成とされている。

【0421】

レンズ付き基板41gの貫通孔83の穴径は、図59のAに示したレンズ付き基板41fと同様、光入射側の方が小さい末広がり形状になっている。基板1511は、貫通孔83を有するが、レンズ21を保持していない基板である。レンズ付き基板41gと基板1511の貫通孔83の断面形状は、いずれも、いわゆる末広がり形状となっている。

【0422】

レンズ付き基板41gの上に基板1511が積層されることにより、入射光が入射される平面領域が、図59のAのレンズ付き基板41fよりもさらに狭められている。基板1511の上面の穴径D3は、レンズ21の曲面部分（レンズ部91）の直径D4よりも小さく構成されている。これにより、基板1511の貫通孔83の穴径の最も小さい部分（穴径D3の部分）が、入射光の光線を制限する光学絞りとして機能する。

【0423】

光学絞りの位置は、積層レンズ構造体11gのなかの最上面のレンズ21からできるだけ離れた位置にある方が、射出瞳位置を離し、シェーディングを抑えることができる。

【0424】

図59のBに示されるように、5枚のレンズ付き基板41b乃至41e及び41gのさらに上に基板1511を積層することにより、光学絞りの位置を、積層レンズ構造体11gのなかで最上面のレンズ21となる、レンズ付き基板41gのレンズ21から、光入射方向の反対方向に大きく離れた位置とすることことができ、シェーディングを抑えることができる。

【0425】

図59のCは、貫通孔83の開口自体を絞り機構とする第3の構成例を示す図である。

【0426】

図59のCに示される積層レンズ構造体11hは、図58に示した積層レンズ構造体11を構成する5枚のレンズ付き基板41a乃至41fのうちのレンズ付き基板41aのさらに上に、基板1512が積層された構成とされている。

【0427】

基板1512は、貫通孔83を有するが、レンズ21を保持していない基板である。基板1512の貫通孔83は、穴径が基板1512の最上面と最下面で異なり、上面の穴径D5が下面の穴径D5よりも小さい、いわゆる末広がり形状である。また、基板1512の最上面の穴径D5は、レンズ21の曲面部分（レンズ部91）の直径よりも小さく構成されている。これにより、この貫通孔83の穴径の最も小さい部分（穴径D5の部分）が、入射光の光線を制限する光学絞りとして機能する。なお、基板1512の形状の別の例として、上面の穴径D5が下面の穴径D5よりも大きい、いわゆる下すぼみの形状であっても良い。

【0428】

なお、図59のA乃至Cの例は、いずれも、積層レンズ構造体11を構成する複数枚のレンズ付き基板41のなかで、最上面（受光素子12から最も離れた位置）のレンズ付き基板41fの貫通孔83の穴径を、光学絞りとして構成したり、最上層に配置した基板1511若しくは1512の貫通孔83の穴径を、光学絞りとして構成する例である。

【0429】

しかしながら、積層レンズ構造体11を構成する複数枚のレンズ付き基板41のなかの、最上面以外のレンズ付き基板41b乃至41eいずれかの貫通孔83の穴径を、上述したレンズ付き基板41fまたは基板1511若しくは1512のように構成し、光学絞りとして機能させてよい。

【0430】

10

20

30

40

50

ただし、シェーディングを抑える観点では、図59のA乃至Cに示したように、光学絞りの機能を有するレンズ付き基板41は、最上層、または、可能な限り上方（受光素子12から最も遠い位置）に配置した方がよい。

【0431】

以上のように、積層レンズ構造体11を構成する複数枚のレンズ付き基板41のなかの所定の1枚のレンズ付き基板41、または、レンズ21を保持していない基板1511若しくは1512が、光学絞りの機能を兼ね備えることで、積層レンズ構造体11及びカメラモジュール1としてのサイズを小型化することができる。

【0432】

光学絞りが、レンズ21を保持するレンズ付き基板41と一体としてすることで、結像性能に影響を与える絞りに最も近いレンズ曲面と光学絞りの位置精度が向上し、結像性能を向上させることができる。

【0433】

<16.3 金属接合によるウエハレベル接合>

上述した実施の形態では、貫通孔83にレンズ21が形成されたレンズ付き基板41Wどうしを、プラズマ接合により貼り合わせるようにしたが、金属接合を用いて貼り合わせるようになることができる。

【0434】

図60は、金属接合を用いたウエハレベルでの貼り合わせを説明する図である。

【0435】

初めに、図60のAに示されるように、複数形成された貫通孔1532のそれぞれにレンズ1533が形成された基板状態のレンズ付き基板1531W-aが用意され、そのレンズ付き基板1531W-aの上側表面と下側表面に、反射防止膜1535が成膜される。

【0436】

このレンズ付き基板1531Wは、上述した基板状態のレンズ付き基板41Wに対応するものである。また、反射防止膜1535は、上述した上側表面層122と下側表面層123に対応する。

【0437】

ここで、レンズ付き基板1531W-aの上側表面に形成された反射防止膜1535の一部に、異物1536が混入された状態を想定する。レンズ付き基板1531W-aの上側表面は、後述する図60のDの工程において、レンズ付き基板1531W-bと接合される面である。

【0438】

次に、図60のBに示されるように、金属膜1542が、レンズ付き基板1531W-bとの接合面となるレンズ付き基板1531W-aの上側表面に形成される。このとき、レンズ1533が形成されている貫通孔1532の部分は、金属膜1542が形成されないように、メタルマスク1541を用いてマスクされる。

【0439】

金属膜1542の材料としては、例えば、金属接合としてよく使用されるCuを用いることができる。金属膜1542の成膜方法としては、低温で形成が可能な蒸着法やスパッタ法、イオンプレーティング法などのPVD法を用いることができる。

【0440】

なお、金属膜1542の材料としては、Cu以外に、Ni、Co、Mn、Al、Sn、In、Ag、Zn等や、これら2種以上の合金材料を用いても良い。また、塑性変形し易い金属材料であれば、例示した以外の材料でもよい。

【0441】

金属膜1542の成膜法として、PVD法とメタルマスクによる形成以外にも、例えば、銀粒子などの金属ナノ粒子を用いたインクジェット法を用いてもよい。

【0442】

次に、図60のCに示されるように、接合前の前処理として、大気に開放した際に金属

10

20

30

40

50

膜 1542 の表面に形成される酸化被膜を、ギ酸、水素ガス、水素ラジカルなどの還元性ガスを用いて除去することにより、金属膜 1542 の表面が清浄化される。

【0443】

金属膜 1542 の表面の清浄化の方法として、還元ガス以外にも、プラズマ中のArイオンを金属表面に入射させてスパッタ作用により物理的に酸化被膜を除去しても良い。

【0444】

上述した図 60 のA乃至Cと同様の工程によって、接合するもう一方の基板状態のレンズ付き基板 1531W であるレンズ付き基板 1531W-b が用意される。

【0445】

そして、図 60 のDに示されるように、レンズ付き基板 1531W-b の接合面と、レンズ付き基板 1531W-a の接合面とが向き合うように配置され、位置合わせが行われた後、適切な圧力が加えられると、レンズ付き基板 1531W-a の金属膜 1542 とレンズ付き基板 1531W-b の金属膜 1542 が、金属接合により接合される。

【0446】

ここで、レンズ付き基板 1531W-b の接合面となるレンズ付き基板 1531W-b の下側表面にも、例えば、異物 1543 が混入されているとする。しかしながら、異物 1536 や異物 1543 があっても、金属膜 1542 として、塑性変形し易い金属材料を用いているので、金属膜 1542 は変形し、レンズ付き基板 1531W-a とレンズ付き基板 1531W-b とが接合される。

【0447】

最後に、図 60 のEに示されるように、熱処理を加えることにより、金属の原子間接合、結晶化を促し、接合強度が高められる。なお、この熱処理工程は省略することもできる。

【0448】

以上のようにして、複数の貫通孔 1532 のそれぞれにレンズ 1533 が形成されたレンズ付き基板 1531W どうしを、金属接合を用いて貼り合わせることができる。

【0449】

なお、レンズ付き基板 1531W-a と金属膜 1542 の接合を得るために、密着層となる膜を、レンズ付き基板 1531W-a と金属膜 1542 との間に形成することも可能である。この場合、密着層は、反射防止膜 1535 の上側（外側）、換言すれば、反射防止膜 1535 と金属膜 1542 の間に形成される。密着層としては、例えば、Ti、Ta、または、Wなどを用いることができる。または、Ti、Ta、Wなどの窒化物若しくは酸化物、または、窒化物と酸化物との積層構造を用いても良い。レンズ付き基板 1531W-b と金属膜 1542 との接合についても同様である。

【0450】

また、レンズ付き基板 1531W-a に成膜する金属膜 1542 の材料と、レンズ付き基板 1531W-b に成膜する金属膜 1542 の材料は、異なる金属材料としてもよい。

【0451】

基板状態のレンズ付き基板 1531W どうしを、ヤング率が低く塑性変形し易い金属接合を用いて貼り合わせることで、接合面に異物が存在する場合であっても押し当て圧により変形することで接触面積が得られる。

【0452】

金属接合を用いて貼り合わせた複数のレンズ付き基板 1531W を個片化して積層レンズ構造体 11 とし、上述したカメラモジュール 1 に組み込んだ場合、金属膜 1542 は、封止性に優れ、側面からの光や水分の流入を防止することができるので、信頼性の高い積層レンズ構造体 11 及びカメラモジュール 1 を作製することができる。

【0453】

< 16.4 高濃度ドープ基板を用いたレンズ付き基板 >

図 61 は、上述したレンズ付き基板 41a の変形例であるレンズ付き基板 41a'-1 と 41a'-2 の断面図である。

10

20

30

40

50

【0454】

図61のレンズ付き基板41a'-1と41a'-2の説明では、上述したレンズ付き基板41aと同一の部分の説明は省略し、異なる部分についてのみ説明する。

【0455】

図61のAに示されるレンズ付き基板41a'-1は、シリコン基板に、B(ボロン)が高濃度に拡散(イオン注入)された高濃度ドープ基板である。レンズ付き基板41a'-1の不純物濃度は、例えば、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度の濃度であり、レンズ付き基板41a'-1は、広い範囲の波長の光を効率よく吸収することができる。

【0456】

レンズ付き基板41a'-1のその他の構成は、上述したレンズ付き基板41aと同様である。 10

【0457】

一方、図61のBに示されるレンズ付き基板41a'-2では、シリコン基板の領域が、不純物濃度が異なる2つの領域、即ち、第1の領域1551と第2の領域1552に分けられる。

【0458】

第1の領域1551は、光が入射される側の基板表面から所定の深さ(例えば、 $3 \mu\text{m}$ 程度)に形成されている。第1の領域1551の不純物濃度は、例えば、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度の高濃度である。第2の領域1552は、その不純物濃度が、例えば、 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 程度とされ、第1の濃度よりも低い濃度にされている。第1の領域1551及び第2の領域1552に拡散(イオン注入)されたイオンは、例えば、レンズ付き基板41a'-1と同様に、B(ボロン)である。 20

【0459】

レンズ付き基板41a'-2の光入射側となる第1の領域1551の不純物濃度は、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度であり、レンズ付き基板41a'-1の不純物濃度(例えば、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)よりも低い。そこで、レンズ付き基板41a'-2では、貫通孔83の側壁に形成される遮光膜121'の膜厚が、図61のAのレンズ付き基板41a'-1の遮光膜121よりも厚く形成されている。例えば、レンズ付き基板41a'-1の遮光膜121の膜厚が $2 \mu\text{m}$ であるとすると、レンズ付き基板41a'-2の遮光膜121'の膜厚は、 $5 \mu\text{m}$ に形成されている。 30

【0460】

レンズ付き基板41a'-2のその他の構成は、上述したレンズ付き基板41aと同様である。

【0461】

以上のように、レンズ付き基板41a'-1及び41a'-2として、高濃度ドープ基板を採用することにより、遮光膜121や上側表面層122を透過して基板に到達した光を基材そのもので吸収することができるので、反射光を抑制することができる。ドーピング量は、基板に到達した光を吸収できればよいため、基板に到達してくる光量や、遮光膜121や上側表面層122の膜厚によって、適宜設定することができる。

【0462】

また、レンズ付き基板41a'-1及び41a'-2として、取扱い容易なシリコン基板を用いるので、ハンドリングが容易である。遮光膜121や上側表面層122を透過して基板に到達した光を基材そのもので吸収することができるので、遮光膜121や上側表面層122、積層される基板自体の厚み等を薄くすることもでき、薄膜化、構造の簡便化が可能である。 40

【0463】

なお、レンズ付き基板41a'-1及び41a'-2において、シリコン基板にドープされるイオンは、B(ボロン)に限られず、その他、例えば、リン(P)、ヒ素(As)、またはアンチモン(Sb)などでもよく、さらに言えば、光吸収量が増加するバンド構造をとることができる元素であればよい。

【0464】

また、積層レンズ構造体11を構成するその他のレンズ付き基板41b乃至41eについても、レンズ付き基板41a'-1及び41a'-2と同様の構成とすることができます。

【0465】

<製造方法>

図62を参照して、図61のAに示したレンズ付き基板41a'-1の製造方法について説明する。

【0466】

初めに、図62のAに示されるように、B(ボロン)が高濃度に拡散(イオン注入)された基板状態の高濃度ドープ基板1561Wが用意される。高濃度ドープ基板1561Wの不純物濃度は、例えば、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度である。

10

【0467】

次に、図62のBに示されるように、高濃度ドープ基板1561Wの所定の位置に、エッティングにより、貫通孔83が形成される。図62では、紙面の制約上、2個の貫通孔83のみが示されているが、実際には、高濃度ドープ基板1561Wの平面方向に、多数の貫通孔83が形成されている。

【0468】

次に、図62のCに示されるように、貫通孔83の側壁に、黒色のレジスト材料をスプレー塗布することにより、遮光膜121が成膜される。

20

【0469】

そして、図62のDに示されるように、レンズ21を含むレンズ樹脂部82が、図23を参照して説明した上型201と下型181を用いた加圧成型により、貫通孔83の内側に形成される。

【0470】

その後、図示は省略するが、高濃度ドープ基板1561Wとレンズ樹脂部82の上側表面に上側表面層122が成膜され、高濃度ドープ基板1561Wとレンズ樹脂部82の下側表面に下側表面層123が成膜され、個片化される。これにより、図61のAに示したレンズ付き基板41a'-1が完成する。

30

【0471】

次に、図63を参照して、図61のBに示したレンズ付き基板41a'-2の製造方法について説明する。

【0472】

初めに、図63のAに示されるように、B(ボロン)が所定の濃度で拡散(イオン注入)された基板状態のドープ基板1571Wが用意される。ドープ基板1571Wの不純物濃度は、例えば、 $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 程度である。

【0473】

次に、図63のBに示されるように、ドープ基板1571Wの所定の位置に、エッティングにより、貫通孔83が形成される。図63では、紙面の制約上、2個の貫通孔83のみが示されているが、実際には、ドープ基板1571Wの平面方向に、多数の貫通孔83が形成されている。

40

【0474】

次に、図63のCに示されるように、ドープ基板1571Wの光入射面側の基板表面から所定の深さ(例えば、3μm程度)まで、B(ボロン)がイオン注入された後、900で熱処理が施される。その結果、図63のDに示されるように、不純物濃度が高濃度である第1の領域1551と、それよりも低濃度である第2の領域1552が形成される。

【0475】

そして、図63のEに示されるように、貫通孔83の側壁に、黒色のレジスト材料をスプレー塗布することにより、遮光膜121が成膜される。

【0476】

50

また、図63のFに示されるように、レンズ21を含むレンズ樹脂部82が、図23を参照して説明した上型201と下型181を用いた加圧成型により、貫通孔83の内側に形成される。

【0477】

その後、図示は省略するが、ドープ基板1571Wとレンズ樹脂部82の上側表面に上側表面層122が成膜され、ドープ基板1571Wとレンズ樹脂部82の下側表面に下側表面層123が成膜され、個片化される。これにより、図61のBに示したレンズ付き基板41a'-2が完成する。

【0478】

図1に示した積層レンズ構造体11を構成するレンズ付き基板41a乃至41eのそれを、図61に示したような高濃度ドープ基板とすることができます。これにより、基板自体の光吸収量を上げることができる。

【0479】

<17.受光素子の画素配列と絞り板の構造と用途説明>

次に、図10と図11で示したカメラモジュール1が備える受光素子12の画素配列と絞り板51の構成についてさらに説明する。

【0480】

図64は、図10と図11で示したカメラモジュール1に備わる絞り板51の平面形状の例を表す図である。

【0481】

絞り板51は、光を吸収もしくは反射することで入射を防ぐ遮蔽領域51aと、光を透過させる開口領域51bとを備える。

【0482】

図10と図11で示したカメラモジュール1に備わる4個の光学ユニット13は、絞り板51の開口領域51bの開口径が、図64のA乃至Dに示されるように、4個とも同じ大きさであっても良いし、異なる大きさであっても良い。図64の図中の「L」、「M」、「S」は、開口領域51bの開口径が「大」、「中」、「小」であることを表す。

【0483】

図64のAに記載の絞り板51は、4個の開口領域51bの開口径が同じである。

【0484】

図64のBに記載の絞り板51は、2個の開口領域51bの開口径の大きさが「中」つまり、標準的な絞りの開口である。これは例えば図13に記載したように、絞り板51が、レンズ付き基板41のレンズ21にやや重畠していて良い、言い換えれば、レンズ21の直径よりも絞り板51の開口領域51bの方がやや小さくて良い。そして、図64のBに記載の絞り板51の残りの2個の開口領域51bは、開口径の大きさが「大」つまり、先に述べた開口径の大きさが「中」のものよりも、開口径が大きい。この大きな開口領域51bは、例えば被写体の照度が低い場合に、より多くの光をカメラモジュール1に備わる受光素子12へ入射させるという作用をもたらす。

【0485】

図64のCに記載の絞り板51は、2個の開口領域51bの開口径の大きさが「中」つまり、標準的な絞りの開口である。そして、図64のCに記載の絞り板51の残りの2個の開口領域51bは、開口径の大きさが「小」つまり、先に述べた開口径の大きさが「中」のものよりも、開口径が小さい。この小さな開口領域51bは、例えば被写体の照度が高く、ここからの光を開口径の大きさが「中」である開口領域51bを通してカメラモジュール1に備わる受光素子12へ入射させると受光素子12に備わる光電変換部で発生する電荷が光電変換部の飽和電荷量を越えてしまうような場合に、受光素子12へ入射する光量を減らすという作用をもたらす。

【0486】

図64のDに記載の絞り板51は、2個の開口領域51bの開口径の大きさが「中」つまり、標準的な絞りの開口である。そして、図64のDに記載の絞り板51の残りの2個

10

20

30

40

50

の開口領域 51b は、開口径の大きさが 1 個が「大」、1 個が「小」である。これらの開口領域 51b は、図 64 の B と図 64 の C で述べた開口径の大きさが「大」および「小」の開口領域 51b と同様の作用をもたらす。

【0487】

図 65 は、図 10 と図 11 で示したカメラモジュール 1 の受光領域の構成を示している。

【0488】

カメラモジュール 1 は、図 65 に示されるように、4 個の光学ユニット 13 (不図示) を備える。そして、これら 4 個の光学ユニット 13 へ入射した光を、それぞれの光学ユニット 13 に対応した受光手段でそれぞれ受光する。そのために、図 10 と図 11 で示したカメラモジュール 1 は、受光素子 12 が、4 個の受光領域 1601a1 乃至 1601a4 を備える。

【0489】

なお受光手段に関わる別の実施の形態として、カメラモジュール 1 に備わる 1 個の光学ユニット 13 へ入射した光を受光する受光領域 1601a を、受光素子 12 が 1 個備え、カメラモジュール 1 がこのような受光素子 12 を、カメラモジュール 1 に備わる光学ユニット 13 の個数分、例えば図 10 と図 11 に記載のカメラモジュール 1 の場合は 4 個、備える構成であっても良い。

【0490】

受光領域 1601a1 乃至 1601a4 は、それぞれに光を受光する画素をアレイ状に配列した画素アレイ 1601b1 乃至 1601b4 を備える。

【0491】

なお、図 65 では、簡単のため、画素アレイに備わる画素を駆動するための回路や画素を読み出すための回路を省略し、受光領域 1601a1 乃至 1601a4 と、画素アレイ 1601b1 乃至 1601b4 と同じ大きさで表している。

【0492】

受光領域 1601a1 乃至 1601a4 に備わる画素アレイ 1601b1 乃至 1601b4 は、複数の画素からなる画素の繰り返し単位 1602c1 乃至 1602c4 を備え、これら繰り返し単位 1602c1 乃至 1602c4 を縦方向と横方向との双方にそれぞれ複数個アレイ状に配列することで、画素アレイ 1601b1 乃至 1601b4 が構成されている。

【0493】

受光素子 12 に備わる 4 個の受光領域 1601a1 乃至 1601a4 上には、それぞれに光学ユニット 13 が配置される。4 個の光学ユニット 13 は、その一部として絞り板 51 を備える。図 65 では、絞り板 51 の 4 個の開口領域 51b の開口径の一例として、図 64 の D に示した絞り板 51 の開口領域 51b が破線で示されている。

【0494】

画像の信号処理の分野では、原画像に対して適応することでより解像度が高い画像を得る技術として、超解像技術が知られている。その一例は、例えば特開 2015-102794 に開示されている。

【0495】

図 10 と図 11 に記載のカメラモジュール 1 は、断面構造として、図 13、図 16、図 17 や、図 34、図 35、図 37、図 55 に記載の構造を取り得る。

【0496】

これらのカメラモジュール 1 は、光の入射面となるモジュール 1 の表面の縦方向と横方向のそれぞれについて 2 個ずつ配置した光学ユニット 13 に備わる光軸が、同じ方向に延びている。これにより、光軸が同じ方向を向きながら、異なる受光領域を用いて、必ずしも同一ではない複数枚の画像を得ることができる。

【0497】

この様な構造のカメラモジュール 1 は、得られた複数枚の原画像を基に、これらへ超解

10

20

30

40

50

像技術を利用して、1個の光学ユニット13から得られる1枚の画像よりも、解像度が高い画像を得ることに適している。

【0498】

図66乃至図69は、図10と図11で示したカメラモジュール1の受光領域の画素の構成例を示している。

【0499】

なお、図66乃至図69において、Gの画素は、緑色波長の光を受光する画素を表し、Rの画素は、赤色波長の光を受光する画素を表し、Bの画素は、青色波長の光を受光する画素を表す。Cの画素は、可視光の全波長領域の光を受光する画素を表す。

【0500】

図66は、カメラモジュール1の受光素子12に備わる4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4の画素配列の第1の例を示している。

【0501】

4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4では、それぞれ、繰り返し単位1602c1乃至1602c4が行方向及び列方向に繰り返し配列されている。図66の繰り返し単位1602c1乃至1602c4それぞれは、R,G,B,Gの画素で構成されている。

【0502】

図66の画素配列は、可視光が照射された被写体からの入射光を赤色(R)・緑色(G)・青色(B)に分光してRGB3色からなる画像を得ることに適する、という作用をもたらす。

【0503】

図67は、カメラモジュール1の受光素子12に備わる4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4の画素配列の第2の例を示している。

【0504】

図67の画素配列は、図66の画素配列とは、繰り返し単位1602c1乃至1602c4を構成する各画素が受光する光の波長(色)の組合せが異なる。図67では、繰り返し単位1602c1乃至1602c4それぞれは、R,G,B,Cの画素で構成されている。

【0505】

図67の画素配列は、上述のようにR,G,Bに分光しないで可視光の全波長領域の光を受光するCの画素を備える。Cの画素は分光した一部の光を受光するR,G,Bの画素よりも受光する光量が多い。このためこの構成は、例えば被写体の照度が低い場合であっても、この受光量の多いCの画素で得られる情報、例えば被写体の輝度情報を用いて、明度がより高い画像あるいは輝度についての階調性がより多い画像を得ることができる、という作用をもたらす。

【0506】

図68は、カメラモジュール1の受光素子12に備わる4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4の画素配列の第3の例を示している。

【0507】

図68では、繰り返し単位1602c1乃至1602c4それぞれは、R,C,B,Cの画素で構成されている。

【0508】

図68に記載の画素の繰り返し単位1602c1乃至1602c4は、Gの画素を備えない。Gの画素に相当する情報は、C、R、及びBの画素からの情報を演算処理することによって得る。例えば、Cの画素の出力値から、Rの画素とBの画素の出力値を減じることによって得る。

【0509】

図68に記載の画素の繰り返し単位1602c1乃至1602c4は、全波長領域の光を受光するCの画素を、図67に記載の繰り返し単位1602c1乃至1602c4の2倍となる2個備える。また、図68に備わる画素アレイ1601bにおけるCの画素のピッチが、画素アレイ1601bの縦方向と横方向の双方において、図67に備わる画素ア

10

20

30

40

50

レイ 1 6 0 1 b におけるCの画素のピッチの2倍となるように、図68に記載の画素の繰り返し単位1 6 0 2 c 1乃至1 6 0 2 c 4は、2個のCの画素を繰り返し単位1 6 0 2 c の外形線の対角線方向に配置している。

【0510】

このため図68に記載の構成は、例えば被写体の照度が低い場合に、受光量の多いCの画素から得る情報、例えば輝度情報を、図67に記載の構成と比較して、2倍の解像度で得ることが可能となり、これにより解像度が2倍高くて鮮明な画像を得ることができる、という作用をもたらす。

【0511】

図69は、カメラモジュール1の受光素子12に備わる4個の画素アレイ1 6 0 1 b 1 10乃至1 6 0 1 b 4の画素配列の第4の例を示している。

【0512】

図69では、繰り返し単位1 6 0 2 c 1乃至1 6 0 2 c 4それぞれは、R,C,C,Cの画素で構成されている。

【0513】

例えば、自動車に搭載して前方を撮影するカメラ用途の場合、カラー画像は必ずしも必要とされない場合が多々ある。前方を走行する自動車の赤色のブレーキランプと道路に設置された信号機の赤信号を認識でき、かつ、他の被写体の形状を認識できることを要求される場合が多い。

【0514】

このため図69に記載の構成は、Rの画素を備えることで自動車の赤色のブレーキランプと道路に設置された信号機の赤信号を認識し、かつ、受光量の多いCの画素を図68に記載の画素の繰り返し単位1 6 0 2 c よりもさらに数多く備えることで、例えば被写体の照度が低い場合にも、より解像度が高くて鮮明な画像を得ることができる、という作用をもたらす。

【0515】

なお、図66乃至69に示した受光素子12を備えるカメラモジュール1は、そのいずれもが、絞り板51の形状として、図64のA乃至Dに記載のいずれを用いても良い。

【0516】

図66乃至69に示した受光素子12のいずれかと、図64のA乃至Dいずれかの絞り板51を備えた、図10と図11に記載のカメラモジュール1は、光の入射面となるカメラモジュール1の表面の縦方向と横方向のそれぞれについて2個ずつ配置した光学ユニット13に備わる光軸が、同じ方向に延びている。

【0517】

このような構造のカメラモジュール1は、得られた複数枚の原画像へ超解像技術を適応して、より解像度が高い画像を得ることができる、という作用をもたらす。

【0518】

図70は、図66に示した画素配列の変形例を示している。

【0519】

図66の繰り返し単位1 6 0 2 c 1乃至1 6 0 2 c 4は、R,G,B,Gの画素で構成され、同色の2つのGの画素の構造が同一であるのに対して、図70では、繰り返し単位1 6 0 2 c 1乃至1 6 0 2 c 4は、R,G1,B,G2の画素で構成され、同色の2つのGの画素、即ち、G1の画素とG2の画素で、画素の構造が異なる。

【0520】

G1の画素とG2の画素は、画素に備わる信号生成手段（例えばフォトダイオード）として、G1の画素よりもG2の画素の方が、その適正な動作限界が高いもの（例えば飽和電荷量が大きいもの）を備える。かつ、画素に備わる生成信号の変換手段（例えば電荷電圧変換容量）の大きさも、G1の画素よりもG2の画素の方が大きいものを備える。

【0521】

これらの構成により、G2の画素は、単位時間当たりに一定量の信号（例えば電荷）が生

10

20

30

40

50

成した場合の出力信号がG1の画素よりも小さく抑えられ、かつ飽和電荷量が大きいために、例えば、被写体の照度が高い場合にも、画素が動作限界には至らず、これにより高い階調性を有する画像を得られる、という作用をもたらす。

【0522】

一方、G1の画素は、単位時間当たりに一定量の信号（例えば電荷）が生成した場合に、G2の画素よりも大きな出力信号が得られるため、例えば、被写体の照度が低い場合にも、高い階調性を有する画像を得られる、という作用をもたらす。

【0523】

図70に記載の受光素子12は、このようなG1の画素とG2の画素とを備えるため、広い照度範囲において高い階調性を有する画像を得られる、いわゆるダイナミックレンジの広い画像を得られる、という作用をもたらす。10

【0524】

図71は、図68の画素配列の変形例を示している。

【0525】

図68の繰り返し単位1602c1乃至1602c4は、R,C,B,Cの画素で構成され、同色の2つのCの画素の構造が同一であるのに対して、図71では、繰り返し単位1602c1乃至1602c4は、R,C1,B,C2の画素で構成され、同色の2つのCの画素、即ち、C1の画素とC2の画素で、画素の構造が異なる。

【0526】

C1の画素とC2の画素も、画素に備わる信号生成手段（例えばフォトダイオード）として、C1の画素よりもC2の画素の方が、その動作限界が高いもの（例えば飽和電荷量が大きいもの）を備える。かつ、画素に備わる生成信号の変換手段（例えば電荷電圧変換容量）の大きさも、C1の画素よりもC2の画素の方が大きいものを備える。20

【0527】

図72は、図69の画素配列の変形例を示している。

【0528】

図69の繰り返し単位1602c1乃至1602c4は、R,C,C,Cの画素で構成され、同色の3つのCの画素の構造が同一であるのに対して、図72では、繰り返し単位1602c1乃至1602c4は、R,C1,C2,C3の画素で構成され、同色の3つのCの画素、即ち、C1乃至C3の画素で、画素の構造が異なる。30

【0529】

例えば、C1乃至C3の画素も、画素に備わる信号生成手段（例えばフォトダイオード）として、C1の画素よりもC2の画素、C2の画素よりもC3の画素の方が、その動作限界が高いもの（例えば飽和電荷量が大きいもの）を備える。また、画素に備わる生成信号の変換手段（例えば電荷電圧変換容量）の大きさも、C1の画素よりもC2の画素、C2の画素よりもC3の画素の方が大きいものを備える。

【0530】

図71及び図72に記載の受光素子12は、上記の構成を備えるため、図70に記載の受光素子12と同様、広い照度範囲において高い階調性を有する画像を得られる、いわゆるダイナミックレンジの広い画像を得られる、という作用をもたらす。40

【0531】

図70乃至図72に記載の受光素子12を備えるカメラモジュール1の絞り板51の構成としては、図64のA乃至Dに示した各種の絞り板51の構成や、それらの変形例を採用することができる。

【0532】

図70乃至図72に示した受光素子12のいずれかと、図64のA乃至Dいずれかの絞り板51を備えた、図10と図11に記載のカメラモジュール1は、光の入射面となるカメラモジュール1の表面の縦方向と横方向のそれぞれについて2個ずつ配置した光学ユニット13に備わる光軸が、同じ方向に延びている。

【0533】

10

20

30

40

50

このような構造のカメラモジュール1は、得られた複数枚の原画像へ超解像技術を適応して、より解像度が高い画像を得ることができる、という作用をもたらす。

【0534】

図73のAは、カメラモジュール1の受光素子12に備わる4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4の画素配列の第5の例を示している。

【0535】

受光素子12に備わる4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4は、上述したように必ずしも同一の構造ではなく、図73のAに示されるように、異なる構造であっても良い。

【0536】

図73のAに示される受光素子12においては、画素アレイ1601b1と画素アレイ1601b4の構造が同じであり、画素アレイ1601b1と1601b4を構成する繰り返し単位1602c1と1602c4の構造も同じである。

【0537】

これに対して、画素アレイ1601b2と画素アレイ1601b3の構造は、画素アレイ1601b1と画素アレイ1601b4の構造と異なる。具体的には、画素アレイ1601b2と画素アレイ1601b3の繰り返し単位1602c2と1602c3に含まれる画素サイズが、画素アレイ1601b1と画素アレイ1601b4の繰り返し単位1602c1と1602c4の画素サイズより大きい。さらに言えば、画素に含まれる光電変換部の大きさが大きい。画素サイズが大きいため、繰り返し単位1602c2と1602c3の領域サイズも、繰り返し単位1602c1と1602c4の領域サイズよりも大きい。このため、画素アレイ1601b2と画素アレイ1601b3は、画素アレイ1601b1と画素アレイ1601b4と比較して、同じ面積ではあるが、少ない画素数で構成されている。

【0538】

図73のAの受光素子12を備えるカメラモジュール1の絞り板51の構成としては、図64のA乃至Cに示した各種の絞り板51の構成、もしくは、図73のB乃至Dに示される絞り板51の構成、または、それらの変形例を採用することができる。

【0539】

一般的に、大きな画素を用いる受光素子は、小さな画素を用いる受光素子よりも、信号ノイズ比(S/N比)の良い画像を得られる、という作用をもたらす。

【0540】

例えば信号の読み出し回路や読み出した信号を増幅する回路でのノイズの大きさは、大きな画素を用いる受光素子と小さな画素を用いる受光素子とでほぼ同じであるのに対して、画素に備わる信号生成部で生成する信号の大きさは、画素が大きいほど大きくなる。

【0541】

このため、大きな画素を用いる受光素子は、小さな画素を用いる受光素子よりも、信号ノイズ比(S/N比)の良い画像を得られる、という作用をもたらす。

【0542】

一方、画素アレイの大きさが同じであるならば、小さな画素を用いる受光素子は、大きな画素を用いる受光素子よりも、解像度が高くなる。

【0543】

このため、小さな画素を用いる受光素子は、大きな画素を用いる受光素子よりも、解像度の高い画像を得られる、という作用をもたらす。

【0544】

図73のAに記載の受光素子12に備わる上記の構成は、例えば、被写体の照度が高くそれゆえ受光素子12において大きな信号が得られる場合には、画素サイズが小さく解像度が高い受光領域1601a1と1601a4を用いて、解像度の高い画像を得ることが可能となり、さらにこれら2枚の画像へ超解像技術を適応してより解像度の高い画像を得る、という作用をもたらす。

10

20

30

40

50

【0545】

また、被写体の照度が低くそれゆえ受光素子12において大きな信号が得られないために、画像のS/N比が低下する懸念がある場合には、S/N比の高い画像が得られる受光領域1601a2と1601a3を用いて、S/N比の高い画像を得ることが可能となり、さらにこれら2枚の画像へ超解像技術を適応してより解像度の高い画像を得る、という作用をもたらす。

【0546】

この場合、図73のAに示した受光素子12を備えるカメラモジュール1は、絞り板51の形状として、図73のB乃至Dに記載した絞り板51の形状に関わる3枚のうち、例えば、図73のBに記載の絞り板51の形状を用いて良い。

10

【0547】

図73のB乃至Dに記載した絞り板51の形状に関わる3枚のうち、例えば、図73のCの絞り板51は、大きな画素を用いた受光領域1601a2と1601a3と組み合わせて用いる絞り板51の開口領域51bが、他の受光領域と組み合わせて用いる絞り板51の開口領域51bよりも大きい。

【0548】

このため、図73のB乃至Dに記載した絞り板51の形状に関わる3枚のうち、図73のCの絞り板51を、図73のAに示した受光素子12と組み合わせて用いるカメラモジュール1は、図73のBの絞り板51を、図73のAに示した受光素子12と組み合わせて用いるカメラモジュール1よりも、例えば、被写体の照度が低くそれゆえ受光素子12において大きな信号が得られない場合に、受光領域1601a2と1601a3において、よりS/N比の高い画像を得ることが可能になる、という作用をもたらす。

20

【0549】

図73のB乃至Dに記載した絞り板51の形状に関わる3枚のうち、例えば、図73のDの絞り板51は、大きな画素を用いた受光領域1601a2と1601a3と組み合わせて用いる絞り板51の開口領域51bが、他の受光領域と組み合わせて用いる絞り板51の開口領域51bよりも小さい。

【0550】

このため、図73のB乃至Dに記載した絞り板51の形状に関わる3枚のうち、図73のDの絞り板51を、図73のAに示した受光素子12と組み合わせて用いるカメラモジュール1は、図73のB乃至Dに記載した絞り板51の形状に関わる3枚のうち、図73のBの絞り板51を、図73のAに示した受光素子12と組み合わせて用いるカメラモジュール1よりも、例えば、被写体の照度が高くそれゆえ受光素子12において大きな信号が得られる場合に、受光領域1601a2と1601a3へ入射する光の量を抑える、という作用をもたらす。

30

【0551】

これにより、受光領域1601a2と1601a3に備わる画素へ過大な光が入射してしまい、これにより受光領域1601a2と1601a3に備わる画素の適正な動作限界を超えてしまう（例えば飽和電荷量を越えてしまう）という事態の発生を抑える、という作用をもたらす。

40

【0552】

図74のAは、カメラモジュール1の受光素子12に備わる4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4の画素配列の第6の例を示している。

【0553】

図74のAに示される受光素子12においては、画素アレイ1601b1の繰り返し単位1602c1の領域サイズが、画素アレイ1601b2及び1601b3の繰り返し単位1602c1及び1602c2の領域サイズよりも小さい。画素アレイ1601b4の繰り返し単位1602c4の領域サイズは、画素アレイ1601b2及び1601b3の繰り返し単位1602c1及び1602c2の領域サイズよりも大きい。

【0554】

50

即ち、繰り返し単位 1602c1 乃至 1602c4 の領域サイズには、繰り返し単位 1602c1 < (繰り返し単位 1602c2 = 繰り返し単位 1602c3) < 繰り返し単位 1602c4、という関係がある。

【0555】

繰り返し単位 1602c1 乃至 1602c4 の領域サイズが大きいほど、画素サイズも大きく、光電変換部のサイズも大きい。

【0556】

図 74 の A の受光素子 12 を備えるカメラモジュール 1 の絞り板 51 の構成としては、図 64 の A 乃至 C に示した各種の絞り板 51 の構成、もしくは、図 74 の B 乃至 D に示される絞り板 51 の構成、または、それらの変形例を採用することができる。

10

【0557】

図 74 の A に記載の受光素子 12 に備わる上記の構成は、例えば、被写体の照度が高くそれゆえ受光素子 12 において大きな信号が得られる場合には、画素サイズが小さく解像度が高い受光領域 1601a1 を用いて、解像度の高い画像を得ることが可能となる、という作用をもたらす。

【0558】

また、被写体の照度が低くそれゆえ受光素子 12 において大きな信号が得られないために、画像の S/N 比が低下する懸念がある場合には、S/N 比の高い画像が得られる受光領域 1601a2 と 1601a3 を用いて、S/N 比の高い画像を得ることが可能となり、さらにこれら 2 枚の画像へ超解像技術を適応してより解像度の高い画像を得る、という作用をもたらす。

20

【0559】

被写体の照度がさらに低くそれゆえ受光素子 12 において画像の S/N 比がさらに低下する懸念がある場合には、S/N 比のさらに高い画像が得られる受光領域 1601a4 を用いて、S/N 比のさらに高い画像を得ることが可能となり、という作用をもたらす。

【0560】

この場合、図 74 の A に示した受光素子 12 を備えるカメラモジュール 1 は、絞り板 51 の形状として、図 74 の B 乃至 D に記載した絞り板 51 の形状に関わる 3 枚のうち、例えば、図 74 の B に記載の絞り板 51 の形状を用いて良い。

30

【0561】

図 74 の B 乃至 D に記載した絞り板 51 の形状に関わる 3 枚のうち、例えば、図 74 の C の絞り板 51 は、大きな画素を用いた受光領域 1601a2 と 1601a3 と組み合わせて用いる絞り板 51 の開口領域 51b が、小さな画像を用いた受光領域 1601a1 と組み合わせて用いる絞り板 51 の開口領域 51b よりも大きい。また、さらに大きな画素を用いた受光領域 1601a4 と組み合わせて用いる絞り板 51 の開口領域 51b は、さらに大きい。

【0562】

このため、図 74 の B 乃至 D に記載した絞り板 51 の形状に関わる 3 枚のうち、図 74 の C の絞り板 51 を、図 74 の A に示した受光素子 12 と組み合わせて用いるカメラモジュール 1 は、図 74 の B 乃至 D に記載した絞り板 51 の形状に関わる 3 枚のうち、図 74 の B の絞り板 51 を、図 74 の A に示した受光素子 12 と組み合わせて用いるカメラモジュール 1 よりも、例えば、被写体の照度が低くそれゆえ受光素子 12 において大きな信号が得られない場合に、受光領域 1601a2 と 1601a3 とにおいて、より S/N 比の高い画像を得ることが可能になると共に、被写体の照度がさらに低い場合に、受光領域 1601a4 において、さらに S/N 比の高い画像を得ることが可能になる、という作用をもたらす。

40

【0563】

図 74 の B 乃至 D に記載した絞り板 51 の形状に関わる 3 枚のうち、例えば、図 74 の D の絞り板 51 は、大きな画素を用いた受光領域 1601a2 と 1601a3 と組み合わせて用いる絞り板 51 の開口領域 51b が、小さな画像を用いた受光領域 1601a1 と組

50

み合わせて用いる絞り板 51 の開口領域 51b よりも小さい。また、さらに大きな画素を用いた受光領域 1601a4 と組み合わせて用いる絞り板 51 の開口領域 51b は、さらに小さい。

【 0 5 6 4 】

このため、図 74 のB乃至Dに記載した絞り板 51 の形状に関わる3枚のうち、図 74 のDの絞り板 51 を、図 74 のAに示した受光素子 12 と組み合わせて用いるカメラモジュール 1 は、図 74 のB乃至Dに記載した絞り板 51 の形状に関わる3枚のうち、図 74 のBの絞り板 51 を、図 74 のAに示した受光素子 12 と組み合わせて用いるカメラモジュール 1 よりも、例えば、被写体の照度が高くそれゆえ受光素子 12 において大きな信号が得られる場合に、受光領域 1601a2 と 1601a3 へ入射する光の量を抑える、という作用をもたらす。

10

【 0 5 6 5 】

これにより、受光領域 1601a2 と 1601a3 に備わる画素へ過大な光が入射してしまい、これにより受光領域 1601a2 と 1601a3 に備わる画素の適正な動作限界を超えててしまう（例えば飽和電荷量を越えてしまう）という事態の発生を抑える、という作用をもたらす。

【 0 5 6 6 】

また、受光領域 1601a4 へ入射する光の量をさらに抑え、これにより、受光領域 1601a4 に備わる画素へ過大な光が入射してしまい、これにより受光領域 1601a4 に備わる画素の適正な動作限界を超えててしまう（例えば飽和電荷量を越えてしまう）という事態の発生をも抑える、という作用をもたらす。

20

【 0 5 6 7 】

なお、別の実施形態として、例えば一般的なカメラで用いられるように、複数枚の板を組み合わせ、その位置関係を変えることで開口の大きさを変える絞りと同様の構造を用いて、開口領域 51b が可変となる絞り板 51 をカメラモジュールが備え、被写体の照度に応じて絞りの開口の大きさを変える構造としても良い。

【 0 5 6 8 】

例えば、図 73 のAと図 74 のAに記載の受光素子 12 を用いる場合に、被写体の照度が低い場合には、図 73 のB乃至Dと図 74 のB乃至Dに記載した絞り板 51 の形状に関わる3枚のうち、図 73 のCと図 74 のCの形状を用いて、これよりも被写体の照度が高い場合には、図 73 のBと図 74 のBの形状を用いて、これよりもさらに被写体の照度が高い場合には、図 73 のDと図 74 のDの形状を用いる、という構造としても良い。

30

【 0 5 6 9 】

図 75 は、カメラモジュール 1 の受光素子 12 に備わる4個の画素アレイ 1601b1 乃至 1601b4 の画素配列の第7の例を示している。

【 0 5 7 0 】

図 75 に示される受光素子 12 では、画素アレイ 1601b1 の全画素は、緑色の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ 1601b2 の全画素は、青色の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ 1601b3 の全画素は、赤色の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ 1601b4 の全画素は、緑色の波長の光を受光する画素で構成されている。

40

【 0 5 7 1 】

図 76 は、カメラモジュール 1 の受光素子 12 に備わる4個の画素アレイ 1601b1 乃至 1601b4 の画素配列の第8の例を示している。

【 0 5 7 2 】

図 76 に示される受光素子 12 では、画素アレイ 1601b1 の全画素は、緑色の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ 1601b2 の全画素は、青色の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ 1601b3 の全画素は、赤色の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ 1601b4 の全画素は、可視光全体の領域の波長の光を受光する画素で構成されている。

50

【0573】

図77は、カメラモジュール1の受光素子12に備わる4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4の画素配列の第9の例を示している。

【0574】

図77に示される受光素子12では、画素アレイ1601b1の全画素は、可視光全体の領域の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ1601b2の全画素は、青色の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ1601b3の全画素は、赤色の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ1601b4の全画素は、可視光全体の領域の波長の光を受光する画素で構成されている。

【0575】

図78は、カメラモジュール1の受光素子12に備わる4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4の画素配列の第10の例を示している。

【0576】

図78に示される受光素子12では、画素アレイ1601b1の全画素は、可視光全体の領域の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ1601b2の全画素は、可視光全体の領域の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ1601b3の全画素は、赤色の波長の光を受光する画素で構成されている。画素アレイ1601b4の全画素は、可視光全体の領域の波長の光を受光する画素で構成されている。

【0577】

図75乃至図78に示したように、受光素子12の画素アレイ1601b1乃至1601b4は、画素アレイ単位で同一帯域の波長の光を受光するように構成することができる。

【0578】

従来から知られるRGB3板式の固体撮像装置は、受光素子を3個備えそれぞれの受光素子が、R画像のみ、G画像のみ、B画像のみ、を撮影する。従来から知られるRGB3板式の固体撮像装置は、1個の光学ユニットへ入射した光を、プリズムによって3方向へ分光した後、3個の受光素子を用いて受光している。このため、3個の受光素子へ入射する被写体画像の位置は、3個の間で同一である。このためこれら3個の画像へ超解像技術を適用して、感度の高い画像を得ることは難しい。

【0579】

これに対して、図75乃至図78に記載の受光素子12いずれかを用いる、図10と図11に記載のカメラモジュール1は、光の入射面となるカメラモジュール1の表面において、その面内の縦方向と横方向のそれぞれに2個ずつ光学ユニット13が配置され、かつこれら4個の光学ユニット13に備わる光軸が、平行となって同じ方向に延びている。これにより、光軸が同じ方向を向きながら、受光素子12が備える4個の異なる受光領域1601a1乃至1601a4を用いて、必ずしも同一ではない複数枚の画像を得ることができる。

【0580】

この様な構造のカメラモジュール1は、上記の配置の4個の光学ユニット13から得られた複数枚の画像を基に、これらへ超解像技術を利用して、1個の光学ユニット13から得られる1枚の画像よりも、解像度が高い画像を得ることができる、という作用をもたらす。

【0581】

なお、図75に記載の受光素子12によって、G、R、G、B、4枚の画像を得る構成は、図66に記載の受光素子12において、G、R、G、B、4個の画素を繰り返し単位とする構成によってもたらされる作用と、同様の作用をもたらす。

【0582】

図76に記載の受光素子12において、R、G、B、C、4枚の画像を得る構成は、図67に記載の受光素子12において、R、G、B、C、4個の画素を繰り返し単位とする構成によってもたらされる作用と、同様の作用をもたらす。

10

20

30

40

50

【0583】

図77に記載の受光素子12において、R、C、B、C、4枚の画像を得る構成は、図68に記載の受光素子12において、R、C、B、C、4個の画素を繰り返し単位とする構成によってもたらされる作用と、同様の作用をもたらす。

【0584】

図78に記載の受光素子12において、R、C、C、C、4枚の画像を得る構成は、図69に記載の受光素子12において、R、C、C、C、4個の画素を繰り返し単位とする構成によってもたらされる作用と、同様の作用をもたらす。

【0585】

図75乃至図78に示した受光素子12いずれかを備えるカメラモジュール1の絞り板51の構成としては、図64のA乃至Dに示した各種の絞り板51の構成や、それらの変形例を採用することができる。10

【0586】

図79のAは、カメラモジュール1の受光素子12に備わる4個の画素アレイ1601b1乃至1601b4の画素配列の第11の例を示している。

【0587】

図79のAに示される受光素子12においては、画素アレイ1601b1乃至1601b4それぞれで、1画素の画素サイズ、または、各画素が受光する光の波長が異なる。

【0588】

画素サイズについては、画素アレイ1601b1が最も小さく、画素アレイ1601b2と1601b3が同サイズで、画素アレイ1601b1よりも大きく、画素アレイ1601b4が、画素アレイ1601b2と1601b3よりも、さらに大きく構成されている。画素サイズの大きさは、各画素が備える光電変換部の大きさと比例する。20

【0589】

各画素が受光する光の波長については、画素アレイ1601b1、1601b2、及び1601b4は、可視光全体の領域の波長の光を受光する画素で構成され、画素アレイ1601b3は、赤色の波長の光を受光する画素で構成されている。

【0590】

図79のAに記載の受光素子12に備わる上記の構成は、例えば、被写体の照度が高くそれゆえ受光素子12において大きな信号が得られる場合には、画素サイズが小さく解像度が高い受光領域1601a1を用いて、解像度の高い画像を得ることが可能となる、という作用をもたらす。30

【0591】

また、被写体の照度が低くそれゆえ受光素子12において大きな信号が得られないために、画像のS/N比が低下する懸念がある場合には、S/N比の高い画像が得られる受光領域1601a2を用いて、S/N比の高い画像を得ることが可能となる、という作用をもたらす。

【0592】

被写体の照度がさらに低くそれゆえ受光素子12において画像のS/N比がさらに低下する懸念がある場合には、S/N比のさらに高い画像が得られる受光領域1601a4を用いて、S/N比のさらに高い画像を得ることが可能となり、という作用をもたらす。40

【0593】

なお、図79のAに記載の受光素子12へ、図79のB乃至Dに記載した絞り板51の形状に関わる3枚のうち、図79のBの絞り板51を組み合わせて用いる構成は、図74のAに記載の受光素子12へ、図74のB乃至Dに記載した絞り板51の形状に関わる3枚のうち、図74のBの絞り板51を組み合わせて用いる構成によってもたらされる作用と、同様の作用をもたらす。

【0594】

また、図79のAに記載の受光素子12へ、図79のB乃至Dに記載した絞り板51の形状に関わる3枚のうち、図79のCの絞り板51を組み合わせて用いる構成は、図74のA50

に記載の受光素子 12 へ、図 7 4 のB乃至Dに記載した絞り板 51 の形状に関わる 3 枚のうち、図 7 4 のCの絞り板 51 を組み合わせて用いる構成によってもたらされる作用と、同様の作用をもたらす。

【 0 5 9 5 】

また、図 7 9 のAに記載の受光素子 12 へ、図 7 9 のB乃至Dに記載した絞り板 51 の形状に関わる 3 枚のうち、図 7 9 のDの絞り板 51 を組み合わせて用いる構成は、図 7 4 のAに記載の受光素子 12 へ、図 7 4 のB乃至Dに記載した絞り板 51 の形状に関わる 3 枚のうち、図 7 4 のDの絞り板 51 を組み合わせて用いることによってもたらされる作用と、同様の作用をもたらす。

【 0 5 9 6 】

10

図 7 9 のAの受光素子 12 を備えるカメラモジュール 1 には、図 6 4 のA若しくはDに示した絞り板 51 の構成、若しくは、図 7 9 のB乃至Dに示される絞り板 51 の構成、または、それらの変形例を採用することができる。

【 0 5 9 7 】

< 1 8 . カメラモジュールの第 1 2 の実施の形態 >

図 8 0 は、本技術を適用した積層レンズ構造体を用いたカメラモジュールの第 1 2 の実施の形態を示す図である。

【 0 5 9 8 】

図 8 0 のAは、カメラモジュール 1 の第 1 2 の実施の形態としてのカメラモジュール 1M の外観を示す模式図であり、図 8 0 のBは、図 8 0 のAにおいて 1 点鎖線で示されるX-X' 線のカメラモジュール 1M の断面図である。

20

【 0 5 9 9 】

カメラモジュール 1M は、複数のレンズ付き基板 4 1 a 乃至 4 1 e が積層された積層レンズ構造体 11 と、受光素子 12 を含んで構成される。積層レンズ構造体 11 は、9 個の光学ユニット 13 を備え、受光素子 12 は、9 個の光学ユニット 13 それぞれに対応して、光学ユニット 13 を介して入射された光を受光する受光部（受光領域）2 0 1 1 を備える。従って、カメラモジュール 1M は、複眼カメラモジュールである。

【 0 6 0 0 】

積層レンズ構造体 11 の上面には絞り板 51 が配置されている。絞り板 51 には、9 個の光学ユニット 13 それぞれに対応して開口部 52 が形成されている。9 個の光学ユニット 13 それぞれに対応する 9 個の開口部 52 は、開口径の大きい 4 個の開口部 52 A と、開口径の小さい 5 個の開口部 52 B とに分けられる。

30

【 0 6 0 1 】

開口径の大きい 4 個の開口部 52 A は、レンズ 21 の径が大きい光学ユニット 13 に対応し、第 1 のピッチPA だけ離れて配置されている。開口径の小さい 5 個の開口部 52 B は、レンズ 21 の径が小さい光学ユニット 13 に対応し、第 1 のピッチPA と異なる第 2 のピッチPB だけ離れて配置されている。

【 0 6 0 2 】

以下では、第 1 のピッチPA だけ離れて配置された、レンズ 21 の径が大きい光学ユニット 13 を第 1 の光学ユニット 13 A と称し、第 2 のピッチPB だけ離れて配置された、レンズ 21 の径が小さい第 2 の光学ユニット 13 B と称する。第 1 のピッチPA だけ離れて配置された 4 個の第 1 の光学ユニット 13 A は、第 4 の実施の形態として図 1 1 に示したカメラモジュール 1D の光学ユニット 13 と同様の構成である。

40

【 0 6 0 3 】

カメラモジュール 1M は、絞り板 51 の上面に、カバーガラス 2 0 0 2 を備える。

【 0 6 0 4 】

カバーガラス 2 0 0 2 の上面には、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタ 2 0 0 3 が形成されている。波長選択フィルタ 2 0 0 3 は、開口径の小さい 5 個の開口部 52 B に対応するように、カバーガラス 2 0 0 2 上の 5 か所に形成されている。

【 0 6 0 5 】

50

5個の波長選択フィルタ2003は、それぞれ、光を通過させる波長が異なり、波長選択フィルタ2003R、2003G、2003B、2003C、及び2003IRに区別される。

【0606】

図81は、波長選択フィルタ2003R、2003G、2003B、2003C、及び2003IRのフィルタ特性を示すグラフである。

【0607】

波長選択フィルタ2003Rは、赤色(R)の波長の光を通過させる。波長選択フィルタ2003Gは、緑色(G)の波長の光を通過させる。波長選択フィルタ2003Bは、青色(B)の波長の光を通過させる。波長選択フィルタ2003Cは、可視光(RGB)の波長の光を通過させる。波長選択フィルタ2003IRは、赤外光(IR)の波長の光を通過させる。

10

【0608】

図80のBに示されるように、9個の光学ユニット13の下側には、受光素子12の受光部2011が形成されており、各光学ユニット13を通過した光は、対応する受光部2011に入射され、受光される。

【0609】

以上のように構成される第12の実施の形態としてのカメラモジュール1Mでは、図11に示したカメラモジュール1Dと同様の、第1のピッチPAで配置される複数個の第1の光学ユニット13Aの間の領域に、レンズ径の小さい複数個の第2の光学ユニット13Bが、第1のピッチPAと異なる第2のピッチPBで配置されている。そして、第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bの開口部52Bの上方に、波長選択フィルタ2003が形成されている。

20

【0610】

これにより、第2のピッチPBで配置された複数の光学ユニット13に対応する受光部2011において、赤色、緑色、青色、可視光、及び赤外光の波長ごとの光量を検出することができ、検出された波長ごとの光量に基づいて、光源を推定することができる。光源の推定結果は、例えば、ホワイトバランス調整に用いることができる。

【0611】

図82を参照して、第12の実施の形態の変形例について説明する。

30

【0612】

図82のAは、第12の実施の形態の第1の変形例を示す断面図である。

【0613】

図82のAに示される第1の変形例では、波長選択フィルタ2003が、カバーガラス2002上面ではなく、カバーガラス2002下面の開口部52Bに形成されている。

【0614】

なお、波長選択フィルタ2003が形成される位置は、カバーガラス2002の上面または下面以外でもよい。例えば、受光部2011の上に波長選択フィルタ2003が配置されてもよいし、レンズ21自身が波長選択フィルタの機能を有していてもよい。従って、波長選択フィルタ2003は、第2の光学ユニット13Bの光軸上に配置されていれば、どの位置でもよい。

40

【0615】

また、第2のピッチで配置された第2の光学ユニット13Bにおいて、積層レンズ構造体11を構成する各層のレンズ付き基板41のレンズ21は、設計仕様等に応じて省略することができる。

【0616】

図82のBは、第12の実施の形態の第2の変形例を示す断面図である。

【0617】

図82のBに示される第2の変形例では、波長選択フィルタ2003が省略されている。

50

【0618】

また、第2の変形例では、第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bの光学パラメータが、第1のピッチPAで配置された第1の光学ユニット13Aの光学パラメータと異なる。

【0619】

即ち、図80の例では、第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bは、第1のピッチPAで配置された第1の光学ユニット13Aと同様に、5枚のレンズ21を有していた。これに対し、図82のBでは、第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bは、2枚のレンズ21しか有していない。これにより、第1のピッチPAで配置された第1の光学ユニット13Aと第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bとは
10 焦点距離が異なる。

【0620】

図82のBに示される第2の変形例によれば、第1のピッチPAで配置された第1の光学ユニット13Aと、第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bの2種類の光学ユニット13を、例えば、近景を撮影するための焦点距離が短い第1の光学ユニット13Aと、遠景を撮影するために焦点距離が長い第2の光学ユニット13Bとすることができます。

【0621】

なお、第2の光学ユニット13Bの下の受光部2011の画素配列は、図66乃至図78で説明した第1の光学ユニット13Aの下の受光部2011の画素配列と同様とすることができます。

20

【0622】

図82のCは、第12の実施の形態の第3の変形例を示す断面図である。

【0623】

図82のCに示される第3の変形例では、第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bの光軸上に、光を発する発光部であるLED (Light Emitting Diode) 2021が設けられている。換言すれば、第2の光学ユニット13Bの下の受光素子12の受光部2011が、発光部としてのLED 2021に置き換えられている。

【0624】

また、第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bの光軸上の、レンズ付き基板41a乃至41eの各レンズ21と波長選択フィルタ2003が省略されている。

30

【0625】

第3の変形例によれば、LED 2021から発した光を、第1のピッチPAで配置された第1の光学ユニット13Aの受光部2011で受光することで、ToF (Time of Flight) 方式を用いて被写体までの距離を計測する測距機能を、カメラモジュール1Mに持たせることができる。

【0626】

(製造方法)

次に、図83を参照して、第12の実施の形態に係るカメラモジュール1Mに用いられる積層レンズ構造体11の製造方法を説明する。

40

【0627】

なお、図83では、第2のピッチPBで配置される第2の光学ユニット13Bにはレンズ21が形成されていない場合について説明する。

【0628】

初めに、図83のAに示されるように、積層レンズ構造体11において最下層に位置する基板状態のレンズ付き基板41W' - eが用意される。

【0629】

レンズ付き基板41W' - eには、第1のピッチPAで配置された第1の光学ユニット13Aの貫通孔83 (以下、第1の貫通孔83Aと称する。) と、第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bの貫通孔83 (以下、第2の貫通孔83Bと称する。) が形成

50

されている。

【0630】

また、第1の光学ユニット13Aの第1の貫通孔83Aの内側にはレンズ21が形成されており、第2の光学ユニット13Bの第2の貫通孔83Bの内側にはレンズ21が形成されていない。図83のA乃至Fにおいて、第2の貫通孔83B付近の破線は、第2の貫通孔83B以外の部分では、レンズ付き基板41W'-eが1枚の基板で繋がっていることを表している。

【0631】

次に、図83のBに示されるように、積層レンズ構造体11において下から2層目に位置する基板状態のレンズ付き基板41W'-dが、図31を参照して説明した基板状態のレンズ付き基板41Wどうしの接合方法を用いて、基板状態のレンズ付き基板41W'-eの上に接合される。

10

【0632】

なお、図83のB乃至Fでは、図面が煩雑になることを避けるために、基板状態のレンズ付き基板41W'-a乃至41W'-e以外の符号は省略するが、基板状態のレンズ付き基板41W'-a乃至41W'-dそれぞれにおいても、第1のピッチPAで配置された第1の光学ユニット13Aの第1の貫通孔83Aの内側にはレンズ21が形成されており、第2のピッチPBで配置された第2の光学ユニット13Bの第2の貫通孔83Bの内側にはレンズ21が形成されていない。

【0633】

20

次に、図83のCに示されるように、積層レンズ構造体11において下から3層目に位置する基板状態のレンズ付き基板41W'-cが、図31を参照して説明した基板状態のレンズ付き基板41Wどうしの接合方法を用いて、基板状態のレンズ付き基板41W'-dの上に接合される。

【0634】

次に、図83のDに示されるように、積層レンズ構造体11において下から4層目に位置する基板状態のレンズ付き基板41W'-bが、図31を参照して説明した基板状態のレンズ付き基板41Wどうしの接合方法を用いて、基板状態のレンズ付き基板41W'-cの上に接合させる。

【0635】

30

次に、図83のEに示されるように、積層レンズ構造体11において下から5層目に位置する基板状態のレンズ付き基板41W'-aが、図31を参照して説明した基板状態のレンズ付き基板41Wどうしの接合方法を用いて、基板状態のレンズ付き基板41W'-bの上に接合される。

【0636】

最後に、図83のFに示されるように、積層レンズ構造体11においてレンズ付き基板41aの上層に位置する絞り板51Wが、図31を参照して説明した基板状態のレンズ付き基板41Wどうしの接合方法を用いて、基板状態のレンズ付き基板41W'-aの上に接合される。

【0637】

40

以上のように、基板状態の5枚のレンズ付き基板41W'-a乃至41W'-eを、積層レンズ構造体11における下層のレンズ付き基板41W'から、上層のレンズ付き基板41W'へと、1枚ずつ順番に積層していくことで、基板状態の積層レンズ構造体11W'が得られる。

【0638】

そして、所要の領域に波長選択フィルタ2003が形成されたカバーガラス2002と、基板状態のセンサ基板43Wが、例えば図6及び図7を参照して説明したように積層された後、モジュール単位に個片化されることで、最終的なカメラモジュール1Mが得られる。

【0639】

50

第2のピッチで配置された第2の光学ユニット13Bの第2の貫通孔83Bの内側にレンズ21が形成されたカメラモジュール1Mとする場合には、基板状態のレンズ付き基板41W' - a乃至41W' - eにおいて、第2の光学ユニット13Bの第2の貫通孔83Bの内側にもレンズ21が形成されたものとすればよい。

【0640】

なお、図33を参照して説明したように、基板状態の5枚のレンズ付き基板41W' - a乃至41W' - eを、積層レンズ構造体11における上層のレンズ付き基板41W'から、下層のレンズ付き基板41W'へと、1枚ずつ順番に積層していくことで、基板状態の積層レンズ構造体11W'を製造することも可能である。

【0641】

以上のように、第12の実施の形態に係るカメラモジュール1Mは、開口幅が異なる第1の貫通孔83Aと第2の貫通孔83Bが形成された基板の少なくとも第1の貫通孔83Aの内側にレンズ21が配置されたレンズ付き基板41どうしを直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体11と、直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数枚のレンズ21を含む第1の光学ユニット13Aそれぞれに対応して、第1の光学ユニット13Aを介して入射された光を受光する複数個の受光部2011を備える受光素子12とを備える。

【0642】

第1のピッチPAで配置される複数の第1の光学ユニット13Aの間の領域に、第1の光学ユニット13Aより貫通孔83の開口幅の小さい複数の第2の光学ユニット13Bが、第1のピッチPAと異なる第2のピッチPBで配置されることにより、図11に示したカメラモジュール1Dのように、第1のピッチPAで配置された複数個の第1の光学ユニット13Aのみを備える場合と比べて、第1の光学ユニット13Aの空いている領域を有効に利用することができ、複数の第1の光学ユニット13Aの受光部2011で得られる画像情報とは異なる情報を取得することができる。

【0643】

換言すれば、カメラモジュール1のチップサイズを大きくすることなく、取得情報を増やすことができる。

【0644】

例えば、図80のBに示したカメラモジュール1Mの構成とした場合には、赤色、緑色、青色、可視光、及び赤外光の波長ごとの光量を検出することができ、色温度情報を得ることができる。

【0645】

また例えば、図82のBに示したカメラモジュール1Mの第2の変形例の構成とした場合には、第1のピッチPAで配置された第1の光学ユニット13Aで撮影した画像情報とは焦点距離の異なる画像情報を得ることができる。

【0646】

さらに例えば、図82のCに示したカメラモジュール1Mの第3の変形例の構成とした場合には、被写体までの距離を表す距離情報を取得することができる。

【0647】

なお、第1のピッチPAと第2のピッチPBは、どちらが長くてもよく、第2の光学ユニット13Bの第2の貫通孔83Bは、第1の光学ユニット13の第1の貫通孔83Aよりも開口幅が小さい。

【0648】

図84を参照して、第12の実施の形態に係るカメラモジュール1Mのその他の構成についてさらに説明する。

【0649】

図80に示したカメラモジュール1Mでは、第1のピッチPAで配置される第1の光学ユニット13Aを2×2の4個配置し、その空き領域に、第2の光学ユニット13Bを5個配置したが、カメラモジュール1Mを構成する第1の光学ユニット13Aと第2の光学ユニッ

10

20

30

40

50

ト 1 3 B の個数は、任意の個数に設定することができる。

【 0 6 5 0 】

図 8 4 は、カメラモジュール 1 M における第 1 の光学ユニット 1 3 A と第 2 の光学ユニット 1 3 B のその他の配置例を説明するための絞り板 5 1 の平面図である。絞り板 5 1 の開口部 5 2 の位置及び数は、カメラモジュール 1 M における第 1 の光学ユニット 1 3 A と第 2 の光学ユニット 1 3 B の位置及び数と対応する。

【 0 6 5 1 】

図 8 4 の A は、 1×2 に配列された 2 個の第 1 の光学ユニット 1 3 A と、その間に配置された 2 個の第 2 の光学ユニット 1 3 B を備えるカメラモジュール 1 M に対応する絞り板 5 1 を示している。

10

【 0 6 5 2 】

図 8 4 の B は、 3×3 に配列された 9 個の第 1 の光学ユニット 1 3 A と、それらの間に配置された 2 \times 2 個の 4 個の第 2 の光学ユニット 1 3 B を備えるカメラモジュール 1 M に対応する絞り板 5 1 を示している。

【 0 6 5 3 】

その他、第 1 の光学ユニット 1 3 A の配置は、 5×5 や 7×7 などでもよい。第 2 の光学ユニット 1 3 B は、第 1 の光学ユニット 1 3 A どうしの間の他、カメラモジュール 1 M の外周部にも配置してもよい。

【 0 6 5 4 】

このように、1 つのカメラモジュール 1 M において、第 1 のピッチ PA で配置される第 1 の光学ユニット 1 3 A と、第 2 のピッチ PB で配置される第 2 の光学ユニット 1 3 B の位置および個数は、任意に設計することができる。

20

【 0 6 5 5 】

< 1 9 . 電子機器への適用例 >

上述したカメラモジュール 1 は、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置や、撮像機能を有する携帯端末装置や、画像読取部に固体撮像装置を用いる複写機など、画像取込部（光電変換部）に固体撮像装置を用いる電子機器に組み込んだ形で使用することが可能である。

【 0 6 5 6 】

図 8 5 は、本技術を適用した電子機器としての、撮像装置の構成例を示すブロック図である。

30

【 0 6 5 7 】

図 8 5 の撮像装置 3 0 0 0 は、カメラモジュール 3 0 0 2 、およびカメラ信号処理回路である DSP(Digital Signal Processor) 回路 3 0 0 3 を備える。また、撮像装置 3 0 0 0 は、フレームメモリ 3 0 0 4 、表示部 3 0 0 5 、記録部 3 0 0 6 、操作部 3 0 0 7 、および電源部 3 0 0 8 も備える。DSP 回路 3 0 0 3 、フレームメモリ 3 0 0 4 、表示部 3 0 0 5 、記録部 3 0 0 6 、操作部 3 0 0 7 および電源部 3 0 0 8 は、バスライン 3 0 0 9 を介して相互に接続されている。

【 0 6 5 8 】

カメラモジュール 3 0 0 2 内のイメージセンサ 3 0 0 1 は、被写体からの入射光（像光）を取り込んで撮像面上に結像された入射光の光量を画素単位で電気信号に変換して画素信号として出力する。このカメラモジュール 3 0 0 2 として、上述したカメラモジュール 1 が採用されており、イメージセンサ 3 0 0 1 は、上述した受光素子 1 2 に対応する。イメージセンサ 3 0 0 1 は、カメラモジュール 3 0 0 2 の積層レンズ構造体 1 1 の光学ユニット 1 3 の各レンズ 2 1 を通過した光を受光して、画素信号を出力する。

40

【 0 6 5 9 】

表示部 3 0 0 5 は、例えば、液晶パネルや有機 EL(Electro Luminescence) パネル等のパネル型表示装置からなり、イメージセンサ 3 0 0 1 で撮像された動画または静止画を表示する。記録部 3 0 0 6 は、イメージセンサ 3 0 0 1 で撮像された動画または静止画を、ハードディスクや半導体メモリ等の記録媒体に記録する。

50

【0660】

操作部3007は、ユーザによる操作の下に、撮像装置3000が持つ様々な機能について操作指令を発する。電源部3008は、DSP回路3003、フレームメモリ3004、表示部3005、記録部3006および操作部3007の動作電源となる各種の電源を、これら供給対象に対して適宜供給する。

【0661】

上述したように、カメラモジュール3002として、高精度に位置決めされて接合（積層）された積層レンズ構造体11を搭載したカメラモジュール1を用いることで、高画質化及び小型化を実現することができる。従って、ビデオカメラやデジタルスチルカメラ、さらには携帯電話機等のモバイル機器向けカメラモジュールなどの撮像装置3000においても、半導体パッケージの小型化と、撮像画像の高画質化の両立を図ることができる。10

【0662】

また、カメラモジュール3002として、第12の実施の形態に係るカメラモジュール1Mを用いることで、複数の第1の光学ユニット13Aの受光部2011で得られる画像情報とは異なる情報を取得することができる。

【0663】

<20. 体内情報取得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、カプセル型内視鏡を用いた患者の体内情報取得システムに適用されてもよい。20

【0664】

図86は、本開示に係る技術（本技術）が適用され得る、カプセル型内視鏡を用いた患者の体内情報取得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。

【0665】

体内情報取得システム10001は、カプセル型内視鏡10100と、外部制御装置10200とから構成される。

【0666】

カプセル型内視鏡10100は、検査時に、患者によって飲み込まれる。カプセル型内視鏡10100は、撮像機能及び無線通信機能を有し、患者から自然排出されるまでの間、胃や腸等の臓器の内部を蠕動運動等によって移動しつつ、当該臓器の内部の画像（以下、体内画像ともいう）を所定の間隔で順次撮像し、その体内画像についての情報を体外の外部制御装置10200に順次無線送信する。30

【0667】

外部制御装置10200は、体内情報取得システム10001の動作を統括的に制御する。また、外部制御装置10200は、カプセル型内視鏡10100から送信されてくる体内画像についての情報を受信し、受信した体内画像についての情報に基づいて、表示装置（図示せず）に当該体内画像を表示するための画像データを生成する。

【0668】

体内情報取得システム10001では、このようにして、カプセル型内視鏡10100が飲み込まれてから排出されるまでの間、患者の体内の様子を撮像した体内画像を隨時得ることができる。40

【0669】

カプセル型内視鏡10100と外部制御装置10200の構成及び機能についてより詳細に説明する。

【0670】

カプセル型内視鏡10100は、カプセル型の筐体10101を有し、その筐体10101内には、光源部10111、撮像部10112、画像処理部10113、無線通信部10114、給電部10115、電源部10116、及び制御部10117が収納されている。

【0671】

50

光源部 10111 は、例えば LED (Light Emitting Diode) 等の光源から構成され、撮像部 10112 の撮像視野に対して光を照射する。

【0672】

撮像部 10112 は、撮像素子、及び当該撮像素子の前段に設けられる複数のレンズからなる光学系から構成される。観察対象である体組織に照射された光の反射光（以下、観察光という）は、当該光学系によって集光され、当該撮像素子に入射する。撮像部 10112 では、撮像素子において、そこに入射した観察光が光電変換され、その観察光に対応する画像信号が生成される。撮像部 10112 によって生成された画像信号は、画像処理部 10113 に提供される。

【0673】

画像処理部 10113 は、CPU (Central Processing Unit) や GPU (Graphics Processing Unit) 等のプロセッサによって構成され、撮像部 10112 によって生成された画像信号に対して各種の信号処理を行う。画像処理部 10113 は、信号処理を施した画像信号を、RAW データとして無線通信部 10114 に提供する。

【0674】

無線通信部 10114 は、画像処理部 10113 によって信号処理が施された画像信号に対して変調処理等の所定の処理を行い、その画像信号を、アンテナ 10114A を介して外部制御装置 10200 に送信する。また、無線通信部 10114 は、外部制御装置 10200 から、カプセル型内視鏡 10100 の駆動制御に関する制御信号を、アンテナ 10114A を介して受信する。無線通信部 10114 は、外部制御装置 10200 から受信した制御信号を制御部 10117 に提供する。

【0675】

給電部 10115 は、受電用のアンテナコイル、当該アンテナコイルに発生した電流から電力を再生する電力再生回路、及び昇圧回路等から構成される。給電部 10115 では、いわゆる非接触充電の原理を用いて電力が生成される。

【0676】

電源部 10116 は、二次電池によって構成され、給電部 10115 によって生成された電力を蓄電する。図 86 では、図面が煩雑になることを避けるために、電源部 10116 からの電力の供給先を示す矢印等の図示を省略しているが、電源部 10116 に蓄電された電力は、光源部 10111、撮像部 10112、画像処理部 10113、無線通信部 10114、及び制御部 10117 に供給され、これらの駆動に用いられる。

【0677】

制御部 10117 は、CPU 等のプロセッサによって構成され、光源部 10111、撮像部 10112、画像処理部 10113、無線通信部 10114、及び、給電部 10115 の駆動を、外部制御装置 10200 から送信される制御信号に従って適宜制御する。

【0678】

外部制御装置 10200 は、CPU, GPU 等のプロセッサ、又はプロセッサとメモリ等の記憶素子が混載されたマイクロコンピュータ若しくは制御基板等で構成される。外部制御装置 10200 は、カプセル型内視鏡 10100 の制御部 10117 に対して制御信号を、アンテナ 10200A を介して送信することにより、カプセル型内視鏡 10100 の動作を制御する。カプセル型内視鏡 10100 では、例えば、外部制御装置 10200 からの制御信号により、光源部 10111 における観察対象に対する光の照射条件が変更され得る。また、外部制御装置 10200 からの制御信号により、撮像条件（例えば、撮像部 10112 におけるフレームレート、露出値等）が変更され得る。また、外部制御装置 10200 からの制御信号により、画像処理部 10113 における処理の内容や、無線通信部 10114 が画像信号を送信する条件（例えば、送信間隔、送信画像数等）が変更されてもよい。

【0679】

また、外部制御装置 10200 は、カプセル型内視鏡 10100 から送信される画像信

10

20

30

40

50

号に対して、各種の画像処理を施し、撮像された体内画像を表示装置に表示するための画像データを生成する。当該画像処理としては、例えば現像処理（デモザイク処理）、高画質化処理（帯域強調処理、超解像処理、NR（Noise reduction）処理及び／若しくは手ブレ補正処理等）、並びに／又は拡大処理（電子ズーム処理）等、各種の信号処理を行うことができる。外部制御装置10200は、表示装置の駆動を制御して、生成した画像データに基づいて撮像された体内画像を表示させる。あるいは、外部制御装置10200は、生成した画像データを記録装置（図示せず）に記録させたり、印刷装置（図示せず）に印刷出力させてもよい。

【0680】

以上、本開示に係る技術が適用され得る体内情報取得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、撮像部10112に適用され得る。具体的には、撮像部10112として、第1乃至第12の実施の形態に係るカメラモジュール1を適用することができる。撮像部10112に本開示に係る技術を適用することにより、カプセル型内視鏡10100をより小型化できるため、患者の負担を更に軽減することができる。また、カプセル型内視鏡10100を小型化しつつも、より鮮明な術部画像を得ることができるために、検査の精度が向上する。

【0681】

<21. 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。

【0682】

図87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。

【0683】

図87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。

【0684】

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。

【0685】

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。

【0686】

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。

【0687】

10

20

30

40

50

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11202の動作を統括的に制御する。さらに、CCU11201は、カメラヘッド11102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。

【0688】

表示装置11202は、CCU11201からの制御により、当該CCU11201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。

【0689】

光源装置11203は、例えばLED(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11100に供給する。

【0690】

入力装置11204は、内視鏡手術システム11000に対する入力インターフェースである。ユーザは、入力装置11204を介して、内視鏡手術システム11000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11100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。

【0691】

処置具制御装置11205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11112の駆動を制御する。気腹装置11206は、内視鏡11100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11132の体腔を膨らめるために、気腹チューブ11111を介して当該体腔内にガスを送り込む。レコーダ11207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11208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。

【0692】

なお、内視鏡11100に術部を撮影する際の照射光を供給する光源装置11203は、例えばLED、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。RGB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11203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、RGB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。

【0693】

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。

【0694】

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

10

20

30

40

50

(自家蛍光観察)、又はインドシアニングリーン(I C G)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 1 1 2 0 3 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。

【 0 6 9 5 】

図 8 8 は、図 8 7 に示すカメラヘッド 1 1 1 0 2 及び C C U 1 1 2 0 1 の機能構成の一例を示すブロック図である。

【 0 6 9 6 】

カメラヘッド 1 1 1 0 2 は、レンズユニット 1 1 4 0 1 と、撮像部 1 1 4 0 2 と、駆動部 1 1 4 0 3 と、通信部 1 1 4 0 4 と、カメラヘッド制御部 1 1 4 0 5 と、を有する。C C U 1 1 2 0 1 は、通信部 1 1 4 1 1 と、画像処理部 1 1 4 1 2 と、制御部 1 1 4 1 3 と、を有する。カメラヘッド 1 1 1 0 2 と C C U 1 1 2 0 1 とは、伝送ケーブル 1 1 4 0 0 によって互いに通信可能に接続されている。

【 0 6 9 7 】

レンズユニット 1 1 4 0 1 は、鏡筒 1 1 1 0 1 との接続部に設けられる光学系である。鏡筒 1 1 1 0 1 の先端から取り込まれた観察光は、カメラヘッド 1 1 1 0 2 まで導光され、当該レンズユニット 1 1 4 0 1 に入射する。レンズユニット 1 1 4 0 1 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。

【 0 6 9 8 】

撮像部 1 1 4 0 2 は、撮像素子で構成される。撮像部 1 1 4 0 2 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 1 1 4 0 2 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 R G B 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 1 1 4 0 2 は、3 D (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。3 D 表示が行われることにより、術者 1 1 1 3 1 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 1 1 4 0 2 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 1 1 4 0 1 も複数系統設けられ得る。

【 0 6 9 9 】

また、撮像部 1 1 4 0 2 は、必ずしもカメラヘッド 1 1 1 0 2 に設けられなくてもよい。例えば、撮像部 1 1 4 0 2 は、鏡筒 1 1 1 0 1 の内部に、対物レンズの直後に設けられてもよい。

【 0 7 0 0 】

駆動部 1 1 4 0 3 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 1 1 4 0 5 からの制御により、レンズユニット 1 1 4 0 1 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 1 1 4 0 2 による撮像画像の倍率及び焦点が適宜調整され得る。

【 0 7 0 1 】

通信部 1 1 4 0 4 は、C C U 1 1 2 0 1 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 1 1 4 0 4 は、撮像部 1 1 4 0 2 から得た画像信号を R A W データとして伝送ケーブル 1 1 4 0 0 を介して C C U 1 1 2 0 1 に送信する。

【 0 7 0 2 】

また、通信部 1 1 4 0 4 は、C C U 1 1 2 0 1 から、カメラヘッド 1 1 1 0 2 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 1 1 4 0 5 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。

【 0 7 0 3 】

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

10

20

30

40

50

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A E (A u t o E x p o s u r e) 機能、A F (A u t o F o c u s) 機能及びA W B (A u t o W h i t e B a l a n c e) 機能が内視鏡11100に搭載されていることになる。

【0704】

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。

【0705】

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。10

【0706】

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。

【0707】

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

【0708】

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。20

【0709】

また、制御部11413は、画像処理部11412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11202に表示させる。この際、制御部11413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11413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11112の使用時のミスト等を認識することができる。制御部11413は、表示装置11202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11131に提示されることにより、術者11131の負担を軽減することや、術者11131が確実に手術を進めることができる。30

【0710】

カメラヘッド11102及びCCU11201を接続する伝送ケーブル11400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。

【0711】

ここで、図示する例では、伝送ケーブル11400を用いて有線で通信が行われていたが、カメラヘッド11102とCCU11201との間の通信は無線で行われてもよい。40

【0712】

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、カメラヘッド11102のレンズユニット11401及び撮像部11402に適用され得る。具体的には、レンズユニット11401及び撮像部11402として、第1乃至第12の実施の形態に係るカメラモジュール1を適用することができる。レンズユニット11401及び撮像部11402に本開示に係る技術を適用することにより、カメラヘッド11102を小型化しつつも、より鮮明な術部画像を得ることができる。

【0713】

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50

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。

【0714】

<22. 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。

【0715】

図89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。

10

【0716】

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89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。

【0717】

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。

20

【0718】

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、キーレスエントリーシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドライト、バックランプ、ブレーキランプ、ウィンカー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。

30

【0719】

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。

40

【0720】

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。

【0721】

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

50

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。

【0722】

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。

10

【0723】

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。

【0724】

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12020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イトを制御し、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。

20

【0725】

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できる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89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いてもよい。

【0726】

30

図90は、撮像部12031の設置位置の例を示す図である。

【0727】

図90では、車両12100は、撮像部12031として、撮像部12101, 12102, 12103, 12104, 12105を有する。

【0728】

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。撮像部12101及び12105で取得される前方の画像は、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。

40

【0729】

なお、図90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12111は、フロントノーズに設けられた撮像部12101の撮像範囲を示し、撮像範囲12112, 12113は、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部12102, 12103の撮像範囲を示し、撮像範囲12114は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部12104の撮像範囲を示す。例えば、撮像部12101ないし

50

12104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12100を上方から見た俯瞰画像が得られる。

【0730】

撮像部12101ないし12104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12101ないし12104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。

【0731】

例えば、マイクロコンピュータ12051は、撮像部12101ないし12104から得られた距離情報を基に、撮像範囲12111ないし12114内における各立体物までの距離と、この距離の時間的变化（車両12100に対する相対速度）を求めるこにより、特に車両12100の進行路上にある最も近い立体物で、車両12100と略同じ方向に所定の速度（例えば、0km/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12051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拘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。

10

【0732】

例えば、マイクロコンピュータ12051は、撮像部12101ないし12104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12051は、車両12100の周辺の障害物を、車両12100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。

20

【0733】

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否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。

30

【0734】

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、撮像部12031に適用され得る。具体的には、撮像部12031として、第1乃至第12の実施の形態に係るカメラモジュール1を適用することができる。撮像部12031に本開示に係る技術を適用することにより、小型化しつつも、より見やすい撮影画像を得ることができたり、距離情報を取得することができる。また、得られた撮影画像や距離情報を用いて、ドライバの疲労を軽減したり、ドライバや車両の安全度を高めることができる。

40

【0735】

また、本技術は、可視光の入射光量の分布を検知して画像として撮像するカメラモジュ

50

ールへの適用に限らず、赤外線やX線、あるいは粒子等の入射量の分布を画像として撮像するカメラモジュールや、広義の意味として、圧力や静電容量など、他の物理量の分布を検知して画像として撮像する指紋検出センサ等のカメラモジュール（物理量分布検知装置）全般に対して適用可能である。

【0736】

本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【0737】

例えば、上述した複数の実施の形態の全てまたは一部を組み合わせた形態を採用することができる。

10

【0738】

なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、本明細書に記載されたもの以外の効果があってもよい。

【0739】

なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成された基板の少なくとも前記第1の貫通孔の内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、

20

直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数枚の前記レンズを含む第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部を備える受光素子と

を備えるカメラモジュール。

(2)

前記第2の貫通孔は、複数個の前記第1の光学ユニットの間の領域に、前記第1のピッチと異なる第2のピッチで複数個設けられている

前記(1)に記載のカメラモジュール。

(3)

前記第2の貫通孔の開口幅は、前記第1の貫通孔の開口幅よりも小さい

30

前記(1)または(2)に記載のカメラモジュール。

(4)

光軸方向に積層された前記第2の貫通孔の少なくとも1つの内側にはレンズが配置されており、

光軸方向に積層された前記第2の貫通孔の内側に配置された1以上のレンズは、第2の光学ユニットを構成する

前記(1)乃至(3)のいずれかに記載のカメラモジュール。

(5)

前記第1の光学ユニットと前記第2の光学ユニットとで焦点距離が異なる

40

前記(4)に記載のカメラモジュール。

(6)

前記受光素子は、前記第2の光学ユニットを介して入射された光を受光する受光部をさらに備える

前記(4)または(5)に記載のカメラモジュール。

(7)

前記第2の光学ユニットの光軸上に、所定の波長の光を選択して通過させる波長選択フィルタをさらに備える

前記(6)に記載のカメラモジュール。

(8)

前記第2の光学ユニットの光軸上に、光を発する発光部をさらに備える

50

前記(4)に記載のカメラモジュール。

(9)

開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成された基板の前記第1の貫通孔の内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしを直接接合により接合して積層して積層レンズ構造体を形成し、

直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数枚の前記レンズを含む第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部を備える受光素子を、前記積層レンズ構造体と積層する

カメラモジュールの製造方法。

10

(10)

開口幅の異なる第1の貫通孔と第2の貫通孔が形成された基板の少なくとも前記第1の貫通孔の内側にレンズが配置されたレンズ付き基板どうしが直接接合により接合されて積層された積層レンズ構造体と、

直接接合により接合されて光軸方向に積層された複数枚の前記レンズを含む第1の光学ユニットが第1のピッチで複数個配列されており、複数個の前記第1の光学ユニットそれぞれに対応して、前記第1の光学ユニットを介して入射された光を受光する複数個の受光部を備える受光素子と

を備えるカメラモジュール

を備える電子機器。

20

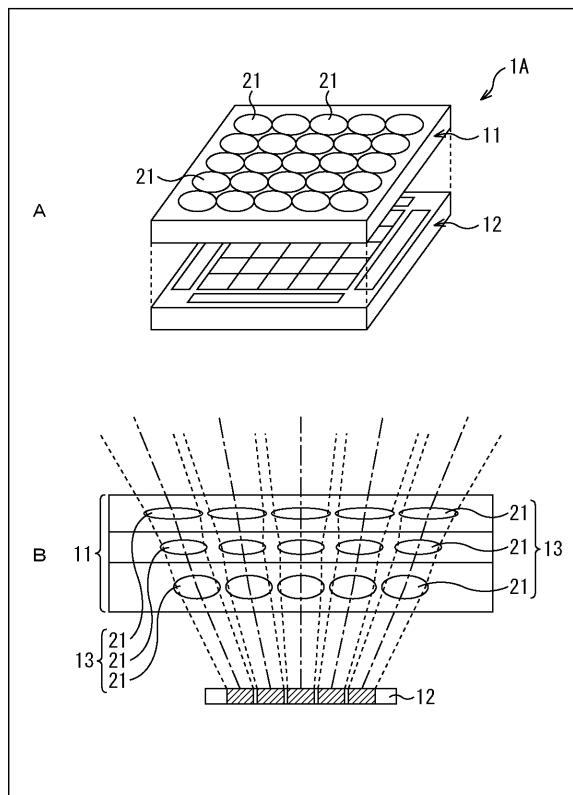
【符号の説明】

【0740】

1 カメラモジュール, 11 積層レンズ構造体, 12 受光素子, 13 (13
A, 13B) 光学ユニット, 21 レンズ, 41 (41a乃至41g) レンズ付き基
板, 43 センサ基板, 51 絞り板, 52 開口部, 81 担体基板, 82
レンズ樹脂部, 83 (83A, 83B) 貫通孔, 2011 受光部, 2002
カバーガラス, 2003 波長選択フィルタ, 2021 LED, 3000 撮像装
置, 3001 イメージセンサ, 3002 カメラモジュール

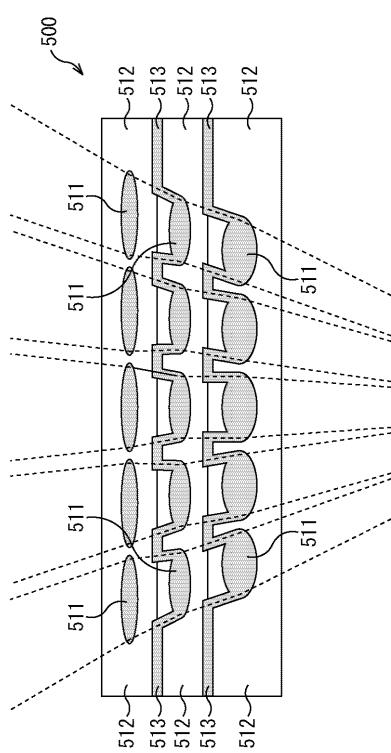
【図1】

FIG.1



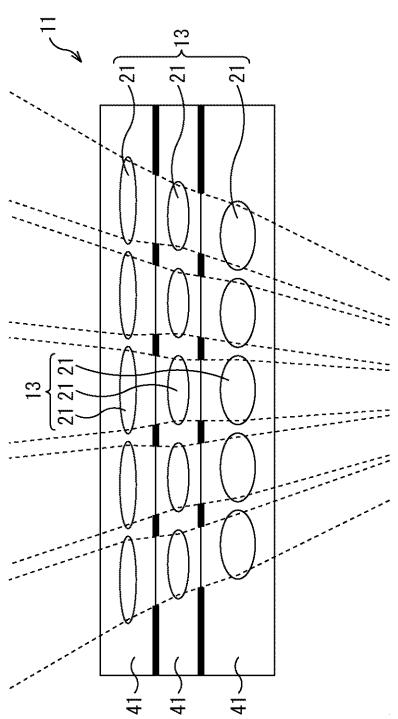
【図2】

FIG. 2



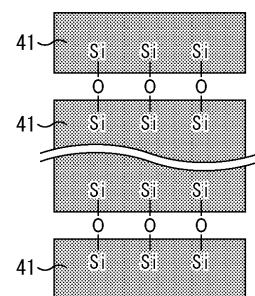
【図3】

FIG. 3



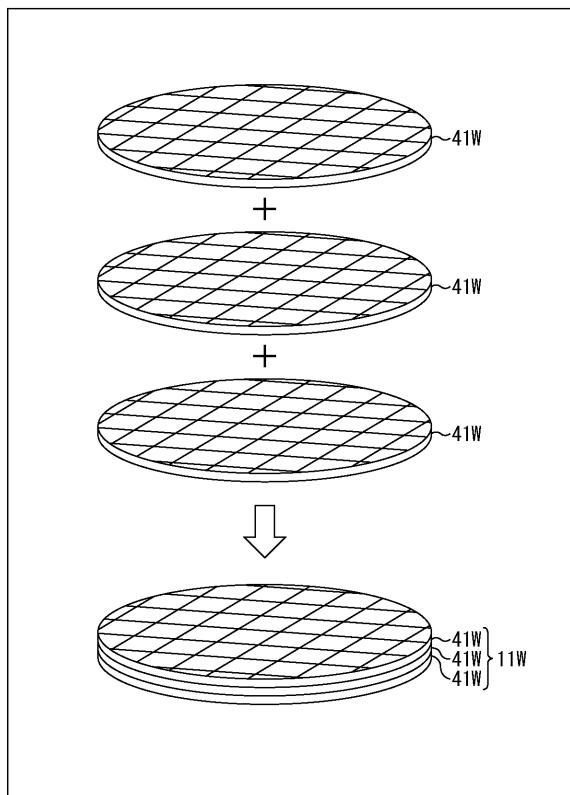
【図4】

FIG. 4



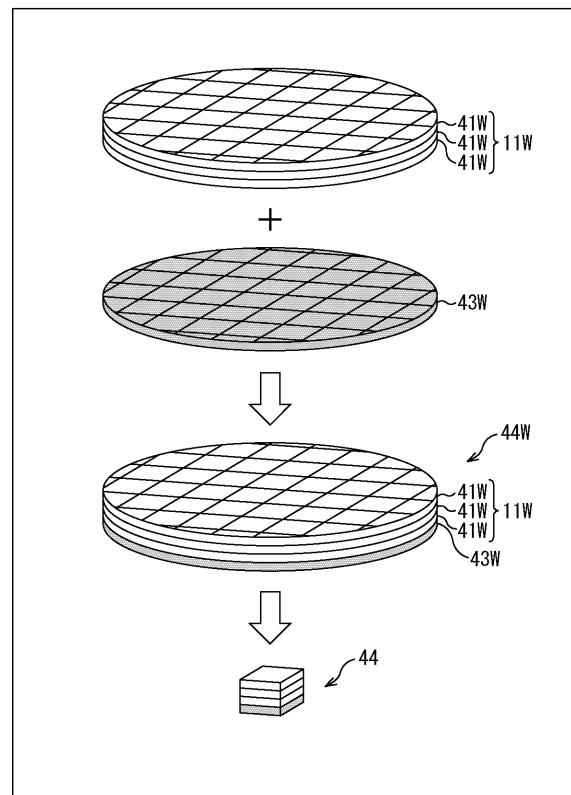
【図5】

FIG. 5



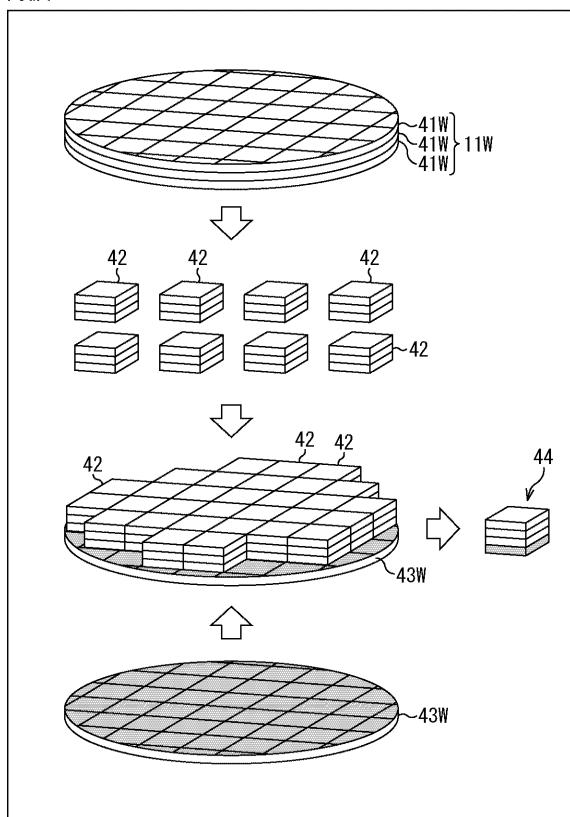
【図6】

FIG. 6



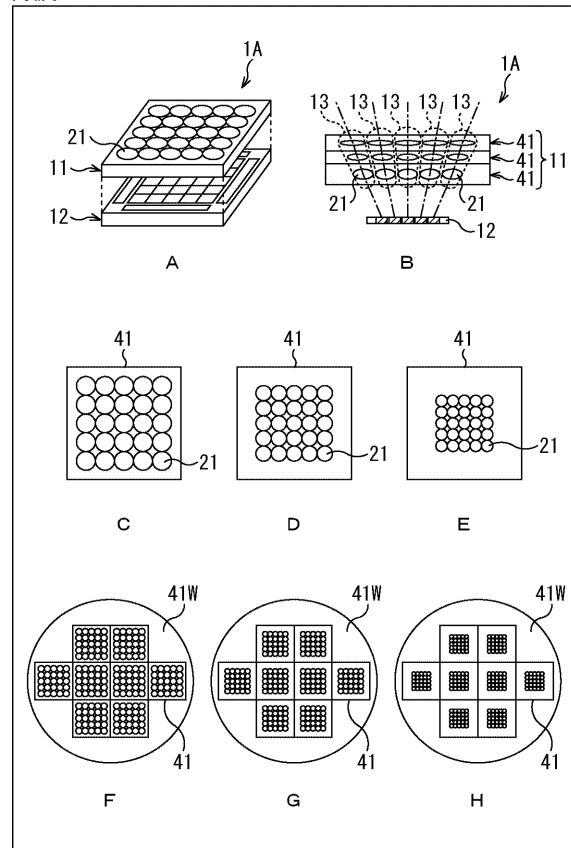
【図7】

FIG. 7



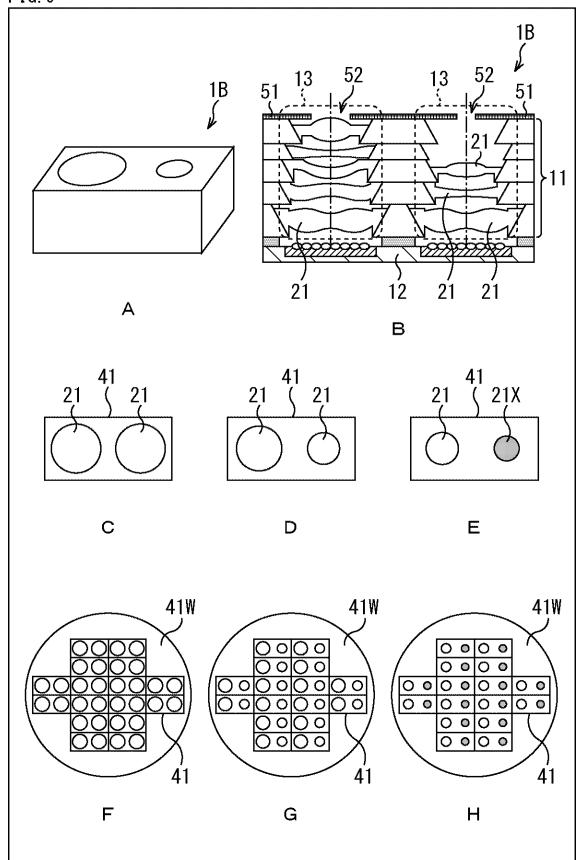
【図8】

FIG. 8



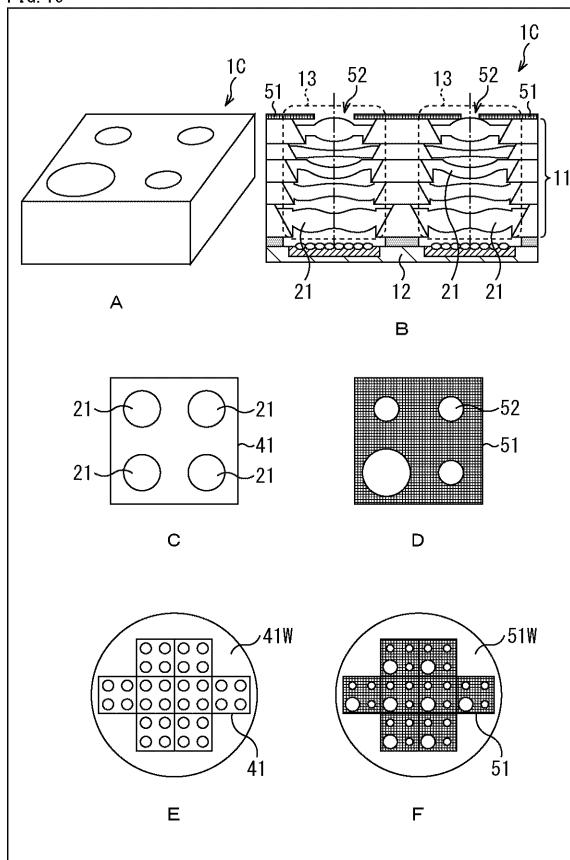
【図9】

FIG.9



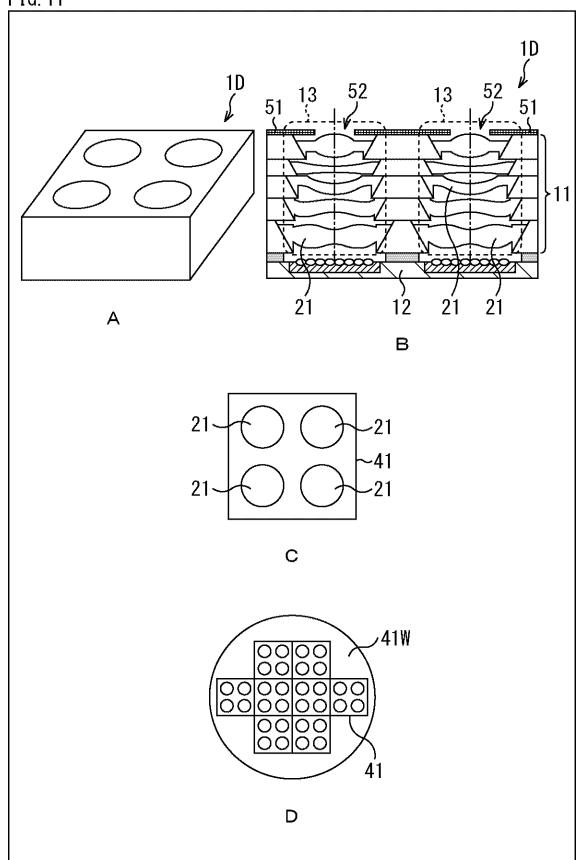
【図10】

FIG.10



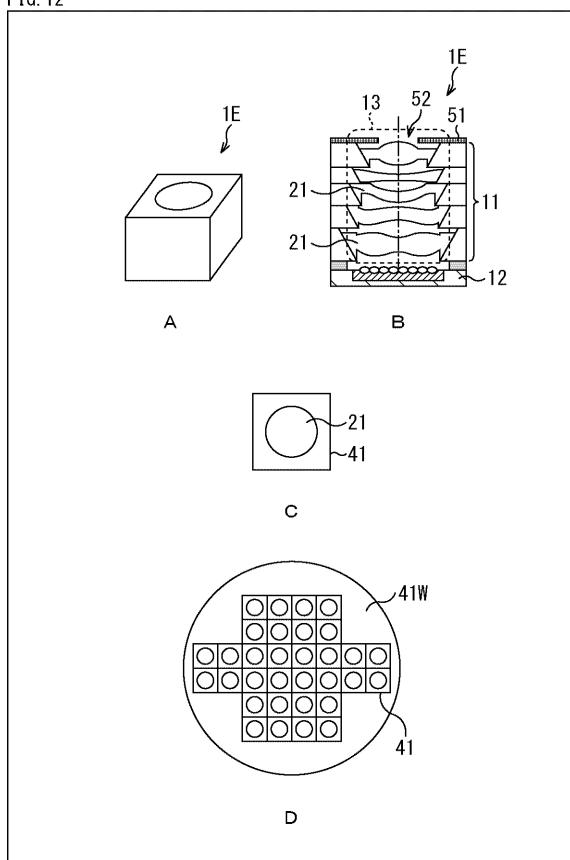
【図11】

FIG.11



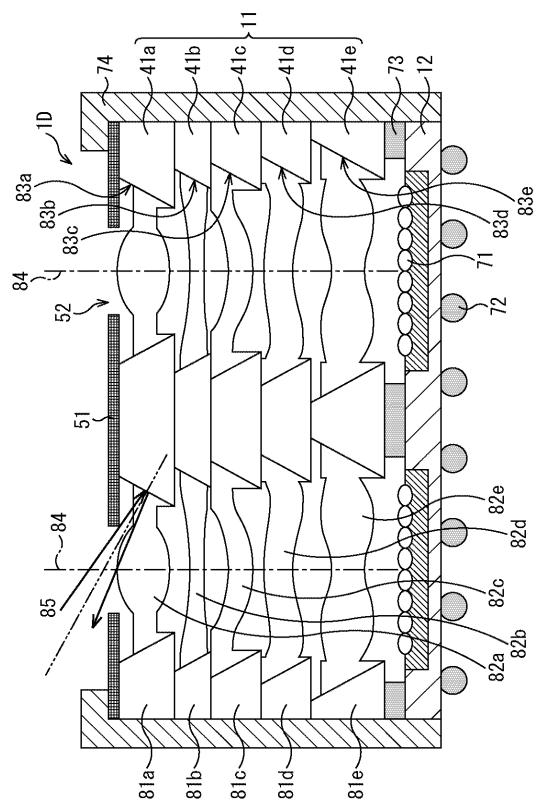
【図12】

FIG.12



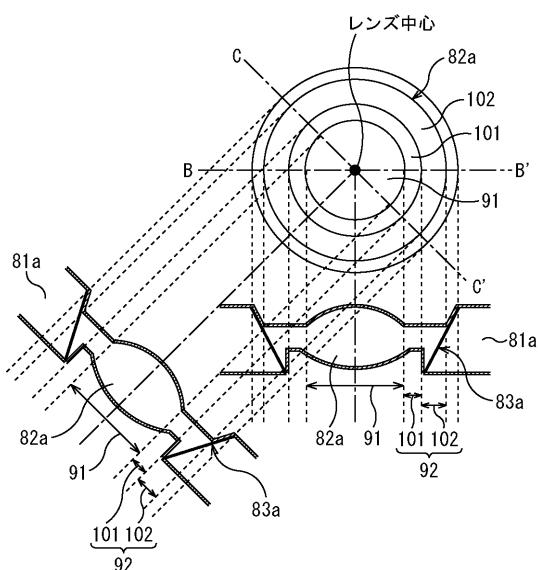
【図13】

FIG. 13



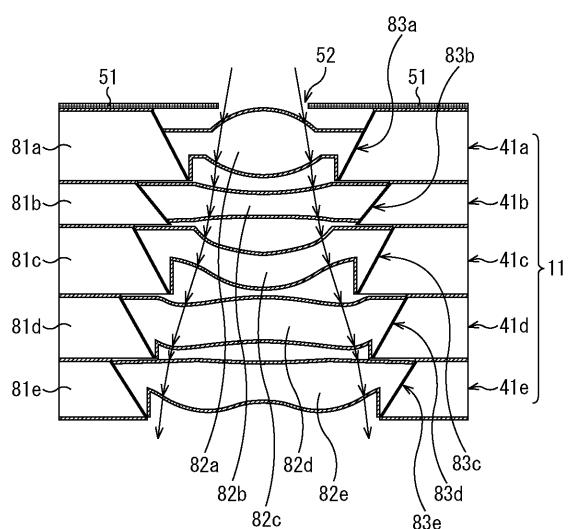
【図14】

FIG. 14



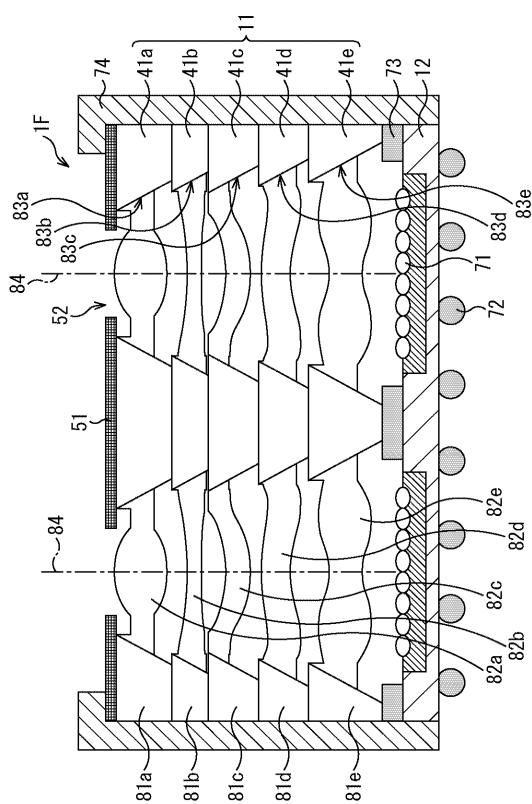
【図15】

FIG. 15



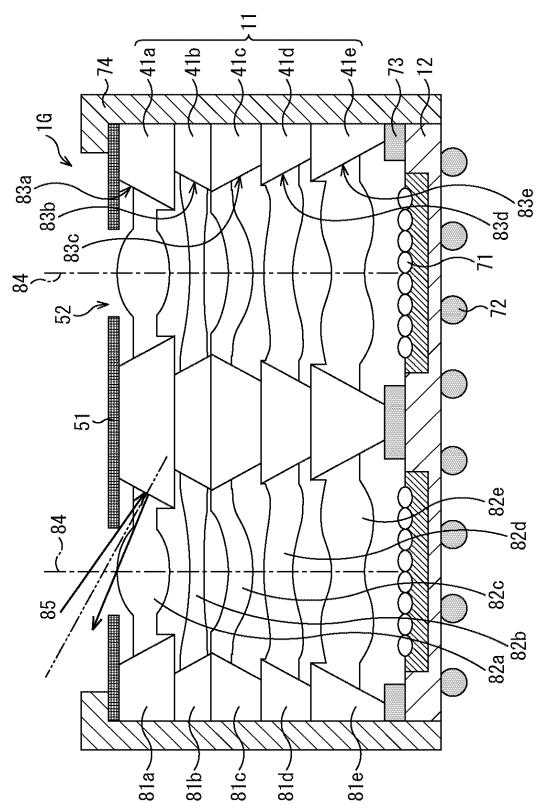
【図16】

FIG. 16



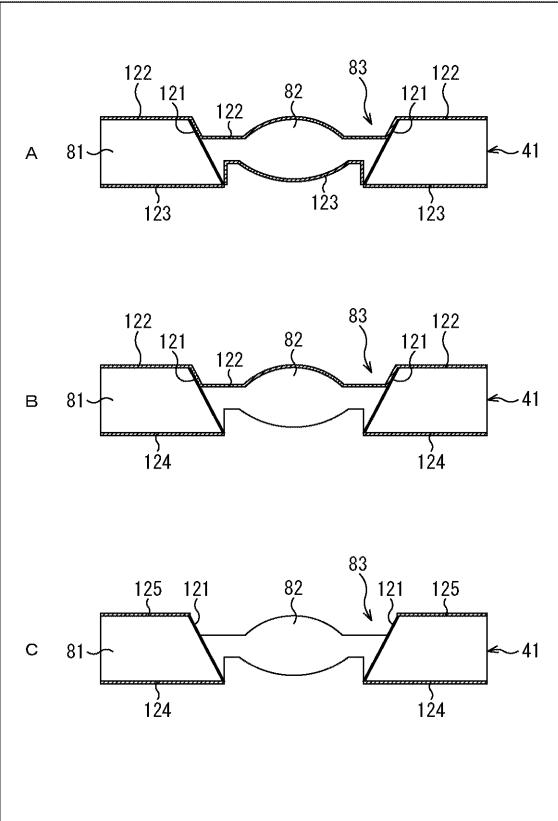
【図 17】

FIG. 17



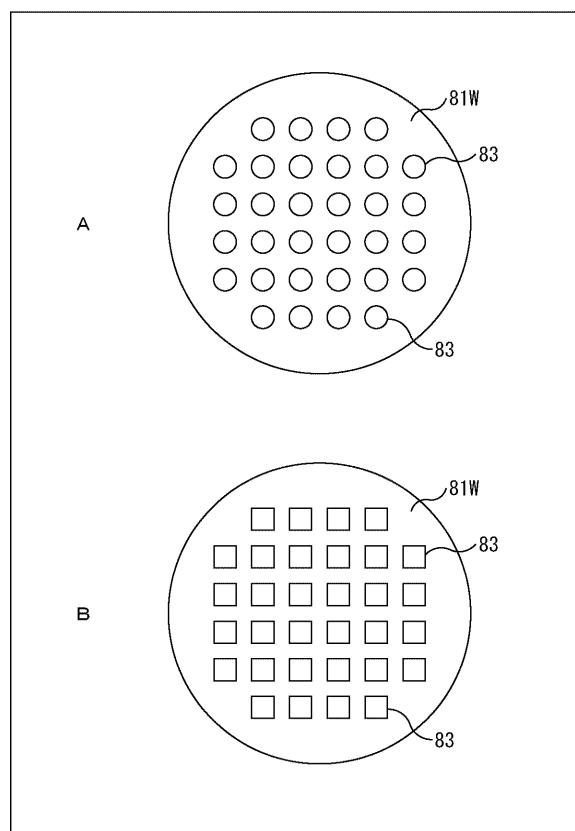
【図 18】

FIG. 18



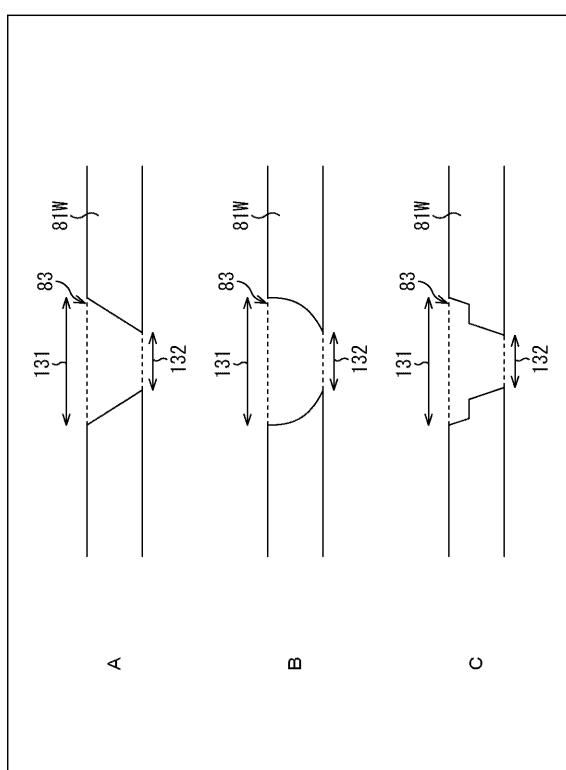
【図 19】

FIG. 19



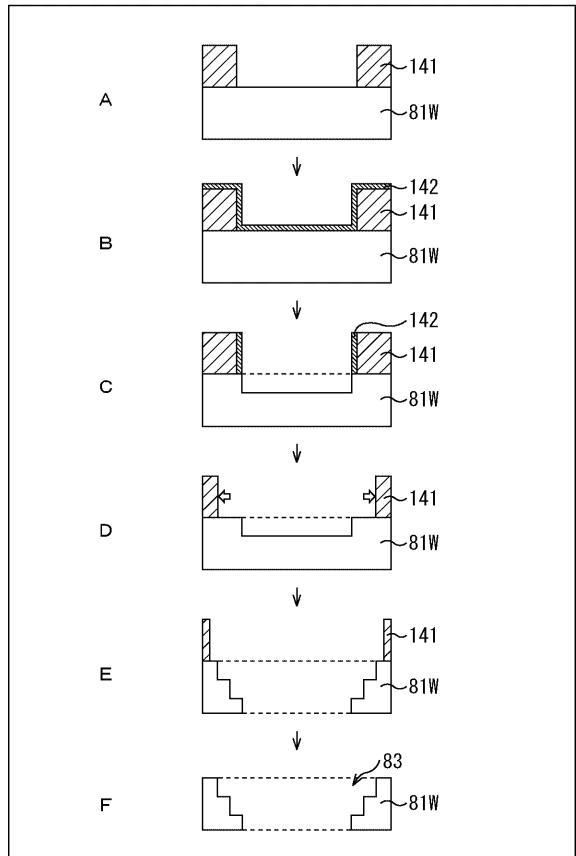
【図 20】

FIG. 20



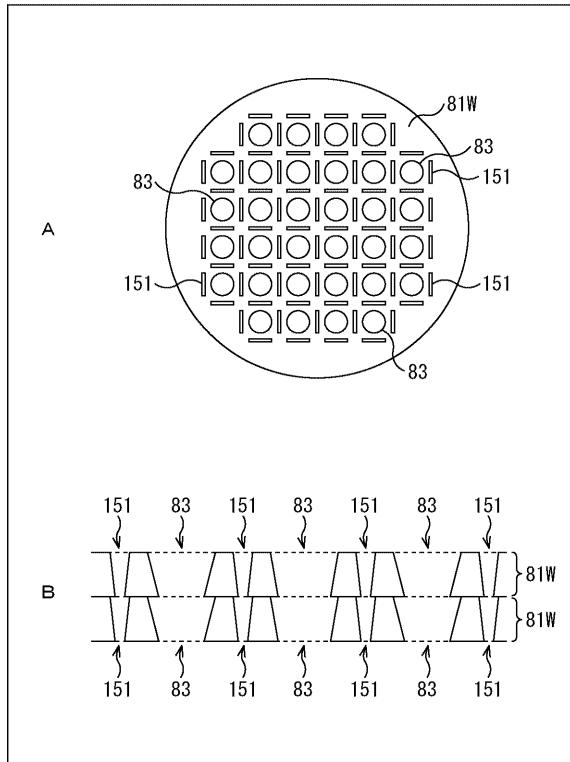
【 図 2 1 】

FIG. 21



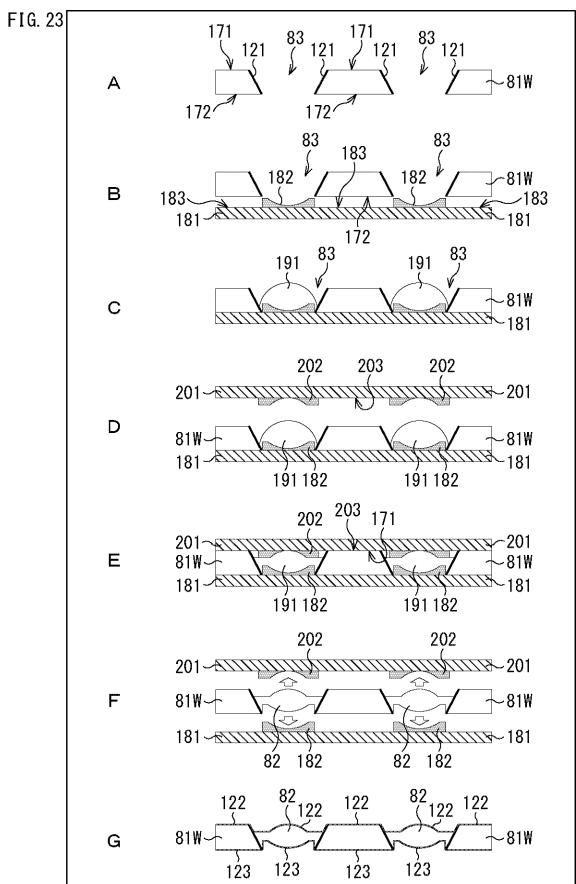
【 図 2 2 】

FIG. 22



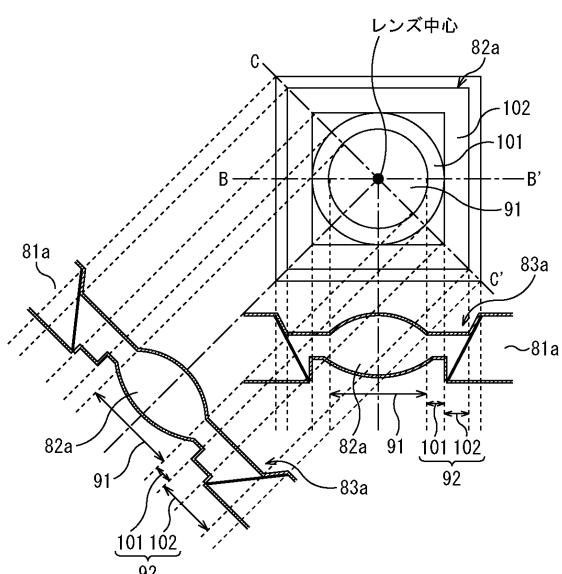
【 図 2 3 】

FIG. 23

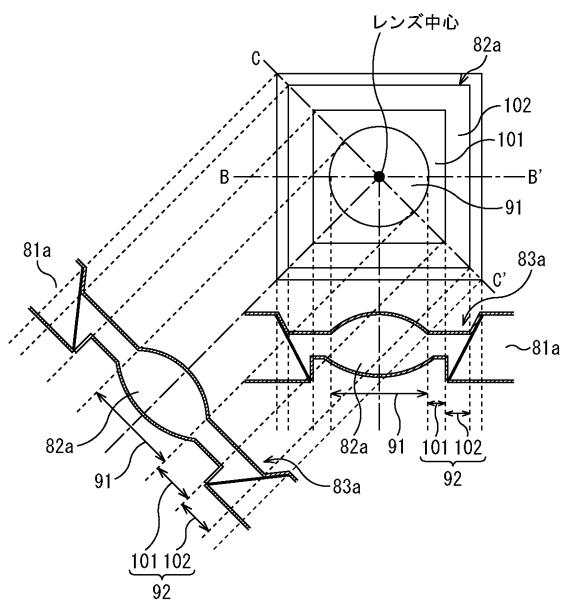


【 図 2 4 】

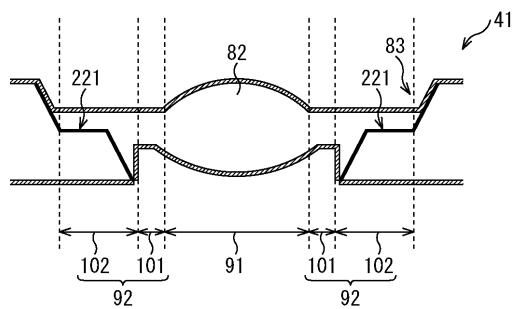
FIG. 24



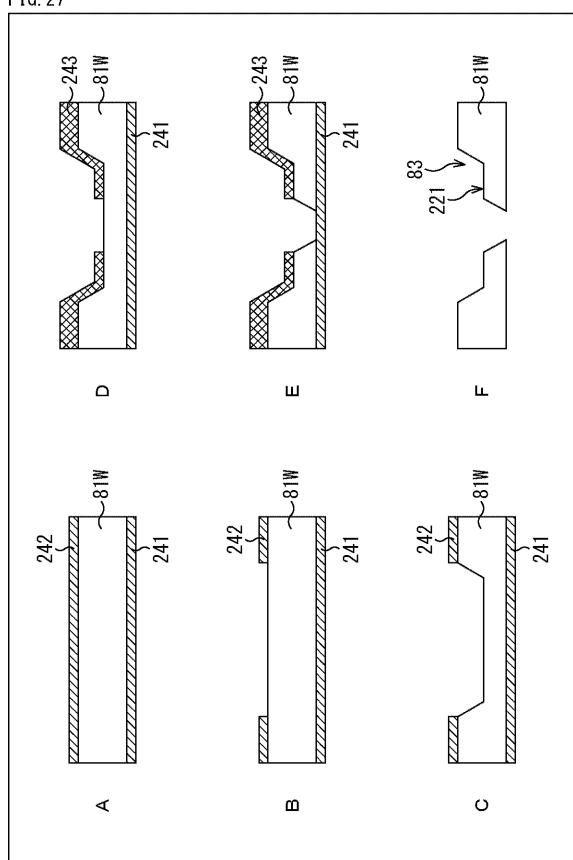
【図25】
FIG. 25



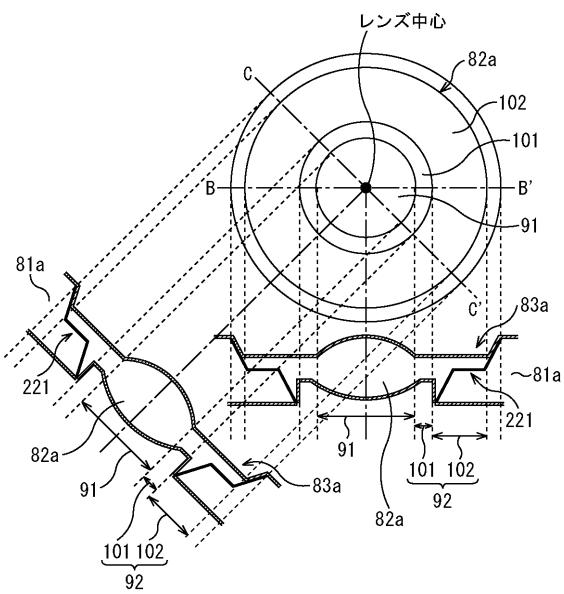
【図26】
FIG. 26



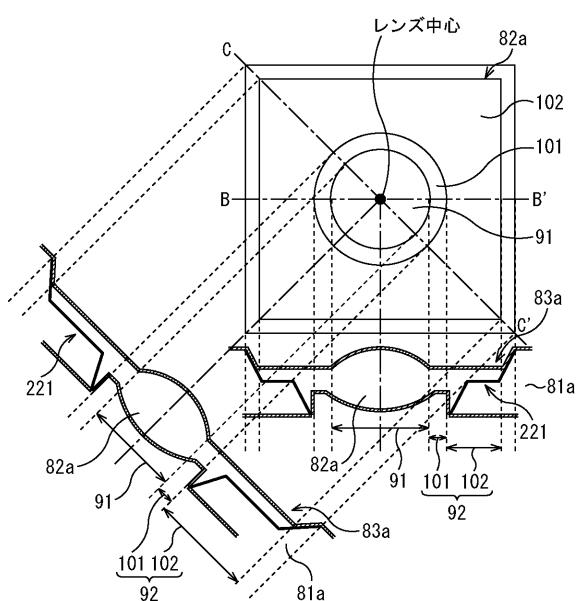
【図27】
FIG. 27



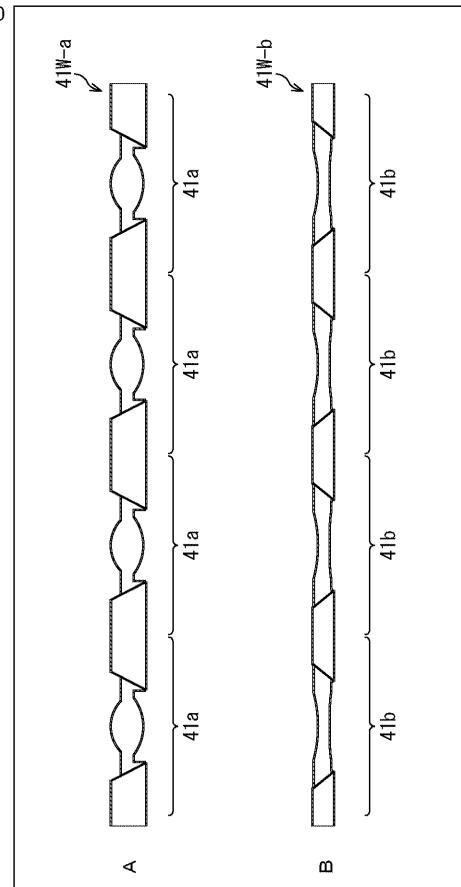
【図28】
FIG. 28



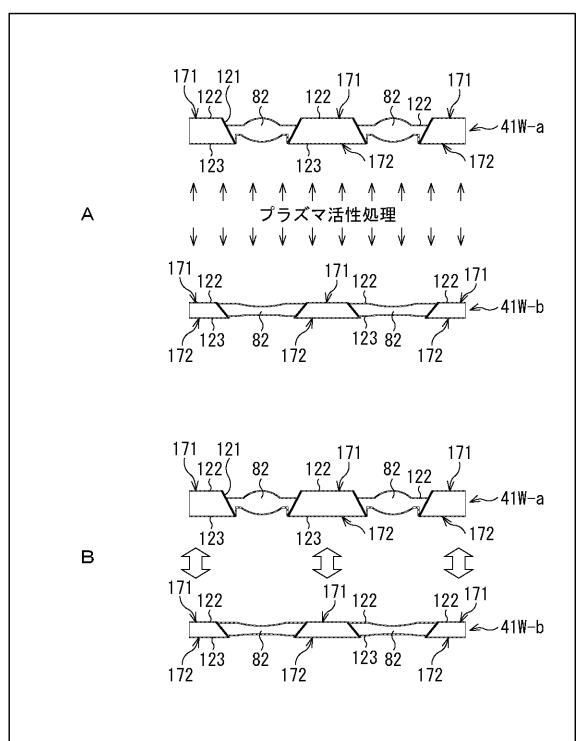
【図29】
FIG. 29



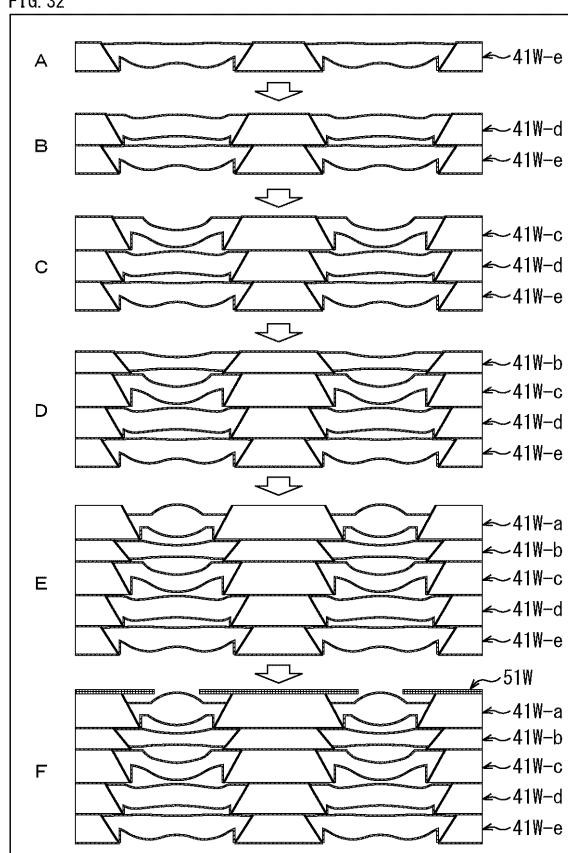
【図 30】



【図31】
FIG. 31

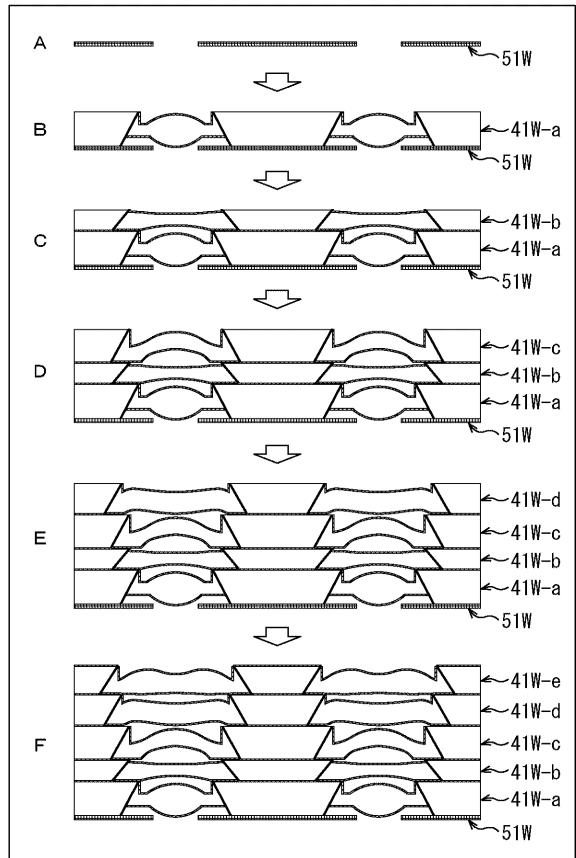


【図32】
FIG. 32



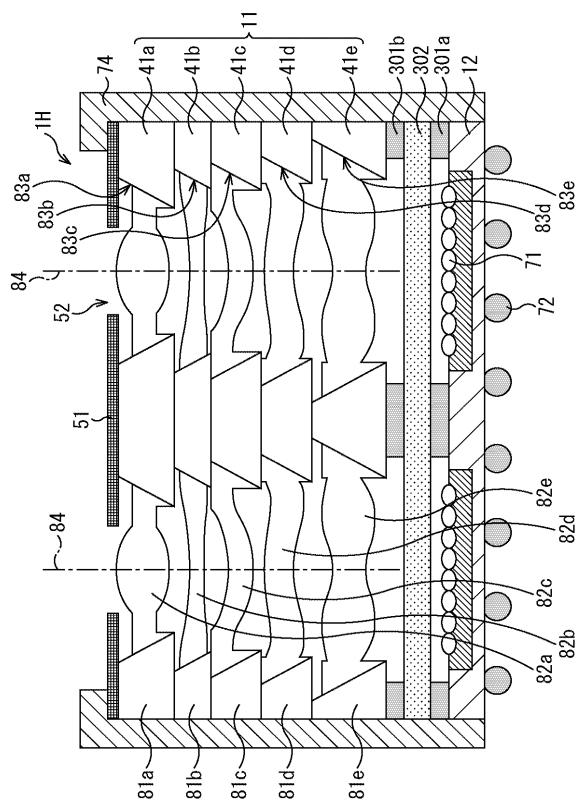
【図33】

FIG. 33



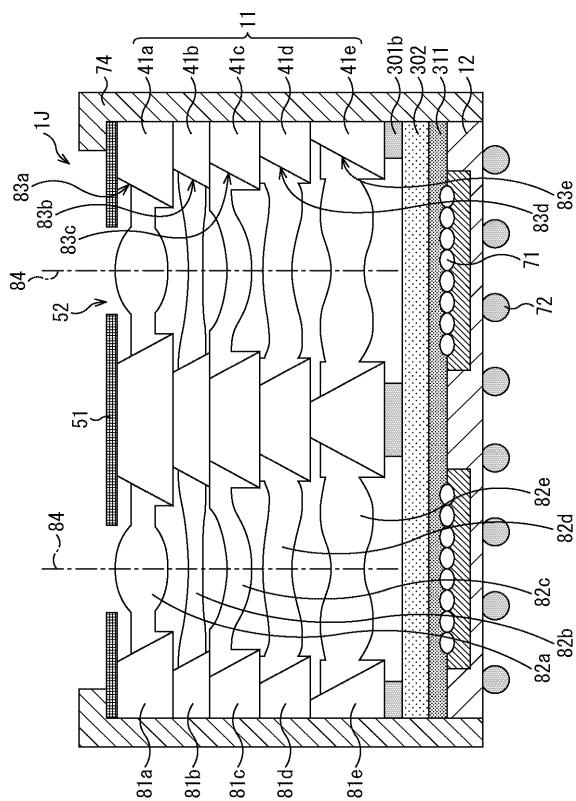
【 図 3 4 】

FIG. 34



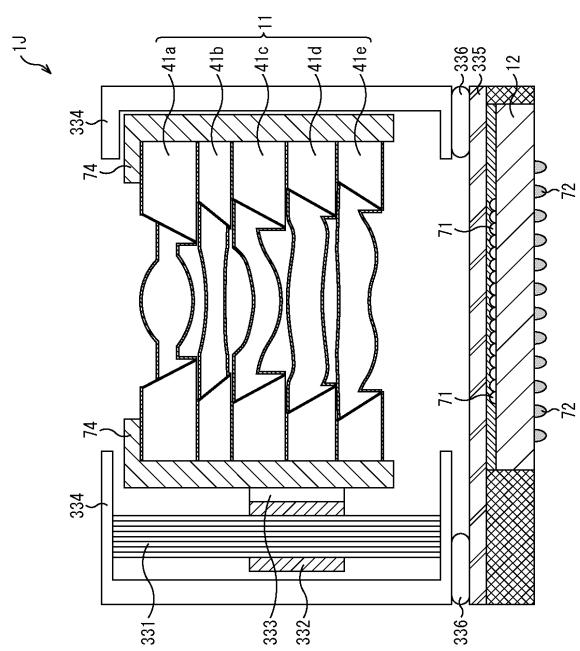
【図35】

FIG. 35



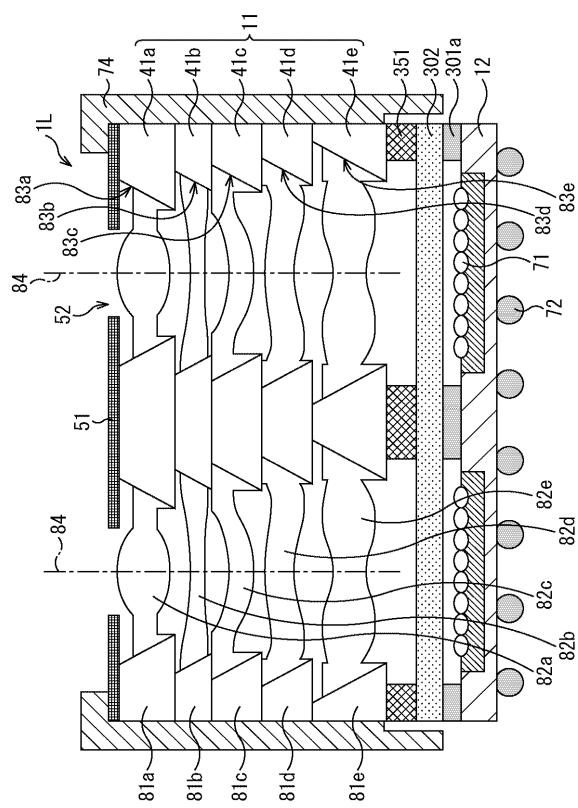
【図36】

FIG. 36



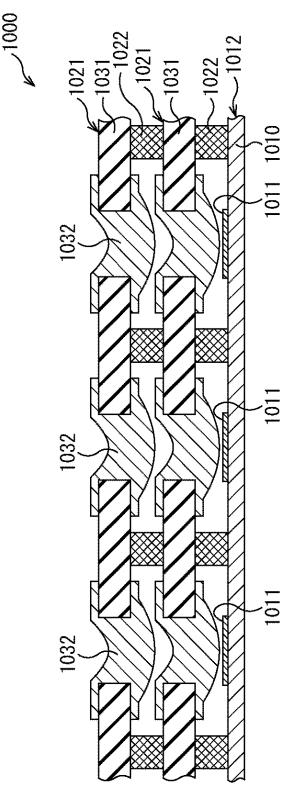
【図37】

FIG. 37



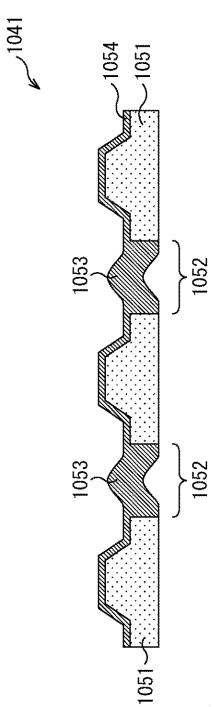
【図38】

FIG. 38



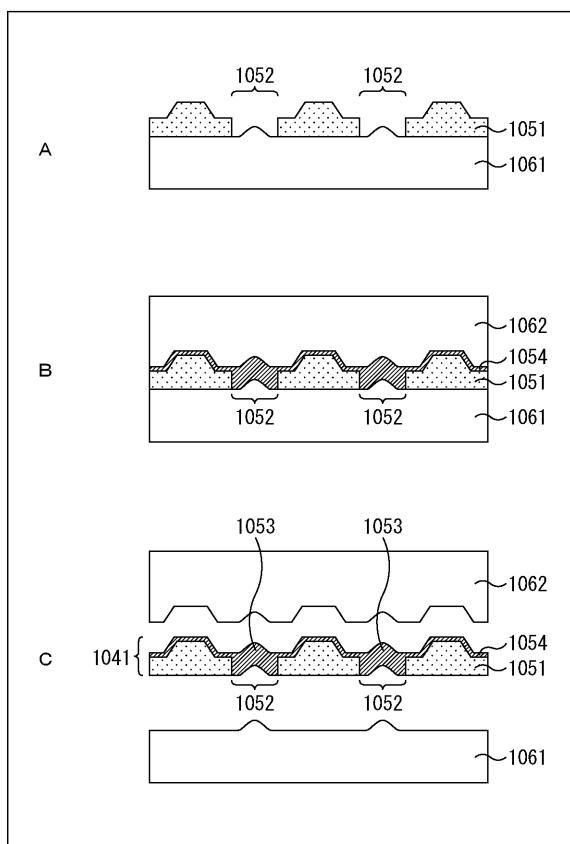
【図39】

FIG. 39

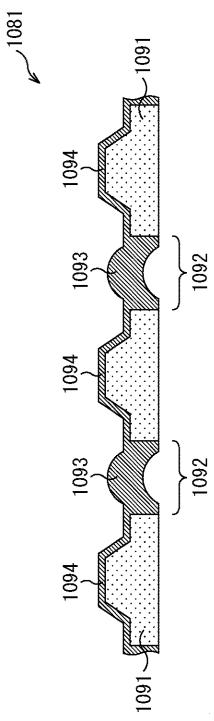


【図40】

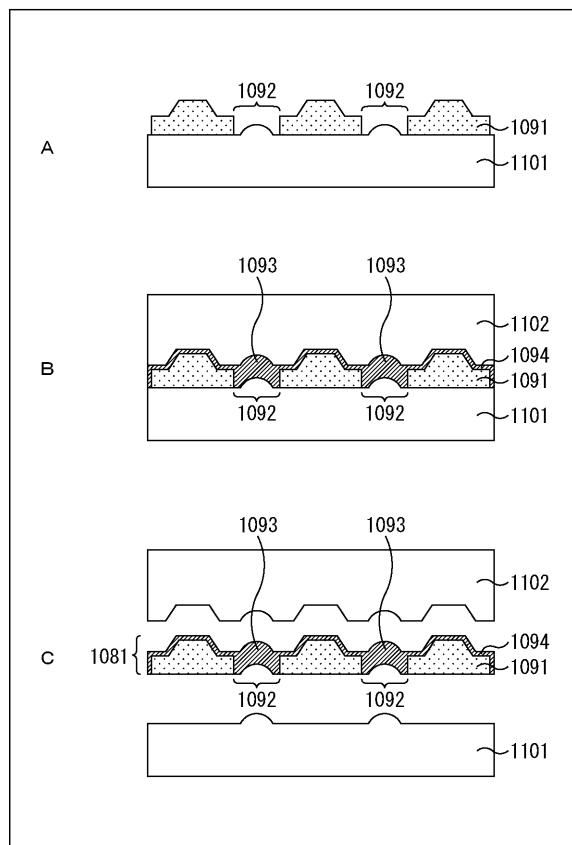
FIG. 40



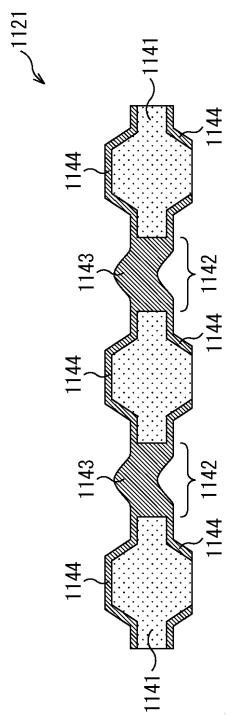
【図41】
FIG. 41



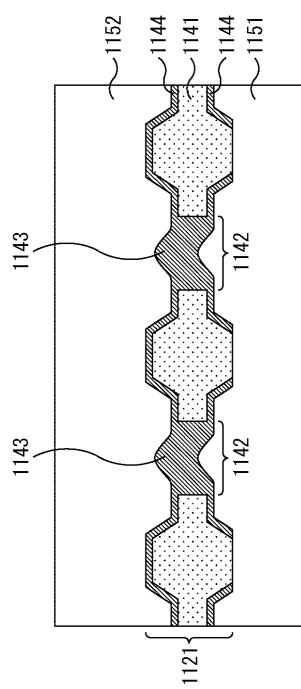
【図42】
FIG. 42



【図43】
FIG. 43

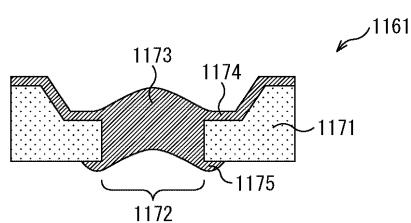


【図44】
FIG. 44



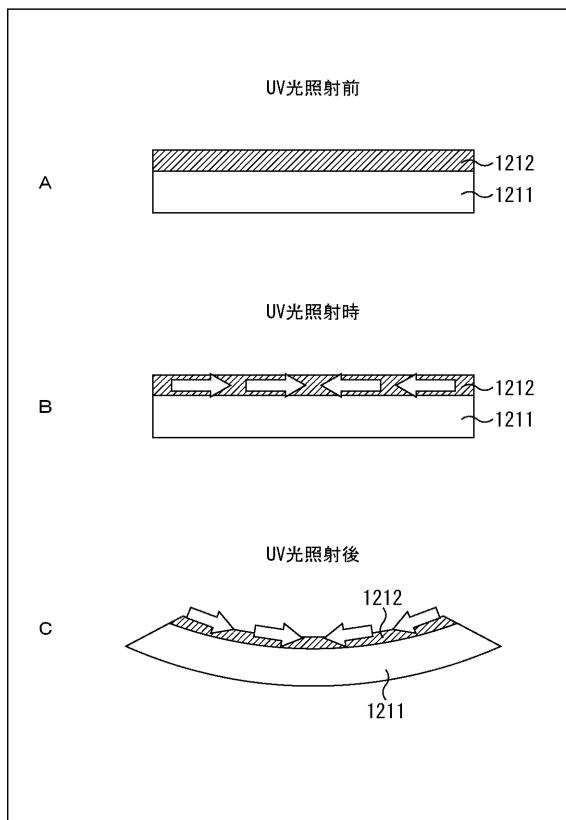
【図45】

FIG.45



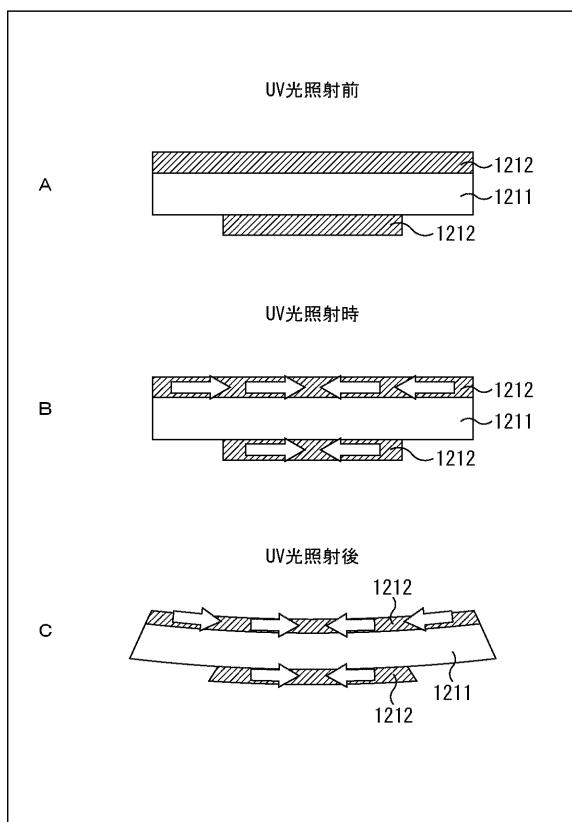
【図46】

FIG.46



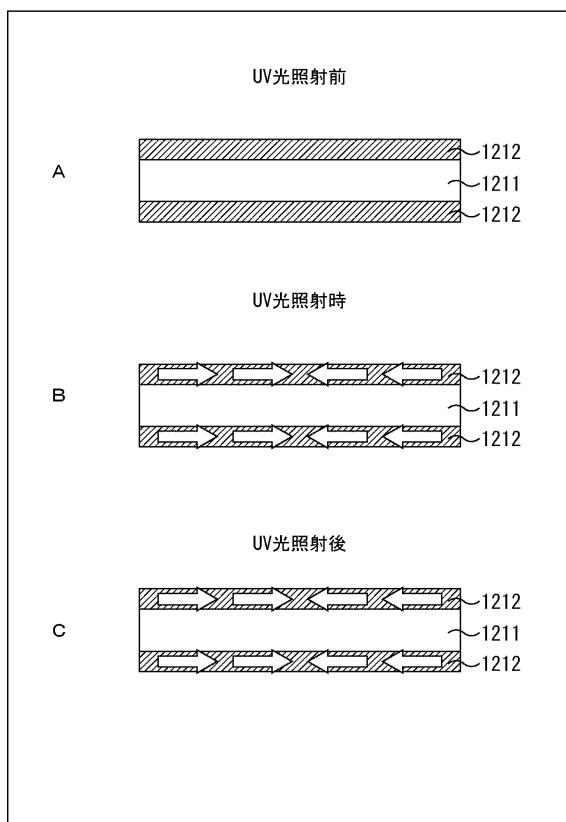
【図47】

FIG.47



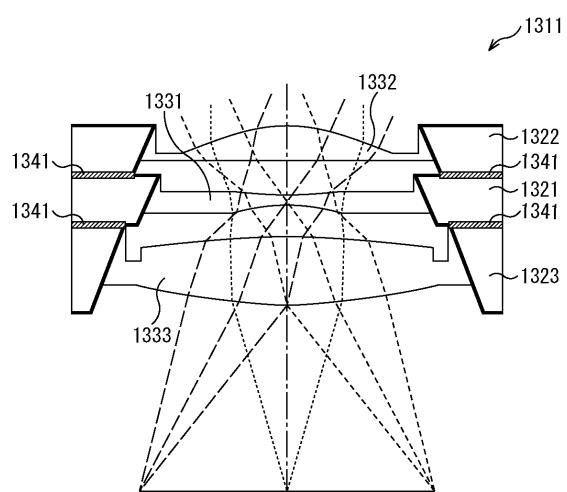
【図48】

FIG.48



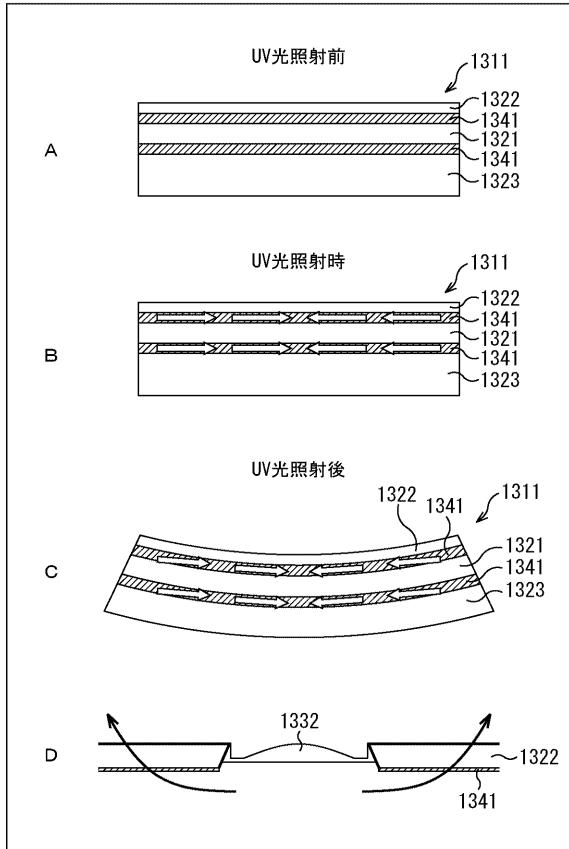
【図 49】

FIG. 49



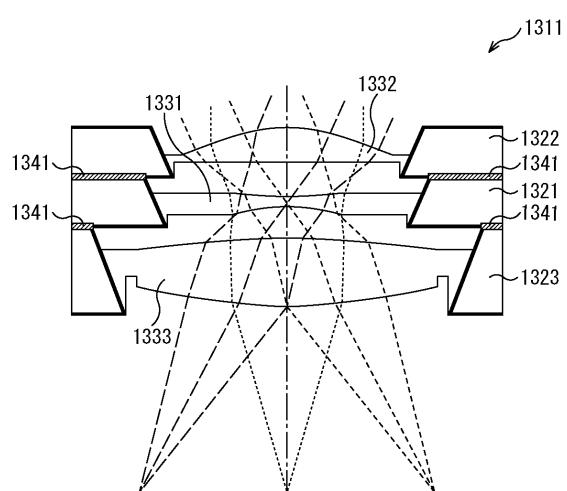
【図 50】

FIG. 50



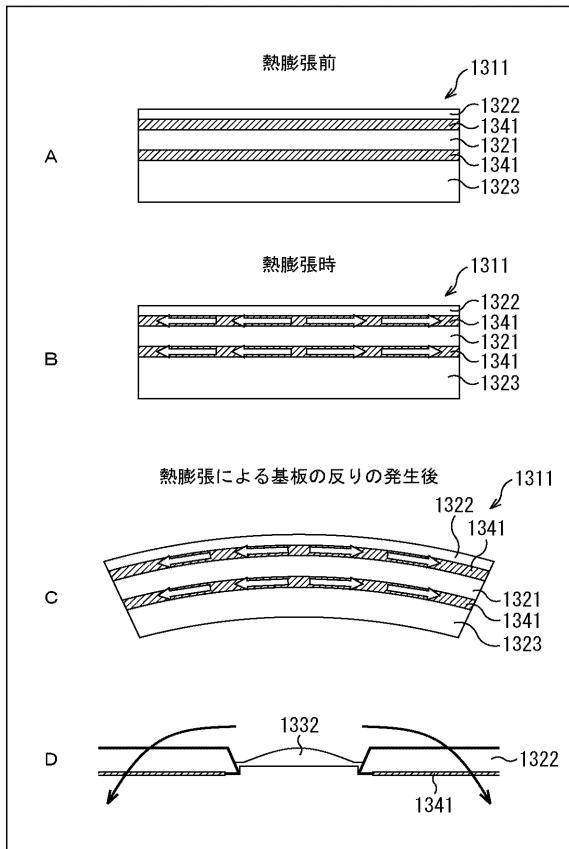
【図 51】

FIG. 51



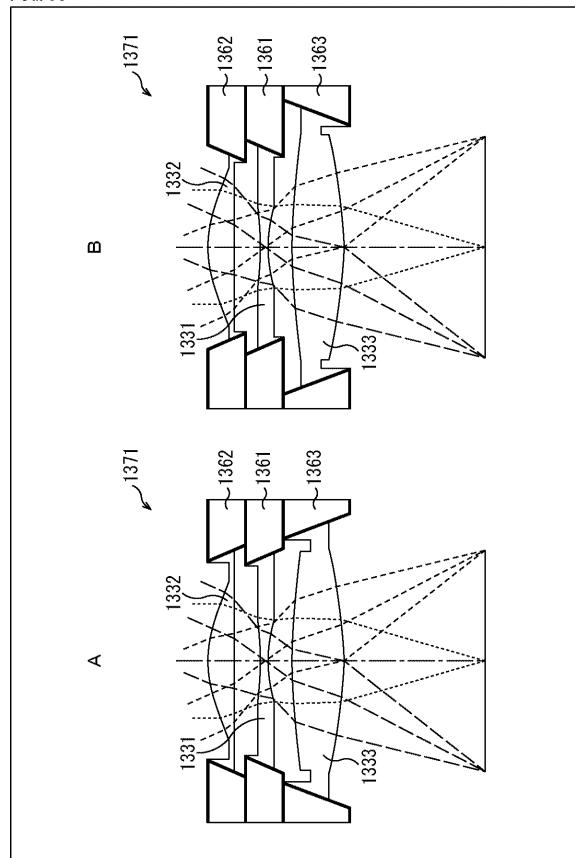
【図 52】

FIG. 52



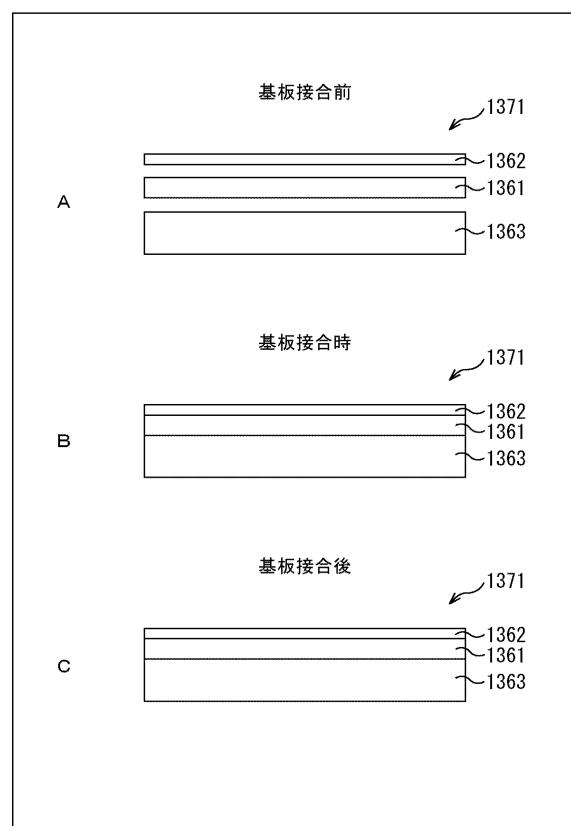
【図 5 3】

FIG. 53



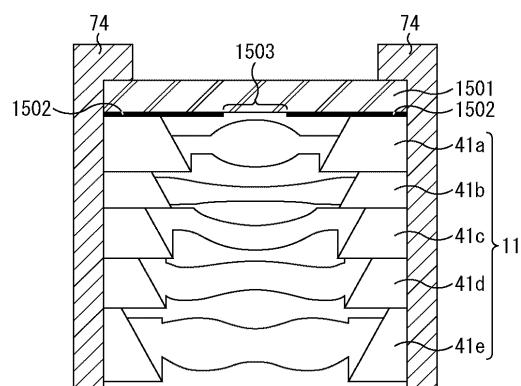
【図 5 4】

FIG. 54



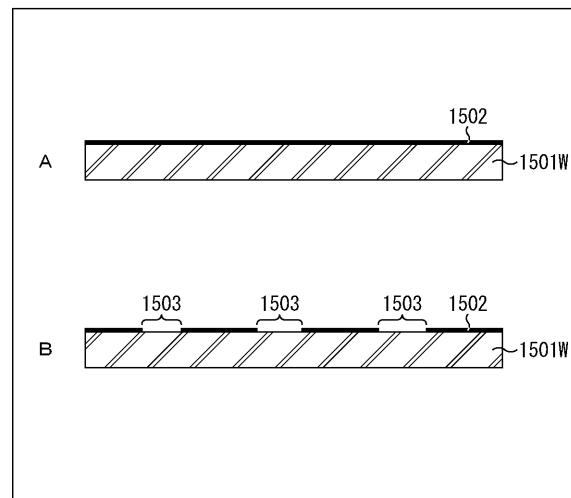
【図 5 5】

FIG. 55



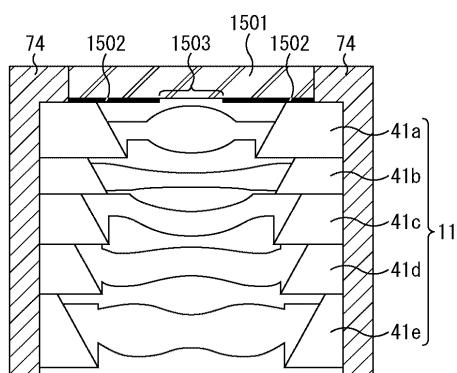
【図 5 6】

FIG. 56



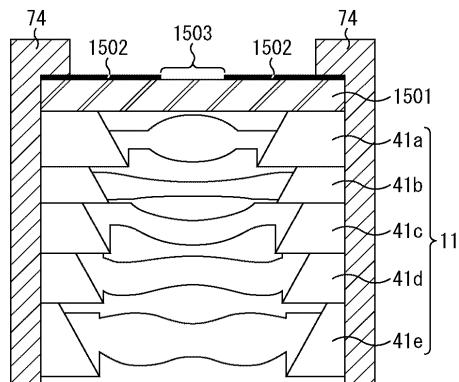
【図 5 7】

FIG. 57



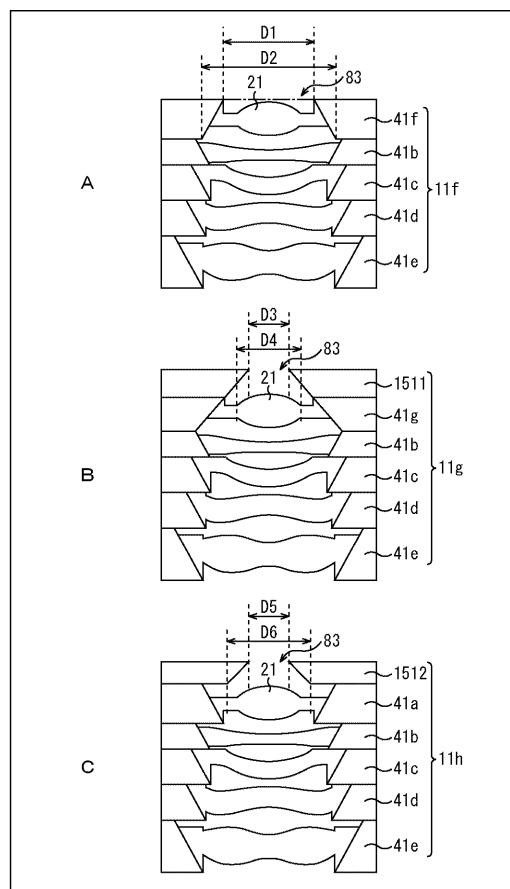
【図 5 8】

FIG. 58



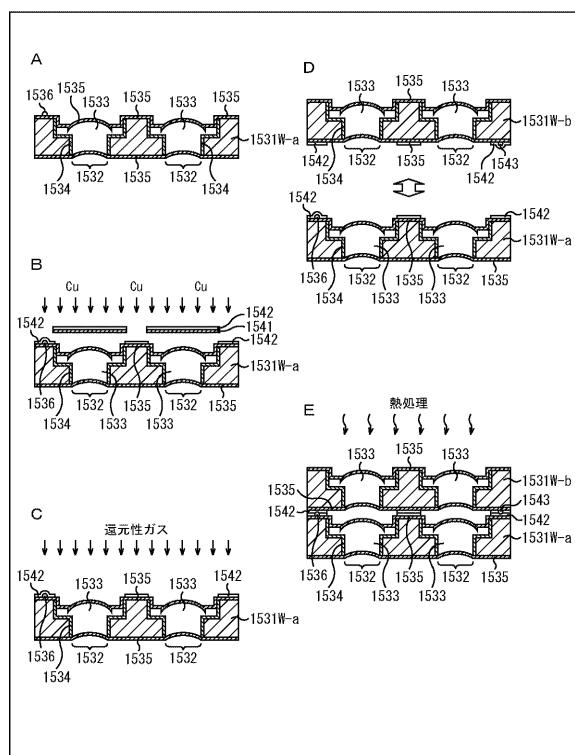
【図 5 9】

FIG. 59



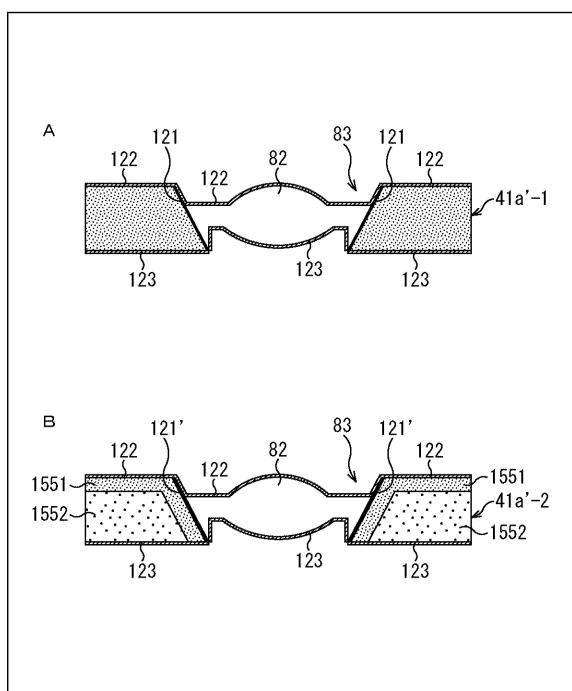
【図 6 0】

FIG. 60



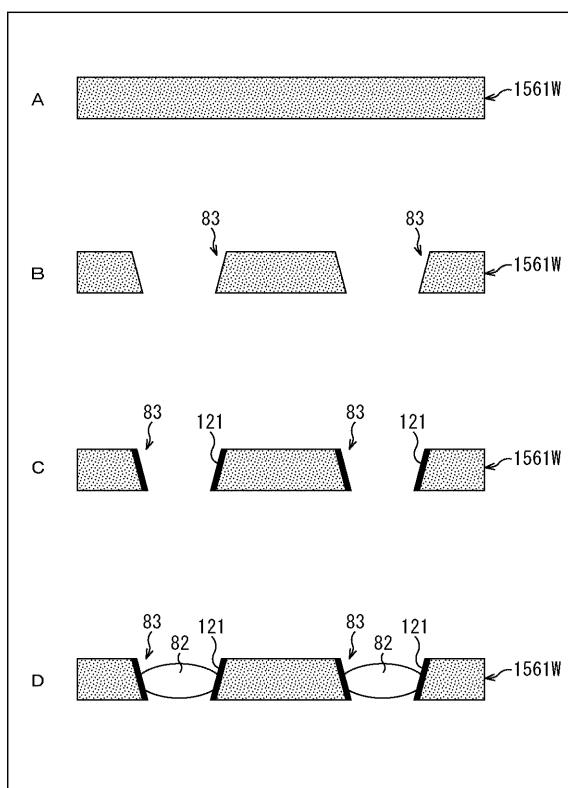
【図 6 1】

FIG. 61



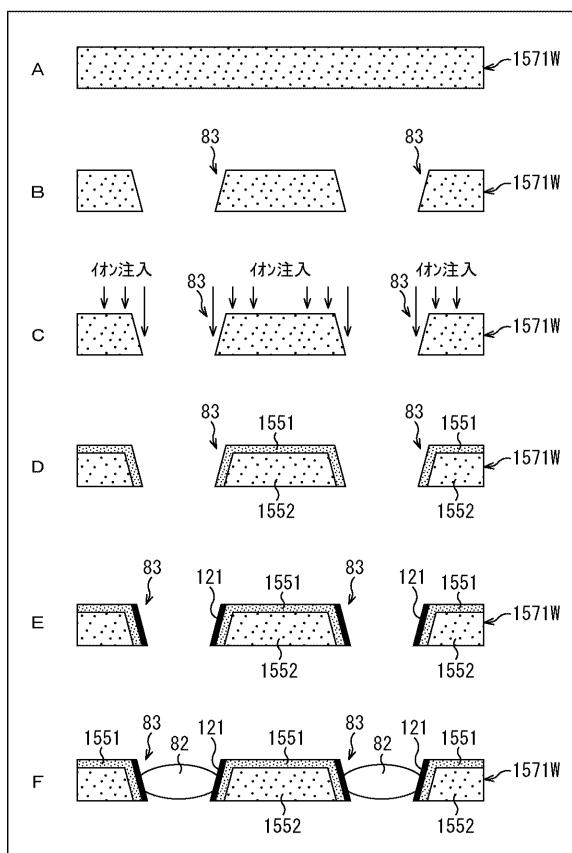
【図 6 2】

FIG. 62



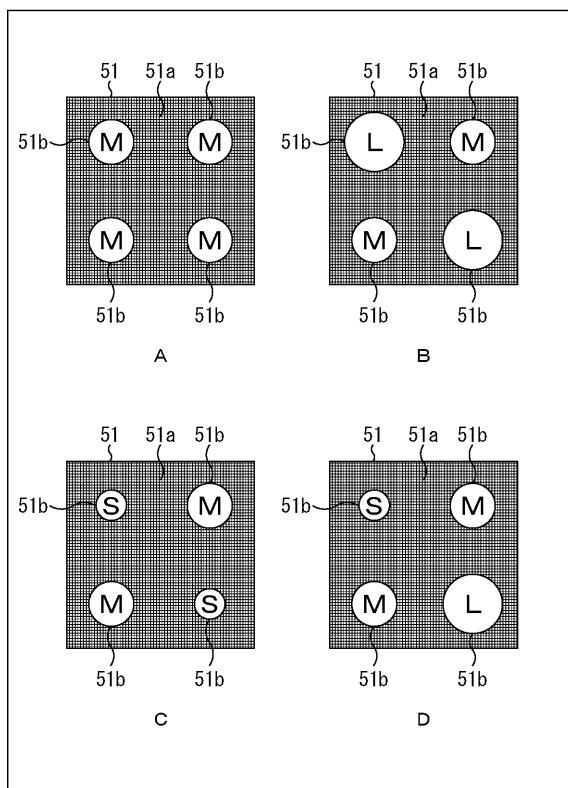
【図 6 3】

FIG. 63



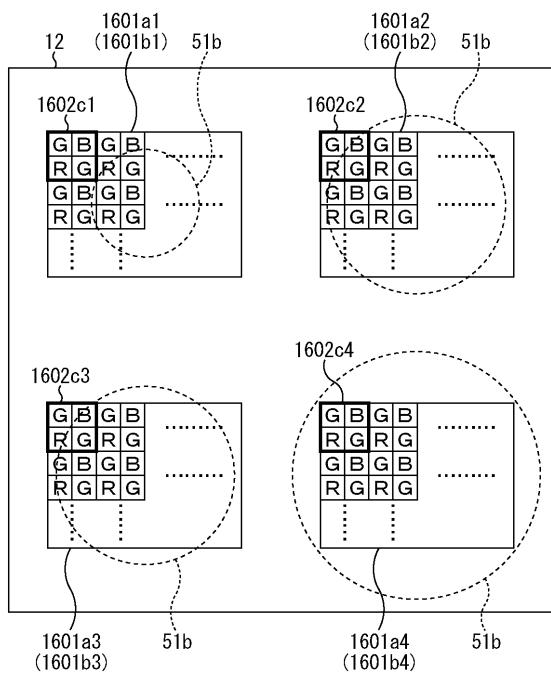
【図 6 4】

FIG. 64



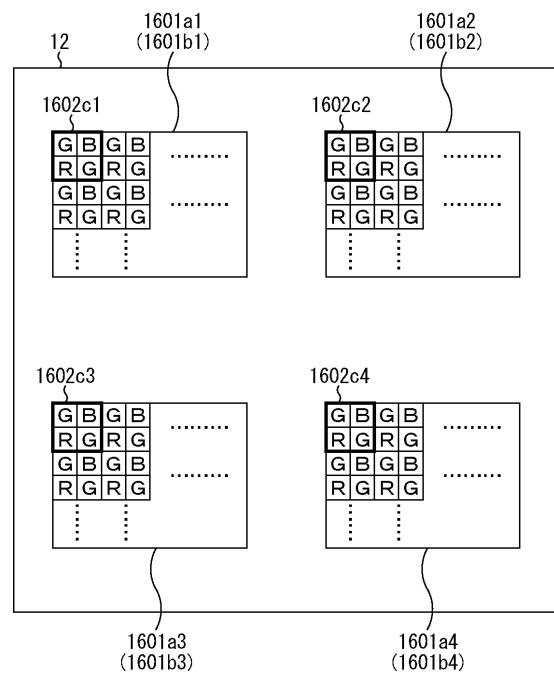
【図 6 5】

FIG. 65



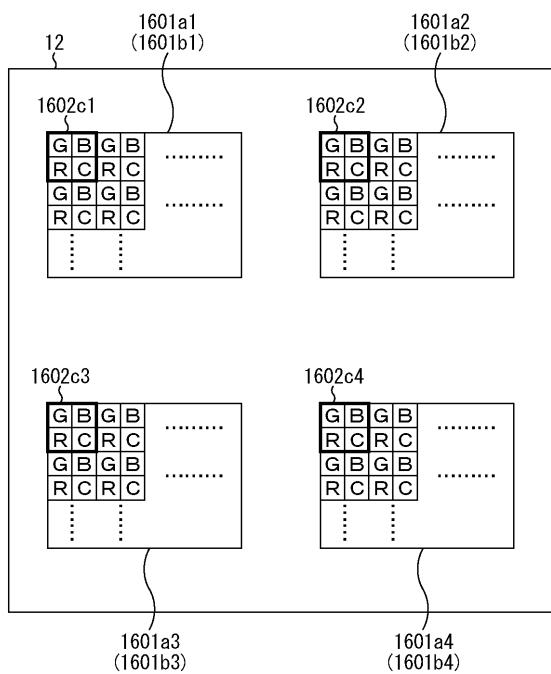
【図 6 6】

FIG. 66



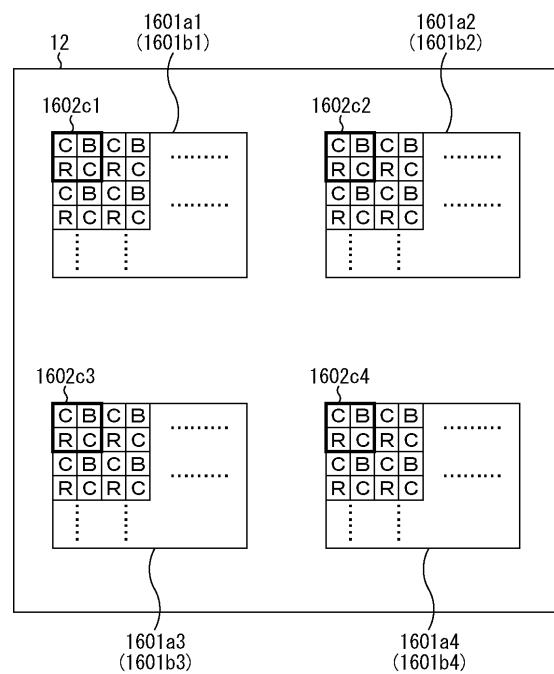
【図 6 7】

FIG. 67



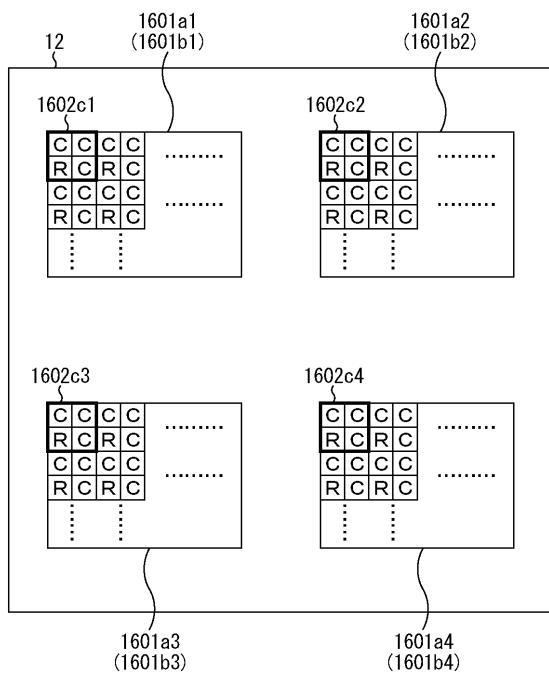
【図 6 8】

FIG. 68



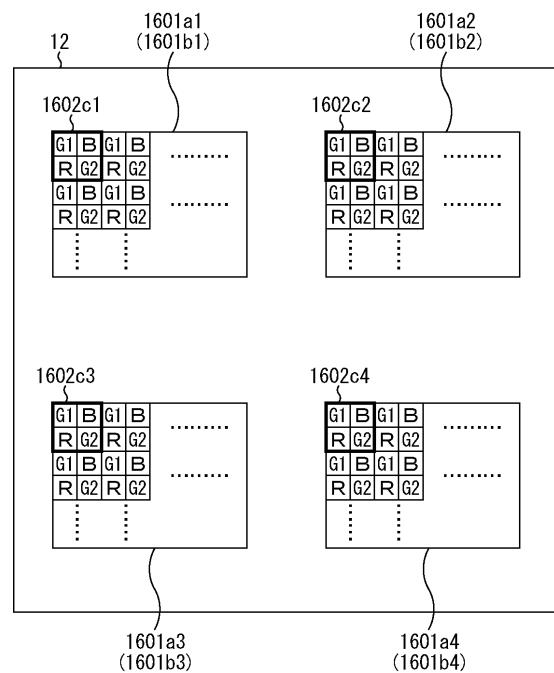
【図 6 9】

FIG. 69



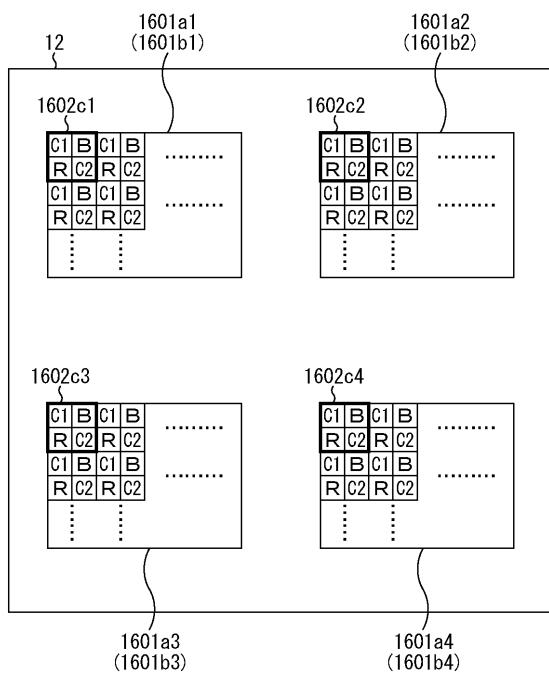
【図 7 0】

FIG. 70



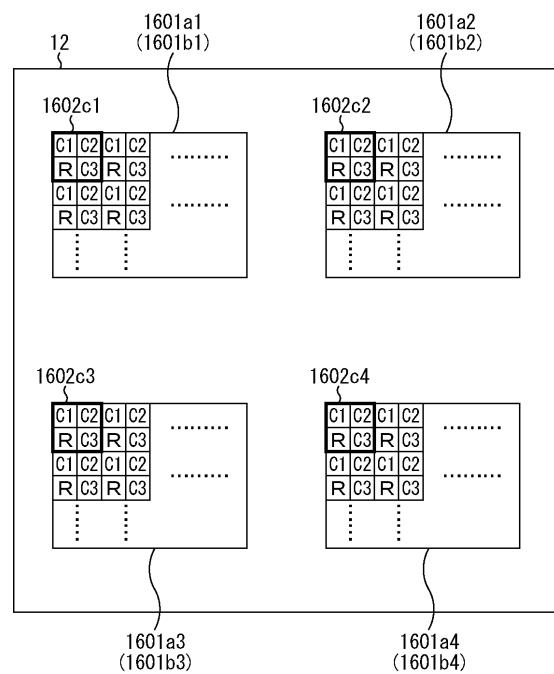
【図 7 1】

FIG. 71

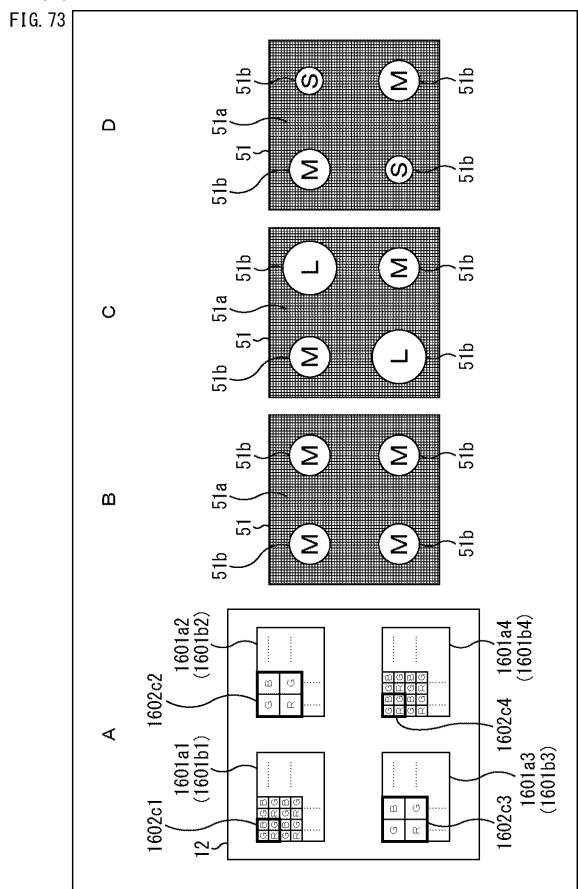


【図 7 2】

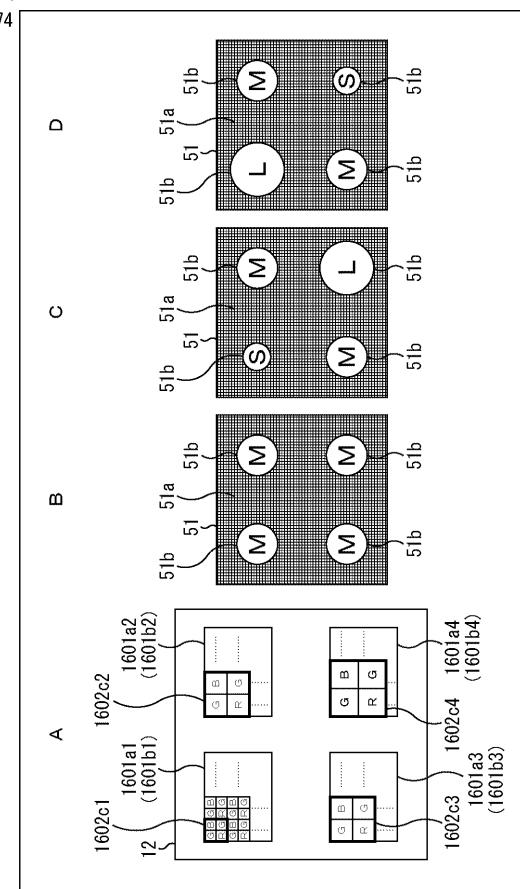
FIG. 72



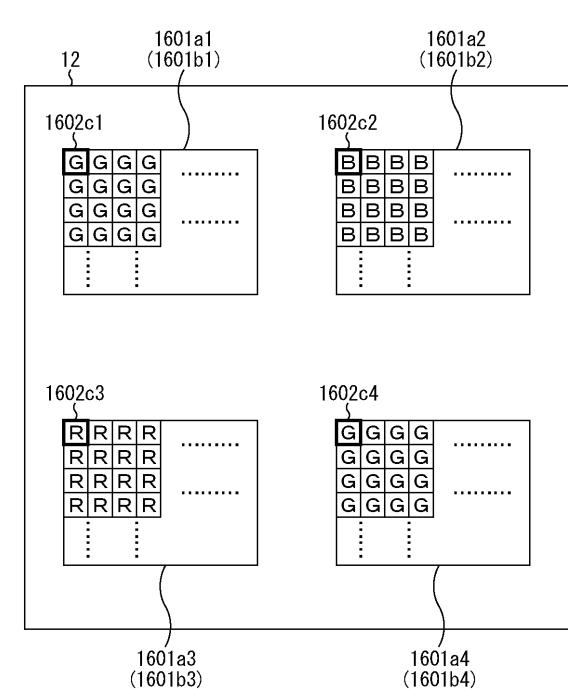
【図 7 3】



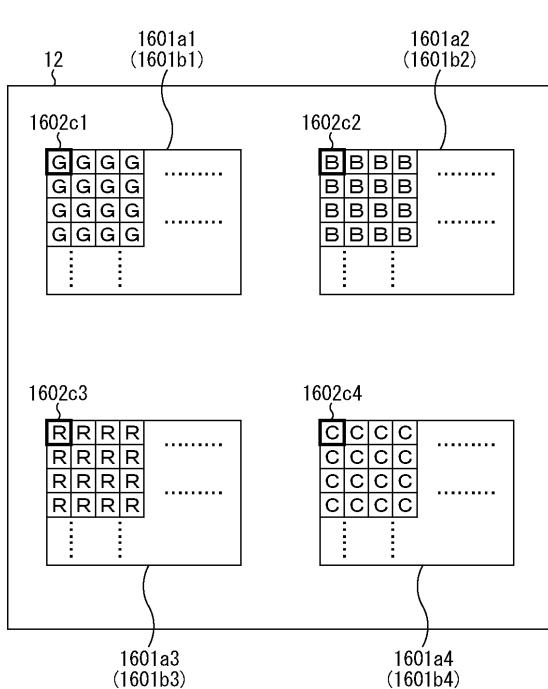
【図 7 4】



【図 7 5】

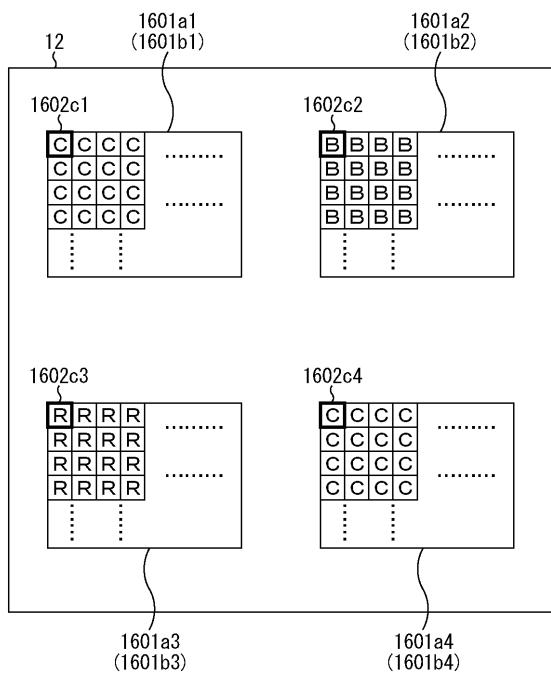


【図 7 6】



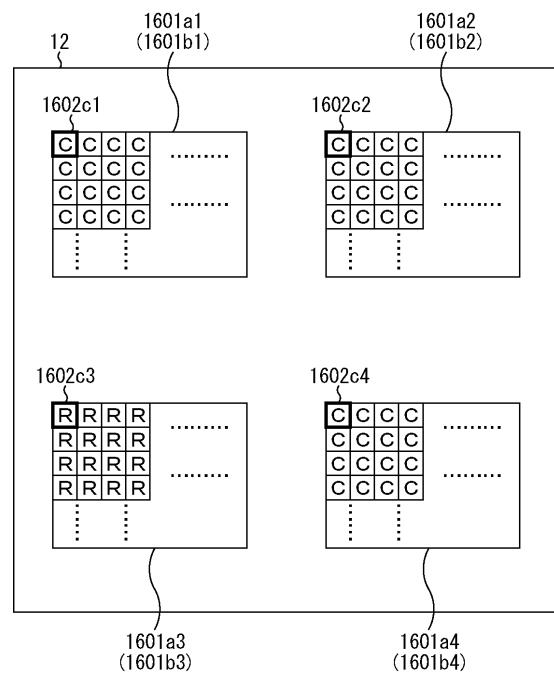
【図 7 7】

FIG. 77



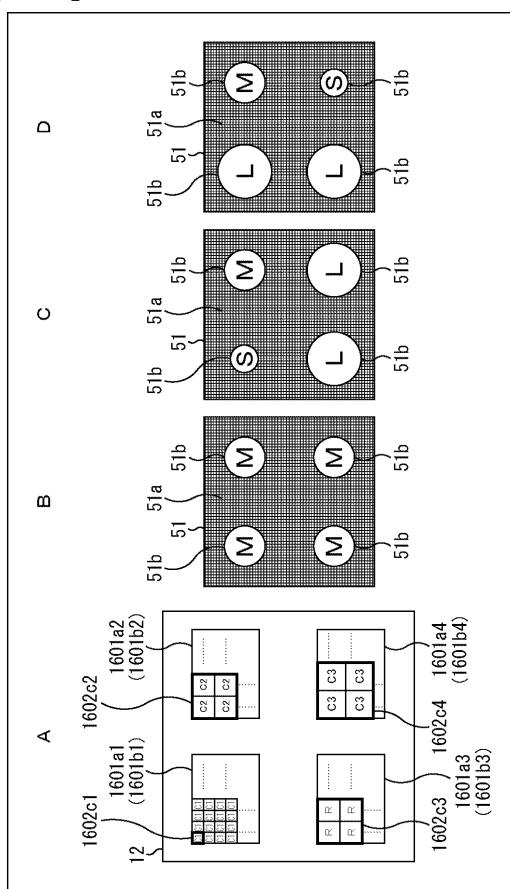
【図 7 8】

FIG. 78



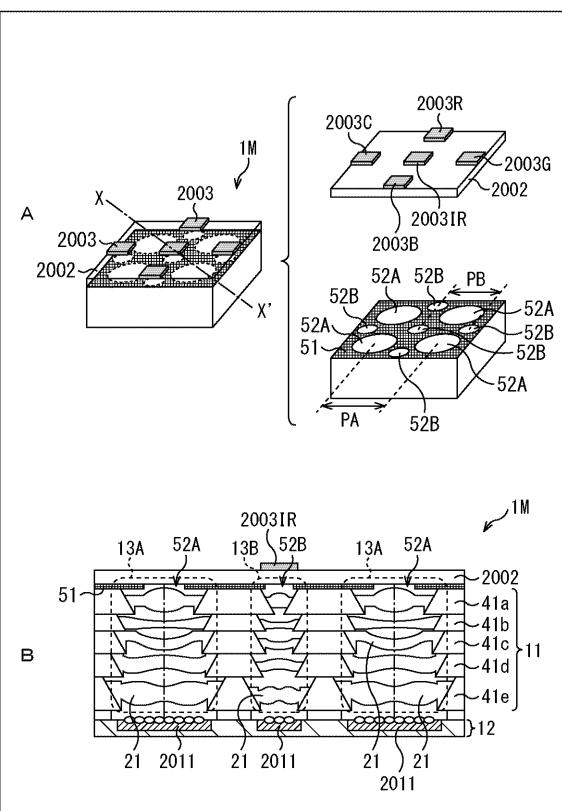
【図 7 9】

FIG. 79



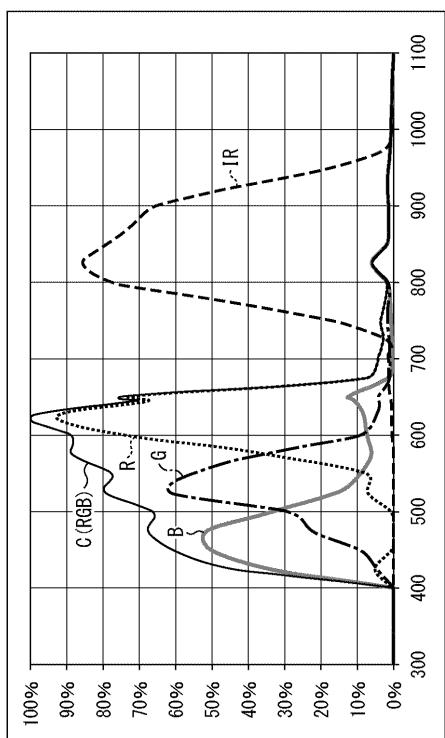
【図 8 0】

FIG. 80



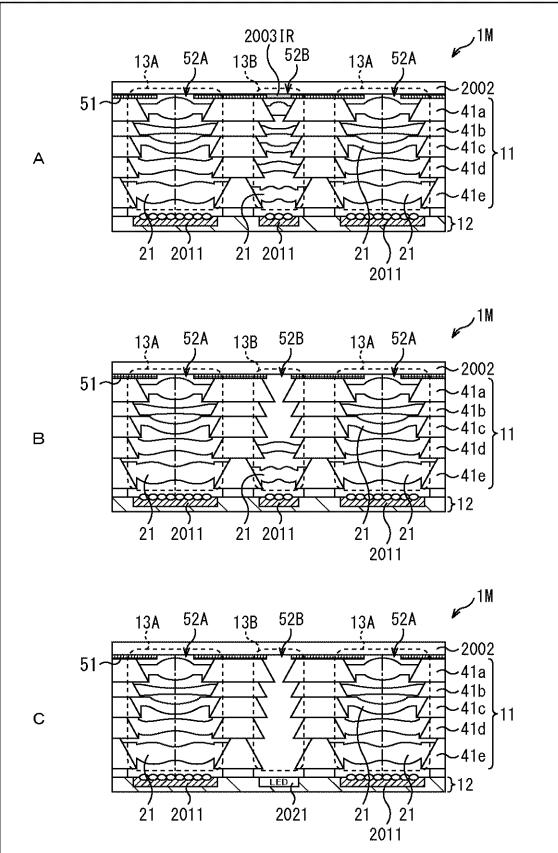
【 図 8 1 】

FIG. 81



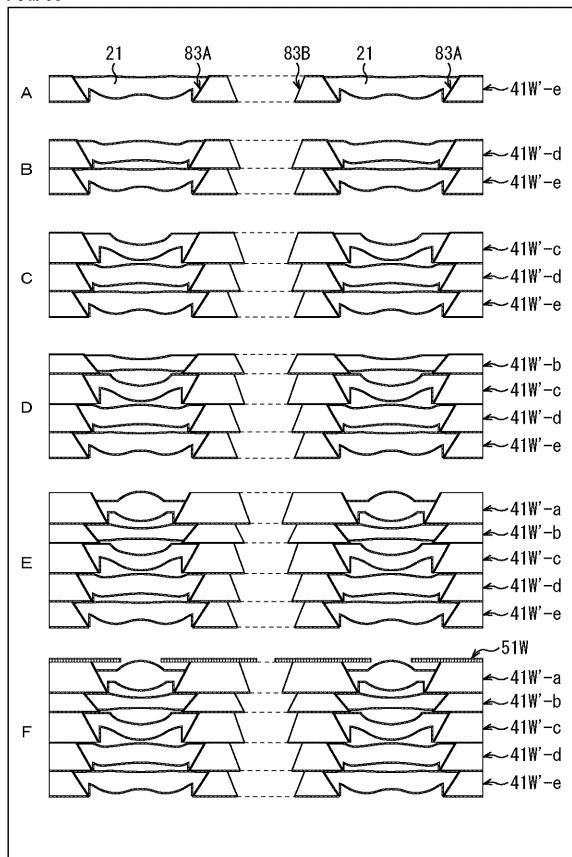
【図 8 2】

FIG. 82



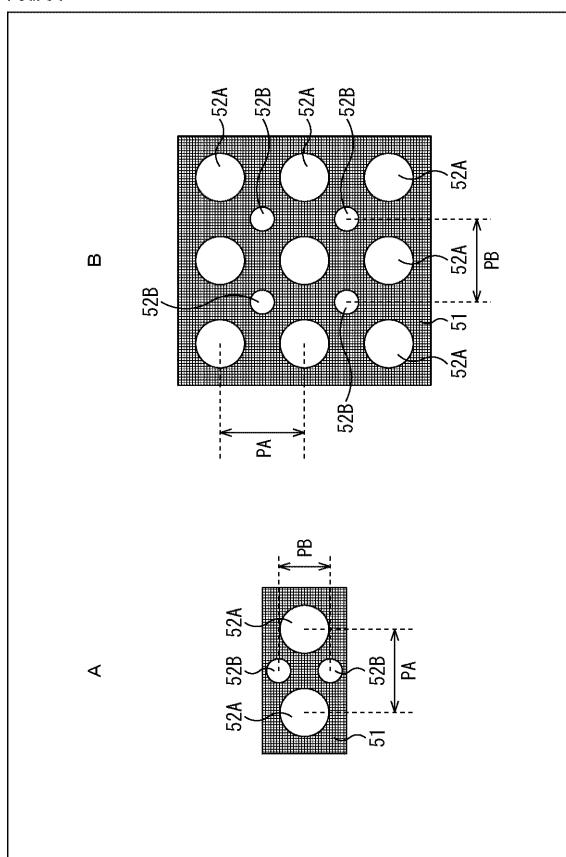
【図 8 3】

FIG. 83

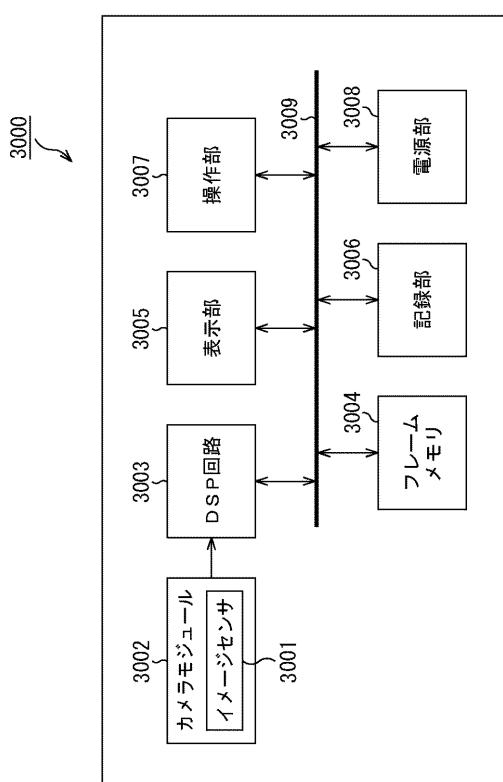


【図 8-4】

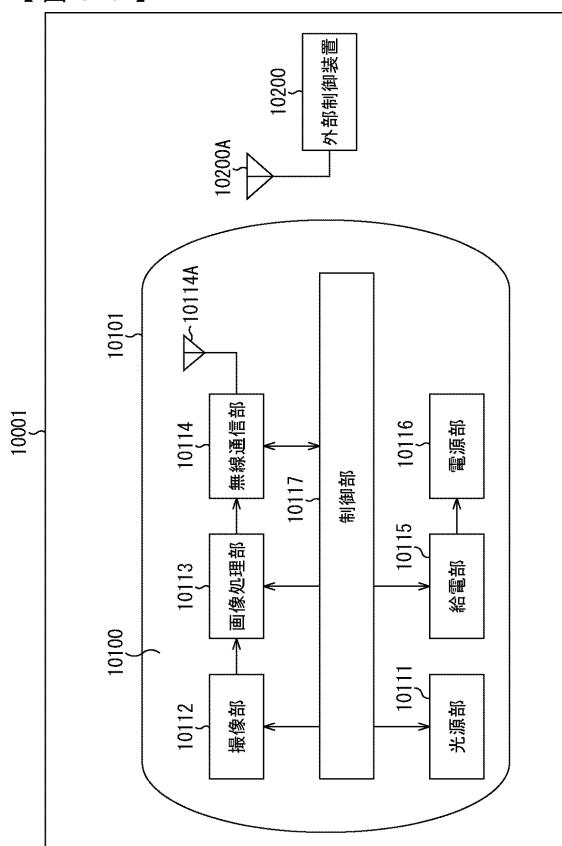
FIG. 84



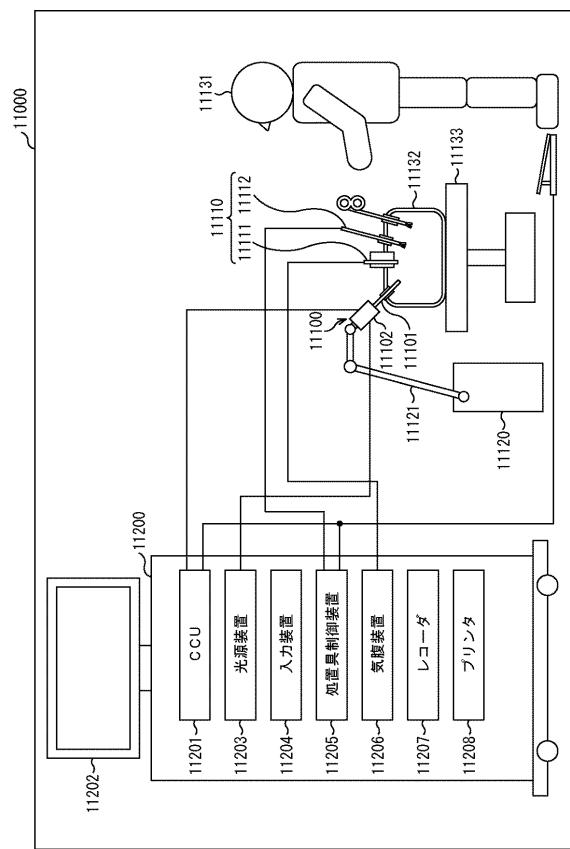
【図 8 5】
FIG. 85



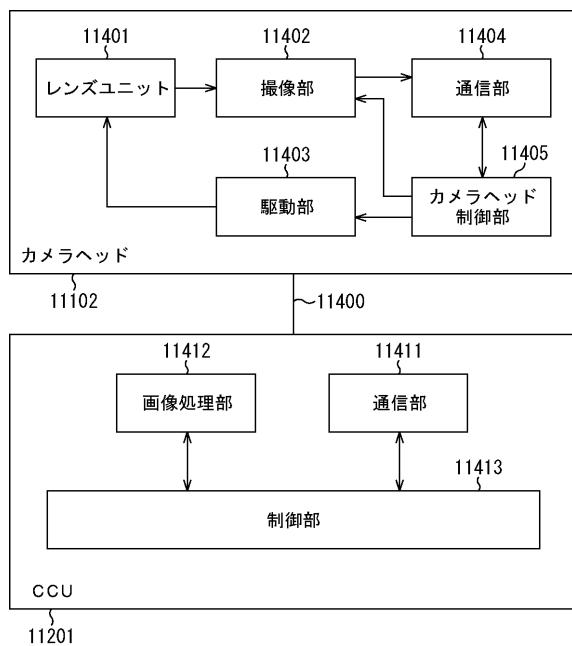
【図 8 6】



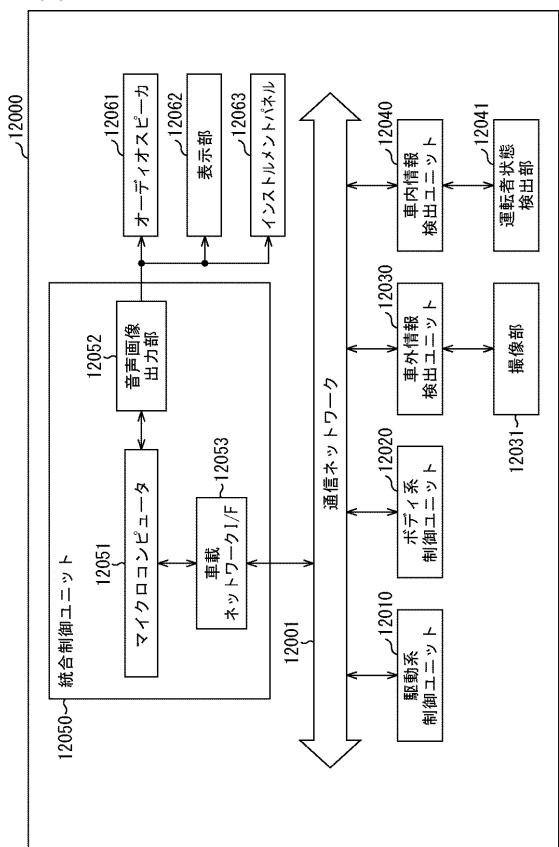
【図 8 7】



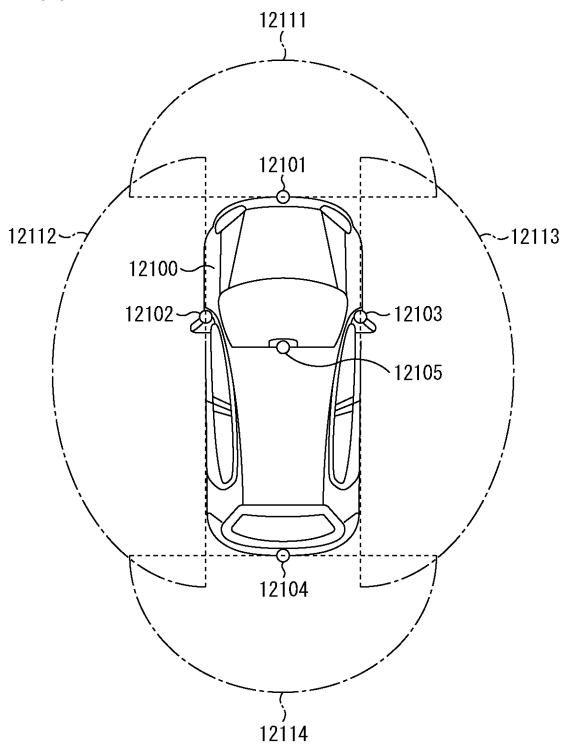
【図 8 8】



【図 8 9】



【図 9 0】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>G 0 3 B</i>	<i>15/00</i>	<i>(2021.01)</i>	<i>G 0 3 B</i>	<i>15/03</i>
<i>G 0 3 B</i>	<i>17/02</i>	<i>(2021.01)</i>	<i>G 0 2 B</i>	<i>7/02</i>
<i>G 0 2 B</i>	<i>3/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 3 B</i>	<i>15/00</i>
<i>G 0 2 B</i>	<i>5/20</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 3 B</i>	<i>17/02</i>
<i>H 0 4 N</i>	<i>5/225</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 2 B</i>	<i>3/00</i>
<i>G 0 3 B</i>	<i>30/00</i>	<i>(2021.01)</i>	<i>G 0 2 B</i>	<i>5/20</i>
			<i>H 0 4 N</i>	<i>5/225</i>
			<i>G 0 3 B</i>	<i>15/00</i>
			<i>G 0 3 B</i>	<i>30/00</i>

審査官 三宅 克馬

(56)参考文献 特開2015-181214(JP, A)
米国特許出願公開第2016/0124196(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B 7 / 0 2