

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-208817  
(P2007-208817A)

(43) 公開日 平成19年8月16日(2007.8.16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 4 N 5/335 (2006.01)	HO 4 N 5/335 U	4 M 1 1 8
HO 1 L 27/14 (2006.01)	HO 4 N 5/335 E	5 C O 2 4
	HO 1 L 27/14 D	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2006-27201 (P2006-27201)  
(22) 出願日 平成18年2月3日(2006.2.3)

(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目1番1号  
(74) 代理人 100058479  
弁理士 鈴江 武彦  
(74) 代理人 100091351  
弁理士 河野 哲  
(74) 代理人 100088683  
弁理士 中村 誠  
(74) 代理人 100108855  
弁理士 蔵田 昌俊  
(74) 代理人 100075672  
弁理士 峰 隆司  
(74) 代理人 100109830  
弁理士 福原 淑弘

最終頁に続く

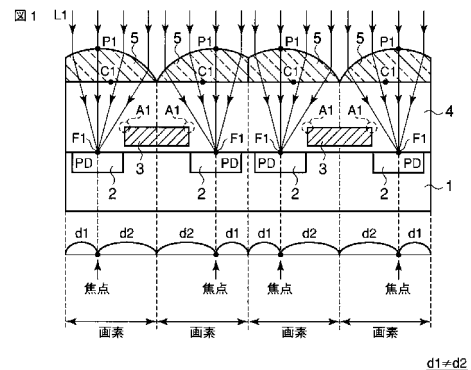
(54) 【発明の名称】 固体撮像装置

(57) 【要約】

【課題】面積を削減可能な半導体記憶装置及びそのデータ読み出し方法を提供すること。

【解決手段】固体撮像装置は、半導体基板 1 上に設けられ、入射光を光電変換する光検出部 2 を含む複数の画素と、前記光検出部 2 上に前記入射光 L 1 を集光する複数のレンズ 5 とを具備し、前記レンズ 5 は前記入射光 L 1 の入射面において一定の曲率を有し、且つ前記レンズ 5 の前記入射面における頂点 P 1 は、前記レンズ 5 の底面の中央 C 1 と、前記底面に対して水平な方向において異なる位置にある。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

半導体基板上に設けられ、入射光を光電変換する光検出部を含む複数の画素と、前記光検出部上に前記入射光を集光する複数のレンズとを具備し、前記レンズは前記入射光の入射面において一定の曲率を有し、且つ前記レンズの前記入射面における頂点は、前記レンズの底面の中央と、前記底面に対して水平な方向において異なる位置にあることを特徴とする固体撮像装置。

**【請求項 2】**

前記画素は、前記光検出部に隣接して設けられ且つ前記光検出部において前記入射光を光電変換して得られた電荷を読み出すスイッチ素子を更に含み、隣接する前記画素は、互いの前記スイッチ素子が隣接するようにして配置され、前記レンズは前記画素毎に設けられ、該レンズの頂点は、前記光検出部と前記スイッチ素子とが並ぶ方向において、該レンズの中心を挟んで前記スイッチ素子に対向するように位置することを特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。 10

**【請求項 3】**

前記半導体基板と前記レンズとの間に設けられた複数の金属配線層を更に備え、前記レンズは前記画素毎に設けられ、該レンズの頂点は、前記光検出部の表面の中心を含む前記半導体基板表面に対する垂線を挟んで対向する 2 本の前記金属配線層のうち、前記半導体基板表面に対して水平な方向において、前記垂線に近い一方の前記金属配線層と前記垂線を挟んで対向するように位置することを特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。 20

**【請求項 4】**

複数の前記画素が二次元に配置された受光面の中央部に位置する前記レンズの曲率は、前記受光面の周辺部に位置する前記レンズの曲率よりも大きいことを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか 1 項記載の固体撮像装置。

**【請求項 5】**

半導体基板上に設けられ、入射光を光電変換する光検出部を含む画素と、複数の前記画素が二次元に配置された受光面と、前記受光面上に設けられ、前記光検出部上に前記入射光を集光する複数のレンズとを具備し、各々の前記レンズは、前記入射光が入射する入射面において一定の曲率を有し、且つ前記受光面の中央部に位置する前記レンズの曲率は、前記受光面の周辺部に位置する前記レンズの曲率よりも大きいことを特徴とする固体撮像装置。 30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

この発明は、固体撮像装置に関する。特に、固体撮像装置において画素に入射される光を集光するマイクロレンズに関する。 40

**【背景技術】****【0002】**

電子カメラの小型化には、イメージエリアの縮小を行って光学系の小型化を行うことが有効である。このため、CMOS センサの画素サイズのシュリンクが要求されている。従来、画素サイズのシュリンクを行うため、複数のフォトダイオードで画素内のトランジスタを共有し、フォトダイオードあたりのトランジスタ数を削減する試みが行われている（例えば特許文献 1 参照）。

**【0003】**

上記従来 of CMOS センサは、入射光を集光するマイクロレンズと、マイクロレンズによって集光された入射光を電荷に変換するフォトダイオードとを有している。通常、マイ 50

クロレンズの断面形状は左右対称である（例えば特許文献2参照）。従って、焦点の位置は、マイクロレンズの頂点直下、すなわちマイクロレンズの底面のほぼ中心直下に位置することになる。

【0004】

しかし上記構成であると、マイクロレンズは等間隔で配置されているので焦点の位置も等間隔となる。その結果、フォトダイオードに隣接するMOSトランジスタのゲートによって入射光が遮られ、CMOSエリアセンサの光感度が低下するという問題があった。

【特許文献1】特開平10-150182号公報

【特許文献2】特公昭60-59752号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

この発明は、光感度の低下を抑制出来る固体撮像装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明の第1の態様に係る固体撮像装置は、半導体基板上に設けられ、入射光を光電変換する光検出部を含む複数の画素と、前記光検出部上に前記入射光を集光する複数のレンズとを具備し、前記レンズは前記入射光の入射面において一定の曲率を有し、且つ前記レンズの前記入射面における頂点は、前記レンズの底面の中央と、前記底面に対して水平な方向において異なる位置にある。

20

【0007】

またこの発明の第2の態様に係る固体撮像装置は、半導体基板上に設けられ、入射光を光電変換する光検出部を含む画素と、複数の前記画素が二次元に配置された受光面と、前記受光面上に設けられ、前記光検出部上に前記入射光を集光する複数のレンズとを具備し、各々の前記レンズは、前記入射光が入射する入射面において一定の曲率を有し、且つ前記受光面の中央部に位置する前記レンズの曲率は、前記受光面の周辺部に位置する前記レンズの曲率よりも大きい。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、光感度の低下を抑制出来る固体撮像装置を提供出来る。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、この発明の実施形態を図面を参照して説明する。この説明に際し、全図にわたり、共通する部分には共通する参照符号を付す。

【0010】

この発明の第1の実施形態に係る固体撮像装置について図1及び図2を用いて説明する。図1及び図2はそれぞれ本実施形態に係る固体撮像装置の断面図及び平面図であり、固体撮像装置のイメージエリアの特に中心部について示している。また図1は図2におけるX1-X1'線に沿った断面図に相当する。

【0011】

40

図示するように半導体基板1の表面内には複数のフォトダイオード2が設けられている。フォトダイオード2は、半導体基板1の表面内に、例えばイオン注入等の方法によって半導体基板1と反対導電型の不純物を導入することによって形成される。隣接するフォトダイオード2間の半導体基板1上には、ゲート電極3がゲート絶縁膜を介在して設けられている。そして上記フォトダイオード2及びゲート電極3を被覆するようにして、半導体基板1上には絶縁膜4が設けられている。絶縁膜4上には、各フォトダイオード2に対応するようにしてマイクロレンズ5が設けられている。上記構成において、各々が1つのフォトダイオードを含んで複数の画素が構成されている。

【0012】

本実施形態に係るマイクロレンズ5の頂点P1は、マイクロレンズ5の一端から距離d

50

1の位置にあり、且つマイクロレンズ5の他端から距離 $d_2$ ( $d_1$ )の位置にある。従って、頂点 $P_1$ の位置は、マイクロレンズ5の底面に対する水平方向において、底面の中央 $C_1$ と異なる位置にある。換言すれば、マイクロレンズ5の頂点 $P_1$ 、すなわち焦点 $F_1$ は、マイクロレンズ5の底面の中央 $C_1$ を含む底面に対する垂線上から $d_3$ だけずれた位置に存在する(図2参照)。更に言い換えれば、図1に示すようにマイクロレンズ5は、左右非対称の断面形状を有している。なお頂点 $P_1$ とは、マイクロレンズ5において膜厚が最も大きい位置であると定義する。またマイクロレンズ5は、入射光 $L_1$ が入射する入射面において、均一の曲率を有しており、その曲率は焦点 $F_1$ がフォトダイオード2表面に位置するように設定されている。

**【0013】**

またマイクロレンズ5の頂点 $P_1$ は、フォトダイオード2とゲート電極3とが並ぶ方向において、マイクロレンズ5の中心 $C_1$ を挟んでゲート電極3に対向するように位置する。すなわち、マイクロレンズ5の頂点 $P_1$ は、フォトダイオード2とゲート電極3とが並ぶ方向において、ゲート電極3に近い方の端部(一端)と遠い方の端部(他端)のうち、遠い方の端部側に設けられる。つまり図2において、フォトダイオード2及びゲート電極3が並ぶ方向に沿って、 $P_1$ 、 $C_1$ 、ゲート電極3の順に並ぶように頂点 $P_1$ が設けられる。

**【0014】**

上記構成において、入射光 $L_1$ がマイクロレンズ5に到達すると、入射光 $L_1$ はスネルの法則に従って屈折する。屈折した入射光 $L_1$ は、各マイクロレンズ5に対応したフォトダイオード2上に像を結ぶ。フォトダイオード2は入射された光 $L_1$ を光電変換によって電荷に変換する。

**【0015】**

上記構成によれば、下記(1)の効果が得られる。

(1) 固体撮像装置の光感度の低下を抑制出来る(その1)。

本実施形態に係る構成であると、フォトダイオード上に入射光を集光するマイクロレンズ底面に水平な方向において、該マイクロレンズの頂点が底面の中心とずれた位置にある。従って、固体撮像装置の光感度の低下を抑制出来る。本効果について以下詳細に説明する。

**【0016】**

図3は従来 of 固体撮像装置の断面図である。図示するように半導体基板101の表面内にフォトダイオード102が設けられ、隣接するフォトダイオード102間の半導体基板101上にはゲート電極103が設けられている。そしてフォトダイオード102及びゲート電極103を被覆するようにして半導体基板101上に絶縁膜104が設けられ、絶縁膜104上にマイクロレンズ105が設けられている。従来構成におけるマイクロレンズ105は、その断面形状が頂点 $P_{101}$ に対して左右対称である。つまりマイクロレンズ105の頂点 $P_{101}$ は、フォトダイオード102とゲート電極103とが並ぶ方向におけるマイクロレンズ105の両端から等しい距離に位置する。従って、マイクロレンズ105の頂点 $P_{101}$ 、底面の中心 $C_{101}$ 、及び焦点 $F_{101}$ の全ては、フォトダイオード102表面からの垂線上に位置する。

**【0017】**

すると、マイクロレンズ105は等間隔で配置されているため、焦点 $F_{101}$ の位置も等間隔となる。他方、フォトダイオード102の配置は等間隔でなく、ゲート電極103を挟む領域では間隔が広く、ゲート電極を挟まない領域では間隔が狭い。その結果、マイクロレンズ105で集光された入射光 $L_{101}$ は、その一部がゲート電極103に遮られる(図3における領域 $A_{101}$ )。そのため、固体撮像装置の光感度が低下するという問題があった。

**【0018】**

これに対して本実施形態に係る構成であると、マイクロレンズ5の頂点 $P_1$ は、マイクロレンズ5の底面に対して水平方向において(すなわち、フォトダイオード2表面に対し

10

20

30

40

50

て水平方向において)、マイクロレンズ5底面の中心C1とずれた位置にある。従って、マイクロレンズ5は等間隔で配置されているが、各マイクロレンズ5の焦点位置は等間隔ではない。より具体的には、図2で説明したようにマイクロレンズ5の頂点P1は、フォトダイオード2とゲート電極3とが並ぶ方向において、ゲート電極3に近い方の端部(一端)と遠い方の端部(他端)のうち、遠い方の端部側に設けられる。従って、マイクロレンズ5の焦点位置は、従来に比べてゲート電極3から遠い位置となる。そのため、マイクロレンズ5で集光された入射光L1はゲート電極3の角部(図1における領域A1)を避けるようにしてフォトダイオード2へ入射する。また、例え遮られたとしても従来に比べてその量は少なく済む。その結果、より多くの光がフォトダイオード2へ入射することとなり、固体撮像装置の光感度の低下を抑制出来る。

10

## 【0019】

次にこの発明の第2の実施形態に係る固体撮像装置について図4を用いて説明する。図4は本実施形態に係る固体撮像装置の断面図である。本実施形態は、上記第1の実施形態において絶縁膜4内に金属配線層が設けられている場合に関するものである。

## 【0020】

図示するように本実施形態に係る固体撮像装置は、第1の実施形態で説明した図1の構成において、絶縁膜4内に設けられた複数の金属配線層6を更に備えている。なお金属配線層6は、図面を記載した紙面の垂線方向に伸びるように形成されているものとする。また図4ではゲート電極3の図示を省略している。本実施形態に係るマイクロレンズ5の頂点P2は、マイクロレンズ5の一端から距離d4の位置にあり、且つマイクロレンズ5の他端から距離d5( $> d4$ )の位置にある。図5及び図6は図4における1つの画素の拡大図であり、それぞれ断面及び平面構造を示しており、図5は図6におけるX2-X2'線に沿った断面に相当する。

20

## 【0021】

図5及び図6に示すように、マイクロレンズ5の底面に対する水平方向において、マイクロレンズ5の頂点P2、すなわち焦点F2は、マイクロレンズ5の底面の中央C2を含むマイクロレンズ5底面に対する垂線V1から距離d6だけずれた位置に存在する。すなわち、第1の実施形態と同様にマイクロレンズ5は左右非対称の断面形状を有している。勿論、マイクロレンズ5は入射光L2が入射する入射面において均一の曲率を有している。

30

## 【0022】

また、垂線V1を挟んで位置する2つの金属配線層6の垂線V1との距離をd7、d8( $d7 < d8$ )とすると、垂線V1に近い一方の金属配線層6を配線W1、遠い金属配線層6を配線W2と呼ぶことにする。すると、マイクロレンズ5の頂点P2は、垂線V1を挟んで配線W1と対向するように位置している。換言すれば、マイクロレンズ5の頂点P2と焦点F2とを結ぶ直線V2は、配線W2と垂線V1との間に位置している。

## 【0023】

上記構成によれば、下記(2)の効果が得られる。

(2) 固体撮像装置の光感度の低下を抑制出来る(その2)。

本実施形態に係る構成であると、マイクロレンズ5の頂点P2は、第1の実施形態と同様にマイクロレンズ5の底面に対して水平方向において、マイクロレンズ5底面の中心C2とずれた位置にある。従って、マイクロレンズ5は等間隔で配置されているが、各マイクロレンズ5の焦点位置は等間隔ではない。より具体的には、図5及び図6で説明したように、マイクロレンズ5の底面に対する水平方向においてマイクロレンズ5の頂点P2は、画素の中心を通る垂線V1を挟んで位置する2つの金属配線層6のうち、垂線V1に近い方の配線W2に近接するように設けられている。従って、マイクロレンズ5の焦点位置は、従来に比べて配線W1から遠い位置となる。そのため、マイクロレンズ5で集光された入射光L2は金属配線層6、特に配線W1の角部を避けるようにしてフォトダイオード2へ入射する。また、例え遮られたとしても従来に比べてその量は少なく済む。その結果、より多くの光がフォトダイオード2へ入射することとなり、固体撮像装置の光感度の

40

50

低下を抑制出来る。

【0024】

つまり、上記第1の実施形態と同様の作用により、入射光L2が金属配線層6に遮られることを防止する。しかし、金属配線層6は第1の実施形態で説明したゲート電極よりも上のレベルにある、すなわちマイクロレンズ5により近い位置にあることが通常である。従って、金属配線層6はゲート電極よりも入射光L2を遮りやすい。従って、本実施形態に係るマイクロレンズ5を用いることは、第1の実施形態の場合よりもより効果がある。

【0025】

次にこの発明の第3の実施形態に係る固体撮像装置について説明する。本実施形態は、上記第1、第2の実施形態で説明したマイクロレンズ5を、2つのフォトダイオードで増幅トランジスタを共用する固体撮像装置に適用したものである。図7は固体撮像装置のブロック図である。

10

【0026】

図示するように固体撮像装置10は、クランプ回路11、サンプルホールド回路12、垂直方向選択回路13、水平方向選択回路14、及び受光部20を備えている。

受光部20は、入射光の光電変換を行うユニットセル21を複数備えている。図7においては、ユニットセル21は(2×3)個しか示されていないが、その数は特に限定されるものではない。複数のユニットセル21はマトリクス状に配置され、垂直信号線22に列毎に共通接続されている。また同一行のユニットセル21は、同一のアドレス信号線AD、リセット信号線RS、及び読み出し信号線RD1、RD2に共通接続される。アドレス信号線AD、リセット信号線RS、及び読み出し信号線RD1、RD2は、垂直方向選択回路13によって選択される。

20

【0027】

クランプ回路11は、各垂直信号線22の一端に接続されており、垂直信号線22に読み出された信号をクランプする。なお、垂直信号線22の他端はロードトランジスタ23を介して接地電位に接続されている。

【0028】

サンプルホールド回路12は、上記クランプ回路11でクランプされた信号を標本化して保持する。そして、サンプルホールド回路12で保持された信号は、読み出し用トランジスタ24を介して出力ノードOUTに出力される。読み出し用トランジスタ24のゲートは、水平方向選択回路14によって制御される。

30

【0029】

次にユニットセル21の構成について図8を用いて説明する。図8は図7における1つのユニットセル21の回路図である。図示するようにユニットセル21は、2つの画素25、25と1つの信号出力部27とを備えている。画素25の各々は、読み出しトランジスタ28とフォトダイオード29とを備えている。同一のユニットセル21に含まれる2つの読み出しトランジスタ28のゲートはそれぞれ読み出し信号線RD1、RD2に接続され、ドレインが対応する画素25内におけるフォトダイオード29のアノードに接続されている。フォトダイオード29のカソードは接地されている。

【0030】

信号出力部26は、増幅トランジスタ30、アドレストランジスタ31、及びリセットトランジスタ32を備えている。増幅トランジスタ30は、ゲートが2つの画素25におけるトランジスタ28のソースに接続され、ソースが垂直信号線22に接続され、ドレインがトランジスタ31のソースに接続されている。アドレストランジスタ31は、ゲートがアドレス信号線ADに接続され、ドレインが電源電位VDDに接続されている。リセットトランジスタ32は、ゲートがリセット信号線RSに接続され、ソースが2つの画素25におけるトランジスタ28のソースに接続され、ドレインが電源電位VDDに接続されている。すなわち、2つの画素25によって1つの信号出力部26が共有されている。

40

【0031】

図9は図8に示すユニットセル21の平面図である。図示するように、2つのフォトダ

50

イオード 29 が第 1 方向に沿って配置されている。2 つのフォトダイオード 29 間には信号出力部 26 を第 1 方向に沿って挟むようにしてトランジスタ 28 が設けられ、トランジスタ 28 のゲート 33 が第 1 方向に直交する第 2 方向に沿って形成されている。なお図 9 では信号出力部 26 の詳細の図示を省略している。

#### 【0032】

図 10 は図 9 における X3 - X3' 線に沿った方向の断面図である。断面構成は第 1 の実施形態とほぼ同様である。すなわち図示するように、半導体基板 40 の表面内には複数のフォトダイオード 29 が設けられている。隣接するフォトダイオード間の半導体基板 40 上には、ゲート絶縁膜を介在して 2 つのトランジスタ 28 のゲート電極 33 が設けられている。また隣接するゲート電極 33 間の半導体基板 40 内には、2 つのトランジスタ 28 のソース領域 41 が設けられている。なお図 10 では信号出力部 26 の図示を省略している。そして、上記フォトダイオード 29 及びトランジスタ 28 を被覆するようにして、半導体基板 40 上に絶縁膜 42 が設けられている。絶縁膜 42 上には、各画素 25 に対応するようにしてマイクロレンズ 34 が設けられている。従って、1 つのユニットセル 21 あたり 2 つのマイクロレンズ 34 が含まれる。

10

#### 【0033】

本実施形態に係る固体撮像装置の備えるマイクロレンズ 34 は、その頂点 P3 (焦点 F3) と、底面の中心 C3 との間に、第 1 の実施形態と同様の関係を有している。すなわち、マイクロレンズ 34 の頂点 P3、すなわち焦点 F3 は、マイクロレンズ 34 の底面の中央 C3 を含む垂線から d9 だけ、ゲート電極 33 から遠ざかるようにずれた位置に存在する。更に言い換えれば、図 10 に示すようにマイクロレンズ 34 は、左右非対称の断面形状を有している。

20

#### 【0034】

次に上記構成の固体撮像装置の動作について簡単に説明する。まず受光部 20 においていずれかのユニットセル 21 が選択される。この選択動作は、垂直方向選択回路 13 の出力するアドレス信号 AD によっていずれかのユニットセル 21 におけるアドレストランジスタ 31 がオン状態とされ、且ついずれかの垂直信号線 22 に接続されるロードトランジスタ 23 がオン状態とされることによって行われる。

#### 【0035】

また、垂直信号線 22 を一定の基準電位とするリセット動作が行われる。リセット動作は、垂直方向選択回路 13 によってリセット信号 RS がアサートされることにより、選択された単位画素内のリセットトランジスタ 32 がオン状態とされることで行われる。リセットトランジスタ 32 がオン状態になると、トランジスタ 32 の電流経路を介して増幅トランジスタ 30 のゲートに VDD が与えられ、トランジスタ 30 はオン状態となる。すると、アドレストランジスタ 31 がオン状態であるから、電源電位 VDD からトランジスタ 31、30 の電流経路を介して垂直信号線 22 に達するパスによって、垂直信号線 22 は一定の基準電位とされる。

30

#### 【0036】

そして、垂直方向選択回路 13 は、読み出し信号線 RD1、RD2 のいずれかを選択する。すると、選択された読み出し信号線 RD1、RD2 のいずれかに接続された読み出しトランジスタ 28 がオン状態となる。従って、トランジスタ 28 がオン状態とされた画素 25 においては、フォトダイオード 29 において入射光に応じて発生した電荷がトランジスタ 28 の電流経路を介して増幅トランジスタ 30 のゲートに達する。その結果、フォトダイオード 29 における光電変換の結果に応じて垂直信号線 22 の電位が変動する。つまり、フォトダイオード 29 で得られた電荷に応じて、画像信号が垂直信号線 22 に与えられる。そして画像信号は、クランプ回路 11、サンプルホールド回路 12 及び読み出し用トランジスタ 24 を介して出力ノード OUT に読み出される。

40

#### 【0037】

上記のように、本実施形態に係る固体撮像装置であると、第 1 の実施形態で説明した (1) の効果が得られる。この効果 (1) は、本実施形態のように信号出力部 26 を複数の

50

画素で共用する場合に特に顕著に得られる。図 9 及び図 10 に示すように、信号出力部 26 を 2 つの画素 25 で共用する場合、2 つの画素 25 の間にトランジスタ 28 及び信号出力部 26 が配置される。従って画素 25 毎の形状は、図 10 に示す方向において左右非対称となり、画素 25 の一端側にゲート電極 33 が位置するパターンとなる。従って、画素 25 の中心（すなわちマイクロレンズ 5 の中心）の位置はフォトダイオード 29 の中心の位置と異なり、入射光はゲート電極 33 に遮られやすい。

#### 【0038】

しかし本実施形態であると、フォトダイオード 29 上に入射光を集光するマイクロレンズ 34 底面に対する水平方向において、該マイクロレンズ 34 の頂点 P3 が底面の中心 C3 とずれた位置にある。従って、入射光がゲート電極に遮られることを防止し、第 1 の実施形態で説明したように固体撮像装置の光感度の低下を抑制出来る。

10

#### 【0039】

次にこの発明の第 4 の実施形態に係る固体撮像装置について説明する。本実施形態は上記第 3 の実施形態において、1 つのユニットセル 21 が 4 つの画素 25 を含み、また受光部 20 が読み出し信号線 RD1、RD2 の他に RD3、RD4 を含むものである。読み出し信号線 RD1 ~ RD4 は垂直方向選択回路によって選択される。図 11 は本実施形態に係る固体撮像装置が備えるユニットセル 21 の回路図である。

#### 【0040】

図示するようにユニットセル 21 は、4 つの画素 25 - 1 ~ 25 - 4 と 1 つの信号出力部 26 とを備えている。画素 25 - 1 ~ 25 - 4 及び信号出力部 26 の構成は第 3 の実施形態で説明したとおりである。信号出力部 26 は、4 つの画素 25 - 1 ~ 25 - 4 によって共用されている。従って、4 つの画素 25 - 1 ~ 25 - 4 の各々に含まれる読み出しトランジスタ 28 のソースは、信号出力部 26 における増幅トランジスタ 30 のゲート及びリセットトランジスタ 32 のソースに共通接続される。また 4 つの画素 25 - 1 ~ 25 - 4 の各々に含まれる読み出しトランジスタ 28 のゲートは、それぞれ読み出し信号線 RD1 ~ RD4 に接続される。読み出し信号線 RD1 ~ RD4 は、アドレス信号線 AD 及びリセット信号線 RS と同様に垂直方向選択回路 13 によって選択される。以上の構成において、画素 25 - 1 ~ 25 - 4 は図示せぬカラーフィルタを備え、それぞれ緑 (Gr)、赤 (R)、青 (B)、緑 (Gb) の入射光を検出する。

20

#### 【0041】

図 12 は、本実施形態に係る 4 つのユニットセル 21 の平面図であり、図 13 は図 12 における X4 - X4' 線に沿った断面図である。図示するように、1 つのユニットセル 21 内には 4 つの画素 25 - 1 ~ 25 - 4 が (2 x 2) のマトリクス状に配置されており、受光部 20 において奇数列に画素 25 - 1、25 - 3 が並び、偶数列に画素 25 - 2、25 - 4 が並んでいる。また同一ユニットセル 21 内において第 1 方向で隣接する画素 25 - 1 と 25 - 2、及び画素 25 - 3 と 25 - 4 は、互いの読み出しトランジスタ 28 同士が近接するように配置されている。そして、各画素 25 - 1 ~ 25 - 4 毎に、上記第 3 の実施形態で説明したマイクロレンズ 34 が設けられている。第 3 の実施形態で説明したとおり、マイクロレンズ 34 はその頂点 P3 と焦点 F3 とを結ぶ直線が、マイクロレンズ 34 底面の中心 C3 から間隔 d9 だけずれた異なる位置にある。

30

40

#### 【0042】

上記構成の固体撮像装置であると、受光部 20 において奇数列にある画素 25 - 1、25 - 3 のフォトダイオード 29、及び偶数列にある画素 25 - 2、25 - 4 のフォトダイオード 29 は、各画素 25 - 1 ~ 25 - 4 内において、対応する信号出力部 26 から離隔するように配置されている。そして各画素に対応するマイクロレンズ 34 の頂点 P3 は、隣接する画素と中心 C3 を挟んで第 1 方向に沿って対向するように位置する。従って図 12 の例であると、受光部 20 において各画素 25 - 1、25 - 3 に対応するマイクロレンズ 34 の頂点 P3 は、中心 C3 よりも右側に位置し、且つこれらは第 2 方向に沿って同一列に位置する。また、各画素 25 - 2、25 - 4 に対応するマイクロレンズ 34 の頂点 P3 は、中心 C3 よりも左側に位置し、且つこれらは第 2 方向に沿って同一列に位置する。

50



## 【0043】

以上のような固体撮像装置であっても、上記第1、第3の実施形態で説明した(1)の効果が得られる。

## 【0044】

次にこの発明の第5の実施形態に係る固体撮像装置について説明する。本実施形態は、上記第1、第2の実施形態で説明したマイクロレンズ5を、特願2005-118752号に適用したものである。図14は固体撮像装置の備える受光部の平面図である。

## 【0045】

本実施形態に係る固体撮像装置は、第3の実施形態で説明した図7乃至図9の構成において、読み出しトランジスタ28のゲート33の位置を変えたものである。図14は本実施形態に係る固体撮像装置の受光部20の平面図である。図示するように、受光部20においては複数個の画素25がマトリクス状に配置されている。

10

## 【0046】

図示するようにユニットセル21は、上記第3の実施形態において説明した図9と同様の構成を有しており、第1方向で隣接する2つの画素25を含んでいる。受光部20において複数の画素25は、奇数列にあるユニットセル21が偶数列にあるユニットセル21と画素1個分だけずれるように、市松状に配置されている。そしてあるユニットセル21内の信号出力部26は、当該ユニットセル21内の2つの画素25間から、第2方向で隣接する2つのユニットセル21間にわたって配置されている。

## 【0047】

つまり、図14において奇数列にあり且つゲート33がフォトダイオード29の下方にある画素25に第2方向で隣接する画素25では、ゲート33はフォトダイオード29の上方にある。逆に奇数列にあり且つゲート33がフォトダイオード29の上方にある画素25に第2方向で隣接する画素25では、ゲート33はフォトダイオード29の下方にある。

20

## 【0048】

以上のような構成においても、第3の実施形態で説明したマイクロレンズ34を用いることが出来る。すると、第2方向で隣接する画素25のゲート33は、画素25の中心を挟んで第1方向に互い違いに配置されているので、マイクロレンズ34の頂点P3すなわち焦点F3の位置も、第2方向で隣接する画素25間で、第1方向に互い違いとなる。本実施形態に係る構成であっても、上記第1、第3の実施形態で説明した(1)の効果が得られる。

30

## 【0049】

次にこの発明の第6の実施形態に係る固体撮像装置について説明する。本実施形態は、受光部内の位置に応じてマイクロレンズの曲率を変化させることによって、固体撮像装置の光感度を向上させるものである。

## 【0050】

固体撮像装置の構成は、第1の実施形態で説明した図7のとおりである。図15は受光部20の断面構成と、マイクロレンズの曲率を示す図である。図示するように、フォトダイオード29の上方には絶縁膜42を介在してマイクロレンズ43が画素毎に設けられている。各マイクロレンズ43における光の入射面の曲率はマイクロレンズ43毎に一定である。また各マイクロレンズ43の曲率は、受光部20の中央において最も高く、端部に行くに従って低くなっていく。なお図15においては、図面の簡単化のためゲート電極33の図示は省略した。

40

## 【0051】

本構成であると、下記(3)の効果が得られる。

(3) 固体撮像装置の光感度の低下を抑制出来る(その3)。

本実施形態に係る構成であると、入射光は受光面20の端部においても効率よくフォトダイオード29に入射するため、固体撮像装置の光感度の低下を抑制出来る。以下、本効果について、図16を用いて受光面の中央と端部とでマイクロレンズ43の曲率が一定で

50

ある場合と比較しつつ説明する。図16は受光部20の断面図である。

【0052】

図示するようにマイクロレンズ105は、受光部20内の全領域において同一の曲率を有している。従って、マイクロレンズ43の焦点距離（マイクロレンズ43表面から焦点F101までの距離）は、受光部の中央及び端部で同一である。また入射光は受光部の中央ではマイクロレンズ105に対して垂直に入射するが、端部ではマイクロレンズ105に対して斜めに入射する。すると、例えばマイクロレンズ105の焦点距離が受光部の中央部においてフォトダイオード102の表面に像を結ぶように設計されている場合、受光部の中央部から離れるに従って焦点F101はフォトダイオード102表面から大きく離れる。その結果、入射光の一部はフォトダイオード102に入射せず、固体撮像装置の光感度低下の原因となる。

10

【0053】

これに対して本実施形態であると、図15に示すように受光部20の中央部から離れるに従ってマイクロレンズ43の曲率が小さくされている。換言すれば、受光部20の中央部から離れるに従い、マイクロレンズ43の焦点距離（マイクロレンズ43から焦点F4までの距離）が長くなる。そのため、受光部20の端部においてもマイクロレンズ43の焦点F4はフォトダイオード29表面に位置する。よって、入射光は効率的にフォトダイオード29に入射するので、固体撮像装置の光感度を向上出来る。

【0054】

次にこの発明の第7の実施形態に係る固体撮像装置について説明する。本実施形態は、上記第1乃至第5の実施形態と上記第6の実施形態とを組み合わせたものである。図17は固体撮像装置の受光部20の一部領域の断面図である。図17でも図面の簡単化のため、ゲート電極33及び金属配線層6の一部の図示を省略している。

20

【0055】

図示するように、本実施形態に係る固体撮像装置の備えるマイクロレンズ44は、マイクロレンズ44毎に一定の曲率を有し、且つ受光部20の中央から端部に行くに従って曲率は小さくなっていく。また第1乃至第5の実施形態で説明したように、マイクロレンズ44の頂点P5と底面の中心C5は水平方向において異なる位置にある。

【0056】

本実施形態に係る構成であると、上記第1乃至第3の実施形態で説明した(1)、(2)の効果と、第6の実施形態で説明した(3)の効果を併せて得られる。

30

【0057】

上記のように、この発明の第1乃至第5の実施形態に係る固体撮像装置によれば、フォトダイオードへの入射光を集光するマイクロレンズは、その入射面の曲率が一定とされ、且つ頂点は該マイクロレンズの水平方向において底面の中心とずれた位置にある。従って、マイクロレンズは画素の中心からずれた位置に焦点を有する。そのため、入射光がゲート電極等によって遮られることを防止出来、固体撮像装置の光感度の低下を抑制出来る。

【0058】

また第6、第7の実施形態に係る固体撮像装置によれば、マイクロレンズの曲率を受光部の中央において大きく端部において小さくしている。その結果、マイクロレンズに対して光が斜めに入射する受光部端部においても光はフォトダイオードに効率良く入射する。よって、固体撮像装置の光感度の低下を抑制出来る。

40

【0059】

なお上記第1乃至第7の実施形態において、曲率が「一定」なる文言は、例えば次のような誤差を許容するものである。図18はマイクロレンズの断面図であり、入射光が集光される様子を示している。まずマイクロレンズ50が光軸OP1に対して左右対称（曲率R）であったとすると（CASE1）、マイクロレンズ50の左側及び右側の焦点距離は共にfである。従って、理想光学系を仮定すれば、マイクロレンズ50からフォトダイオード51に射出された光線は一点で交わる。この点が焦点F6である。

【0060】

50

しかしマイクロレンズが光軸OP1に対して左右非対称であり、光軸OP1に対して左側の曲率がRで焦点距離がf、右側の曲率がR'で焦点距離がf'であったとする(CASE2)。すると、マイクロレンズ52で集光された光線は一点で交わらない。そのため、マイクロレンズ52の最も右側で集光された光と最も左側で集光された光とが交わる部分において、光線は幅xを持つことになる。この幅xは次式で表される。

【0061】

$$x = a \cdot |f - f'| / (f + f')$$

但しaはマイクロレンズ52の半径である。光が電磁波であることを考えると、そもそも光は波長程度の広がりを持つ。従って、この幅xが波長程度であれば実用上問題はないと考えられる。特に可視光センサの場合には、人間の視感度が最も高い555nmよりもxが小さければ、マイクロレンズ50の曲率が左右で異なる影響は小さい。すなわち、

$$x = a \cdot |f - f'| / (f + f') < (= 555 \text{ nm})$$

を満たすことが望ましい。勿論、は固体撮像装置によって適宜選択することが出来る。なおマイクロレンズ52の曲率半径と焦点の関係式は次式で表される。

【0062】

$$(1/f) = (n_L - 1) / R$$

但しn<sub>L</sub>はマイクロレンズ52の屈折率である。よって、次式が導かれる。

【0063】

$$x = a \cdot |R - R'| / (R + R') < (= 555 \text{ nm})$$

以上のような範囲であれば、上記実施形態における「曲率一定」に相当する。

【0064】

またマイクロレンズは図19に示すようなシリンドリカルレンズ5であっても良い。更に、上記実施形態に係るマイクロレンズは図20に示すフォトマスクを用いて作製することが出来る。図20はフォトマスクの平面図と透過率を示している。図中において斜線部は光を遮る領域であり、白抜きで示した領域は光を透過する領域である。図示するようにフォトマスク60の透過率は、その両端においてが高く、且つ中央から一定幅だけずれた部分で最低となるように設計されている。このフォトマスク60を用いたマイクロレンズの作製方法について図21及び図22を用いて説明する。図21及び図22は本実施形態に係るマイクロレンズの作製工程を順次示す断面図である。

【0065】

まず図21に示すように、絶縁膜61上にフォトレジスト62を塗布する。そして、フォトマスク60を用いたフォトリソグラフィ技術によりフォトレジスト62を露光する。その結果フォトレジスト62は、フォトマスク60において透過率が高い領域に対応する部分では大きく除去され、透過率の低い領域に対応する部分では殆ど除去されない。すなわち図22に示すように、フォトレジスト62はその表面が、フォトマスク60の中央、すなわちレジスト62の中央から一定幅だけずれた領域に頂点を有する球面形状に加工される。この球面形状のレジスト62を、上記実施形態で説明したマイクロレンズとして用いる。

【0066】

なお上記第3乃至第7の実施形態は、第2の実施形態のように金属配線層とゲートとを有する場合、または金属配線層を有するがゲートを有しない場合にも適用出来る。金属配線層とゲートとを有する場合、通常金属配線層はゲートよりも上層に設けられるため、より入射光を妨げやすい。従ってマイクロレンズの曲率はゲートよりも金属配線層を考慮して設計されることが望ましい。

【0067】

なお、本願発明は上記実施形態に限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。更に、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出されうる。例えば、実施形態に示される全構成要件からいくつかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題が解決でき、発明の効果の

10

20

30

40

50

欄で述べられている効果が得られる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出されうる。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】この発明の第1の実施形態に係る固体撮像装置の断面図。

【図2】この発明の第1の実施形態に係る固体撮像装置の平面図。

【図3】従来 of 固体撮像装置の断面図。

【図4】この発明の第2の実施形態に係る固体撮像装置の断面図。

【図5】図4における一部領域の拡大図。

【図6】この発明の第2の実施形態に係る固体撮像装置の平面図。

10

【図7】この発明の第3の実施形態に係る固体撮像装置のブロック図。

【図8】この発明の第3の実施形態に係る固体撮像装置の備えるユニットセルの回路図。

【図9】この発明の第3の実施形態に係る固体撮像装置の備えるユニットセルの平面図。

【図10】図9におけるX3 - X3'線に沿った断面図。

【図11】この発明の第4の実施形態に係る固体撮像装置の備えるユニットセルの回路図

。【図12】この発明の第4の実施形態に係る固体撮像装置の備える受光部の平面図。

【図13】図12におけるX4 - X4'線に沿った断面図。

【図14】この発明の第5の実施形態に係る固体撮像装置の備える受光部の平面図。

【図15】この発明の第6の実施形態に係る固体撮像装置の備える受光部の断面図。

20

【図16】従来 of 固体撮像装置の断面図。

【図17】この発明の第7の実施形態に係る固体撮像装置の備える受光部の断面図。

【図18】この発明の第1乃至第7の実施形態に係る固体撮像装置及び従来 of 固体撮像装置の一部領域の断面図。

【図19】この発明の第1乃至第7の実施形態の変形例に係る固体撮像装置の斜視図。

【図20】この発明の第1乃至第5、第7の実施形態に係る固体撮像装置の備えるマイクロレンズの作製に使用するフォトマスクの平面図。

【図21】この発明の第1乃至第5、第7の実施形態に係る固体撮像装置の備えるマイクロレンズの第1の製造方法の断面図。

【図22】この発明の第1乃至第5、第7の実施形態に係る固体撮像装置の備えるマイクロレンズの第2の製造方法の断面図。

30

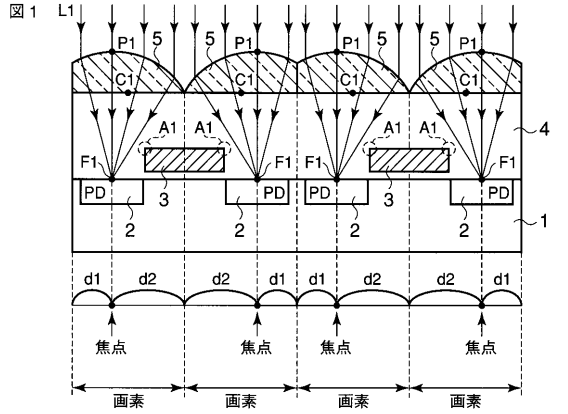
【符号の説明】

【0069】

1、40、101...半導体基板、2、51、102...フォトダイオード、3、33、103...ゲート電極、4、42、104...絶縁膜、5、34、43、44、50、52、105...マイクロレンズ、6...金属配線層、10...固体撮像装置、11...クランプ回路、12...サンプルホールド回路、13...垂直方向選択回路、14...水平方向選択回路、20...受光部、21...ユニットセル、22...垂直信号線、23、24、28、30~32...MOSトランジスタ、25、25-1~25-4...画素、26...信号出力部、29...ダイオード、60...フォトマスク、61...樹脂層、62...フォトレジスト

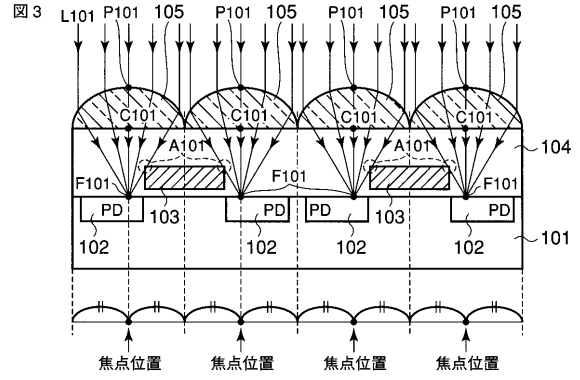
40

【 図 1 】

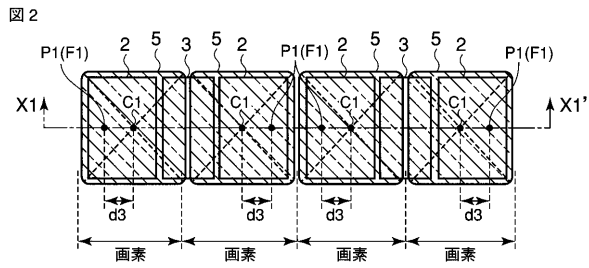


$d1 \neq d2$

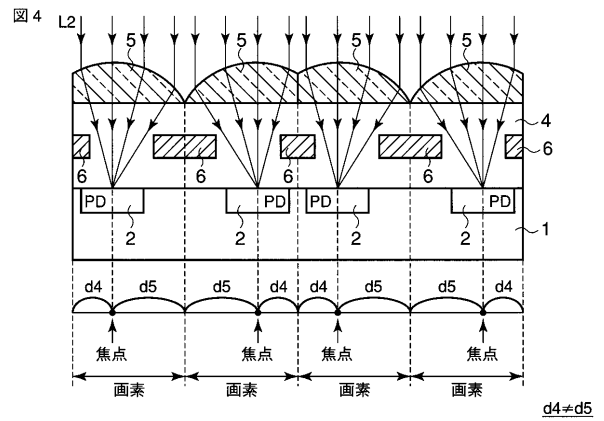
【 図 3 】



【 図 2 】

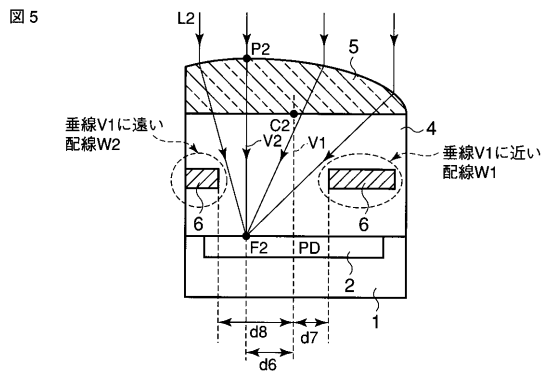


【 図 4 】

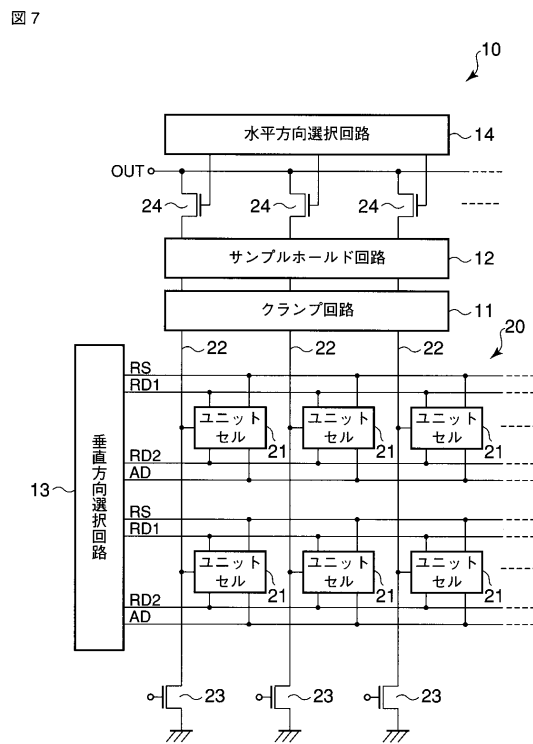


$d4 \neq d5$

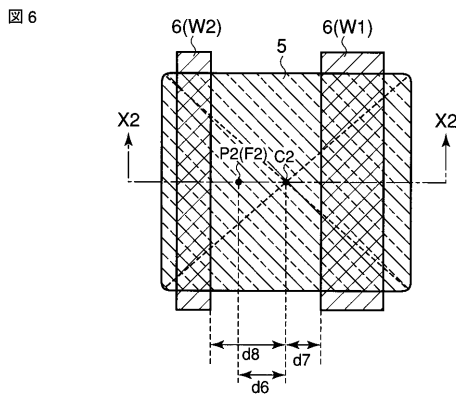
【 図 5 】



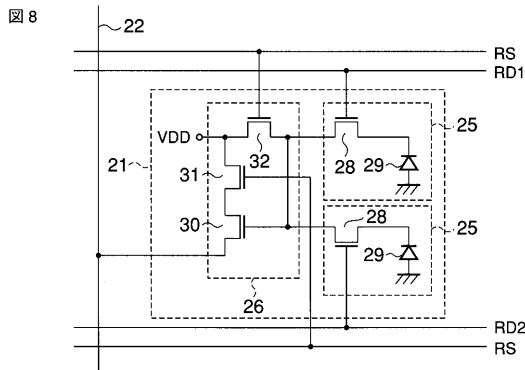
【 図 7 】



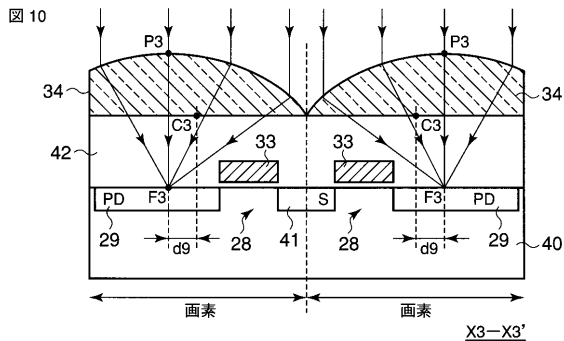
【 図 6 】



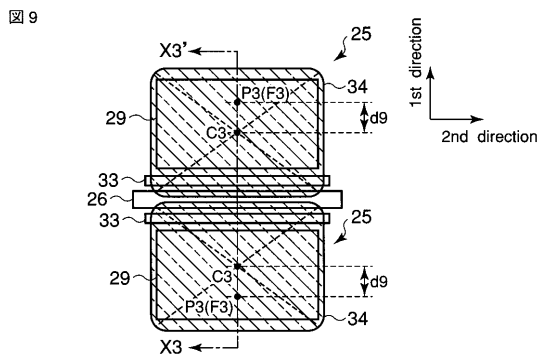
【 図 8 】



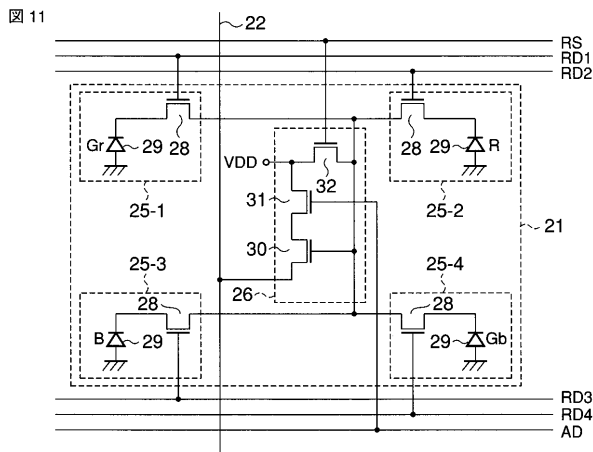
【 図 1 0 】



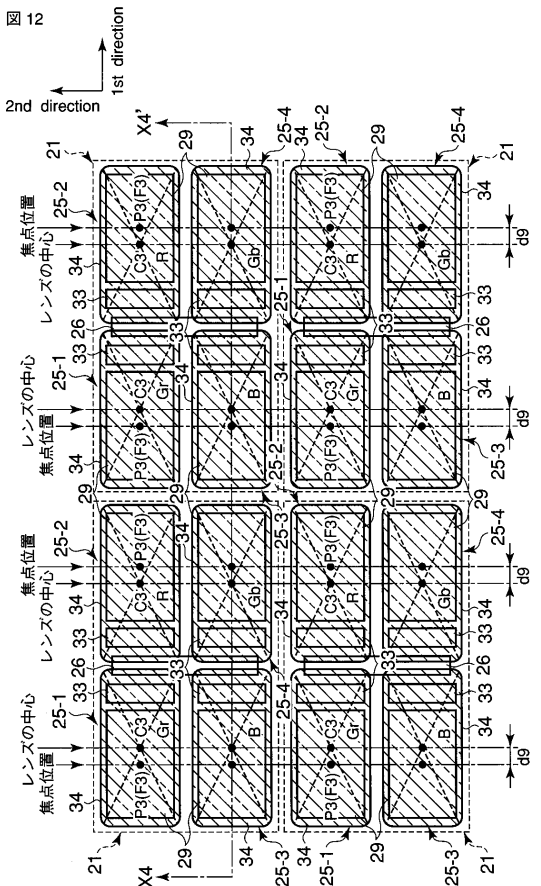
【 図 9 】



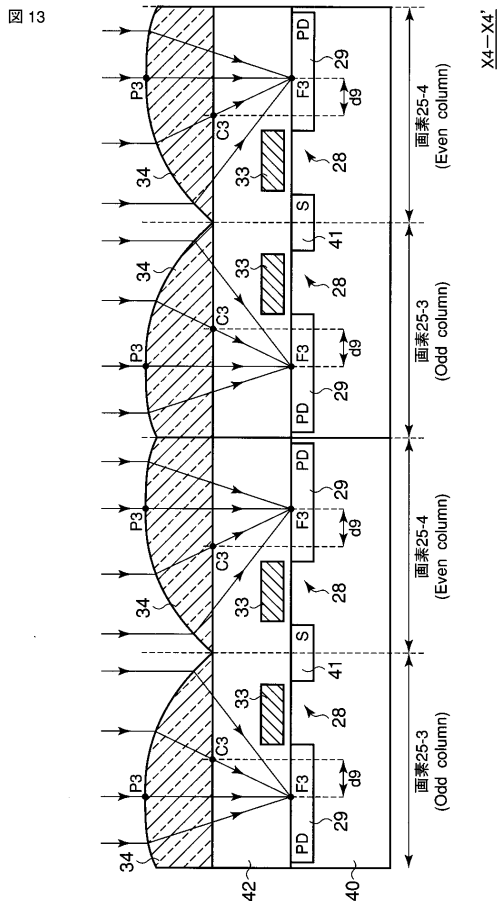
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

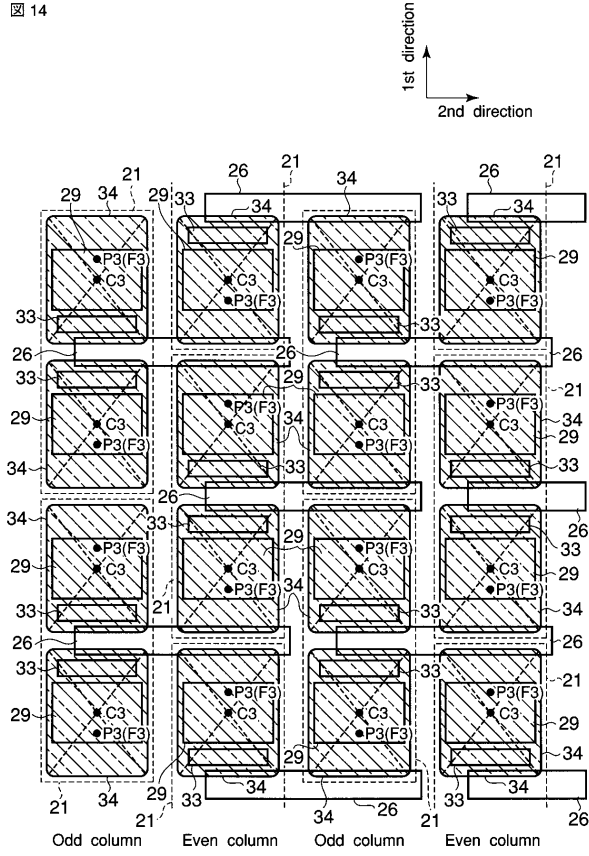


【 図 1 3 】



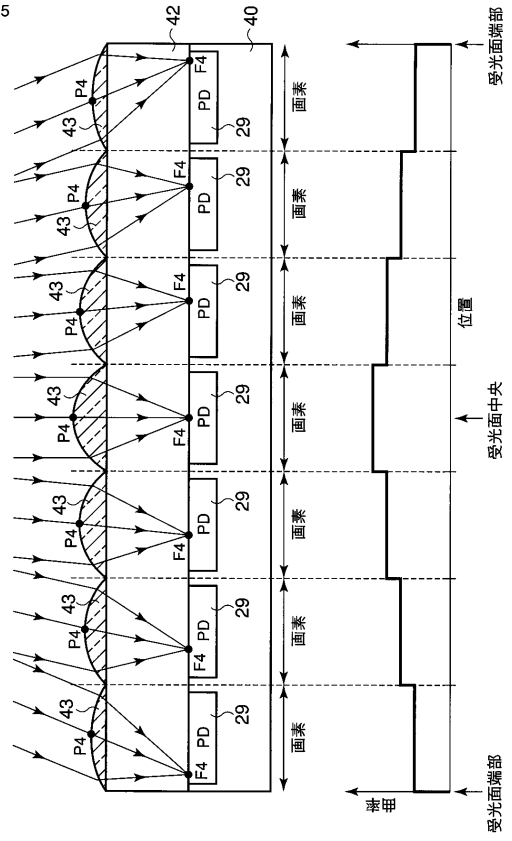
【 図 1 4 】

図 14



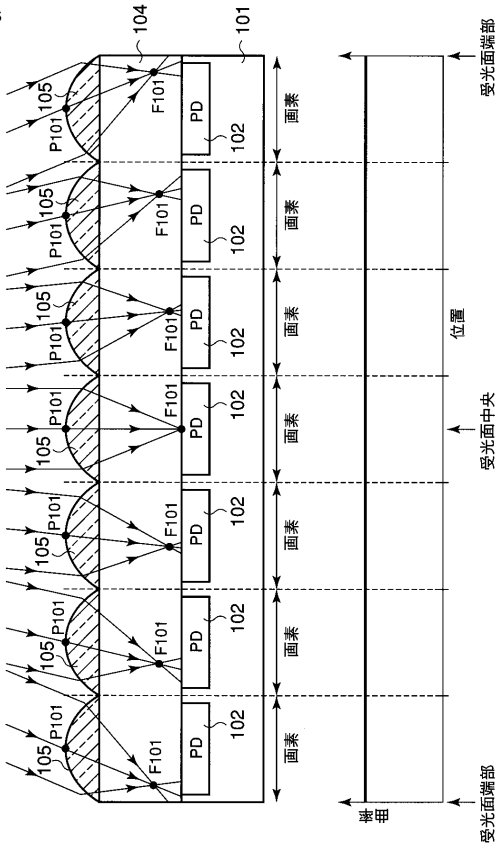
【 図 1 5 】

図 15



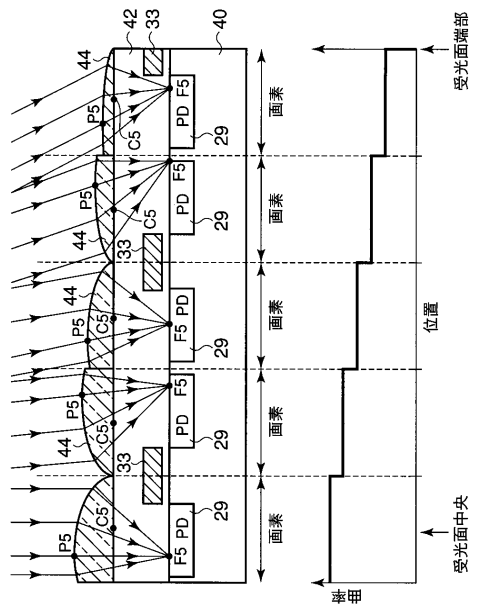
【 図 1 6 】

図 16



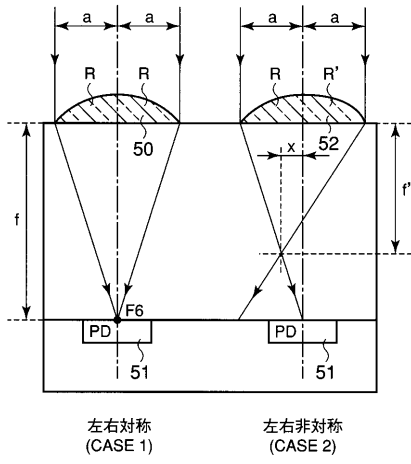
【 図 1 7 】

図 17



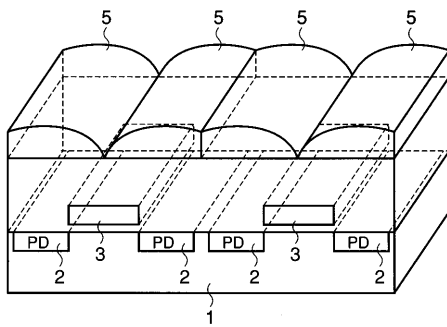
【 図 1 8 】

図 18



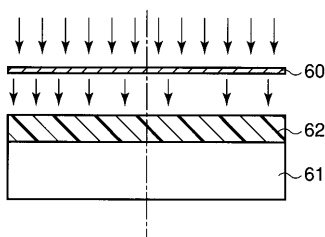
【 図 1 9 】

図 19



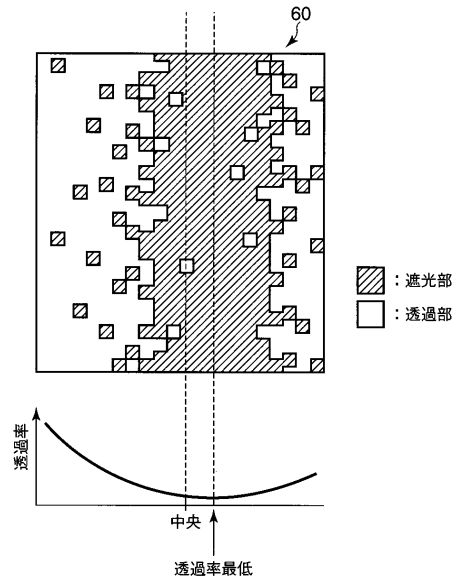
【 図 2 1 】

図 21



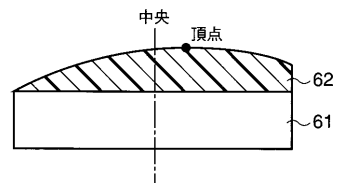
【 図 2 0 】

図 20



【 図 2 2 】

図 22





---

フロントページの続き

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 田中 長孝

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

Fターム(参考) 4M118 AB01 BA14 CA02 CA03 CA32 DD04 DD12 FA06 FA33 GD04

GD06 GD07

5C024 CX41 EX43 GX03 GY31