

(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  
2018年6月21日(21.06.2018)

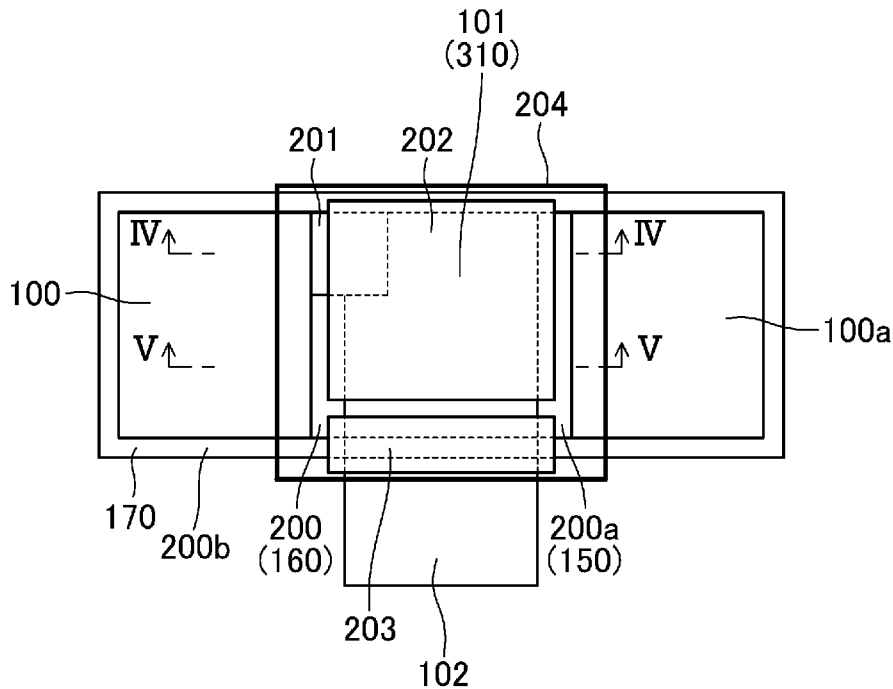


(10) 国際公開番号  
**WO 2018/110258 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H01L 27/146* (2006.01)    *H04N 5/369* (2011.01)  
*H04N 5/359* (2011.01)    *H04N 5/374* (2011.01)
- (21) 国際出願番号:                    PCT/JP2017/042400
- (22) 国際出願日:                    2017年11月27日(27.11.2017)
- (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 2016-243353    2016年12月15日(15.12.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニック・タワー  
 ジャズセミコンダクター株式  
 会社 (TOWERJAZZ PANASONIC SEMICON-  
 DUCTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒9378585 富山  
 県魚津市東山800番地 Toyama (JP).
- (72) 発明者: 筒井 将史 (TSUTSUI Masafumi);  
 〒9378585 富山県魚津市東山800番地 パ  
 ナソニック・タワージャズセミコンダク  
 ター株式会社内 Toyama (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人前田特許事務所  
 (MAEDA & PARTNERS); 〒5300004 大阪府大  
 阪市北区堂島浜1丁目2番1号 新ダ  
 イビル23階 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保  
 護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,  
 BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
 CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: SOLID-STATE IMAGE PICKUP ELEMENT

(54) 発明の名称: 固体撮像素子



(57) Abstract: This solid-state image pickup element is provided with pixels, each of which is provided with: a light receiving section (100); a charge holding section (101); a gate electrode (202); a first trench (200) formed in a region between the light receiving section and the charge holding section; a first insulating film (160) that is provided in the first trench; a transfer section (201); and a light blocking film (204) covering the charge holding section, transfer section, and gate electrode. In plan view, in the direction toward the charge holding section from the light receiving section, the distance from a light blocking film end to the charge holding section with the transfer section therebetween, is longer than



WO 2018/110258 A1

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))

---

the distance from the light blocking film end to the charge holding section with the first trench therebetween.

(57) 要約: 固体撮像素子は、受光部(100)と、電荷保持部(101)と、ゲート電極(202)と、受光部と電荷保持部との間の領域に形成された第1のトレンチ(200)と、第1のトレンチ内に設けられた第1の絶縁膜(160)と、転送部(201)と、電荷保持部、転送部及びゲート電極上を覆う遮光膜(204)とが設けられた画素を備える。平面視において、受光部から電荷保持部へと向かう方向の、遮光膜の端から転送部を挟んで電荷保持部に至るまでの距離は、遮光膜の端から第1のトレンチを挟んで電荷保持部に至るまでの距離よりも長い。

## 明 細 書

発明の名称： 固体撮像素子

### 技術分野

[0001] 本明細書に記載された技術は、固体撮像素子に関するものである。

### 背景技術

[0002] 画素が2次元状に配置されたMOS型固体撮像素子において、ローリングシャッター方式を用いた場合、高速に動く被写体を撮影する際に画像歪が発生してしまう。そこで、画像歪を無くすために、画素の撮像開始時と終了時を全画素で同時に行うグローバルシャッター方式を用いることが提案されている。

[0003] グローバルシャッター動作のためには、画素内に光電変換を行う光電変換部とは別に、撮像終了時から電荷読み出し時までの間、一時的に電荷を保持しておく電荷保持部が必要となる。光電変換部と電荷保持部のレイアウトとの関係は、例えば特許文献1に提案されている。

[0004] 電荷保持部を備えたグローバルシャッター方式の固体撮像素子においては、電荷保持部に電荷が保持される期間に画素領域に光が入射した場合でも、電荷保持部において光電変換が行われなことが求められる。そこで、例えば、上方からの入射光を遮るために、特許文献1に例示されているような、金属からなる遮光膜が電荷保持部の上方に設けられる。

[0005] しかし、電荷保持部の上方に設けられた遮光膜では、斜めに電荷保持部に入射する光を遮ることは難しい。半導体基板内部では光は直進してしまうため、遮光膜によって斜め入射光を遮るためには、電荷保持部の深さに応じて、電荷保持部の上方から光電変換部の上方に向かう方向に遮光膜を広げ、光電変換部の一部まで遮光膜で覆わなくてはならない。さらに、遮光膜端では光が回折するため、半導体基板に垂直に入射された光でも半導体基板中では斜めに進む光成分を持ってしまう。この斜めに進む光が電荷保持部に入射されてしまうことによる寄生信号は、光学的クロストークと呼ばれている。

光学的クロストークの抑制はグローバルシャッター素子の画質改善のためには必須である。特許文献2には、トレンチ内に埋め込まれた絶縁膜を設け、半導体基板と絶縁膜との間の屈折率差によって半導体基板内部で入射光を反射させることが提案されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2009-27237号公報  
特許文献2：特開2011-233589号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

- [0007] 特許文献1及び特許文献2に記載の技術では、いずれも光学的クロストークを効果的に低減することは難しい。
- [0008] 本明細書に開示された技術は、光学的クロストークを大幅に低減できる固体撮像素子を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0009] 本明細書に開示された固体撮像素子は、複数の画素が配置された撮像領域を備えている。前記画素の各々には、半導体基板に設けられ、光電変換により電荷を発生させる受光部と、前記半導体基板に設けられ、前記受光部で生じた電荷を蓄積する電荷保持部と、前記電荷保持部上に設けられ、前記受光部で生じた電荷を前記電荷保持部へと転送させるゲート電極と、前記半導体基板のうち、前記受光部と前記電荷保持部との間の領域に形成された第1のトレンチと、前記第1のトレンチ内に設けられた第1の絶縁膜と、前記半導体基板のうち、互いに隣接する画素の受光部の間の領域に形成された第2のトレンチと、前記第2のトレンチ内に設けられた第2の絶縁膜と、前記受光部と前記電荷保持部との境界の端部に前記第1の絶縁膜に接して設けられ、前記受光部から前記電荷保持部への電荷の転送経路となる転送部と、前記電荷保持部、前記転送部及び前記ゲート電極上を覆う遮光膜とが設けられてい

る。平面視において、前記受光部から前記電荷保持部へと向かう方向の、前記遮光膜の端から前記転送部を挟んで前記電荷保持部に至るまでの距離は、前記遮光膜の端から前記第1のトレンチを挟んで前記電荷保持部に至るまでの距離よりも長い。

### 発明の効果

[0010] 本明細書に開示された固体撮像素子によれば、光学的クロストークを大幅に低減しうる。

### 図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本開示の実施形態に係る固体撮像素子の画素回路の構成を示す回路図である。

[図2]図2は、実施形態に係る固体撮像素子を模式的に示す平面図である。

[図3]図3は、実施形態に係る固体撮像素子における画素の構成を示す平面図である。

[図4]図4は、図3に示す固体撮像素子のIV-IV線での断面を示す断面図である。

[図5]図5は、図3に示す固体撮像素子のV-V線での断面を示す断面図である。

[図6A]図6Aは、実施形態に係る固体撮像素子の製造方法を示す断面図である。

[図6B]図6Bは、実施形態に係る固体撮像素子の製造方法を示す断面図である。

[図7]図7は、実施形態の第1の変形例に係る固体撮像素子を示す平面図である。

[図8]図8は、実施形態の第2の変形例に係る固体撮像素子を示す平面図である。

[図9]図9は、効果の測定に用いられる固体撮像素子を示す平面図である。

[図10A]図10Aは、埋め込みトレンチ比率と寄生信号との関係を示す図である。

[図10B]図10Bは、埋め込みトレンチ比率と残像との関係を示す図である。

[図10C]図10Cは、埋め込みトレンチ比率と蓄積領域の暗電流との関係を示す図である。

[図11]図11は、効果の測定に用いられる固体撮像素子を示す平面図である。

[図12]図12は、電荷保持部101の位置と寄生信号の大きさとの関係を示す図である。

[図13]図13は、効果の測定に用いられる固体撮像素子を示す平面図である。

[図14A]図14Aは、受光部100の突出部分の位置404と寄生信号との関係を示す図である。

[図14B]図14Bは、受光部100の突出部分の位置404と残像との関係を示す図である。

[図15A]図15Aは、固体撮像素子において、転送部201のp型層312のp型不純物濃度を変化させた場合の寄生信号の変化を示す図である。

[図15B]図15Bは、固体撮像素子において、転送部201のp型層312のp型不純物濃度を変化させた場合の残像の変化を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

[0013] (実施形態)

図1は、本開示の実施形態に係る固体撮像素子の画素回路の構成を示す回路図である。図2は、本実施形態の固体撮像素子を模式的に示す平面図である。図3は、本実施形態の固体撮像素子における画素の構成を示す平面図であり、図4は、図3に示す固体撮像素子のIV-IV線での断面を示す断面図であり、図5は、図3に示す固体撮像素子のV-V線での断面を示す断面図である。図3では、構成が理解しやすいように、遮光膜204の下に設けられた部材も示している。

[0014] 本実施形態の固体撮像素子は、複数の画素が例えば行列状に配置された撮

像領域（図示せず）を備えている。各画素には、図1に示すように、光電変換により電荷を発生させる受光部100と、受光部100で生じた電荷を蓄積する電荷保持部101と、受光部100で生じた電荷の電荷保持部101への転送を制御する第1の電荷転送トランジスタ104と、電荷保持部101に蓄積された電荷の転送を制御する第2の電荷転送トランジスタ105とが設けられている。また、各画素には、一端（ドレイン）が第1の電源VDD1に接続され、他端（ソース）が受光部100及び第1の電荷転送トランジスタ104に接続されたグローバルリセットトランジスタ103と、ゲート電極が電荷電圧変換部102を挟んで第2の電荷転送トランジスタ105に接続されたソースフォロワートランジスタ107と、一端が第2の電源VDD2に接続され、他端が電荷電圧変換部102を挟んで第2の電荷転送トランジスタ105に接続されたリセットトランジスタ106と、ソースフォロワートランジスタ107のソースに接続された出力行セレクトトランジスタ108とが設けられている。ソースフォロワートランジスタ107のドレインには、第3の電源VDD3が接続されている。

[0015] 図2に示すように、複数の画素は行列状に配置されている。同一行の画素内に設けられた複数のグローバルリセットトランジスタ103のゲート電極は、信号線113に共通に接続されていてもよい。第1の電荷転送トランジスタ104の動作は、これに対応する信号線114によって制御される。第2の電荷転送トランジスタ105の動作は、これに対応する信号線115によって制御される。リセットトランジスタ106の動作は、これに対応する信号線116によって制御される。出力行セレクトトランジスタ108の動作は、これに対応する信号線118によって制御される。

[0016] 図3に示すように、受光部100は、例えばp型層（第1及び第2の表面p型層300、301）とn型層310とで構成され、n型層310に電子を蓄える埋め込み型フォトダイオードであってもよいが、光電変換により生じた電子又はホールを蓄える機能を有していれば、その構成は限定されない。電荷保持部101は、電荷を保持できる構成を有していればよく、例えば

$1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 程度のn型不純物を含むn型層310（フローティング拡散層）により構成されていてもよい。

- [0017] グローバルリセットトランジスタ103、リセットトランジスタ106、第1の電荷転送トランジスタ104及び第2の電荷転送トランジスタ105の導電型はnチャネル型であってもよいし、pチャネル型であってもよい。
- [0018] グローバルリセットトランジスタ103がnチャネル型の場合、第1の電源VDD1の電圧が例えば3.3V程度であり、ゲート電極に高電圧が印加されるとグローバルリセットトランジスタ103が導通し、受光部100がリセットされる。第1の電源VDD1の電圧は、受光部100の空乏化時の静電ポテンシャルよりも高ければよい。
- [0019] 光電変換時にはグローバルリセットトランジスタ103のゲート電極に低い電圧を印加し、第1の電源VDD1との間の静電ポテンシャルを制御することで、受光部100において過剰に発生した信号電荷を第1の電源VDD1へと掃出し、受光部100から電荷保持部101へ信号電荷があふれ出さないようにする、アンチブルーミング機能を持たせてもよい。ただし、n型半導体基板を用いる場合は、必ずしもグローバルリセットトランジスタ103にアンチブルーミング機能を持たせる必要は無く、受光部100とn型半導体基板間の静電ポテンシャルを0Vになるようにp型不純物の濃度を制御することで、縦型オーバーフロードレインによるアンチブルーミング機能を持たせることもできる。
- [0020] 信号電荷が電子である場合、第1の電荷転送トランジスタ104がオフの期間、受光部100と電荷保持部101との間に-0.3V程度の静電ポテンシャルを形成し、電子の転送を防いでもよい。受光部100から電荷を転送する際には、第1の電荷転送トランジスタ104のゲート電極202に高電圧を印加し、受光部100と電荷保持部101の間の静電ポテンシャルを、受光部100の空乏時の静電ポテンシャルの最大値よりも高くなるようにする。
- [0021] 図2に示すように、列ごとに設けられた信号線Pixoutは縦方向に延びてお

り、信号線115は横方向に延びている。信号線113、114は、信号線Pixoutに対して平行に配置されていてもよい。他の信号線や電源配線の延びる方向は、レイアウトに応じて適宜変更可能である。なお、電荷電圧変換部102、リセットトランジスタ106、ソースフォロワートランジスタ107、出力行セレクトトランジスタ108や、各トランジスタを制御するための信号線113、114、116、118、第1の電源VDD1、第2の電源VDD2、第3の電源VDD3にそれぞれ対応した電源配線121、122、123は、複数の画素で共有されてもよい。出力行セレクトトランジスタ108は、電源配線121、122、123が互いに独立した配線である場合には、不要である。

[0022] 次に、固体撮像素子の動作を説明する。まず、グローバルリセットトランジスタ103のゲート電極に高電圧を印加することにより、受光部100で生じた電荷を全て掃き出す。その後、光電変換を開始する。ある露光時間が過ぎた後、全画素内の第2の電荷転送トランジスタ105とリセットトランジスタ106を導通状態にして電荷保持部101の電荷を全て掃き出す。その後、第2の電荷転送トランジスタ105を非導通状態にして、第1の電荷転送トランジスタ104のゲート電極に高電圧を印加することで、受光部100から電荷保持部101へと信号電荷を転送する。ここで、グローバルリセットトランジスタ103による電荷の掃出しと、第1の電荷転送トランジスタ104による電荷の転送を全ての画素で同時に行うことで、画素の撮像開始時と終了時を全画素で同時に行うグローバルシャッター動作が実現される。

[0023] 次に、特定行のリセットトランジスタ106を介して電荷電圧変換部102の電圧を第2の電源の電圧にリセットした後に、選択された行の第2の電荷転送トランジスタ105を介して、電荷保持部101から電荷電圧変換部102へと信号を転送する。次いで、選択された行の出力行セレクトトランジスタ108により該当行のソースフォロワートランジスタ107の出力のみを信号線Pixoutへと読み出す。行を変えながら、上記の電荷電圧変換部1

02のリセットから出力信号の読み出しまでを行い、2次元配置されたすべての画素の出力を読み出す。ここでは、グローバルリセットトランジスタ103によりグローバルリセット動作を行う例を説明したが、グローバルリセットトランジスタ103が無くても、縦型オーバーフロードレインを形成し、光電変換を行う前にすべての画素の第1の電荷転送トランジスタ104のゲート電極202を高い電圧にすることで、受光部100の電荷を掃き出すことは可能である。この場合、露光時間後、上述した動作を行えばよい。

[0024] 次に、本実施形態の固体撮像素子のより具体的な構成を説明する。

[0025] 図3～図5に示すように、半導体基板において、n型の基板領域（図示せず）上に設けられ、基板領域と受光部100とを電氣的に分離するp型層304と、p型層304上のn型層303及びp型層305が設けられている。

[0026] 半導体基板に設けられた受光部100は、n型層303と、n型層303上に設けられたn型層302と、n型層302上に設けられた第1の表面p型層300及び第2の表面p型層301とにより構成されている。受光部100の平面形状は特に限定されないが、図3では、四辺形状である例を示している。

[0027] 電荷保持部101（すなわちn型層310）は、n型層310の下に設けられたp型層（第1のp型不純物領域）311と、受光部100との間に設けられたp型層とによって、受光部100と電氣的に分離されている。なお、第1の表面p型層300のp型不純物濃度は、 $1 \times 10^{18} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ 程度であり、第1の表面p型層300よりも不純物濃度の低い第2の表面p型層301のp型不純物濃度は、 $1 \times 10^{16} \sim 10^{18} / \text{cm}^3$ 程度である。n型層302のn型不純物濃度は、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 程度であり、n型層303のn型不純物濃度は、 $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 程度である。p型層304のp型不純物濃度は、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 程度である。p型層305のp型不純物濃度は、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 程度である。n型層310のn型不純物濃度は、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18}$

／ $\text{cm}^3$ 程度である。p型層311のp型不純物濃度は、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18}$ ／ $\text{cm}^3$ 程度である。p型層（第2のp型不純物領域）312の不純物濃度はp型層301、311の不純物濃度よりも低く、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18}$ ／ $\text{cm}^3$ 程度である。

[0028] 本実施形態の固体撮像素子では、半導体基板のうち、受光部100と電荷保持部101（n型層310）との間の領域に形成された第1のトレンチ200と、半導体基板のうち、互いに隣接する画素の受光部100、100aの間の領域に形成された第2のトレンチ200aとが設けられている。第1のトレンチ200内及び第2のトレンチ200a内には、シリコン酸化物等、半導体基板よりも屈折率の低い材料からなる第1の絶縁膜160、第2の絶縁膜150がそれぞれ埋め込まれている。ここで、受光部100と電荷保持部101との間の電气的分離、及び互いに隣接する受光部100と受光部100aとの間の電气的分離が確保されていれば、第1の絶縁膜160及び第2の絶縁膜150内に金属層等が設けられていてもよい。

[0029] 第1のトレンチ200及び第2のトレンチ200aの深さは例えば50～300nm程度であり、幅は100～300nm程度であってもよい。第1のトレンチ200及び第2のトレンチ200aの深さは、n型層310の深さと同程度であってもよい。

[0030] 受光部100、100aと電荷保持部101の外周を囲む第3のトレンチ200bと、第3のトレンチ200b内に形成された第3の絶縁膜170とが形成されていてもよい。第3のトレンチ200b内に半導体基板よりも屈折率の低い絶縁膜を形成することにより、半導体基板と当該絶縁膜との界面で斜め光を反射させ、受光部100に入射する光を増やすことができる。また、電荷保持部101に入射する斜め光をより低減することができる。

[0031] 受光部100と電荷保持部101との境界の端部には、第1の絶縁膜160に接して設けられ、受光部100から電荷保持部101への電荷の転送経路となる転送部201が設けられている。受光部100の平面形状が四辺形の場合、転送部201は、電荷保持部101に面したコーナー部に設けられ

ることになる。転送部201は第1のトレンチ200が形成されない領域であるので、斜め光に対する電荷保持部101の遮光性が、第1のトレンチ200が設けられる領域に比べて劣る。入射光強度は、受光部100の中心から離れるに従って落ちるので、転送部201を上記位置に配置することにより、転送部201において光電変換が発生する量を抑制し、寄生信号を小さくし、画質に対する影響を抑制することができる。また、第1の絶縁膜160により入射光を反射させることができない転送部201を受光部100の中心から離すことにより、入射光量の減少を抑えることもできる。

[0032] 平面視において、転送部201は、電荷保持部101の中心から見て、電荷電圧変換部102に接する辺と反対側（電荷電圧変換部102から離れた位置）に設けられていてもよい。この構造により、n型層310のうち転送部201に隣接する部分の幅が、n型層310のうち第1のトレンチ200に隣接する部分の幅よりも狭くなり、空乏化時の静電ポテンシャルが低くなる場合でも、静電ポテンシャルが低い部分から高い部分を介して第2の電荷転送トランジスタ105へと接続されることにより、電荷転送が阻害されにくくなる。

[0033] また、電荷保持部101上には、ゲート絶縁膜を挟んで第1の電荷転送トランジスタ104のゲート電極202が設けられる。ゲート電極202上には、転送部及びゲート電極202を覆う遮光膜204が設けられている。遮光膜204は、例えばタングステン等の金属により構成されていてもよい。また、電荷保持部101と電荷電圧変換部102との間の領域上には、ゲート絶縁膜を挟んで第2の電荷転送トランジスタ105のゲート電極203が設けられている。

[0034] 図3に示す例では、遮光膜204の平面形状は四辺形であるが、この形に限定されない。遮光膜204は少なくとも電荷保持部101の上方全体と転送部201の上方全体を覆っていればよい。遮光膜204により、電荷保持部101で光電変換が行われるのを防ぐことができる。

[0035] また、本実施形態の固体撮像素子では、平面視において、受光部100か

ら電荷保持部101へと向かう方向（図3の左から右へ向かう方向）の、遮光膜204の端から転送部201を挟んで電荷保持部101に至るまでの距離は、遮光膜204の端から第1のトレンチ200を挟んで電荷保持部101に至るまでの距離よりも長くなっている。この構成により、遮光膜204の端部から回折によって回り込む光を電荷保持部101に入射させにくくすることができるので、光学的クロストークを生じにくくすることができる。n型層302と電荷保持部101との距離を大きくすることにより、p型層312のp型不純物濃度を低くしても例えば-0.3Vよりも低い静電ポテンシャルによって受光部100と電荷保持部101とを電氣的に分離することが可能となる。転送部201におけるp型層312の幅は、200nm以上400nm以下程度であることが好ましい。電荷保持部101のうち、第1のトレンチ200に隣接する部分の幅をできるだけ大きくすることで、電荷保持部101に蓄積できる電荷量を大きくすることができる。

[0036] なお、電荷保持部101の平面面積が小さくなると、蓄積できる電荷量が減ってしまうため、遮光膜204の端から第1のトレンチ200を挟んで電荷保持部101に至るまでの距離は、後述のように適切な値にすることが好ましい。

[0037] 電荷保持部101（n型層310）のうち、転送部201に接する部分に含まれるn型不純物の濃度は、電荷保持部101の他の部分に含まれるn型不純物の濃度よりも高くてもよい。図3に示す例では、転送部201と接する電荷保持部101のコーナー部が凹んだ形状となっているので、電荷保持部101内でn型不純物濃度が均一であると、電荷保持部101のうち転送部201に接する部分は、その幅が狭いため、蓄積できる電荷量が小さくなる。電荷保持部101のうち、転送部201に接する部分に含まれるn型不純物の濃度を高くすることにより、第1のトレンチ200に隣接するn型層310より空乏化時の静電ポテンシャルを低くする条件を保つ範囲で、電荷保持部101に保持可能な電荷量を増やすことができる。

[0038] また、図4、5に示すように、第1のトレンチ200、第2のトレンチ2

00aを囲むようにp型層313が設けられていてもよい。p型層313には、例えば $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 程度のp型不純物が含まれる。p型層313が設けられることにより、第1のトレンチ200、第2のトレンチ200aにおいて、第1の絶縁膜160と半導体基板との界面、及び第2の絶縁膜150と半導体基板との界面にそれぞれ発生する暗電流を抑制することができる。

[0039] 転送部201において、p型層312に含まれるp型不純物濃度をp型層301、311に含まれるp型不純物濃度よりも低くしてもよい。この構成により、p型層312とn型層302とにより形成される空乏領域を電荷保持部101の方へ延伸させ、p型層312に入射した斜め光によって生じる電荷を受光部100へと移動しやすくすることができる。これにより、電荷保持部101への電荷の移動を防止し、電荷移動による電子的クロストークを抑制することができる。さらに、p型層312のp型不純物濃度が低いことにより、第1の電荷転送トランジスタ104による受光部100から電荷保持部101への電荷の転送を容易にすることができる。

[0040] なお、本実施形態では、第1の電荷転送トランジスタ104のゲート電極202が電荷保持部101の上方を覆っているが、ゲート電極202は、半導体基板のうち受光部100と電荷保持部101との間であって、p型層312の上方に設けられていてもよい。その場合、電荷保持部101の上方には別の印加電圧を与えられたゲート電極を配置してもよいし、ゲート電極が設けられていなくてもよい。

[0041] なお、電荷保持部101のn型層310とゲート電極202下のゲート絶縁膜との間に、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 程度のp型不純物を含むp型層が設けられていてもよい。これにより、ゲート絶縁膜から発生する暗電流を抑制することができる。

[0042] 図6A、図6Bは、本実施形態の固体撮像素子の製造方法を示す断面図である。

[0043] 固体撮像素子を作製するには、図6Aに示すように、例えばn型不純物を

含むシリコン等の半導体基板を準備する。次いで、公知のイオン注入法を用いて半導体基板内にp型層304、p型層305、p型層311を形成する。p型層304上のp型層305が設けられない部分はn型層303となる。次いで、n型不純物イオン及びp型不純物イオンを適宜半導体基板に注入することで、第1の表面p型層300、第2の表面p型層302、p型層312、300a、313及びn型層302、310、302aをそれぞれ形成する。これにより、受光部100及び電荷保持部101とが形成される。次に、第1のトレンチ200、第2のトレンチ200a、第3のトレンチ200bを形成した後、第1のトレンチ200内に第1の絶縁膜160を、第2のトレンチ200a内に第2の絶縁膜150を、第3のトレンチ200b内に第3の絶縁膜170をそれぞれ埋め込む。なお、第1のトレンチ200、第2のトレンチ200a及び第3のトレンチ200bの形成は、上記p型層やn型層を形成する前に行ってもよい。

[0044] 次いで、図6Bに示すように、半導体基板上にゲート絶縁膜を形成した後、公知の方法によりゲート絶縁膜上にポリシリコン等からなるゲート電極202、203を形成する。続いて、スパッタリング等の公知の方法により、ゲート電極202上に、転送部201及び電荷保持部101上を覆うタンゲステン等の金属からなる遮光膜204を形成する。以上の方法により、本実施形態の固体撮像素子が形成できる。

[0045] 図7は、本実施形態の第1の変形例に係る固体撮像素子を示す平面図である。同図では、ゲート電極202の図示は省略している。図7に示すように、受光部100のうち、転送部201に接する部分は、電荷保持部101に面した他の部分から突出していてもよい。

[0046] この構成によれば、第1のトレンチ200が設けられない領域に受光部100を広げているので、遮光膜204の端部から回り込む光を受光部100に入射させやすくすることができる。このため、後述するように、寄生信号を低減することができる。また、残像の発生を効果的に抑えることができる。

- [0047] 図8は、本実施形態の第2の変形例に係る固体撮像素子を示す平面図である。同図に示すように、遮光膜204のうち、転送部201の上方に設けられた部分は、第1のトレンチ200の上方に設けられた部分に比べて受光部100側に突出していてもよい。
- [0048] 第1のトレンチ200が設けられていない転送部201では、斜め光や回折光が入射しやすくなっているが、本変形例では、遮光膜204を突出させることにより、転送部201に光が入射するのを効果的に抑えながら、受光部100に入射する光を遮らないようにしている。このため、本変形例に係る固体撮像素子によれば、感度を落とすことなく光学的クロストークの低減を図ることができる。
- [0049] 図9は、効果の測定に用いられる固体撮像素子を示す平面図である。図10A、図10B及び図10Cは、埋め込みトレンチ比率と寄生信号、残像、蓄積領域での暗電流との関係をそれぞれ示す図である。ここで、埋め込みトレンチ比率は、(第1のトレンチ200の長さ) / (第1のトレンチ200が延びる方向の受光部100の長さ) で求められる値であるとする。
- [0050] 本願発明者らは、第1のトレンチ200の長さを変更した複数の固体撮像素子を作製し、寄生信号や残像等を測定した。寄生信号は、次の方法で測定した。まず、グローバルリセットトランジスタ103のゲート電極に高い電圧を印加し、受光部100に光電変換により生じた電荷が蓄積されない状態にしたまま光を照射し、第1の電荷転送トランジスタ104をオフにしたまま、電荷保持部101に蓄積された電荷を第2の電荷転送トランジスタ105により信号線116に出力させる。ここで出力された信号から、光を照射しないで同じ動作をさせた信号を差し引くことにより、電荷保持部101で光電変換される寄生信号を測定した。
- [0051] また、残像は、次の方法で測定した。まず、受光部100にて光電変換された電荷がある一定量蓄積されるような光を照射し、通常の手順で信号を信号線に読み出した。次いで、光を照射しない状態で、再度通常の手順で信号を信号線に読み出し、このときに検出された信号量を残像とした。

- [0052] この結果、図10Aに示すように、埋め込みトレンチ比率が50%までは寄生信号が低減していき、埋め込み比率が50%以上では寄生信号が65%程度低減できることが分かった。
- [0053] しかし、残像は埋め込みトレンチ比率が50%を超えると発生し、トレンチ比率が大きくなる程大きくなっていった。また、蓄積領域（電荷保持部101）の暗電流は、埋め込みトレンチ比率が30%を超えると発生し、埋め込みトレンチ比率が50%を超えると緩やかに増加していくことが分かった。
- [0054] 以上の結果から、埋め込みトレンチ比率を最適な値にすることで、寄生信号を抑えつつ、残像や暗電流を低いレベルに保つことができることが確認できた。図9に示す固体撮像素子の例では、埋め込みトレンチ比率の最適値は約50%であると考えられる。
- [0055] 図11は、効果の測定に用いられる固体撮像素子を示す平面図である。図12は、電荷保持部101の位置と寄生信号の大きさとの関係を示す図である。図12は、電荷保持部101の端部位置403を図11に示す1～5の位置に変化させた場合での寄生信号をそれぞれ測定した結果を示す。
- [0056] 図12に示す結果から、電荷保持部101の端部位置を遮光膜204の端部から遠ざけることにより、寄生信号の生成を低減できることが分かった。
- [0057] 図13は、効果の測定に用いられる固体撮像素子を示す平面図である。図14Aは、受光部（図中の電荷変換部）100の突出部分の位置404と寄生信号との関係を示す図であり、図14Bは、受光部100の突出部分の位置404と残像との関係を示す図である。なお、受光部100の突出部分は、具体的にはn型層302の転送部201への突出部分を意味する。
- [0058] 図14A、14Bに示す結果から、受光部100（n型層302）の突出部分を電荷保持部101に近づけることにより、寄生信号が低減されるとともに、残像も低減できることが分かった。
- [0059] 図15Aは、固体撮像素子において、転送部201のp型層312のp型不純物濃度を変化させた場合の寄生信号の変化を示す図であり、図15Bは、固体撮像素子において、転送部201のp型層312のp型不純物濃度を

変化させた場合の残像の変化を示す図である。

[0060] 図15Aに示す結果から、p型層312の不純物濃度が高くなるにつれて寄生信号は少しずつ大きくなることが確認できた。また、図15Bに示す結果から、p型層312の不純物濃度が所定値以上になると、残像が発生することが確認できた。以上の結果から、p型層312のp型不純物濃度は低い方が好ましいと言える。

[0061] 以上の結果から、本実施形態の固体撮像素子及びその変形例によれば、電荷保持部101に入射される光を遮光膜204、第1の絶縁膜160、第2の絶縁膜150により遮りながら、受光部100から電荷保持部101への電荷の転送が可能となるので、グローバルシャッター方式の長所を活かしつつ、優れた画質を実現することができる。

[0062] なお、以上の実施形態及びその変形例は、本質的に好ましい例示であって、本発明、その適用物、あるいはその用途の範囲を制限することを意図するものではない。

### 産業上の利用可能性

[0063] 以上説明したように、本明細書に開示された固体撮像素子は、カメラ等種々の撮像装置に用いられる。

### 符号の説明

[0064] 100、100a 受光部  
101 電荷保持部  
102 電荷電圧変換部  
103 グローバルリセットトランジスタ  
104 第1の電荷転送トランジスタ  
105 第2の電荷転送トランジスタ  
106 リセットトランジスタ  
107 ソースフォロワートランジスタ  
108 出力行セレクトトランジスタ  
113、114、116、118 信号線

1 2 1、1 2 2、1 2 3 電源配線  
1 5 0 第2の絶縁膜  
1 6 0 第1の絶縁膜  
1 7 0 第3の絶縁膜  
2 0 0 第1のトレンチ  
2 0 0 a 第2のトレンチ  
2 0 0 b 第3のトレンチ  
2 0 1 転送部  
2 0 2、2 0 3 ゲート電極  
2 0 4 遮光膜  
3 0 0 第1の表面 p 型層  
3 0 0 a、3 0 4、3 0 5、3 1 2、3 1 3 p 型層  
3 0 1 第2の表面 p 型層  
3 0 2、3 1 0、3 0 2 a、3 0 3、3 1 0 n 型層

## 請求の範囲

[請求項1]

複数の画素が配置された撮像領域を備えた固体撮像素子であって、  
前記画素の各々には、  
半導体基板に設けられ、光電変換により電荷を発生させる受光部と、  
、  
前記半導体基板に設けられ、前記受光部で生じた電荷を蓄積する電荷保持部と、  
前記電荷保持部上に設けられ、前記受光部で生じた電荷を前記電荷保持部へと転送させるゲート電極と、  
前記半導体基板のうち、前記受光部と前記電荷保持部との間の領域に形成された第1のトレンチと、  
前記第1のトレンチ内に設けられた第1の絶縁膜と、  
前記半導体基板のうち、互いに隣接する画素の受光部の間の領域に形成された第2のトレンチと、  
前記第2のトレンチ内に設けられた第2の絶縁膜と、  
前記受光部と前記電荷保持部との境界の端部に前記第1の絶縁膜に接して設けられ、前記受光部から前記電荷保持部への電荷の転送経路となる転送部と、  
前記電荷保持部、前記転送部及び前記ゲート電極上を覆う遮光膜とが設けられており、  
平面視において、前記受光部から前記電荷保持部へと向かう方向の、前記遮光膜の端から前記転送部を挟んで前記電荷保持部に至るまでの距離は、前記遮光膜の端から前記第1のトレンチを挟んで前記電荷保持部に至るまでの距離よりも長い固体撮像素子。

[請求項2]

請求項1に記載の固体撮像素子において、  
前記受光部のうち、前記転送部に接する部分は、前記電荷保持部に面した他の部分から突出していることを特徴とする固体撮像素子。

[請求項3]

請求項1又は2に記載の固体撮像素子において、

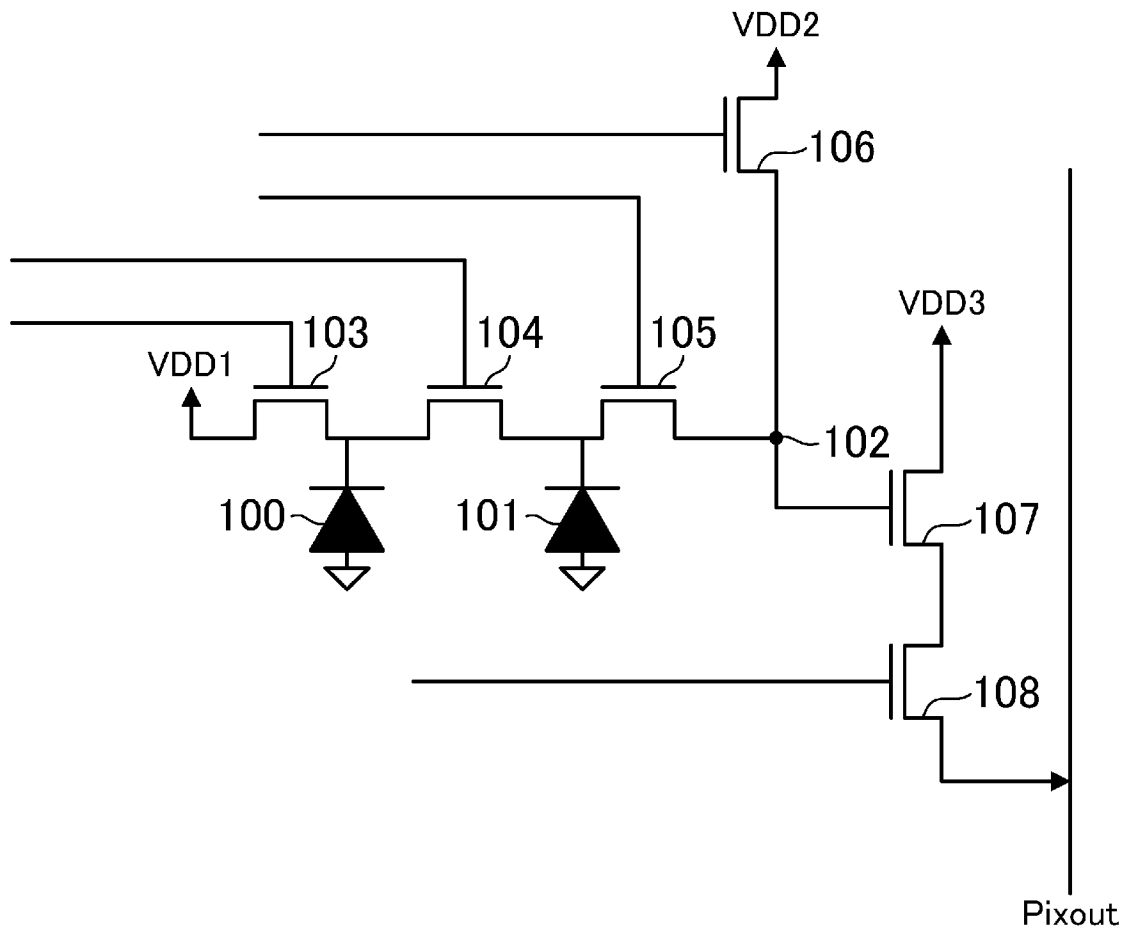
前記遮光膜のうち、前記転送部の上方に設けられた部分は、前記第1のトレンチの上方に設けられた部分に比べて前記受光部側に突出していることを特徴とする固体撮像素子。

[請求項4] 請求項1～3のうちいずれか1つに記載の固体撮像素子において、前記電荷保持部のうち、前記転送部に接する部分に含まれるn型不純物の濃度は、前記電荷保持部の他の部分に含まれるn型不純物の濃度よりも高いことを特徴とする固体撮像素子。

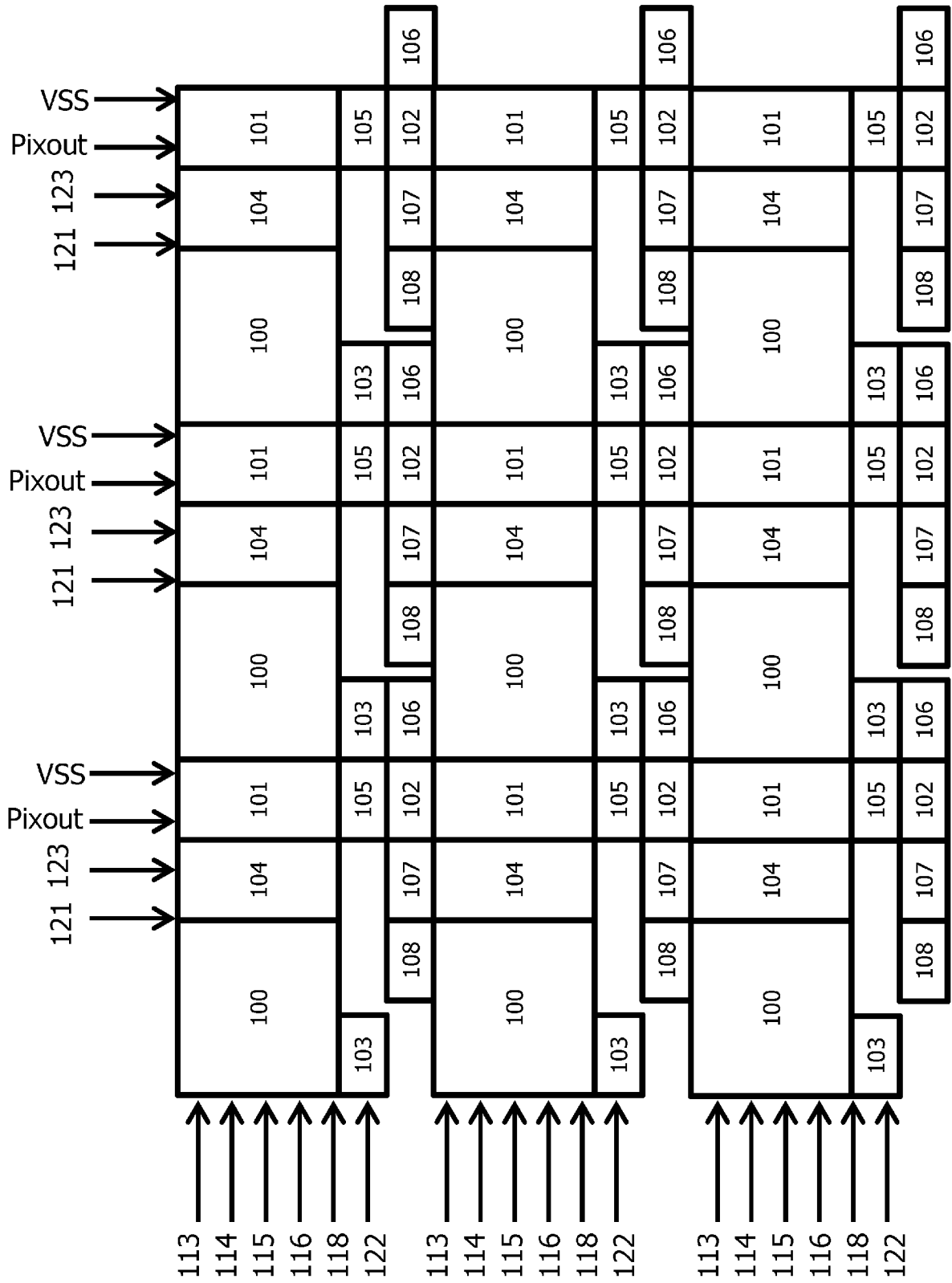
[請求項5] 請求項1～4のうちいずれか1つに記載の固体撮像素子において、前記第1の絶縁膜及び前記第2の絶縁膜の屈折率は、前記半導体基板の屈折率よりも低いことを特徴とする固体撮像素子。

[請求項6] 請求項1～5のうちいずれか1つに記載の固体撮像素子において、前記電荷保持部は、第1のp型不純物領域上に形成されたn型不純物領域により構成されており、  
前記転送部は、前記第1のp型不純物領域よりもp型不純物濃度の低い第2のp型不純物領域により構成されていることを特徴とする固体撮像素子。

[図1]



[図2]

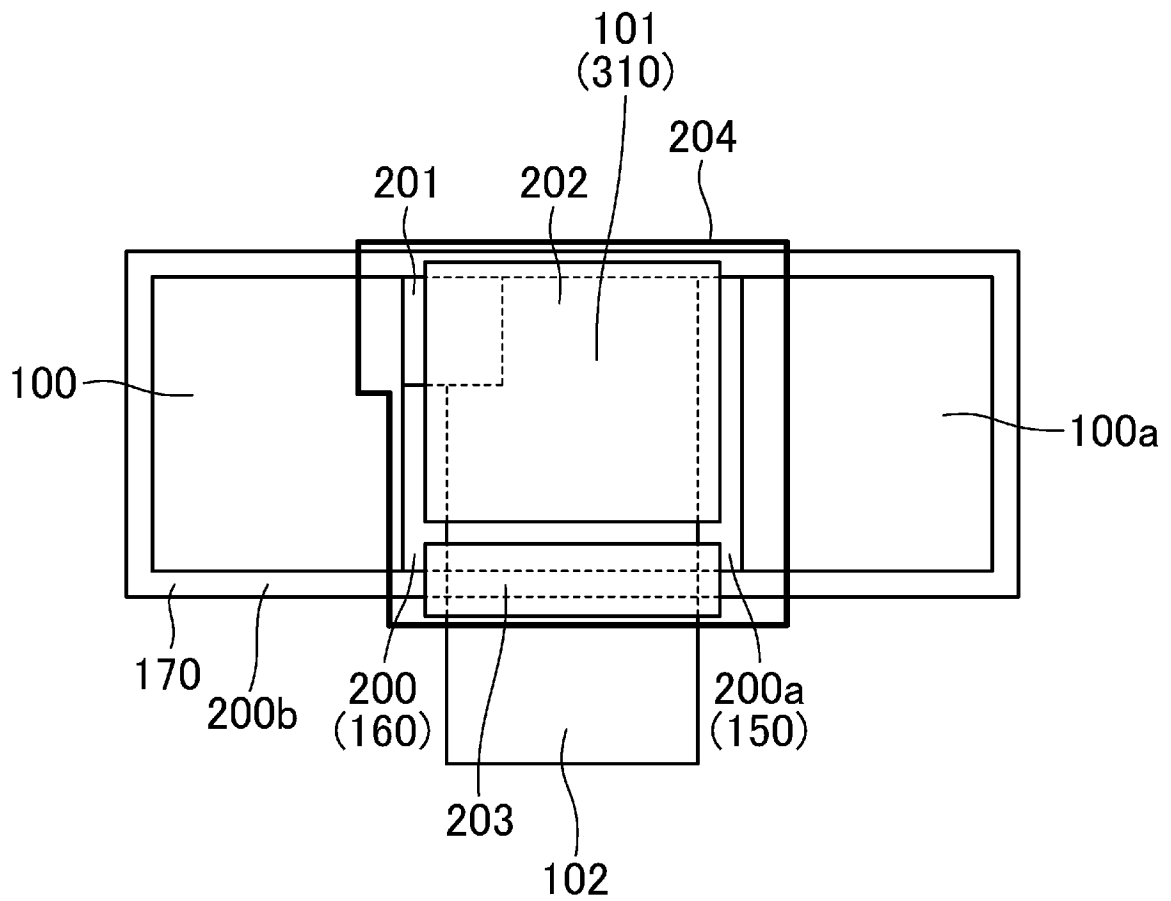




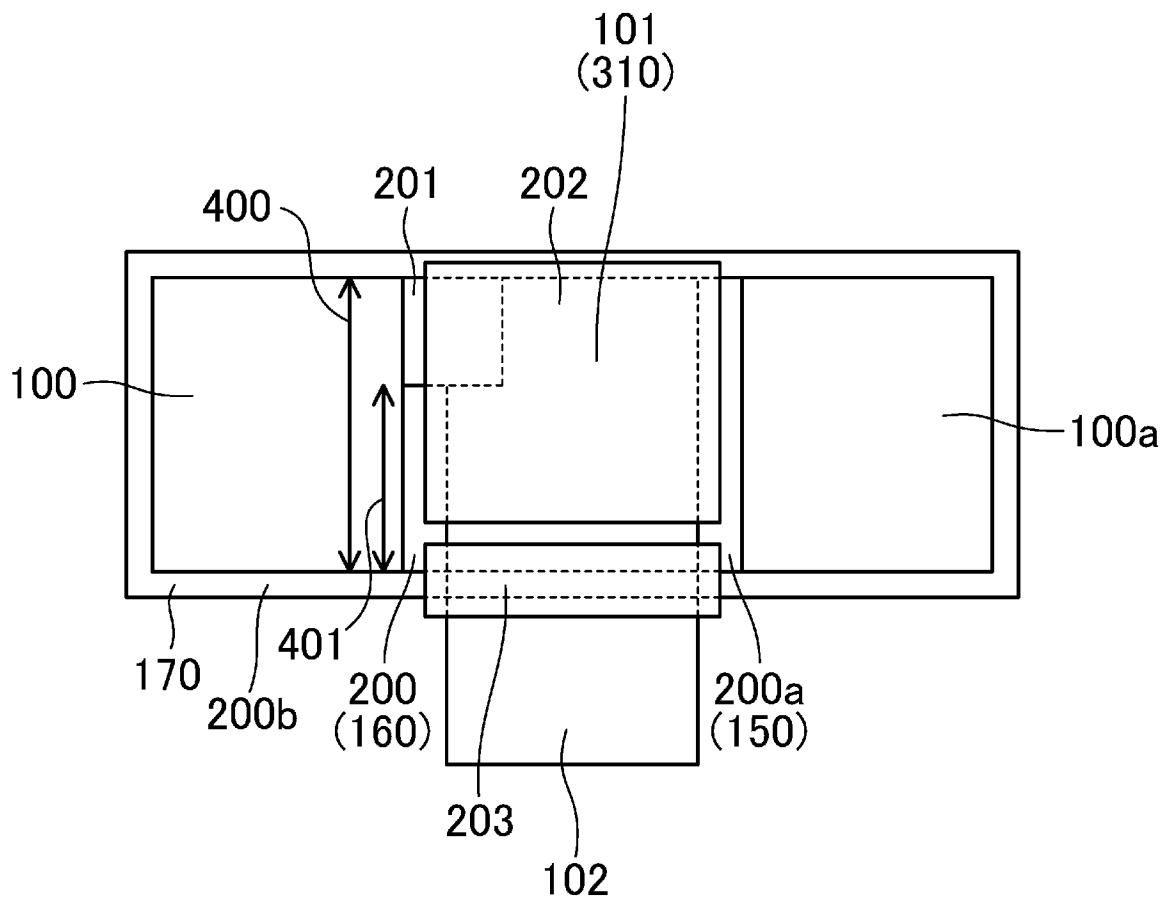




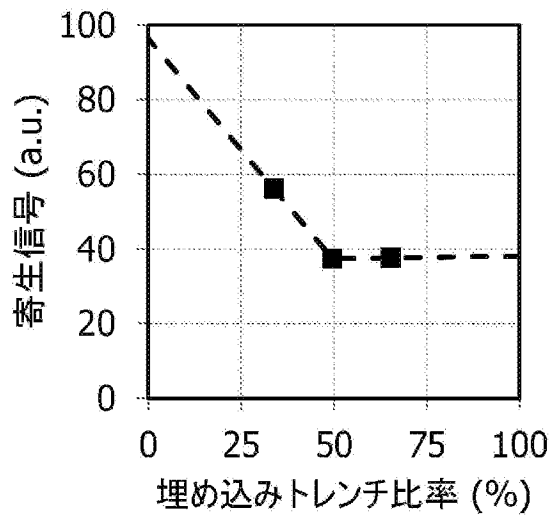
[図8]



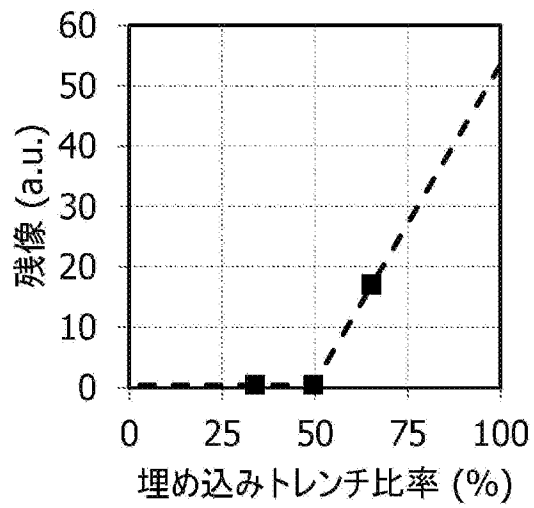
[図9]



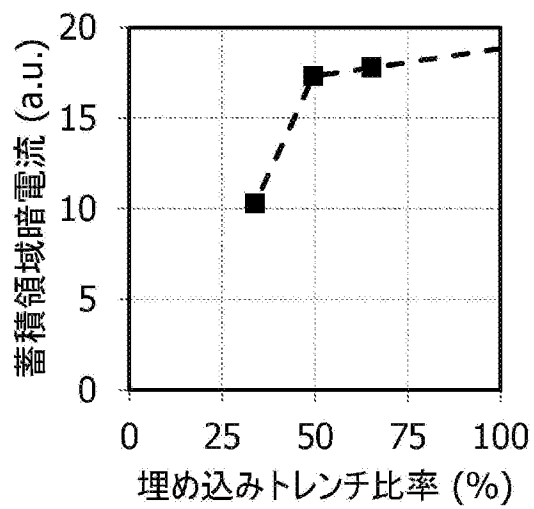
[図10A]



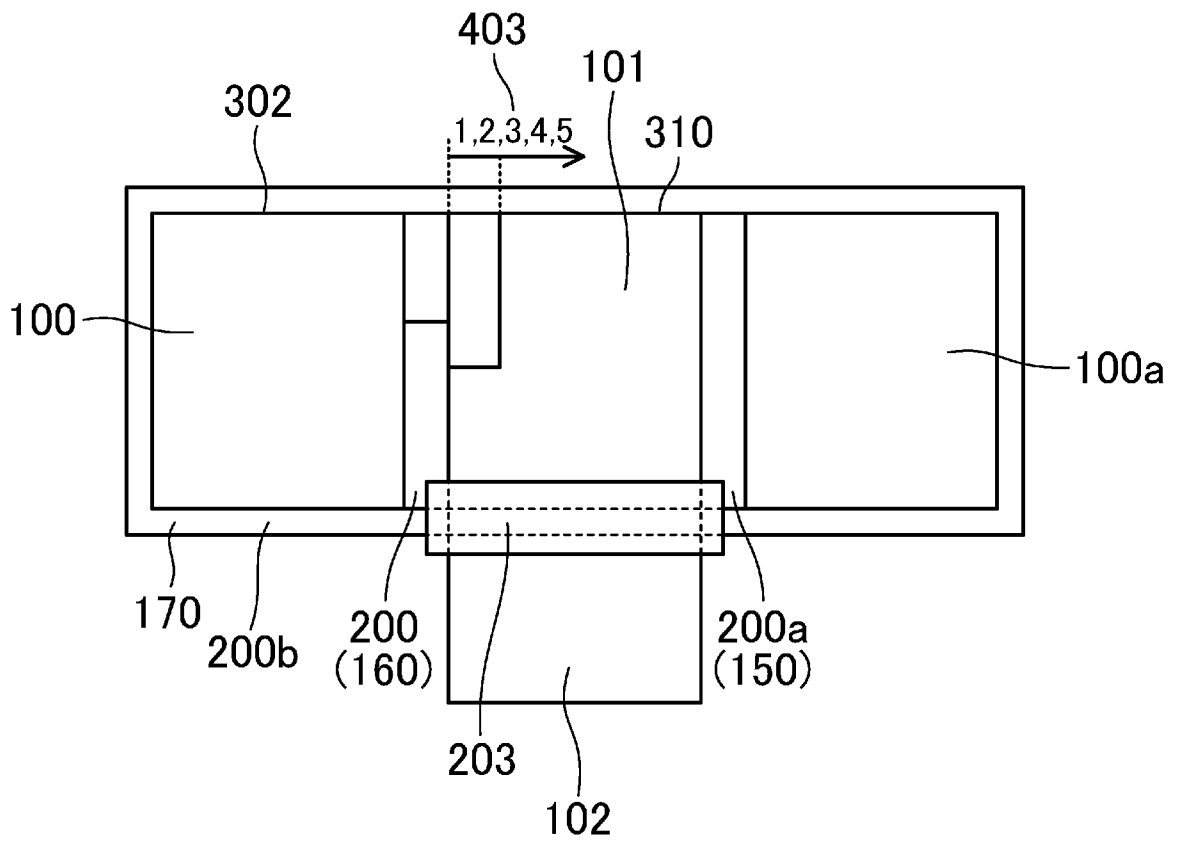
[図10B]



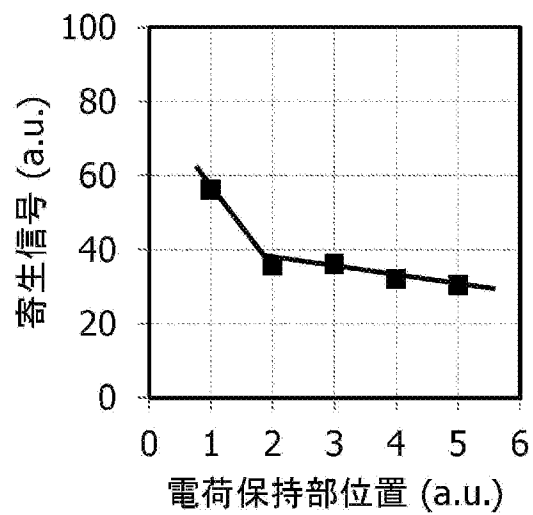
[図10C]



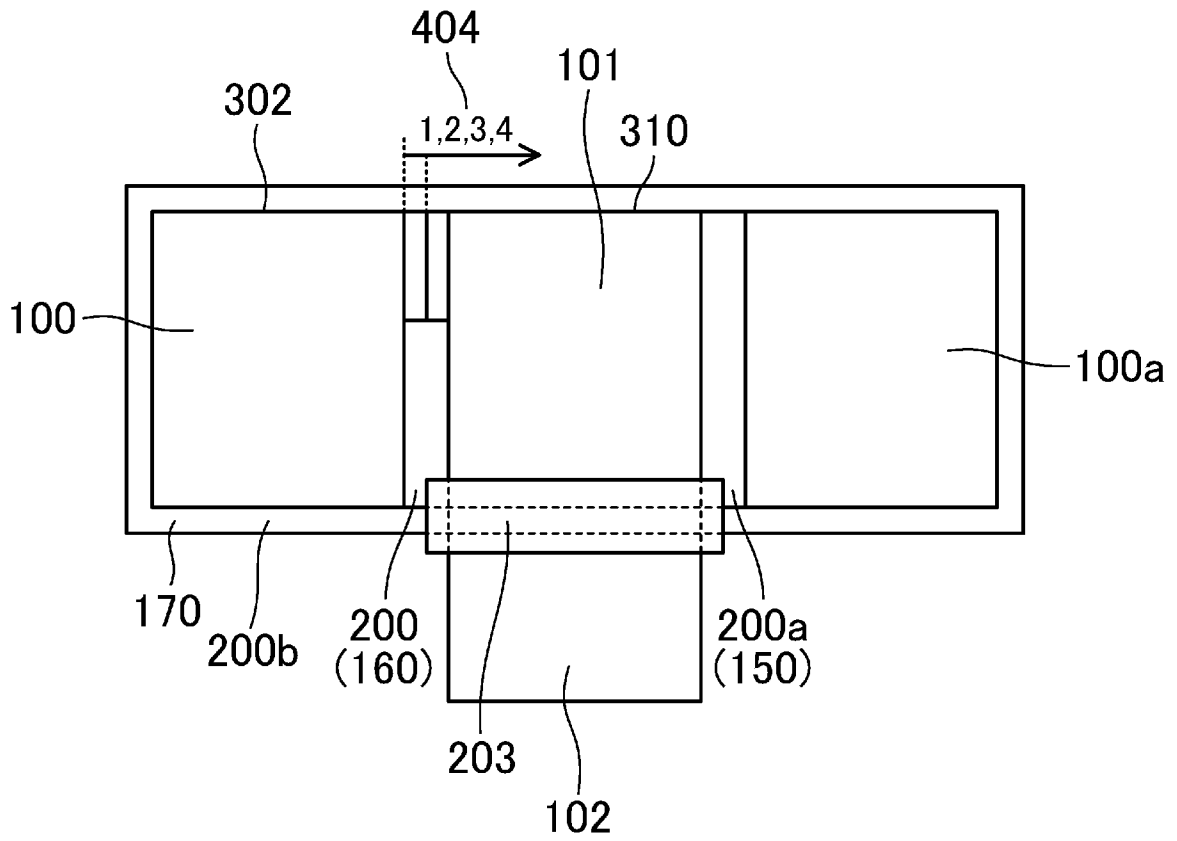
[図11]



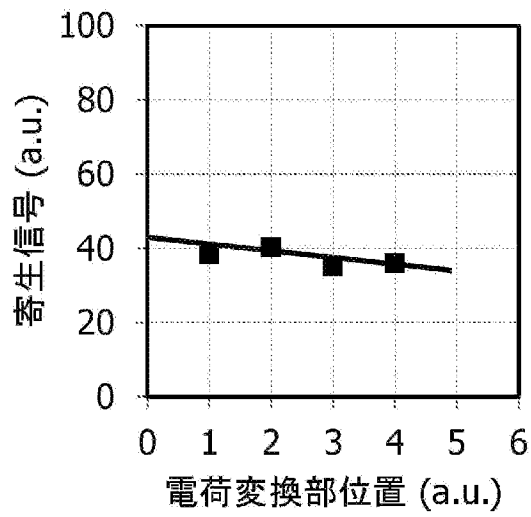
[図12]



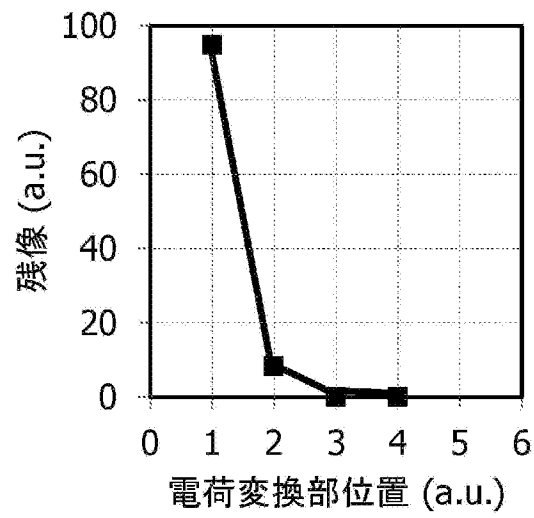
[図13]



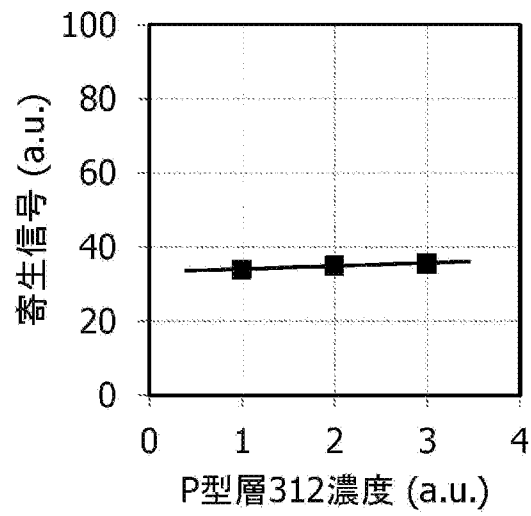
[図14A]



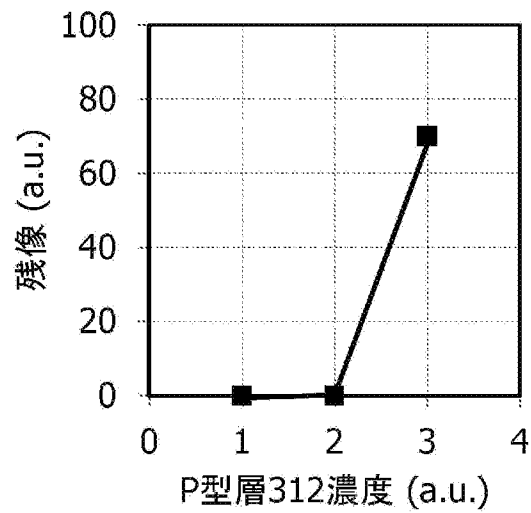
[図14B]



[図15A]



[図15B]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/042400

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 Int.Cl. H01L27/146 (2006.01) i, H04N5/359 (2011.01) i, H04N5/369 (2011.01) i, H04N5/374 (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, H04N5/359, H04N5/369, H04N5/374  
 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 1971-2017  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2017  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2017  
 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.
Y A	JP 2011-233589 A (SONY CORP.) 17 November 2011, paragraphs [0017], [0021]-[0022], [0031]-[0040], [0044], fig. 1-4 (Family: none)	1-3, 5-6 4
Y A	JP 2009-253149 A (CANON INC.) 29 October 2009, paragraphs [0008], [0017], fig. 1-3 & US 2009/0256230 A1, paragraphs [0028], [0038], fig. 1-3D & US 2013/0248955 A1 & US 2014/0291732 A1 & US 2015/0194452 A1 & US 2016/0020233 A1 & CN 101556961 A	1-3, 5-6 4
Y A	JP 2012-129798 A (SONY CORP.) 05 July 2012, paragraphs [0125]-[0127], fig. 12 & US 2012/0153126 A1, paragraphs [0123]-[0125], fig. 12 & US 2014/0319323 A1 & CN 102547168 A	1-3, 5-6 4

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 25 December 2017 (25.12.2017)	Date of mailing of the international search report 09 January 2018 (09.01.2018)
--	--

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/JP2017/042400

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-294531 A (NIKON CORP.) 08 November 2007, paragraphs [0010]-[0012], [0033]-[0036], fig. 2, 8-9 (Family: none)	2
Y	JP 2015-23250 A (SONY CORP.) 02 February 2015, paragraphs [0001], [0040], [0057]-[0061], fig. 10-12 & US 2015/0028189 A1, paragraphs [0002], [0073], [0090]-[0094], fig. 10-12 & CN 104349077 A	6
A	JP 2014-165270 A (SONY CORP.) 08 September 2014, fig. 3 & US 2014/0239155 A1, fig. 3 & CN 104009051 A	1-6
A	JP 2015-176969 A (CANON INC.) 05 October 2015, fig. 1-2 & US 2015/0264287 A1, fig. 1-2B & US 2016/0227139 A1	1-6

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, H04N5/359(2011.01)i, H04N5/369(2011.01)i, H04N5/374(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, H04N5/359, H04N5/369, H04N5/374

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y A	JP 2011-233589 A (ソニー株式会社) 2011.11.17, 段落[0017], [0021]-[0022], [0031]-[0040], [0044], 図 1-4 (ファミリーなし)	1-3, 5-6 4

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

25.12.2017

国際調査報告の発送日

09.01.2018

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)

鈴木 肇

5 F

9847

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
Y A	JP 2009-253149 A (キヤノン株式会社) 2009.10.29, 段落[0008], [0017], 図 1-3 & US 2009/0256230 A1, 段落[0028], [0038], 図 1-3D & US 2013/0248955 A1 & US 2014/0291732 A1 & US 2015/0194452 A1 & US 2016/0020233 A1 & CN 101556961 A	1-3, 5-6 4
Y A	JP 2012-129798 A (ソニー株式会社) 2012.07.05, 段落[0125]-[0127], 図 12 & US 2012/0153126 A1, 段落[0123]-[0125], 図 12 & US 2014/0319323 A1 & CN 102547168 A	1-3, 5-6 4
Y	JP 2007-294531 A (株式会社ニコン) 2007.11.08, 段落[0010]-[0012], [0033]-[0036], 図 2, 8-9 (ファミリーなし)	2
Y	JP 2015-23250 A (ソニー株式会社) 2015.02.02, 段落[0001], [0040], [0057]-[0061], 図 10-12 & US 2015/0028189 A1, 段落[0002], [0073], [0090]-[0094], 図 10-12 & CN 104349077 A	6
A	JP 2014-165270 A (ソニー株式会社) 2014.09.08, 図 3 & US 2014/0239155 A1, 図 3 & CN 104009051 A	1-6
A	JP 2015-176969 A (キヤノン株式会社) 2015.10.05, 図 1-2 & US 2015/0264287 A1, 図 1-2B & US 2016/0227139 A1	1-6