

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年12月19日(19.12.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/239754 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 27/146 (2006.01) H04N 5/369 (2011.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/018667

(22) 国際出願日: 2019年5月10日(10.05.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2018-114546 2018年6月15日(15.06.2018) JP

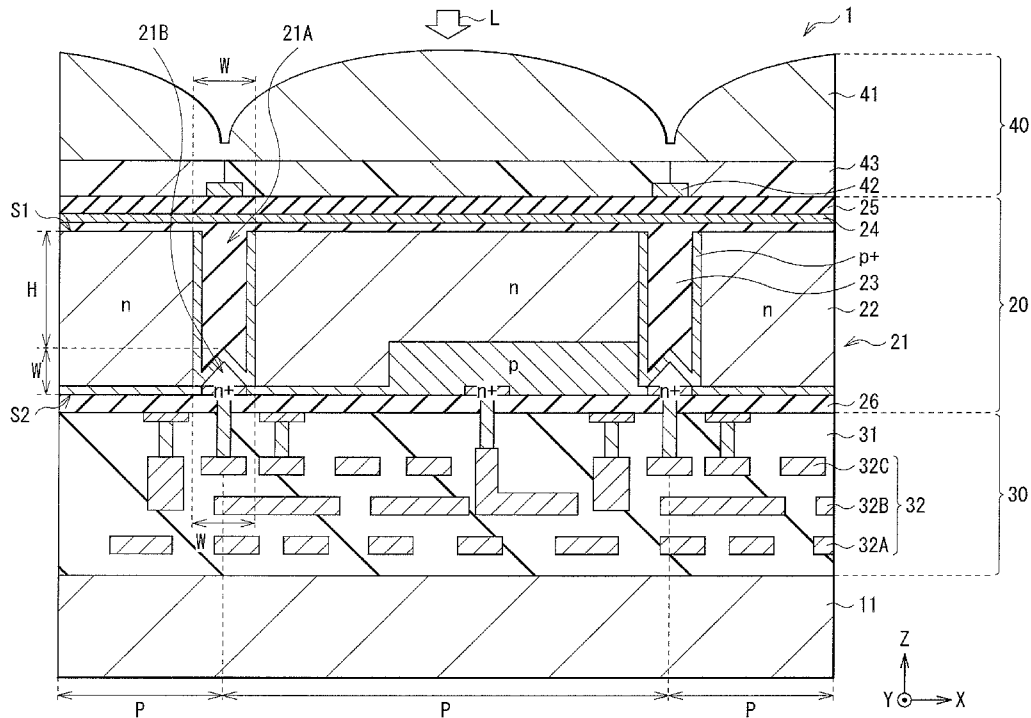
(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 鈴木 亮司(SUZUKI, Ryoji); 〒2430014 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 Kanagawa (JP). 吉田 慎一(YOSHIDA, Shinichi); 〒2430014 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 Kanagawa (JP). 内田 哲弥(UCHIDA, Tetsuya); 〒2430014 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 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人つばさ国際特許事務所 (TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORATION); 〒1600022 東京都新宿区新宿1丁目15番9号 さわだビル3階 Tokyo (JP).

(54) Title: SOLID-STATE IMAGING ELEMENT, METHOD FOR MANUFACTURING SOLID-STATE IMAGING ELEMENT, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 固体撮像素子および固体撮像素子の製造方法ならびに電子機器



(57) Abstract: The solid-state imaging element according to one embodiment of the present disclosure comprises: a semiconductor substrate that has a photoelectric conversion unit for each pixel; a pixel separation groove that is provided between pixels and extends from one surface of the semiconductor substrate toward the other surface facing the one surface; and an inter-pixel connection part that is provided between pixels on the other surface of the semiconductor substrate.

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 本開示の一実施形態の固体撮像素子は、画素毎に光電変換部を有する半導体基板と、画素間に設けられ、半導体基板の一の面から対向する他の面に向かって延伸する画素分離溝と、半導体基板の他の面の画素間に設けられた画素間接続部とを備える。

明 細 書

発明の名称：

固体撮像素子および固体撮像素子の製造方法ならびに電子機器

技術分野

[0001] 本開示は、画素間に画素分離溝を有する固体撮像素子およびその製造方法ならびにこれを備えた電子機器に関する。

背景技術

[0002] CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサおよびCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサ等の固体撮像装置では、光電変換部を備えた固体撮像素子が画素毎に配置されている。固体撮像素子の光電変換部は、例えばシリコン (Si) 等の半導体材料によって構成されている。

[0003] 例えば、特許文献1では、半導体基板に設けられたフォトダイオード (PD) が画素分離溝によって画素毎に完全に分離された固体撮像装置が開示されている。この固体撮像装置では、画素分離部によって半導体基板を完全に分離することにより、隣接する画素間の混色の増加やブルーミングの発生を防止している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許出願公開第2010/0193845号明細書

発明の概要

[0005] ところで、固体撮像素子では、混色およびブルーミングの発生の低減と共に、レイアウトの自由度が求められている。

[0006] レイアウトの自由度を向上させることが可能な固体撮像素子および固体撮像素子の製造方法ならびに電子機器を提供することが望ましい。

[0007] 本開示の一実施形態の固体撮像素子は、画素毎に光電変換部を有する半導体基板と、画素間に設けられ、半導体基板の一の面から対向する他の面に向

かって延伸する画素分離溝と、半導体基板の他の面の画素間に設けられた画素間接続部とを備えたものである。

[0008] 本開示の一実施形態の固体撮像素子の製造方法は、半導体基板の画素間に、半導体基板の一の面から対向する他の面に向かって延伸する画素分離溝を形成し、半導体基板の他の面の画素間に画素間接続部を設け、画素毎に光電変換部を形成する。

[0009] 本開示の一実施形態の電子機器は、上記本開示の一実施形態の固体撮像素子を備えたものである。

[0010] 本開示の一実施形態の固体撮像素子および一実施形態の固体撮像素子の製造方法ならびに一実施形態の電子機器では、画素毎に光電変換部を有する半導体基板の隣接する画素間に、半導体基板の一の面から対向する他の面に向かって延伸する画素分離溝と、他の面の画素間に画素間接続部を設けるようにした。これにより、隣接する光電変換部は画素分離溝によって分離されると共に、隣接画素間を画素間接続部によって電氣的に接続することが可能となる。

[0011] 本開示の一実施形態の固体撮像素子および一実施形態の固体撮像素子の製造方法ならびに一実施形態の電子機器では、隣接する画素間に、半導体基板の一の面から対向する他の面に延伸する画素分離溝を設けると共に、他の面に画素間接続部を設けるようにしたので、隣接する光電変換部を分離しつつ、隣接画素間を電氣的に接続することが可能となる。よって、レイアウトの自由度を向上させることが可能となる。

[0012] 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

[0013] [図1]本開示の第1の実施の形態に係る固体撮像素子の断面模式図である。

[図2]図1に示した固体撮像素子の他の断面模式図である。

[図3]図1に示した固体撮像素子の平面模式図である。

[図4]図1に示した固体撮像素子の半導体基板の平面模式図である。

[図5A]図 1 に示した固体撮像素子の製造工程を説明する断面模式図である。

[図5B]図 5 A に続く工程を表す断面模式図である。

[図5C]図 5 B に続く工程を表す断面模式図である。

[図5D]図 5 C に続く工程を表す断面模式図である。

[図5E]図 5 D に続く工程を表す断面模式図である。

[図5F]図 5 E に続く工程を表す断面模式図である。

[図6]本開示の変形例 1 に係る画素分離溝の形状を説明する平面模式図である

。

[図7]本開示の変形例 2 に係る画素分離溝の形状を説明する平面模式図である

。

[図8]図 7 に示した画素分離溝パターンを有する固体撮像素子の平面模式図である。

[図9]本開示の変形例 3 に係る固体撮像素子の平面模式図である。

[図10]図 9 に示した固体撮像素子の断面模式図である。

[図11]本開示の変形例 4 に係る固体撮像素子の一例を表す要部の断面模式図である。

[図12]本開示の変形例 4 に係る固体撮像素子の体の例を表す要部の断面模式図である。

[図13]本開示の変形例 4 に係る固体撮像素子の体の例を表す要部の断面模式図である。

[図14]本開示の変形例 5 に係る固体撮像素子の画素分離溝のパターンの一例を表す平面模式図である。

[図15]本開示の変形例 5 に係る固体撮像素子の画素分離溝のパターンの他の例を表す平面模式図である。

[図16]変形例 5 に係る固体撮像素子の製造方法の一例を説明する断面模式図である。

[図17]本開示の第 2 の実施の形態に係る固体撮像素子の面 S 1 (a) および面 S 2 (b) における半導体基板の平面模式図である。

[図18A]本開示の第2の実施の形態に係る固体撮像素子の製造工程を説明する断面模式図である。

[図18B]図18Aに続き工程を表す断面模式図である。

[図18C]図18Bに続き工程を表す断面模式図である。

[図18D]図18Cに続き工程を表す断面模式図である。

[図18E]図18Dに続き工程を表す断面模式図である。

[図18F]図18Eに続き工程を表す断面模式図である。

[図18G]図18Fに続き工程を表す断面模式図である。

[図18H]図18Gに続き工程を表す断面模式図である。

[図18I]図18Hに続き工程を表す断面模式図である。

[図18J]図18Iに続き工程を表す断面模式図である。

[図19]本開示の方法を用いて製造された固体撮像素子の断面模式図である。

[図20]図19に示した固体撮像素子の平面模式図である。

[図21]本開示の第3の実施の形態に係る固体撮像素子のSTI(a)、面S1(b)および面S2(c)における半導体基板の画素分離溝パターンの平面模式図である。

[図22A]本開示の第3の実施の形態に係る固体撮像素子の製造工程を説明する断面模式図である。

[図22B]図22Aに続き工程を表す断面模式図である。

[図22C]図22Bに続き工程を表す断面模式図である。

[図22D]図22Cに続き工程を表す断面模式図である。

[図22E]図22Dに続き工程を表す断面模式図である。

[図22F]図22Eに続き工程を表す断面模式図である。

[図22G]図22Fに続き工程を表す断面模式図である。

[図22H]図22Gに続き工程を表す断面模式図である。

[図22I]図22Hに続き工程を表す断面模式図である。

[図23]本開示の方法を用いて製造された固体撮像素子の断面模式図である。

[図24]図23に示した固体撮像素子の平面模式図である。

[図25]図 1 に示した光電変換素子を備えた撮像素子の全体構成を表すブロック図である。

[図26]図 2 5 に示した撮像素子を用いた撮像装置（カメラ）の一例を表す機能ブロック図である。

[図27]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28]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29]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30]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。

[図31]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

[0014] 以下、本開示における一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。以下の説明は本開示の一具体例であって、本開示は以下の態様に限定されるものではない。また、本開示は、各図に示す各構成要素の配置や寸法、寸法比等についても、それらに限定されるものではない。なお、説明する順序は、下記の通りである。

1. 第 1 の実施の形態（画素分離溝の底部に画素間接続部を設けた固体撮像素子の例）

1-1. 固体撮像素子の構成

1-2. 固体撮像素子の製造方法

1-3. 作用・効果

2. 変形例

2-1. 変形例 1

2-2. 変形例 2

2-3. 変形例 3

2-4. 変形例 4

2-5. 変形例 5

3. 第 2 の実施の形態（画素間接続部を有する固体撮像素子の他の製造方

法の例)

4. 第3の実施の形態（画素間接続部を有する固体撮像素子の他の製造方法の例)

5. 適用例（電子機器への適用例)

[0015] <1. 第1の実施の形態>

(1-1. 固体撮像素子の構成)

図1は、本開示の第1の実施の形態に係る固体撮像素子（固体撮像素子1）の図3に示したI-I'線における断面構成を表したものである。図2は、図3に示したI-I'線における固体撮像素子1の断面構成を表したものである。図3は、本開示の固体撮像素子1の平面構成を模式的に表したものである。固体撮像素子1は、例えばCMOSイメージセンサ等の固体撮像装置（固体撮像装置100）において1つの画素（例えば画素P）を構成するものである（図24参照）。この固体撮像素子1は裏面照射型であり、光電変換部22を有する受光部20の光入射面側に集光部40が、光入射面側とは反対側の面に配線層30が設けられた構成を有する。受光部20は、半導体基板21と、画素P毎に設けられた光電変換部22と、半導体基板21の光入射面（受光面、裏面：面S1）側に設けられた絶縁膜23と、低反射膜24と、保護膜25と、半導体基板21の表面（面S2）側に設けられた絶縁膜26とを有する。本実施の形態では、画素間に、面S1から面S2に向けて延伸する画素分離溝21Aと、半導体基板21の面S2に設けられた画素間接続部21Bとが設けられた構成を有する。

[0016] 以下に、固体撮像素子1の構成を受光部20、配線層30および集光部40の順に説明する。なお、本実施の形態では、光電変換によって生じる電子および正孔の対のうち、電子を信号電荷として読み出す場合（n型半導体領域を光電変換層とする場合）について説明する。また、図中において、「p」「n」に付した「+（プラス）」は、周囲のp型半導体領域またはn型半導体領域よりもp型またはn型の不純物濃度が高いことを表している。

[0017] （受光部）

受光部 20 は、例えば光電変換部 22 を構成するフォトダイオード (PD) が埋設された半導体基板 21 と、半導体基板 21 の裏面 (面 S1) から表面 (面 S2) に向かって延伸する画素分離溝 21A と、画素分離溝 21A を埋設すると共に、半導体基板 21 の面 S1 の全面に設けられた絶縁膜 23 と、絶縁膜 23 上に順に積層された低反射膜 24 および保護膜 25 と、半導体基板 21 の面 S2 全面に設けられた絶縁膜 26 とから構成されている。また、半導体基板 21 の面 S2 には、画素間を電氣的に接続する画素間接続部 21B を有する。

[0018] 半導体基板 21 は、例えばシリコン (Si) によって構成され、上述したように、受光面 S1 側の各画素間に半導体基板 21 の厚み方向 (Z 方向) に延伸する画素分離溝 21A が設けられている。この画素分離溝 21A の深さ (高さ (H)) は、対象とする波長が十分に吸収される深さであればよく、例えば対称が可視光である場合には $2\mu\text{m}$ 以上 $15\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。幅 (W) は、光学的な分離および不純物の拡散が可能であり、且つ、光電変換領域が大きく削られない幅となっていればよく、例えば 20nm 以上であり画素サイズの 3 割以下であることが好ましい。

[0019] 画素分離溝 21A の底部 (半導体基板 21 の面 S2) には半導体基板 21 が残っており画素間接続部 21B を形成している。画素間接続部 21B は、隣接する画素間を電氣的に接続するものであり、例えば p 型半導体領域で構成されている。画素間接続部 21B は、詳細は後述するが、側面に傾斜を有する凸形状を有し、その高さ (厚さ (h)) は例えば $1\mu\text{m}$ 以下であり、幅 (w) は例えば $1\mu\text{m}$ 以下である。画素間接続部 21B の傾斜角 (θ) は、例えば半導体基板 21 の平面の法線方向 (Z 軸方向) に対して例えば 20° 以上とすることが好ましい。画素分離溝 21A の側面には、例えば 50nm 程度の厚みの p+ 領域が形成されている。これにより、後述する n 型半導体領域からなる光電変換部 22 の容量が増加する。また、この p+ 領域は、画素間接続部 21B の表面にも形成されている。

[0020] 半導体基板 21 の表面 (面 S2) 近傍には光電変換部 22 で発生した信号

電荷を、例えばFD（図3参照）に転送する転送トランジスタ（TG）が配置されている。転送トランジスタのゲート電極TGは、例えば配線層30に設けられている。信号電荷は、光電変換によって生じる電子および正孔のどちらであってもよいが、ここでは電子を信号電荷として読み出す場合を例に挙げて説明する。

[0021] 半導体基板21の面S2近傍には上記転送トランジスタ（TG）と共に、例えばリセットトランジスタ（RST）、増幅トランジスタ（Amp）および選択トランジスタ（SEL）等が設けられている。このようなトランジスタは例えばMOSEFT（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）であり、各画素Pごとに回路を構成する。各回路は、例えば転送トランジスタ（TG）、リセットトランジスタ（RST）および増幅トランジスタ（Amp）を含む3トランジスタ構成であってもよく、あるいはこれに選択トランジスタ（SEL）が加わった4トランジスタ構成であってもよい。転送トランジスタ（TG）以外のトランジスタは、画素間で共有することも可能である。

[0022] 光電変換部22は、画素Pごとに、半導体基板21（ここではSi基板）の厚み方向（Z方向）に形成された、例えばn型半導体領域であり、半導体基板21の表面（面S2）に設けられたp型半導体領域とのpn接合型のフォトダイオードである。

[0023] 絶縁膜23、26は、それぞれ、例えば酸化ケイ素（SiO₂）を用いて形成されている。なお、半導体基板21の裏面（面S1）に設けられた画素分離溝21Aは、絶縁膜23によって埋設されている。

[0024] 低反射膜24は、半導体基板21の裏面（面S1）側の絶縁膜23上に設けられたものである。低反射膜24の材料としては、酸化ハフニウム（HfO₂）、酸化ジルコニウム（ZrO₂）、酸化アルミニウム（Al₂O₃）、酸化チタン（TiO₂）および酸化タンタル（Ta₂O₅）等が挙げられる。

[0025] 低反射膜24上には保護膜25が設けられており、これにより半導体基板21の裏面が平坦化されている。保護膜25は、例えば窒化シリコン（Si₃N₄）

N₃), 酸化シリコン (SiO₂) および酸窒化シリコン (SiON) 等の単層膜あるいはこれらの積層膜により構成されている。

[0026] (配線層)

配線層 30 は、半導体基板 21 の表面 (面 S2) に接して設けられている。配線層 30 は層間絶縁膜 31 を介して複数の配線 32 (例えば配線 32A, 32B, 32C) を有するものである。配線層 30 は、例えば Si からなる支持基板 11 に貼り合わされており、支持基板 11 と半導体基板 21 との間に配置されている。

[0027] (集光部)

集光部 40 は、受光部 20 の受光面 S1 側に設けられると共に、光入射側に光学機能層として各画素 P の光電変換部 22 にそれぞれ対向配置されたオンチップレンズ 41 を有する。受光部 20 (具体的には保護膜 25) とオンチップレンズ 41 との間にはカラーフィルタ 43 が積層されている。また、各画素間の保護膜 25 上には遮光膜 42 がそれぞれ設けられている。

[0028] オンチップレンズ 41 は、受光部 20 (具体的には、受光部 20 の光電変換部 22) に向かって光を集光させる機能を有するものである。

[0029] 遮光膜 42 は、保護膜 25 の画素間、例えば画素分離溝 21A 上に設けられている。遮光膜 42 は、隣接画素間における斜入射光のクロストークによる混色を抑制するものである。遮光膜 42 の材料としては、例えばタングステン (W)、アルミニウム (Al) または Al と銅 (Cu) との合金等が挙げられる。

[0030] カラーフィルタ 43 は、例えば赤色 (R) フィルタ、緑色 (G) フィルタ、青色 (B) フィルタであり、例えば画素 P ごとに設けられている。これらのカラーフィルタ 43 は、規則的な色配列 (例えばベイヤー配列) で設けられている。このようなカラーフィルタ 43 を設けることにより、固体撮像素子 1 では、その色配列に対応したカラーの受光データが得られる。

[0031] (1-2. 固体撮像素子の製造方法)

本実施の形態の固体撮像素子 1 は、例えば以下のようにして製造すること

ができる。

[0032] 図4は、固体撮像素子1の半導体基板21の表面（面S2）側における画素分離溝21Aの平面構成を模式的に表したものである。図5A～図5Fは、固体撮像素子1の製造方法を工程順に表したものである。図5A～図5Fの（a）は図4に示したI—I線における断面構成を表したものであり、（b）は図4に示したI—I—I—I—I線における断面構成を表したものである。

[0033] まず、図5Aに示したように、表面（面S2）にpウェルを有する半導体基板21の表面（面S2）にSiO₂膜51およびSi₃N₄膜52を設ける。次に、Si₃N₄膜52そ上にレジスト膜53をパターンニングしたのち、エッチングにより面S2側から画素分離溝21Aとなるトレンチ21Hを形成する。続いて、図5Bに示したように、傾斜角を付けて半導体基板21にホウ素（B）を例えば $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度の濃度以上になるようにイオン注入を行いp⁺領域を形成する。この際、I—I断面では、トレンチ21Hの幅が狭く、レジスト膜53の影となるため半導体基板21にホウ素（B）は注入されない。続いて、図5Cに示したように、傾斜角を変えて再度半導体基板21にホウ素（B）を例えば $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度の濃度以上になるようにイオン注入を行いp⁺領域を形成する。なお、傾斜角は、半導体基板21の平面の法線方向（Z軸方向）に対して例えば20°以上とすることが好ましい。

[0034] 次に、図5Dに示したように、レジスト膜53を剥離する。続いて、図5Eに示したように、例えばフッ硝酸酢酸等のp型領域のエッチングレートが早い薬液を用いてp⁺領域を選択的にエッチングする。これにより、SiO₂膜51およびSi₃N₄膜52の下方には、レジスト膜53およびSi₃N₄膜52の遮蔽によってイオン注入されないp型半導体領域が残り、画素間接続部21Bが形成される。次に、図5Fに示したように、エッチングによって露出した半導体基板21の表面に、例えばB₂H₆を用いたプラズマドーピングによりp⁺領域を形成する。なお、p⁺領域の形成には、プラズマドーピングの他に、固相拡散あるいは気相拡散を用いてもよい。

[0035] この後、トレンチ 21H を例えば ALD 法を用いて SiO₂ 膜で埋設すると共に、半導体基板 21 上に SiO₂ 膜を成膜したのち、例えば CMP 法を用いて半導体基板 21 の表面（面 S1）を平坦化する。次に、通常の裏面照射型の CIS と同様の方法を用いて、表面（面 S2）側から光電変換部 22 の n 型領域、トランジスタおよび配線等を形成したのち、半導体基板 21 の面 S2 と支持基板や回路を形成したウェハとを貼り合わせる。続いて、半導体基板 21 の裏面（面 S1）をトレンチ 21H が露出するまで薄膜化する。次いで、例えば ALD 法または MOCVD 法を用いて、半導体基板 21 の裏面（面 S1）側に低反射膜 24 として例えば HfO₂ 膜を、保護膜 25 として例えば SiO₂ 膜を、例えば ALD 法もしくは CVD 法を用いて形成する。

[0036] 続いて、保護膜 25 上に、例えばスパッタリング法あるいは CVD 法を用いて例えば W 膜を形成したのち、フォトリソグラフィ等によってパターンニングして遮光膜 42 を形成する。次に、保護膜 25 および遮光膜 42 上に、例えばベイヤー配列のカラーフィルタ 43 およびオンチップレンズ 41 を順に形成する。このようにして固体撮像素子 1 を得ることができる。

[0037] （固体撮像素子の動作）

このような固体撮像素子 1 では、例えば固体撮像装置 100 の画素 P として、次のようにして信号電荷（ここでは電子）が取得される。固体撮像素子 1 に、オンチップレンズ 41 を介して光 L が入射すると、光 L はカラーフィルタ 43 等を通して各画素 P における光電変換部 22 で検出（吸収）され、赤、緑または青の色光が光電変換される。光電変換部 22 で発生した電子－正孔対のうち、電子は半導体基板 21（例えば、Si 基板では n 型半導体領域）へ移動して蓄積され、正孔は p 型領域へ移動して排出される。

[0038] （1－3．作用・効果）

固体撮像素子では、混色やブルーミングの発生を防止する目的で、固体撮像素子の画素間を完全に絶縁膜で分離する構造が提案されている。この構造では、各画素毎にウェルコンタクトを配置する必要がある。このため、レイアウト効率が低下するという問題があった。

- [0039] また、半導体基板の裏面（光入射面）に画素分離部を設ける構造では、隣接画素のフォトダイオード（PD）間の一部がSiで繋がっていることによってブルーミングが悪化するという問題がある。更に、この構造では、この画素分離部をトランジスタや配線を形成した後に形成するため、熱処理によるエッチングダメージの回復を十分に行うことが難しいという問題がある。
- [0040] これに対して本実施の形態では、画素毎に光電変換部22を有する半導体基板21の隣接する画素間に、半導体基板21の裏面（面S1）から表面（面S2）に向かって延伸する画素分離溝21Aの底部に、画素間接続部21Bを設けるようにした。これにより、隣接する光電変換部22は画素分離溝21Aによって分離されると共に、隣接画素間が画素間接続部21Bによって電氣的に接続することが可能となる。
- [0041] 以上のように、本実施の形態の固体撮像素子では、隣接する画素間に、半導体基板21の裏面（面S1）に画素分離溝21Aを設けると共に、半導体基板21の表面（面S2）、具体的には、画素分離溝21Aの底面に画素間接続部21Bを設けるようにした。これにより、隣接する光電変換部22を分離しつつ、隣接画素間を電氣的に接続することが可能となる。よって、画素P毎にウェルコンタクトの配置が不要となるため、レイアウトの自由度を向上させることが可能となる。
- [0042] また、本実施の形態では、隣接画素間に半導体基板21の裏面（面S1）に画素分離溝21Aを設けると共に、画素間接続部21Bを側面に傾斜を有する凸形状としたので、隣接画素Pに設けられた光電変換部22への電荷の通り道が削減される。よって、隣接画素Pに設けられた光電変換部22へ流れるオーバーフロー成分が低減され、ブルーミングを防止することが可能となる。また、隣接画素間の混色を防止することが可能となる。
- [0043] 更に、本実施の形態では、トランジスタや配線の形成前に画素分離溝21Aとなるトレンチを形成するため、トレンチ形成時の熱処理によるダメージを回復することが可能となる。更にまた、トレンチ形成後にプラズマドーピングや固相拡散、気相拡散などでトレンチの側壁に一様に不純物を導入して

p+領域を形成することにより、光電変換部22における飽和信号量を稼ぐことが可能となる。

[0044] <2. 変形例>

(2-1. 変形例1)

図6は、本開示の変形例1に係る固体撮像素子2の半導体基板21の表面(面S2)における画素分離溝21Aの平面構成を模式的に表したものである。画素分離溝21Aの端部は、図6に示したような形状としてもよい。これにより、正対する画素分離溝21A菅野距離を近づけることが可能となり、例えば、図5Bおよび図5Cに示した工程において、より低エネルギーでのイオン注入、若しくは、より低角度でのイオン注入でp+領域をつなげることが可能となる。よって、画素間接続部21Bを残しつつ、画素分離溝21Aを構成するトレンチを確実につなげることが可能となる。

[0045] (2-2. 変形例2)

図7は、本開示の変形例2に係る固体撮像素子3の半導体基板21の表面(面S2)における画素分離溝21Aの平面構成を模式的に表したものである。図8は、本開示の固体撮像素子3の平面構成を模式的に表したものである。上記実施の形態では、画素間接続部21Bは、例えば、2×2列に配置された画素Pの交点に設けた例を示したがこれに限らない。例えば、図7に示したように、例えばY軸方向に隣接する画素間の例えば中央に画素間接続部21Bを設けるようにしてもよい。

[0046] (2-3. 変形例3)

図9は、本開示の変形例3に係る固体撮像素子4の平面構成を模式的に表したものである。図10は、図9に示した固体撮像素子4の断面構成を模式的に表したものである。固体撮像素子4は、光電変換部22と、リセットトランジスタ(RST)、増幅トランジスタ(Amp)および選択トランジスタ(SEL)等の各種トランジスタとをZ軸方向に積層したものであり、光電変換部22から縦型トランジスタTr1を用いて信号を読み出すようにしてもよい。

[0047] (2-4. 変形例4)

図11～図13は、本開示の変形例4に係る固体撮像素子5A～5Cの要部の断面構成を表したものである。上記実施の形態では、画素分離溝21Aを例えばSiO₂等の絶縁膜23で埋設した例を示したがこれに限らない。例えば、図11に示した固体撮像素子5Aのように、画素分離溝21Aの側面および底面に絶縁膜23を成膜したのち、ポリシリコン55を埋設するようにしてもよい。固体撮像素子5Bに示したように、半導体基板21の表面(面S2)側からトレンチ21Hに埋め込んだ絶縁膜23を半導体基板21の裏面(面S1)側からエッチングしたのち、半導体基板21の裏面(面S1)上に、低反射膜24を固定電荷膜として、絶縁膜23の上面および画素分離溝21A内の側面および底面に成膜するようにしてもよい。更に、図13に示した固体撮像素子5Cに示したように、例えば、画素間に設けた遮光膜42を画素分離溝21A内に延在させてもよい。これにより、隣接画素間における混色をさらに抑制することが可能となる。

[0048] (2-5. 変形例5)

図14は、本開示の変形例5に係る固体撮像素子6Aの半導体基板21の表面(面S2)における画素分離溝21Aの平面パターンの一例を模式的に表したものである。図15は、本開示の変形例5に係る固体撮像素子6Bの半導体基板21の表面(面S2)における画素分離溝21Aの平面パターンの他の例を模式的に表したものである。図14および図15は、画素Pを4×4列に配置したものである。

[0049] 固体撮像素子では、画素サイズが小さい場合、上記実施の形態で説明したようにレジスト膜53が影となって底面までイオン注入を行えない虞がある。その場合には、画素間接続部21Bを隣接する画素間全てに設ける必要はなく、図14および図15に示した固体撮像素子6A、6Bのように、隣接する2画素に1つずつ設けるようにしてもよい。また、画素サイズが小さい場合には、図16に示したように、複数の画素Pを跨いでイオン注入すればよい。あるいは、例えば半導体基板21のXY平面の法線方向(Z軸方向)

に対するイオン注入角を小さくしてイオン注入するようにしてもよい。

[0050] <3. 第2の実施の形態>

図17は、本開示の第2の実施の形態に係る固体撮像素子（固体撮像素子7）の半導体基板21の裏面（面S1、（a））および表面（面S2、（b））における画素分離溝21Aの平面構成を模式的に表したものである。図18A～図18Jは、固体撮像素子1の製造方法を工程順に表したものである。図18E～図18Jの（a）は図17に示したI-V-I線における断面構成を表したものであり、（b）は図17に示したV-V線における断面構成を表したものであり、（c）は図17に示したV-I-V線における断面構成を表したものである。

[0051] まず、図18Aに示したように、半導体基板21の裏面（面S1）にSiO₂膜51およびSi₃N₄膜52を設け、その上にレジスト膜53をパターニングしたのち、エッチングにより画素分離溝21Aとなるトレンチ21Hを形成する。続いて、図18Bに示したように、Si₃N₄膜52およびSiO₂膜51を順にエッチングしたのち、ALD法を用いて半導体基板21の裏面（面S1）およびトレンチ21Hの側面および底面にSiO₂膜54を成膜する。

[0052] 次に、図18Cに示したように、半導体基板21の裏面（面S1）およびトレンチ21H内に例えばCVD法を用いてポリシリコン55を成膜したのち、CMP法を用いて表面を研磨する。続いて、図18Dに示したように、半導体基板21の裏面（面S1）に、SiO₂膜57を有する支持基板56をSiO₂膜57の形成面から膜貼り合わせる。次に、図18Eに示したように、半導体基板21を反転させて半導体基板21を表面（面S2）側から薄膜化する。続いて、図18Fに示したように、半導体基板21内にn型半導体領域を形成して光電変換部22を形成したのち、半導体基板21の表面（面S2）にpウェルを形成する。

[0053] 次に、図18Gに示したように、半導体基板21の表面（面S2）にSiO₂膜26およびSi₃N₄膜58を設け、その上にレジスト膜59をパターニングしたのち、エッチングにより半導体基板21の裏面（面S1）側から設け

たトレンチ21Hの表面を露出させる。続いて、図18Hに示したように、トレンチ21H内を埋設するポリシリコンをエッチングする。

[0054] 次に、図18Iに示したように、トレンチ21Hの底部の SiO_2 膜をエッチングしたのち、例えば、 B_2H_6 を用いたプラズマドーピングによりトレンチ21Hの側壁および底面にp+領域を形成する。なお、プラズマドーピングの他に、固相拡散あるいは気相拡散を用いてもよい。

[0055] 続いて、図18Jに示したように、例えばALD法を用いてトレンチ21Hを SiO_2 膜で埋設したのち、 SiO_2 膜の表面を例えばCMPで研磨する。以降、上記第1の実施の形態と同様の工程を経ることで、図19に示した固体撮像素子7が完成する。なお、この固体撮像素子7の平面構成は、図20に示したようになる。

[0056] 本変形例の製造方法では、裏面（面S1）側のトレンチ21Hの一部を表面（面S2）側のトレンチ21Hと重ねればよいので、トランジスタ面（表面（面S2））側のレイアウトの自由度がさらに向上する。

[0057] なお、本実施の形態では、画素分離溝21Aを半導体基板21の裏面（面S1）側から形成したのち、半導体基板21の表面（面S2）側からSTIを形成し、これらを接続する例を示したがこれに限らない。例えば、表面（面S2）側から画素分離溝21Aに接続するトレンチとSTIとを別体として形成するようにしてもよい。その際には、STIを用いずに、上記第1の実施の形態のようにpn接合分離を用いてもよい。

[0058] <4. 第3の実施の形態>

図21は、本開示の第3の実施の形態に係る固体撮像素子（固体撮像素子8）のSTI（a）、半導体基板21の表面（面S2、（b））および裏面（面S1、（c））の平面構成を模式的に表したものである。図22A～図22Iは、固体撮像素子1の製造方法を工程順に表したものである。

[0059] まず、図22Aに示したように、中央にpウェルが形成されている半導体基板21の表面（面S2）に SiO_2 膜51および Si_3N_4 膜52を設け、その上にレジスト膜53をパターンニングしたのち、半導体基板21をエッチング

してSTIを形成する。続いて、図22Bに示したように、半導体基板21上に、例えばCVD法を用いてSiO₂膜26を成膜したのち、SiO₂膜26の表面を例えばCMPで研磨する。次に、図22Cに示したように、半導体基板21上にレジスト膜53をパターニングしたのち、エッチングにより画素分離溝21Aとなるトレンチ21Hを形成する。

[0060] 続いて、図22Dに示したように、レジスト膜53を剥離したのち、例えば、B₂H₆を用いたプラズマドーピングによりトレンチ21Hの側壁および底面にp⁺領域を形成する。なお、プラズマドーピングの他に、固相拡散あるいは気相拡散を用いてもよい。次に、図22Eに示したように、例えばCVD法を用いてSiO₂膜26を成膜したのち、CMP法を用いて表面を研磨する。

[0061] 続いて、図22Fに示したように、半導体基板21に光電変換部22となるn型半導体領域を形成したのち、半導体基板21の表面（面S2）側に各種トランジスタおよび配線32等を形成し、配線層30を形成する。なお、n型半導体領域（光電変換部22）はSTI工程前に形成してもよい。この後、図22Gに示したように、半導体基板21を反転させ、配線層30に支持基板11を貼り合わせる。次に、図22Hに示したように、半導体基板21の裏面（面S1）側にレジスト膜60を形成したのち、図21（c）に対応する位置をエッチングする。なお、図22Iは、本工程におけるV111ーV111線における断面構成を表している。以降、上記第1の実施の形態と同様の工程を経ることで、図23に示した固体撮像素子7が完成する。なお、この固体撮像素子7の平面構成は、図24に示したようになる。

[0062] 本変形例の製造方法では、上記第1の実施の形態における製造方法と比較して工程数を削減することが可能となり、製造コストを低減することが可能となる。また、上記第2の実施の形態における製造方法と比較して、貼り合わせ回数が1回少ないためコスト的に有利である。

[0063] <5. 適用例>

（適用例1）

図25は、例えば、上記実施の形態において説明した固体撮像素子1を各

画素に用いた固体撮像装置 100 の全体構成を表したものである。この固体撮像装置 100 は、CMOS イメージセンサであり、半導体基板 21 上に、撮像エリアとしての画素部 1a を有すると共に、この画素部 1a の周辺領域に、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 からなる周辺回路部 130 を有している。

[0064] 画素部 1a は、例えば、行列状に 2 次元配置された複数の単位画素 P（例えば、固体撮像素子 1 に相当）を有している。この単位画素 P には、例えば、画素行ごとに画素駆動線 L_{read}（具体的には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。

[0065] 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 1a の各単位画素 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単位画素 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。

[0066] 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 を通して半導体基板 21 の外部へ伝送される。

[0067] 行走査部 131、水平選択部 133、列走査部 134 および水平信号線 135 からなる回路部分は、半導体基板 21 上に直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、それらの回路部分は、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。

[0068] システム制御部 132 は、半導体基板 21 の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等を受け取り、また、固体撮像装置 100 の内部情報等のデータを出力するものである。システム制御部 132 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 131、水平選択部 133 および列走査部 134 等の周辺回路の駆動制御を行う。

[0069] (適用例 2)

上述の固体撮像装置 100 は、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等のカメラシステムや、撮像機能を有する携帯電話等、撮像機能を備えたあらゆるタイプの電子機器に適用することができる。図 26 に、その一例として、カメラ 200 の概略構成を示す。このカメラ 200 は、例えば、静止画または動画を撮影可能なビデオカメラであり、固体撮像装置 100 と、光学系（光学レンズ）310 と、シャッタ装置 311 と、固体撮像装置 100 およびシャッタ装置 311 を駆動する駆動部 313 と、信号処理部 312 とを有する。

[0070] 光学系 310 は、被写体からの像光（入射光）を固体撮像装置 100 の画素部 1a へ導くものである。この光学系 310 は、複数の光学レンズから構成されていてもよい。シャッタ装置 311 は、固体撮像装置 100 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 313 は、固体撮像装置 100 の転送動作およびシャッタ装置 311 のシャッタ動作を制御するものである。信号処理部 312 は、固体撮像装置 100 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、メモリ等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。

[0071] (適用例 3)

＜体内情報取得システムへの応用例＞

更に、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。

。

[0072] 図27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。

[0073] 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。

[0074] 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。

[0075] 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。

[0076] 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随時得ることができる。

[0077] 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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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２７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 1 0 1 1 7 に供給され、これらの駆動に用いられ得る。

[0085] 制御部 1 0 1 1 7 は、CPU 等のプロセッサによって構成され、光源部 1 0 1 1 1、撮像部 1 0 1 1 2、画像処理部 1 0 1 1 3、無線通信部 1 0 1 1 4、及び、給電部 1 0 1 1 5 の駆動を、外部制御装置 1 0 2 0 0 から送信される制御信号に従って適宜制御する。

[0086] 外部制御装置 1 0 2 0 0 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 1 0 2 0 0 は、カプセル型内視鏡 1 0 1 0 0 の制御部 1 0 1 1 7 に対して制御信号を、アンテナ 1 0 2 0 0 A を介して送信することにより、カプセル型内視鏡 1 0 1 0 0 の動作を制御する。カプセル型内視鏡 1 0 1 0 0 では、例えば、外部制御装置 1 0 2 0 0 からの制御信号により、光源部 1 0 1 1 1 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 1 0 2 0 0 からの制御信号により、撮像条件（例えば、撮像部 1 0 1 1 2 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 1 0 2 0 0 からの制御信号により、画像処理部 1 0 1 1 3 における処理の内容や、無線通信部 1 0 1 1 4 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。

[0087] また、外部制御装置 1 0 2 0 0 は、カプセル型内視鏡 1 0 1 0 0 から送信される画像信号に対して、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／又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 1 0 2 0 0 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 1 0 2 0 0 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。

[0088] 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、例えば、撮像部 1 0 1 1 2 に適用され得る。これにより、検出精度が向上する。

[0089] (適用例 4)

＜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。

[0090] 図 2 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。

[0091] 図 2 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。

[0092] 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。

[0093] 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。

- [0094] カメラヘッド 1 1 1 0 2 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） 1 1 2 0 1 に送信される。
- [0095] CCU 1 1 2 0 1 は、CPU（Central Processing Unit）やGPU（Graphics Processing Unit）等によって構成され、内視鏡 1 1 1 0 0 及び表示装置 1 1 2 0 2 の動作を統括的に制御する。さらに、CCU 1 1 2 0 1 は、カメラヘッド 1 1 1 0 2 から画像信号を受け取り、その画像信号に対して、例えば現像処理（デモザイク処理）等の、当該画像信号に基づく画像を表示するための各種の画像処理を施す。
- [0096] 表示装置 1 1 2 0 2 は、CCU 1 1 2 0 1 からの制御により、当該CCU 1 1 2 0 1 によって画像処理が施された画像信号に基づく画像を表示する。
- [0097] 光源装置 1 1 2 0 3 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 1 1 1 0 0 に供給する。
- [0098] 入力装置 1 1 2 0 4 は、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 に対する入力インタフェースである。ユーザは、入力装置 1 1 2 0 4 を介して、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 に対して各種の情報の入力や指示入力を行うことができる。例えば、ユーザは、内視鏡 1 1 1 0 0 による撮像条件（照射光の種類、倍率及び焦点距離等）を変更する旨の指示等を入力する。
- [0099] 処置具制御装置 1 1 2 0 5 は、組織の焼灼、切開又は血管の封止等のためのエネルギー処置具 1 1 1 1 2 の駆動を制御する。気腹装置 1 1 2 0 6 は、内視鏡 1 1 1 0 0 による視野の確保及び術者の作業空間の確保の目的で、患者 1 1 1 3 2 の体腔を膨らめるために、気腹チューブ 1 1 1 1 1 を介して当該体腔内にガスを送り込む。レコーダ 1 1 2 0 7 は、手術に関する各種の情報を記録可能な装置である。プリンタ 1 1 2 0 8 は、手術に関する各種の情

報を、テキスト、画像又はグラフ等各種の形式で印刷可能な装置である。

[0100] なお、内視鏡 1 1 1 0 0 に術部を撮影する際の照射光を供給する光源装置 1 1 2 0 3 は、例えば L E D、レーザ光源又はこれらの組み合わせによって構成される白色光源から構成することができる。R G Bレーザ光源の組み合わせにより白色光源が構成される場合には、各色（各波長）の出力強度及び出力タイミングを高精度に制御することができるため、光源装置 1 1 2 0 3 において撮像画像のホワイトバランスの調整を行うことができる。また、この場合には、R G Bレーザ光源それぞれからのレーザ光を時分割で観察対象に照射し、その照射タイミングに同期してカメラヘッド 1 1 1 0 2 の撮像素子の駆動を制御することにより、R G B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。

[0101] また、光源装置 1 1 2 0 3 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 1 1 1 0 2 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。

[0102] また、光源装置 1 1 2 0 3 は、特殊光観察に対応した所定の波長帯域の光を供給可能に構成されてもよい。特殊光観察では、例えば、体組織における光の吸収の波長依存性を利用して、通常の観察時における照射光（すなわち、白色光）に比べて狭帯域の光を照射することにより、粘膜表層の血管等の所定の組織を高コントラストで撮影する、いわゆる狭帯域光観察（Narrow Band Imaging）が行われる。あるいは、特殊光観察では、励起光を照射することにより発生する蛍光により画像を得る蛍光観察が行われてもよい。蛍光観察では、体組織に励起光を照射し当該体組織からの蛍光を観察すること（自家蛍光観察）、又はインドシアニンググリーン（ICG）等の試薬を体組織に局注するとともに当該体組織にその試薬の蛍光波長に対応した励起光を照射し蛍光像を得ること等を行うことができる。光源装置 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。

[0103] 図29は、図28に示すカメラヘッド11102及びCCU11201の機能構成の一例を示すブロック図である。

[0104] 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。CCU11201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CCU11201とは、伝送ケーブル11400によって互いに通信可能に接続されている。

[0105] 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。

[0106] 撮像部11402を構成する撮像素子は、1つ（いわゆる単板式）であってもよいし、複数（いわゆる多板式）であってもよい。撮像部11402が多板式で構成される場合には、例えば各撮像素子によってRGBそれぞれに対応する画像信号が生成され、それらが合成されることによりカラー画像が得られてもよい。あるいは、撮像部11402は、3D（dimensional）表示に対応する右目用及び左目用の画像信号をそれぞれ取得するための1対の撮像素子を有するように構成されてもよい。3D表示が行われることにより、術者11131は術部における生体組織の奥行きをより正確に把握することが可能になる。なお、撮像部11402が多板式で構成される場合には、各撮像素子に対応して、レンズユニット11401も複数系統設けられ得る。

[0107] 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。

- [0108] 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。
- [0109] 通信部 11404 は、CCU 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 RAW データとして伝送ケーブル 11400 を介して CCU 11201 に送信する。
- [0110] また、通信部 11404 は、CCU 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。
- [0111] 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 CCU 11201 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。
- [0112] カメラヘッド制御部 11405 は、通信部 11404 を介して受信した CCU 11201 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。
- [0113] 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。

- [0114] 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。
- [0115] 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。
- [0116] 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。
- [0117] 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可能になる。
- [0118] カメラヘッド 11102 及び CCU 11201 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。
- [0119] 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 CCU 11201 との間の通信は無線で行われてもよい。
- [0120] 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 114

02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、検出精度が向上する。

[0121] 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。

[0122] (適用例5)

＜移動体への応用例＞

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、建設機械、農業機械（トラクター）など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。

[0123] 図30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。

[0124] 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30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。

[0125] 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。

- [0126] ボディ系制御ユニット１２０２０は、各種プログラムにしたがって車体に装備された各種装置の動作を制御する。例えば、ボディ系制御ユニット１２０２０は、キーレスエントリシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドランプ、バックランプ、ブレーキランプ、ウinker又はフォグランプ等の各種ランプの制御装置として機能する。この場合、ボディ系制御ユニット１２０２０には、鍵を代替する携帯機から発信される電波又は各種スイッチの信号が入力され得る。ボディ系制御ユニット１２０２０は、これらの電波又は信号の入力を受け付け、車両のドアロック装置、パワーウィンドウ装置、ランプ等を制御する。
- [0127] 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。
- [0128] 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。
- [0129] 車内情報検出ユニット１２０４０は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット１２０４０には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部１２０４１が接続される。運転者状態検出部１２０４１は、例えば運転者を撮像するカメラを含み、車内情報検出ユニット１２０４０は、運転者状態検出部１２０４１から入力される検出情報に基づいて、運転者の疲労度合い又は集中度合いを算出してもよいし、運転者が居眠りをしていないかを判別してもよい。

[0130] 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 A D A S (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。

[0131] 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。

[0132] 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。

[0133] 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 30 の例では、出力装置として、オーディオスピーカ 12061、表示部 12062 及びインストルメントパネル 12063 が例示されている。表示部 12062 は、例えば、オンボードディスプレイ及びヘッドアップディスプレイの少なくとも一つを含んでもよい。

[0134] 図 31 は、撮像部 12031 の設置位置の例を示す図である。

[0135] 図 31 では、撮像部 12031 として、撮像部 12101, 12102,

12103, 12104, 12105を有する。

[0136] 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。

[0137] なお、図31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。

[0138] 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。

[0139] 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、0 km/h 以上）で走行する立体物を先行車として抽出することができる。さらに、マイクロコンピュータ 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。

[0140] 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。

[0141] 撮像部 12101 ないし 12104 の少なくとも 1 つは、赤外線を検出する赤外線カメラであってもよい。例えば、マイクロコンピュータ 12051 は、撮像部 12101 ないし 12104 の撮像画像中に歩行者が存在するかどうかを判定することで歩行者を認識することができる。かかる歩行者の認識は、例えば赤外線カメラとしての撮像部 12101 ないし 12104 の撮像画像における特徴点を抽出する手順と、物体の輪郭を示す一連の特徴点にパターンマッチング処理を行って歩行者か否かを判別する手順によって行われる。マイクロコンピュータ 12051 が、撮像部 12101 ないし 12104 の撮像画像中に歩行者が存在すると判定し、歩行者を認識すると、音声画像出力部 12052 は、当該認識された歩行者に強調のための方形輪郭線を

重畳表示するように、表示部 1 2 0 6 2 を制御する。また、音声画像出力部 1 2 0 5 2 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 1 2 0 6 2 を制御してもよい。

[0142] 以上、第 1 ～第 3 実施の形態および変形例 1 ～5 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、上記実施の形態では、光電変換素子として、緑色光を検出する有機光電変換部 1 1 G と、青色光、赤色光をそれぞれ検出する無機光電変換部 1 1 B および無機光電変換部 1 1 R とを積層させた構成としたが、本開示内容はこのような構造に限定されるものではない。即ち、有機光電変換部において赤色光あるいは青色光を検出するようにしてもよいし、無機光電変換部において緑色光を検出するようにしてもよい。

[0143] また、上記実施の形態等においては、裏面照射型の固体撮像素子 1, 1 0 A の構成を例示したが、表面照射型に適用させることも可能である。

[0144] 更に、受光部 2 0 と集光部 4 0 (, 5 0) のカラーフィルタ 4 3 (, 5 4) との間にインナーレンズ(図示せず)を配設してもかまわない。

[0145] 更に、上記実施の形態等で説明した各構成要素を全て備えている必要はなく、また、他の構成要素を備えていてもよい。

[0146] なお、本開示は以下の様な構成をとることも可能である。

(1)

画素毎に光電変換部を有する半導体基板と、
前記画素間に設けられ、前記半導体基板の一の面から対向する他の面に向かって延伸する画素分離溝と、
前記半導体基板の前記他の面の前記画素間に設けられた画素間接続部とを備えた固体撮像素子。

(2)

前記一の面は前記半導体基板の光入射面であり、前記光入射面側の前記画素間は前記画素分離溝によって分離されている、前記(1)に記載の固体撮像素子。

(3)

前記一の面は前記半導体基板の光入射面と対向するトランジスタ面であり、前記トランジスタ面側の前記画素間は前記画素分離溝によって分離されている、前記(1)または(2)に記載の固体撮像素子。

(4)

前記半導体基板は、前記トランジスタ面側にp型半導体領域を有し、前記画素間接続部は前記p型半導体領域によって形成されている、前記(2)または(3)に記載の固体撮像素子。

(5)

前記画素分離溝の側面には、前記p型半導体領域よりも不純物濃度が高いp型半導体領域が形成されている、前記(4)に記載の固体撮像素子。

(6)

前記画素間接続部の厚さは $1\mu\text{m}$ 以下である、前記(1)乃至(5)のうちのいずれかに記載の固体撮像素子。

(7)

前記画素間接続部の幅は $1\mu\text{m}$ 以下である、前記(1)乃至(6)のうちのいずれかに記載の固体撮像素子。

(8)

前記画素分離溝は酸化ケイ素(SiO_2)によって埋設されている、前記(1)乃至(7)のうちのいずれかに記載の固体撮像素子。

(9)

前記半導体基板は、光入射面側に酸化ハフニウム(HfO_2)、酸化亜鉛(ZnO_2)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、酸化チタン(TiO_2)および酸化タンタル(Ta_2O_5)のいずれかを含む低反射膜が形成されている、前記(1)乃至(8)のうちのいずれかに記載の固体撮像素子。

(10)

半導体基板の画素間に、前記半導体基板の一の面から対向する他の面に向かって延伸する画素分離溝を形成し、

前記半導体基板の前記他の面の前記画素間に画素間接続部を設け、
前記画素毎に光電変換部を形成する
固体撮像素子の製造方法。

(11)

前記半導体基板の前記他の面上にハードマスクまたはレジスト膜を形成して前記半導体基板の前記他の面の一部を残して前記画素分離溝を形成し、

前記ハードマスクまたは前記レジスト膜をマスクとして前記他の面側から傾斜をつけてホウ素（B）をイオン注入したのち選択的エッチングにより前記画素間接続部を形成する、前記（10）に記載の固体撮像素子の製造方法。

(12)

固体撮像素子を備え、
前記固体撮像素子は、
画素毎に光電変換部を有する半導体基板と、
前記画素間に設けられ、前記半導体基板の一の面から対向する他の面に向かって延伸する画素分離溝と、
前記半導体基板の前記他の面の前記画素間に設けられた画素間接続部とを有する電子機器。

[0147] 本出願は、日本国特許庁において2018年6月15日に出願された日本特許出願番号2018-114546号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願の全ての内容を参照によって本出願に援用する。

[0148] 当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

請求の範囲

- [請求項1] 画素毎に光電変換部を有する半導体基板と、
前記画素間に設けられ、前記半導体基板の一の面から対向する他の面に向かって延伸する画素分離溝と、
前記半導体基板の前記他の面の前記画素間に設けられた画素間接続部と
を備えた固体撮像素子。
- [請求項2] 前記一の面は前記半導体基板の光入射面であり、前記光入射面側の前記画素間は前記画素分離溝によって分離されている、請求項1に記載の固体撮像素子。
- [請求項3] 前記一の面は前記半導体基板の光入射面と対向するトランジスタ面であり、前記トランジスタ面側の前記画素間は前記画素分離溝によって分離されている、請求項1に記載の固体撮像素子。
- [請求項4] 前記半導体基板は、前記トランジスタ面側にp型半導体領域を有し、
前記画素間接続部は前記p型半導体領域によって形成されている、請求項2に記載の固体撮像素子。
- [請求項5] 前記画素分離溝の側面には、前記p型半導体領域よりも不純物濃度が高いp型半導体領域が形成されている、請求項4に記載の固体撮像素子。
- [請求項6] 前記画素間接続部の厚さは1 μm 以下である、請求項1に記載の固体撮像素子。
- [請求項7] 前記画素間接続部の幅は1 μm 以下である、請求項1に記載の固体撮像素子。
- [請求項8] 前記画素分離溝は酸化ケイ素 (SiO_2) によって埋設されている、請求項1に記載の固体撮像素子。
- [請求項9] 前記半導体基板は、光入射面側に酸化ハフニウム (HfO_2)、酸化亜鉛 (ZnO_2)、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化チタン (T

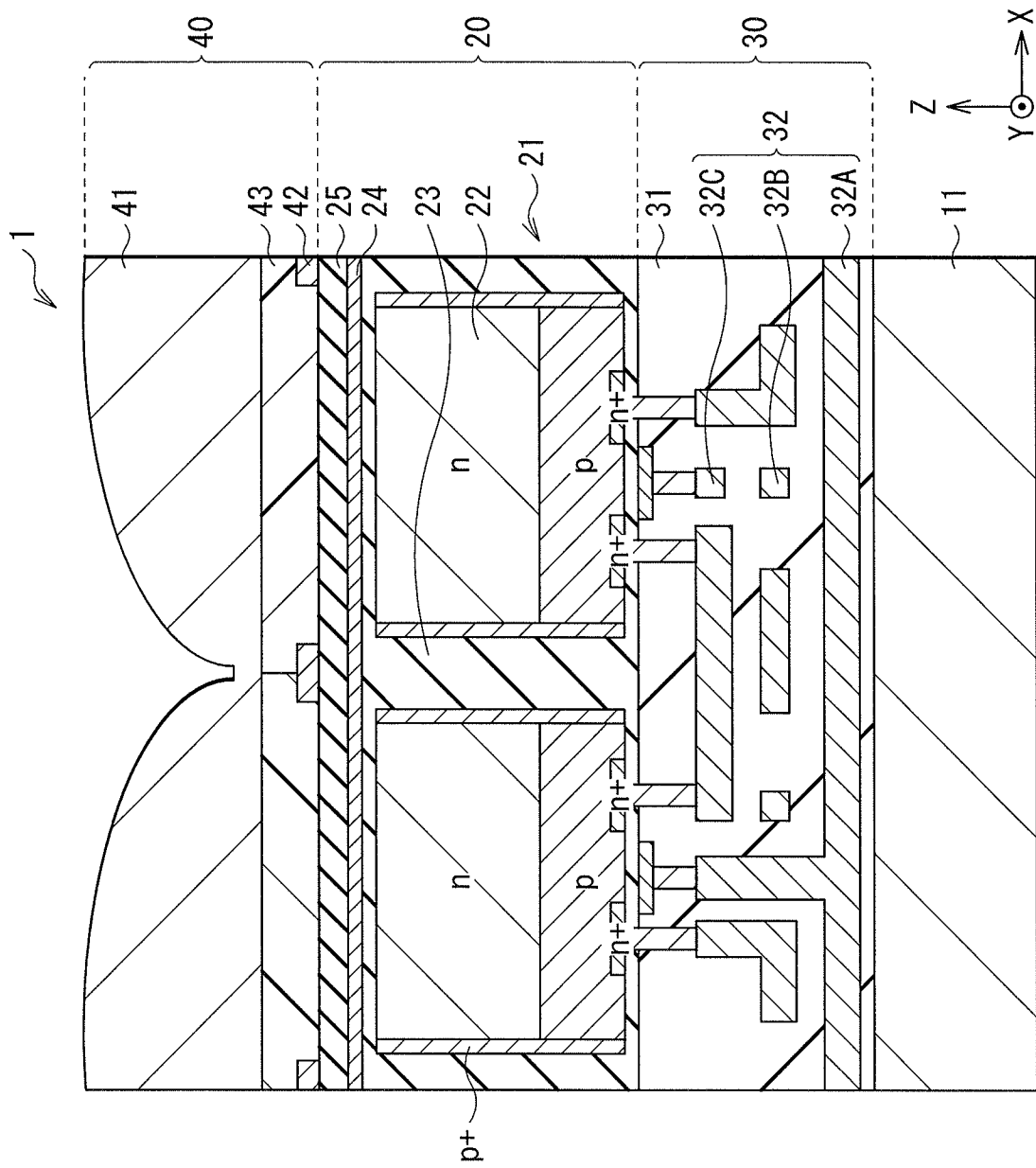
i O₂) および酸化タンタル (T a₂O₅) のいずれかを含む低反射膜が形成されている、請求項 1 に記載の固体撮像素子。

[請求項10] 半導体基板の画素間に、前記半導体基板の一の面から対向する他の面に向かって延伸する画素分離溝を形成し、
前記半導体基板の前記他の面の前記画素間に画素間接続部を設け、
前記画素毎に光電変換部を形成する
固体撮像素子の製造方法。

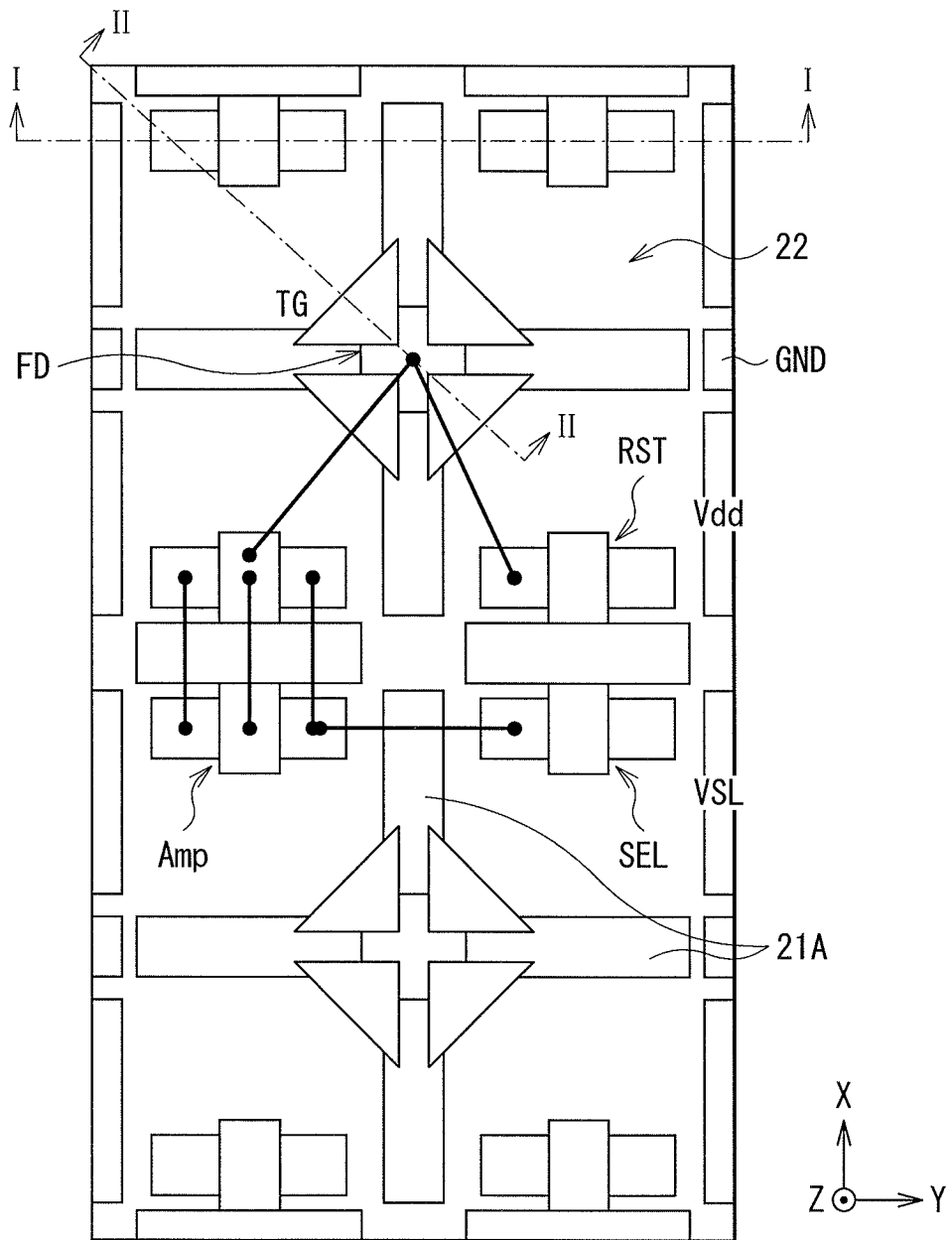
[請求項11] 前記半導体基板の前記他の面上にハードマスクまたはレジスト膜を形成して前記半導体基板の前記他の面の一部を残して前記画素分離溝を形成し、
前記ハードマスクまたは前記レジスト膜をマスクとして前記他の面側から傾斜をつけてホウ素 (B) をイオン注入したのち選択的エッチングにより前記画素間接続部を形成する、請求項 10 に記載の固体撮像素子の製造方法。

[請求項12] 固体撮像素子を備え、
前記固体撮像素子は、
画素毎に光電変換部を有する半導体基板と、
前記画素間に設けられ、前記半導体基板の一の面から対向する他の面に向かって延伸する画素分離溝と、
前記半導体基板の前記他の面の前記画素間に設けられた画素間接続部と
を有する電子機器。

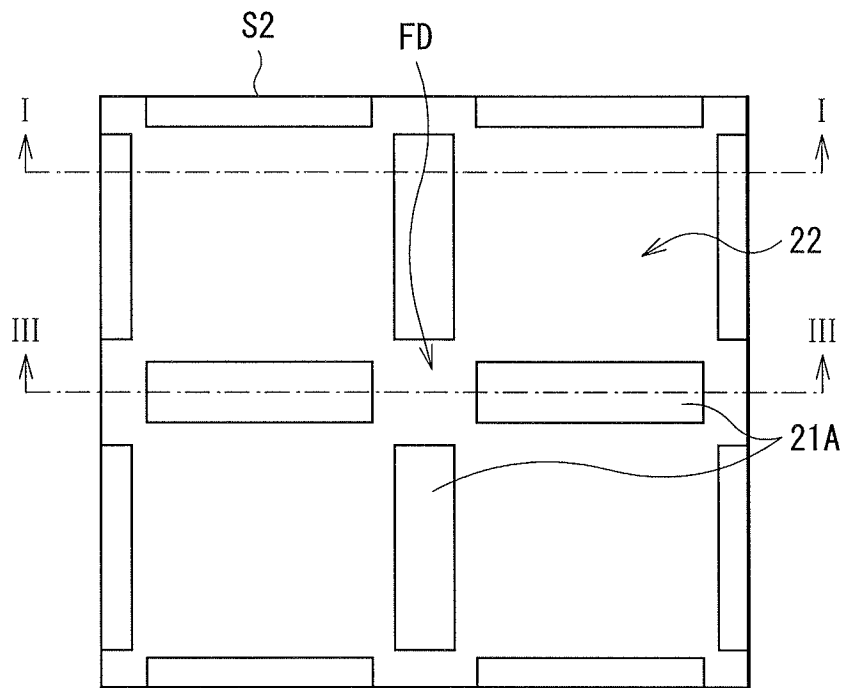
[図2]



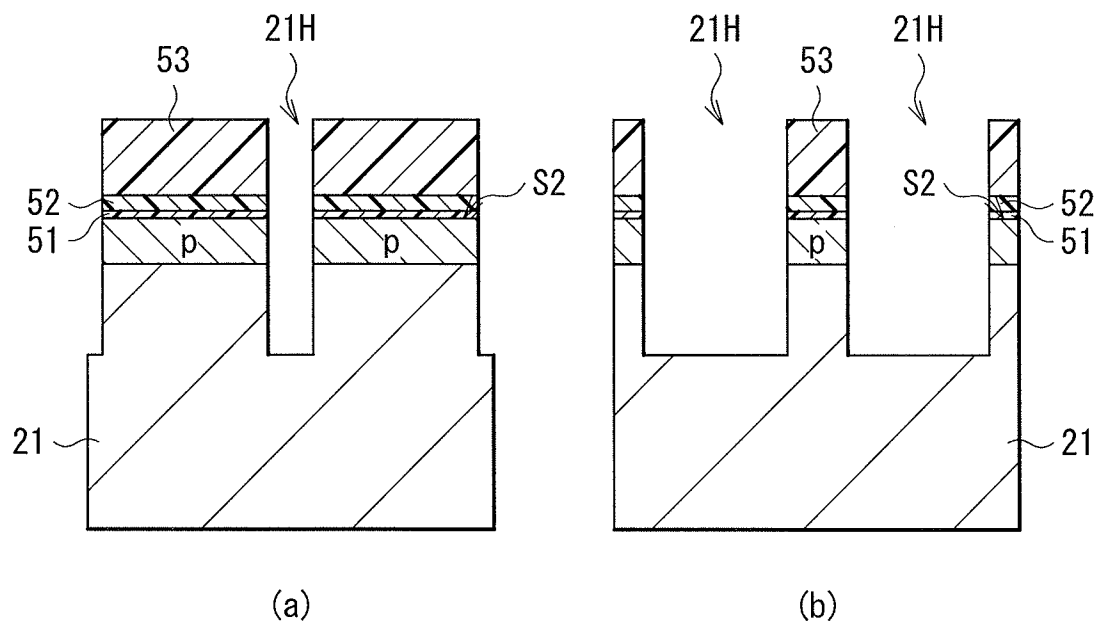
[図3]



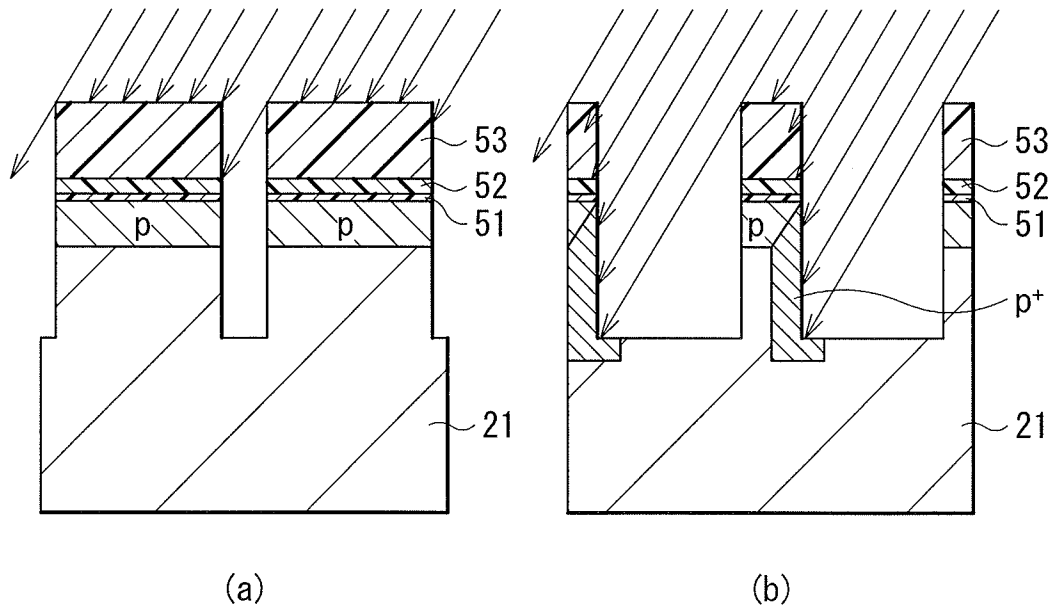
[図4]



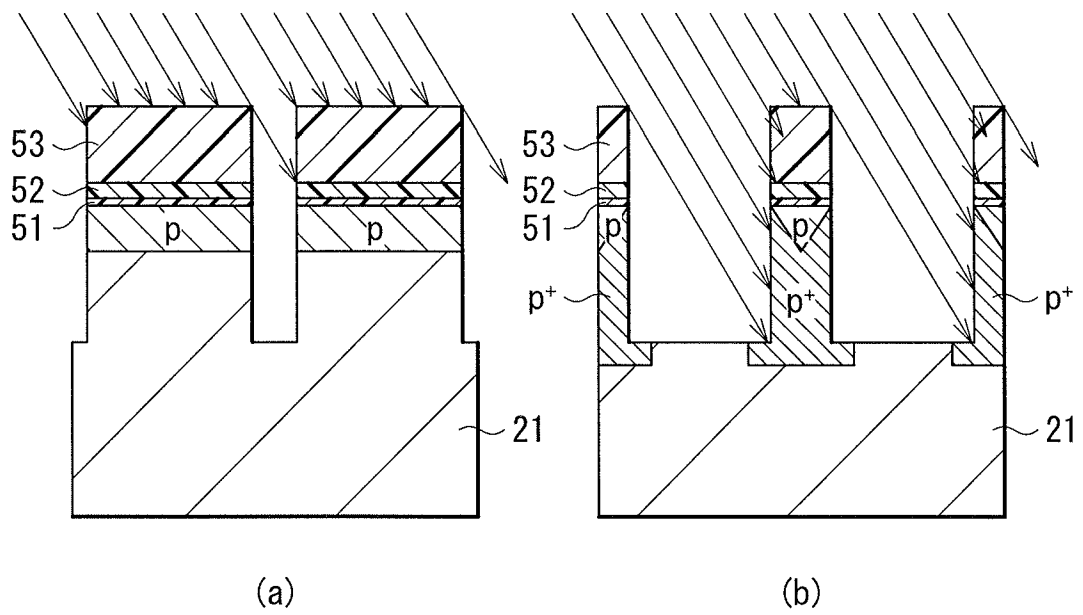
[図5A]



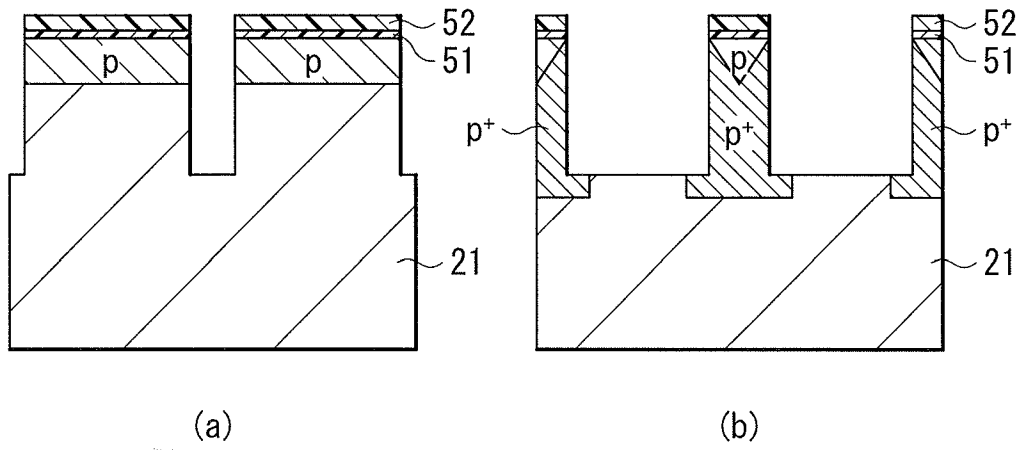
[図5B]



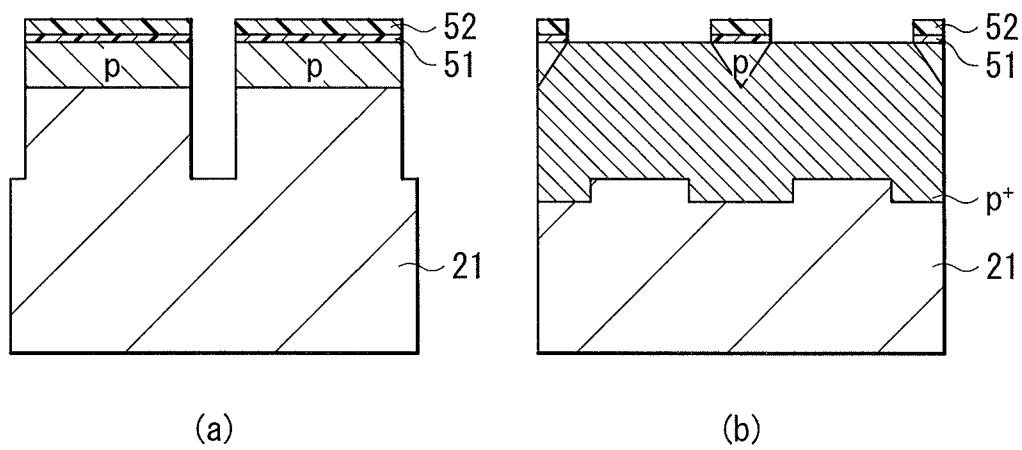
[図5C]



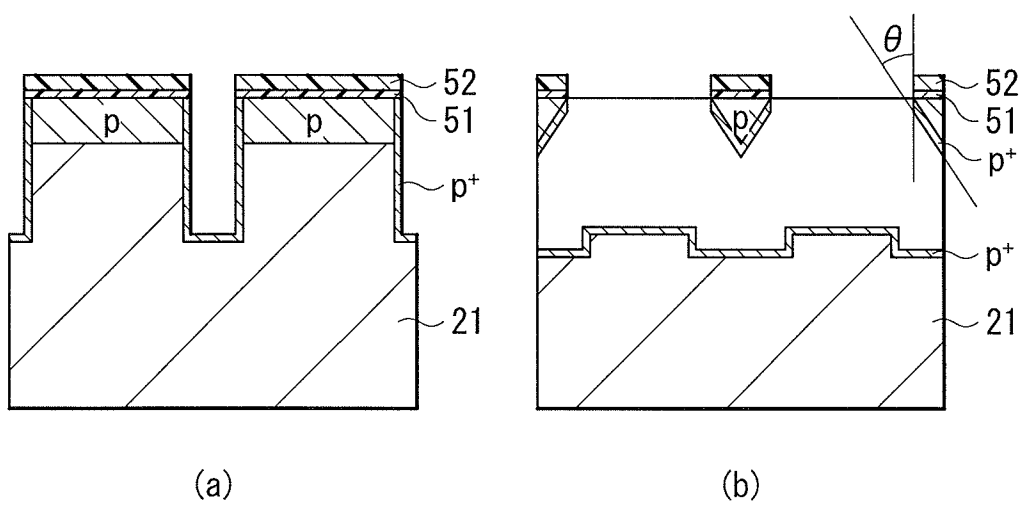
[図5D]



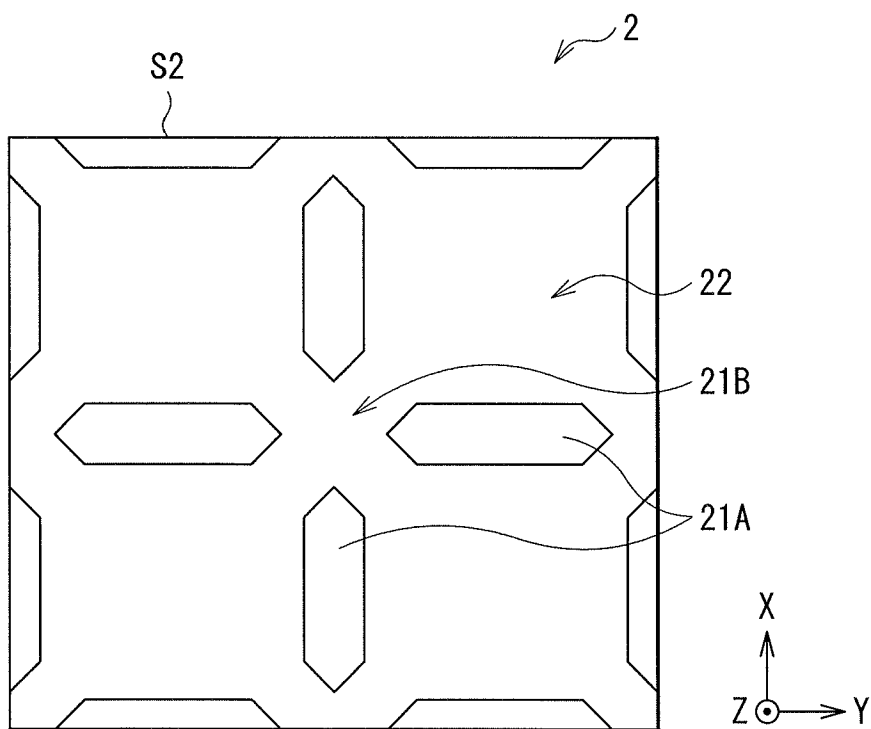
[図5E]



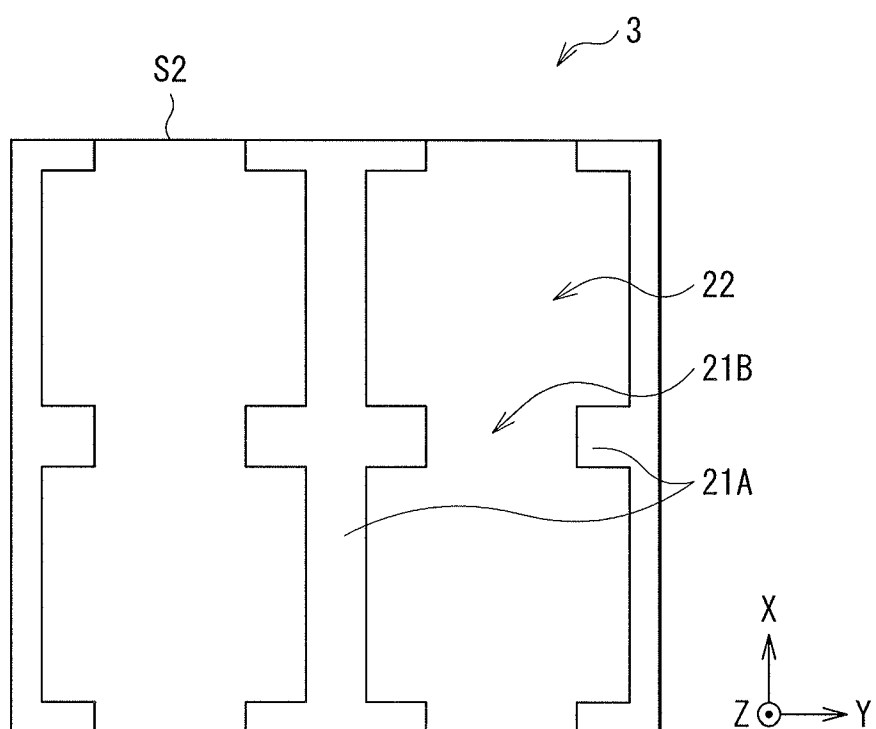
[図5F]



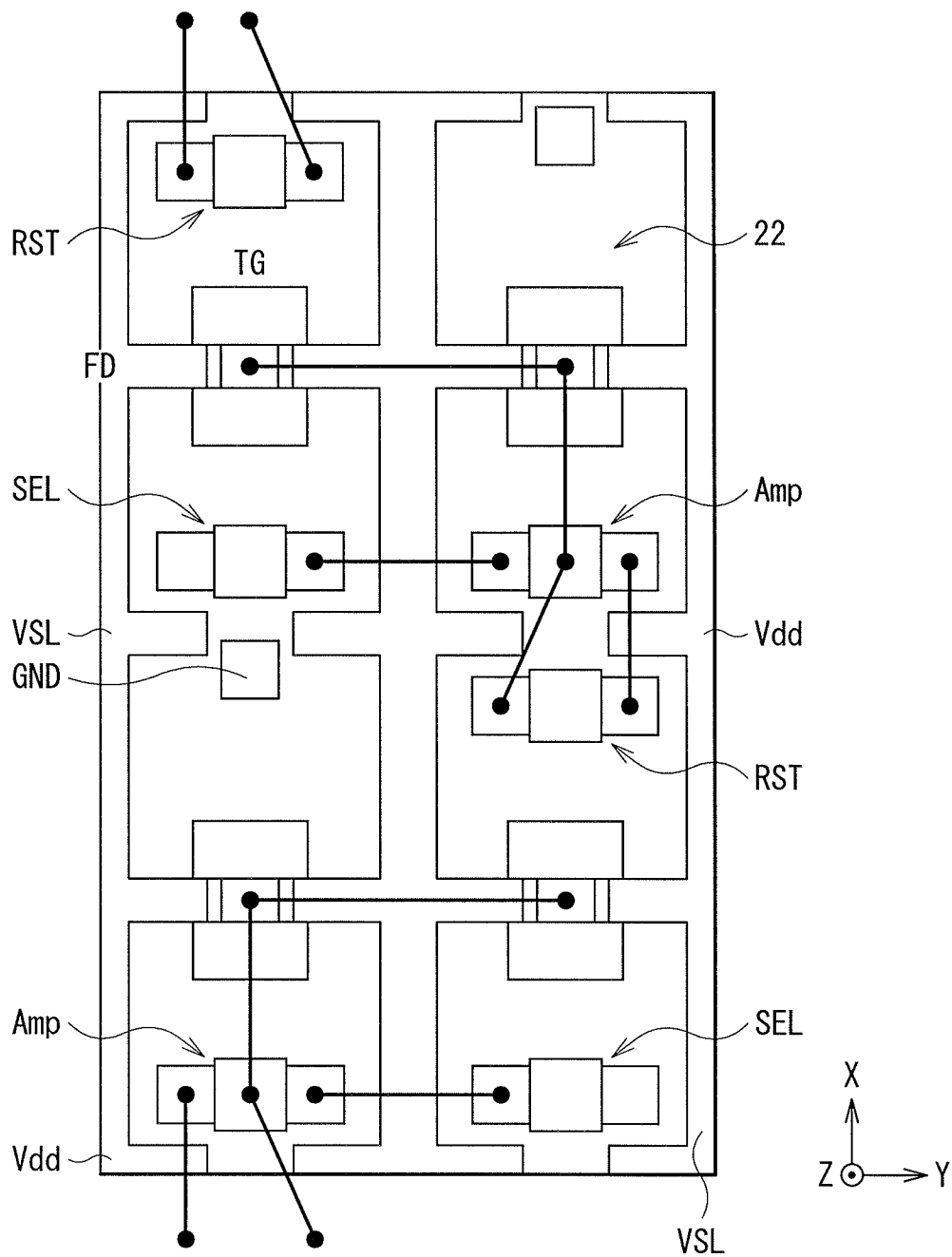
[図6]



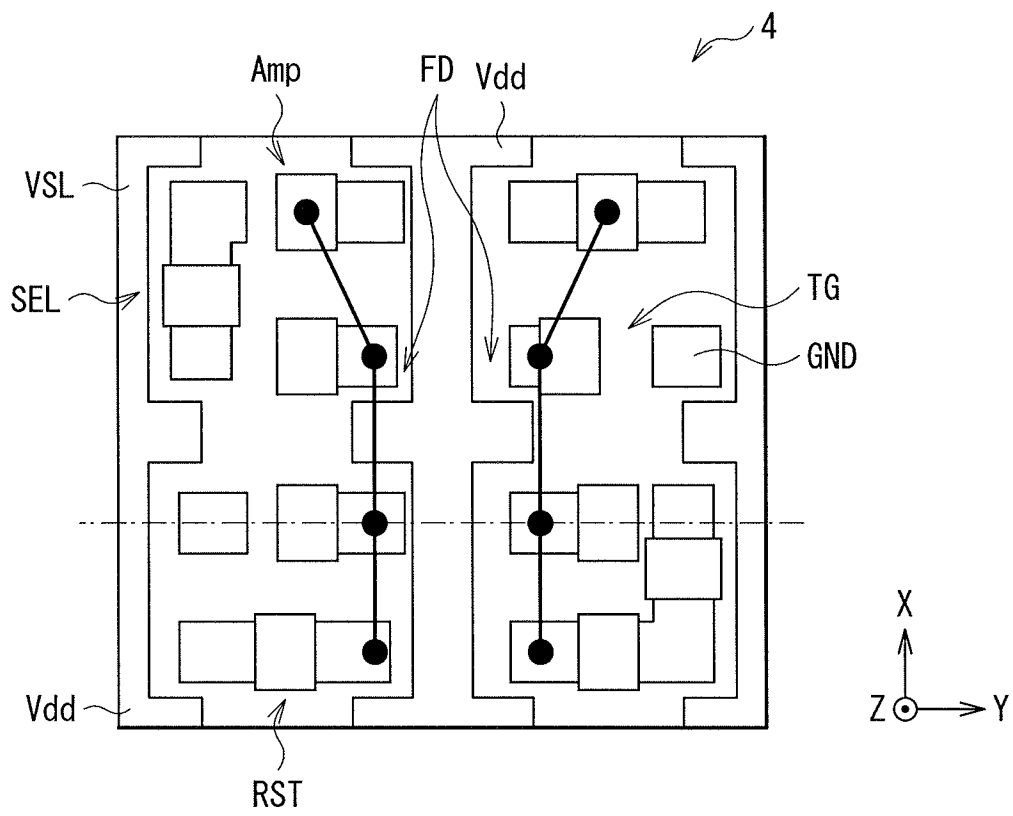
[図7]



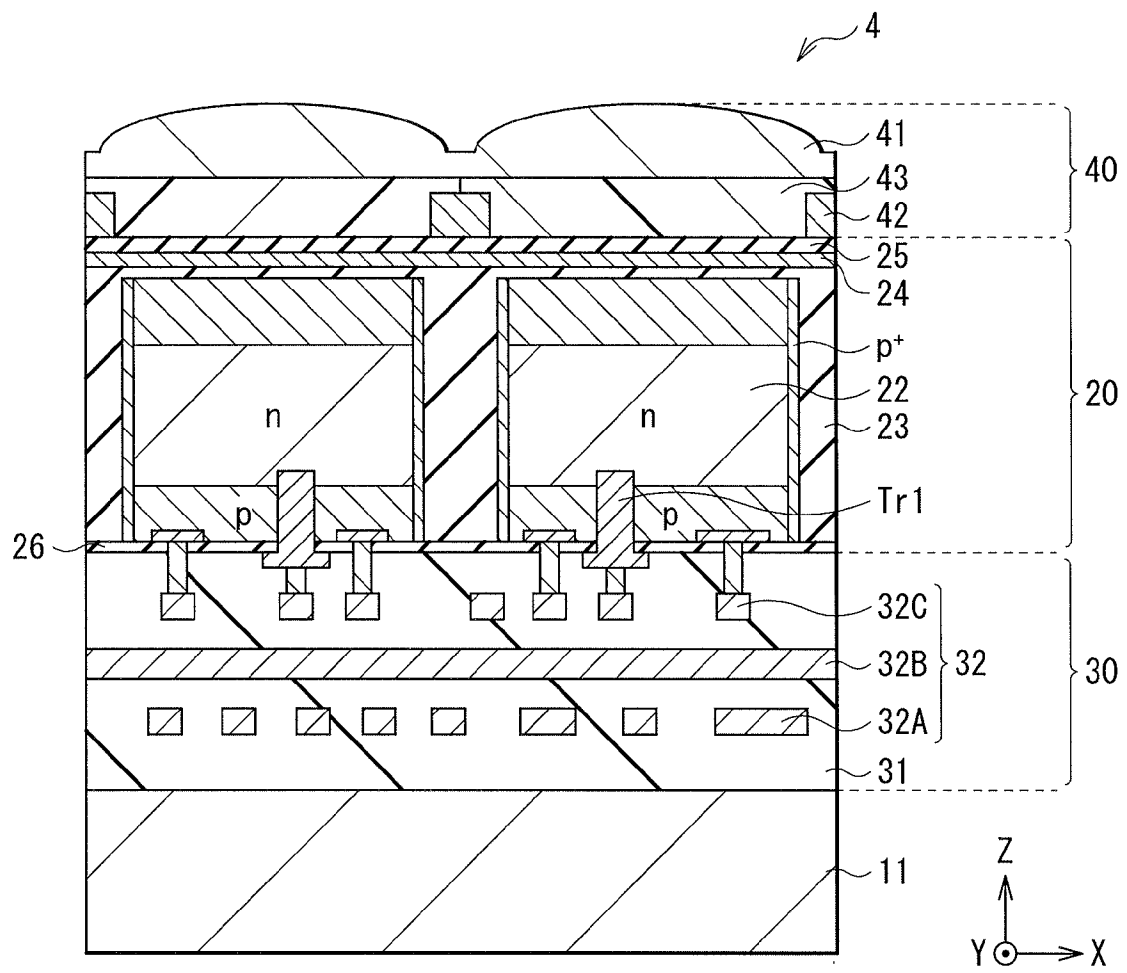
[図8]



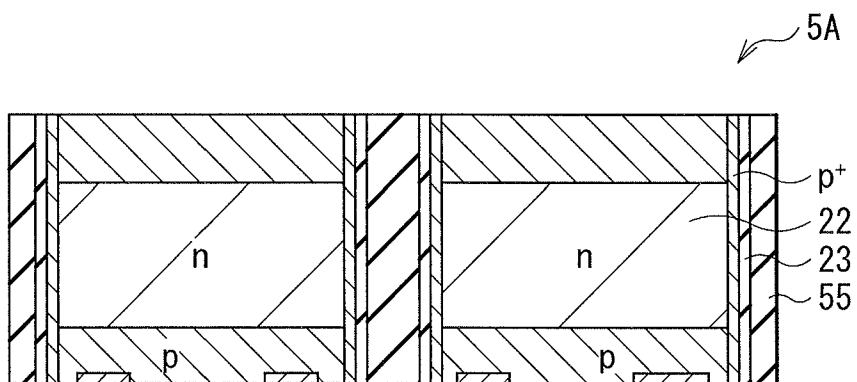
[図9]



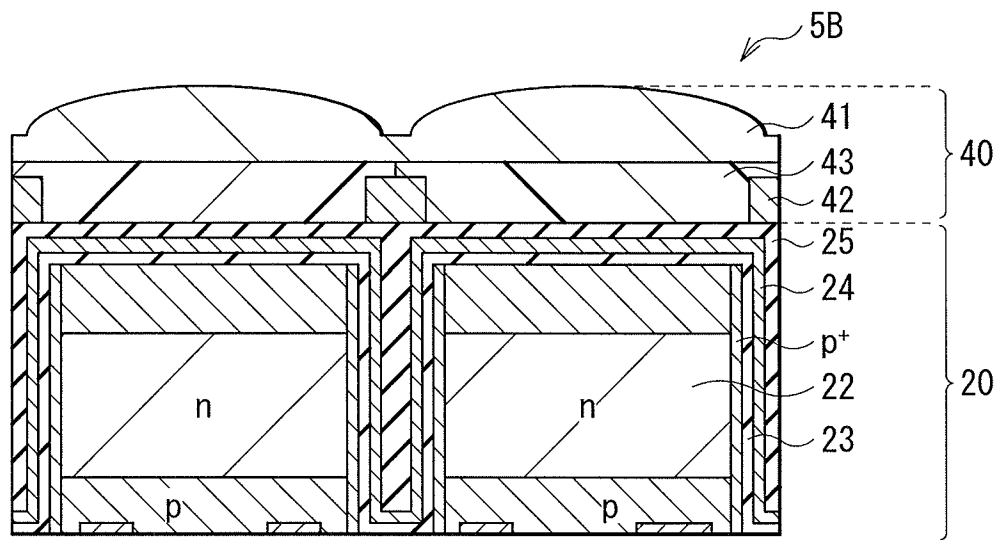
[図10]



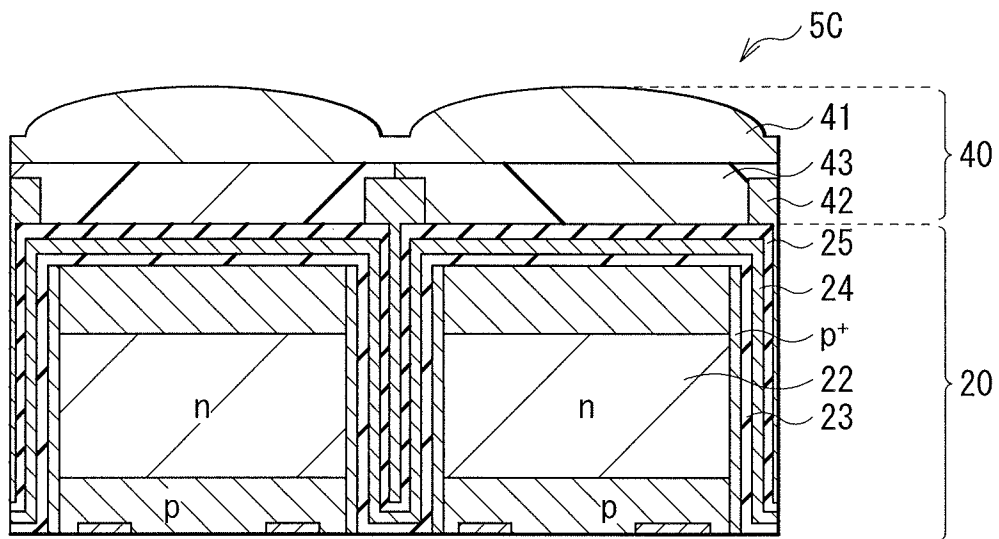
[図11]



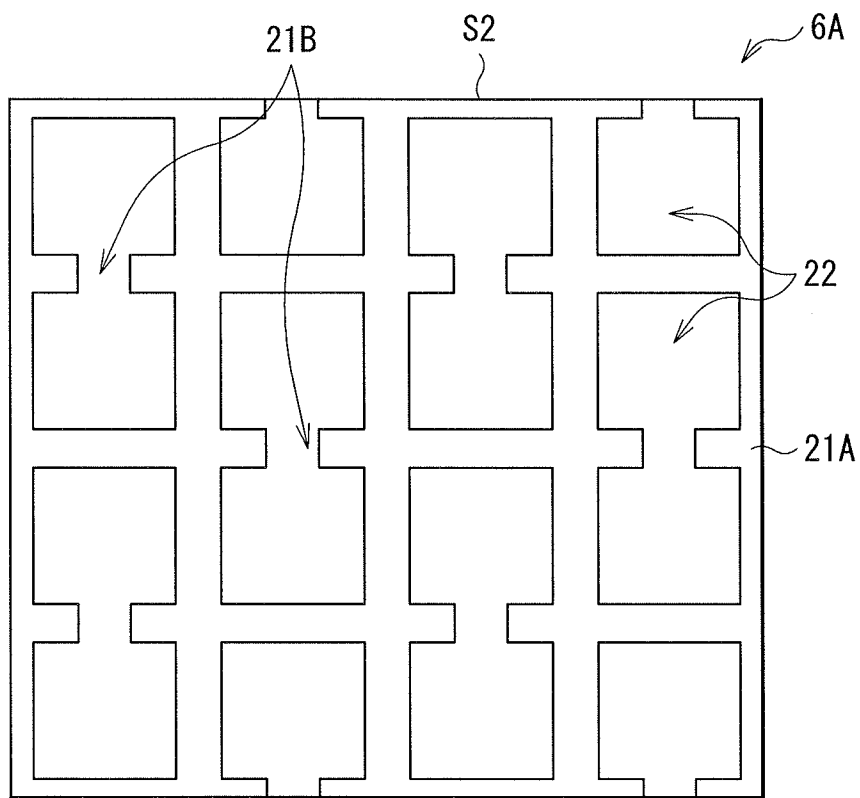
[図12]



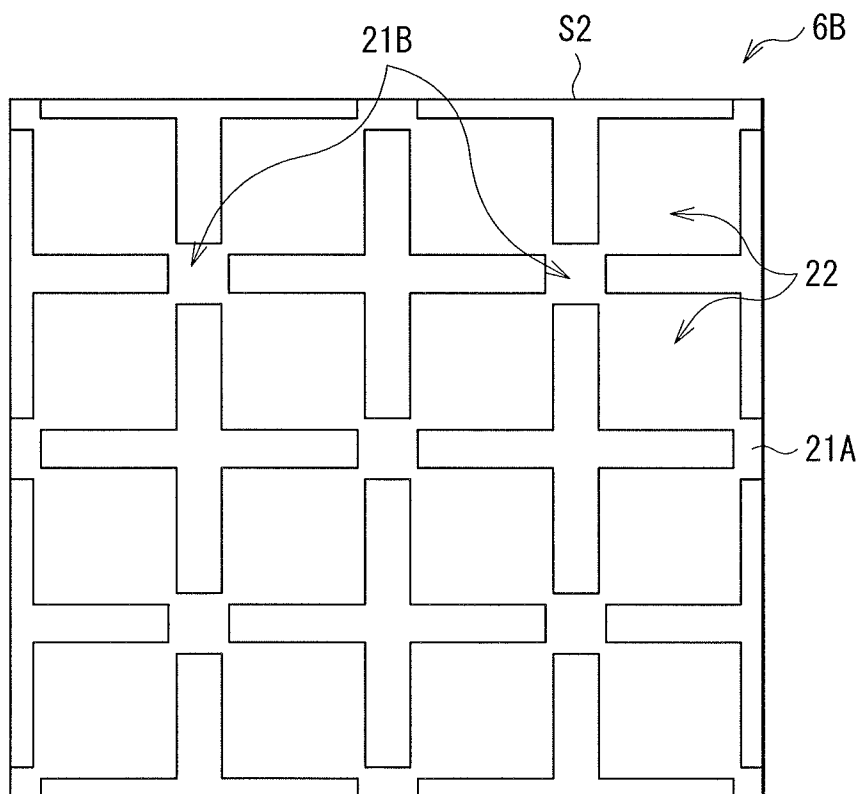
[図13]



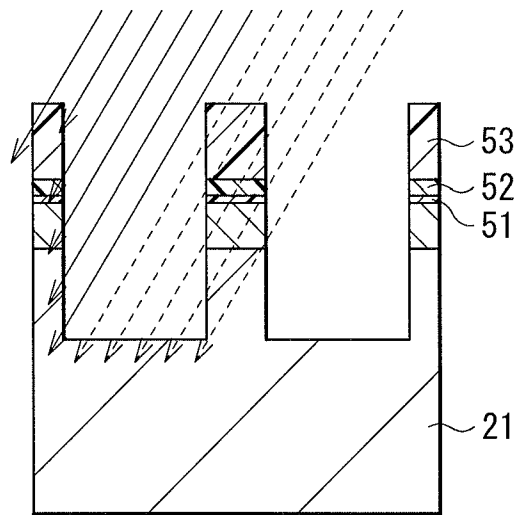
[図14]



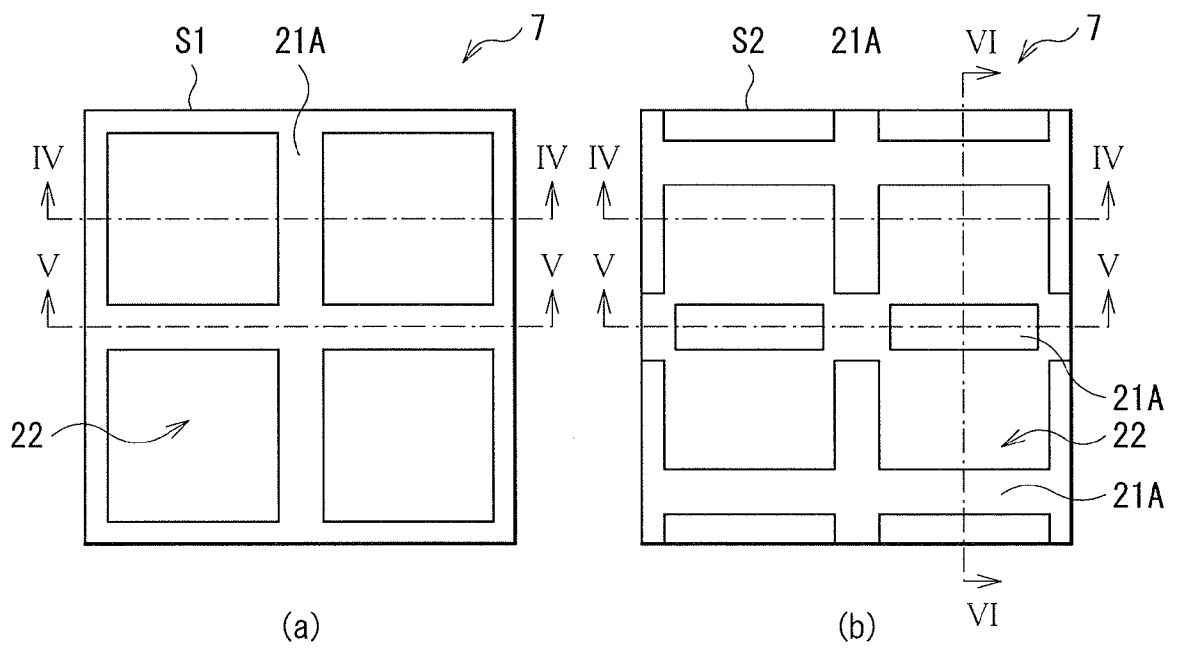
[図15]



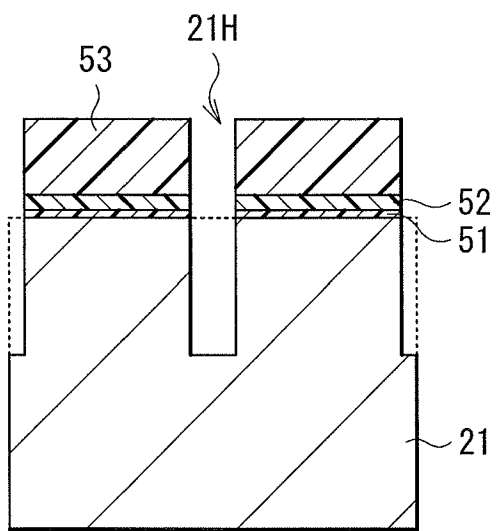
[図16]



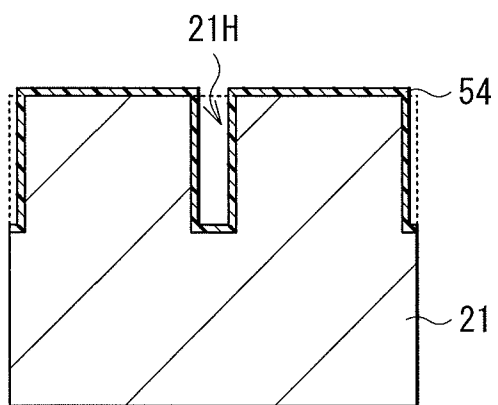
[図17]



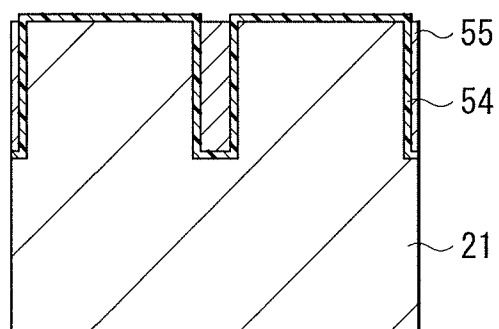
[図18A]



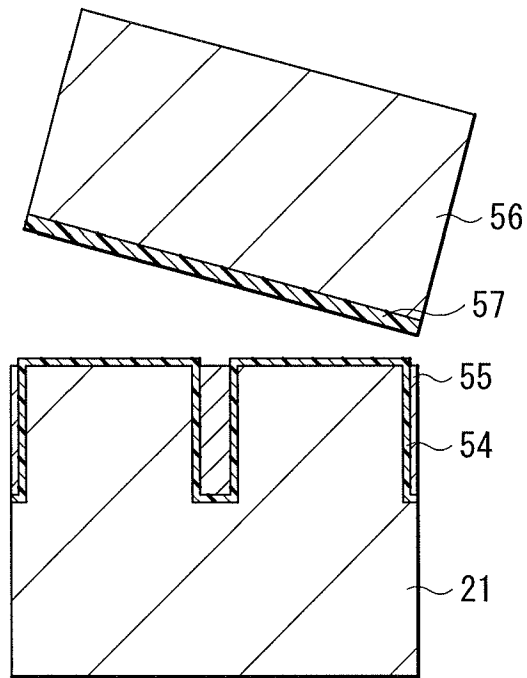
[図18B]



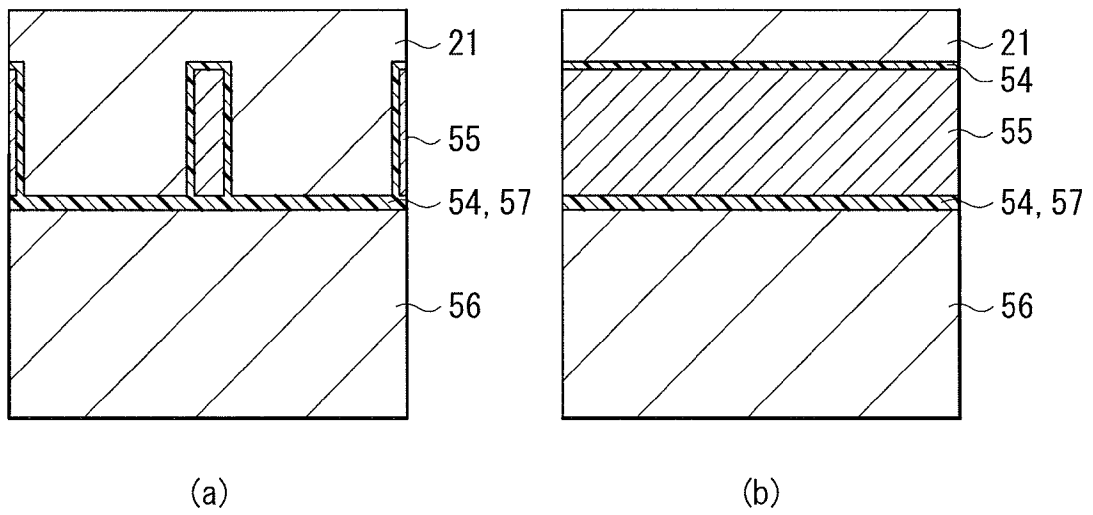
[図18C]



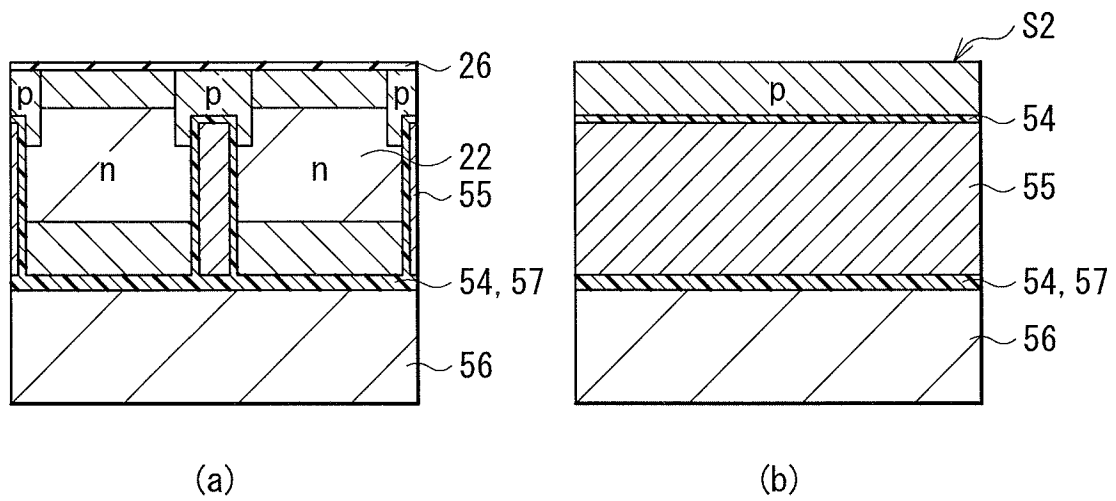
[図18D]



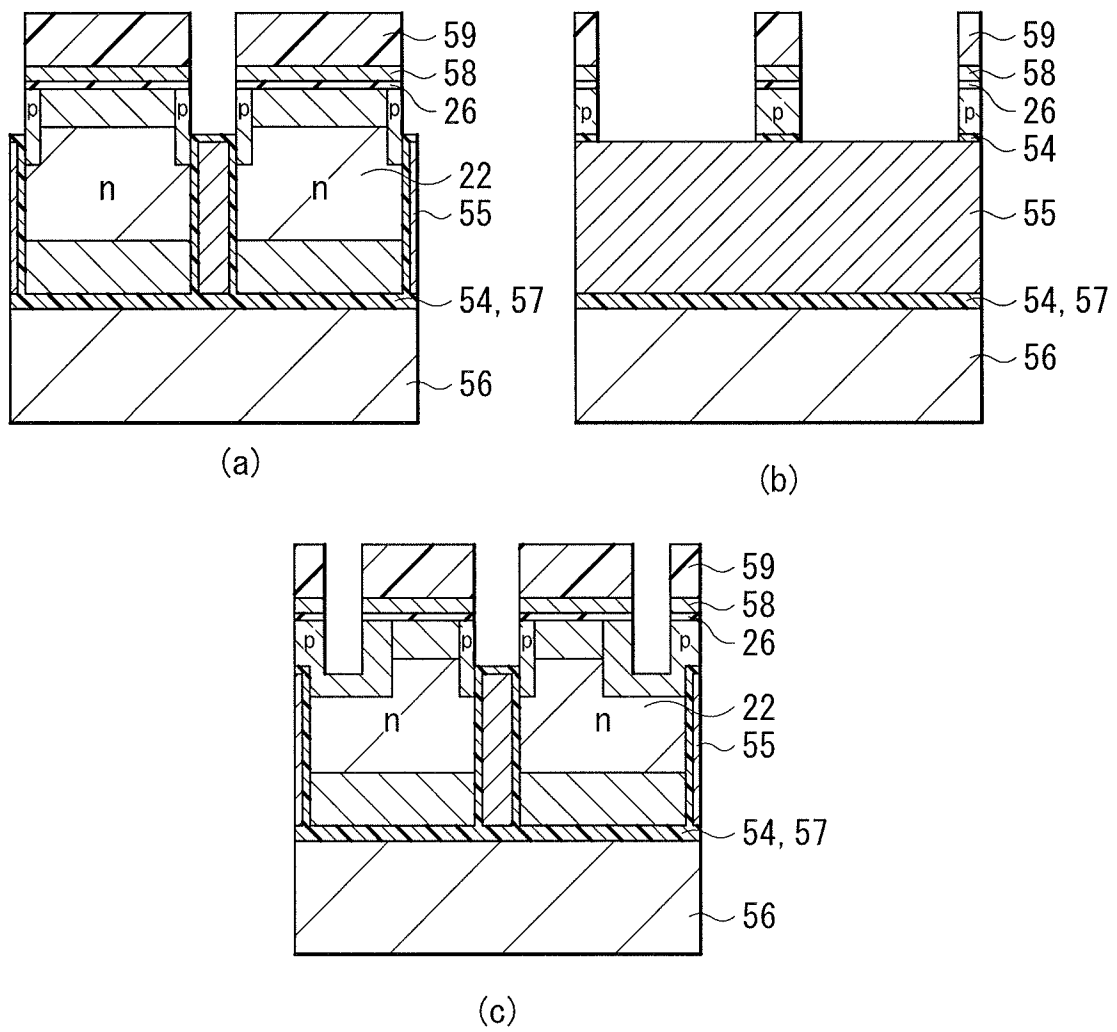
[図18E]



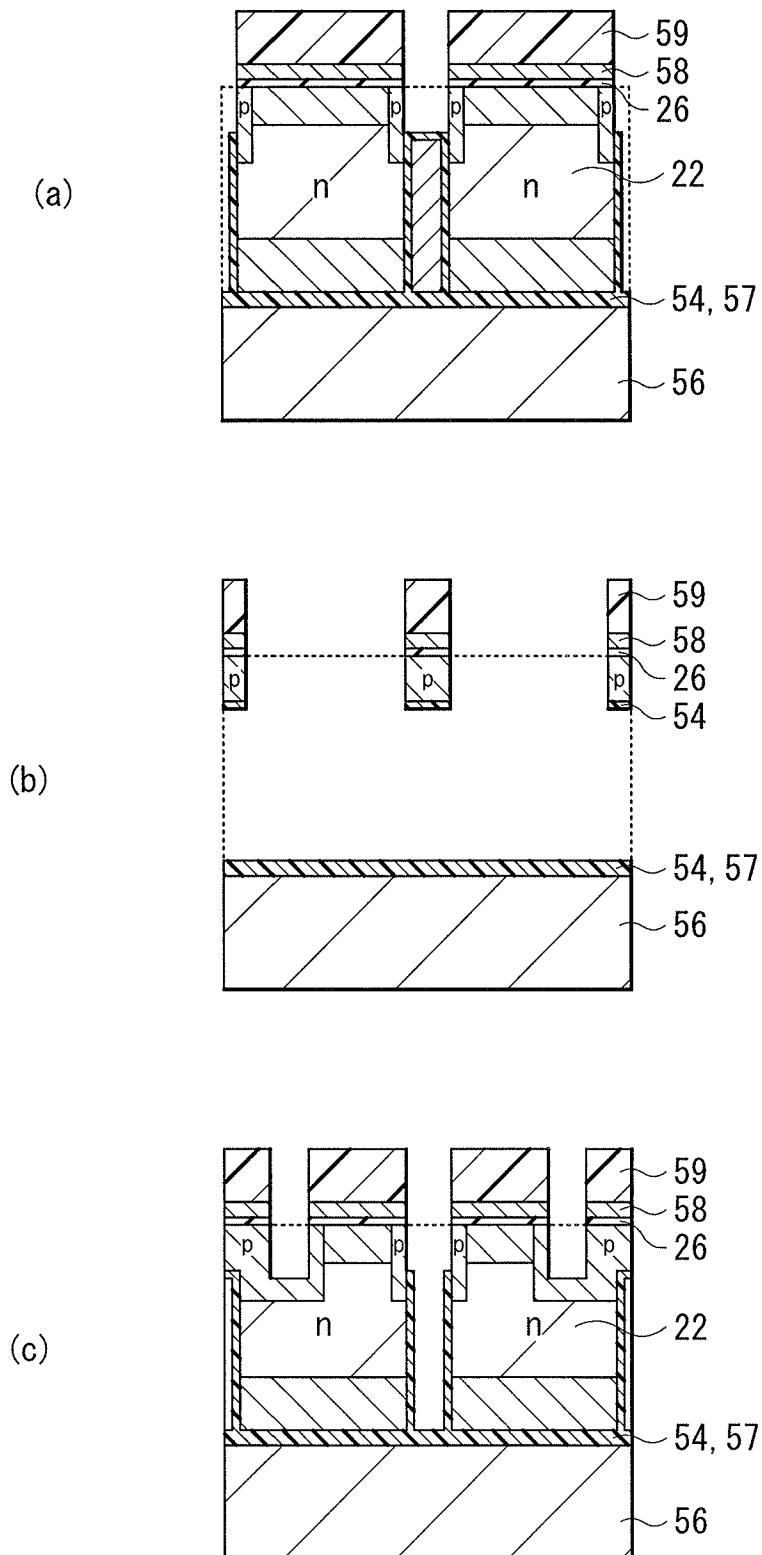
[図18F]



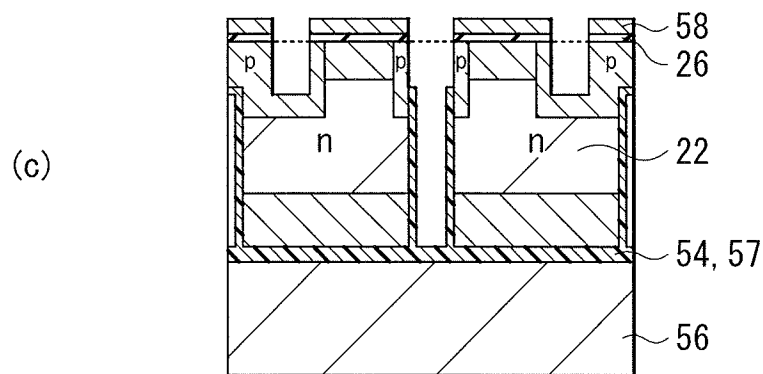
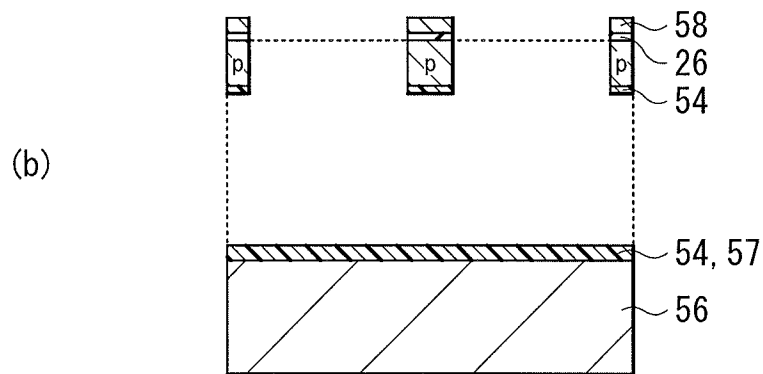
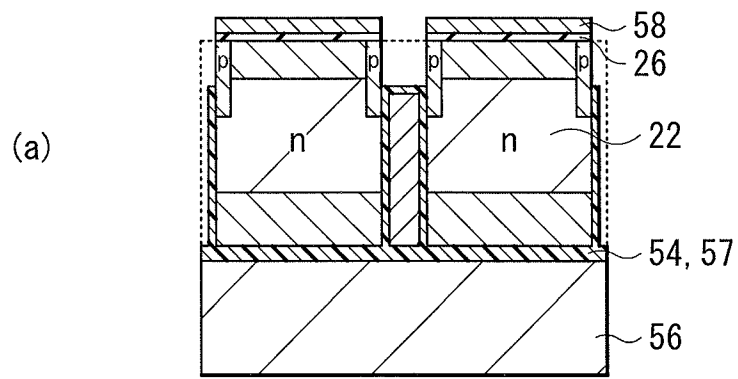
[図18G]



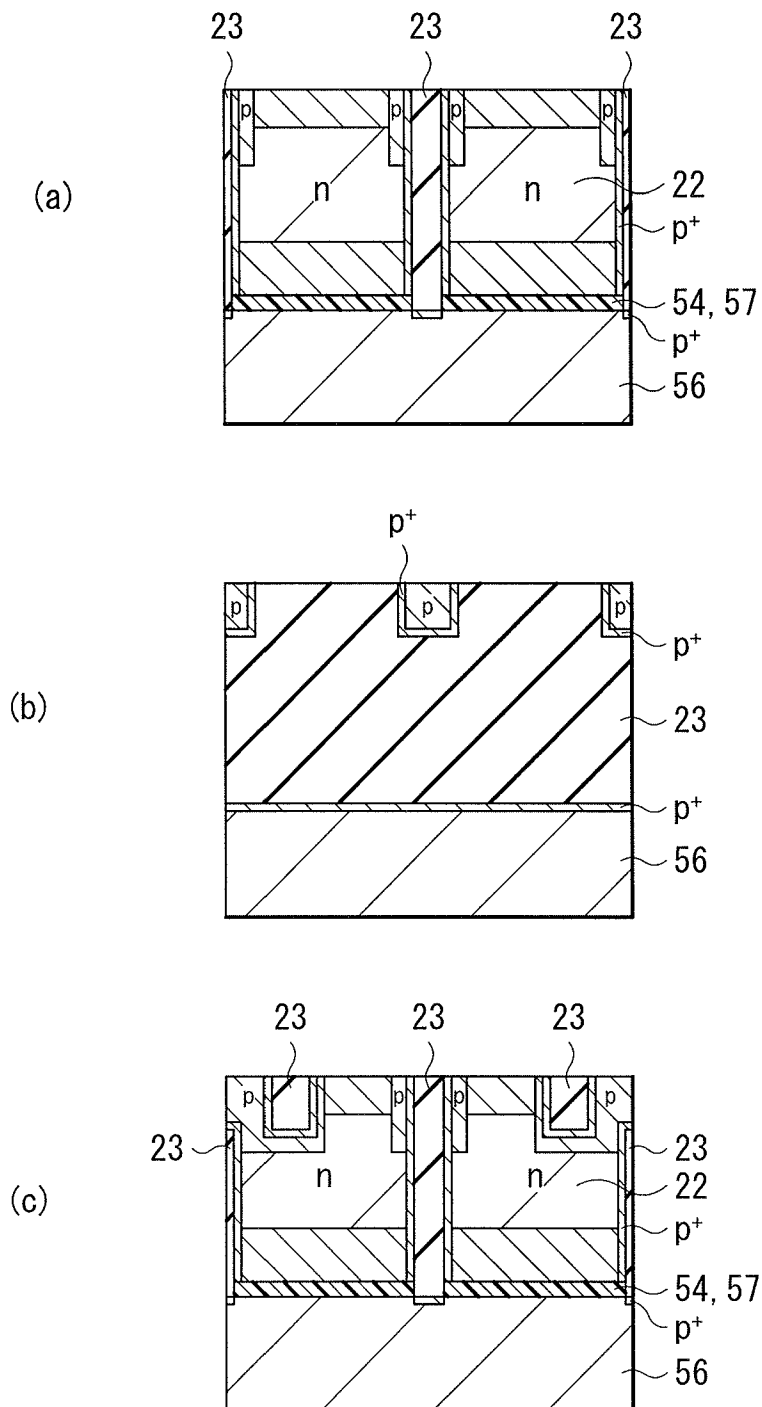
[図18H]



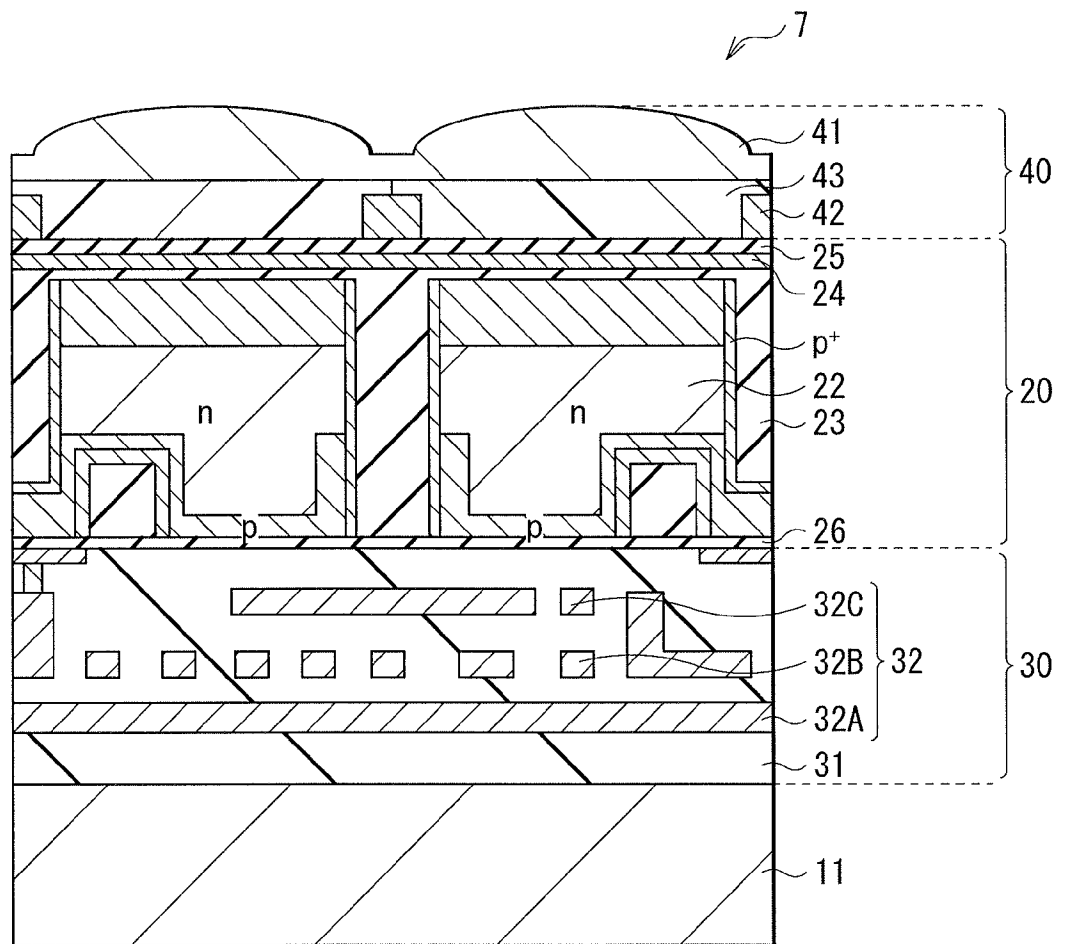
[図18I]



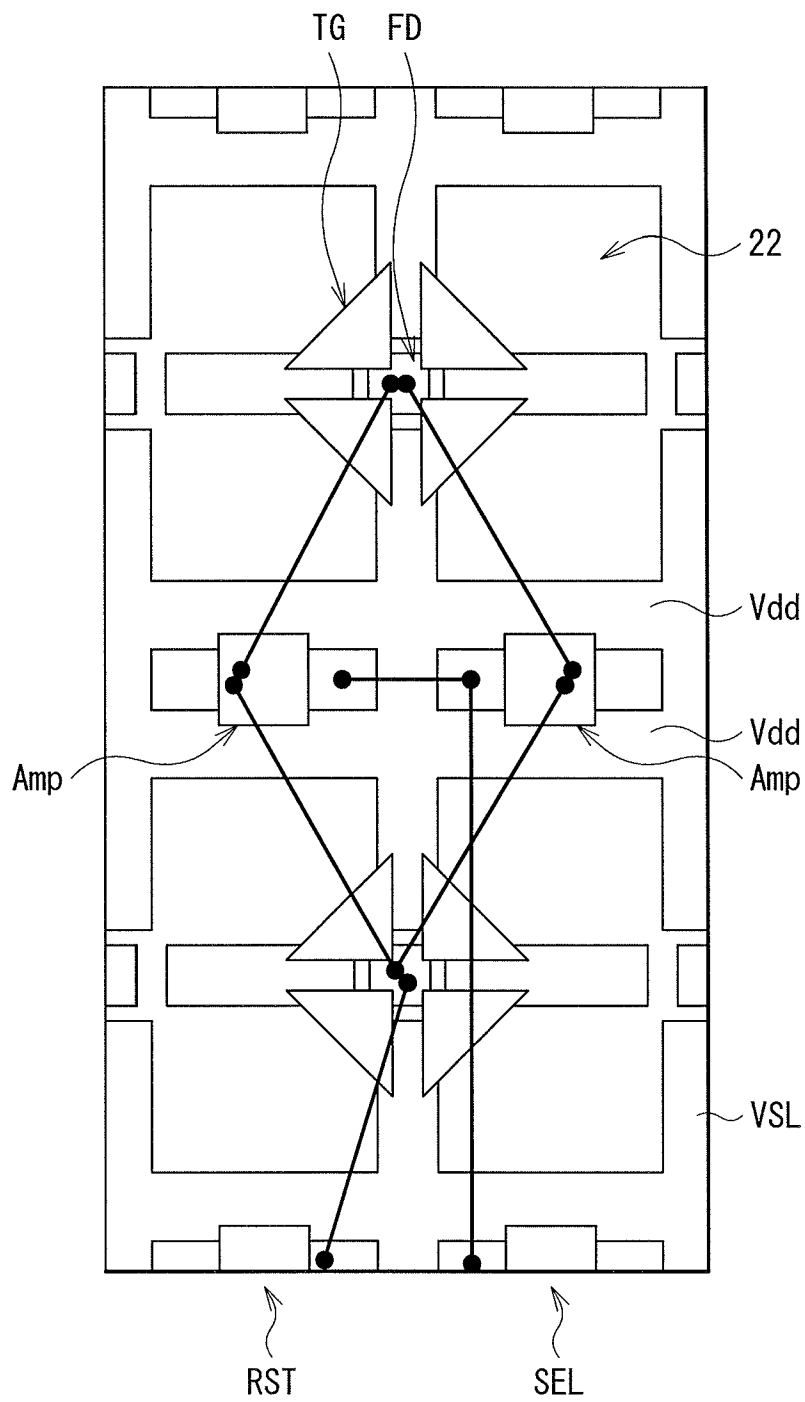
[図18J]



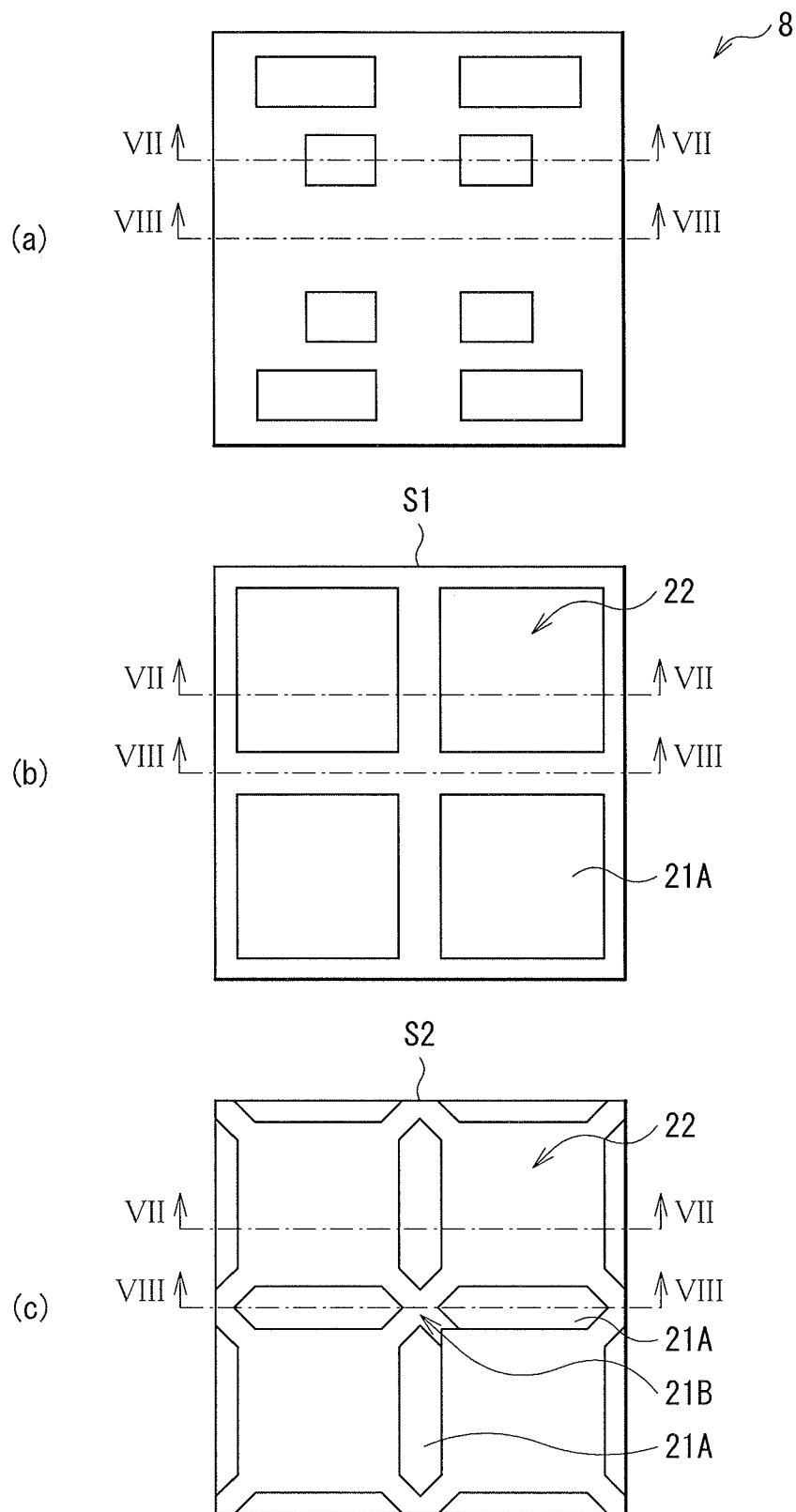
[図19]



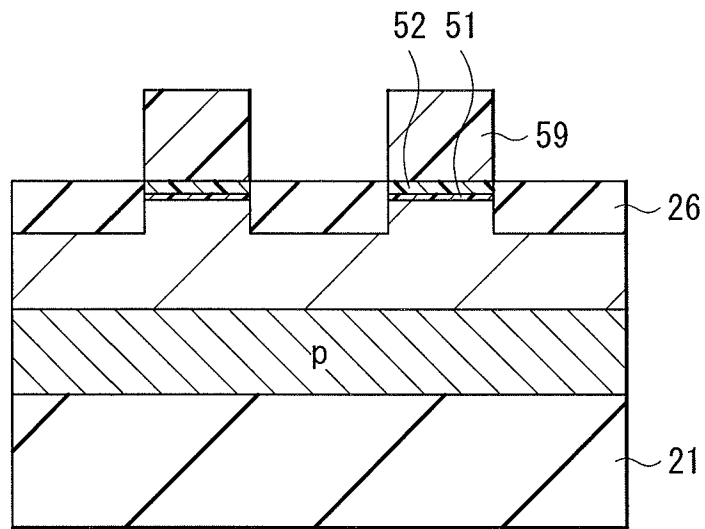
[図20]



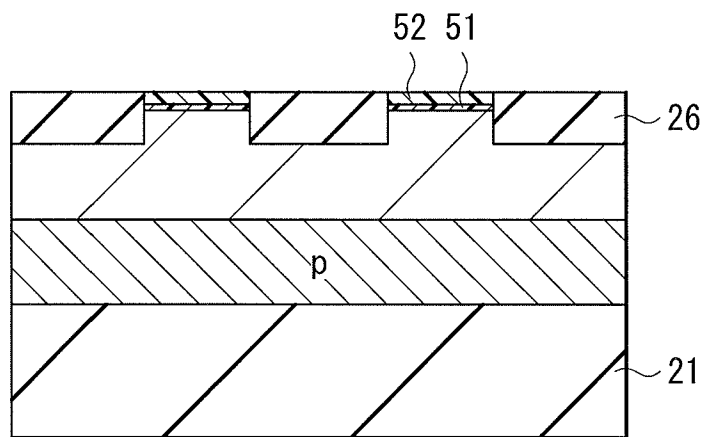
[図21]



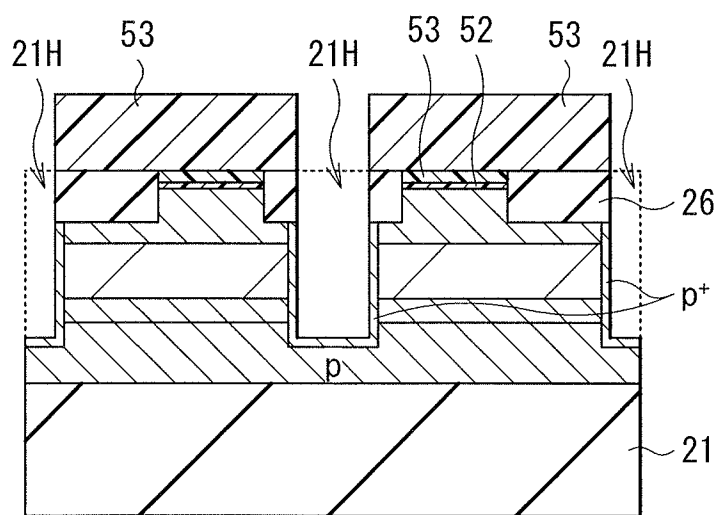
[図22A]



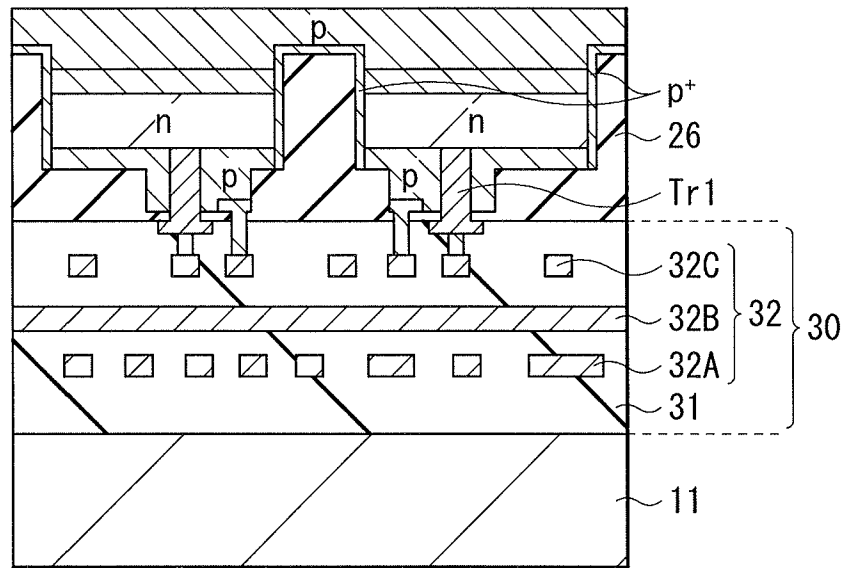
[図22B]



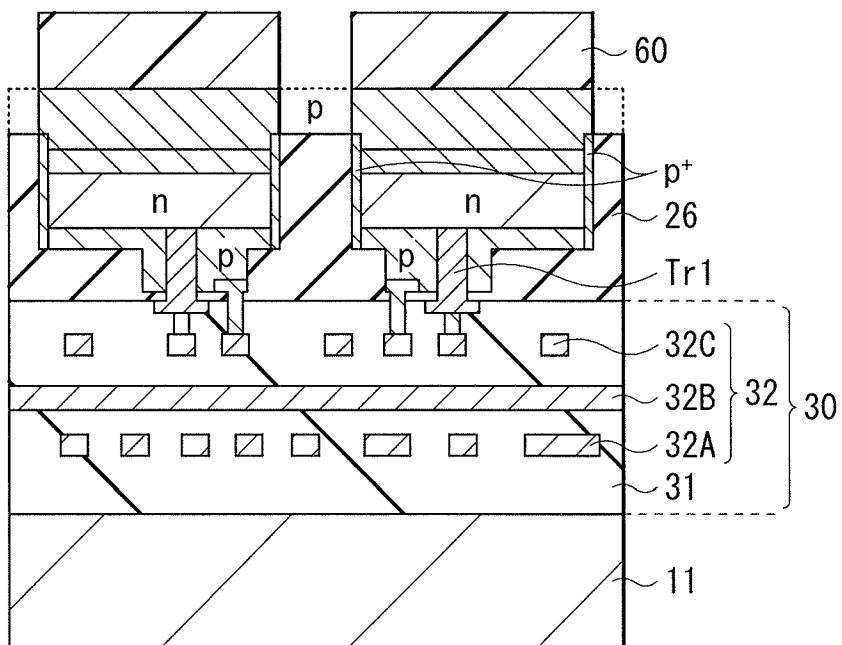
[図22C]



[図22G]

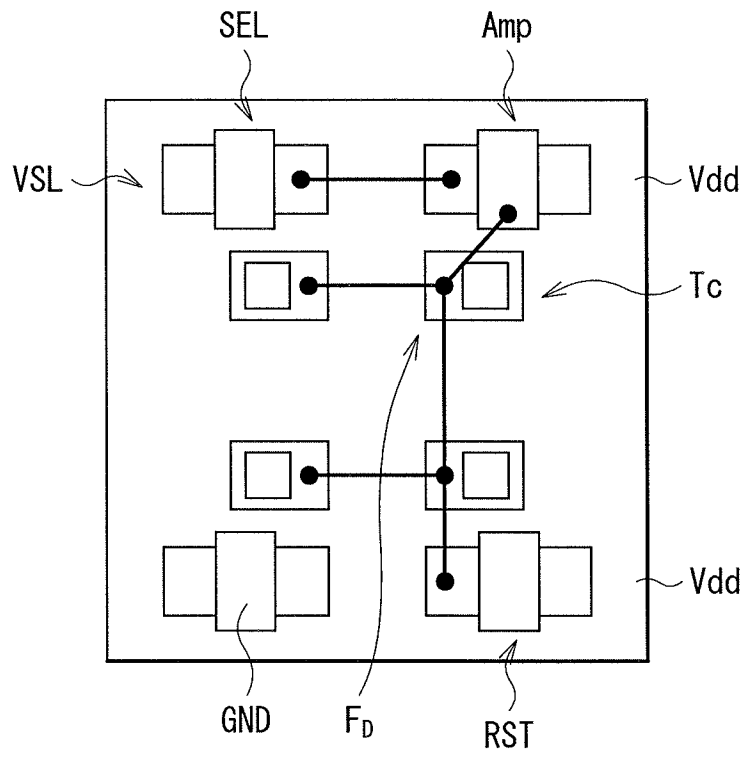


[図22H]

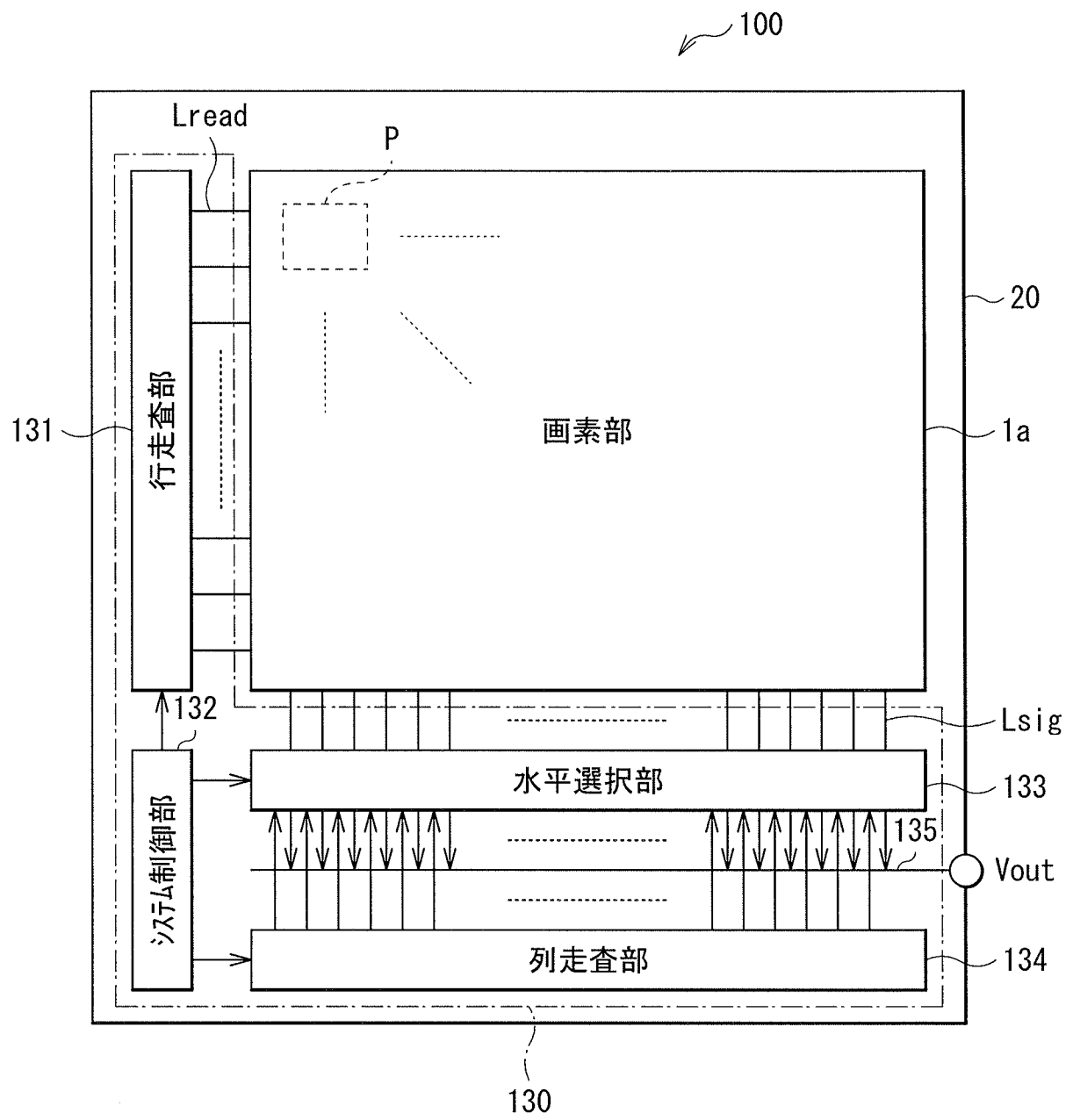


[illegible]

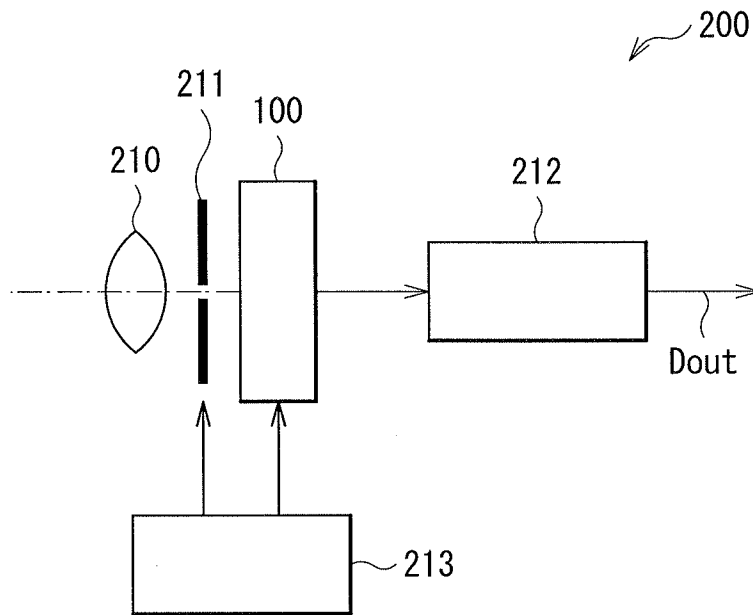
[図24]



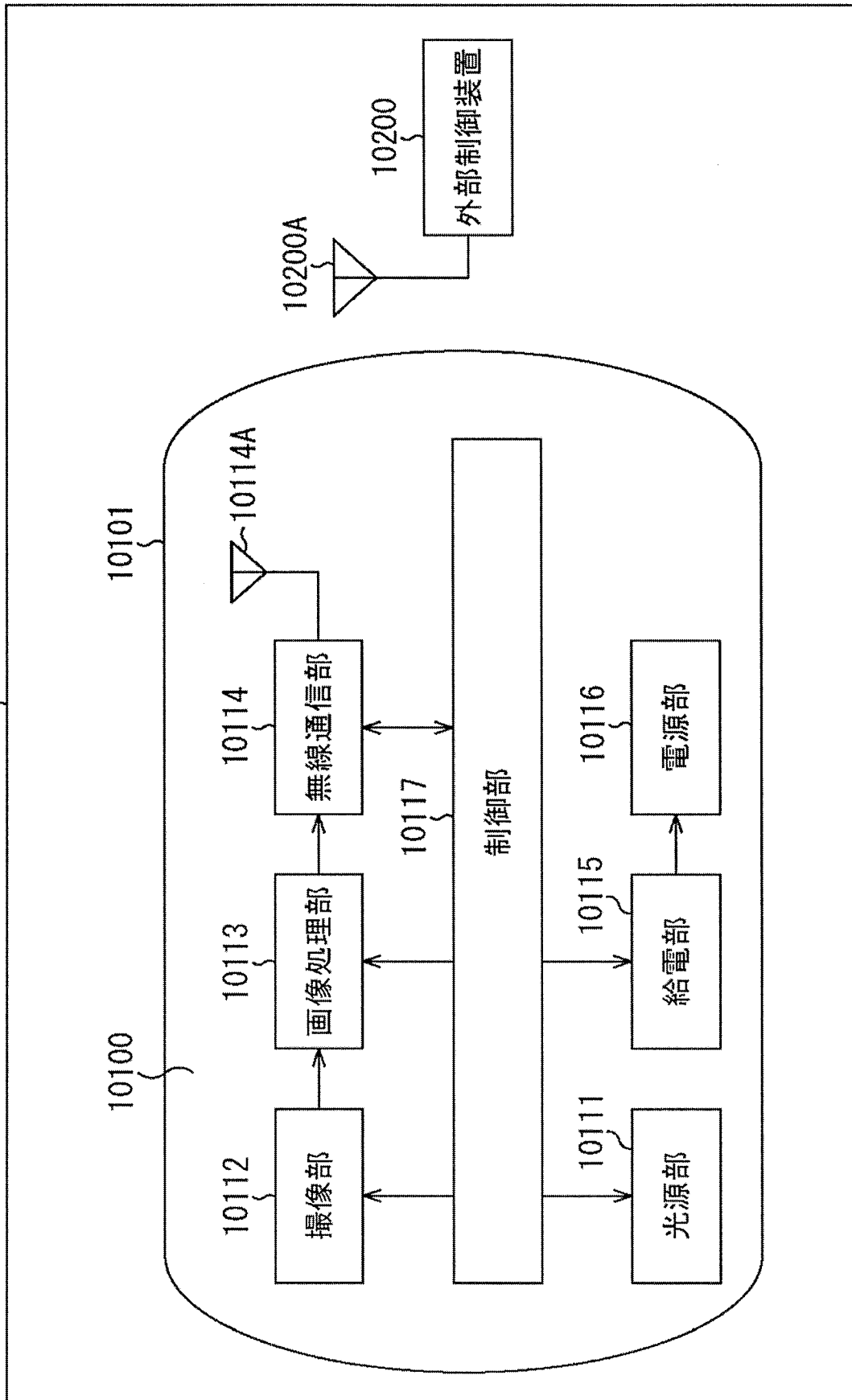
[図25]



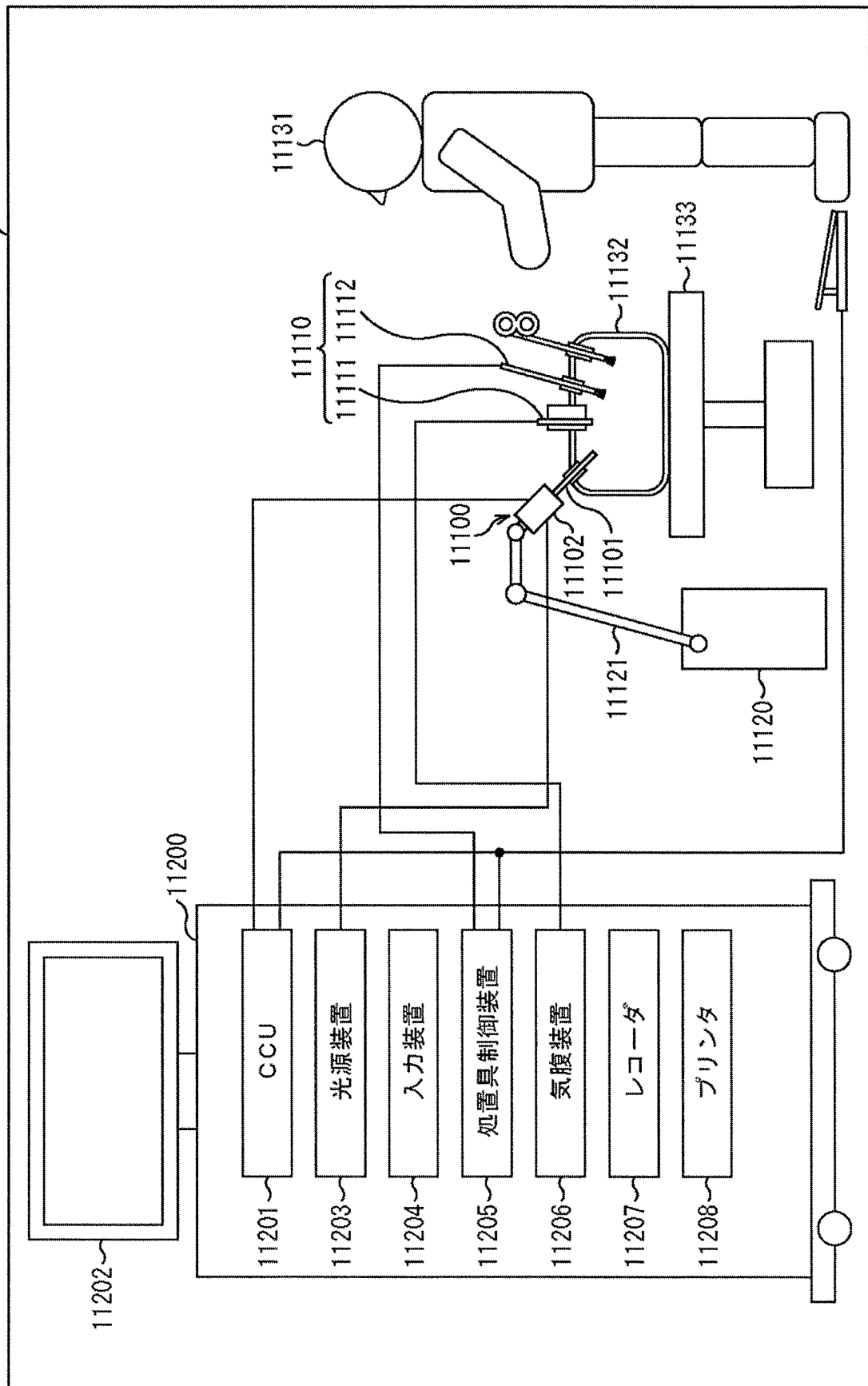
[図26]



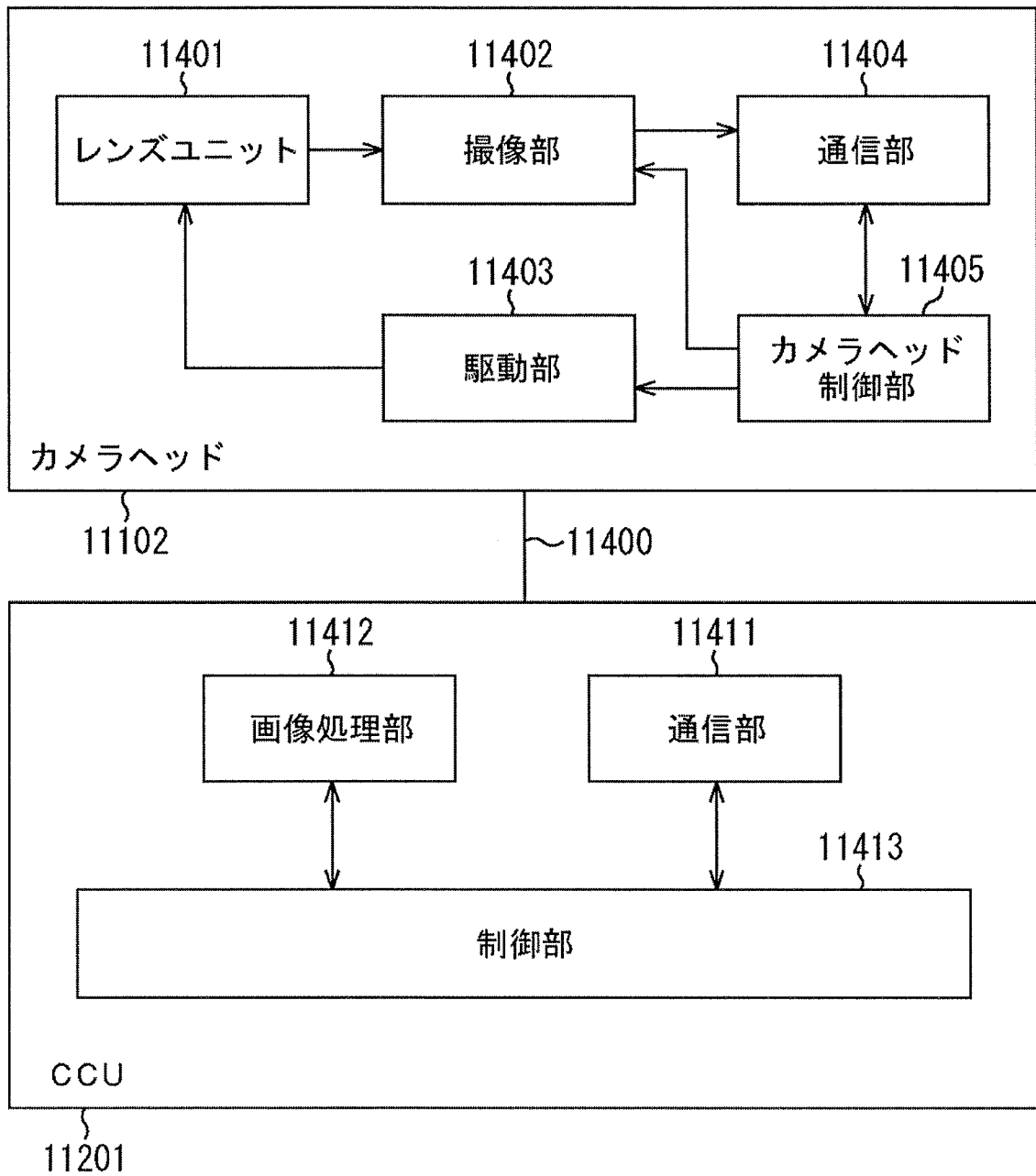
[図27]



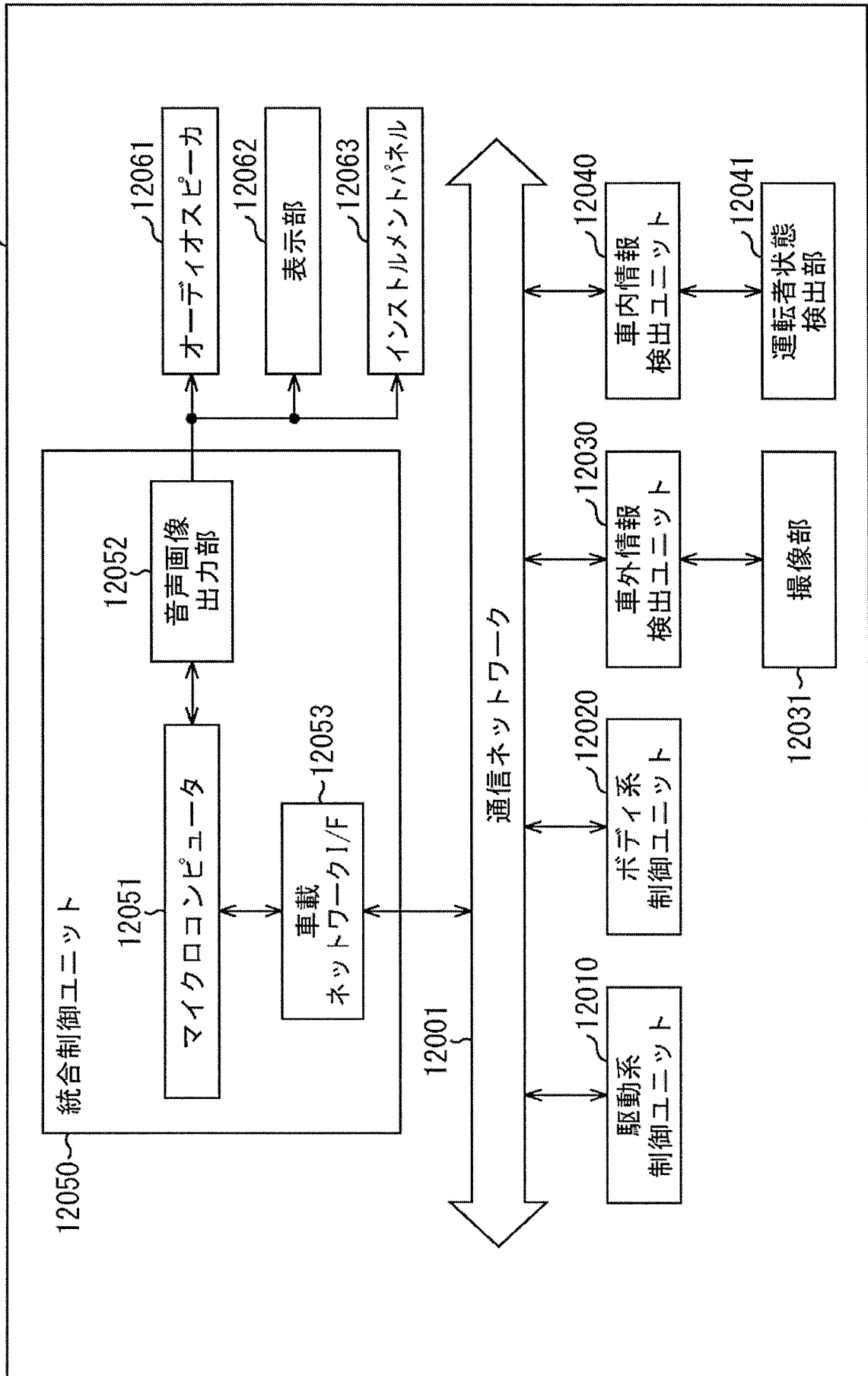
[図28]



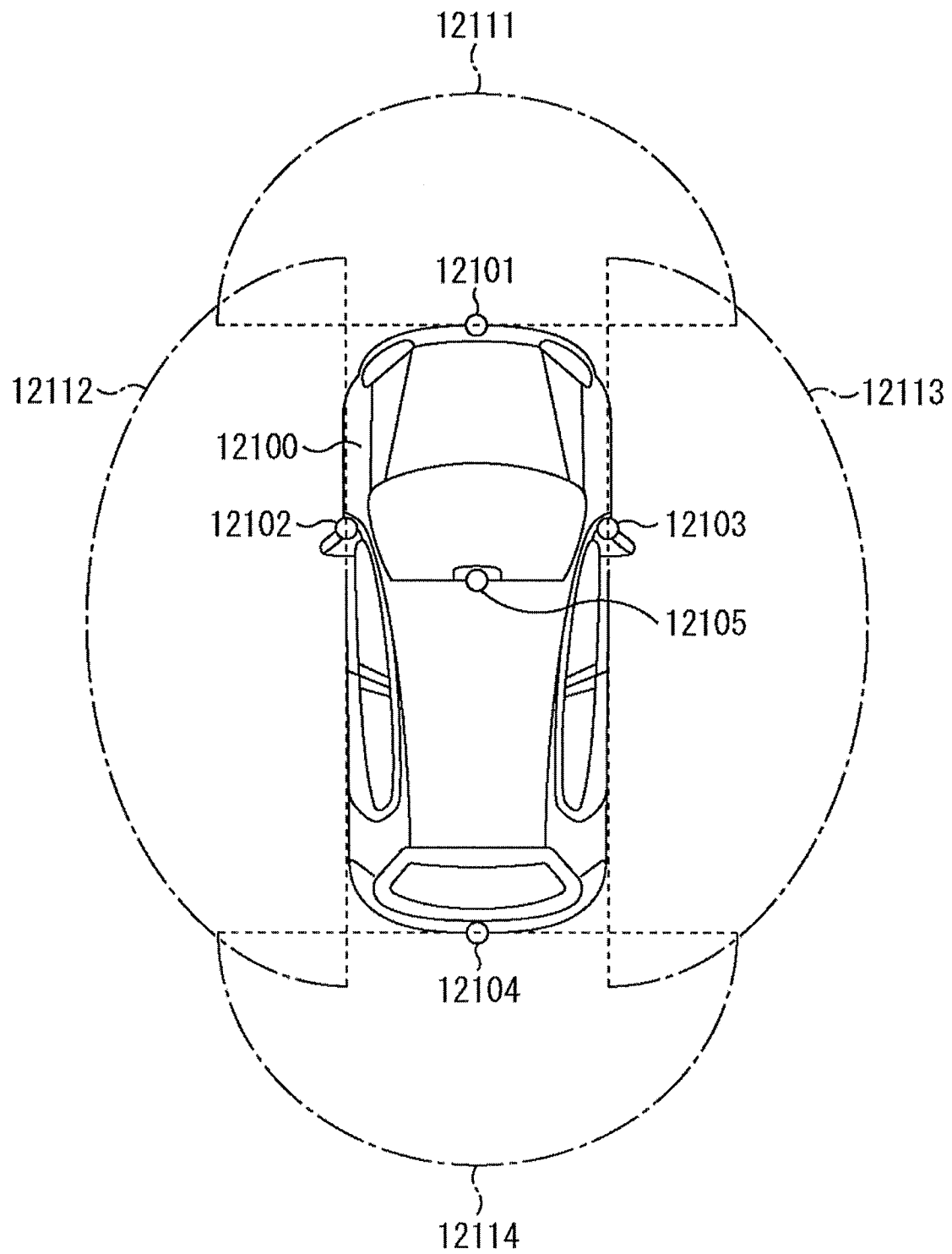
[図29]



[図30]



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/018667

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L27/146 (2006.01) i, H04N5/369 (2011.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H01L27/146, H04N5/369

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2012-178457 A (SONY CORPORATION) 13 September 2012, paragraphs [0034]-[0039], [0053]-[0067], [0077]-[0094], [0120]-[0162], [0247]-[0261], fig. 1-5, 7-12, 22 & US 2012/0217602 A1, paragraphs [0061]-[0068], [0083]-[0099], [0111]-[0131], [0160]-[0241], [0351]-[0367], fig. 1-5, 7-12, 22 & US 2015/0102446 A1 & US 2016/0211303 A1 & US 2016/0358959 A1 & US 2017/0125461 A1 & CN 102683358 A	1-4, 6-10, 12 3 5, 11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31.07.2019

Date of mailing of the international search report
13.08.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/018667

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011-138905 A (TOSHIBA CORPORATION) 14 July 2011, paragraphs [0033]-[0036], [0085]-[0095],	1-2, 4, 6-10, 12
Y	[0106]-[0108], fig. 2, 3, 10, 14	3
A	& US 2011/0156186 A1, paragraphs [0047]-[0050], [0098]-[0110], [0121]-[0123], fig. 2, 3, 10, 14	5, 11
A	JP 2013-175494 A (SONY CORPORATION) 05 September 2013, entire text, all drawings & US 2014/0054662 A1, entire text, all drawings & US 2016/0211288 A1 & US 2016/0336372 A1 & US 2017/0170217 A1 & US 2017/0271385 A1 & WO 2012/117931 A1 & CN 103403869 A & KR 10-2014-0015326 A & CN 105405856 A & CN 106067468 A & CN 106229323 A & KR 10-2017-0070266 A	1-12
A	WO 2014/021115 A1 (SONY CORPORATION) 06 February 2014, entire text, all drawings & US 2015/0187826 A1, entire text, all drawings & US 2017/0062498 A1 & US 2018/0026060 A1 & CN 104488082 A & TW 201405792 A & CN 107104117 A	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L27/146(2006.01)i, H04N5/369(2011.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L27/146, H04N5/369

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2012-178457 A（ソニー株式会社） 2012.09.13, 段落[0034]-[0039], [0053]-[0067], [0077]-[0094], [0120]-[0162], [0247]-[0261], [図1]-[図5], [図7]-[図12], [図22] & US 2012/0217602 A1, 段落[0061]-[0068], [0083]-[0099], [0111]-[0131], [0160]-[0241], [0351]-[0367], 図1-5, 7-12, [図22] & US 2015/0102446 A1 & US 2016/0211303 A1 & US 2016/0358959 A1 & US 2017/0125461 A1 & CN 102683358 A	1-4, 6-10, 12 3 5, 11

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

31.07.2019

国際調査報告の発送日

13.08.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

田邊 顕人

5 F

5894

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2011-138905 A (株式会社東芝) 2011.07.14, 段落 [0033] - [0036], [0085] - [0095], [0106] - [0108], [図 2] - [図 3], [図 10], [図 14] & US 2011/0156186 A1, 段落 [0047] - [0050], [0098] - [0110], [0121] - [0123], 図 2-3, 10, 14	1-2, 4, 6-10, 12 3 5, 11
A	JP 2013-175494 A (ソニー株式会社) 2013.09.05, 全文、全図 & US 2014/0054662 A1, 全文、全図 & US 2016/0211288 A1 & US 2016/0336372 A1 & US 2017/0170217 A1 & US 2017/0271385 A1 & WO 2012/117931 A1 & CN 103403869 A & KR 10-2014-0015326 A & CN 105405856 A & CN 106067468 A & CN 106229323 A & KR 10-2017-0070266 A	1-12
A	WO 2014/021115 A1 (ソニー株式会社) 2014.02.06, 全文、全図 & US 2015/0187826 A1, 全文、全図 & US 2017/0062498 A1 & US 2018/0026060 A1 & CN 104488082 A & TW 201405792 A & CN 107104117 A	1-12