

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3701241号

(P3701241)

(45) 発行日 平成17年9月28日(2005.9.28)

(24) 登録日 平成17年7月22日(2005.7.22)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

GO 1 N 27/414

GO 1 N 27/30 3 O 1 R

GO 1 N 27/416

GO 1 N 27/30 3 O 1 W

HO 1 L 29/78

GO 1 N 27/30 3 O 1 X

HO 1 L 29/78 3 O 1 U

GO 1 N 27/46 3 5 3 G

請求項の数 16 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2001-572886 (P2001-572886)  
 (86) (22) 出願日 平成13年3月29日(2001.3.29)  
 (65) 公表番号 特表2004-510125 (P2004-510125A)  
 (43) 公表日 平成16年4月2日(2004.4.2)  
 (86) 国際出願番号 PCT/DE2001/001239  
 (87) 国際公開番号 W02001/075462  
 (87) 国際公開日 平成13年10月11日(2001.10.11)  
 審査請求日 平成14年9月27日(2002.9.27)  
 (31) 優先権主張番号 100 15 958.3  
 (32) 優先日 平成12年3月30日(2000.3.30)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)  
 (31) 優先権主張番号 100 23 357.0  
 (32) 優先日 平成12年5月12日(2000.5.12)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(73) 特許権者 501209070  
 インフィネオン テクノロジーズ アクチ  
 エンゲゼルシャフト  
 ドイツ連邦共和国 81669 ミュンヘ  
 ン ザンクト マルティン シュトラーセ  
 53  
 (74) 代理人 100078282  
 弁理士 山本 秀策  
 (74) 代理人 100062409  
 弁理士 安村 高明  
 (74) 代理人 100113413  
 弁理士 森下 夏樹  
 (72) 発明者 テーヴェス、 ローランド  
 ドイツ国 82194 グレーベンツェル  
 , イェーガーハイムシュトラーセ 7  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサ配列のトランジスタの状態を検出するセンサ配列および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに結合された複数の電界効果トランジスタを有するバイオセンサ配列であって、  
 該複数の電界効果トランジスタはバイオセンサとして設計されており、  
 該複数の電界効果トランジスタの少なくとも一部は、生物学的材料から生体電気信号を  
 検出することができるようにセットアップされており、

その状態が検出されるべき電界効果トランジスタを選択する選択手段が設けられており

該バイオセンサ配列は、選択が行なわれた場合には、該選択された電界効果トランジスタがソースフォロアとして駆動されるようにセットアップされている、バイオセンサ配列

10

【請求項2】

前記複数の電界効果トランジスタは、MOS電界効果トランジスタである、請求項1に記載のバイオセンサ配列。

【請求項3】

前記複数の電界効果トランジスタは、イオン感受性電界効果トランジスタである、請求項1に記載のセンサ配列。

【請求項4】

前記選択されたトランジスタは、選択が行なわれた場合には、動作点において反転して駆動される、請求項1に記載のセンサ配列。

20

## 【請求項 5】

前記選択されたトランジスタは、選択が行なわれた場合には、動作点において、閾値下領域で駆動される、請求項 1 に記載のセンサ配列。

## 【請求項 6】

前記選択手段は、前記選択された電界効果トランジスタの状態を検出するために、前記センサ配列の動作電圧に等しい電圧が印加されるようにセットアップされる、請求項 1 に記載のセンサ配列。

## 【請求項 7】

前記複数の電界効果トランジスタは、列および行に配列され、列接続および行接続を介して互いに結合される、請求項 1 に記載のセンサ配列。

10

## 【請求項 8】

前記複数の電界効果トランジスタのソース端子に結合され得る電流源が設けられている、請求項 1 に記載のセンサ配列。

## 【請求項 9】

前記複数の電界効果トランジスタのドレイン端子に結合され得る電圧源が設けられている、請求項 1 に記載のセンサ配列。

## 【請求項 10】

前記選択手段はスイッチを有し、該スイッチを用いて電界効果トランジスタが選択され得る、請求項 1 に記載のセンサ配列。

## 【請求項 11】

各電界効果トランジスタに、1つの選択要素が設けられており、該選択要素は、前記選択された電界効果トランジスタが導電的に前記選択手段に結合するように用いられ得、選択されなかった電界効果トランジスタの少なくとも一部を通る電流の流れを遮断するように用いられ得る、請求項 1 に記載のセンサ配列。

20

## 【請求項 12】

前記選択要素は、ダイオードまたはトランジスタである、請求項 11 に記載のセンサ配列。

## 【請求項 13】

前記複数の電界効果トランジスタに結合されたバッファ回路が設けられており、該バッファ回路を用いて、検出された状態がそれぞれバッファリング可能であり、これによって、該バッファ回路の入力に存在する入力信号が、該バッファ回路の出力において低インピーダンスで利用可能にされる、請求項 1 に記載のセンサ配列。

30

## 【請求項 14】

前記選択されなかったトランジスタの少なくともいくつかは、1つ以上の所与の電位に結合され得る、請求項 1 に記載のセンサ配列。

## 【請求項 15】

前記所与の電位の1つは、前記バッファ回路の出力において利用可能とされる信号である、請求項 14 に記載のセンサ配列。

## 【請求項 16】

互いに結合された複数の電界効果トランジスタを含むセンサ配列において電界効果トランジスタの状態を検出する方法であって、

40

該複数の電界効果トランジスタは、該複数の電界効果トランジスタの状態が検出されるべき生物学的材料からの生体電気信号に依存するようにバイオセンサとしてセットアップされており、該生体電気信号は、該電界効果トランジスタを用いて検出され、

1つの電界効果トランジスタが選択され、

該選択された電界効果トランジスタの状態が検出され、

該選択された電界効果トランジスタは、選択が行なわれた場合には、ソースフォロアとして駆動される、方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

50

本発明は、センサ配列のトランジスタの状態を検出する方法およびセンサ配列に関する。

【0002】

このようなセンサ配列およびこのような方法は、[1]から公知である。

【0003】

[1]から公知のセンサ配列において、MOS電界効果トランジスタが提供される。これらのトランジスタは、N個の行およびM個の列を有する行列で配列され、列接続および行接続を介して互いに結合される。列接続および/または行接続は、通常、導電性接続である。さらに、状態が検出されるべき電界効果トランジスタを選択する選択手段が提供される。

【0004】

[1]から公知のセンサ配列の場合、電界効果トランジスタはセンサとして設計される。すなわち、これらの電界効果トランジスタは、例えば、それぞれの電界トランジスタの、変化するゲート電位を用いて、検出されるべき信号を検出する。

【0005】

センサ配列によって、電界効果トランジスタの選択および状態の読み出しの際に、それぞれの電界効果トランジスタのソースとドレインとの間に存在する電圧の非線形特性曲線が検出される。読み出された電圧の曲線は非線形である。

【0006】

この非線形性が原因で、公知のセンサ配列を実際に適用する際に、重大な問題が生じる。

【0007】

特に、例えば、数千～数百万の非常に大きい数の電界効果トランジスタがそれぞれ5 μm以下の間隔で互いに距離を置くセンサ配列の場合等、空間的高解像を達成すべきセンサ配列の場合、選択されたトランジスタの検出されるべき状態に関して、大きい信頼性の問題が生じる。換言すると、センサ配列に含まれる電界効果トランジスタの数に関連して、センサ配列の寸法比が非常に小さい場合に特に信頼性の問題が認められ得る。

【0008】

これは、センサ配列の面積全体が同じ状態であるか、それどころか増大する場合にセンサ配列の空間分解能が上昇する場合、またはこれに対応して、空間分解能が同じ状態である場合、およびセンサ配列の面積全体が増大する場合、生体電気信号を検出する際に、重大な問題が生じることを意味する。

【0009】

さらに、[1]において用いられた技術は、製造が非常に複雑かつ高価であり、産業界における通常の標準製造プロセスとあまり適合性がない。

【0010】

さらに、MOS電界効果トランジスタを、センサとして用いられ得るように改変することが公知である。

【0011】

このような電界効果トランジスタの場合、チャンネルの制御またはチャンネル領域に存在する電荷キャリアの密度の制御が、センサによって特徴付けられるべき対象物または媒体を介して行なわれ、その対象物または媒体が、チャンネル領域の上に存在する誘電体の表面における電位に影響を及ぼし、対応する電界効果トランジスタの状態を変更する。電界効果トランジスタの状態は、ソース端子およびドレイン端子を介して読み出される。

【0012】

通常の、改変されないMOS電界効果トランジスタ回路配列の場合、例えば、トランジスタの通常のメモリ配列の場合、電界効果トランジスタの状態は、行列（例えば、ランダムアクセスメモリ(RAM)）の形式で、ソース端子およびドレイン端子を介して変更および読み出される。

【0013】

このような改変された電界効果トランジスタの実施例は、図2に示される。

【0014】

10

20

30

40

50

電界効果トランジスタ200は、基板201、ソース領域202、ドレイン領域203、チャンネル領域204、およびバイオセンサ工学またはバイオエレクトロニクスにおいて適用するために適合された絶縁誘電体205を有する。絶縁誘電体205の上部に、バイオセンサ工学またはバイオエレクトロニクスの範囲で、生物学的材料を含むセル206が設けられる。

【0015】

[2]および[3]に記載されるように、このような電界効果トランジスタ200を用いて、セル206のセル壁207における電位の変化の形式で現れる、生物学的材料を含むセル206の神経信号が検出および特徴付けられ得る。セル壁207における電位の変化が、電界効果トランジスタ200における電荷キャリアのチャンネル電流、または電界効果トランジスタ200のチャンネル領域204に存在する電荷キャリアの密度を制御および改変することによって、これは可能である。

10

【0016】

このような、電界効果トランジスタ200は、セル206の代謝産物が電界効果トランジスタ200を損なわず、このトランジスタの特性を変更しないように設定される。

【0017】

さらに、セル206と接触する電界効果トランジスタ200において、用いられたセンサ材料は、セル206の代謝、およびそのセルの機能に影響を及ぼさず、セル206に対して毒性に作用しない。

【0018】

検査されるべき溶液のpH値を決定するために、さらなる電界効果トランジスタ300、通常、いわゆるイオン感受性電界効果トランジスタが用いられる。一般的に、イオン感受性電界効果トランジスタ300は、気体センサ工学においても用いられ得る。電界効果トランジスタ300は、基板301、ソース領域302、ドレイン領域303、チャンネル領域304、絶縁誘電体305を有し、ここで、基板301と接触しない、絶縁誘電体305の界面306、または検出領域を形成する誘電体領域307は、いわゆる界面状態を多数含む。この界面状態において、特徴付けられるべき媒体308の、解析の対象となるパラメータの集中に対応してイオンが添加される。電界効果トランジスタ300がpH値センサとして設計される場合、添付されるイオンはH<sup>+</sup>イオンである。換言すると、これは、検査されるべき媒体308と電界効果トランジスタ300との間で相互作用が生じることを意味する。相互作用によって条件付けられた電位効果は、チャンネル領域304内の電荷キャリアのチャンネル電流、または電界効果トランジスタ300のチャンネル領域304において存在する電荷キャリアの密度に決定的に影響を与える。

20

30

【0019】

特に、バイオセンサ工学またはバイオエレクトロニクスにおいて、上述のような電界効果トランジスタセンサを、センサ配列内に多数提供し、所与の試験体、例えば、セル206の試験体または媒体308としての気体試験体の、1つ以上の検出されるべきパラメータの空間分解能および時間分解能を正確に検出することを可能にするが望ましい。

【0020】

このようなセンサ配列の可能な用途は、複数の互いに結合された生物学的セルの神経活性を特徴付けることに見出され得る。このようなセンサ配列の場合、センサ、すなわち電界効果トランジスタは、行および列に沿う数千の電界効果トランジスタをそれぞれ有する行列において配置され、5 μm × 5 μmよりも小さい間隔で、それぞれ互いに距離を置いている。ここで、このような用途に利用可能である、検出されるべき電気信号の信号レンジ(Signalhub)は、数マイクロボルト(μV)の大きさの値を有し得る。

40

【0021】

さらに、[4]から、複数のトランジスタおよび複数のセンサ要素を有するアレイが公知である。ここで、1つのセンサ要素それぞれが、1つのトランジスタそれぞれに直列接続される。トランジスタは、トランジスタの共通の直列出力(Reihenausgang)に接続された共通のソースホロワ抵抗を共有する。

50

## 【0022】

[5]において、マイクロ構造炭素層およびナノ構造炭素層、炭素電極および化学的電界効果トランジスタを製作する方法が公知である。

## 【0023】

本発明は、電界効果トランジスタが $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ 以下の間隔で配列される空間分解能までの非常に高解像の場合に、数千～数百万の非常に多数の電界効果トランジスタを用いて、生体電気信号を検出するために用いられ得るセンサ配列を提示するという問題に基づく。

## 【0024】

さらに、本発明は、 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ 以下の空間分解能に配列される数百万の電界効果トランジスタを有するセンサ配列のトランジスタの状態を検出する方法を提示するという問題に基づく。ここで、電界効果トランジスタは、生体電気信号を検出するために用いられ得る。

10

## 【0025】

この問題は、独立請求項による特徴を有するセンサ配列のトランジスタの状態を検出する方法およびセンサ配列によって解決される。

## 【0026】

センサ配列は、互いに結合されたトランジスタ(トランジスタ要素)を有する。トランジスタ自体、好適には、電界効果トランジスタは、センサとして設計される。さらに、状態が検出されるべきトランジスタを選択するために利用される選択手段が提供される。センサ配列は、選択されたトランジスタ自体、少なくとも、選択が行なわれた場合、ソースホロワとして動作可能であるように調整される。

20

## 【0027】

互いに結合されたトランジスタを有するセンサ配列のトランジスタの状態を検出する方法の場合、トランジスタがセンサとして用いられる。これは、トランジスタの状態が、トランジスタによって検出される、検出されるべき信号に依存することを意味する。トランジスタは選択され、選択されたトランジスタの状態が検出される。少なくとも、選択が行なわれた場合、選択されたトランジスタはソースホロワとして動作される。

## 【0028】

本発明によって、まず、多数のトランジスタ、すなわち数百万にまでおよぶトランジスタを有するセンサ配列が、高空間分解能および高時間分解能のセンサ配列として提供されることが可能になる。

30

## 【0029】

特に、ソースホロワとしての選択されたトランジスタの動作によって、すなわち、選択された電界効果トランジスタのソース電圧が、実質的に、検査されるべき試験体の電位を表す電界効果トランジスタに印加されたゲート電圧に線形的に依存する動作点において、そのような高空間分解能および高時間分解能を有する配列が全く干渉を受けず(stoering free)、従って、可能なかぎり安定的である。

## 【0030】

センサ配列は、干渉の影響に対してロバストであり、例えば、セル206または媒体308の生体電気信号が非常に正確に検出され得ることが保証される。

40

## 【0031】

本発明の好適な展開は、従属請求項から明らかである。

## 【0032】

トランジスタの少なくとも一部は、電界効果トランジスタであり得る。本発明の実施形態により、電界効果トランジスタの少なくとも一部はMOS電界効果トランジスタである。

## 【0033】

MOS電界効果トランジスタの少なくとも一部は、生物学的材料を検出し得るように調整され得る。

## 【0034】

50

本発明のさらなる実施形態により、トランジスタの少なくとも一部は、イオン感受性電界効果トランジスタであることが提供される。このようにして、センサ配列を、例えば、気体センサ工学において、または溶液のpH値を決定するために用いることが可能である。

【0035】

選択されたトランジスタは、例えば、ソースホロウとして動作され得る。選択されたトランジスタは、少なくとも、選択が行なわれた場合、動作点で反転して動作され得る。あるいは、選択されたトランジスタは、少なくとも、選択が行なわれた場合、トランジスタの閾値下領域内の動作点において動作され得る。

【0036】

本発明のさらなる実施形態により、選択されたトランジスタの状態を検出するために、センサ配列の操作電圧と等しい電圧を印加することが提供される。この展開によって、センサ配列全体を非常に緻密かつ容易に実現可能である。なぜなら、操作電圧は、選択されたトランジスタそれぞれの状態を検出するためにも用いられ得るからである。

10

【0037】

トランジスタは、列および行が緻密に、行列の形式で配列され得、列接続および行接続を介して、通常の半導体メモリの行列の接続構造と類似に結合され得る。

【0038】

本発明のさらなる実施形態により、電界効果トランジスタのソース端子と結合可能である電流源が提供される。電界効果トランジスタのドレイン端子と結合可能である電圧源も提供され得る。この実施形態によるセンサ配列は、特に、センサ配列内に発生し得る信号エラーを補償するために適切である。

20

【0039】

選択手段はスイッチを有し得、このスイッチを用いて、トランジスタが選択され得る。

【0040】

特に、センサ配列における電界効果トランジスタの数が同じ状態か、または増大する場合に、センサ配列の寸法が低減される場合、センサ配列において発生し得る可能な寄生効果を低減するために、本発明の実施形態により、各トランジスタに1つの選択要素を割り当てることが提供される。この要素を用いて、選択されたトランジスタは、選択手段と導電性で結合可能であり、トランジスタが選択されない場合、電流の流れはこのトランジスタによって電氣的に遮断され得る。

30

【0041】

選択要素は、ダイオードまたはトランジスタであり得る。

【0042】

さらに、例えば、演算増幅器を有するバッファ回路が提供され得る。このバッファ回路は、トランジスタと結合される、好適には、電界効果トランジスタの行接続と結合される。バッファ回路を用いて、検出された状態は、それぞれ、行接続およびバッファ要素を介して、さらに処理するためにバッファ回路の出力において提供される。ここで、例えば、出力において提供された状態を表す信号は、負荷可能 (belastbar) かつ低インピーダンスである。あるいは、本発明の範囲で、任意の電気回路がバッファ回路として用いられ得る。この回路は、上述の機能を保証し、すなわち、バッファ回路の入力に存在する入力信号が、バッファ回路の出力において低インピーダンスで提供されることを保証する。

40

【0043】

従って、バッファ回路によって、そのバッファ回路の出力において取出された信号がセンサ配列に反作用することが回避される。

【0044】

好適には、バッファ回路の出力において存在する信号は、列接続を介して、センサ配列のトランジスタに利用可能にされ、選択されないトランジスタの少なくとも一部に、バッファ回路の出力において存在する電位に対応する所与の電位を供給する。

【0045】

50

本発明の実施例は、図に示され、さらに詳細に説明される。

【0046】

以下において、図における等価な要素は、同じ参照符号で表示される。

【0047】

図1は、本発明の第1の実施例によるセンサ配列100を示す。

【0048】

センサ配列100は、センサとして設計されるMOS電界効果トランジスタ101を有する。

【0049】

このような電界効果トランジスタとして、例えば、図2、または、さらに図3にも示された電界効果トランジスタが用いられ得る。 10

【0050】

さらに、代替的に、[1]および[2]に記載される電界効果トランジスタは、センサとしてセンサ配列100において用いられ得る。

【0051】

各電界効果トランジスタ101は、センサセル102を形成する。

【0052】

センサ配列100は、 $M \times N$ センサセル102を有し、ここで、センサセル102、従って、電界効果トランジスタ101は、 $N$ 個の列および $M$ 個の行の行列103の形式で配列される。これは、センサ配列100が、各行に $N$ 個のセンサセル102を有することを意味する。センサ配列100が $M$ 個の行、すなわち、センサ配列100の各列において $M$ 個のセンサセル102を有する。 20

【0053】

図4は、以下の説明の範囲で用いられるように、電界効果トランジスタ101の符号400を示す。

【0054】

各電界効果トランジスタ101のソース端子104は、行接続(電線)105、106、107と、それぞれ結合され、1つの行におけるすべての電界効果トランジスタ101のソース端子104は、行接続105、106、107と、それぞれ結合される。

【0055】

すべての電界効果トランジスタ101のドレイン端子108は、列接続109、110、111と、好適には、電線を用いて結合され、1つの列の電界効果トランジスタ101のドレイン端子108は、対応する列接続109、110、111とそれぞれ結合される。 30

【0056】

行選択スイッチ112、113、114は、選択手段として各行接続105、106、107と、それぞれ接続される。それぞれの行選択スイッチ112、113、114が開位置にある場合、それぞれの行接続105、106、107には電流が流れない。

【0057】

しかしながら、それぞれの行選択スイッチ112、113、114が閉じられる場合、電流源115から提供された注入電流 $I_{IN}$ は、対応する行接続105、106、107を 40  
通って流れる。

【0058】

さらに、各列接続109、110、111に、選択手段として列選択スイッチ116、117、118が提供される。

【0059】

対応する列接続109、110、111の選択に対応する第1のスイッチ位置において、すなわち、それぞれ選択された列接続109、110、111(図1における第2の列接続110)と結合される電界効果トランジスタ101が選択される場合、それぞれ選択された列接続109、110、111は、電圧源120と結合される、第1の接続線119と結合される。電圧源120は、対応する電界効果トランジスタ101または124を選 50

択するために利用される操作電圧  $V_{RW}$  を送達する。

【0060】

第2のスイッチ位置において、それぞれの列選択スイッチ116、117、118は、第2の接続線121と接続される。この接続線を介して、それぞれのスイッチは、バッファ回路123の出力122と結合される。

【0061】

バッファ回路123は、実施例により、例えば、演算増幅器であり得る。この演算増幅器の非反転入力は、行接続105、106、107と結合され得、その演算増幅器の反転入力は、演算増幅器の出力と結合される。

【0062】

この関連で、バッファ回路123として別の電気回路が問題なく用いられ得、このバッファ回路は、その入力に存在する入力信号をその出力において低インピーダンスで利用可能にすることに留意されたい。

【0063】

以下において、それぞれの電界効果トランジスタ101のチャンネル領域に影響を及ぼす信号の電位、すなわち、電界効果トランジスタによってセンサとして特徴付けられ得る信号は、 $V_{char}$  と表示される。

【0064】

行選択スイッチ112、113、114および列選択スイッチ116、117、118の選択によって、選択された行（図1において第2の行接続106）の電界効果トランジスタ124に注入電流  $I_{IN}$  が注入される。

【0065】

列選択スイッチ116、117、118を用いて、バッファ回路123の出力122に存在し、その値に関して、増幅1によって増幅された測定信号  $V_{sense}$  に対応するバッファリングされた測定信号  $V_{sense, buf}$  は、センサ配列100に、しかも選択されていない電界効果トランジスタ101の列接続109、111に供給される。

【0066】

この配列によって、選択されない列接続109、111と結合される、すべての電界効果トランジスタ101は、それぞれの電界効果トランジスタ101のドレインとソースとの間の0ボルトの電位差で動作され、従って、電流がないことが保証される。

【0067】

従って、注入電流  $I_{IN}$  は、選択されたセンサトランジスタ124による損失がなく、位置(x、y)において流れることが保証される。ここで、xで、選択された電界効果トランジスタが位置する列が表示され、yで、選択された電界効果トランジスタが位置する行が表示される。

【0068】

この関連で、選択されない行接続105、107は、基本的に、用いられた技術により、それぞれのセンサ配列に固有の操作電圧限界の範囲内の任意の電位と接続され得ることに留意されたい。

【0069】

あるいは、対応する行選択スイッチは、簡単に開かれ得る。

【0070】

さらに、選択されないすべての行接続105、107を、バッファ回路123の出力122と結合することが代替的に可能である。

【0071】

この結合は、特に、センサ配列100内での電界効果トランジスタ101へのアクセス時間に関して、利点を有する。なぜなら、それぞれ、新規に選択された行接続の電位は、その選択の際にすでに、新規に選択されたセンサによって決定される電位値に近いからである。従って、新しい電位が設定されるまで、比較的少ない量の電荷が流れなければならない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 2 】

図 5 a および図 5 b は、図 1 に示される、センサ配列 1 0 0 の、選択された電界効果トランジスタ 1 2 4 の電氣的等価回路を示す。ここで、図 5 a は、バッファ回路 1 2 3 を有しない電氣的等価回路 5 0 0 を、図 5 b は、バッファ回路 1 2 3 を有する電氣的等価回路 5 0 1 を示すが、この回路の出力信号  $V_{OUT}$  の値に関して違いはない。

## 【 0 0 7 3 】

選択された電界効果トランジスタ 1 2 4、すなわち、選択されたセンサトランジスタのソース電圧  $V_s$  の値は、バッファ回路 1 2 3 の入力において存在する電位  $V_{sense}$  の値と同一であり、選択された電界効果トランジスタ 1 2 4 のチャンネル領域に影響を及ぼす電位  $V_{char}$ 、注入電流  $I_{IN}$  に対応する、選択された電界効果トランジスタ 1 2 4 を通る電流、および選択された電解効果トランジスタ 1 2 4 におけるドレイン電圧（図 1 の操作電圧  $V_{RW}$ ）の関数である。

10

## 【 0 0 7 4 】

注入電流  $I_{IN}$  は、選択されたトランジスタ 1 2 4 が動作点を採用し、選択された電界効果トランジスタ 1 2 4 がソースホロワとして動作されるように選択される。

## 【 0 0 7 5 】

これは、選択された電界効果トランジスタ 1 2 4 が動作点を反転して採用するように注入電流  $I_{IN}$  が選択されることによって可能である。すなわち：

$$V_{char} - V_s > V_{th} \quad (1)$$

である。

20

## 【 0 0 7 6 】

ここで、電界効果トランジスタ 1 2 4 の閾値電圧は  $V_{th}$  で表示され、ドレイン電圧は、選択された電界効果トランジスタ 1 2 4 の、いわゆる有効ゲート電圧に対応する差

$$V_{char} - (V_{th} + V_s) \quad (2)$$

よりも大きく選択される。

## 【 0 0 7 7 】

このようにして、電界効果トランジスタ 1 2 4 の動作点は、飽和領域に設定され、電界効果トランジスタは、所望のように、ソースホロワとして動作される。

## 【 0 0 7 8 】

この関連において、トランジスタ電流の上述の条件のもとで、トランジスタの電流は、選択された電界効果トランジスタのドレイン電圧にわずかにのみ依存し、実質的に、有効ゲート電圧により決定されることが利用される。

30

## 【 0 0 7 9 】

しかしながら、電流があらかじめ与えられ、電圧  $V_{char}$  が特徴付けられるべき変数、すなわち、検出されるべき信号であるので、結果として、実質的に、選択された電界効果トランジスタのソース電圧  $V_s$  に電圧  $V_{char}$  を線形的に写像 ( *Abbildung* ) することになる。

## 【 0 0 8 0 】

図 1 からわかるように、

$$V_{sense} = V_s \quad (3)$$

であるので、

40

選択された第 2 の行接続 1 0 6 において、一定数だけ変更された、検出された信号  $V_{char}$  が存在する。従って、検出されるべき電気信号  $V_{char}$  の変化  $\Delta V_{char}$  は、選択された行接続 1 0 6 における変化  $\Delta V_{sense}$  に至る。ここで、十分に近似して：

$$\Delta V_{sense} = \Delta V_{char} \quad (4)$$

である。

## 【 0 0 8 1 】

電圧  $V_{RW}$  の値として、好適には、正の操作電圧  $V_{DD}$  が選択される。この操作電圧を用いて、センサ配列 1 0 0 が動作される。

## 【 0 0 8 2 】

50

あるいは、それぞれ選択された電界効果トランジスタ124は、いわゆる閾値下領域における動作点においても動作され得、すなわち以下の関係があてはまる：

$$V_{c h a r} - V_s < V_{t h} \quad (5)$$

非常に小さい電流 $I_{I N}$ が注入された場合、このような動作点は設定可能である。

【0083】

この場合も、選択された電界効果トランジスタのソース電圧の変化は、選択された電界効果トランジスタ124に影響を及ぼす電気信号 $V_{c h a r}$ の変化に、ほぼ線形に依存する。

【0084】

以下において図示されない、信号処理回路コンポーネントが用いられ得るか、または直接的に解析され得るセンサ配列100の出力信号として、バッファ回路123の出力122において提供されるバッファリングされた測定信号 $V_{s e n s e, b u f}$ が用いられる。

【0085】

バッファ回路123の出力122において提供され、バッファリングされた測定信号 $V_{s e n s e, b u f}$ は低インピーダンスであり、従って、負荷可能である。すなわち、信号処理によるセンサ配列100への反作用を恐れることなく、信号処理が行なわれ得る。

【0086】

測定信号の取り出しが、例えば、入力がMOS電界効果トランジスタのゲートによって形成される増幅器を用いて、十分に高いインピーダンスで行なわれる限り、測定信号 $V_{s e n s e}$ も、出力信号として直接用いられ得る。

【0087】

図6に示される、第2の実施例によるセンサ配列600の場合、行選択スイッチ112、113、114に加えて、さらなる行選択スイッチ601、602、603が提供される。これらのスイッチは、行選択回路112、113、114に対して、センサ配列600の反対側に設けられる。

【0088】

図6に示されるセンサ配列600により、行選択スイッチ112、113、114を介して、電流源115の注入電流 $I_{I N}$ が、選択された行接続106に供給される。選択された行接続106のさらなる行選択スイッチ601、602、603を介して、選択された電圧信号 $V_{s e n s e}$ が取出され、接続線604を介してバッファ回路123の入力に測定信号 $V_{s e n s e}$ として供給され、これによって、バッファ回路123のバッファリングされた出力信号 $V_{s e n s e, b u f}$ が生成される。

【0089】

第2の実施例によるセンサ配列600のさらなる要素は、第1の実施例によるセンサ配列100に対応する。

【0090】

図7は、本発明の第3の実施例による、センサ配列700を示す。

【0091】

第3の実施例による、さらなる列選択スイッチ701、702、703は、第2の実施例によるセンサ配列600と比較されることが提供される。

【0092】

さらに、バッファリングされた測定信号 $V_{s e n s e, b u f}$ は、バッファ回路123の出力122において、さらなる行選択スイッチ601、602、603にフィードバック接続704を介してフィードバックされ、選択されない行接続105、107が、行選択スイッチ601、603の、対応するフィードバック接続704を用いて結合される、対応するスイッチ位置に基づいてバッファリングされた測定信号 $V_{s e n s e, b u f}$ と結合される。

【0093】

図8は、寄生効果が考慮に入れられる、センサ配列800を示す。

【0094】

10

20

30

40

50

このセンサ配列 800 の場合、各センサセル 102 の行接続 104、105、106 および列接続 109、110、111 に基づいて生じる寄生抵抗  $R_{pix}$ 、 $R_W$ 、 $R_{pix}$ 、 $C_L$  が図示される。

【0095】

各センサセル 102 について、寄生抵抗

【数 1】

$$R_{pix,RW} \left( = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot R_{pix,RW} \right) \text{ bzw}$$

または

【数 2】

$$R_{pix,CL} \left( = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot R_{pix,CL} \right)$$

を有する、対応する列接続 109、110、111、または対応する列接続 104、105、106 の所与のセクションが考慮される。

【0096】

寄生抵抗  $R_{pix,CL}$  および  $R_{pix,RW}$  は、行接続 105、106、107 または列接続 109、110、111 上に電圧降下をもたらし、センサ配列 800 内で、全体として、センサ配列 800 のすべてのノードのノード電位に関して、比較的複雑なプロファイルが生じる。

【0097】

センサ配列 800 の寸法調整、すなわち、センサ配列に含まれる電界効果トランジスタの数が同じ状態か、または増大する場合に、センサ配列 800 の個々のセンサセル 102 間の間隔がさらに低減されると、これらの寄生抵抗  $R_{pix,CL}$  および  $R_{pix,RW}$  が考慮に入れられる。なぜなら、一方で、この場合、注入電流  $I_{IN}$  が選択された電界効果トランジスタ 124 を通って完全に流れることはもはや必ずしも保証されず、選択されないトランジスタ 101 において、選択された行の範囲内、すなわち、選択されたトランジスタ 124 も含む行の範囲内で、アレイ全体にわたる上述の複雑な電圧効果に基づいてドレインソース電圧が値 0 と等しくなくなるので、これらのトランジスタも電流を流すからである。

【0098】

他方、選択された電界効果トランジスタ 124 の電流源 115 とソース 104 との間の行接続 105、106、107 または列接続 109、110、111 上での電圧降下は、測定電圧  $V_{sense}$  が、選択された電界効果トランジスタ 124 のソース電圧ともはや同一ではないことを前提とする。測定電圧  $V_{sense}$  とソース電圧  $V_s$  との差異、および注入電流  $I_{IN}$  と、選択された電界効果トランジスタ 124 を通って実際に流れる電流との差異は、センサ配列 800 の行列 103 の範囲内の選択された電界効果トランジスタ 124 の位置にさらに依存する。

【0099】

図 9 は、センサ配列 900 を示し、このセンサ配列を用いて、センサ配列において含まれる電界効果トランジスタの数が同じ状態か、または増大する場合、寸法がさらに低減される場合に上述の問題が低減される。すなわち、寄生抵抗  $R_{pix,CL}$  および  $R_{pix,RW}$  によって生じる測定エラーが補償される。

【0100】

特に、電流源 115 を用いた注入電流  $I_{IN}$  の注入、およびセンサ配列 900 のそれぞれ反対側に位置する側での測定信号  $V_{sense}$  の検出が行なわれることによって、ならびにバッファリングされた測定電圧  $V_{sense, buf}$  が、バッファ回路 123 の出力 1

22において、列接続116、117、118にのみ印加されるのではなく、アレイの両側で、選択されない行接続105、107にも印加されることによって、この補償は可能になる。さらに、列電位は、センサ配列900の列接続116、117、118の両側において印加される。

#### 【0101】

このセンサ配列900によって、選択された電界効果トランジスタ124のソースをバッファ回路123の入力125と、すなわちバッファ回路123と結合する、行接続105、106、107の部分はほぼ電流がないことがもたらされる。従って、行接続のこの部分において、電圧降下がほとんど生じず、選択された電界効果トランジスタのソースにおいて存在する信号は、ほぼ改変されることなくセンサ配列900から読み出され得る。

10

#### 【0102】

センサ配列900も、センサセル102ごとに、非常に多数の位置または小さい幾何学的寸法で、測定エラーなく動作され得るように、および特に、電界効果トランジスタの動作に関して、選択された電界効果トランジスタ124へのアクセス時間を低減するために、比較的大きな電流でセンサ配列900を改善するように、センサ配列900の範囲内で、電界効果トランジスタ101の近傍に、センサセル102における、対応する電界効果トランジスタ101を電氣的に分離するための、さらなる選択要素が提供される。これらの選択要素を用いて、制御信号を介して、所望の電界効果トランジスタの目標の選択が可能にされ、選択された電界効果トランジスタによって検出される、特徴付けられるべき信号の改変が生じることはない。

20

#### 【0103】

以下において、さらなる選択要素を有するこのようなセンサ配列900が説明される。

#### 【0104】

これらの実施例に共通であるのは、注入電流 $I_{IN}$ の注入および測定信号 $V_{sense}$ の検出が、センサ配列のそれぞれ反対側で行なわれ、以下の2つの基本条件が満たされることである：

注入電流 $I_{IN}$ は、選択されたセンサトランジスタ124、すなわち、センサとして設計される、選択された電界効果トランジスタ124を介して完全に流れる。

#### 【0105】

選択されたセンサトランジスタ124のソースと接続される、選択されたセンサトランジスタのソースと電流源115との間に位置する、x方向に延びる行接続の部分においてのみ電圧降下が生じる。選択されたセンサトランジスタのソースと、測定信号 $V_{sense}$ の信号の取り出し点との間に設けられる、この行接続の部分は、電流がなく、行接続のこの部分には電圧降下が生じず、選択されたセンサトランジスタ124のソースにおいて存在する信号は、改変されずにセンサ配列から読み出され得る。

30

#### 【0106】

さらなる説明に関して、以下の命名法も用いられる。センサ配列は、N個の列109、110、111を有し、ここで、 $1 \times N$ であり、M個の行105、106、107を有し、ここで、 $1 \times y \times M$ である。選択されたセンサ要素124は、センサ配列内の位置(x、y)に存在する。

40

#### 【0107】

上述の両方の条件の遵守は、特に、選択要素のみが、選択されたセンサトランジスタ124の列位置、すなわち、選択要素が、選択された電界効果トランジスタのセンサセルに開状態であるか、またはそのように動作され、他方、同じセルに割り当てられ得る選択要素の他のすべての要素は、閉状態で、位置(1、y) . . .、(x-1、y)、(x+1、y)、. . .、(N、y)にあるか、またはそのように動作されることによって保証される。

#### 【0108】

図10は、上述の条件を満たす、第5の実施例によるセンサ配列1000を示す。寄生抵抗 $R_{pix}$ 、 $C_L$ および $R_{pix}$ 、 $R_W$ は、センサセル102内に記入される。さらなる

50

選択線 1001、1002、1003 においても現れる寄生抵抗は図示されない。なぜなら、これらの選択線は、センサ配列 1000 の動作中、測定エラーを引き起こさないからである。

【0109】

各センサセル 102 は、2つの活性要素、すなわち、実際のセンサトランジスタ 101、および1つの選択トランジスタ 1004 をそれぞれ有する。選択トランジスタ 1004 の駆動は、y 方向に延びるさらなる選択接続 1001、1002、1003 を介して行なわれる。

【0110】

選択されたセンサトランジスタ 124 のさらなる選択線 1002 に、例えば、正の動作電圧  $V_{DD}$  が印加され、列選択スイッチ 116、118 は、位置 (x、1)、... (x、M) において、負の操作電圧と結合される。 10

【0111】

すべての他の制御線 1001、1002、1003 に、低レベル (すなわち、負の操作電圧  $V_{SS}$ ) が印加されるので、すべての選択トランジスタ 1004 は、これらの位置において非導電状態である。

【0112】

注入電流  $I_{IN}$  および電圧  $V_{RW}$  の選択に関して、これらのパラメータは、選択されたセンサトランジスタ 124 が適切な動作点において、飽和領域または閾値下領域で動作されるので、ソースホロウ動作が可能であるといえる。 20

【0113】

各センサセル 102 のセンサトランジスタ 101 のドレイン電圧は、動作電圧  $V_{RW}$  の値および y 方向に延びる線、すなわち選択されたセンサトランジスタ 124 の選択トランジスタ 1004 と接続される列接続 109、110、111 上の電圧降下によってのみ決定されるのではなく、電流が流れる選択要素自体の上で降下する電圧によっても決定される。

【0114】

電圧  $V_{RW}$  に関してもまた、正の操作電圧  $V_{DD}$  が選択される。

【0115】

選択されない行接続 105、107 は、この実施例によっても、基本的に、各任意の電位と接続され得るか、またはセンサ配列 900 によって提供される電位と接続され得る。図 10 に示されるように、この電位において、対応する行選択スイッチ 112、114 は、開状態で保持される。 30

【0116】

あるいは、選択されない行接続 105、107 は、電位  $V_{RW}$  に置かれ得る。この場合、選択トランジスタ 1004 およびセンサ要素、すなわち、センサトランジスタ 101 は、位置 (x、1)、... (x、y - 1)、(x、y + 1)、... (x、M) において電流が流れず、選択されたセンサトランジスタ 124 の選択トランジスタ 1004 を、操作電圧  $V_{RW}$  と結合する列接続 109、110、111 に沿って電圧降下は最小化される。なぜなら、この列接続は、選択されたセンサトランジスタ 124 を通って流れる電流に加えて、同じ列の選択されないセンサトランジスタを通して流れるさらなる電流を取り入れる必要がないからである。 40

【0117】

あるいは、選択されないすべての行接続 105、107 は、バッファ回路を介して送達されるバッファリング測定信号  $V_{sense, buf}$  と結合され得る。

【0118】

この配列は、読み出されたセンサ位置またはアクセス時間の行変更の場合に利点を有し得る。なぜなら、新規に選択された行接続の電位は、新規に選択されたセンサによって決定される値に近く、従って、新しい電位が設定されるまで、少ない電荷が流れなければならないからである。 50

## 【0119】

特に、この関連において、この変形の場合、バッファ回路123は必ずしも必要というわけではないことに留意されたい。

## 【0120】

図11は、図10に示されたセンサ配列1000の電氣的等価回路を示す。

## 【0121】

図11において、さらに、 $R_{pix}$ 、 $R_W$ および $R_{pix}$ 、 $C_L$ から生じる寄生抵抗全体の値は、センサセル102に関する電氣的等価回路1100における位置(x、y)に図示される。

## 【0122】

図11からわかるように、選択されたセンサトランジスタ124は、ソースホロウとして再び動作され、出力電圧 $V_{ut}$ を用いて、改変されない測定結果が生じる。なぜなら、選択されたセンサトランジスタ124のソース104と接続された、測定信号取り出しに至るx方向に延びる行接続の部分は電流が流れないからである。

## 【0123】

図10からわかるように、図10において、電圧 $V_{RW}$ は、選択トランジスタ1003と接続されたすべての線、すなわち、さらなる選択接続 $R_{Wd,1}$ 、 $\dots$ 、 $R_{Wd,N}$ に、並列に、しかしながら、センサ配列1000の一方の側からのみ印加される。電圧 $V_{RW}$ のこれらの両方の線への印加は、有利であり得る。なぜなら、この場合、y方向に作用する寄生抵抗全体

## 【数3】

$$R_{tot,RW} = \frac{1}{2} \cdot R_{pix,RW} + \sum_{i=1}^{y-1} R_{pix,RW} = \left(y - \frac{1}{2}\right) R_{pix,RW} \quad (6)$$

は、図11からの等価回路1100において、

## 【数4】

$$\begin{aligned} R_{tot,RW} &= \frac{\left(y - \frac{1}{2}\right) \cdot \left[M - \left(y - \frac{1}{2}\right)\right]}{\left(y - \frac{1}{2}\right) + \left[M - \left(y - \frac{1}{2}\right)\right]} \cdot R_{pix,RW} \\ &= \left(y - \frac{1}{2}\right) \left[1 - \frac{y - \frac{1}{2}}{M}\right] \cdot R_{pix,RW} \end{aligned} \quad (7)$$

に低減されるからである。

## 【0124】

式(7)による値は、選択されたセンサトランジスタ124の上部および下部に存在する配線部分の並列回路から生じる。

## 【0125】

図10に示されるセンサ配列1000の場合、図1、図6、図7、図8および図9に示されるセンサ配列と比較して、y方向に延びる列接続が2倍提供される。これらの、場合によっては不利な配列を改善するため、および線におけるオーバーヘッドを、図1、図6、図7、図8および図9によるセンサ配列と比較して、ファクタ1.5だけ低減するために、図12に示されるように、図10からのセンサ配列1000は改変され、これによって、第6の実施例によるセンサ配列1200が生じる。

## 【0126】

10

20

30

40

50

図12によるセンサ配列1200の場合、x方向に隣接する、それぞれ2つのセンサセル102は、y方向に延びる選択線1201、1202を共有する。しかしながら、列接続109、110、111、1203は、依然として、列ごとに個別に実施される。さらに、図12において、さらなる1つの列選択スイッチ1204が図示される。

【0127】

さらなる実施形態において、x方向に隣接する2つより多いセンサセル102も、y方向に延びる供給線を共有することが問題なく可能である。

【0128】

図13は、本発明の第7の実施例によるセンサ配列1300を示す。この配列において、センサセルの選択に関して、y方向に延びるすべての線、すなわち、列接続109、110、111も、選択線1201、1202、1301も、さらなるスイッチ1302、1303、1304を用いて利用される。

10

【0129】

このようにして、追加的に必要とされる列接続からのオーバーヘッドは完全に回避され得る。選択トランジスタの、ドレインノードまたはゲートノードに通じるすべての列接続は、各行において、2つの隣接する選択トランジスタ1003のドレインまたはゲートとそれぞれ結合される。

【0130】

ドレイン供給線も2つのゲート線または、各1つのドレイン供給線および1つのゲート線であり得る、センサ配列1300の左端部および右端部における線のみが、行ごとに選択トランジスタ1003の1つのドレインまたは1つのゲートとのみ結合される。

20

【0131】

このようにして、オーバーヘッドを表すファクタの正確な値は

【数5】

$$\frac{(M+1)}{M}$$

であり、これは、大きなMの値に対して、1に近似する。

【0132】

位置yにおけるセンサセル102の選択は、対応する選択トランジスタ1003と結合されたゲート選択線が高レベル、すなわち、正の操作電圧 $V_{DD}$ に置かれ、他方、そこから左右の他のすべてのゲート線に、低レベル、すなわち、負の操作電圧 $V_{SS}$ が印加されるので、これらの位置におけるすべての選択トランジスタは、非導電状態である。

30

【0133】

さらに、対応する選択トランジスタ1003と結合されるドレイン選択線は、操作電圧 $V_{DD}$ にセットされなければならない、さらなるドレイン選択線は、バッファリング増幅器の出力と短絡されるか、または接地電位と結合される。

【0134】

図14は、第8の実施例によるセンサ配列1400を示す。この配列において、選択要素としてのセンサセル102ごとに、それぞれ1つのダイオード1401が提供される。図10および図12において図示される、センサ配列1000および1200とは対照的に、このセンサ配列1400は、図1、図6、図7、図8および図9によるセンサ配列と全く同じ数の供給線をx方向およびy方向に要求する。

40

【0135】

選択された列接続に、電圧 $V_{RW}$ が再び印加される。選択されない列接続には、例えば、接地電位等の、十分に低い電圧が印加され得、この列のダイオード1401が逆バイアスに動作されるか、または、センサ配列1400によって提供される、対応する列選択スイッチは、開状態で保持される、電位への接続は生成され得ない。

【0136】

50

この変形の原理は、選択されたセンサトランジスタ124の、選択された列接続と選択された行接続との間に、さらなる電流経路が生じ、この経路において、少なくとも1つのダイオード1401が障壁方向に存在しないことに基づく。

【0137】

ダイオード1401、従って、割り当てられたセンサトランジスタ101は、選択されない列、すなわち、選択されない列接続において電流が流れない。

【0138】

選択されない行接続またはその駆動の電位の選択に関して、図10との関連で図示されるものに当てはまる。

【0139】

図15は、図14からのセンサ配列1400の一部である電氣的等価回路1500を示す。

【0140】

同様に、ここでも、y方向に延びる供給線の電位の両方向での供給が行なわれる。図10からのセンサ配列1000との関連ですでに述べられたように、これは同じ結果になる。

【0141】

図14および図15におけるセンサセル102のダイオード1401は、例えば、pn接合によって実現され得る。

【0142】

しかしながら、ダイオード回路1601におけるMOS電界効果トランジスタ、すなわち、ドレインとゲートとが互いに接続される、MOS電界効果トランジスタも用いられ得る。

【0143】

この場合、図14に示されるセンサ配列1400の代わりに、図16で示されるセンサ配列1600、および図15に示される電氣的等価回路の代わりに、図17に示される電氣的等価回路1700が生じる。

【0144】

本明細書中に、以下の開示が援用される：

[1] W. J. Parakらによる「The field-effect-addressable potentiometric sensor/stimulator (FAPS) - a new concept for a surface potential sensor and stimulator with spatial resolution, Sensors and Actuators B」Chemical, Elsevier Science、497~504ページ、1999年。

【0145】

[2] R. Weis および P. Fromherzらによる「Frequency dependent signal transfer in neuron transistors, Physical Review B、877ページ~、1997年。

【0146】

[3] W. Baumannらによる「Microelectronic sensor system for microphysiological application on living cells, Sensors and Actuators、77ページ~、1999年。

【0147】

[4] DE 35 13 617 C2

[5] DE 198 56 295 A1

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明の第1の実施例によるセンサ配列である。

【図2】 図2は、生物学的材料を有する電界効果トランジスタの略設計図である。

【図3】 図3は、イオン感受性電界効果トランジスタの略設計図である。

10

20

30

40

50

【図4】 図4は、実施例の記載の範囲で用いられる、センサとして設計されたトランジスタの符号の概略設計図である。

【図5a】 図5aは、バッファ回路を有しない、図1に示されたセンサ配列の電気的等価回路である。

【図5b】 図5bは、バッファ回路を有する、図1に示されたセンサ配列の電気的等価回路である。

【図6】 図6は、本発明の第2の実施例によるセンサ配列である。

【図7】 図7は、本発明の第3の実施例によるセンサ配列である。

【図8】 図8は、個々の電界効果トランジスタ間の接続線における、追加的に考慮された寄生抵抗を有する、図4によるセンサ配列である。

10

【図9】 図9は、本発明の第4の実施例によるセンサ配列である。

【図10】 図10は、本発明の第5の実施例によるセンサ配列であり、電界効果トランジスタに選択要素が割り当てられる。

【図11】 図11は、図10に示されたセンサ配列の電気的等価回路である。

【図12】 図12は、本発明の第6の実施例によるセンサ配列である。

【図13】 図13は、本発明の第7の実施例によるセンサ配列である。

【図14】 図14は、本発明の第8の実施例によるセンサ配列である。

【図15】 図15は、図14に示されるセンサ配列の電気的等価回路である。

【図16】 図16は、本発明の第9の実施例によるセンサ配列である。

【図17】 図17は、図16からのセンサ配列の電気的等価回路である。

20

【図1】

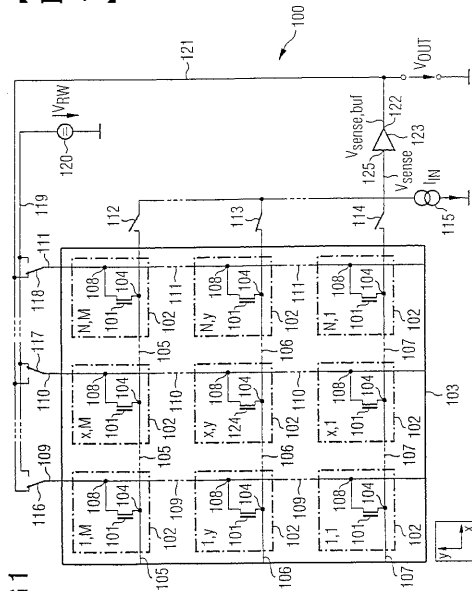
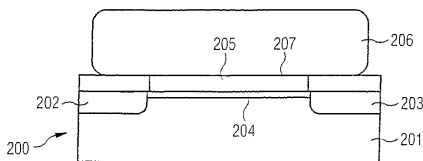


FIG 1

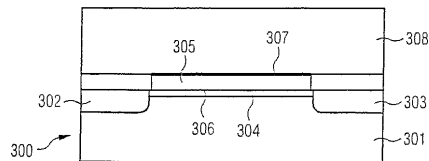
【図2】

FIG 2



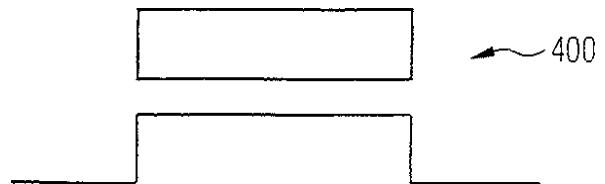
【図3】

FIG 3



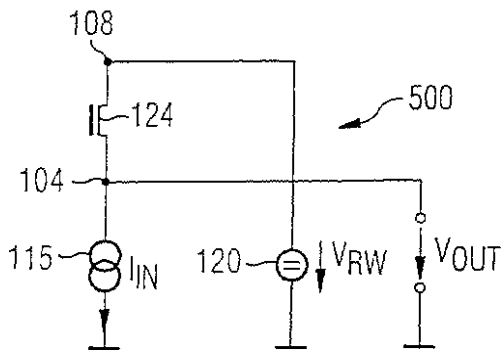
【図4】

FIG 4



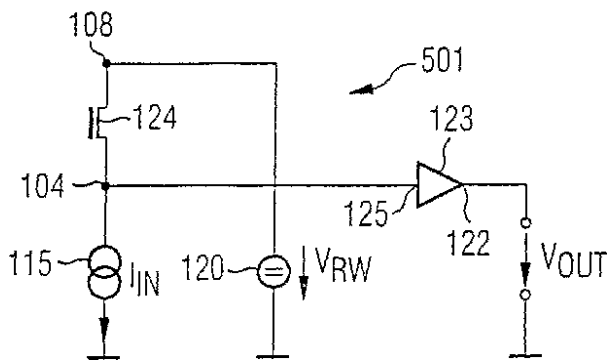
【 図 5 A 】

FIG 5A



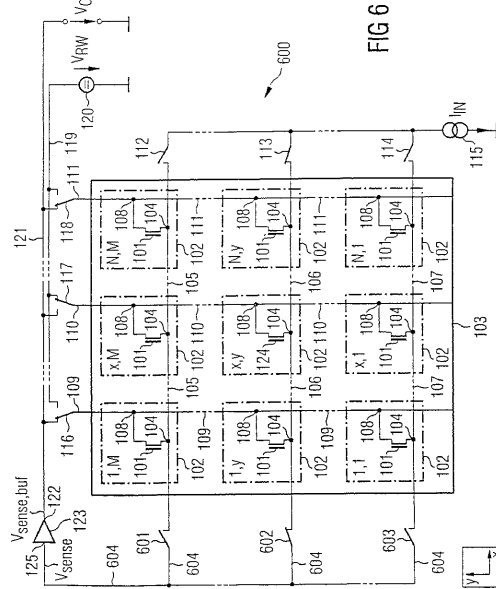
【 図 5 B 】

FIG 5B



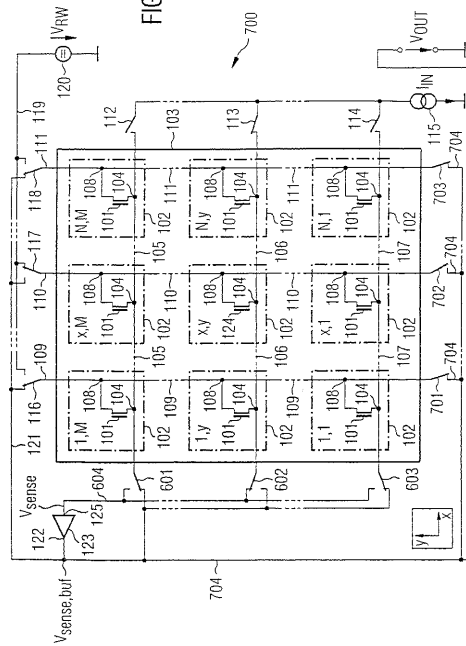
【 図 6 】

FIG 6

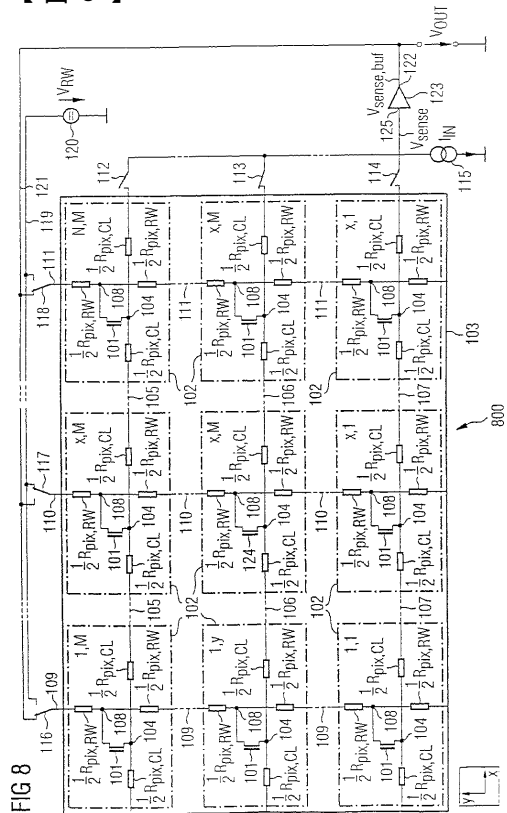


【 図 7 】

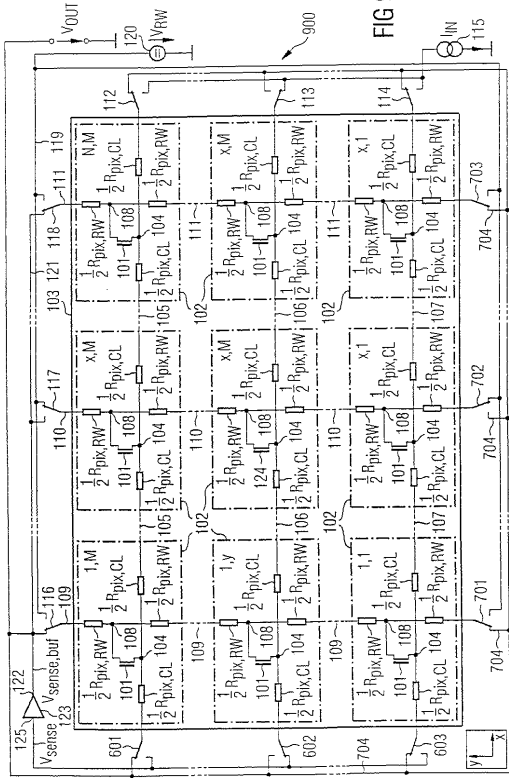
FIG 7



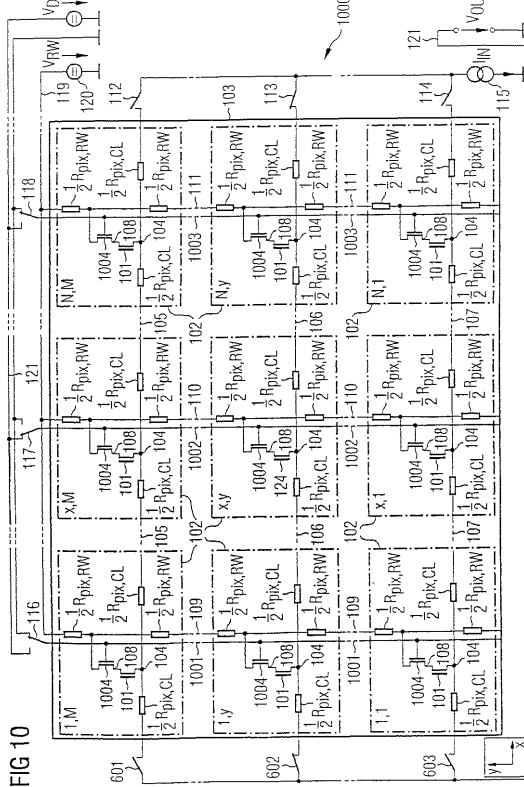
【 図 8 】



【 図 9 】

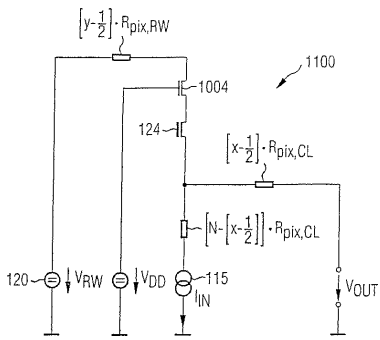


【 図 10 】



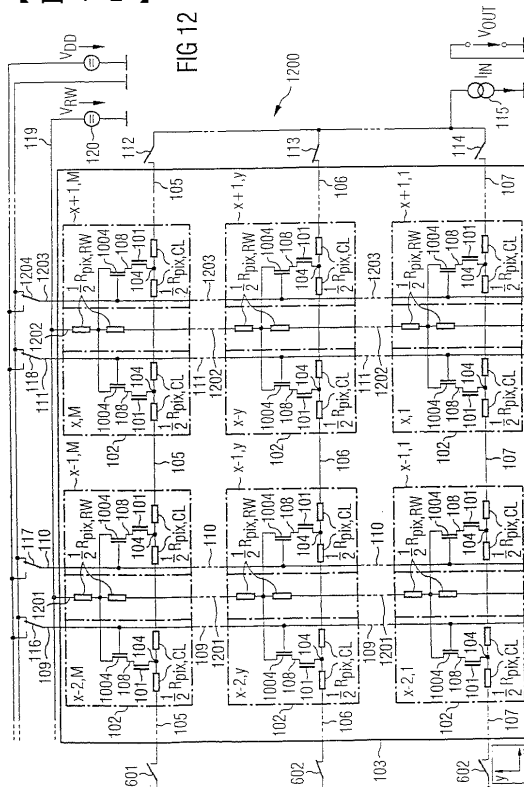
【 図 11 】

FIG 11



【 図 12 】

FIG 12



【 13 】

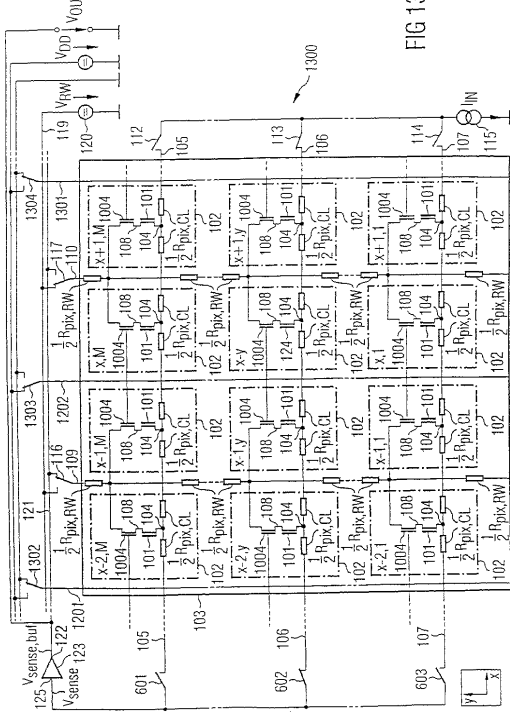


FIG 13

【 14 】

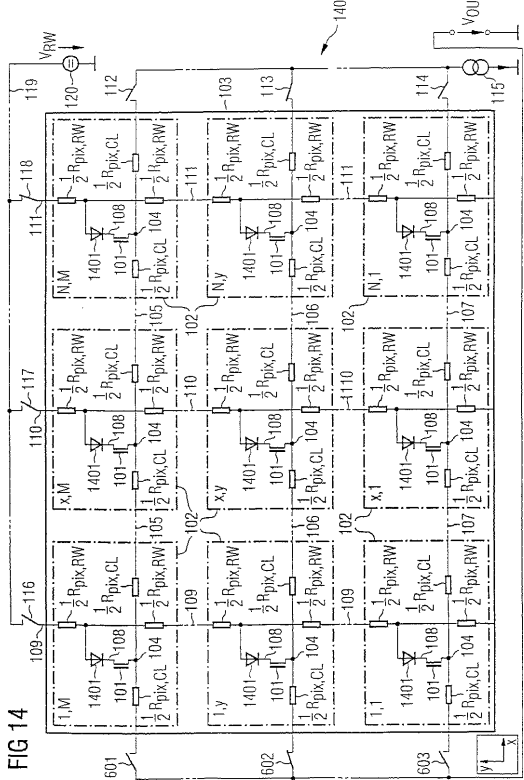
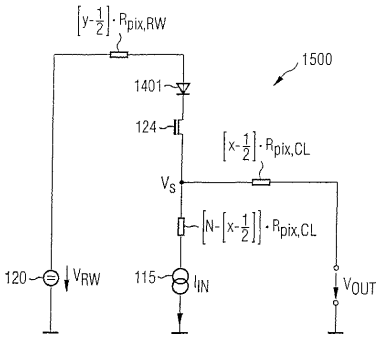


FIG 14

【 15 】

FIG 15



【 16 】

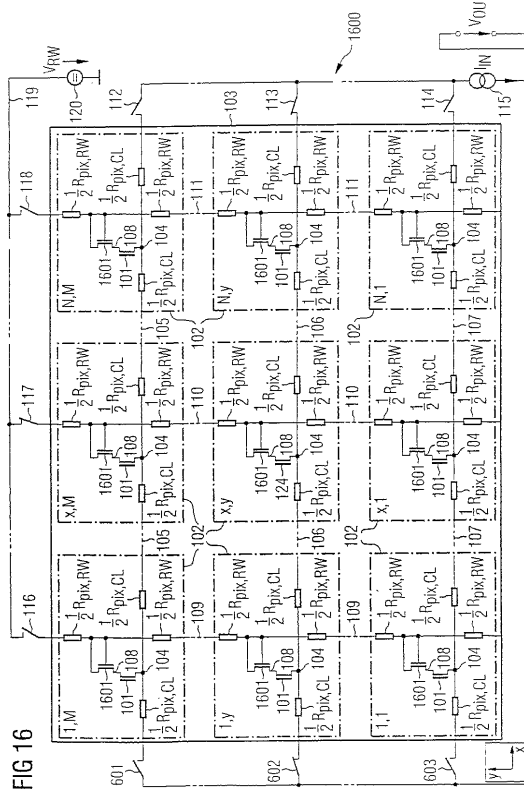
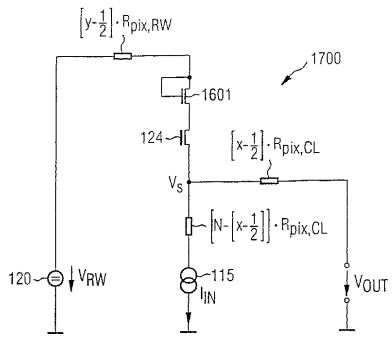


FIG 16

【 図 17 】 FIG 17



フロントページの続き

審査官 谷垣 圭二

(56)参考文献 特開平11-044587(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

G01N 27/414

G01N 27/416

H01L 29/78