

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7007088号
(P7007088)

(45)発行日 令和4年1月24日(2022.1.24)

(24)登録日 令和4年1月11日(2022.1.11)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 27/146(2006.01)

H 0 1 L 27/146

A

H 0 4 N 5/369(2011.01)

H 0 4 N 5/369

請求項の数 17 (全31頁)

(21)出願番号 特願2016-237296(P2016-237296)
 (22)出願日 平成28年12月7日(2016.12.7)
 (65)公開番号 特開2018-93126(P2018-93126A)
 (43)公開日 平成30年6月14日(2018.6.14)
 審査請求日 令和1年10月15日(2019.10.15)
 審判番号 不服2021-8191(P2021-8191/J1)
 審判請求日 令和3年6月22日(2021.6.22)

(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1 4 番 1 号
 (74)代理人 110001357
 特許業務法人つばさ国際特許事務所
 (72)発明者 萬田 周治
 神奈川県厚木市旭町四丁目1 4 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
 (72)発明者 平野 智之
 神奈川県厚木市旭町四丁目1 4 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

合議体

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 受光素子、撮像素子および電子機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1電極および第2電極と、

前記第1電極と前記第2電極との間に設けられ、前記第1電極との第1対向部の全面および前記第2電極との第2対向部の全面の少なくとも一方が複数の(111)面により構成されている1つの光電変換層とを有する画素を備えた

受光素子。

【請求項2】

前記第1対向部の全面および前記第2対向部の全面の少なくとも一方が4つ以上の前記(111)面により構成されている

請求項1に記載の受光素子。

【請求項3】

前記第1対向部の全面および前記第2対向部の全面が4つの前記(111)面により構成されている

請求項1に記載の受光素子。

【請求項4】

前記第1対向部および前記第2対向部の4つの前記(111)面はそれぞれ、前記第1電極側に頂部を有する四角錐の側面を構成し、

前記第2電極側から光が入射する

請求項3に記載の受光素子。

【請求項 5】

更に、前記光電変換層と前記第 1 電極との間に設けられ、前記光電変換層の前記第 1 対向部に沿って前記光電変換層に接する第 1 導電型層と、
前記光電変換層と前記第 2 電極との間に設けられ、前記光電変換層の前記第 2 対向部に沿って前記光電変換層に接する第 2 導電型層とを有する
請求項 1 に記載の受光素子。

【請求項 6】

前記第 1 導電型層は、(1 1 1) 面を含む 4 つ以上の面で前記第 1 電極に接し、
前記第 2 導電型層は、(1 1 1) 面を含む 4 つ以上の面で前記第 2 電極に接する
請求項 5 に記載の受光素子。

10

【請求項 7】

前記光電変換層は化合物半導体を含む
請求項 5 に記載の受光素子。

【請求項 8】

前記光電変換層は III-V 族半導体を含む
請求項 7 に記載の受光素子。

【請求項 9】

前記 III-V 族半導体は InGaAs である
請求項 8 に記載の受光素子。

【請求項 10】

前記第 1 導電型層および前記第 2 導電型層の構成材料の屈折率は、前記光電変換層の構成材料の屈折率よりも小さい
請求項 9 に記載の受光素子。

20

【請求項 11】

前記第 1 導電型層および前記第 2 導電型層は InP を含む
請求項 9 に記載の受光素子。

【請求項 12】

前記画素を複数有し、
前記複数の画素の前記光電変換層は互いに絶縁膜で分離されている
請求項 11 に記載の受光素子。

30

【請求項 13】

前記絶縁膜の屈折率は、前記第 1 導電型層および前記第 2 導電型層の屈折率よりも小さい
請求項 12 に記載の受光素子。

【請求項 14】

隣り合う前記画素の間に遮光膜が設けられている
請求項 12 に記載の受光素子。

【請求項 15】

前記第 1 電極は前記画素毎に設けられ、
前記第 2 電極は前記複数の画素に共通に設けられている
請求項 12 に記載の受光素子。

40

【請求項 16】

第 1 電極および第 2 電極と、
前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に設けられ、前記第 1 電極との第 1 対向部の全面および前記第 2 電極との第 2 対向部の全面の少なくとも一方が複数の (1 1 1) 面により構成されている 1 つの光電変換層とを有する画素を備えた
撮像素子。

【請求項 17】

第 1 電極および第 2 電極と、
前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に設けられ、前記第 1 電極との第 1 対向部の全面および前記第 2 電極との第 2 対向部の全面の少なくとも一方が複数の (1 1 1) 面により構成

50

されている1つの光電変換層とを有する画素を備えた撮像素子を有する電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、例えば赤外センサ等に用いられる受光素子、撮像素子および電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、赤外領域に感度を有するイメージセンサ（赤外線センサ）が商品化されている。例えば、特許文献1に記載されているように、赤外線センサに用いられる受光素子では、例えばInGaAs（インジウムガリウム砒素）等のIII-V族半導体を光電変換層が用いられ、この光電変換層において、赤外線が吸収されることで電荷が発生する（光電変換が行われる）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2014-127499号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このような受光素子あるいは撮像素子の素子構造については、様々な提案がなされているものの、より、光電変換効率を向上させることが望まれている。

20

【0005】

本技術はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、光電変換効率を向上させることが可能な受光素子、撮像素子および電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本技術の受光素子は、第1電極および第2電極と、第1電極と第2電極との間に設けられ、第1電極との第1対向部の全面および第2電極との第2対向部の全面の少なくとも一方が複数の（111）面により構成されている1つの光電変換層とを有する画素を備えたものである。

30

【0007】

本技術の撮像素子は、上記本技術の受光素子を備えたものである。

【0008】

本技術の電子機器は、本技術の撮像素子を備えたものである。

【0009】

本技術の受光素子、撮像素子および電子機器では、1つの光電変換層の第1対向部の全面および第2対向部の全面の少なくとも一方が複数の（111）面により構成されている。これにより、第1対向部の全面および第2対向部の全面を1つの面により構成した場合に比べて、入射光が光電変換層内に集光されやすくなる。

40

【発明の効果】

【0010】

本技術の受光素子、撮像素子および電子機器によれば、1つの光電変換層の第1対向部の全面および第2対向部の全面の少なくとも一方が複数の（111）面により構成されたので、光電変換効率を向上させることが可能となる。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の効果であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本技術の一実施の形態に係る受光素子の概略構成を表す断面図である。

【図2】図1に示した受光素子の要部の平面構成を表す図である。

50

- 【図 3】図 1 に示した第 1 導電型層の構成を表す平面図である。
- 【図 4 A】図 1 に示した光電変換層の第 1 電極との対向部の構成を表す平面図である。
- 【図 4 B】図 1 に示した光電変換層の第 2 電極との対向部の構成を表す平面図である。
- 【図 5】図 1 に示した第 2 導電型層の構成を表す平面図である。
- 【図 6 A】図 1 に示した受光素子の製造方法の一工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 6 B】図 6 A に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 6 C】図 6 B に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 6 D】図 6 C に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 7 A】図 6 D に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 7 B】図 7 A に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 7 C】図 7 B に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 7 D】図 7 C に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 8 A】図 7 D に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 8 B】図 8 A に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 9 A】比較例に係る受光素子の製造方法の一工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 9 B】図 9 A に続く工程を模式的に表す断面図である。
- 【図 10】図 9 A, 9 B の工程を経て製造された受光素子の概略構成を表す断面図である。
- 【図 11 A】図 1 に示した受光素子の第 2 電極側の作用について説明するための断面図である。
- 【図 11 B】図 1 に示した受光素子の第 1 電極側の作用について説明するための断面図である。
- 【図 12】変形例 1 に係る受光素子の概略構成を表す断面図である。
- 【図 13】変形例 2 に係る受光素子の概略構成を表す断面図である。
- 【図 14】変形例 3 に係る受光素子の概略構成を表す断面図である。
- 【図 15】図 1 等 に示した受光素子の素子構造を用いた撮像素子の構成を表すブロック図である。
- 【図 16】積層型の撮像素子の構成例を表す模式図である。
- 【図 17】図 15 に示した撮像素子を用いた電子機器（カメラ）の一例を表す機能ブロック図である。
- 【図 18】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 19】カメラヘッド及び C C U の機能構成の一例を示すブロック図である。
- 【図 20】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 21】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】

【0012】

以下、本技術の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 実施の形態（第 1 対向部および第 2 対向部が複数の面を含む受光素子の例）
2. 変形例 1（異なる大きさの画素を有する例）
3. 変形例 2（第 2 対向部が複数の面を含む例）
4. 変形例 3（第 1 対向部が複数の面を含む例）
5. 適用例 1（撮像装置の例）
6. 適用例 2（電子機器の例）
7. 応用例 1（体内情報取得システムの例）
8. 応用例 2（移動体制御システムの例）

【0013】

<実施の形態>

【受光素子 1 の構成】

図 1 は、本技術の一実施の形態に係る受光素子（受光素子 1）の断面構成を表したものである。図 2 は、受光素子 1 の要部の平面構成を表したものである。受光素子 1 は、例えば

、化合物半導体（ⅢⅤ族半導体）を用いた赤外線センサ等に適用されるものであり、2次元配置された複数の受光単位領域（画素Pとする）を含んでいる。尚、図1では4つの画素Pに相当する部分の断面構成を示している。

【0014】

受光素子1は多層配線基板10を有している。受光素子1では、この多層配線基板10上に、第1電極31、第1導電型層32、光電変換層33、第2導電型層34および第2電極35がこの順に設けられている。第1電極31、第1導電型層32、光電変換層33および第2導電型層34は、画素P毎に分離して設けられ、第2電極35は複数の画素Pに共通して設けられている。

【0015】

受光素子1は、第1電極31と多層配線基板10との間に保護膜21を有しており、保護膜21には、第1電極31に接続された貫通電極21Eが設けられている。受光素子1は、隣り合う画素Pの間にパッシベーション膜22、絶縁膜23および遮光膜24を有している。受光素子1は、第2電極35側に、画素P毎にオンチップレンズ26を有しており、オンチップレンズ26と第2電極35との間には、反射防止膜25が設けられている。

【0016】

多層配線基板10は、基板11と多層配線層12とを含むものである。基板11は、例えばシリコン（Si）基板により構成されている。多層配線層12は、基板11と保護膜21との間に設けられている。この多層配線層12に設けられた複数の配線12Wは、ROIC（Readout Integrated Circuit）を構成している。多層配線層12のうち、保護膜21に近い位置には画素P毎に接続部12Cが設けられている。この接続部12Cは、例えば銅（Cu）を含む電極により構成されており、一方の面が保護膜21に設けられた貫通電極21Eに接するとともに、配線12Wに電氣的に接続されている。即ち、貫通電極21Eおよび接続部12Cを介して、第1電極31は、ROICに電氣的に接続されている。

【0017】

第1電極31は、光電変換層33で発生した信号電荷（正孔または電子、以下、便宜上信号電荷が正孔であるとして説明する。）を読み出すための電圧が供給される電極（アノード）であり、画素P毎に設けられている。第1電極31は、第1導電型層32の略中央部に接し、第1導電型層32の形状に倣って、凹状に設けられている（多層配線基板10側に突出している）。1つの画素Pに対して1つの第1電極31が配置され、隣り合う画素Pでは、保護膜21により第1電極31が電氣的に分離されている。

【0018】

第1電極31は、例えば、チタン（Ti）、タングステン（W）、窒化チタン（TiN）、白金（Pt）、金（Au）、ゲルマニウム（Ge）、パラジウム（Pd）、亜鉛（Zn）、ニッケル（Ni）およびアルミニウム（Al）のうちのいずれかの単体、またはそれらのうちの少なくとも1種を含む合金により構成されている。第1電極31は、このような構成材料の単膜であってもよく、あるいは、2種以上を組み合わせた積層膜であってもよい。第1電極31は、例えばチタンとタングステンとの積層膜により構成されている。このとき、例えばチタンが第1導電型層32に接するように配置される。

【0019】

第1導電型層32は、第1電極31と光電変換層33との間に設けられている。第1導電型層32は、光電変換層33の形状に沿って光電変換層33に接している。1つの画素Pに対して1つの第1導電型層32が配置され、隣り合う画素Pでは、パッシベーション膜22および絶縁膜23により第1導電型層32が電氣的に分離されている。第1導電型層32は、光電変換層33で発生した信号電荷が移動する領域であり、例えば、p型の不純物を含む化合物半導体により構成されている。第1導電型層32を構成する化合物半導体は、光電変換層33を構成する化合物半導体よりも、その屈折率が小さいことが好ましい。第1導電型層32には、例えば、Zn（亜鉛）等のp型の不純物を含むInP（インジウムリン）を用いることができる。p型不純物の濃度は、例えば $1 \times 10^{18} \sim 2 \times 10^{18}$

10

20

30

40

50

cm^{-3} である。第1導電型層32の厚みは、例えば100nm～5000nmである。

【0020】

図3は、第1電極31側からの第1導電型層32の平面形状を表したものである。第1導電型層32は、例えば、4つ(111)面を有しており、この4つの(111)面が第1電極31に接している。4つの(111)面は、例えば全て三角形であり、第1電極31側に頂部を有する四角錐の側面を構成している。即ち、4つの(111)面は多層配線基板10の面に対して傾斜して配置されている。なお、上記四角錐は、説明のために用いる仮のものであり、四角錐を構成する底面は存在していない。第1導電型層32は、4つの(111)面が側面を構成する他の立体形状を有していてもよい。傾斜角度は例えば多層配線基板10の面に対して46.7°である。第1導電型層32は、複数の面で第1電極31に接していればよく、例えば2つ以上の(111)面で第1電極31に接していてもよく、あるいは、5つ以上の面で第1電極31に接していてもよい。第1導電型層32は、光電変換層33とも、例えば4つの(111)面で接している。

10

【0021】

光電変換層33は、所定の波長の光(例えば、赤外領域の波長の光)を吸収して、信号電荷(電子または正孔)を発生させるものであり、III-V族半導体などの化合物半導体を含んでいる。1つの画素Pに対して1つの光電変換層33が配置され、隣り合う画素Pでは、絶縁膜23により光電変換層33が電氣的に分離されている。

【0022】

第1電極31と第2電極35との間の光電変換層33は、例えばi型のIII-V族半導体により構成されている。光電変換層33に用いられるIII-V族半導体としては、例えば、InGaAs(インジウムガリウム砒素)が挙げられる。InGaAsの組成は、例えば $\text{In}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As}$ ($x: 0 < x \leq 1$)である。赤外領域で、感度を高めるためには、 $x \geq 0.4$ であることが好ましい。光電変換層33の厚みは、例えば1000nm～5000nmである。

20

【0023】

図4Aおよび図4Bは、光電変換層33の平面形状を表したものである。図4Aは、第1電極31との対向部(第1対向部33A)の平面形状、図4Bは、第2電極35との対向部(第2対向部33B)の平面形状をそれぞれ表している。本実施の形態では、光電変換層33の第1対向部33Aおよび第2対向部33Bが複数の面により構成されている。詳細は後述するが、これにより、入射光が光電変換層33内に集光されやすくなるので、光電変換効率を向上させることが可能となる。

30

【0024】

第1対向部33Aは、例えば、4つ(111)面により構成されており、この4つの(111)面が第1導電型層32に接している。4つの(111)面は、例えば全て三角形であり、第1電極31側に頂部を有する四角錐の側面を構成している。即ち、4つの(111)面は多層配線基板10の面に対して傾斜して配置されている。傾斜角度は例えば46.7°である。なお、上記四角錐は、説明のために用いる仮のものであり、四角錐を構成する底面は存在していない。第1対向部33Aは、4つの(111)面が側面を構成する他の立体形状を有していてもよい。第1対向部33Aは、複数の面を含んでいればよく、例えば2つ以上の(111)面、あるいは、5つ以上の面により構成されていてもよい。

40

【0025】

第2対向部33Bは、例えば、4つ(111)面により構成されており、この4つの(111)面が第2導電型層34に接している。4つの(111)面は、例えば全て三角形であり、第1電極31側に頂部を有する四角錐の側面を構成している。即ち、4つの(111)面は多層配線基板10の面に対して傾斜して配置されている。傾斜角度は例えば46.7°である。なお、上記四角錐は、説明のために用いる仮のものであり、四角錐を構成する底面は存在していない。第2対向部33Bは、4つの(111)面が側面を構成する他の立体形状を有していてもよい。第2対向部33Bは、複数の面を含んでいればよく、例えば2つ以上の(111)面、あるいは、5つ以上の面により構成されていてもよい。

50

【0026】

第2導電型層34は、光電変換層33と第2電極35との間に設けられている。第2導電型層34は、光電変換層33の第2対向部33Bに沿って、光電変換層33に接している。1つの画素Pに対して1つの第2導電型層34が配置され、隣り合う画素Pでは、絶縁膜23により第2導電型層34が電氣的に分離されている。第2導電型層34は、第2電極35から排出される電荷が移動する領域であり、例えば、n型の不純物を含む化合物半導体により構成されている。第2導電型層34を構成する化合物半導体は、光電変換層33を構成する化合物半導体よりも、その屈折率が小さいことが好ましい。第2導電型層34には、例えば、Si（ケイ素）等のn型の不純物を含むInP（インジウムリン）を用いることができる。n型不純物の濃度は、例えば $1 \times 10^{18} \sim 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。第2導電型層34の厚みは、例えば10nm～100nmである。

10

【0027】

図5は、第2電極35側からの第2導電型層34の平面形状を表したものである。第2導電型層34は、例えば、4つ(111)面を有しており、この4つの(111)面が第2電極35に接している。4つの(111)面は、例えば全て三角形であり、第1電極31側に頂部を有する四角錐の側面を構成している。即ち、4つの(111)面は多層配線基板10の面に対して傾斜して配置されている。傾斜角度は例えば46.7°である。なお、上記四角錐は、説明のために用いる仮のものであり、四角錐を構成する底面は存在していない。第2導電型層34は、4つの(111)面が側面を構成する他の立体形状を有していてもよい。第2導電型層34は、複数の面で第2電極35に接していればよく、例えば2つ以上の(111)面で第2電極35に接していてもよく、あるいは、5つ以上の面で第2電極35に接していてもよい。第2導電型層34は、光電変換層33とも、例えば4つの(111)面で接している。

20

【0028】

第2電極35は、例えば各画素Pに共通の電極として、第2導電型層34上（光入射側）に、第2導電型層34の略中央部に接するように設けられている。第2電極35は、第2導電型層34の形状に倣って、凹状に設けられている（多層配線基板10側に突出している）。第2電極35は、光電変換層33で発生した電荷のうち、信号電荷として用いられない電荷を排出するためのものである（カソード）。例えば、正孔が、信号電荷として第1電極31から読み出される場合には、この第2電極35を通じて例えば電子を排出することができる。第2電極35は、例えば赤外線などの入射光を透過可能な導電膜により構成されている。第2電極35には、例えば、ITO（Indium Tin Oxide）または $\text{In}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$ 等を用いることができる。

30

【0029】

保護膜21は、多層配線基板10の多層配線層12側の面を覆うように設けられている。保護膜21は、例えば、無機絶縁材料により構成されている。この無機絶縁材料としては、例えば、窒化シリコン（SiN）、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、酸化ケイ素（ SiO_2 ）および酸化ハフニウム（ HfO_2 ）等が挙げられる。保護膜21は、後述するように、エッチングストッパとして機能する膜と他の膜との積層構造を有することが好ましい。例えば、窒化シリコンは、エッチングストッパとして機能し、これに酸化ケイ素を積層させるようにしてもよい。更に、界面特性の高い酸化アルミニウムを保護膜21に用いるようにしてもよい。このとき、第1電極31に近い位置から、酸化アルミニウム、窒化シリコンおよび酸化ケイ素をこの順に積層させることが好ましい。保護膜21の貫通電極21Eは、接続部12Cと第1電極31とを接続するためのものであり、画素P毎に設けられている。貫通電極21Eは、例えば、銅により構成されている。

40

【0030】

パッシベーション膜22は、保護膜21と絶縁膜23との間に設けられ、画素P毎に設けられた第1導電型層32の側面の一部（第1電極31側）を覆っている。このパッシベーション膜22は、例えば窒化シリコンにより構成されている。パッシベーション膜22は、積層構造を有していてもよい。パッシベーション膜22が上述のエッチングストッパと

50

しての機能を有していてもよい。

【0031】

絶縁膜23は、第1導電型層32の側面の他の部分（パッシベーション膜22で覆われていない部分）、光電変換層33の側面および第2導電型層34の側面を覆っている。この絶縁膜23は、隣り合う光電変換層33を画素P毎に分離するためのものであり、隣り合う光電変換層33の間の領域は絶縁膜23により埋められている。絶縁膜23は、例えば、酸化シリコン（ SiO_x ）または酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）等の酸化物を含んで構成されている。酸化シリコンおよび酸化アルミニウムの積層構造により絶縁膜23を構成するようにしてもよい。このとき、酸化アルミニウムを保護膜21に近い位置に設けることが好ましい。絶縁膜23は、例えば酸窒化シリコン（ SiON ）、炭素含有酸化シリコン（ SiOC ）およびシリコンカーバイド（ SiC ）などのシリコン（ Si ）系絶縁材料により構成するようにしてもよい。絶縁膜23の構成材料は、第1導電型層32および第2導電型層34の構成材料よりも、その屈折率が小さいことが好ましい。

10

【0032】

隣り合う画素Pの間の遮光膜24は、絶縁膜23、パッシベーション膜22および保護膜21の一部に埋め込まれている。図2に示したように、遮光膜24は、例えば壁状に画素Pの間に延在している。これにより、画素P間での信号電荷の移動を防止することができる。また、斜め入射光による隣接画素へのクロストークを防止することもできる。

【0033】

遮光膜24は、例えば、チタン（ Ti ）、タングステン（ W ）、白金（ Pt ）、金（ Au ）または酸化クロム（ Cr_2O_3 ）等の金属により構成されている。サマリウム（ Sm ）と銀（ Ag ）との合金により遮光膜24を構成するようにしてもよく、あるいは、有機材料により遮光膜24を構成するようにしてもよい。遮光膜24にカーボン（ C ）を用いるようにしてもよい。遮光膜24は、単膜であってもよく、積層膜であってもよい。遮光膜24を積層膜により構成する例としては、例えば Ti/W 等の金属積層膜が挙げられる。

20

【0034】

反射防止膜25は、第2電極35上に設けられ、例えば多層配線基板10の全面にわたって設けられている。反射防止膜25は、例えば、窒化シリコン（ SiN ）、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、酸化ケイ素（ SiO_2 ）および酸化タンタル（ Ta_2O_3 ）等を用いることができる。

30

【0035】

オンチップレンズ26は、入射光を光電変換層33に向かって集光させる機能を有するものであり、反射防止膜25を間にして第2電極35上に設けられている。オンチップレンズ26は必要に応じて設けるようにすればよく、また、その形状は図示したものに限定されない。受光素子1が、赤外線だけでなく、可視光も検出するときには、更に、カラーフィルタを設けるようにしてもよい。

【0036】

[受光素子1の製造方法]

受光素子1は、例えば次のようにして製造することができる。図6A～図8Bは、受光素子1の製造工程を工程順に表したものである。

40

【0037】

まず、例えばシリコン（ Si ）よりなる基板51を用意し、この基板51上に、例えば酸化シリコン（ SiO_2 ）よりなる酸化膜52を成膜する。酸化膜52は、後にエピタキシャル法によって形成する化合物半導体層と選択性の取れる絶縁膜であればよく、炭素含有酸化シリコン（ SiOC ）および酸窒化シリコン（ SiON ）等であってもよい。酸化膜52に代えて、炭化シリコン（ SiC ）などの絶縁膜を用いることも可能である。

【0038】

次に、図6Aに示したように、成膜した酸化膜52を、例えばフォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いてパターンニングし、開口52aを形成する。開口52aは、画素P毎に、複数形成されると共に、互いに開口幅の異なる部分a1、a2を含んでいる。部

50

部分 a 2 は、後の工程で光電変換層 3 3 が形成される開口部分である。部分 a 1 は、部分 a 2 よりも高アスペクト比を有し、部分 a 2 内にトレンチまたは孔として形成されている。部分 a 1 のアスペクト比は、例えば、1.5 以上である。部分 a 1 は、部分 a 2 から酸化膜 5 2 を貫通し、基板 5 1 の一部（酸化膜 5 2 側の一部）にも設けられている。

【0039】

部分 a 1 のうち、露出されている基板 5 1 の面を、例えばフッ硝酸を用いてエッチングしておく。フッ硝酸によるエッチングでは、例えばシリコン基板（基板 5 1）の結晶面方位依存性が強く、(111) 面方向のエッチングレートが著しく低い。このため、エッチング処理面は (111) 面でエッチングがストップし、4 つの (111) 面が形成される。この 4 つの (111) 面は、基板 5 1 内に頂部を有する四角錐の側面を構成している。即ち、4 つの (111) 面は基板 5 1 の面に対して傾斜して配置されている。傾斜角度は、例えば、133.3° (46.7°) である。なお、上記四角錐は、説明のために用いる仮のものであり、四角錐を構成する底面は存在していない。

10

【0040】

フッ硝酸によるエッチング処理を行った後、基板 5 1 の 4 つの (111) 面から、酸化膜 5 2 の部分 a 1 にかけて、InP よりなるバッファ層 5 3 を MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法または MBE (Molecular Beam Epitaxy) 法を用いて形成する (図 6 B)。このように、基板 5 1 の面に対して傾斜した 4 つの (111) 面からバッファ層 5 3 を成長させることにより、バッファ層 5 3 の欠陥密度を低減することができる。これは、傾斜した (111) 面とバッファ層 5 3 との界面を起点に、積層欠陥は成膜方向に成長するが、このとき、この積層欠陥は酸化膜 5 2 の壁にぶつかり成長が止まるためである。バッファ層 5 3 の上部は、部分 a 2 側に頂部を有する四角錐の形状をなす。例えば、InP により形成されたバッファ層 5 3 は、(111) 面方向の成長速度が遅いため、部分 a 2 には、四角錐の側面を構成する 4 つの (111) 面が形成される。

20

【0041】

バッファ層 5 3 を部分 a 1 に形成した後、図 6 C に示したように、部分 a 2 に、エッチングストップ層 (図示せず)、第 2 導電型層 3 4、光電変換層 3 3 および第 1 導電型層 3 2 をこの順に連続的に形成する。これらの化合物半導体層の形成はインサイチュ (in-situ) で行う。具体的には、以下のように形成する。まず、バッファ層 5 3 の形成後、ガスを切り替えて、例えば 10 nm ~ 1000 nm の InGaAs をエッチングストップ層として形成する。エッチングストップ層の不純物の種類および濃度は、プロファイル制御を考慮して第 2 導電型層 3 4 に合わせることが好ましい。エッチングストップ層を形成した後、順次ガスを切り替えながら、第 2 導電型層 3 4、光電変換層 3 3 および第 1 導電型層 3 2 をこの順に形成する。このとき、第 2 導電型層 3 4、光電変換層 3 3 および第 1 導電型層 3 2 には、各々成長方向に 4 つの (111) 面が形成される。換言すれば、バッファ層 5 3 の 4 つの (111) 面上に第 2 導電型層 3 4 が形成され、第 2 導電型層 3 4 の 4 つの (111) 面上に光電変換層 3 3 が形成され、光電変換層 3 3 の 4 つの (111) 面上に第 1 導電型層 3 2 が形成される。第 1 導電型層 3 2 の成長方向にも 4 つの (111) 面が形成されており、第 2 導電型層 3 4、光電変換層 3 3 および第 1 導電型層 3 2 の (111) 面は、成長方向に頂部を有する四角錐の側面を構成している。

30

40

【0042】

第 1 導電型層 3 2 を形成した後、図 6 D に示したように、第 1 導電型層 3 2 上および酸化膜 5 2 上に、パッシベーション膜 2 2 を形成する。次いで、第 1 導電型層 3 2 の中央部分に対応する領域のパッシベーション膜 2 2 を開口し、この開口に第 1 電極 3 1 を形成する。具体的には、開口を埋め込むように、第 1 電極 3 1 の構成材料を成膜した後、フォトリソグラフィおよびエッチングを用いて、これをパターンニングすることにより第 1 電極 3 1 を形成する。

【0043】

続いて、図 7 A に示したように、保護膜 2 1 および貫通電極 2 1 E を形成する。具体的には、保護膜 2 1 を第 1 電極 3 1 上およびパッシベーション膜 2 2 上に成膜した後、例えば

50

CMP (Chemical Mechanical Polishing:化学機械研磨) を用いて保護膜 2 1 を平坦化する。保護膜 2 1 は、エッチングストップパとして機能する膜と、他の膜との積層構造により形成することが好ましい。エッチングストップパとして機能する膜としては、例えば窒化シリコン膜を用いることができ、この窒化シリコン膜を形成した後、例えば酸化ケイ素膜を積層させる。次いで、この保護膜 2 1 のうち第 1 電極 3 1 の中央部分に対応する領域に、例えばフォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いて貫通孔を形成する。その後、この貫通孔に例えばメッキにより銅からなる貫通電極 2 1 E を形成する。

【0044】

次いで、図 7 B に示したように、この貫通電極 2 1 E を多層配線基板 1 0 の接続部 1 2 C に接合させる。この接合は、例えば Cu-Cu 接合により行う。続いて、基板 5 1 を例えば研磨機により薄膜化し、薄膜化された基板 5 1 とバッファ層 5 3 とを例えばウェットエッチングにより除去する (図 7 C)。基板 5 1 とバッファ層 5 3 とは、例えば薬液を切り替えて、段階的に除去するようにしてもよい。

【0045】

基板 5 1 およびバッファ層 5 3 を除去した後、図 7 D に示したように、酸化膜 5 2 を除去する。このとき、パッシベーション膜 2 2、第 1 導電型層 3 2、光電変換層 3 3 および第 2 導電型層 3 4 と、酸化膜 5 2 とのエッチングレート選択比が高い薬液を用いることにより、酸化膜 5 2 のみを選択的に除去することができる。

【0046】

次いで、図 8 A に示したように、絶縁膜 2 3 および遮光膜 2 4 をこの順に形成する。絶縁膜 2 3 は、例えば CMP を用いて平坦化しておく。続いて、絶縁膜 2 3 のうち、第 2 導電型層 3 4 の中央部分に対応する領域に開口を形成する。この開口は、例えばフォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いて形成する。ドライエッチングに代えてウェットエッチングを用いるようにしてもよい。この後、図 8 B に示したように、この開口上および絶縁膜 2 3 上に第 2 電極 3 5 を形成する。続いて、画素 P の周辺領域に第 2 電極 3 5 と多層配線基板 1 0 とを接続するコンタクト構造 (図示せず) を形成する。

【0047】

最後に反射防止膜 2 5 およびオンチップレンズ 2 6 を形成して、図 1 に示した受光素子 1 を完成させる。

【0048】

[受光素子 1 の動作]

受光素子 1 では、オンチップレンズ 2 6、反射防止膜 2 5、第 2 電極 3 5 および第 2 導電型層 3 4 を介して、光電変換層 3 3 へ光 (例えば赤外領域の波長の光) が入射すると、この光が光電変換層 3 3 において吸収される。これにより、光電変換層 3 3 では正孔 (ホール) および電子の対が発生する (光電変換される)。このとき、例えば第 1 電極 3 1 に所定の電圧が印加されると、光電変換層 3 3 に電位勾配が生じ、発生した電荷のうち一方の電荷 (例えば正孔) が、信号電荷として第 1 導電型層 3 2 に移動し、第 1 導電型層 3 2 から第 1 電極 3 1 へ収集される。この信号電荷が、多層配線基板 1 0 の ROIC によって読み出される。

【0049】

[受光素子 1 の作用・効果]

本実施の形態の受光素子 1 では、光電変換層 3 3 の第 1 対向部および第 2 対向部が 4 つの (1 1 1) 面により構成されており、この 4 つの (1 1 1) 面は多層配線基板 1 0 の面に対して傾斜している。また、第 1 導電型層 3 2 は 4 つの (1 1 1) 面で第 1 電極 3 1 に接し、第 2 導電型層 3 4 は 4 つの (1 1 1) 面で第 2 電極 3 5 に接している。これら第 1 導電型層 3 2 および第 2 導電型層 3 4 の (1 1 1) 面も多層配線基板 1 0 の面に対して傾斜している。これにより、例えば赤外線などの入射光が光電変換層 3 3 内に集光されやすくなるので、光電変換効率を向上させることが可能となる。以下、これについて説明する。

【0050】

図 9 A、9 B は、比較例に係る受光素子 (後述の図 1 0 の受光素子 1 0 0) の製造工程を

10

20

30

40

50

表したものである。この受光素子は、図9Aに示したように、光電変換層133Aを形成した後に、例えばCMPを行う。この後、平坦な光電変換層133Aの面上に第1導電型層132Aを積層させる。更に、この受光素子は、図9Bに示したように、バッファ層53を除去した後に、光電変換層133AにCMPを施し、平坦な光電変換層133Aの面上に第2導電型層134Aを形成している。

【0051】

図10は、この製造工程により形成された受光素子（受光素子100）の断面構成を表している。この受光素子100では、第2電極35と第2導電型層134Aとの界面および、第2導電型層134Aと光電変換層133Aとの界面が多層配線基板10の面に平行となっており、これらの界面に光が入射する。このため、第2電極35と第2導電型層134Aとの間および、第2導電型層134Aと光電変換層133Aとの間での屈折率の変化が大きく、光が反射されやすい。

10

【0052】

また、光電変換層133Aと第1導電型層13A2との界面および、第1導電型層13A2と第1電極31との界面も多層配線基板10の面に平行となっている。このような受光素子100では、光電変換層133Aの厚みを十分に大きくする必要がある。光電変換層133Aの厚みが十分に大きくないと、光電変換層133A内に十分に集光できないおそれがある。また、光電変換層133Aにバンドギャップの小さいInGaAsを用いる場合には、厚みの小さな光電変換層133Aでは、暗電流が発生しやすくなる。このように、受光素子100では、光電変換層13A3内に入射光を効率的に集光させることが困難である。

20

【0053】

更に、第2導電型層134Aは第2電極35と、第1導電型層132Aは第1電極31と、それぞれ1つの面のみで接しているので、コンタクト面積を十分の確保することが困難である。

【0054】

加えて、光電変換層133AをCMPやドライエッチング等で平坦化するため、この平坦化工程で結晶欠陥が生じる虞がある。

【0055】

これに対し、受光素子1では、図11Aに示したように、第2電極35と第2導電型層34との界面および、第2導電型層34と光電変換層33との界面が、多層配線基板10の面に対して傾斜しているので、第2電極35と第2導電型層34との間および、第2導電型層34と光電変換層33との間での屈折率の変化が緩やかになり、入射光が反射されにくくなる。したがって、光電変換層33内に光が入射しやすくなる。

30

【0056】

また、光電変換層33と第1導電型層32との界面および、第1導電型層32と第1電極31との界面も多層配線基板10の面に対して傾斜している。第1導電型層32の屈折率が、光電変換層33の屈折率よりも小さいとき、これらの界面に入射した光は、より屈折率の高い光電変換層33側に回折する（図11B）。更に、絶縁膜23の屈折率が、光電変換層33の屈折率よりも小さい時、これらの界面に入射した光は、光電変換層33側に反射される。したがって、厚みの小さい光電変換層33であっても、十分な光路長を確保して、光電変換層33内に効率的に集光することが可能となる。また、光電変換層33にバンドギャップの小さいInGaAsを用いる際にも、その厚みを小さくすることが可能となる。

40

【0057】

このように受光素子1では、第1導電型層32と、光電変換層33の第1対向部および第2対向部と、第2導電型層34とに、それぞれ4つの（111）面が設けられており、これらの（111）面は多層配線基板10の面に対して傾斜している。これにより、入射光が光電変換層33に集光されやすくなる。よって、光電変換効率を向上させることが可能となる。

50

【0058】

更に、第2導電型層34は第2電極35と、第1導電型層32は第1電極31と、それぞれ4つの(111)面で接しているので、受光素子100に比べてコンタクト面積が大きくなる。したがって、コンタクト抵抗を低減し、転送特性を向上させることができる。

【0059】

加えて、光電変換層33を平坦化する工程が不要なため、結晶欠陥の発生を抑えることができる。

【0060】

また、受光素子1では、画素P毎に設けられた酸化膜52の開口52aに、光電変換層33を形成し、各画素Pを分離しているので(図6A参照)、画素分離の工程で生じる欠陥の発生を抑えることができる。以下、これについて説明する。

10

【0061】

ここで、光電変換層にInGaAsを用いた場合、例えばZn等のイオンインプラまたは選択拡散により、選択的に不純物領域を形成し、画素を分離することが考え得る。あるいは、InP基板に、ドライエッチングを用いて開口を形成し、この開口に光電変換層をエピタキシャル成長させることにより画素を分離する方法も考え得る(例えば特開2012-244124号参照)。しかしながら、InGaAs等の化合物半導体に対し、イオンインプラを用いて不純物をドーピングした場合、pn接合プロファイルがブロードになりやすい。このため、感度が低下するおそれがある。更に、不純物をドーピングする手法では、不純物の活性化不足に起因して欠陥が生じやすい。また、上記のようにドライエッチングを用いた手法は、加工ダメージに起因した結晶欠陥が生じやすい。

20

【0062】

これに対し、受光素子1では、画素P毎に設けられた酸化膜52の開口52aに、光電変換層33を形成し、各画素Pを分離しているので、画素分離の工程で生じる上記のような欠陥の発生を抑えることができる。

【0063】

以上説明したように、本実施の形態では、第1導電型層32と、光電変換層33の第1対向部および第2対向部と、第2導電型層34とに、それぞれ4つの(111)面が設けられている。これにより、入射光が光電変換層33内に集光されやすくなるので、光電変換効率を向上させることが可能となる。

30

【0064】

以下、上記実施の形態の変形例および適用例について説明するが、以降の説明において上記実施の形態と同一構成部分については同一符号を付してその説明は適宜省略する。

【0065】

<変形例1>

図12は変形例1に係る受光素子(受光素子1A)の断面構成を表したものである。この受光素子1Aは、互いに大きさの異なる画素P1~P3を含んでいる。この点を除き、受光素子1Aは受光素子1と同様の構成を有し、その作用および効果も同様である。

【0066】

受光素子1Aは、より大きい画素P1と、より小さい画素P2と、画素P1と画素P2との間の大きさの画素P3とを含んでいる。光電変換層33にInGaAsを用い、第1導電型層32および第2導電型層34にInPを用いるとき、例えば波長0.4μm~1.7μm付近の範囲の光を検出することが可能である。このため、可視光を検出するためのより小さい画素P2と、短赤外光を検出するためのより大きい画素P1と、これらの間(可視光~短赤外光)を検出するための画素P3とを受光素子1Aに設けるようにしてもよい。画素P3は、例えば一辺が3.0μm~5.0μmの四角形であり、画素P2は、例えば一辺が1.0μm~3.0μmの四角形であり、画素P1は、例えば一辺が5.0μm~10.0μmの四角形である。

40

【0067】

受光素子1Aは、互いに異なる大きさの開口52a(部分a2)を酸化膜52に形成する

50

ことを除き、受光素子 1 と同様に形成することができる。

【0068】

<変形例 2>

図 13 は、変形例 2 に係る受光素子（受光素子 1 B）の断面構成を表したものである。この受光素子 1 B では、光電変換層（光電変換層 43）の第 1 対向部が 1 つの面により構成されており、第 1 導電型層（第 1 導電型層 42）は 1 つの面で第 1 電極 31 に接している。即ち、光電変換層 43 と第 1 導電型層 42 との界面は平坦であり、多層配線基板 10 の面に平行になっている。この点を除き、受光素子 1 B は受光素子 1 と同様の構成を有し、その作用および効果も同様である。

【0069】

<変形例 3>

図 14 は、変形例 3 に係る受光素子（受光素子 1 C）の断面構成を表したものである。この受光素子 1 C では、光電変換層（光電変換層 43 A）の第 2 対向部が 1 つの面により構成されており、第 2 導電型層（第 2 導電型層 44）は 1 つの面で第 2 電極 35 に接している。即ち、光電変換層 43 A と第 2 導電型層 44 との界面は平坦であり、多層配線基板 10 の面に平行になっている。この点を除き、受光素子 1 C は受光素子 1 と同様の構成を有し、その作用および効果も同様である。

【0070】

<適用例 1>

図 15 は、上記実施の形態等において説明した受光素子 1（または、受光素子 1 A ~ 1 C、以下、まとめて受光素子 1 という）の素子構造を用いた撮像素子 2 の機能構成を表したものである。撮像素子 2 は、例えば赤外線イメージセンサであり、例えば受光素子 1 を含む 10 P と、この画素部 10 P を駆動する回路部 20 とを有している。回路部 20 は、例えば行走査部 131、水平選択部 133、列走査部 134 およびシステム制御部 132 を有している。

【0071】

画素部 10 P は、例えば行列状に 2 次元配置された複数の画素 P（受光素子 1）を有している。画素 P には、例えば画素行ごとに画素駆動線 L read（例えば、行選択線およびリセット制御線）が配線され、画素列ごとに垂直信号線 L sig が配線されている。画素駆動線 L read は、画素 P からの信号読み出しのための駆動信号を伝送するものである。画素駆動線 L read の一端は、行走査部 131 の各行に対応した出力端に接続されている。

【0072】

行走査部 131 は、シフトレジスタやアドレスデコーダ等によって構成され、画素部 10 P の各画素 P を、例えば行単位で駆動する画素駆動部である。行走査部 131 によって選択走査された画素行の各画素 P から出力される信号は、垂直信号線 L sig の各々を通して水平選択部 133 に供給される。水平選択部 133 は、垂直信号線 L sig ごとに設けられたアンプや水平選択スイッチ等によって構成されている。

【0073】

列走査部 134 は、シフトレジスタやアドレスデコーダ等によって構成され、水平選択部 133 の各水平選択スイッチを走査しつつ順番に駆動するものである。この列走査部 134 による選択走査により、垂直信号線 L sig の各々を通して伝送される各画素の信号が順番に水平信号線 135 に出力され、当該水平信号線 135 を通して図示しない信号処理部等へ入力される。

【0074】

この撮像素子 2 では、図 16 に示したように、例えば、画素部 10 P を有する基板 2 A と、回路部 20 を有する基板 2 B とが積層されている。但し、このような構成に限定されず、回路部 20 は、画素部 10 P と同一の基板上に形成されていてもよいし、あるいは外部制御 IC に配設されたものであってもよい。また、回路部 20 は、ケーブル等により接続された他の基板に形成されていてもよい。

【0075】

10

20

30

40

50

システム制御部 1 3 2 は、外部から与えられるクロックや、動作モードを指令するデータなどを受け取り、また、撮像素子 2 の内部情報などのデータを出力するものである。システム制御部 1 3 2 はさらに、各種のタイミング信号を生成するタイミングジェネレータを有し、当該タイミングジェネレータで生成された各種のタイミング信号を基に行走査部 1 3 1、水平選択部 1 3 3 および列走査部 1 3 4 などの駆動制御を行う。

【0076】

<適用例 2>

上述の撮像素子 2 は、例えば赤外領域を撮像可能なカメラなど、様々なタイプの電子機器に適用することができる。図 1 7 に、その一例として、電子機器 3（カメラ）の概略構成を示す。この電子機器 3 は、例えば静止画または動画を撮影可能なカメラであり、撮像素子 2 と、光学系（光学レンズ）3 1 0 と、シャッター装置 3 1 1 と、撮像素子 2 およびシャッター装置 3 1 1 を駆動する駆動部 3 1 3 と、信号処理部 3 1 2 とを有する。

【0077】

光学系 3 1 0 は、被写体からの像光（入射光）を撮像素子 2 へ導くものである。この光学系 3 1 0 は、複数の光学レンズから構成されていてもよい。シャッター装置 3 1 1 は、撮像素子 2 への光照射期間および遮光期間を制御するものである。駆動部 3 1 3 は、撮像素子 2 の転送動作およびシャッター装置 3 1 1 のシャッター動作を制御するものである。信号処理部 3 1 2 は、撮像素子 2 から出力された信号に対し、各種の信号処理を行うものである。信号処理後の映像信号 D out は、メモリなどの記憶媒体に記憶されるか、あるいは、モニタ等へ出力される。

【0078】

更に、本実施の形態等において説明した受光素子 1 は、下記電子機器（カプセル内視鏡および車両等の移動体）にも適用することが可能である。

【0079】

<応用例 1（内視鏡手術システム）>

本開示に係る技術は、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。

【0080】

図 1 8 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。

【0081】

図 1 8 では、術者（医師）1 1 1 3 1 が、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 を用いて、患者ベッド 1 1 1 3 3 上の患者 1 1 1 3 2 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 1 1 0 0 0 は、内視鏡 1 1 1 0 0 と、気腹チューブ 1 1 1 1 1 やエネルギー処置具 1 1 1 1 2 等の、その他の術具 1 1 1 1 0 と、内視鏡 1 1 1 0 0 を支持する支持アーム装置 1 1 1 2 0 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 1 1 2 0 0 と、から構成される。

【0082】

内視鏡 1 1 1 0 0 は、先端から所定の長さの領域が患者 1 1 1 3 2 の体腔内に挿入される鏡筒 1 1 1 0 1 と、鏡筒 1 1 1 0 1 の基端に接続されるカメラヘッド 1 1 1 0 2 と、から構成される。図示する例では、硬性の鏡筒 1 1 1 0 1 を有するいわゆる硬性鏡として構成される内視鏡 1 1 1 0 0 を図示しているが、内視鏡 1 1 1 0 0 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。

【0083】

鏡筒 1 1 1 0 1 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 1 1 1 0 0 には光源装置 1 1 2 0 3 が接続されており、当該光源装置 1 1 2 0 3 によって生成された光が、鏡筒 1 1 1 0 1 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 1 1 1 3 2 の体腔内の観察対象に向かって照射される。なお、内視鏡 1 1 1 0 0 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。

10

20

30

40

50

【0084】

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。

【0085】

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。

10

【0086】

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。

【0087】

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。

【0088】

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。

20

【0089】

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。

30

【0090】

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。

40

【0091】

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。

【0092】

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

50

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

【0093】

図 19 は、図 18 に示すカメラヘッド 11102 及び C C U 11201 の機能構成の一例を示すブロック図である。

【0094】

カメラヘッド 11102 は、レンズユニット 11401 と、撮像部 11402 と、駆動部 11403 と、通信部 11404 と、カメラヘッド制御部 11405 と、を有する。C C U 11201 は、通信部 11411 と、画像処理部 11412 と、制御部 11413 と、を有する。カメラヘッド 11102 と C C U 11201 とは、伝送ケーブル 11400 によって互いに通信可能に接続されている。

【0095】

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

【0096】

撮像部 11402 を構成する撮像素子は、1 つ（いわゆる単板式）であってもよいし、複数（いわゆる多板式）であってもよい。撮像部 11402 が多板式で構成される場合には、例えば各撮像素子によって 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 11402 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 11131 は術部における生体組織の奥行きをより正確に把握することが可能になる。なお、撮像部 11402 が多板式で構成される場合には、各撮像素子に対応して、レンズユニット 11401 も複数系統設けられ得る。

【0097】

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

【0098】

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

【0099】

通信部 11404 は、C C U 11201 との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部 11404 は、撮像部 11402 から得た画像信号を R A W データとして伝送ケーブル 11400 を介して C C U 11201 に送信する。

【0100】

また、通信部 11404 は、C C U 11201 から、カメラヘッド 11102 の駆動を制御するための制御信号を受信し、カメラヘッド制御部 11405 に供給する。当該制御信号には、例えば、撮像画像のフレームレートを指定する旨の情報、撮像時の露出値を指定

10

20

30

40

50

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。

【0101】

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

【0102】

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。

【0103】

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。

【0104】

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。

【0105】

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

【0106】

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。

【0107】

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可能になる。

【0108】

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。

【0109】

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。

【0110】

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、撮像部11402に適用され得る。撮像部11402に本開示に係る技術を適用することにより、より鮮明な術部画像を得ることができるため、術者が術部を確実に確認することが可能になる。

【0111】

10

20

30

40

50

なお、ここでは、一例として内視鏡手術システムについて説明したが、本開示に係る技術は、その他、例えば、顕微鏡手術システム等に適用されてもよい。

【0112】

<応用例2（移動体）>

本開示に係る技術は、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。

【0113】

図20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

【0114】

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20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。

【0115】

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

【0116】

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、ヘッドランプ、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

【0117】

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

【0118】

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。

【0119】

車内情報検出ユニット12040は、車内の情報検出する。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

50

ユニット１２０４０は、運転者状態検出部１２０４１から入力される検出情報に基づいて、運転者の疲労度合い又は集中度合いを算出してもよいし、運転者が居眠りをしていないかを判別してもよい。

【０１２０】

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

【０１２１】

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、運転者の操作に抛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。

【０１２２】

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

20

【０１２３】

音声画像出力部１２０５２は、車両の搭乗者又は車外に対して、視覚的又は聴覚的に情報を通知することが可能な出力装置へ音声及び画像のうちの少なくとも一方の出力信号を送信する。図２０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。

【０１２４】

図２１は、撮像部１２０３１の設置位置の例を示す図である。

30

【０１２５】

図２１では、撮像部１２０３１として、撮像部１２１０１、１２１０２、１２１０３、１２１０４、１２１０５を有する。

【０１２６】

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

40

【０１２７】

なお、図２１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１

50

２１０４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。

【０１２８】

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。

【０１２９】

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、この距離の時間的変化（車両１２１００に対する相対速度）を求めることにより、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抛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。

【０１３０】

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。

【０１３１】

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。

【０１３２】

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。撮像部１２０３１に本開示に係る技術を適用することにより、より見やすい撮影画像を得ることができるため、ドライバの疲労を軽減することが可能になる。

【０１３３】

以上、実施の形態および適用例を挙げて説明したが、本開示内容は上記実施の形態等に限定されるものではなく、種々変形が可能である。例えば、上記実施の形態において説明した受光素子の層構成は一例であり、更に他の層を備えていてもよい。また、各層の材料や厚みも一例であって、上述のものに限定されるものではない。

【0134】

例えば、上記実施の形態等では、第1電極31と第1導電型層32（または第1導電型層42）とが接し、第2導電型層34（または第2導電型層44）と第2電極35とが接する場合について説明したが、第1電極31と第1導電型層32との間、あるいは、第2導電型層34と第2電極35との間に他の層が設けられていてもよい。

【0135】

また、上記実施の形態等では、光電変換層33（または光電変換層43，43A）が化合物半導体により構成されている場合について説明したが、光電変換層33は、化合物半導体以外の材料により構成されていてもよい。このような光電変換層33の構成材料としては、例えばゲルマニウム（Ge）等が挙げられる。

10

【0136】

更に、上記実施の形態等では、便宜上、信号電荷が正孔である場合について説明したが、信号電荷は電子であってもよい。このとき、第1導電型層32（または第1導電型層42）は、例えばn型の不純物を含む化合物半導体により構成され、第1電極31はカソードとして機能する。また、第2導電型層34（または第2導電型層44）は、例えばp型の不純物を含む化合物半導体により構成され、第2電極35はアノードとして機能する。

【0137】

上記実施の形態等において説明した効果は一例であり、他の効果であってもよいし、更に他の効果を含んでいてもよい。

【0138】

20

尚、本開示は、以下のような構成であってもよい。

(1)

第1電極および第2電極と、

前記第1電極と前記第2電極との間に設けられ、前記第1電極との第1対向部および前記第2電極との第2対向部の少なくとも一方が複数の面を含む光電変換層とを有する画素を備えた受光素子。

(2)

前記第1対向部および前記第2対向部の少なくとも一方が4つ以上の面を含んでいる前記(1)に記載の受光素子。

30

(3)

前記第1対向部および前記第2対向部の少なくとも一方が4つの(111)面を含んでいる前記(1)または(2)に記載の受光素子。

(4)

前記第1対向部および前記第2対向部が4つの(111)面を含んでいる前記(1)乃至(3)のうちいずれか1つに記載の受光素子。

(5)

前記第1対向部および前記第2対向部の4つの(111)面はそれぞれ、前記第1電極側に頂部を有する四角錐の側面を構成し、
前記第2電極側から光が入射する
前記(4)に記載の受光素子。

40

(6)

更に、前記光電変換層と前記第1電極との間に設けられ、前記光電変換層の前記第1対向部に沿って前記光電変換層に接する第1導電型層と、
前記光電変換層と前記第2電極との間に設けられ、前記光電変換層の前記第2対向部に沿って前記光電変換層に接する第2導電型層とを有する
前記(1)乃至(5)のうちいずれか1つに記載の受光素子。

(7)

前記第1導電型層は、(111)面を含む4つ以上の面で前記第1電極に接し、
前記第2導電型層は、(111)面を含む4つ以上の面で前記第2電極に接する

50

前記（６）に記載の受光素子。

（８）

前記光電変換層は化合物半導体を含む

前記（６）または（７）に記載の受光素子。

（９）

前記光電変換層はⅢⅤ族半導体を含む

前記（８）に記載の受光素子。

（１０）

前記ⅢⅤ族半導体はⅢⅤAsである

前記（９）に記載の受光素子。

10

（１１）

前記第１導電型層および前記第２導電型層の構成材料の屈折率は、前記光電変換層の構成材料の屈折率よりも小さい

前記（６）乃至（１０）のうちいずれか１つに記載の受光素子。

（１２）

前記第１導電型層および前記第２導電型層はⅢPを含む

前記（６）乃至（１１）のうちいずれか１つに記載の受光素子。

（１３）

前記画素を複数有し、

前記複数の画素の前記光電変換層は互いに絶縁膜で分離されている

20

前記（６）乃至（１２）のうちいずれか１つに記載の受光素子。

（１４）

前記絶縁膜の屈折率は、前記第１導電型層および前記第２導電型層の屈折率よりも小さい

前記（１３）に記載の受光素子。

（１５）

隣り合う前記画素の間に遮光膜が設けられている

前記（１３）または（１４）に記載の受光素子。

（１６）

前記第１電極は前記画素毎に設けられ、

前記第２電極は前記複数の画素に共通に設けられている

30

前記（１３）乃至（１５）のうちいずれか１つに記載の受光素子。

（１７）

第１電極および第２電極と、

前記第１電極と前記第２電極との間に設けられ、前記第１電極との第１対向部および前記第２電極との第２対向部の少なくとも一方が複数の面を含む光電変換層とを有する画素を備えた

撮像素子。

（１８）

第１電極および第２電極と、

前記第１電極と前記第２電極との間に設けられ、前記第１電極との第１対向部および前記第２電極との第２対向部の少なくとも一方が複数の面を含む光電変換層とを有する画素を備えた

40

撮像素子を有する電子機器。

【符号の説明】

【０１３９】

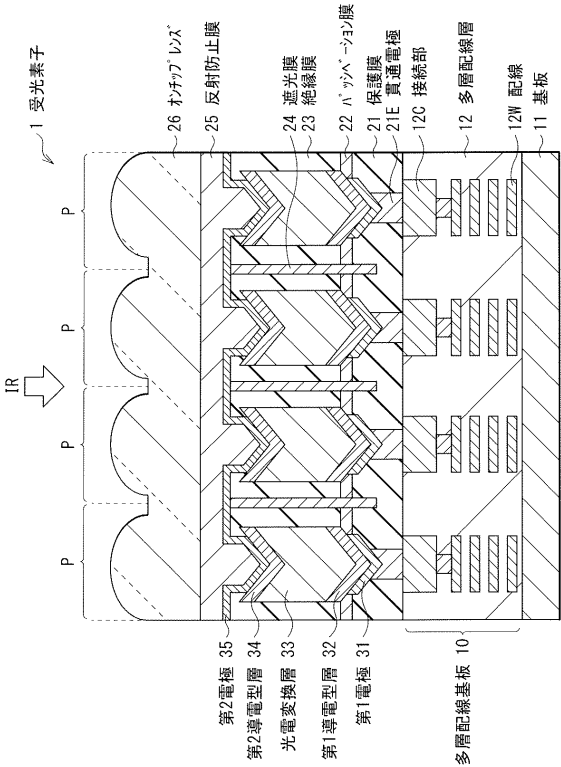
１，１Ａ，１Ｂ，１Ｃ…受光素子、２…撮像素子、３…電子機器、１０…多層配線基板、１０Ｐ…画素部、１１，５１…基板、１２…多層配線層、１２Ｗ…配線、１２Ｃ…接続部、２１…保護膜、２１Ｅ…貫通電極、２２…パッシベーション膜、２３…絶縁膜、２４…遮光膜、２５…反射防止膜、２６…オンチップレンズ、３１…第１電極、３２，４２…第１導電型層、３３，４３，４３Ａ…光電変換層、３４，４４…第２導電型層、３５…第２

50

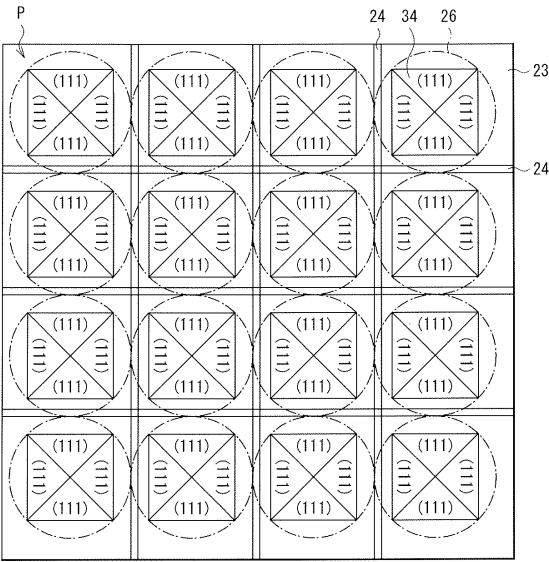
電極、5 2…酸化膜、5 3…バッファ層、5 2 a…開口。

【図面】

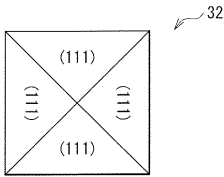
【図 1】



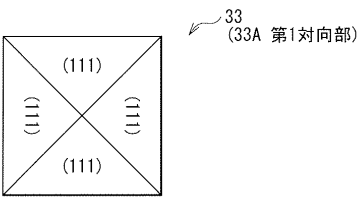
【図 2】



【図 3】



【図 4 A】



10

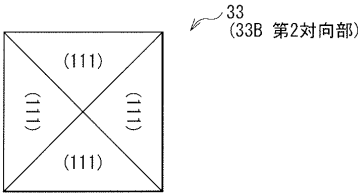
20

30

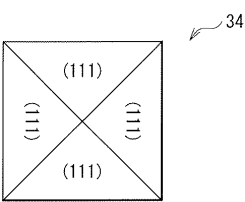
40

50

【図 4 B】

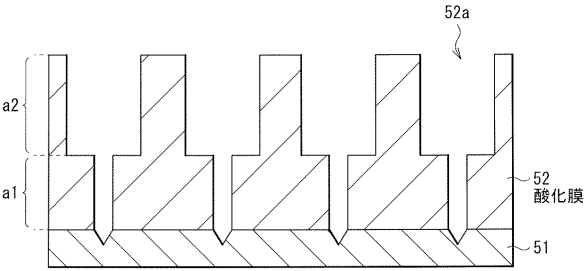


【図 5】

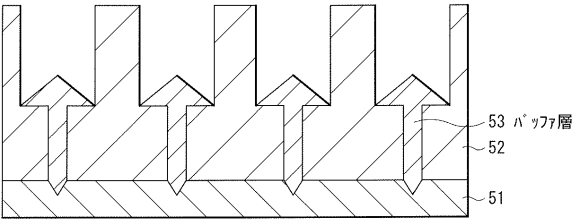


10

【図 6 A】

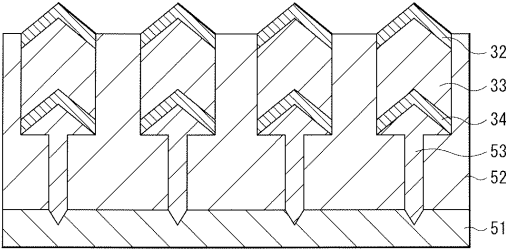


【図 6 B】

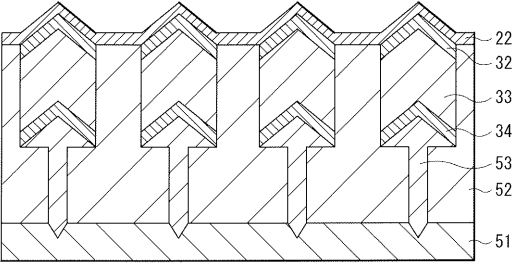


20

【図 6 C】



【図 6 D】

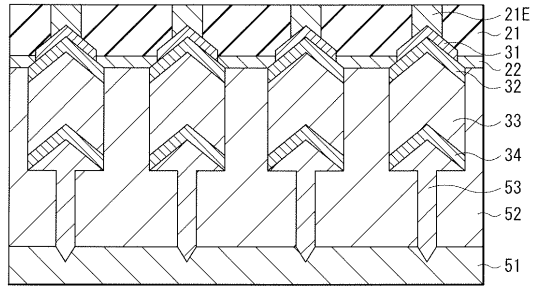


30

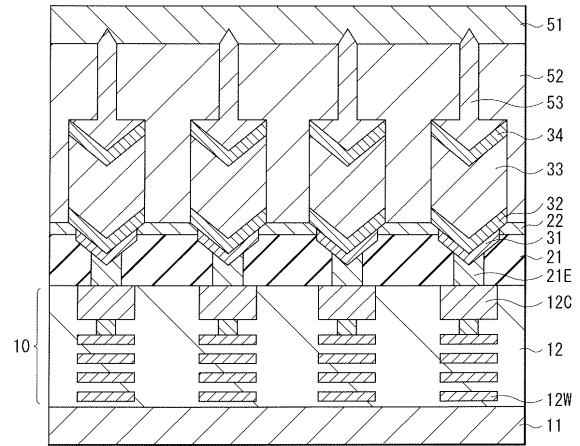
40

50

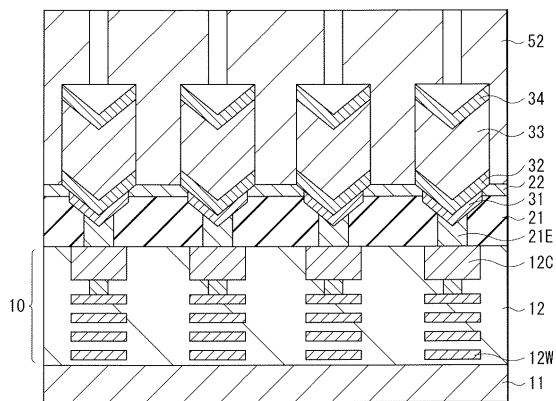
【図 7 A】



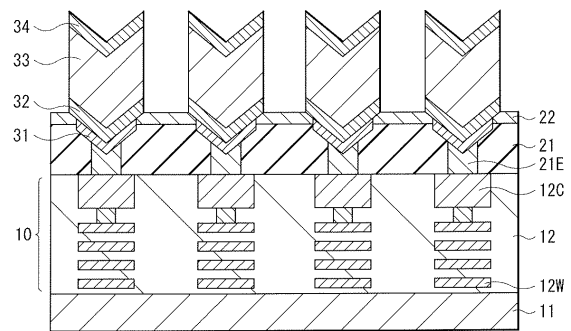
【図 7 B】



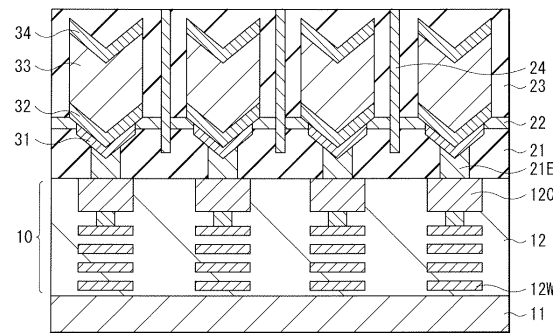
【図 7 C】



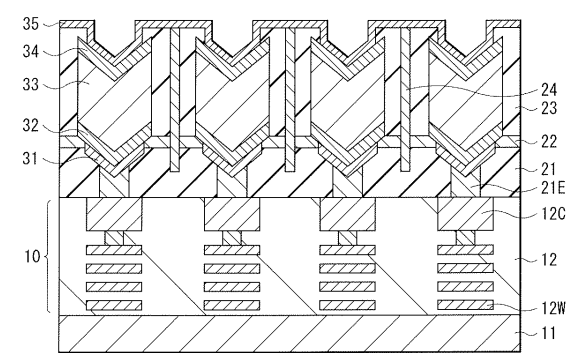
【図 7 D】



【図 8 A】

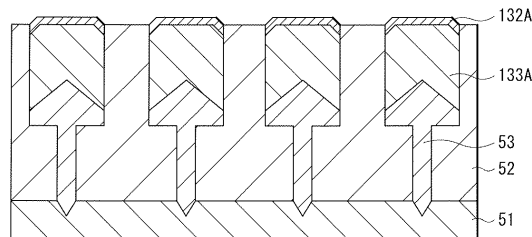


【図 8 B】

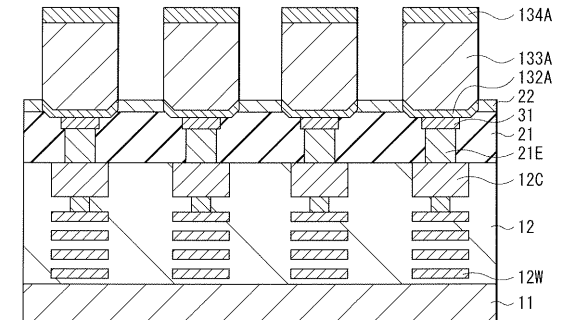


10

【図 9 A】



【図 9 B】



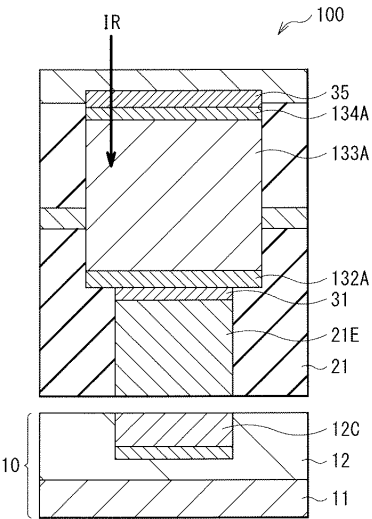
20

30

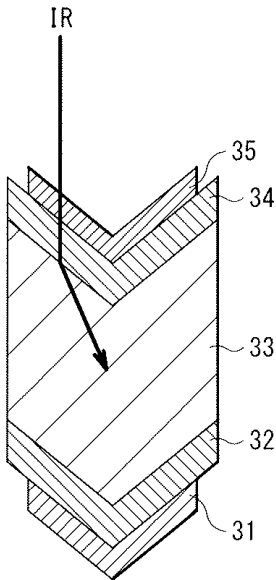
40

50

【図 1 0】



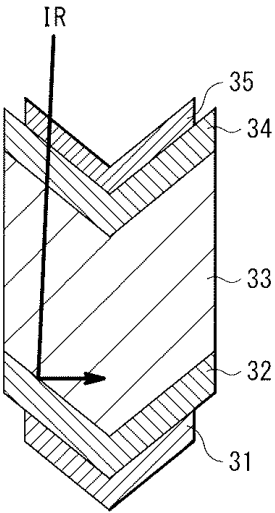
【図 1 1 A】



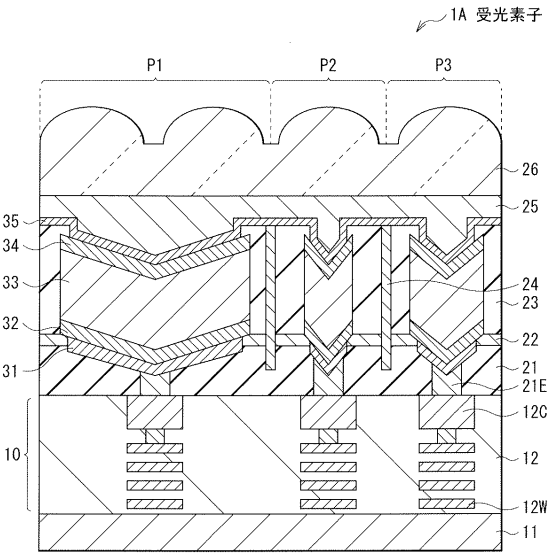
10

20

【図 1 1 B】



【図 1 2】

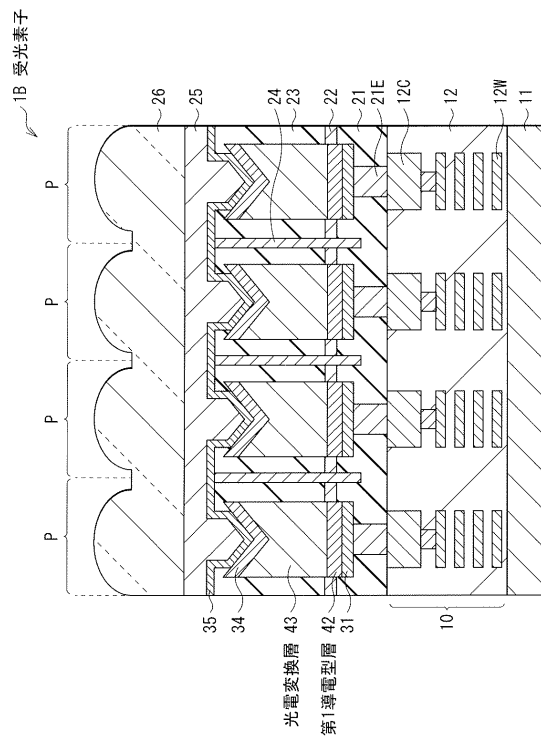


30

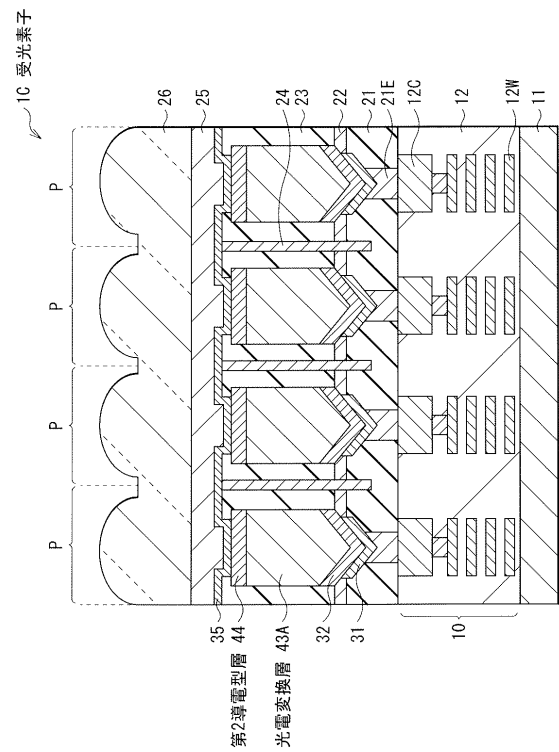
40

50

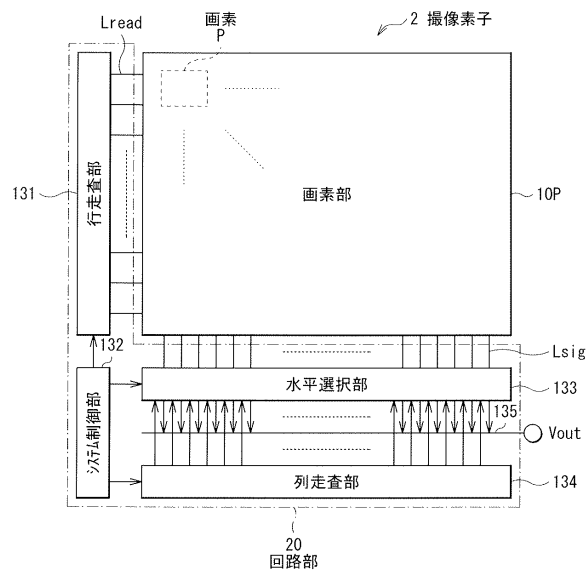
【図 13】



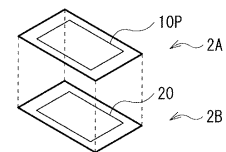
【図 14】



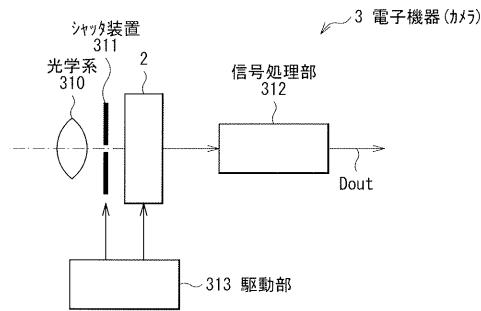
【図 15】



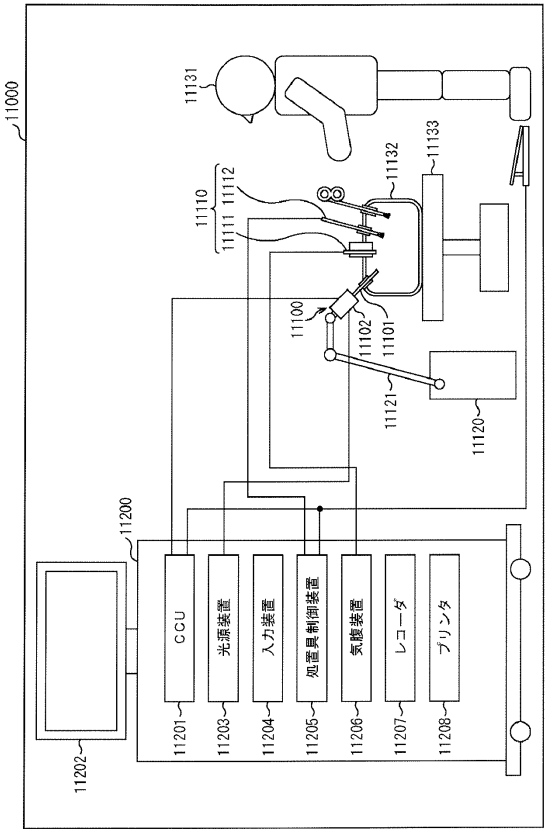
【図 16】



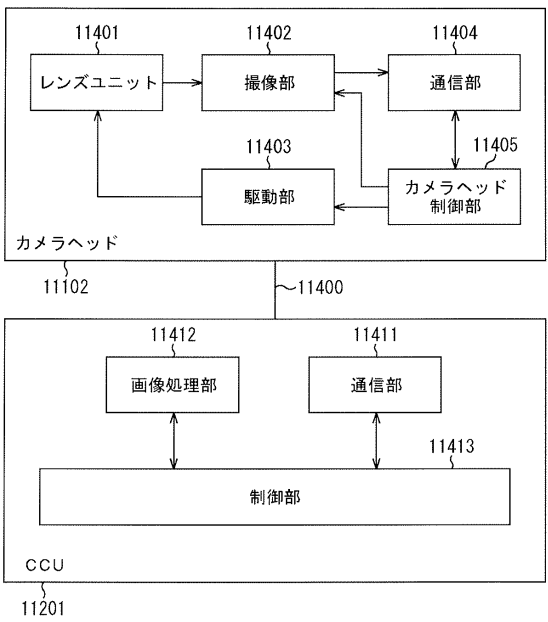
【図 1 7】



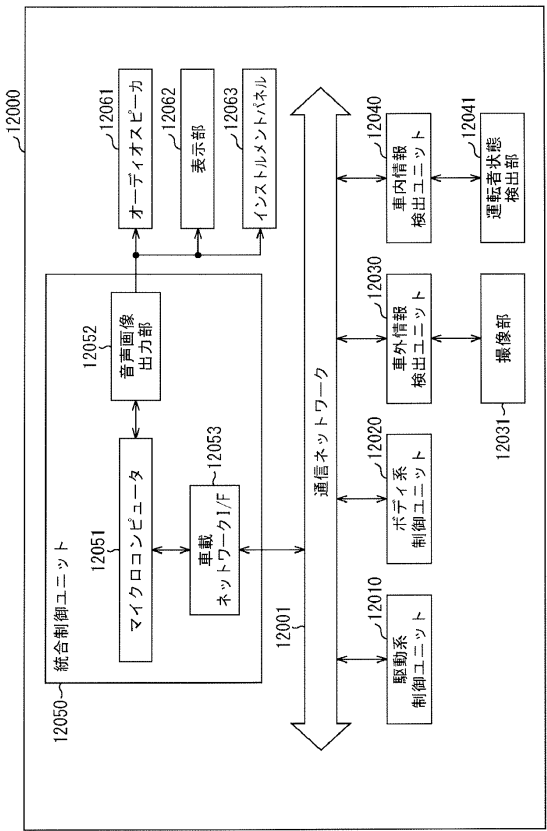
【図 1 8】



【図 1 9】



【図 2 0】



10

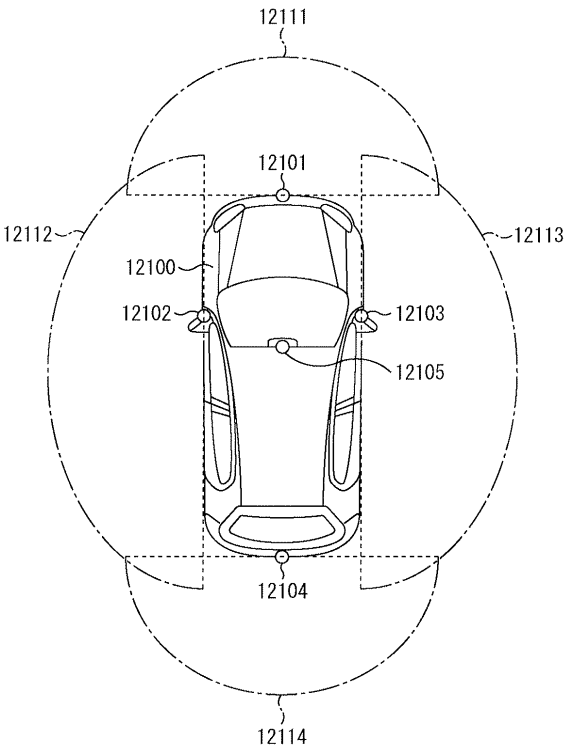
20

30

40

50

【図 2 1】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審判長 恩田 春香

審判官 河本 充雄

小田 浩

- (56)参考文献 特開 2016-92091 (JP, A)
特開 2015-149422 (JP, A)
特開 2016-100347 (JP, A)
国際公開第 2012/132760 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 27/146
H04N 5/369