

(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2017-139281

(P2017-139281A)

(43) 公開日 平成29年8月10日 (2017.8.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 27/148 (2006.01)	HO 1 L 27/14 B	4 M 1 1 8
HO 4 N 5/369 (2011.01)	HO 4 N 5/335 6 9 0	5 C 0 2 4

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2016-17739 (P2016-17739)
 (22) 出願日 平成28年2月2日 (2016.2.2)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 卓二
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100100479
 弁理士 竹内 三喜夫
 (74) 代理人 100112911
 弁理士 中野 晴夫
 (72) 発明者 太田 泰昭
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

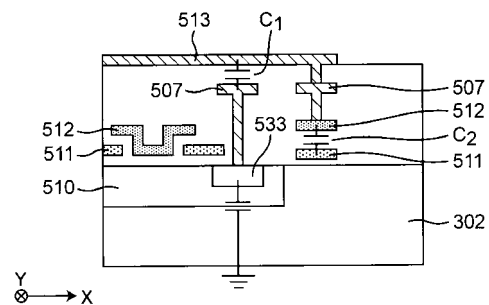
(54) 【発明の名称】 固体撮像装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高感度でダイナミックレンジの広い小型の固体撮像装置を提供する。

【解決手段】 光電変換を用いて画像を検出する固体撮像装置が、シリコン基板の光電変換部で発生した電荷が転送される電荷結合素子と、シリコン基板に形成され、電荷結合素子から転送された電荷が蓄積されるフローティングディフュージョンと、フローティングディフュージョンの上に形成された第3絶縁膜上に設けられた配線層と、配線層の上に形成された第4絶縁膜上に設けられた導電膜とを有し、フローティングディフュージョンが配線層に接続され、配線層と導電膜との間に容量 C_1 を有するフローティングディフュージョンアンプと、を含み、フローティングディフュージョンアンプは、更に、容量 C_1 に直列に接続された直列容量を含む。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光電変換を用いて画像を検出する固体撮像装置であって、

光電変換部を有するシリコン基板の上に設けられた第 1 絶縁膜上に、第 1 方向に間隔をおいて形成された複数の第 1 転送電極と、該第 1 転送電極の上に設けられた第 2 絶縁膜の上に、第 1 方向に間隔をおいて形成された複数の第 2 転送電極とを有し、該第 1 転送電極と該第 2 転送電極とを用いて該光電変換部で発生した電荷が転送される電荷結合素子と、

該シリコン基板に形成され、該電荷結合素子から転送された電荷が蓄積されるフローティングディフュージョンと、該フローティングディフュージョンの上に形成された第 3 絶縁膜上に設けられた配線層と、該配線層の上に形成された第 4 絶縁膜上に設けられた導電膜とを有し、該フローティングディフュージョンが該配線層に接続され、該配線層と該導電膜との間に容量 C_1 を有するフローティングディフュージョンアンプと、を含み、

該フローティングディフュージョンアンプは、更に、該容量 C_1 に直列に接続された直列容量を含むことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】

上記直列容量は、上記第 1 転送電極と上記第 2 転送電極との間に形成された固定容量 C_2 であることを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 3】

上記直列容量は、上記フローティングディフュージョンに接続されない上記配線層と上記導電膜との間に形成された固定容量 C_3 であることを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】

上記直列容量は、上記シリコン基板に設けられた P N 接合ダイオードの接合容量から形成される可変容量 C_4 であることを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 5】

上記 P N 接合ダイオードの P 型領域または N 型領域と上記導電膜とが、接続配線で接続され、該接続配線の電位を制御することで上記可変容量 C_4 の容量を変えることを特徴とする請求項 4 に記載の固体撮像装置。

【請求項 6】

上記導電膜は、上記フローティングディフュージョンアンプを遮光する遮光膜であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の固体撮像装置。

【請求項 7】

電荷結合素子とフローティングディフュージョンアンプとを有する固体撮像装置の製造方法であって、

シリコン基板を準備する工程と、

該シリコン基板に光電変換部を形成する工程と、

該シリコン基板の上に第 1 絶縁膜を形成する工程と、

該第 1 絶縁膜の上に第 1 転送電極を形成する工程と、

該第 1 転送電極の上に第 2 絶縁膜を形成する工程と、

該第 2 絶縁膜の上に第 2 転送電極を形成するとともに、該第 1 転送電極と該第 2 転送電極とを対向配置して固定容量 C_2 を形成する工程と、

上記シリコン基板にフローティングディフュージョンを形成する工程と、

該第 2 転送電極の上に第 3 絶縁膜を形成する工程と、

該第 3 絶縁膜の上に第 1 および第 2 の配線層を形成するとともに、該フローティングディフュージョンと該第 1 の配線層とを接続し、該第 2 転送電極と該第 2 の配線層とを接続する工程と、

該配線層の上に第 4 絶縁膜を形成する工程と、

該第 4 絶縁膜の上に導電膜を形成するとともに、該フローティングディフュージョンに接続された該第 1 の配線層と該導電膜との間に容量 C_1 を形成する工程と、

該第 2 転送電極に接続された該第 2 の配線層と該導電膜とを接続する工程と、を含むこ

10

20

30

40

50

とを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【請求項 8】

電荷結合素子とフローティングディフュージョンアンプとを有する固体撮像装置の製造方法であって、

シリコン基板を準備する工程と、

該シリコン基板に光電変換部を形成する工程と、

該シリコン基板の上に第 1 絶縁膜を形成する工程と、

該第 1 絶縁膜の上に第 1 転送電極を形成する工程と、

該第 1 転送電極の上に第 2 絶縁膜を形成する工程と、

該第 2 絶縁膜の上に第 2 転送電極を形成する工程と、

上記シリコン基板にフローティングディフュージョンを形成する工程と、

該第 2 転送電極の上に第 3 絶縁膜を形成する工程と、

該第 3 絶縁膜の上に第 1 および第 2 の配線層を形成するとともに、該フローティングディフュージョンと該第 1 の配線層とを接続する工程と、

該配線層の上に第 4 絶縁膜を形成する工程と、

該第 4 絶縁膜の上に導電膜を形成するとともに、該フローティングディフュージョンに接続された該第 1 の配線層と該導電膜との間に容量 C_1 を、該フローティングディフュージョンに接続されない該第 2 の配線層と該導電膜との間に容量 C_3 を形成する工程と、を含むことを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

10

【請求項 9】

20

電荷結合素子とフローティングディフュージョンアンプとを有する固体撮像装置の製造方法であって、

シリコン基板を準備する工程と、

該シリコン基板に光電変換部を形成する工程と、

該シリコン基板の上に第 1 絶縁膜を形成する工程と、

該第 1 絶縁膜の上に第 1 転送電極を形成する工程と、

該第 1 転送電極の上に第 2 絶縁膜を形成する工程と、

該第 2 絶縁膜の上に第 2 転送電極を形成する工程と、

上記シリコン基板にフローティングディフュージョンを形成する工程と、

シリコン基板に PN 接合容量 C_4 を有する PN 接合ダイオードを形成する工程と、

該第 2 転送電極の上に第 3 絶縁膜を形成する工程と、

30

該第 3 絶縁膜の上に第 1 および第 2 の配線層を形成するとともに、該フローティングディフュージョンと該第 1 の配線層、および該第 2 の配線層と PN 接合ダイオードの P 型領域または N 型領域を、それぞれ接続する工程と、

該配線層の上に第 4 絶縁膜を形成する工程と、

該第 4 絶縁膜の上に導電膜を形成して、該フローティングディフュージョンに接続された該第 1 の配線層と該導電膜との間に容量 C_1 を形成するとともに、該導電膜と該第 2 の配線層とを接続する工程と、を含むことを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は固体撮像装置及びその製造方法に関し、特に、電荷結合素子 (CCD: Charge Coupled Device) を備えた固体撮像装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の固体撮像装置は、画素アレイ、CCD、及び FDA (Floating Diffusion Amplifier) を構成要素として含む。このような固体撮像装置では、FDA に含まれる FD (Floating Diffusion) 部に直接電気容量を接続して全容量を調整している。これにより FDA の電荷変換係数を調整することで、固体撮像装置のダイナミックレンジを拡大している (例えば、特許文献 1 参照)。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2000-165755号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の固体撮像装置では、小型化によりF D Aの微細化が進むと、F D部の容量の並列容量成分の低減が頭打ちになるという問題があった。また、F D部に直接電気容量を接続するための場所が無くなるという問題もあった。

10

【0005】

そこで、本発明は、微細化されたF D Aにおいても、F D部の容量を低減し、電荷変換係数の向上及び信号電荷量に応じた電荷変換係数の制御を図ることにより、高感度でダイナミックレンジの広い固体撮像装置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】

【0006】

本発明の1つの形態は、

光電変換を用いて画像を検出する固体撮像装置であって、

光電変換部を有するシリコン基板の上に設けられた第1絶縁膜上に、第1方向に間隔をおいて形成された複数の第1転送電極と、第1転送電極の上に設けられた第2絶縁膜の上に、第1方向に間隔をおいて形成された複数の第2転送電極とを有し、第1転送電極と第2転送電極とを用いて光電変換部で発生した電荷が転送される電荷結合素子と、

20

シリコン基板に形成され、電荷結合素子から転送された電荷が蓄積されるフローティングディフュージョンと、フローティングディフュージョンの上に形成された第3絶縁膜上に設けられた配線層と、配線層の上に形成された第4絶縁膜上に設けられた導電膜とを有し、フローティングディフュージョンが配線層に接続され、配線層と導電膜との間に容量 C_1 を有するフローティングディフュージョンアンプと、を含み、

フローティングディフュージョンアンプは、更に、容量 C_1 に直列に接続された直列容量を含むことを特徴とする固体撮像装置である。

【0007】

30

本発明の他の形態は、このような固体撮像装置の製造方法である。

【発明の効果】

【0008】

本発明にかかる固体撮像装置では、直列容量を追加することで、出力アンプに含まれるF D容量を小さくすることにより電荷変換係数を向上させ、高感度でダイナミックレンジの広い固体撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施の形態1にかかる固体撮像装置の概略を示す斜視図である。

【図2A】図1に示す固体撮像装置に含まれる画素の平面図である。

40

【図2B】図2Aに示す画素を矢印A-A方向に見た場合の断面図である。

【図2C】図2Aに示す画素を矢印B-B方向に見た場合の断面図である。

【図3】従来の固体撮像装置の部分断面図である。

【図4】本発明の実施の形態1にかかる固体撮像装置の部分断面図であり、転送電極間容量が追加されている。

【図5】本発明の実施の形態1にかかる他の固体撮像装置の部分断面図であり、配線層-遮光膜間容量が追加されている。

【図6】従来の固体撮像装置のF D Aに含まれるF D容量を計算するための回路図である。

【図7】本発明の実施の形態1にかかる固体撮像装置のF D Aに含まれるF D容量を計算

50

するための回路図である。

【図 8】本発明の実施の形態 1 における固体撮像装置の製造工程の断面図である。

【図 9】本発明の実施の形態 2 にかかる固体撮像装置の部分断面図であり、PN 接合容量が追加されている。

【図 10】本発明の実施の形態 2 にかかる固体撮像装置の出力 F D A に含まれる F D 容量を計算するための回路図である。

【図 11】本発明の実施の形態 2 における固体撮像装置の製造工程の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の実施の形態について、図を参照しながら以下に説明する。各図において、同一符号は、同一又は相当箇所を示す。説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするために、既によく知られた内容や重複する内容については説明を省略する場合がある。以下の説明及び添付図面の内容は、特許請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものではない。

【0011】

実施の形態 1 .

図 1 は、全体が 300 で表される、本発明の実施の形態 1 にかかる固体撮像装置の概略を示す斜視図である。固体撮像装置 300 はシリコン基板 302 を含む。シリコン基板 302 の上には、大きく分けて、複数の画素 502 を複数列に配列した画素アレイ 501 と、この画素アレイ 501 の画素 502 を順次選択して、画素 502 に生じた信号電荷を外

【0012】

画素アレイ 501 は、内部光電効果によって画素 502 で発生した信号電荷を、画素アレイ 501 の垂直方向（図面では「Y 軸方向」と表記する）に転送する垂直 CCD 509 と、垂直 CCD 509 で転送した信号電荷をさらに画素アレイ 501 の、垂直方向と直交する水平方向（図面では「X 軸方向」と表記する）に転送する水平 CCD 510 と、転送されてきた信号電荷を電圧に変換する出力アンプ 508 とを備える。出力アンプ 508 は、F D A (Floating Diffusion Amplifier) である。図 1 の画素アレイ 501 では、2 次元に画素 502 を配置したが、1 次元に配置しても構わない。

【0013】

図 2 A、図 2 B、及び図 2 C を参照して画素 502 について説明する。図 2 A は、図 1 に示す固体撮像装置 300 に含まれる画素 502 の平面図であり、図 2 B、図 2 C は、それぞれ画素 502 を矢印 A - A 方向、矢印 B - B 方向に見た場合の断面図である。図 2 A では上下方向が垂直方向、左右方向が水平方向となる。また、図 2 B では、紙面に垂直な方向が垂直方向、左右方向が水平方向となる。

【0014】

画素 502 は、各電極（図示せず）と、シリコン基板 302 内に形成され、入射した光を信号電荷に変換する光電変換部 503 と、水平方向に沿って隣接する画素 502 との間の混信を防止する画素分離 504 とを含む。シリコン基板 302 の上には、第 1 絶縁膜 304、第 1 転送電極 511、第 2 絶縁膜 305、第 2 転送電極 512 が順次積層され、その上に、第 3 絶縁膜 306、第 4 絶縁膜 307 が設けられている。このような画素 502 を垂直方向に一列に配置して垂直 CCD 509 を構成している。垂直 CCD 509 では、図 2 C に示すように、第 1 転送電極 511、第 2 転送電極 512 が、水平方向に繰り返し配置された構成となり、502 で示す部分が 1 つの画素となる。

【0015】

次に、図 3、4 を用いて、固体撮像装置の出力アンプについて説明する。図 3 は、従来の固体撮像装置の出力アンプ近傍の部分断面図であり、図 4 及び図 5 は、本発明の実施の形態 1 にかかる固体撮像装置 300 の出力アンプ近傍の部分断面図である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

図 3、図 4、及び図 5 に示すように、固体撮像装置の出力アンプは、垂直 C C D 5 0 9 から転送されてきた電荷を水平方向に転送する水平 C C D 5 1 0 の端部（図 1 参照）に設けられている。出力アンプでは、水平 C C D 5 1 0 から転送されてきた信号電荷を受け取って蓄積する F D（Floating Diffusion）部 5 3 3 が、シリコン基板 3 0 2 に設けられている。F D 部 5 3 3 に蓄積された電荷をソースフォロアアンプ（図示せず）で電圧に変換することで、F D 部 5 3 3 に蓄積された信号電荷量に比例した出力電圧を得ることができる。信号電荷量と出力電圧の関係を表す 1 次関数の比例係数のことを、電荷変換係数と呼ぶ。

【 0 0 1 7 】

また、F D A タイプの出力アンプでは、シリコン基板 3 0 2 の上に設けられた絶縁膜中に、F D 部 5 3 3 に接続された配線層 5 0 7 が設けられ、さらに絶縁膜の上には遮光膜 5 1 3 が設けられている。配線層 5 0 7 は、F D 部 5 3 3 に接続して出力信号を取り出し、遮光膜 5 1 3 は、不必要な光が F D 部 5 3 3 に入射して、電荷が発生するのを防止する。遮光膜 5 1 3 は金属膜または導電性有機膜から形成されるため、F D 部 5 3 3 に接続する配線層 5 0 7 との間に電気容量を構成して、F D 容量を増加させている。ここでは、寄生容量も含めて F D 部 5 3 3 に接続する全容量の和を F D 容量（ C_{total} ）と呼ぶ。

【 0 0 1 8 】

図 3 に示す従来の固体撮像装置では、撮像対象となる被写体が発した光が、画素アレイ内の画素に入射すると、シリコン基板 3 0 2 で、内部光電効果により、光の入射量に応じた数の電子正孔対（上述の信号電荷）が発生する。

【 0 0 1 9 】

ここで、シリコン基板 3 0 2 のうち、光が入射して電子正孔対が発生している領域を光電変換部 5 0 3 とする。画素ごとに、この信号電荷（多くの場合は、電子）を垂直 C C D 及び水平 C C D を通して転送し、出力アンプで電圧に変換して、被写体の撮像画を得る。

【 0 0 2 0 】

本発明の実施の形態 1 にかかる固体撮像装置 3 0 0 では、さらに、図 4 及び図 5 に示すように、従来の構造に加えて、遮光膜 5 1 3 に、配線間容量や M O S（Metal Oxide Semiconductor）容量のような固定容量が接続されている。

【 0 0 2 1 】

具体的には、固定容量は、図 4 では、第 1 転送電極 5 1 1 と第 2 転送電極 5 1 2 とを用いて形成した第 1 転送電極 5 1 1 - 第 2 転送電極 5 1 2 間容量（ C_2 ）である。この場合、第 2 転送電極 5 1 2 は配線層 5 0 7 により遮光膜 5 1 3 に接続されている。または、図 5 では、配線層 5 0 7 と遮光膜 5 1 3 とを用いて形成した、配線層 5 0 7 - 遮光膜 5 1 3 間容量（ C_3 ）である。

【 0 0 2 2 】

図 6 に、従来の固体撮像装置の F D 容量 C_{total} を計算するための回路図を、図 7 に、本発明の実施の形態 1 にかかる固体撮像装置の F D 容量 C_{total} を計算するための回路図を、それぞれ示す。図 6、図 7 中において、配線層 5 0 7 と遮光膜 5 1 3 と間の容量（ C_1 ）を C_{1M-ref} 、固定容量（ C_2 、 C_3 ）を C_{fix} 、さらに C_{1M-ref} と C_{fix} とを除く残りの F D 容量を C_{other} とする。また、F D 部 5 3 3 の電位を V_{FD} 、遮光膜 5 1 3 の電位を V_{ref} 、固定容量において遮光膜に接続する電極と対向する電極（図 4 では 5 1 1、図 5 では 5 0 7）の電位を V_{fix} とする。ただし、図 7 において、遮光膜 5 1 3 とシリコン基板 3 0 2 間の寄生容量は、 C_{fix} と比べて十分に小さいものとする。

【 0 0 2 3 】

ここで、計算を簡単にするため、図 6 の電位 V_{ref} 及び図 7 の電位 V_{fix} は、それぞれシリコン基板 3 0 2 の電位（固定電位：0 V）と等しいとすると、F D 容量 C_{total} について、図 6 の回路では以下の式 1 が、図 7 の回路では以下の式 2 が、それぞれ成り立つ。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

$$C_{total} = C_{1M-ref} + C_{other} \quad \dots\dots\text{式 1}$$

【 0 0 2 5 】

$$C_{total} = \frac{C_{1M-ref} \times C_{fix}}{C_{1M-ref} + C_{fix}} + C_{other} \quad \dots\dots\text{式 2}$$

【 0 0 2 6 】

式 1、2 から分かるように、FD 容量 C_{total} の値は、式 1 よりも式 2 の方が小さくなる。すなわち、従来のように遮光膜 513 を直接、固定電位に接続するよりも、本発明の実施の形態 1 のように固定容量 (C_2 、 C_3) を介して固定電位に接続した方が、FD 容量 C_{total} は小さくなる。FD 容量 C_{total} が小さくなった結果、電荷変換係数が向上し、出力アンプが高感度となる。これにより、感度が高い固体撮像装置 300 を提供することができる。

10

【 0 0 2 7 】

特に、FD 容量 C_{total} の低減に関して、並列容量を削減することは、FDA の微細化が進むと頭打ちになるが、本発明の実施の形態 1 のように直列容量を追加することは、FDA から離れた領域に容量 C_2 、 C_3 を形成すればよいため、微細化された構造においても可能である。

20

【 0 0 2 8 】

次に、本発明の実施の形態 1 にかかる固体撮像装置 300 の製造方法を説明する。図 8 は、固体撮像装置 300 の製造工程の断面図であり、水平方向に沿った FD 容量近傍の断面図である。図 8 中、図 2 A ~ 2 C と同一符号は、同一または相当箇所を示す。

【 0 0 2 9 】

まず、図 (a) に示すように、シリコン基板 302 を準備する。次に、シリコン基板 302 の表面から、不純物拡散法またはイオン注入法を用いて、不純物拡散層を選択的に形成し、垂直 CCD 509 (図示せず) 及び水平 CCD 510 を形成する。次に、LOCOS (LOCAl Oxidation of Silicon) 分離法またはトレンチ分離法によって、所定の位置に分離酸化膜 (図示せず) を形成する。

30

【 0 0 3 0 】

続いて、図 8 (b) に示すように、シリコン基板 302 上に第 1 絶縁膜 304 を形成する。第 1 絶縁膜 304 は、例えば酸化シリコンからなる。次に、第 1 絶縁膜 304 上に、垂直方向に間隔をあけて第 1 転送電極 511 を形成する。第 1 転送電極 511 は、例えば多結晶シリコンからなる。第 1 転送電極 511 は、垂直方向に延在する。この時、第 1 転送電極 511 の一部から、固定容量 C_2 の下部電極を形成する。

【 0 0 3 1 】

続いて、図 8 (c) に示すように、第 1 転送電極 511 を周囲から酸化して第 2 絶縁膜 305 を形成する。次に、第 2 絶縁膜 305 の上に、第 2 転送電極 512 を形成する。第 2 転送電極 512 は、例えば多結晶シリコンからなる。第 2 転送電極 512 も、第 1 転送電極 511 と同様に、垂直方向に延在する。第 1 転送電極 511 と第 2 転送電極 512 とは、例えば図 2 C に示すように、交互に配置される。この時、第 2 転送電極 512 の一部から、固定容量 C_2 の上部電極を形成する。次に、不純物拡散法またはイオン注入法を用いて、シリコン基板 302 の出力アンプ 508 を形成する領域に、FD 部 533 を選択的に形成する。

40

【 0 0 3 2 】

続いて、図 8 (d) に示すように、シリコン基板 302 の上 (第 2 絶縁膜 305、第 1 転送電極 511、及び第 2 転送電極 512 の上) に、第 3 絶縁膜 306 を形成し、第 3 絶縁膜 306 上に配線層 507 を形成する。配線層 507 の一部は、下方の FD 部 533 や固定容量 C_2 の上部電極である第 2 転送電極 512 に接続される。この時、配線層 507 の一部から、容量 C_1 および固定容量 C_3 の下部電極を形成する。次に、配線層 507 の

50

上に第4絶縁膜307を形成する。

【0033】

最後に、第4絶縁膜307の上に遮光膜(導電膜)513を形成する。遮光膜513は、金属膜または導電性有機膜から形成される。遮光膜513は、容量 C_2 の上部電極に接続された配線層507にも接続される。この時、遮光膜513の一部から、容量 C_1 および固定容量 C_3 の上部電極を形成する。

【0034】

以上の工程で、本発明の実施の形態1にかかる固体撮像装置300のFD容量が完成する。なお、図8の製造工程では、固定容量 C_2 および C_3 の双方を形成したが、図4、図5に示すように、いずれか一方の固定容量のみを形成しても構わない。

10

【0035】

実施の形態2

図9は、本発明の実施の形態2にかかる固体撮像装置の、出力アンプ508近傍の部分断面図である。図9中、図4と同一符合は、同一または相当箇所を示す。

【0036】

図9に示すように、本発明の実施の形態2にかかる固体撮像装置では、遮光膜513に、PN接合容量からなる可変容量 C_4 が接続されている。具体的には、可変容量 C_4 は、N型不純物拡散層532とシリコン基板302から形成されるPN接合容量からなる。

【0037】

ここで、図10に、本発明の実施の形態2にかかる固体撮像装置のFD容量を計算するための回路図を示す。図10の回路図において、可変容量の容量値を設定するための電圧入力端子を r_{ef} 、スイッチをSW、可変容量を C_{var} 、可変容量における遮光膜に接続する電極と対向する電極の電位を V_{var} とする。スイッチSWは、可変容量 C_4 の容量値 C_{var} を設定する場合はオン状態にし、FD容量に電荷を蓄積して電圧に変換する場合はオフ状態にする。他の構成は、図6に示す回路図と同じである。ただし、図10中において、遮光膜513とシリコン基板302との間の寄生容量は、 C_{var} と比べて十分に小さいものとする。

20

【0038】

ここで、計算を簡単にするため、可変容量における遮光膜に接続する電極と対向する電極の電位 V_{var} は、シリコン基板302の電位(固定電位:0V)と等しいものとする。この場合、FD容量 C_{total} について、以下の式3が成り立つ。

30

【0039】

$$C_{total} = \frac{C_{1M-ref} \times C_{var}}{C_{1M-ref} + C_{var}} + C_{other} \quad \dots\dots\text{式3}$$

【0040】

従来の固体撮像装置のFD容量 C_{total} を示す上述の式1と比較すると分かるように、FD容量 C_{total} は、式1よりも式3の方が小さくなる。すなわち、従来のように遮光膜513を直接、固定電位に接続するよりも、本発明の実施の形態2のように可変容量(C_4)を介して固定電位に接続した方が、FD容量 C_{total} は小さくなる。FD容量 C_{total} が小さくなった結果、電荷変換係数が向上して高感度となる。

40

【0041】

また、本発明の実施の形態2にかかる固体撮像装置では、図10の電圧入力端子 r_{ef} からの入力電圧を变化することにより、遮光膜513に印加される電圧を变化させて、可変容量 C_4 の容量を制御することができる。可変容量 C_4 の容量値が変化すると、式3の関係からFD容量 C_{total} も変化する。すなわち、電荷変換係数を r_{ef} 電圧によって制御できる。この結果、出力アンプのダイナミックレンジが拡大し、感度が高く、かつ、ダイナミックレンジの広い固体撮像装置を提供することができる。

【0042】

次に、本発明の実施の形態2にかかる固体撮像装置の製造方法を説明する。図11は、

50

固体撮像装置の製造工程の断面図であり、水平方向に沿ったFD容量近傍の断面図を示す。図11中、図8と同一符号は、同一または相当箇所を示す。

【0043】

図11(a)~(d)に示す製造工程は、図8の(a)~(d)に示す製造工程とほぼ同一である。但し、図11(b)の工程では固定容量 C_2 を作製せず、代わりに、図11(c)の工程でシリコン基板302に、PN接合容量 C_4 のためのN型不純物拡散層532を形成する。N型不純物拡散層532は、FD部533と同じ工程で、不純物拡散法またはイオン注入法を用いて形成する。

【0044】

N型不純物拡散層532には、配線層507が接続され、更にその上に、遮光膜513が接続される。以上の工程で、本発明の実施の形態2にかかる固体撮像装置が完成する。

10

【0045】

なお、本発明の実施の形態1、2では、画素として転送電極に開口部を有しない非開口電極型の画素を用いて説明したが、転送電極に開口部を有する開口電極型の画素を用いても構わない。

【0046】

また、本発明の実施の形態1、2では、イメージセンサの構成及び動作方式としてCCDイメージセンサを用いたが、CMOS(Complementary MOS)イメージセンサを用いても良いことは言うまでも無い。

【0047】

さらに、固体撮像装置には、光領域全体を検出するパングロマトミック検出器と、カラーフィルタを上方に配置することで光領域をいくつかの帯域に分割して検出するマルチバンド検出器の2種類がある。本発明の実施の形態1、2は、パングロマトミック検出器とマルチバンド検出器の両方を対象とする。

20

【0048】

また、信号電荷の読出し方式によっても、固体撮像装置は2種類に分類できる。1つは、垂直CCD509と光電変換部503とを並列に配置したエリアセンサであり、読出し方式がフレーム転送及びインターライン転送の場合に用いる検出器である。他は、垂直CCD509が光電変換部503を含むラインセンサであり、読出し方式がTDI(Time Delay Integration)の場合に用いる検出器である。本発明の実施の形態1、2は、エリア

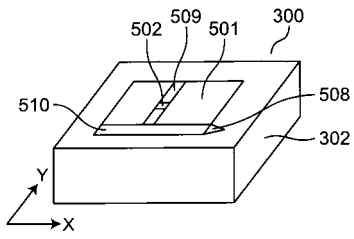
30

【符号の説明】

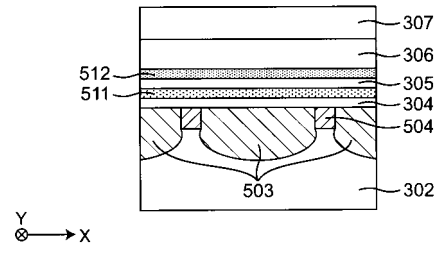
【0049】

300 固体撮像装置、302 シリコン基板、304 第1絶縁膜、305 第2絶縁膜、306 第3絶縁膜、307 第4絶縁膜、501 画素アレイ、502 画素、503 光電変換部、504 画素分離、507 配線層、508 出力アンプ、509 垂直CCD、510 水平CCD、511 第1転送電極、512 第2転送電極、513 遮光膜、520 信号処理回路、532 N型不純物拡散層、533 FD部。

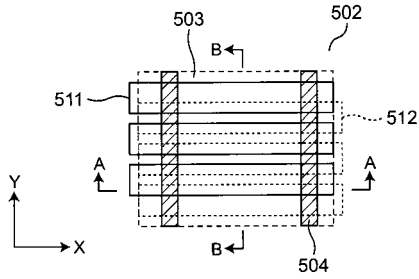
【 図 1 】



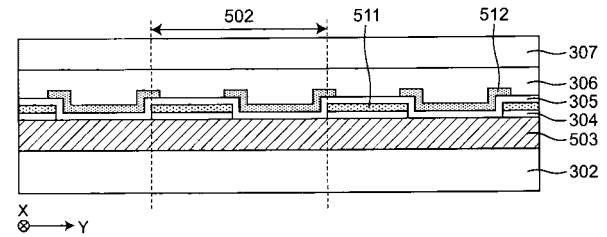
【 図 2 B 】



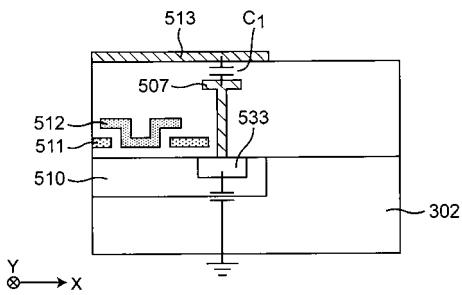
【 図 2 A 】



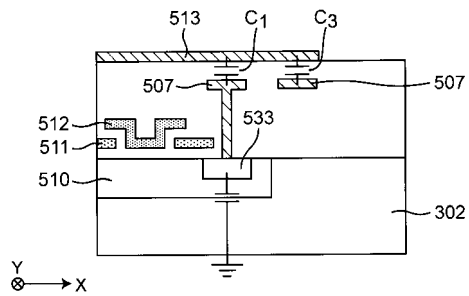
【 図 2 C 】



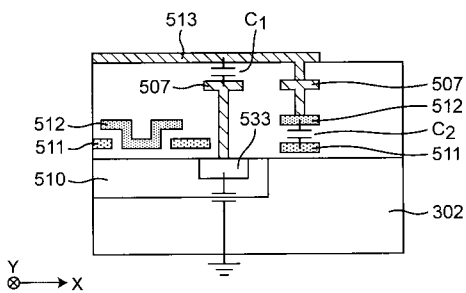
【 図 3 】



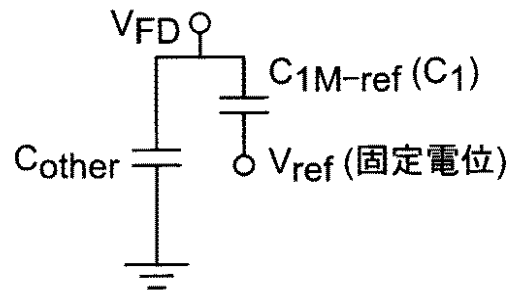
【 図 5 】



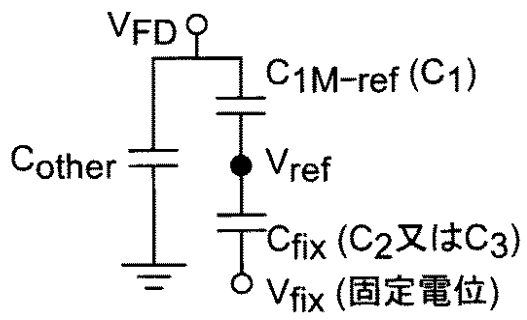
【 図 4 】



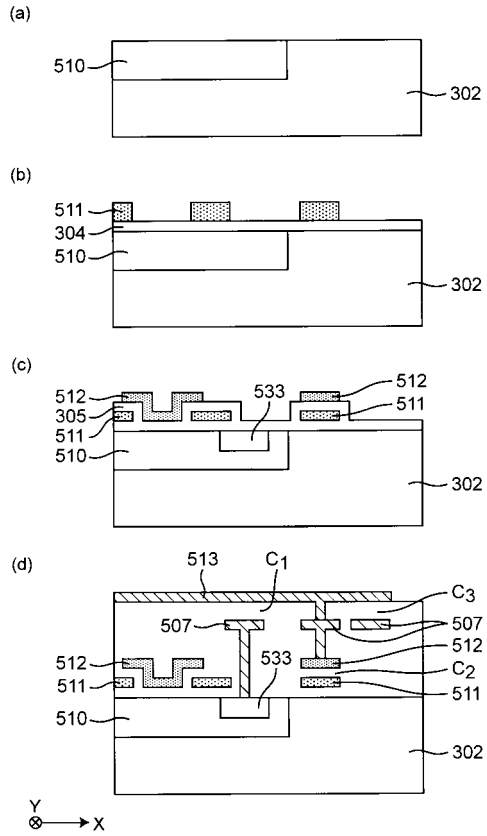
【 図 6 】



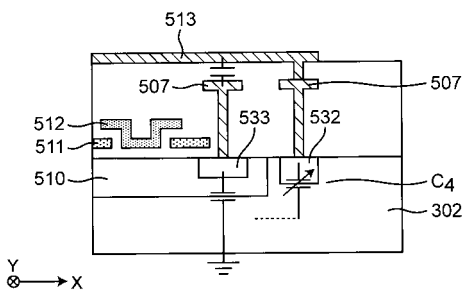
【 図 7 】



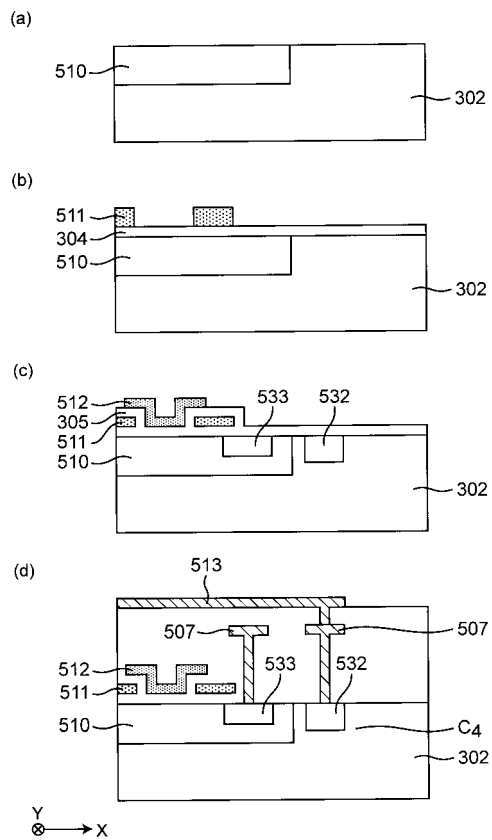
【 図 8 】



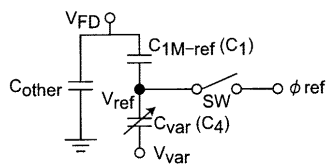
【 図 9 】



【 図 1 1 】



【 図 1 0 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M118 AA02 AB01 BA11 BA13 BA14 CA01 DD04 DD06 FA06 FA08
FA25 FA28 GB03 GB08 GB11 GB13 GB15 GC07
5C024 CX41 CX43 CY47 GX18 GY01 GY31