

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5834412号  
(P5834412)

(45) 発行日 平成27年12月24日(2015.12.24)

(24) 登録日 平成27年11月13日(2015.11.13)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>G O 1 J</b>	<b>1/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G O 1 J</b>	<b>1/02</b>	<b>C</b>
<b>H O 1 L</b>	<b>21/822</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H O 1 L</b>	<b>27/04</b>	<b>F</b>
<b>H O 1 L</b>	<b>27/04</b>	<b>(2006.01)</b>			

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-8163 (P2011-8163)	(73) 特許権者	000006747
(22) 出願日	平成23年1月18日 (2011.1.18)		株式会社リコー
(65) 公開番号	特開2012-149964 (P2012-149964A)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(43) 公開日	平成24年8月9日 (2012.8.9)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成25年12月2日 (2013.12.2)		弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	野口 英剛
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
			会社リコー内
		(72) 発明者	渡辺 博文
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
			会社リコー内
		審査官	松谷 洋平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 赤外線センサー及び赤外線アレイセンサー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

センサーMOSFETと、前記センサーMOSFETに直列接続され、前記センサーMOSFETを定電流駆動させるための定電流源を構成する電流源MOSFETを備え、

前記センサーMOSFETと前記電流源MOSFETの間の端子がセンサー出力端子を構成し、

前記センサーMOSFETは断熱構造体上に配置され、

前記電流源MOSFETは前記断熱構造体の外部に配置されており、

前記センサーMOSFET及び前記電流源MOSFETは同じ導電型のMOSFETからなり、かつサブスレッシュヨルド領域で動作され、

前記センサーMOSFETはゲートとドレインが短絡され、前記電流源MOSFETはゲートとソースが短絡されており、

前記センサーMOSFETと前記電流源MOSFETでゲート-ソース間電圧が同一である場合に前記センサーMOSFETのサブスレッシュヨルド領域電流が前記電流源MOSFETのサブスレッシュヨルド領域電流よりも小さくなるように設定されており、

前記センサーMOSFET及び前記電流源MOSFETはN型であり、

前記定電流源は、前記断熱構造体の外部に配置され、サブスレッシュヨルド領域で前記電流源MOSFETが流す電流以上の電流を流すことができるN型の第2電流源MOSFETをさらに備え、

前記第2電流源MOSFETは、前記電流源MOSFETの電源側に直列に接続され、

10

20

ゲートとソースが短絡され、かつバックゲートが前記センサー出力端子に接続されている赤外線センサー。

【請求項 2】

センサー MOSFET と、前記センサー MOSFET に直列接続され、前記センサー MOSFET を定電流駆動させるための定電流源を構成する電流源 MOSFET を備え、

前記センサー MOSFET と前記電流源 MOSFET の間の端子がセンサー出力端子を構成し、

前記センサー MOSFET は断熱構造体上に配置され、

前記電流源 MOSFET は前記断熱構造体の外部に配置されており、

前記センサー MOSFET 及び前記電流源 MOSFET は同じ導電型の MOSFET からなり、かつサブスレッショルド領域で動作され、

前記センサー MOSFET はゲートとドレインが短絡され、前記電流源 MOSFET はゲートとソースが短絡されており、

前記センサー MOSFET と前記電流源 MOSFET でゲート - ソース間電圧が同一である場合に前記センサー MOSFET のサブスレッショルド領域電流が前記電流源 MOSFET のサブスレッショルド領域電流よりも小さくなるように設定されており、

前記センサー MOSFET 及び前記電流源 MOSFET は P 型であり、

前記定電流源は前記断熱構造体の外部に配置され、サブスレッショルド領域で前記電流源 MOSFET が流す電流以上の電流を流すことができる P 型の第 3 電流源 MOSFET をさらに備え、

前記第 3 電流源 MOSFET は、前記電流源 MOSFET と前記センサー MOSFET の間に直列に接続され、ゲートとソースが短絡され、かつバックゲートが前記電流源 MOSFET の電源側の端子に接続されている赤外線センサー。

【請求項 3】

前記センサー MOSFET は複数段直列に接続されている請求項 1 又は 2 に記載の赤外線センサー。

【請求項 4】

前記電流源 MOSFET と前記センサー MOSFET は同一構造のペアトランジスタである請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の赤外線センサー。

【請求項 5】

前記電流源 MOSFET と前記センサー MOSFET はチャネル不純物濃度以外が同一構造のトランジスタである請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の赤外線センサー。

【請求項 6】

前記電流源 MOSFET と前記センサー MOSFET はゲート不純物濃度以外が同一構造のトランジスタである請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の赤外線センサー。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の赤外線センサーがアレイ状に配置され、

画素選択を行なうための複数のスイッチを有し、

前記定電流源は、アレイ状に配置された前記 センサー MOSFET に対して、同じ行又は列に配列された複数の前記 センサー MOSFET ごとに設けられていることを特徴とする赤外線アレイセンサー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、赤外線センサー及び赤外線アレイセンサーに関し、特に、サブスレッショルド領域で動作するセンサー MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) を備えた熱型赤外線センサー及び赤外線アレイセンサーに関する。

【背景技術】

【0002】

熱型赤外線センサーとして、温度検知部をサブスレッショルド領域で動作させる MOS

10

20

30

40

50

F E Tで構成したものがある（例えば特許文献１を参照。）。

図１１は従来の熱型赤外線センサーの構造を説明するための回路図である。

赤外線センサーは、センサーM O S F E T １０１と定電流源１０３で構成されている。センサーM O S F E T １０１は定電流源１０３によって与えられる電流 $I_d$ で定電流駆動され、サブスレッショルド領域で動作しており、センサー出力電圧 $V_{out}$ を出力している。

#### 【０００３】

センサーM O S F E T １は、赤外線入射に対する感度向上のため断熱構造体上に形成されている。ここで、断熱構造体とは、センサーM O S F E T を基板に対して熱的に分離された構造体であり、一般的には、センサーM O S F E T １が形成された薄膜状のメンブレン部を複数本の梁で中空状態に支持する構造となっている。

10

#### 【０００４】

図１２は、断熱構造体の一例を説明するための概略図であり、（Ａ）は平面図、（Ｂ）は（Ａ）のＡ－Ａ'位置での断面図である。

断熱構造体はメンブレン部１０５を二本の梁１０７で支持した構造となっており、基板１０９とメンブレン部１０５との間に空間１１１が形成されている。図１２で示した断熱構造以外にも様々な形状の断熱構造体があり、断熱構造体はこの構造に限定されるものではない。

#### 【０００５】

センサーM O S F E T １０１はメンブレン１０５中に形成されており、センサーM O S F E T １０１は基板１０９から熱的に分離されている。

20

メンブレン部１０５に赤外線が入射すると、メンブレン部１０５の温度が上昇し、それに伴い、メンブレン部１０５に形成されたセンサーM O S F E T １０１の温度も上昇する。センサーM O S F E T １０１に温度変化が生じると、M O S F E T １０１のしきい値電圧が変化し、その変化がセンサー出力電圧 $V_{out}$ の変化として取り出される。つまり、熱型赤外線センサーは、センサーM O S F E T １０１を温度センサーとして利用し、赤外線入射による微小な温度変化を捉えて、赤外線を検出している。

#### 【０００６】

ところが、熱型赤外線センサーには、温度検知部をサブスレッショルド領域で動作させるM O S F E T で構成した熱型赤外線センサーに限らず、周囲温度の影響によってセンサーの出力電圧のD C（直流電圧）レベルが変化するという問題があった。すなわち、熱型赤外線センサーの基本原理は温度センサーであるため、赤外線入射時以外でも、周囲温度の変化によって、センサーM O S F E T １０１自体の温度が変化するとセンサー出力電圧 $V_{out}$ が変化してしまうという問題があった。また、センサーM O S F E T １０１は、赤外線に対する感度向上のためにしきい値電圧の温度係数を大きくする必要があるが、しきい値電圧の温度係数を大きくすると、周囲温度の影響によるセンサー出力電圧 $V_{out}$ の変化も大きくなるという問題があった。

30

#### 【０００７】

図１３は、従来の熱型赤外線センサーの一つで定電流源をP型のM O S F E T １１３で構成した例を説明するための回路図である。

40

このような構成でも、N型のM O S F E T で構成されたセンサーM O S F E T １０１とP型のM O S F E T で構成された電流源M O S F E T １１３の温度特性が異なるため、図１１に示した構成の場合と同様に、周囲温度の変化によって、センサー出力電圧 $V_{out}$ のD Cレベルが変化する。

#### 【０００８】

この問題の解決策の一つとして、赤外線センサーをペルチェ素子等の電気的な冷却素子によって常に一定の温度に制御する方法がある。しかし、この方法では、冷却素子や温度制御機能を付加することにより、センサー部の構造が複雑化及び大型化し、製造コストが増大するという問題があった。さらに、ペルチェ素子やそれを制御するシステムの消費電力が大きく、システム全体としての消費電力が大きくなるという問題があった。

50

## 【0009】

別の解決策として、参照センサーを配置する方法がある。

図14は、参照センサーを備えた赤外線センサーを説明するための回路図である。

図11に示したセンサーMOSFET101と定電流源103に加えて、参照用センサーMOSFET115と定電流源117が設けられている。参照用センサーMOSFET115はセンサーMOSFET101と同じ構造で形成され、定電流源117は定電流源103と同じ構造で形成されている。参照用センサーMOSFET115は断熱構造体とは異なる位置に形成されている。参照用センサーMOSFET115は定電流源117によって与えられる電流 $I_d$ で定電流駆動され、サブスレッショルド領域で動作しており、センサー出力電圧 $V_{out2}$ を出力している。センサーMOSFET101のセンサー出力電圧 $V_{out1}$ と参照用センサーMOSFET115のセンサー出力電圧 $V_{out2}$ の差をとることにより、周囲温度の変化に起因する影響を排除できる。

10

## 【0010】

この方法を用いれば、冷却素子等を使用する必要はない。しかし、センサー出力電圧 $V_{out1}$ 、 $V_{out2}$ のDCレベルは周囲温度の変化にともなって変化する。特に、センサーMOSFET101、115の温度感度が大きく、周囲温度の変化が大きい場所で当該赤外線センサーを使用する場合には、温度変化に起因するセンサー出力電圧 $V_{out1}$ 、 $V_{out2}$ のDCレベル変化を考慮して、センサーMOSFET101、115やセンサー出力電圧 $V_{out1}$ 、 $V_{out2}$ の差をとる後段回路に与える電源電圧を高くする必要がある。このように、この方法は、センサーの使用環境温度範囲が広がるにしたがって、センサー出力信号と参照温度センサー出力信号のDCレベル変化が大きくなるため、次段の回路の電源電圧を高くする必要がある、低電圧動作に限界があるという問題があった。また、センサー素子の感度が高くなるほど、センサー出力信号のDCレベル変化が大きくなるため、次段の回路の電源電圧をより高くする必要がある、高感度でかつ低電圧動作させることが難しいという問題があった。

20

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0011】

本発明は、周囲温度が変化した場合でも、ペルチェ素子等の電氣的な冷却素子を使用することなく、熱型赤外線センサーの出力電圧のDCレベル変化を小さくすることを目的とする。

30

## 【課題を解決するための手段】

## 【0012】

本発明にかかる赤外線センサーは、センサーMOSFETと、上記センサーMOSFETに直列接続され、上記センサーMOSFETを定電流駆動させるための定電流源を構成する電流源MOSFETを備え、上記センサーMOSFETと上記電流源MOSFETの間の端子がセンサー出力端子を構成している。上記センサーMOSFETは断熱構造体上に配置され、上記電流源MOSFETは上記断熱構造体の外部に配置されている。上記センサーMOSFET及び上記電流源MOSFETは同じ導電型のMOSFETからなり、かつサブスレッショルド領域で動作される。

40

## 【0013】

周囲温度が変化した場合、本発明の赤外線センサー全体の温度が変化する。センサーMOSFETと電流源MOSFET2は同じ導電型のMOSFETで形成されているので、温度変化に対して両MOSFETの特性がほぼ等しく変化する。一方、赤外線が入射した場合には、断熱構造体部分のみに温度変化が生じるため、断熱構造体上に形成されたセンサーMOSFETのみの特性が変化し、赤外線を検知することが可能である。

## 【0014】

本発明にかかる赤外線センサーにおいて、上記センサーMOSFETは複数段直列に接続されているようにしてもよい。

## 【0015】

50

また、上記センサーMOSFETはゲートとドレインが短絡され、上記電流源MOSFETはゲートとソースが短絡されているようにしてもよい。この態様において、上記センサーMOSFETと上記電流源MOSFETでゲート-ソース間電圧が同一である場合に上記センサーMOSFETのサブスレッショルド領域電流が上記電流源MOSFETのサブスレッショルド領域電流よりも小さくなるように設定される。

【0016】

上記センサーMOSFETはゲートとドレインが短絡され、上記電流源MOSFETはゲートとソースが短絡されている態様において、上記電流源MOSFETと上記センサーMOSFETは、同一構造のペアトランジスタであるか、チャネル不純物濃度以外が同一構造のトランジスタであるか、ゲート不純物濃度以外が同一構造のトランジスタである例を挙げることができる。ただし、本発明において、電流源MOSFETとセンサーMOSFETの構造はこれらの例に限定されない。

10

【0017】

本発明の赤外線センサーにおいて、上記定電流源は、上記断熱構造体の外部に配置され、サブスレッショルド領域で上記電流源MOSFETが流す電流以上の電流を流すことができるN型の第2電流源MOSFET又はP型の第3電流源MOSFETをさらに備えているようにしてもよい。上記第2電流源MOSFETが配置される場合、上記センサーMOSFET及び上記電流源MOSFETはN型で構成され、上記第2電流源MOSFETは、上記電流源MOSFETの電源側に直列に接続され、ゲートとソースが短絡され、かつバックゲートが上記センサー出力端子に接続される。また、上記第3電流源MOSFETが配置される場合、上記センサーMOSFET及び上記電流源MOSFETはP型で構成され、上記第3電流源MOSFETは、上記電流源MOSFETと上記センサーMOSFETの間に直列に接続され、ゲートとソースが短絡され、かつバックゲートが上記電流源MOSFETの電源側の端子に接続される。

20

【0018】

本発明にかかる赤外線アレイセンサーは、本発明の赤外線センサーがアレイ状に配置され、画素選択を行なうための複数のスイッチを有し、上記定電流源は、アレイ状に配置された上記センサー用MOSFETに対して、同じ行又は列に配列された複数の上記センサー用MOSFETごとに設けられているものである。

【発明の効果】

30

【0019】

本発明の赤外線センサーは、センサーMOSFETと、センサーMOSFETに直列接続され、センサーMOSFETを定電流駆動させるための定電流源を構成する電流源MOSFETを備え、センサーMOSFETと電流源MOSFETの間の端子がセンサー出力端子を構成し、センサーMOSFETは断熱構造体上に配置され、電流源MOSFETは断熱構造体の外部に配置され、センサーMOSFET及び電流源MOSFETは同じ導電型のMOSFETからなり、かつサブスレッショルド領域で動作されるようにしたので、周囲温度変化に対して、センサーMOSFET及び電流源MOSFETの特性がほぼ等しく変化し、センサー出力電圧のDCレベル変化を小さくすることができる。

さらに、参照センサーを用いる必要がないので、参照センサーを用いる場合に比べて、赤外線センサーの小型化及び回路構成の単純化を図ることができる。

40

さらに、センサーMOSFET及び電流源MOSFETは一般的なCMOSプロセスを用いて作製できるので、増幅回路や制御回路と同一基板上に形成するのが容易である。

【0020】

また、従来の赤外線センサーにおいて、サーモパイルのようにセンサー素子を多段接続構成にして感度を増大する場合に、センサーMOSFET1個あたりの出力電圧を小さくしなければセンサー出力電圧が大きくなり、低電圧動作が難しくなるという問題があった。

。

これに対し、本発明の赤外線センサーでは、センサーMOSFETと電流源MOSFETとともにサブスレッショルド領域で動作されるので、センサー出力電圧DCレベルを小

50

さくすることができ、センサーMOSFETを多段接続構成として、感度を増大させることが容易となり、かつ低電圧動作が可能となる。

【0021】

また、センサーMOSFETはゲートとドレインが短絡され、電流源MOSFETはゲートとソースが短絡されているようにし、センサーMOSFETと電流源MOSFETでゲート・ソース間電圧が同一である場合にセンサーMOSFETのサブスレッショルド領域電流が電流源MOSFETのサブスレッショルド領域電流よりも小さくなるように設定すれば、センサーMOSFETのゲート及び電流源MOSFETのゲートに電圧を別途供給しなくても、センサーMOSFET及び電流源MOSFETを動作させることができる。

10

この態様において、電流源MOSFETとセンサーMOSFETは同一構造のペアトランジスタであるようにすれば、電流源MOSFETとセンサーMOSFETは同じ温度特性をもつようになるので、周囲温度の変化によるセンサー出力電圧のDCレベル変化をより効果的に小さくすることができる。

また、電流源MOSFETとセンサーMOSFETは、チャネル不純物濃度以外が同一構造のトランジスタであるか、ゲート不純物濃度以外が同一構造のトランジスタであるようにすれば、センサーMOSFETと電流源MOSFETのしきい値電圧差  $V_{th}$ 、すなわちセンサー出力電圧のDCレベルを所望の値に制御することができる。例えば、より小さなしきい値電圧差  $V_{th}$  を得ることにより、センサーMOSFETをより多段にして高感度の赤外線センサーを形成することができる。また、センサーMOSFETのしきい値を温度感度が高くなる値へ調整することによって高感度の赤外線センサーを形成することができる。

20

【0022】

本発明の赤外線センサーにおいて、センサーMOSFET及び電流源MOSFETはN型であり、定電流源は、断熱構造体の外部に配置され、サブスレッショルド領域で電流源MOSFETが流す電流以上の電流を流すことができるN型の第2電流源MOSFETをさらに備え、第2電流源MOSFETは、電流源MOSFETの電源側に直列に接続され、ゲートとソースが短絡され、かつバックゲートがセンサー出力端子に接続されているようにすれば、電源電圧の変化が変化しても、センサー出力電圧の変化として第2電流源MOSFETのバックゲートへとフィードバックが掛かり、定電流源の電流の変化が抑制される。

30

【0023】

また、センサーMOSFET及び電流源MOSFETはP型であり、定電流源は断熱構造体の外部に配置され、サブスレッショルド領域で電流源MOSFETが流す電流以上の電流を流すことができるP型の第3電流源MOSFETをさらに備え、第3電流源MOSFETは、電流源MOSFETとセンサーMOSFETの間に直列に接続され、ゲートとソースが短絡され、かつバックゲートが電流源MOSFETの電源側の端子に接続されているようにすれば、電源電圧が変化しても、第3電流源MOSFETのバックゲートへとフィードバックが掛かり、定電流源の電流の変化が抑制される。

40

【0024】

本発明の赤外線アレイセンサーは、本発明の赤外線センサーがアレイ状に配置され、画素選択を行なうための複数のスイッチを有し、定電流源は、アレイ状に配置されたセンサー用MOSFETに対して、同じ行又は列に配列された複数のセンサー用MOSFETごとに設けられているようにしたので、ペルチェ素子等の電気的な冷却素子が不要となり、低電圧動作も可能となることから、大幅なシステムの小型化、簡易化、低コスト化、低消費電力化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】一実施例を説明するための回路図である。

【図2】MOSFETの  $V_{gs} - I_d$  特性を示す図であり、波形Aはしきい値電圧が  $V_t$

50

h aのM O S F E Tをダイオード接続した場合の $V_{gs} - I_d$ 特性を示し、波形Bはしきい値電圧が $V_{thb}$ のM O S F E Tの一定 $V_{ds}$ （ソース - ドレイン間電圧）時の $V_{gs} - I_d$ 特性を示す。

【図3】他の実施例を説明するための回路図である。

【図4】センサーM O S F E Tの $I_d - V_{gs}$ 特性の一例を示す図である。

【図5】図1に示した赤外線センサーを構成するセンサーM O S F E Tと電流源M O S F E Tの $I_d - V_{gs}$ 特性の一例を示す図である。

【図6】図1に示した赤外線センサーを構成するセンサーM O S F E Tと電流源M O S F E Tをペアトランジスタで構成した場合の両M O S F E Tの $I_d - V_{gs}$ 特性の一例を示す図である。

10

【図7】さらに他の実施例を説明するための回路図である。

【図8】さらに他の実施例を説明するための回路図である。

【図9】さらに他の実施例を説明するための回路図である。

【図10】さらに他の実施例を説明するための回路図であり、本発明を適用した赤外線アレイセンサーの一例を示した図である。

【図11】従来の熱型赤外線センサーの構造を説明するための回路図である。

【図12】断熱構造体の一例を説明するための概略図であり、(A)は平面図、(B)は(A)のA - A'位置での断面図である。

【図13】従来の熱型赤外線センサーの一つで定電流源をP型のM O S F E T 113で構成した例を説明するための回路図である。

20

【図14】参照センサーを備えた赤外線センサーを説明するための回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

図1は、一実施例を説明するための回路図である。

本実施例の赤外線センサーは、断熱構造体1（図12参照。）上に形成されたセンサーM O S F E T 3と、断熱構造体1の外部に形成された電流源M O S F E T 5から構成される。センサーM O S F E T 3及び電流源M O S F E T 5は、サブスレッショルド領域で動作している同じ導電型のM O S F E Tであり、例えばN型のM O S F E Tで構成されている。

【0027】

30

センサーM O S F E T 3はゲートとドレインが短絡されたダイオード接続となっている。電流源M O S F E T 5はゲートとソースが短絡されている。電流源M O S F E T 5は、ゲートとソースが短絡されていることで、特別なバイアス電圧を必要とせずに、安定した定電流源を作ることが可能である。

上記のように結線されたセンサーM O S F E T 3と電流源M O S F E T 5は、電源 $V_{dd}$ とグランドGNDの間に直列に接続されている。センサーM O S F E T 3と電流源M O S F E T 5の接続ノードの電圧がセンサー出力電圧 $V_{out}$ として用いられる。

【0028】

図2は、M O S F E Tの $V_{gs} - I_d$ 特性を示す図であり、波形Aはしきい値電圧が $V_{tha}$ のM O S F E Tをダイオード接続した場合の $V_{gs} - I_d$ 特性を示し、波形Bはしきい値電圧が $V_{thb}$ のM O S F E Tの一定 $V_{ds}$ （ソース - ドレイン間電圧）時の $V_{gs} - I_d$ 特性を示す。また、図2中の一点鎖線の左側の領域がおおよそそのサブスレッショルド領域である。

40

【0029】

例えば、図1のセンサーM O S F E T 3を図2の波形Aの特性とし、図1の電流源M O S F E T 5を図2の波形Bの特性とすれば、波形Bの $V_{gs} = 0$ の点が電流源電流 $I_d$ となり、電流源電流 $I_d$ と波形Aの特性から決まる電圧がセンサー出力電圧 $V_{out}$ となる。このとき、センサー出力電圧 $V_{out}$ はM O S F E T 3, 5のしきい値電圧差 $V_{th}$ とほぼ等しくなる。

【0030】

50

また、後述する多段接続構成においては、低電圧動作を可能とするために図1のセンサー出力電圧 $V_{out}$ 、つまりしきい値電圧差 $V_{th}$ を小さくする必要がある。例えば、センサー出力電圧 $V_{out}$  しきい値電圧差 $V_{th} = 50\text{ mV}$ を出力させる場合、図1のMOSFET3, 5を飽和領域で動作させると、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5で互いに $V_{ds}$ が異なるため、この $V_{ds}$ 差によってセンサー出力電圧 $V_{out} > \text{しきい値電圧差 } V_{th}$ となり、目的とする微小なしきい値電圧差 $V_{th}$ を出力することができない。

#### 【0031】

本発明においては、図1のセンサーMOSFET3と電流源MOSFET5を共にサブスレッショルド領域で動作させることにより、微小なセンサー出力電圧 $V_{out}$  しきい値電圧差 $V_{th}$ を出力することが可能である。これは、サブスレッショルド領域でMOSFETに流れる電流は、ソース・ドレイン間電圧 $V_{ds}$ にほとんど依存しないためである。

#### 【0032】

また、本発明のセンサーにおいては、同一ゲートバイアス（同一 $V_{gs}$ ）時のセンサーMOSFET3のサブスレッショルド領域電流が電流源MOSFET5のサブスレッショルド領域電流以下となるように設計されなければならない。このように設計することにより、図1に示した構成のセンサーにおいて、微小なセンサー出力電圧 $V_{out}$  しきい値電圧差 $V_{th}$ を出力することが可能である。

#### 【0033】

図3は、他の実施例を説明するための回路図である。

この実施例では、センサーMOSFET3がN段直列に接続されている。図1で示した1段構成の場合と同様に、N段のセンサーMOSFET3は全て断熱構造体1上に形成されている。この実施例のように、センサーMOSFET3をN段に接続することによって、赤外線センサーの感度をN倍にすることが可能である。

#### 【0034】

また、このとき、センサー出力電圧 $V_{out}$ のDCレベルも1段の場合と比較してN倍となるため、センサーMOSFET3 1段あたりの $V_{gs}$ を小さくする必要がある。前述のように、センサーMOSFET3及び電流源MOSFET5をサブスレッショルド領域で動作させ、センサーMOSFET3のしきい値電圧と電流源MOSFET5のしきい値電圧の差 $V_{th}$ を小さくすることにより、MOSFET3 1段あたりの $V_{gs}$ （図1における $V_{out}$ ）を小さくすることが可能となる。

#### 【0035】

例えば、MOSFET3 1段あたりの $V_{gs}$ が $50\text{ mV}$ 、直列の段数が50段の場合、図3の $V_{out}$ は $2.5\text{ V}$ となり、電源電圧 $3\text{ V}$ で駆動が可能である。このとき、感度はMOSFET3 1段の場合と比較して、50倍となる。

#### 【0036】

図4は、センサーMOSFETの $I_d - V_{gs}$ 特性の一例を示す図である。

図11に示した従来の赤外線センサーにおいて、電流源103が温度依存性を持たないように設計されている場合、電流 $I_d$ は周囲温度に依存せずに一定となる。一方で、センサーMOSFET101は周囲温度が $25^\circ\text{C}$ と $60^\circ\text{C}$ の場合で、図4のように特性が変化する。周囲温度 $25^\circ\text{C}$ の場合、センサー出力電圧 $V_{out25}$ は約 $0.096\text{ V}$ であるのに対し、周囲温度が $60^\circ\text{C}$ の場合にはセンサー出力電圧 $V_{out60}$ は約 $0.044\text{ V}$ となり、約 $0.052\text{ V}$ の変化が生じている。これは、図11で示したような1段構成の場合はわずかな変化量であるが、図3で示したような多段構成の場合は影響が大きくなる。例えば、多段構成で $N = 50$ 段とすると、周囲温度が $25^\circ\text{C}$ の場合、センサー出力電圧 $V_{out}$ は約 $4.8\text{ V}$ となり、 $60^\circ\text{C}$ の場合、センサー出力電圧 $V_{out}$ は約 $2.2\text{ V}$ まで低下する。

#### 【0037】

また、周囲温度が低くなれば、反対にセンサー出力電圧 $V_{out}$ は $4.8\text{ V}$ より高くな

10

20

30

40

50



る方向へとシフトする。また、赤外線センサーの使用温度範囲を  $0 \sim 80$  とすればセンサー出力電圧  $V_{out}$  の変化幅は  $5V$  近くになる。また、赤外線センサーの感度向上のために、センサー  $MOSFET3$  の温度係数を高く設計すれば、周囲温度の変化によるセンサー出力電圧  $V_{out}$  の変化量はさらに大きくなる。

上述のように、従来技術は、このような周囲温度の変化による  $V_{out}$  の変化を抑制するために、ペルチェ素子等の冷却素子を用いてセンサー  $MOSFET$  の温度を常に一定になるように制御していた。

#### 【0038】

図5は、図1に示した赤外線センサーを構成するセンサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  の  $I_d - V_{gs}$  特性の一例を示す図である。

10

周囲温度  $25$  の場合、電流源  $MOSFET5$  が流す電流  $I_{d25}$  とセンサー  $MOSFET3$  の特性との関係から出力電圧  $V_{out25}$  は約  $0.080V$  である。周囲温度  $60$  の場合、電流源  $MOSFET5$  が流す電流  $I_{d60}$  とセンサー  $MOSFET3$  の特性との関係から出力電圧  $V_{out2}$  は約  $0.082V$  である。このように、周囲温度が  $25 \sim 60$  の場合に、センサー出力電圧  $V_{out}$  の変化量は約  $0.002V$  となり、図11及び図4を参照して説明した従来のセンサーと比較すると、センサー出力電圧  $V_{out}$  の変化量は約  $1/26$  に抑制されている。

#### 【0039】

また、図3に示した多段構成で  $N = 50$  段の場合を考えると、周囲温度が  $25$  のときはセンサー出力電圧  $V_{out}$  は約  $4.0V$ 、周囲温度  $60$  のときはセンサー出力電圧  $V_{out}$  は約  $4.1V$  となり、周囲温度変化に対してセンサー出力電圧  $V_{out}$  の  $DC$  レベル変化が小さく多段構成の赤外線センサーを実現できる。

20

#### 【0040】

本発明の特徴は、センサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  を同じ導電型の  $MOSFET$  で構成し、ともにサブスレッショルド領域で動作させることにより、センサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  がほとんど同じ温度特性を持つようにしたことである。これにより、周囲温度が変化した場合においても、ペルチェ素子等の冷却素子を使用することなく、センサー出力電圧  $V_{out}$  をほぼ一定に保つことが可能となる。また、センサー出力電圧  $V_{out}$  の変化が抑制されることにより、電源電圧を低く設定することができ、低電圧動作、低消費電力動作が可能となる。

30

#### 【0041】

ところで、周囲温度の変化によるセンサー出力電圧  $V_{out}$  の変化をさらに精度良く抑制するためには、よりセンサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  の温度特性を合わせることが好ましい。このためには、センサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  を同じ導電型の  $MOSFET$  で構成することに加えて、構造も同じにする方法がある。つまり、センサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  のサイズ（ゲート長、ゲート幅）を同じにすることにより、センサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  の温度特性がより近くなり、周囲温度の変化によるセンサー出力電圧  $V_{out}$  の変化をさらに精度良く抑制することが可能となる。

#### 【0042】

40

また、周囲温度の変化によるセンサー出力電圧  $V_{out}$  の変化をさらに精度良く抑制するためには、センサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  のチャネル不純物濃度とプロファイルを同じにする方法がある。つまり、センサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  は、導電型、構造、しきい値電圧が等しい、全く同じ構造の  $MOSFET$  で構成される（このような条件の二つのトランジスタをペアトランジスタと呼ぶ）。ただし、結線は図1又は図3に示した状態にする。

#### 【0043】

図6は図1に示した赤外線センサーを構成するセンサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  をペアトランジスタで構成した場合のセンサー  $MOSFET3$  と電流源  $MOSFET5$  の  $I_d - V_{gs}$  特性の一例を示す図である。

50

## 【0044】

図6に示すように、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5を全く同じ構造のペアトランジスタで構成した場合、結線の違いによってセンサー出力電圧 $V_{out25}$ は約25mVという非常に小さな電圧が出力される。このことから、図3に示した多段構成にすることが非常に容易となる。

また、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5は全く同じ構造のMOSFETであるため、プロセスばらつきの少ない非常に安定したセンサー出力電圧 $V_{out}$ を作り出すことが可能である。

## 【0045】

前記のように、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5を全く同じ構造のペアトランジスタで構成すれば容易に安定したセンサー出力電圧 $V_{out}$ を作り出すことができるが、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5がペアトランジスタでない構成においても本発明のセンサーを実現可能である。例えば、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5はチャネル不純物濃度以外は同一構造のトランジスタであってもよい。また、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5はゲート不純物濃度以外は同一構造のトランジスタであるようにしてもよい。ただし、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5でゲート・ソース間電圧が同一である場合にセンサーMOSFET3のサブスレッショルド領域電流が電流源MOSFET5のサブスレッショルド領域電流以下になるように設定される。

## 【0046】

チャネル不純物濃度やゲート不純物濃度が互いに異なる2つのMOSFETは、しきい値電圧も互いに異なる。すなわち、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5で、チャネル不純物濃度やゲート不純物濃度を互いに異ならせることにより、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5のしきい値電圧差 $V_{th}$ を所望の値に制御することができ、より小さなしきい値電圧差 $V_{th}$ を得ることができる。これにより、センサーMOSFET3をさらに多段にして高感度の赤外線センサーを形成することができる。また、センサーMOSFETのしきい値電圧によってセンサーMOSFETの温度感度が異なるので、センサーMOSFETのしきい値電圧を温度感度が高くなる値へ調整することによって高感度の赤外線センサーを形成することができる。

## 【0047】

ここまで、センサーMOSFET3と電流源MOSFET5はN型のMOSFETの構成で説明してきたが、センサーMOSFETと電流源MOSFETをP型のMOSFETで構成してもよい。

図7は、さらに他の実施例を説明するための回路図である。

この実施例は断熱構造体1上に形成されたN段のセンサーMOSFET7と、断熱構造体1の外部に形成された電流源MOSFET9から構成される。センサーMOSFET7及び電流源MOSFET9は、サブスレッショルド領域で動作しているP型のMOSFETで構成されている。

## 【0048】

各センサーMOSFET7はゲートとドレインが短絡されたダイオード接続となっている。電流源MOSFET9はゲートとソースが短絡されている。センサーMOSFET7と電流源MOSFET9の接続ノードの電圧がセンサー出力電圧 $V_{out}$ として用いられる。

この実施例でも、図3に示したN型のセンサーMOSFET3及び電流源MOSFET5を備えたセンサーと同様の作用及び効果を得ることができる。

この実施例はN段のセンサーMOSFET7を備えているが、センサーMOSFET7は1段であってもよい。

## 【0049】

図8は、さらに他の実施例を説明するための回路図である。

この実施例では、定電流源が電流源MOSFET5と第2電流源MOSFET11の二

10

20

30

40

50

つのMOSFETで構成されている。第2電流源MOSFET11は電源電圧V<sub>dd</sub>の変化による電流I<sub>d</sub>の変化を抑制するためのものである。第2電流源MOSFET11は、電源V<sub>dd</sub>と電流源MOSFET5の間に直列に接続され、ゲートとソースが短絡され、バックゲートはセンサー出力電圧V<sub>out</sub>に接続されている。

【0050】

このように第2電流源MOSFET11を接続することにより、電源電圧V<sub>dd</sub>の変化により電流I<sub>d</sub>が変化しても、センサー出力電圧V<sub>out</sub>の変化として第2電流源MOSFET11のバックゲートへとフィードバックが掛かり、電流I<sub>d</sub>の変化が抑制される。第2電流源MOSFET11は、電流源MOSFET5と全く同じ構成のMOSFETとするか、第2電流源MOSFET11で電流I<sub>d</sub>が制限されてしまわないように電流源MOSFET5よりも電流が多く流れるように設計されている。

10

【0051】

図9は、さらに他の実施例を説明するための回路図である。

この実施例は、P型MOSFETで構成された図7のセンサーに対して、P型の第3電流源MOSFET13をさらに備えている。第3電流源MOSFET13は、センサーMOSFET7と電流源MOSFET9の間に直列に接続され、ゲートとソースが短絡され、バックゲートは電源V<sub>dd</sub>に接続されている。

【0052】

このように第3電流源MOSFET13を接続することにより、電源電圧V<sub>dd</sub>が変化しても、V<sub>out</sub>と第3電流源MOSFET13のバックゲート間電圧へとフィードバックが掛かり、電流I<sub>d</sub>の変化が抑制される。第3電流源MOSFET13は、電流源MOSFET9と全く同じ構成のMOSFETとするか、電流源MOSFET11で電流I<sub>d</sub>が制限されてしまわないように電流源MOSFET5よりも電流が多く流れるように設計されている。

20

【0053】

図10は、さらに他の実施例を説明するための回路図であり、本発明を適用した赤外線アレイセンサーの一例を示した図である。

アレイセンサーはL×M個の画素S<sub>11</sub>～S<sub>1m</sub>、定電流源D<sub>1</sub>～D<sub>m</sub>、列選択スイッチS<sub>Wa1</sub>～S<sub>Wam</sub>、行選択スイッチS<sub>Wb1</sub>～S<sub>Wbl</sub>から構成されており、出力センサー出力電圧V<sub>out0</sub>～センサー出力電圧V<sub>outM-1</sub>が出力される。なお、L=1のラインセンサーの場合には、行選択スイッチ、列選択スイッチは不要である。

30

【0054】

各画素S<sub>11</sub>～S<sub>1m</sub>は、上記の実施例で説明したように、断熱構造体とセンサーMOSFETから構成されている。図10では、各画素S<sub>11</sub>～S<sub>1m</sub>でセンサーMOSFETが1段の構成を示しているが、各画素S<sub>11</sub>～S<sub>1m</sub>においてセンサーMOSFETは多段であってもよい。例えば、断熱構造体上に形成できる数又は電源電圧で決まる数だけセンサーMOSFETを多段に接続した構成であってもよい。

定電流源は列の数、あるいは行の数だけ形成し、行選択スイッチ、列選択スイッチによって選択された画素に、定電流を供給する。各定電流源D<sub>1</sub>～D<sub>m</sub>は、電流源MOSFET一つからなる構成を示しているが、図8及び図9を参照して説明したように、電流源MOSFET2つからなる構成としてもよい。

40

【0055】

各画素から得られたセンサー出力電圧V<sub>out0</sub>～V<sub>outM-1</sub>は順次アンプ等の後段回路に送られる。

このような赤外線アレイセンサーでは、特に小型化や低消費電力化が望まれているため、本発明を適用すれば、ペルチェ素子等の電氣的な冷却素子が不要となり、低電圧動作も可能となることから、大幅なシステムの小型化、簡易化、低コスト化、低消費電力化が可能となる。

【0056】

以上、本発明の実施例を説明したが、上記実施例における回路構成等は一例であり、本

50

発明はこれらに限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の範囲内で種々の変更が可能である。

例えば、上記実施例では、電流源MOSFET 5, 9, 11, 13はゲートとソースが短絡されているが、本発明はこれに限定されるものではなく、電流源MOSFETのゲートに所定の電圧を印加して電流源MOSFETを動作させてもよい。

また、上記実施例では、センサーMOSFETを構成するMOSFET 3, 7はゲートとドレインが短絡されているが、本発明はこれに限定されるものではなく、センサーMOSFETを構成するMOSFETのゲートに所定の電圧を印加してセンサーMOSFETを動作させてもよい。

【産業上の利用可能性】

10

【0057】

本発明は、例えば生体検知センサーや赤外線カメラ等、赤外線を受光又は放出することで発生する熱によって特性が変化する赤外線センサーを備えた機器に応用される。

【符号の説明】

【0058】

1 断熱構造体

3 N型のセンサーMOSFET

5 N型の電流源MOSFET

7 P型のセンサーMOSFET

9 P型の電流源MOSFET

11 第2電流源MOSFET

13 第3電流源MOSFET

20

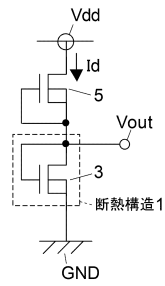
【先行技術文献】

【特許文献】

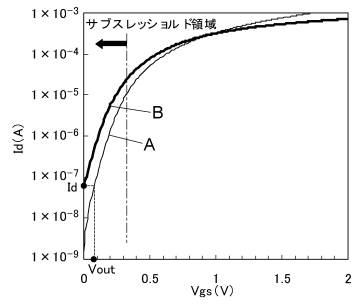
【0059】

【特許文献1】特開2006-258562号公報

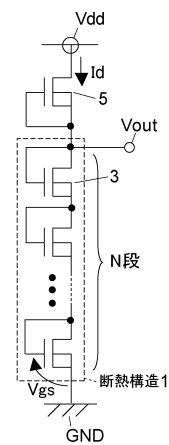
【図 1】



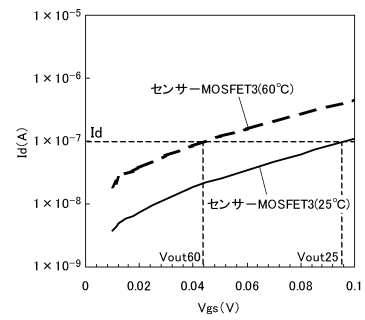
【図 2】



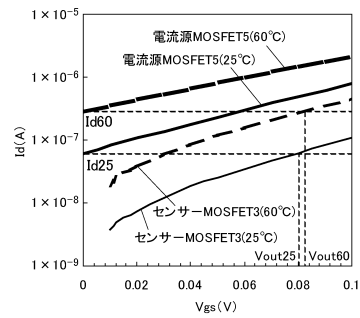
【図 3】



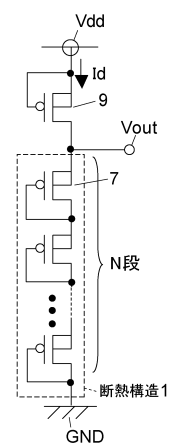
【図 4】



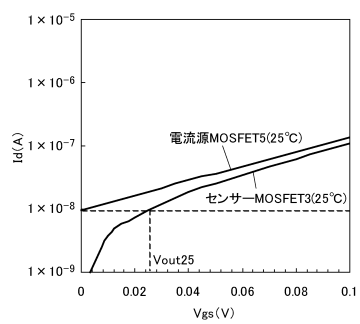
【図 5】



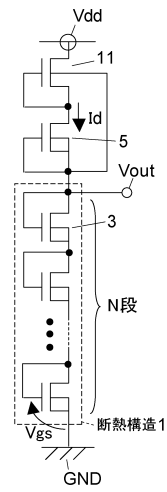
【図 7】



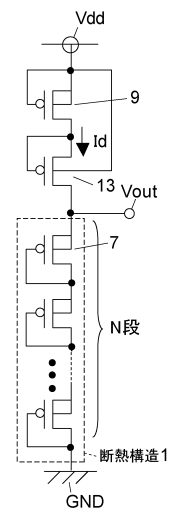
【図 6】



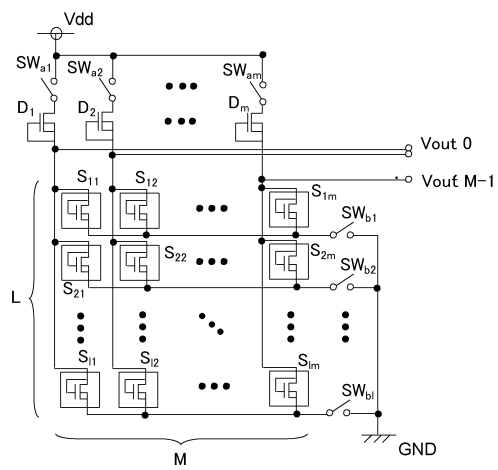
【図 8】



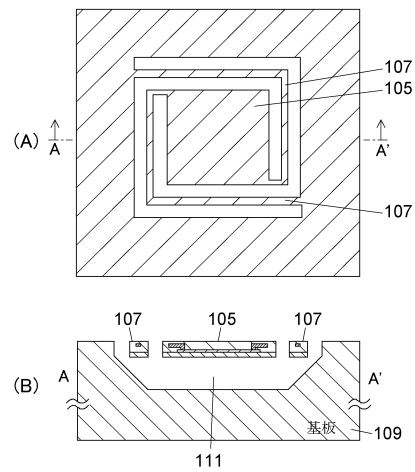
【図 9】



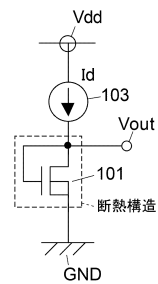
【図 10】



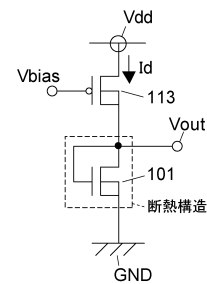
【図 12】



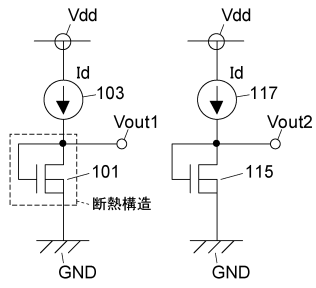
【図 11】



【図 13】



【図 14】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-258562(JP,A)  
特開平09-330135(JP,A)  
特開2009-044002(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J	1/02	
G01J	1/42	- 1/46
G01J	5/02	
G01J	5/20	- 5/26
G01J	5/48	
G01K	7/00	, 391
G01R	19/00	- 19/32
G05F	1/00	
G05F	3/24	
H01L	21/822	
H01L	27/04	
H01L	27/14	- 27/148
H01L	29/78	
H01L	31/10	
H04N	5/30	- 5/335