

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2022-551699

(P2022-551699A)

(43)公表日 令和4年12月13日(2022.12.13)

| (51)国際特許分類              | F I           | テーマコード(参考)  |
|-------------------------|---------------|-------------|
| G 0 1 J 1/44 (2006.01)  | G 0 1 J 1/44  | F 2 G 0 6 5 |
| G 0 1 J 1/02 (2006.01)  | G 0 1 J 1/02  | Q 5 F 8 4 9 |
| H 0 1 L 31/08 (2006.01) | G 0 1 J 1/02  | B           |
|                         | H 0 1 L 31/08 | Z           |

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全24頁)

|                   |   |         |  |
|-------------------|---|---------|--|
| (21)出願番号          | 特願2022-521655(P2022-521655)   | (71)出願人 | 517267802<br>トリナミクス ゲゼルシャフト ミット<br>ベシュレンクテル ハフツング<br>ドイツ、67063 ルートヴィヒス<br>ハーフェン アム ライン、インドウスト<br>リーシュトラッセ 35 |
| (86)(22)出願日       | 令和2年10月8日(2020.10.8)  | (74)代理人 | 100100354<br>弁理士 江藤 聡明   |
| (85)翻訳文提出日        | 令和4年6月13日(2022.6.13)  | (74)代理人 | 100167106<br>弁理士 倉脇 明子   |
| (86)国際出願番号        | PCT/EP2020/078213   | (74)代理人 | 100194135<br>弁理士 山口 修  |
| (87)国際公開番号        | WO2021/069547   | (74)代理人 | 100206069<br>弁理士 稲垣 謙司   |
| (87)国際公開日         | 令和3年4月15日(2021.4.15)  | (74)代理人 | 100185915  |
| (31)優先権主張番号       | 19202133.5  |         |  |
| (32)優先日           | 令和1年10月9日(2019.10.9)  |         |  |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 欧州特許庁(EP)   |         |  |
| (81)指定国・地域        | AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA<br>,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(<br>AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A<br>T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR<br>,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,<br>最終頁に続く |         | 最終頁に続く   |

(54)【発明の名称】 光導電体読み出し回路

(57)【要約】

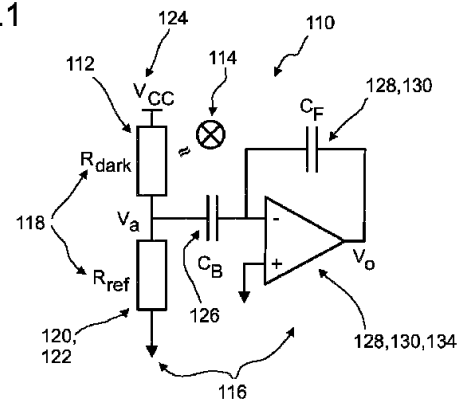
装置が提案されている。装置(110)は、

- 光導電体(112)の感光領域の照射に依存する電気抵抗を示すように構成された少なくとも1つの光導電体(112)と;

- 少なくとも1つの光導電体読み出し回路(116)であって、前記光導電体読み出し回路(116)は少なくとも1つの分圧回路(118)を含み、前記分圧回路(118)は、前記光導電体(112)と直列に配置された少なくとも1つの基準抵抗器 $R_{ref}$ (120)を含み、前記光導電体読み出し回路(116)は少なくとも1つの増幅器装置(128)を含み、前記光導電体読み出し回路(116)は、前記増幅器装置(128)の入力と前記分圧回路(118)の出力との間に配置された少なくとも1つのコンデンサ(126)を含む、少なくとも1つの光導電体読み出し回路(116)と、を備える。

【選択図】図1

FIG.1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

- 光導電体 ( 1 1 2 ) の感光領域の照射に依存する電気抵抗を示すように構成された少なくとも 1 つの光導電体 ( 1 1 2 ) と;

- 少なくとも 1 つの光導電体読み出し回路 ( 1 1 6 ) であって、前記光導電体読み出し回路 ( 1 1 6 ) は少なくとも 1 つの分圧回路 ( 1 1 8 ) を含み、前記分圧回路 ( 1 1 8 ) は、前記光導電体 ( 1 1 2 ) と直列に配置された少なくとも 1 つの基準抵抗器  $R_{ref}$  ( 1 2 0 ) を含み、前記光導電体読み出し回路 ( 1 1 6 ) は少なくとも 1 つの増幅器装置 ( 1 2 8 ) を含み、前記光導電体読み出し回路 ( 1 1 6 ) は、前記増幅器装置 ( 1 2 8 ) の入力と前記分圧回路 ( 1 1 8 ) の出力との間に配置された少なくとも 1 つのコンデンサ ( 1 2 6 ) を含む、少なくとも 1 つの光導電体読み出し回路 ( 1 1 6 ) と、  
を備える、装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 2】

前記増幅器装置 ( 1 2 8 ) は、少なくとも 1 つの電荷増幅器 ( 1 3 0 ) 又は少なくとも 1 つのトランスインピーダンス増幅器 ( 1 3 2 ) である、請求項 1 に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 3】

前記増幅器装置 ( 1 2 8 ) は、分圧回路 ( 1 1 8 ) の少なくとも 1 つの出力信号を増幅するように構成されている、請求項 1 又は 2 に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 4】

前記コンデンサ ( 1 2 6 ) は、前記光導電体 ( 1 1 2 ) の暗電流を遮断するように構成され、前記コンデンサ ( 1 2 6 ) は、前記分圧回路 ( 1 1 8 ) の少なくとも 1 つの出力信号から暗 DC 電流をフィルタリングするように構成されている、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 5】

前記基準抵抗器 ( 1 2 0 ) は、暗光導電体 ( 1 2 2 ) である、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 6】

前記光導電体 ( 1 1 2 ) は、暗抵抗  $R_{dark}$  を有し、前記基準抵抗器の抵抗と前記暗抵抗の比である  $R_{ref} / R_{dark}$  は、 $0.01 < R_{ref} / R_{dark} < 10$  である、  
請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 7】

前記光導電体読み出し回路 ( 1 1 6 ) は、前記コンデンサ ( 1 2 6 ) 及び前記増幅器装置 ( 1 2 8 ) との間に配置された少なくとも 1 つのダイオード ( 1 3 8 ) を含んでいる、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 8】

少なくとも 1 つの読み出し集積回路 ( 1 4 8 ) を備える、請求項 5 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 9】

前記光導電体読み出し回路 ( 1 1 6 ) は、前記光導電体 ( 1 1 2 ) に少なくとも 1 つのバイアス電圧を印加するように構成された少なくとも 1 つのバイアス電圧源 ( 1 2 4 ) を備える、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 10】

前記バイアス電圧  $U_{bias}$  は、 $0.001 V < U_{bias} < 5000 V$ 、好ましくは  $1 V < U_{bias} < 500 V$ 、最も好ましくは  $2 V < U_{bias} < 50 V$  である、請求項 9 に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 11】

前記装置 ( 1 1 0 ) は複数の光導電体 ( 1 1 2 ) を含み、前記光導電体 ( 1 1 2 ) はアレイに配置されている、請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の装置 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 12】

10

20

30

40

50

前記光導電体読み出し回路(116)は、前記複数の光導電体(112)の各光導電体(112)の電気抵抗を決定するように構成され、前記装置(110)は、少なくとも1つのサンプルアンドホールド回路(139)及び少なくとも1つのマルチプレクサ(140)を含む、請求項11に記載の装置(110)。

【請求項13】

前記感光領域は、硫化鉛(PbS)；セレン化鉛(PbSe)；テルル化水銀カドミウム(HgCdTe)；硫化カドミウム(CdS)；セレン化カドミウム(CdSe)；アンチモン化インジウム(InSb)；ヒ化インジウム(InAs)；ヒ化インジウムガリウム(InGaAs)；外因性半導体、有機半導体、からなる群から選択される少なくとも1つの光導電材料を含む、請求項1～12のいずれか1項に記載の装置(110)。

10

【請求項14】

光導電体読み出し回路(116)の少なくとも1つの電圧出力における出力信号を決定するように適合された少なくとも1つの評価装置(146)を備える、請求項1～13のいずれか1項による少なくとも1つの装置(110)を備える抵抗変換器(136)。

【請求項15】

少なくとも1つのPbSセンサ、少なくとも1つのPbSeセンサ、又は複数のピクセルを含む少なくとも1つのピクセル化センサアレイであって、前記ピクセルのそれぞれは少なくとも1つのPbSセンサ又はPbSeセンサを含む少なくとも1つのピクセル化センサアレイ、のうち1つ以上の読み出しのための、装置を参照する請求項1～14のいずれか1項による装置(110)の使用。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導電体の読み出しのための装置、抵抗変換器及び装置の使用に関する。具体的には、該装置は、硫化鉛光導電体センサなどの光導電体の測定可能な電圧応答を決定するために使用され得る。

【背景技術】

【0002】

硫化鉛光導電体などの光導電体は、読み出しのために抵抗値測定を必要とする。光導電体、特に硫化鉛光導電体は、光導電体の照射履歴に対する暗抵抗への強い依存性を示す。さらに、温度、湿度及び不純物への暴露などの外部パラメータは、光導電体の暗抵抗と信号抵抗を時間的に強く変化させることができる。その結果、光導電体の信号強度(所与の照射強度に対する抵抗値の変化として決定される)は強いドリフト挙動を示し、それは検出器の外部影響への露出を制限することによって、定期的に補正又は最小化する必要がある。

30

【0003】

分圧回路は、光導電体の読み出しで知られている。通常、電圧増幅器は分圧器と共に、光導電体からの信号を測定するのに使用される(例えば、[https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/e06\\_handbook\\_compound\\_semiconductor.pdf](https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/e06_handbook_compound_semiconductor.pdf)を参照)。しかし、この構成は、暗抵抗の変化を伴う信号の強いドリフトを生じ得る。既知の演算増幅器回路は、暗DC電圧をフィルタ除去する。暗抵抗の変化はDCフィルタリングにほとんど影響を及ぼさない。しかし、信号は、環境変化に対する応答性、検出率の変化によって、確実にドリフトする。

40

【0004】

分光計は、電磁スペクトルの異なる波長での電磁吸収を検出するセンサを必要とする。1つのアプローチは、アレイ内の各ピクセルが異なる波長の電磁エネルギーに応答するセンサのアレイを使用することである。しかし、さまざまなタイプの光抵抗センサは大きな暗電流を示す。例えば、光導電体は一般に、装置を通して流れる暗電流をもたらす直流(DC)電圧でバイアスされる。しかし、外部電磁照射源が光導電体の感光領域を照射する

50

と、光導電体の電気抵抗が変化し、それは次に変調照射源に比例する変化電流を引き起こす。変化電流は一般にセンサを通して流れる暗電流と比較して小さい。

【0005】

このようなセンサのレイが使用される場合、各ピクセルは暗電流を除去し、小さな変化電流を増幅する関連回路を有する必要がある。既知の回路でこのタスクは達成されるが、部品数はピクセル数に線形的に比例する。大きい部品数は、高いコストと複雑さ、ならびに大きいプリント回路基板（PCB）をもたらす。さらに、抵抗器は、熱又は電流雑音などの電氣的雑音の源となり、それは増幅された変化電流の信号対ノイズ比に影響を与える。

【0006】

このため、回路の複雑さを軽減し、センサの品質を決定する要因である信号対ノイズ比を改善する必要がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

したがって、本発明によって対処される問題は、この種の既知の回路の欠点を少なくとも実質的に回避する、装置及び抵抗変換器を特定することである。特に、光導電体の改良された（特に暗抵抗に依存しない）読み出しが望まれるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この問題は、独立特許請求項の特徴を備えた本発明によって解決される。個別に又は組み合わせて実現されることができ本発明の有利な展開は、従属請求項及び/又は以下の明細書及び詳細な実施形態に示されている。

【0009】

本明細書で使用される場合、「有する」、「備える」、及び「含む」という用語、ならびにそれらの文法上の変形は、非排他的な方法で使用される。したがって、「AはBを有する」という表現、ならびに「AはBを備える」、又は「AはBを含む」という表現は、B以外に、Aは1つ以上のさらなる成分及び/又は構成要素を含むという事実、及びB以外に、他の成分及び/又は構成要素がAに存在しない場合の両方を指し得る。

【0010】

本発明の第1の態様では、装置が開示されている。前記装置は：

- 光導電体の感光領域の照射に依存する電気抵抗を示すように構成された、少なくとも1つの光導電体と；
  - 少なくとも1つの光導電体読み出し回路であって、前記光導電体読み出し回路は少なくとも1つの分圧回路を含み、前記分圧回路は、前記光導電体と直列に配置された少なくとも1つの基準抵抗器  $R_{ref}$  を含み、前記光導電体読み出し回路は少なくとも1つの増幅器装置を含み、前記光導電体読み出し回路は、前記増幅器装置の入力と前記分圧回路の出力との間に配置された少なくとも1つのコンデンサを含む、少なくとも1つの光導電体読み出し回路と、
- を備える。

【0011】

本明細書で使用される「光導電体」という用語は、フォトレジスタとも表され、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、光導電体の感光領域の照射に依存する特定の電気抵抗  $R_{photo}$  を示すことができる感光要素を指し得る。具体的には、電気抵抗は、光導電体の材料の照射に依存する。以下に詳細に概説されるように、光導電体は、「光導電性材料」を含む感光領域を含んでよい。光導電体は、例えば、感光検出器回路に適用することができる。装置は、複数の光導電体を含み得る。光導電体は、レイに配置されてよい。レイの光導電体は、特に、その感光領域及び/又は光導電材料のサイズ及び/又は形状に関して、同一に設

10

20

30

40

50

計されてよい。

#### 【0012】

本明細書で使用される「照射」という用語は、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、可視スペクトル範囲、紫外スペクトル範囲、及び赤外スペクトル範囲のうちの一つ以上の電磁放射を指し得る。そこでは、部分的に規格ISO-21348に従って、可視スペクトル範囲という用語は、一般に、380nm~760nmのスペクトル範囲を指す。赤外(IR)スペクトル範囲という用語は、一般に、760nm~1000µmの範囲の電磁放射を指し、そのうち、760nm~1.4µmの範囲は、一般に、近赤外(NIR)スペクトル範囲と呼ばれ、15µm~1000µmの範囲は遠赤外(FIR)スペクトル範囲と呼ばれる。「紫外スペクトル範囲」という用語は、一般に、1nm~380nm、好ましくは100nm~380nmの範囲の電磁放射を指す。以下では、「照射」という用語は、「光」とも表される。好ましくは、本発明内で使用される照射は、可視光、すなわち可視スペクトル範囲の光、及び/又は赤外光、すなわち赤外スペクトル範囲の光である。

10

#### 【0013】

本明細書で使用される「光導電体の感光領域」という用語は、一般に、例えば入射光ビームによる照射に感応する光導電体のエリアを指す。例えば、感光領域は、好ましくは(必ずしもそうである必要はないが)連続的であり、連続領域を形成することができる二次元又は三次元の領域であってよい。光導電体は、このような感光領域を1つ有するか、さもなければ複数有することができる。本明細書で使用される「照射に依存して電気抵抗を示す」という用語は、一般に、光導電体の電気抵抗が、感光領域の照射、特に照射の強度に依存して、調整及び/又は変化及び/又は変動されることを指す。特に、照射にตอบสนองして、電気抵抗が調整及び/又は変化及び/又は変動される。光導電体が照射されると、光導電体は電気抵抗の低下を示し得る。光導電体は、照射されると、その電気抵抗が低下することがある。具体的には、光導電体の電気抵抗は、入射光強度の増加に伴って減少し得る。暗抵抗と明抵抗との間の変更は、測定される量又は読み出される量であり、光導電体の出力電流と表されることがある。本明細書で使用される「暗抵抗」という用語は、一般に、非点灯状態、すなわち照射なしの状態における光導電体の電気抵抗を指す。本明細書でさらに使用される「明抵抗」という用語は、照射下での光導電体の電気抵抗を指す。測定及び/又は読み出しのために、一般に、非線形挙動を有する分圧回路が知られている。光導電体の抵抗の線形変化は、電圧出力の非線形変化をもたらす。一般に、標準的な演算増幅回路にはある程度非線形性が存在し、それは主にPbSセンサのような光導電体の非線形性に起因する。回路自体は適切に設計されている場合、比較的線形である。本発明による回路はまた、適切に設計された場合、線形に動作する。本発明は、以下でより詳細に概説するように、線形挙動を有する回路特徴を提案する。

20

30

#### 【0014】

光導電体は、少なくとも一つの光導電材料を備え得る。電気抵抗は電気伝導率の逆数で定義されるため、代わりに、「光抵抗材料」という用語が同種の材料を呼ぶのにも使用されることがある。感光領域は、硫化鉛(PbS);セレン化鉛(PbSe);テルル化水銀カドミウム(HgCdTe);硫化カドミウム(CdS);セレン化カドミウム(CdSe);アンチモン化インジウム(InSb);ヒ化インジウム(InAs);ヒ化インジウムガリウム(InGaAs);外因性半導体、例えば、ドーパされたGe、Si、GaAs、有機半導体、からなる群から選択される少なくとも一つの光導電材料を含むことができる。しかし、他の材料も可能である。さらなる可能な光導電性材料は、例えば、WO2016/120392A1に記載されている。例えば、光導電体は、trinamix GmbH, D-67056 Ludwigshafen am Rhein, GermanyからHertzstueckという商標名で市販されている光導電体であってよい。

40

#### 【0015】

50

例えば、感光領域は、少なくとも1つの照射源によって照射されてよい。照射源は、例えば、周囲光源であってよく、又はそれを含むことができ、及び/又は、人工照射源であってよく、又はそれを含むことができる。例として、照射源は、少なくとも1つの赤外線エミッタ及び/又は可視光線用の少なくとも1つのエミッタ及び/又は紫外線用の少なくとも1つのエミッタを含んでよい。例として、照射源は、少なくとも1つの発光ダイオード及び/又は少なくとも1つのレーザーダイオードを含んでよい。照射源は、特に以下の照射源：レーザー、特にレーザーダイオード（ただし原則として、代替的又は追加的に、他のタイプのレーザーも使用することができる）；発光ダイオード；白熱灯；ネオン光；火炎源；有機光源、特に有機発光ダイオード；構造化光源、のうちの1つ以上を含むことができる。代替的又は追加的に、他の照射源も使用することができる。照射源は、一般に、紫外スペクトル範囲、赤外スペクトル範囲の少なくとも1つの光を放出するように適合されることができる。最も好ましくは、少なくとも1つの照射源は、NIR及びIR範囲、好ましくは800nm及び5000nmの範囲、最も好ましくは1000nm及び4000nmの範囲の光を放出するように適合される。

10

## 【0016】

照射光源は、少なくとも1つの非連続的光源を含むことができる。あるいは、照射光源は、少なくとも1つの連続的光源を含むことができる。光源は、光導電体の感光波長と重複する少なくとも1つの放射波長を有する任意の光源であってよい。例えば、光源は、ブラunk放射を生成するように構成されてよい。例えば、光源は、少なくとも1つの発光ダイオード(LED)及び/又は少なくとも1つのレーザー光源を含み得る。例えば、光源は、液体又は固体材料又は気体の酸化のような発熱反応による照射を生成するように構成されてよい。例えば、光源は、蛍光効果からの照射を生成するように構成されてよい。照射光源は、少なくとも1つの変調された光ビームを生成するように構成されてよい。あるいは、照射源によって生成される光ビームは、非変調であってもよく、及び/又は、さらなる光学的手段によって変調されていてもよい。照射源は、連続光源からの光ビームを変調するように構成された少なくとも1つの光チョッパ装置を含んでよい。光チョッパ装置は、連続光源からの光ビームを周期的に遮断するように構成されてよい。例えば、光チョッパ装置は、少なくとも1つの可変周波数回転ディスクチョッパ及び/又は少なくとも1つの固定周波数音叉チョッパ及び/又は少なくとも1つの光シャッターであってよく、又はそれらを含んでよい。非連続的な照射のため、出力電流は、変化する電流信号であってよく、変調電流とも呼ばれる。変調電流は、光導電体の暗電流に比べて小さい場合がある。

20

30

## 【0017】

本明細書で使用される「光導電体読み出し回路」という用語は、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、少なくとも1つの光導電体及び/又は複数の光導電体の読み出しするように構成された電子回路を指し得る。

## 【0018】

光導電体読み出し回路は、少なくとも1つの分圧回路を含む。本明細書で使用される「分圧回路」という用語は、分圧器(potential divider)とも示され、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、分圧回路の入力電圧信号の一部である出力電圧信号を生成するように構成された電子回路を指し得る。

40

## 【0019】

分圧回路は、光導電体と直列に配置された少なくとも1つの基準抵抗器 $R_{ref}$ を備える。本明細書で使用される「基準抵抗器」という用語は、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、既知の電気抵抗 $R_{ref}$ を有する抵抗器を指し得る。基準抵抗器は、電圧変化を決定できるように

50

適合された任意の抵抗器であり得る。基準抵抗器は、光導電体の抵抗  $R_{\text{photo}}$  を決定及び / 又は測定することを可能にするように構成されてよい。基準抵抗器は、光導電体と直列に配置される。

#### 【0020】

光導電体は、暗抵抗  $R_{\text{dark}}$  を有し得る。本明細書で使用される「暗抵抗」という用語は、一般に、非点灯状態、すなわち照射なしにおける光導電体の電気抵抗を指す。基準抵抗と暗抵抗との抵抗の比である  $R_{\text{ref}} / R_{\text{dark}}$  は、 $0.01 < R_{\text{ref}} / R_{\text{dark}} < 10$  であり得る。好ましくは、比  $R_{\text{ref}} / R_{\text{dark}}$  は、約  $0.1$  であってよい。光導電体の暗抵抗は、 $50 < R_{\text{dark}} < 500 \text{ M}$  であってよい。室温では、暗抵抗は、 $50 < R_{\text{dark}} < 50 \text{ M}$  であってよい。より低い温度では、暗抵抗はより高く、例えば、 $-40$  で約  $10$  倍高い。例えば、光導電体のアレイの暗抵抗は、 $10 \text{ M}$  であってよい。基準抵抗器は調整可能であってよい。基準抵抗器の抵抗値は、手動及び / 又は自動で調整可能であってよい。特に、基準抵抗器は、電圧入力信号及び光導電体特性（例えば、ノイズ指数）に関して調整可能であってよい。

10

#### 【0021】

基準抵抗器は、暗光導電体であってよい。本明細書で使用される「暗光導電体」という用語は、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、非点灯状態、すなわち照射なしにおける光導電体を指し得る。光導電体及び暗光導電体は、互いに同一に、又は異なるように設計されることができ、具体的には、暗光導電体は、暗  $\text{PbS}$  センサであってよい。例えば、基準抵抗器は、少なくとも1つの不透明マスクで覆われた光導電体を備えてよく、不透明マスクは、光が、覆われた光導電体の感光領域に透過することを防止する。上記のように、装置は、アレイに配置された複数の光導電体を含んでよい。照射された各ピクセルに対して、暗ピクセルが基準抵抗器として採用されてよい。暗抵抗を調整、特に最適化するために、暗ピクセルのサイズを適合させてよい。例えば、製造工程において、すべてのピクセルが同じ材料でコーティングされ得、そのため、ピクセルのサイズを変更することがピクセル抵抗を適合させる最も簡単な方法であり得る。

20

#### 【0022】

光導電体読み出し回路は、光導電体に少なくとも1つのバイアス電圧  $U_{\text{bias}}$  を印加するように構成された少なくとも1つのバイアス電圧源を備えてよい。光導電体は、バイアス電圧源と電氣的に接続されていてよい。本明細書で使用される「バイアス電圧源」という用語は、バイアス電圧を生成するように構成された少なくとも1つの電圧源を指す。バイアス電圧は、光導電体材料に印加される電圧であってよい。バイアス電圧は、直流 (DC) 電圧であってよい。バイアス電圧  $U_{\text{bias}}$  は、 $0.001 \text{ V} < U_{\text{bias}} < 500 \text{ V}$ 、好ましくは  $1 \text{ V} < U_{\text{bias}} < 500 \text{ V}$ 、最も好ましくは  $2 \text{ V} < U_{\text{bias}} < 50 \text{ V}$  である。光導電体は、上記のように直列に配置された基準抵抗器と電氣的に接続されてよい。基準抵抗器は接地されていてもよい。光導電体が照射されると、光導電体は電気抵抗の低下を示し得る。光導電体を通過した電流は、基準抵抗器を通過し、光導電体の電気抵抗  $R_{\text{photo}}$  に依存する出力信号  $U$  を生成させることができる。暗光導電体を基準抵抗器として使用することにより、光導電体の暗抵抗の出力信号に対する強い依存性を排除することができる。さらに、暗光導電体を基準抵抗器として使用することは、光導電体の温度依存性に関する温度補償を組み込むことができる。しかし、光導電体の感光領域の照射によって導入される対象の信号が  $1\%$  未満であるように、いまだに電圧  $U$  の  $99\%$  超が  $U_{\text{bias}} / 2$  から構成される。

30

40

#### 【0023】

光導電体読み出し回路は、少なくとも1つのコンデンサ（以下、コンデンサ  $C_b$  と表記する）を含む。コンデンサは、 $0.05 \sim 500 \text{ nF}$  の容量を有してよい。コンデンサ  $C_b$  の容量は、例えば、 $10 \text{ nF}$  であり得る。コンデンサ  $C_b$  は、増幅器装置の入力と分圧回路の出力との間に配置される。本明細書で使用される「コンデンサ」という用語は

50

、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、特に分圧回路の出力から生じる電気エネルギーを収集及び/又は蓄積するように構成された少なくとも1つの要素を指し得る。コンデンサは、フィルタリングコンデンサであってよい。コンデンサ $C_b$ は、光導電体の暗電流を遮断するように構成されることができる。具体的には、コンデンサ $C_b$ は、分圧回路の出力信号のうち暗DC電流をフィルタリングするように構成されてよい。コンデンサ $C_b$ は、交流(AC)信号成分をフィルタリングするように構成されている。コンデンサは、AC信号成分を通過させるように構成されてよい。AC信号成分は、直流(DC)成分を有していなくてよい。AC信号成分は、対象信号のみから構成されていてよい。公知の光導電体読み出し回路では、コンデンサは、本発明で提案されるのと異なる使用をされる。例えば、公知の電圧増幅器では、コンデンサは、DCコンテツを除去し、ACコンテツを増幅するためのRC-ハイパスフィルタとして使用される。さらに、フィルタは、CHP及びRHPなどのさらなる部品を必要とする。例えば、公知の回路で一般的に使用されている非反転増幅回路は、少なくとも1つの光導電体、1つの基準抵抗器、1つのフィルタコンデンサ、及び1つのフィルタ抵抗器を含んでいる。これに対し、本発明では、コンデンサ $C_b$ をハイパスフィルタとして使用するが、それに加えてAC電流を増幅器装置に供給する。本発明による電荷増幅器及びトランスインピーダンス増幅器は、比較すると抵抗器が1つ少ない。光導電体、基準抵抗器及びコンデンサは、フィルタを形成し、したがって必要とされる部品がより少なくなる。さらに、一般的に使用される非反転増幅器は、非反転入力が増幅のために2つの抵抗器を有する。本発明による電荷増幅器及びトランスインピーダンス増幅器は1つの部品のみを有する。したがって、本発明による電荷増幅器及びトランスインピーダンス増幅器は、先行技術と比較して、部品が少ない。さらに、多くの場合、光導電体のアレイは、潜在的に数百のセンサと共に使用されるため、部品の削減は非常に有利である。

#### 【0024】

光導電体読み出し回路は、少なくとも1つの増幅器装置を備える。本明細書で使用される「増幅器装置」という用語は、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、電荷又は電流を増幅するように構成された少なくとも1つの電子装置を指し得る。増幅器装置は、分圧回路の少なくとも1つの出力信号、特に、コンデンサを通過したAC信号成分 $U_{AC}$ を増幅するように構成されてよい。増幅器装置は、少なくとも1つの電荷増幅器又は少なくとも1つのトランスインピーダンス増幅器であってよい。本明細書で使用される「電荷増幅器」という用語は、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、高入力インピーダンスを有する積分回路(integrator)として構成された電子装置を指し得る。電荷増幅器は、電荷を電圧に変換するように構成されてよい。高入力インピーダンスは、漏れ損失を防止し得る。電荷増幅器は、演算増幅器(operational amplifier)を含み得る。電荷増幅器は、フィードバック経路に少なくとも1つのコンデンサ $C_F$ を含み得る。フィードバック経路のコンデンサは、時間の経過とともに電流を蓄積するように構成されてよい。本明細書で使用される「トランスインピーダンス増幅器」という用語は、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、少なくとも1つの演算増幅器とフィードバック経路内の抵抗器とを含む電子装置を指し得る。トランスインピーダンス増幅器は、入力電流をフィードバック経路の抵抗器の抵抗値 $R_F$ と乗算するように構成されてよい。トランスインピーダンス増幅器は、入力を増加させるように、及び入力電流を電圧に変換するように構成されてよい。

#### 【0025】

電荷増幅器及びトランスインピーダンス増幅器は、電荷及び電流を測定するために使用されるよく知られた回路である。電荷増幅器又はトランスインピーダンス増幅器に光導電体を直接接続することは、光導電体の暗電流が大きいため実行可能ではない。増幅器のダイナミックレンジは、暗電流に対する光導電体の出力電流の比が小さいためにきびしく制限される。結果として、これらの回路は、光導電体と共に使用されることは検討されていなかった。本発明による光導電体読み出し回路は、電荷増幅器及びトランスインピーダンス増幅器を、大きな暗電流を示すセンサ、特に光導電体と共に使用されることを可能にする。上に概説したようなコンデンサは、増幅器の入力と分圧回路の出力との間に配置されてよい。コンデンサは、暗電流を遮断し、光導電体の小さな出力電流を増幅器装置に分流させる役割を果たすことができる。

10

【0026】

理論に拘束されることを望まないが、電荷増幅器又はトランスインピーダンス増幅器の出力電圧  $v_o$  は、次のように決定されることができる。コンデンサにより、電荷増幅器及びトランスインピーダンス増幅器が電圧装置とみなされることができ、フーリエ定常状態が仮定される。電荷増幅器の伝達関数は、以下であってよい。

【0027】

【数1】

$$\left| \frac{\Delta v_o}{v_a} \right| = \tau \omega \frac{C_b}{C_F}$$

20

【0028】

式中、 $v_a$  は、電荷増幅器の入力電圧であり、 $\tau$  は電荷増幅器の積分時間であり、 $\omega$  は照射の変調周波数である。同様に、トランスインピーダンス増幅器の出力電圧  $v_o$  及びトランスインピーダンス増幅器の入力電圧  $v_a$  の関係は、

【数2】

$$\left| \frac{\Delta v_o}{v_a} \right| = \omega \frac{C_b}{R_F}$$

30

によって決定されることができる。

【0029】

光導電体読み出し回路は、コンデンサ  $C_B$  及び増幅器装置との間に配置された少なくとも1つのダイオードを含んでよい。ダイオードは、電圧ピークから増幅を保護する保護ダイオードとして構成されてよい。ダイオードのカソードは接地され、アノードはコンデンサ  $C_B$  で接続されてよい。ダイオードは、接地に電流を導通させ、他方向への電流の流れを保護するように構成されてよい。ダイオードを使用すると、起動時の過渡振動時間を大幅に短縮することができる。ダイオードは、TVSダイオードであってよく、又はTVSダイオードを有してよい。ダイオードは、過渡電圧を抑制するように構成されてよい。ダイオードは、回路に機能的に影響を与えないように設計されることができる。ダイオードは、過渡電圧の場合に回路を損傷から保護するために使用されることができる。TVS ESD ダイオードなどの保護ダイオードは、一般に、読み出し集積回路の一部であるが、追加の保護のために含まれる別個のダイオードである。他のダイオードのタイプ又は保護回路も可能である。特に、入力を保護するための他のメカニズムも可能である。

40

【0030】

上記のように、装置は、アレイ内に配置されるように複数の光導電体を備えることができる。光導電体読み出し回路は、複数の光導電体の各光導電体の電気抵抗を決定するように構成されてよい。装置は、少なくとも1つのサンプルアンドホールド回路、及び少なく

50

とも1つのマルチプレクサを含んでよい。本明細書で使用される「サンプルアンドホールド回路」という用語は、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、電圧をサンプリングし、電圧の値を一定の期間、一定レベルに保持するように構成された電子装置を指し得る。サンプルアンドホールド回路は、電荷を蓄積するように構成された少なくとも1つのコンデンサを含んでよい。サンプルアンドホールド回路は、回路を放電するために、増幅器装置と並列にスイッチを有してよい。スイッチが閉じている場合、コンデンサは増幅器装置で充電され得る。スイッチを開くと、コンデンサは、スイッチを開く前に存在していた一定値の電圧を保持することができる。原則として保護ダイオードと並列の抵抗器を介して放電を行うことは可能である。しかし、サンプルアンドホールド回路を介した放電は、抵抗器を介した放電よりもはるかに高速で行うことができる。

10

**【0031】**

本装置は、特にさらなる評価のために、光導電体読み出し回路の出力信号をデジタル信号に変換するように構成された少なくとも1つのアナログ/デジタル変換器(ADC)をさらに備えてよい。装置が複数の光導電体及び対応する基準抵抗器を備える場合、装置は、光導電体及び対応する基準抵抗器の各ペアについて、少なくとも1つのADCを含むことができる。しかし、他の構成も可能である。

**【0032】**

この装置は、少なくとも1つの読み出し集積回路(ROIC)を備えてよい。光導電体読み出し回路は、少なくとも1つの集積回路として設計されてよい。基準抵抗器 $R_{ref}$ 及びコンデンサ $C_B$ は、スペースの制約からROICの一部を形成しないことがある。特に、大きなコンデンサ及び抵抗は、集積回路内に大きな面積を必要とし、非常に高価であり得る。ROICは、ADC、マルチプレクサ、サンプルアンドホールド回路などの特定の技術ブロックを含むことができる。サンプルアンドホールド回路とマルチプレクサは、ROIC構成の一部であってよい。多くの異なる構成が可能であり、いくつかはサンプルアンドホールド回路及び/又はマルチプレクサ、ADC等を含まない。ROICは、暗信号キャンセレーション、特にフィルタリング及び増幅ステージのための手段、ならびに各入力の出力信号にアクセスするための手段を含むことができる。集積回路は、増幅器装置及び/又はサンプルアンドホールド回路及び/又はマルチプレクサを含んでいてもよい。集積回路は、さらに、ダイオードを含んでいてもよい。集積回路は、さらに、少なくとも1つのADCを含むことができる。本明細書で使用される「集積回路」という用語は、広義の用語であり、当業者にとって通常で慣用的な意味を与えられるべきであり、特別な意味又はカスタマイズされた意味に限定されるべきではない。この用語は、具体的には、限定されることなく、半導体基板などの基板上の電子回路を指し得る。例えば、集積回路は、マイクロチップとして具現化されてよい。

20

30

**【0033】**

装置は、プログラマブル論理などの少なくとも1つの論理ゲート、例えば少なくとも1つのフィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)を含むことができる。

**【0034】**

本発明のさらなる態様において、本発明による少なくとも1つの装置を含む抵抗変換器が開示される。抵抗変換器は、光導電体読み出し回路の少なくとも1つの電圧出力における電圧出力信号を決定するように適合された少なくとも1つの評価装置を備える。

40

**【0035】**

本明細書で使用される「評価装置」という用語は、一般に、電圧出力において少なくとも1つの電圧出力信号を決定及び/又は生成するように設計された任意の装置を指す。一例として、評価装置は、1つ以上の特定用途向け集積回路(ASIC)など、1つ以上の集積回路、及び/又は1つ以上のデータ処理装置、例えば、1つ以上のコンピュータ、好ましくは1つ以上のマイクロコンピュータ及び/又はマイクロコントローラであってよく、又はこれらを備えてよい。追加の構成要素、例えば、1つ以上の処理装置、及び/又は

50

1つ以上のAD変換器及び/又は1つ以上のフィルタなどの、電圧信号の受信及び/又は前処理を行う1つ以上の装置などのデータ収集装置が含まれていてもよい。さらに、評価装置は、1つ以上のデータ記憶装置を含むことができる。さらに、上で概説したように、評価装置は、1つ以上のインターフェース、例えば1つ以上の無線インターフェース及び/又は1つ以上の有線インターフェースを含むことができる。評価装置は、特に、少なくとも1つのデータ処理装置、特に、少なくとも1つの出力電圧信号を決定するように設計することができる電子データ処理装置を含むことができる。評価装置はまた、少なくとも1つの照射源を完全に又は部分的に制御するように、及び/又は少なくとも1つの電圧源を制御するように、及び/又は少なくとも1つの負荷抵抗器を調整するように設計されることができる。評価装置は、1つ以上の測定ユニット及び/又は1つ以上の評価ユニット及び/又は1つ以上の制御ユニットなどの1つ以上の電子ハードウェア構成要素及び/又は1つ以上のソフトウェア構成要素など、1つ以上のさらなる追加の構成要素をさらに含むことができる。

10

**【0036】**

抵抗変換器は、上記の装置に関して説明された少なくとも1つの照射光源などの少なくとも1つの照射光源を含み得る。

**【0037】**

本発明のこの態様に関するさらなる詳細については、上述及び以下でより詳細に説明される装置の説明を参照することができる。

**【0038】**

本発明のさらなる態様では、少なくとも1つのPbSセンサ、少なくとも1つのPbSeセンサ、又は複数のピクセルを含む少なくとも1つのピクセル化センサアレイ(各ピクセルは少なくとも1つのPbS又はPbSeセンサを含む)のうち1つ以上の読み出しの目的のための本発明による装置の使用が開示される。特に、本発明による装置は、中程度又は低バイアス電圧用途、例えば装置がバッテリー駆動であるか又は低電力で動作する必要がある用途、例えばセンサノード、ポータブル測定装置、爆発性雰囲気における装置などで、改善された信号対ノイズ比、したがって高い信号品質を可能にして使用されることができる。例えば、装置は、分光器、水分測定器、厚さ測定機器、ガス分析器、又は光導電体をセンサ要素として使用する他のタイプの機器に使用されることができる。本装置は、光センサに使用されることができる。例えば、本装置は、例えばWO2012/110924A1、WO2014/097181A1、WO2016/120392A1のような、いわゆるFiP効果を利用した光センサにおいて使用され得る。

20

30

**【0039】**

上述したように、光導電体の読み出しのための公知の読み出し回路は、ハイパスフィルタされた信号電圧の電圧増幅に依存する。本発明は、暗電流を遮断し、変調された電流を増幅するために、電荷増幅器又はトランスインピーダンス増幅器を用いた異なるアプローチを使用する。このアプローチの主な利点は2つある。第1に、部品数が従来技術と比較して著しく少ない。第2に、市販のROICが、ソフトウェア制御アナログ信号利得を可能にする。抵抗器の数は、従来技術に比べて4個から1個に減少する。同様に、高集積化された市販の読み出し集積回路(ROIC)は、複数の演算増幅器及びフィードバック抵抗器又はコンデンサを集積化するマルチピクセルソリューションに利用可能である。さらに、これらのROICには、ADCなどの機能が集積されている。これらの理由から、このタイプのソリューションでは、より低コスト、より少ない部品点数、及びより高密度化であるマルチピクセルの読み出し回路を可能にする。外部コンデンサ及び抵抗器を減らすことで、ノイズ源排除し、測定の信号対ノイズ比を向上させることができる。ROICは一般に、ソフトウェアを介したゲイン調整を可能にし、そのことはダイナミックレンジのソフトウェア制御を可能にする。これは、増幅された出力電圧が、より弱い又はより強い電磁波の変調信号が存在する場合に、調整され得ることを意味する。

40

**【0040】**

要約すると、本発明の文脈では、以下の実施形態が特に好ましいと考えられる。

50

## 【0041】

実施形態1：

- 光導電体の感光領域の照射に依存する電気抵抗を示すように構成された少なくとも1つの光導電体と；
  - 少なくとも1つの光導電体読み出し回路であって、前記光導電体読み出し回路は少なくとも1つの分圧回路を含み、前記分圧回路は、前記光導電体と直列に配置された少なくとも1つの基準抵抗器  $R_{ref}$  を含み、前記光導電体読み出し回路は少なくとも1つの増幅器装置を含み、前記光導電体読み出し回路は、前記増幅器装置の入力と前記分圧回路の出力との間に配置された少なくとも1つのコンデンサを含む、少なくとも1つの光導電体読み出し回路と、
- を備える、装置。

10

## 【0042】

実施形態2：前記増幅器装置は、少なくとも1つの電荷増幅器又は少なくとも1つのトランスインピーダンス増幅器である、先行する実施形態による装置。

## 【0043】

実施形態3：前記増幅器装置は、分圧回路の少なくとも1つの出力信号を増幅するように構成されている、先行する実施形態のいずれか1つによる装置。

## 【0044】

実施形態4：前記コンデンサは、前記光導電体の暗電流を遮断するように構成され、前記コンデンサは、前記分圧回路の少なくとも1つの出力信号から暗DC電流をフィルタリングするように構成されている、先行する実施形態のいずれか1つによる装置。

20

## 【0045】

実施形態5：前記基準抵抗器は、暗光導電体である、先行する実施形態のいずれか1つによる装置。

## 【0046】

実施形態6：前記光導電体は、暗抵抗  $R_{dark}$  を有し、前記基準抵抗器の抵抗と前記暗抵抗の比である  $R_{ref} / R_{dark}$  は、 $0.01 < R_{ref} / R_{dark} < 10$  である、先行する実施形態のいずれか1つによる装置。

## 【0047】

実施形態7：前記光導電体の前記暗抵抗、 $50 < R_{dark} < 500 M$  である、先行する実施形態による装置。

30

## 【0048】

実施形態8：前記基準抵抗器は調整可能である、先行する実施形態のいずれか1つによる分圧回路。

## 【0049】

実施形態9：前記光導電体読み出し回路は、前記コンデンサ及び前記増幅器装置との間に配置された少なくとも1つのダイオードを含んでいる、先行する実施形態のいずれか1つによる装置。

## 【0050】

実施形態10：少なくとも1つの読み出し集積回路を備える、先行する3つの実施形態のいずれか1つによる装置。

40

## 【0051】

実施形態11：前記光導電体読み出し回路は、前記光導電体に少なくとも1つのバイアス電圧を印加するように構成された少なくとも1つのバイアス電圧源を備える、先行する実施形態のいずれか1つによる装置。

## 【0052】

実施形態12：前記バイアス電圧  $U_{bias}$  は、 $0.001 V < U_{bias} < 5000 V$ 、好ましくは  $1 V < U_{bias} < 500 V$ 、最も好ましくは  $2 V < U_{bias} < 50 V$  である、先行する実施形態による装置。

## 【0053】

50

実施形態 13：前記装置は複数の光導電体を含み、前記光導電体はアレイに配置されている、先行する実施形態のいずれか 1 つによる装置。

【0054】

実施形態 14：前記光導電体読み出し回路は、前記複数の光導電体の各光導電体の電気抵抗を決定するように構成され、前記装置は、少なくとも 1 つのサンプルアンドホールド回路及び少なくとも 1 つのマルチプレクサを含む、先行する実施形態による装置。

【0055】

実施形態 15：前記感光領域は、硫化鉛 (PbS)；セレン化鉛 (PbSe)；テルル化水銀カドミウム (HgCdTe)；硫化カドミウム (CdS)；セレン化カドミウム (CdSe)；アンチモン化インジウム (InSb)；ヒ化インジウム (InAs)；ヒ化インジウムガリウム (InGaAs)；外因性半導体、有機半導体、からなる群から選択される少なくとも 1 つの光導電材料を含む、先行する実施形態のいずれか 1 つによる装置。

10

【0056】

実施形態 16：光導電体読み出し回路の少なくとも 1 つの電圧出力における出力信号を決定するように適合された少なくとも 1 つの評価装置を備える、先行する実施形態のいずれか 1 つによる少なくとも 1 つの装置を備える抵抗変換器。

【0057】

実施形態 17：少なくとも 1 つの PbS センサ、少なくとも 1 つの PbSe センサ、又は複数のピクセルを含む少なくとも 1 つのピクセル化センサアレイのうち 1 つ以上の読み出しのための、装置を参照する先行する実施形態のいずれか 1 つによる装置の使用。

20

【図面の簡単な説明】

【0058】

本発明のさらなる任意の詳細及び特徴は、従属請求項と関連して続く好ましい例示的な実施形態の説明から明らかである。この文脈では、特定の特徴は、単独で、又は他の特徴と組み合わせて実施されてよい。本発明は、例示的な実施形態に限定されない。例示的な実施形態は、図に模式的に示されている。個々の図における同一の符号は、同一の要素又は同一の機能を有する要素、又はその機能に関して互いに対応する要素を指している。

【0059】

具体的には、以下の図においては：

30

【図 1】本発明による装置の例示的な実施形態を示す。

【図 2】本装置のさらなる例示的な実施形態を示す。

【図 3】本発明による抵抗変換器の例示的な実施形態を示す図である。

【図 4】抵抗変換器のさらなる例示的な実施形態を示す図である。

【図 5 A】既知の強度の変調された電磁信号に応答した増幅された出力電圧の実験結果を示す図である。

【図 5 B】既知の強度の変調された電磁信号に応答した増幅された出力電圧の実験結果を示す図である。

【図 6】ROIC の光導電体アレイに対する出力電圧応答の実験結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0060】

例示的な実施形態

図 1 は、非常に概略的な方法で、装置 110 の例示的な実施形態を示している。装置 110 は、光導電体 112 の感光領域の照射に依存する電気抵抗を示すように構成された少なくとも 1 つの光導電体 112 を備える。光導電体 112 は、光導電体 112 の感光領域の照度に依存した特定の電気抵抗  $R_{photo}$  を示すことができる感光要素であってよい。具体的には、電気抵抗は、光導電体 112 の材料の照射に依存する。光導電体 112 は、光導電性材料を含む感光領域を含み得る。感光領域は、硫化鉛 (PbS)；セレン化鉛 (PbSe)；テルル化水銀カドミウム (HgCdTe)；硫化カドミウム (CdS)；セレン化カドミウム (CdSe)；アンチモン化インジウム (InSb)；ヒ化インジウ

50

ム (InAs) ; ヒ化インジウムガリウム (InGaAs) ; 外因性半導体、例えば、ドーパされた Ge、Si、GaAs など、からなる群から選択される少なくとも 1 つの光導電材料を含むことができる。しかし、他の材料も可能である。さらなる可能な光導電性材料は、例えば、WO2016/120392A1 に記載されている。例えば、光導電体 112 は、trinamix GmbH, D-67056 Ludwigshafen am Rhein, Germany から Hertzstueck という商標名で市販されている光導電体であってよい。光導電体 112 は、例えば、感光検出器回路に適用することができる。装置 110 は、複数の光導電体 112 を含み得る。光導電体は、アレイに配置されてよい。アレイの光導電体 112 は、特に、その感光領域及び / 又は光導電材料のサイズ及び / 又は形状に関して、同一に設計されてよい。

10

#### 【0061】

例えば、感光領域は、少なくとも 1 つの照射源 114 によって照射されてよい。照射源 114 は、例えば、周囲光源であってよく、又はそれを含むことができ、及び / 又は、人工照射源であってよく、又はそれを含むことができる。例として、照射源 114 は、少なくとも 1 つの赤外線エミッタ及び / 又は可視光線用の少なくとも 1 つのエミッタ及び / 又は紫外線用の少なくとも 1 つのエミッタを含んでよい。例として、照射源 114 は、少なくとも 1 つの発光ダイオード及び / 又は少なくとも 1 つのレーザーダイオードを含んでよい。照射源 114 は、特に以下の照射源：レーザー、特にレーザーダイオード（ただし原則として、代替的又は追加的に、他のタイプのレーザーも使用することができる）；発光ダイオード；白熱灯；ネオン光；火炎源；有機光源、特に有機発光ダイオード；構造化光源、のうちの 1 つ以上を含むことができる。代替的又は追加的に、他の照射源も使用することができる。照射源 114 は、一般に、紫外スペクトル範囲、赤外スペクトル範囲の少なくとも 1 つの光を放出するように適合されることができる。最も好ましくは、少なくとも 1 つの照射源は、NIR 及び IR 範囲、好ましくは 800 nm 及び 5000 nm の範囲、最も好ましくは 1000 nm 及び 4000 nm の範囲の光を放出するように適合される。

20

#### 【0062】

照射光源 114 は、少なくとも 1 つの非連続的光源を含むことができる。あるいは、照射光源 114 は、少なくとも 1 つの連続的光源を含むことができる。光源は、光導電体 112 の感光波長と重複する少なくとも 1 つの放射波長を有する任意の光源であってよい。例えば、光源は、プランク放射を生成するように構成されてよい。例えば、光源は、少なくとも 1 つの発光ダイオード (LED) 及び / 又は少なくとも 1 つのレーザー光源を含み得る。例えば、光源は、液体又は固体材料又は気体の酸化のような発熱反応による照射を生成するように構成されてよい。例えば、光源は、蛍光効果から照射を生成するように構成されてよい。照射光源 114 は、少なくとも 1 つの変調された光ビームを生成するように構成されてよい。あるいは、照射源によって生成される光ビームは、非変調であってよく、及び / 又は、さらなる光学的手段によって変調されていてもよい。照射源 114 は、連続光源からの光ビームを変調するように構成された少なくとも 1 つの光チョッパ装置を含んでよい。光チョッパ装置は、連続光源からの光ビームを周期的に遮断するように構成されてよい。例えば、光チョッパ装置は、少なくとも 1 つの可変周波数回転ディスクチョッパ及び / 又は少なくとも 1 つの固定周波数音叉チョッパ及び / 又は少なくとも 1 つの光シャッタであってよく、又はそれらを含んでよい。非連続的な照射のため、出力電流は、変化する電流信号であってよく、変調電流とも呼ばれる。変調電流は、光導電体 112 の暗電流に比べて小さい場合がある。

30

40

#### 【0063】

例えば、感光領域は、二次元又は三次元の領域であってよく、好ましくは（必ずしもそうである必要はないが）連続的であり、連続領域を形成することができる。光導電体 112 は、このような感光領域を 1 つ有するか、さもなければ複数有することができる。照射に応答して、光導電体 112 の電気抵抗は、調整及び / 又は変化及び / 又は変動される。光導電体 112 が照射されると、光導電体 112 はその電気抵抗が低下することがある。

50

光導電体 112 は、照射されるとその抵抗率を下げることもある。具体的には、光導電体 112 の電気抵抗は、入射光強度の増加に伴って減少し得る。暗抵抗と明抵抗との間の変更は、測定される量又は読み出される量であり、光導電体の出力電流と表されることがある。

#### 【0064】

装置 110 は、少なくとも 1 つの光導電体読み出し回路 116 を備える。光導電体読み出し回路 116 は、少なくとも 1 つの分圧回路 118 を備える。分圧回路 118 は、光導電体 112 と直列に配置された少なくとも 1 つの基準抵抗器 120 を備える。基準抵抗器 120 は、既知の電気抵抗  $R_{ref}$  を有する抵抗器であってよい。基準抵抗器 120 は、電圧変化を決定できるように適合された任意の抵抗器であり得る。基準抵抗器 120 は、光導電体 112 の抵抗  $R_{photo}$  を決定及び / 又は測定することを可能にするように構成されてよい。

10

#### 【0065】

光導電体 112 は、暗抵抗  $R_{dark}$  を有し得る。基準抵抗 120 の抵抗と暗抵抗との比である  $R_{ref} / R_{dark}$  は、 $0.01 < R_{ref} / R_{dark} < 10$  であり得る。好ましくは、比  $R_{ref} / R_{dark}$  は、約 0.1 であってよい。光導電体の暗抵抗は、 $50 < R_{dark} < 500 \text{ M}$  であってよい。例えば、光導電体 112 のアレイの暗抵抗は、 $10 \text{ M}$  であってよい。基準抵抗器 120 は調整可能であってよい。基準抵抗器 120 の抵抗値は、手動及び / 又は自動で調整可能であってよい。特に、基準抵抗器 120 は、電圧入力信号及び光導電体特性（例えば、ノイズ指数）に関して調整可能であってよい。

20

#### 【0066】

基準抵抗器 120 は、暗光導電体 122 であってもよい。光導電体 112 及び暗光導電体 122 は、互いに同一に設計されてもよいし、異なるように設計されてもよい。特に、暗光導電体 122 は、暗 P b S センサであってよい。例えば、基準抵抗器 120 は、少なくとも 1 つの不透明マスクで覆われた光導電体を備えてよく、不透明マスクは、光が、覆われた光導電体の感光領域に透過することを防止する。上記のように、装置 110 は、アレイに配置された複数の光導電体 112 を含んでよい。照射された各ピクセルに対して、暗ピクセルが基準抵抗器 120 として採用されてよい。暗抵抗を調整、特に最適化するために、暗ピクセルのサイズを適合させてよい。例えば、製造工程において、すべてのピクセルが同じ材料でコーティングされ得、それによって、ピクセルのサイズを変更することがピクセル抵抗を適合させる最も簡単な方法であり得る。

30

#### 【0067】

光導電体読み出し回路 116 は、光導電体 112 に少なくとも 1 つのバイアス電圧  $U_{bias}$  を印加するように構成された少なくとも 1 つのバイアス電圧源 124 を備えてよい。図 1 には、共通コレクタ  $V_{cc}$  の電圧が例示されている。光導電体 112 は、バイアス電圧源 124 と電氣的に接続されていてよい。バイアス電圧は、光導電体に印加された電圧であってよい。バイアス電圧は、直流 (DC) 電圧であってよい。バイアス電圧  $U_{bias}$  は、 $0.001 \text{ V} < U_{bias} < 5000 \text{ V}$ 、好ましくは  $1 \text{ V} < U_{bias} < 500 \text{ V}$ 、最も好ましくは  $2 \text{ V} < U_{bias} < 50 \text{ V}$  である。光導電体 112 は、上記のように直列に配置された基準抵抗器 120 と電氣的に接続されてよい。基準抵抗器 120 は接地されていてよい。光導電体 112 が照射されると、光導電体 112 は電気抵抗の低下を示すことがある。光導電体 112 を通過した電流は、基準抵抗器 120 を通過し、光導電体 112 の電気抵抗  $R_{photo}$  に依存する出力信号  $V_a$  を生成させることができる。暗光導電体 122 を基準抵抗器として使用することにより、光導電体 112 の暗抵抗の出力信号に対する強い依存性を排除することができる。さらに、暗光導電体 122 を使用することは、光導電体 112 の温度依存性に関する温度補償を組み込むことができる。しかし、光導電体 112 の感光領域の照射によって導入される対象の信号が 1% 未満であるように、いまだに電圧  $V_a$  の 99% 超が  $U_{bias} / 2$  から構成される。

40

#### 【0068】

50

光導電体読み出し回路 116 は、少なくとも 1 つのコンデンサ 126 (以下、コンデンサ  $C_b$  と表記する) を含む。コンデンサ 126 は、0.05 ~ 500 nF の容量を有してよい。コンデンサ  $C_b$  の容量は、例えば、10 nF であり得る。コンデンサ  $C_b$  は、増幅器装置の入力と分圧回路の出力との間に配置される。コンデンサ 126 は、フィルタリングコンデンサであってよい。コンデンサ  $C_b$  は、光導電体 112 の暗電流を遮断するように構成されることができ、具体的には、コンデンサ  $C_b$  は、分圧回路の出力信号のうち暗 DC 電流をフィルタリングするように構成されてよい。コンデンサ  $C_b$  は、分圧回路 118 の少なくとも 1 つの出力信号の交流 (AC) 信号成分をフィルタリングするように構成されている。コンデンサ 126 は、AC 信号成分を通過させるように構成されてよい。AC 信号成分は、直流 (DC) 成分を有していなくてよい。AC 信号成分は、対象信号のみから構成されていてよい。公知の光導電体読み出し回路では、コンデンサは、本発明で提案されるのと異なる使用をされる。例えば、公知の電圧増幅器では、コンデンサは、DC コンテンツを除去し、AC コンテンツを増幅するための RC - ハイパスフィルタとして使用される。さらに、フィルタは、CHP 及び RHP などのさらなる部品を必要とする。例えば、公知の回路で一般的に使用されている非反転増幅回路は、少なくとも 1 つの光導電体、1 つの基準抵抗器、1 つのフィルタコンデンサ、及び 1 つのフィルタ抵抗器を含んでいる。これに対し、本発明では、コンデンサ  $C_b$  をハイパスフィルタとして使用するが、それに加えて AC 電流を少なくとも 1 つの増幅器装置に供給する。本発明による電荷増幅器及びトランスインピーダンス増幅器は、比較すると抵抗器が 1 つ少ない。光導電体 112、基準抵抗器 120 及びコンデンサ 126 は、フィルタを形成し、したがって必要とされる部品がより少なくなる。さらに、一般的に使用される非反転増幅器は、非反転入力が増幅のために 2 つの抵抗器を有する。本発明による電荷増幅器及びトランスインピーダンス増幅器は 1 つの部品のみを有する。したがって、本発明による電荷増幅器及びトランスインピーダンス増幅器は、先行技術と比較して、部品が少ない。さらに、多くの場合、光導電体のアレイは、潜在的に数百のセンサと共に使用されるため、部品の削減は非常に有利である。

10

20

#### 【0069】

光導電体読み出し回路 116 は、少なくとも 1 つの増幅器装置 128 を備える。増幅器装置 128 は、分圧回路 118 の少なくとも 1 つの出力信号、特に、コンデンサ 126 を通過した AC 信号成分を増幅するように構成されてよい。増幅器装置 128 は、図 1 に示すように、少なくとも 1 つの電荷増幅器 130 又は少なくとも 1 つのトランスインピーダンス増幅器 132 であってよい。図 2 に示すように、電荷増幅器 130 は、高入力インピーダンスを有する積分回路として構成された電子装置であってよい。電荷増幅器 130 は、電荷を電圧に変換するように構成されてよい。高入力インピーダンスは、漏れ損失を防止し得る。電荷増幅器は、演算増幅器 134 を含み得る。電荷増幅器 130 は、フィードバック経路に少なくとも 1 つのコンデンサ  $C_F$  を含み得る。フィードバック経路のコンデンサ  $C_F$  は、時間の経過とともに電流を蓄積するように構成されてよい。トランスインピーダンス増幅器 132 は、少なくとも 1 つの演算増幅器 134 とフィードバック経路内の抵抗器  $R_F$  とを含む電子装置であり得る。トランスインピーダンス増幅器 132 は、入力電流を抵抗値  $R_F$  と乗算するように構成されてよい。トランスインピーダンス増幅器 132 は、入力を増加させるように、及び入力電流を電圧に変換するように構成されてよい。

30

40

#### 【0070】

電荷増幅器 130 及びトランスインピーダンス増幅器 132 は、電荷及び電流を測定するために使用されるよく知られた回路である。電荷増幅器 130 又はトランスインピーダンス増幅器 132 に光導電体 112 を直接接続することは、光導電体 112 の暗電流が大きいため実行可能ではない。増幅器のダイナミックレンジは、暗電流に対する光導電体の出力電流の比が小さいためにきびしく制限される。結果として、これらの回路は、光導電体と共に使用されることは検討されていなかった。本発明による光導電体読み出し回路 116 は、電荷増幅器 130 及びトランスインピーダンス増幅器 132 を、大きな暗電流を示すセンサ、特に光導電体 112 と共に使用されることを可能にする。上に概説したよう

50

なコンデンサ 126 は、増幅器の入力と分圧回路の出力との間に配置されてよい。コンデンサ 126 は、暗電流を遮断し、光導電体 112 の小さな出力電流を増幅器装置 128 に分流させる役割を果たすことができる。

【0071】

理論に拘束されることを望まないが、電荷増幅器 130 及びトランスインピーダンス増幅器 132 の出力電圧  $v_o$  は、次のように決定されることができる。コンデンサ 126 により、電荷増幅器 130 及びトランスインピーダンス増幅器 132 が電圧装置とみなされることができ、フーリエ定常状態が仮定される。電荷増幅器の伝達関数は、以下であってよい。

【0072】

【数 3】

$$\left| \frac{\Delta v_o}{v_a} \right| = \tau \omega \frac{C_b}{C_F},$$

10

【0073】

式中、 $v_a$  は、電荷増幅器 130 の入力電圧であり、 $\tau$  は電荷増幅器 130 の積分時間であり、 $\omega$  は照射の変調周波数である。同様に、トランスインピーダンス増幅器 132 の出力電圧  $v_o$  及びトランスインピーダンス増幅器 132 の入力電圧  $v_a$  の関係は、

20

【数 4】

$$\left| \frac{\Delta v_o}{v_a} \right| = \omega \frac{C_b}{R_F}.$$

によって決定されることができる。

【0074】

図 3 は、図 1 及び図 2 に関して説明されたように、本発明による少なくとも 1 つの装置 110 を含む抵抗変換器 136 の実施形態を示している。さらに、図 1 及び図 2 に示される実施形態に加えて、光導電体読み出し回路 116 は、コンデンサ  $C_B$  及び増幅器装置 128 の間に配置された少なくとも 1 つのダイオード 138 を含んでよい。ダイオード 138 は、電圧ピークから増幅を保護する保護ダイオードとして構成されてよい。ダイオードのカソードは接地され、アノードはコンデンサ  $C_B$  で接続されてよい。ダイオード 138 は、接地に電流を導通させ、他方向への電流の流れを保護するように構成されてよい。ダイオード 138 を使用すると、起動時の過渡振動時間を大幅に短縮することができる。ダイオード 138 は、TVS ダイオードであってよく、又は TVS ダイオードを有してよい。ダイオード 138 は、過渡電圧を抑制するように構成されてよい。ダイオード 138 は、回路に機能的に影響を与えないように設計されることができる。ダイオード 138 は、過渡電圧の場合に回路を損傷から保護するために使用されることができる。TVS ESD ダイオードなどの保護ダイオードは、一般に、読み出し集積回路の一部であるか、追加の保護のために含まれる別個のダイオードである。入力を保護するための他のメカニズムも可能である。

30

40

【0075】

上記のように、装置 110 は、アレイ内に配置されるような複数の光導電体 112 を備えることができる。光導電体読み出し回路 116 は、複数の光導電体 112 の各光導電体 112 の電気抵抗を決定するように構成されてよい。装置 110 は、少なくとも 1 つのサンプルアンドホールド回路 139、及び少なくとも 1 つのマルチプレクサ 140 を含んでよい。サンプルアンドホールド回路 139 は、電圧をサンプリングし、電圧の値を一定の期間、一定レベルに保持するように構成された電子装置を指し得る。サンプルアンドホー

50

ルド回路 139 は、電荷を蓄積するように構成された少なくとも 1 つのコンデンサを含んでいてよい。サンプルアンドホールド回路 139 は、回路を放電するために、増幅器装置 128 と並列にスイッチ 142 を有してよい。スイッチ 142 が閉じている場合、コンデンサは増幅器装置 128 で充電され得る。スイッチ 142 を開くと、コンデンサは、スイッチを開く前に存在していた一定値の電圧を保持することができる。原則として保護ダイオードと並列の抵抗器を介して放電を行うことは可能である。しかし、サンプルアンドホールド回路を介した放電は、抵抗器を介した放電よりもはるかに高速で行うことができる。

#### 【0076】

本装置 110 は、特にさらなる評価のために、光導電体読み出し回路 116 の出力信号をデジタル信号に変換するように構成された少なくとも 1 つのアナログ/デジタル変換器 (ADC) 144 をさらに備えてよい。装置 110 が複数の光導電体 112 及び対応する基準抵抗器 120 を備える場合、装置 110 は、光導電体 112 及び対応する基準抵抗器 120 の各ペアについて、少なくとも 1 つの ADC 144 を含むことができる。しかし、他の構成も可能である。

#### 【0077】

抵抗変換器 136 は、光導電体読み出し回路 116 の少なくとも 1 つの電圧出力における電圧出力信号を決定するように適合された少なくとも 1 つの評価装置 146 を備える。評価装置 146 は、1 つ以上の特定用途向け集積回路 (ASIC) などの 1 つ以上の集積回路、及び/又は、1 つ以上のデータ処理装置、例えば、1 つ以上のコンピュータ、好ましくは 1 つ以上のマイクロコンピュータ及び/又はマイクロコントローラであってよく、又はこれらを備えていてよい。追加の構成要素、例えば、1 つ以上の処理装置、及び/又は 1 つ以上の AD 変換器及び/又は 1 つ以上のフィルタなどの、電圧信号の受信及び/又は前処理を行う 1 つ以上の装置などのデータ収集装置が含まれていてもよい。さらに、評価装置 146 は、1 つ以上のデータ記憶装置を含むことができる。さらに、上で概説したように、評価装置 146 は、1 つ以上のインターフェース、例えば 1 つ以上の無線インターフェース及び/又は 1 つ以上の有線インターフェースを含むことができる。評価装置 146 は、特に、少なくとも 1 つのデータ処理装置、特に、少なくとも 1 つの出力電圧信号を決定するように設計されることができる電子データ処理装置を含むことができる。評価装置 146 はまた、少なくとも 1 つの照射源を完全に又は部分的に制御するように、及び/又は少なくとも 1 つの電圧源を制御するように、及び/又は少なくとも 1 つの負荷抵抗器を調整するように設計されることができる。評価装置 146 は、1 つ以上の電子ハードウェア構成要素及び/又は 1 つ以上のソフトウェア構成要素などの 1 つ以上の追加の構成要素、例えば、1 つ以上の測定ユニット及び/又は 1 つ以上の評価ユニット及び/又は 1 つ以上の制御ユニットをさらに含むことができる。

#### 【0078】

図 4 に示すように、装置 110 は、少なくとも 1 つの読み出し集積回路 (ROIC) 148 を備えてよい。基準抵抗器  $R_{ref}$  及びコンデンサ  $C_B$  は、スペースの制約から ROIC 148 の一部を形成しないことがある。特に、大きなコンデンサ及び抵抗は、集積回路内に大きな面積を必要とし、非常に高価であり得る。ROIC 148 は、ADC、マルチプレクサ、サンプルアンドホールド回路などの特定の技術ブロックを含むことができる。ROIC 148 は、暗信号キャンセレーション、特にフィルタリング、及び増幅ステージのための手段、ならびに各入力の出力信号にアクセスするための手段を含むことができる。光導電体読み出し回路 116 は、少なくとも 1 つの集積回路として設計され得る。集積回路は、増幅器装置 128 及び/又はサンプルアンドホールド回路 139 及び/又はマルチプレクサ 140 を含んでいてよい。集積回路は、さらに、ダイオード 138 を含んでいてよい。集積回路は、さらに、少なくとも 1 つの ADC を含むことができる。例えば、集積回路は、マイクロチップとして具現化されてよい。

#### 【0079】

図 5 A 及び図 5 B は、サンプル  $N$  ( $N$  は ADC からのサンプル数) の関数として、既知

10

20

30

40

50

の強度の変調された電磁信号に応答して増幅された出力電圧（ADC出力をVで示す）の実験結果を示している。設定されたサンプルNの数は、各サンプルの間の一定の時間間隔でADCから読み取られた。実験の構成のために、 $P_d = 10.1 \mu W / cm^2$ の出力密度を有する光源を使用した。電荷増幅器130を含む光導電体読み出し回路116は、いくつかの市販の集積回路（IC）を用いて、様々な条件下でテストされた。様々なコンデンサ $C_B$ 、基準抵抗器 $R_{ref}$ 、積分時間、フィードバックコンデンサ $C_F$ が、システムの最適な信号対ノイズ比と動的信号応答を見出すためにテストされた。図5Aは、 $C_B = 3.3 nF$ 、 $R_{ref} = 1.2 M$ 、 $C_F = 3.0 pF$ の場合の実験結果を示している。図5Bは、 $C_B = 3.3 nF$ 、 $R_{ref} = 2.4 M$ 、 $C_F = 3.0 pF$ の場合の実験結果を示している。両図とも、変調された電磁波信号の周波数は60 Hz、積分時間は640  $\mu s$ であった。

10

#### 【0080】

図6は、変化する $C_B$ 及び $R_{ref}$ の値に基づいて、本発明による光導電体アレイに対するROICの出力電圧応答（ADC出力をVで示す）の実験結果を示している。 $R_{dark} / R_{ref}$ の関数としてのADC出力がプロットされた。特に、15 Mの暗抵抗を有する、 $380 \mu m \times 38 \mu m$ のPbS-アレイを使用した。実験構成には、出力密度 $P_d = 20 \mu W / cm^2$ の光源を使用した。図6の両方では、変調された電磁波信号の周波数は16 Hz、積分時間は1000  $\mu s$ であった。バイアス電圧は10 V、 $C_F$ は25.0 pFであった。曲線150は、 $C_B = (10.0 R_{dark} R_{ref}) / (R_{dark} + R_{ref})$ に対するADC出力を示している。曲線152は、 $C_B = (1.0 R_{dark} R_{ref}) / (R_{dark} + R_{ref})$ に対するADC出力を示している。曲線154は、 $C_B = (0.1 R_{dark} R_{ref}) / (R_{dark} + R_{ref})$ に対するADC出力を示している。

20

#### 【符号の説明】

#### 【0081】

- 110 装置
- 112 光導電体
- 114 光源
- 116 光導電体読み出し回路
- 118 分圧回路
- 120 基準抵抗器
- 122 暗基準抵抗器
- 124 バイアス電圧源
- 126 コンデンサ
- 128 増幅器装置
- 130 電荷増幅器
- 132 トランスインピーダンス増幅器
- 134 演算増幅器
- 136 抵抗変換器
- 138 ダイオード
- 139 サンプルアンドホールド回路
- 140 マルチプレクサ
- 142 スイッチ
- 144 アナログデジタル変換器
- 146 評価装置
- 148 読み出し集積回路
- 150 カーブ
- 152 カーブ
- 154 カーブ

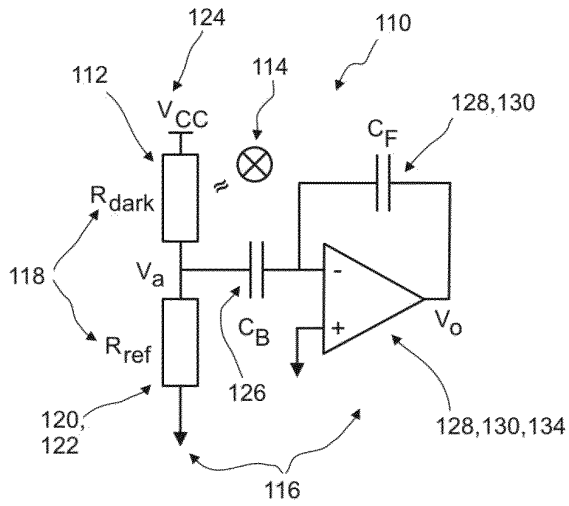
30

40

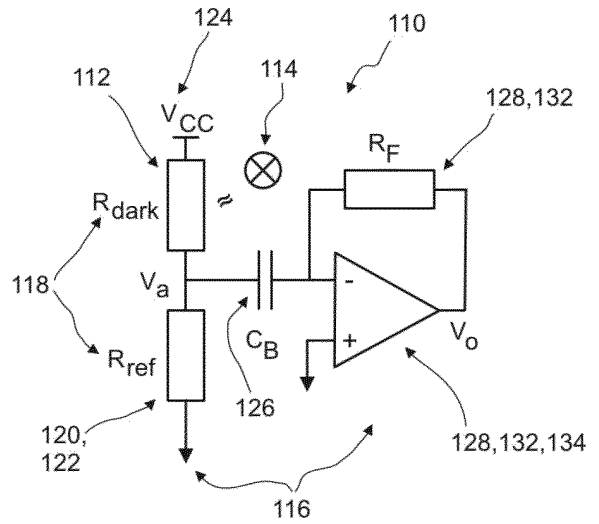
50

【 図面 】

【 図 1 】

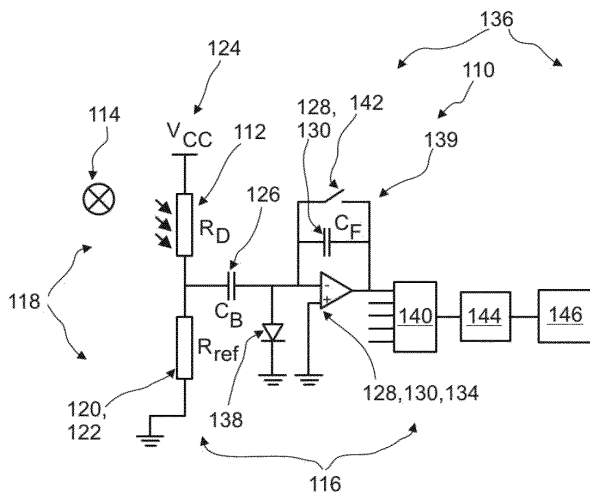


【 図 2 】

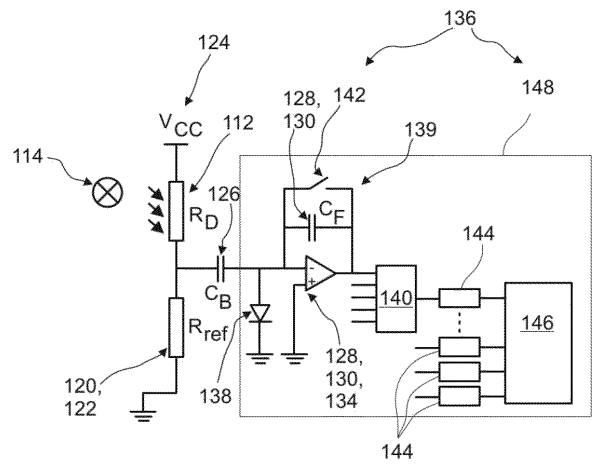


10

【 図 3 】



【 図 4 】



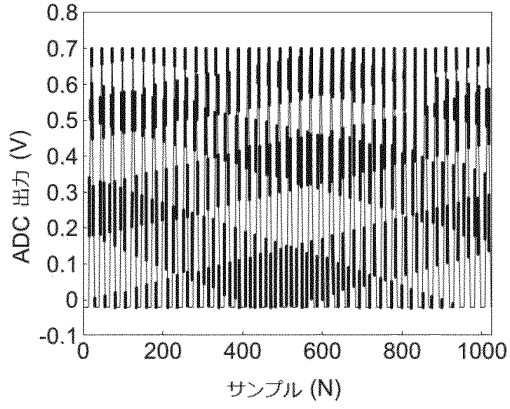
20

30

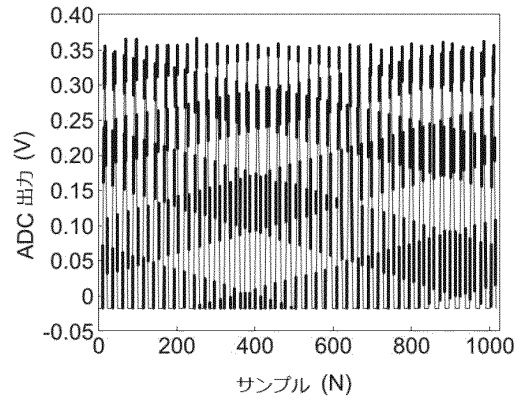
40

50

【 図 5 A 】

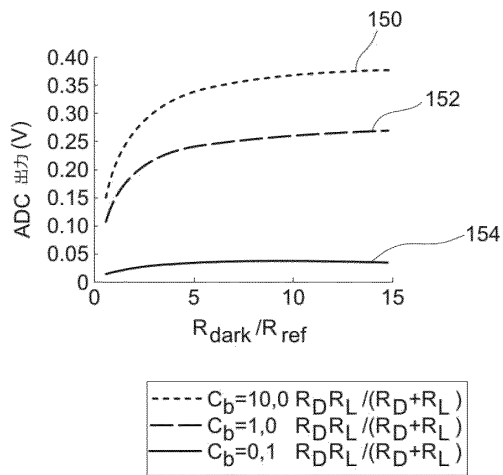


【 図 5 B 】



10

【 図 6 】



20

30

40

50

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

|   |
|---|
| International application No<br>PCT/EP2020/078213 |
|---|

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>INV. G01J1/42 G01J1/46<br>ADD.   |   |  |
|--|---|--|
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  |   |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>G01J   |   |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  |   |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>EPO-Internal, WPI Data   |   |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |   |  |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.  |
| X  | US 3 495 515 A (REIMANN HUBERTUS)<br>17 February 1970 (1970-02-17)  | 1-4,<br>7-11,<br>13-15   |
| Y  | column 3, line 17 - line 40; figure 1   | 5,6  |
| A  | -----   | 12   |
| Y  | "USE OF GAAS HIGH-GAIN PHOTOCONDUCTORS AS<br>NEW DETECTORS IN SPECTROSCOPIC SYSTEMS",<br>ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB,<br>vol. 24, no. 3,<br>4 February 1988 (1988-02-04), page<br>141/142, XP000005772,<br>ISSN: 0013-5194<br>p. 142, right column, topmost paragraph<br>----- | 5,6  |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.   |   |  |
| * Special categories of cited documents :  |   |  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed |   | "T" 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<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>5 February 2021</b>  |   | Date of mailing of the international search report<br><b>15/02/2021</b>  |
| Name and mailing address of the ISA/<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016   |   | Authorized officer<br><b>Thieme, Markus</b>  |

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

10

20

30

40

50

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2020/078213

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------------|
| US 3495515                             | A                | NONE                    | 17-02-1970       |

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N  
E,SN,TD,TG),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,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,K  
E,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,N  
G,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,  
TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

弁理士 長山 弘典

- (72)発明者 フォイアーシュタイン, ベルトラム  
ドイツ、67063 ルートヴィッヒスハーフェン、インドゥストリーシュトラッセ 35
- (72)発明者 グスト, ロベルト  
ドイツ、67063 ルートヴィッヒスハーフェン、インドゥストリーシュトラッセ 35
- (72)発明者 ゴルト, ダレン リチャルト  
ドイツ、67063 ルートヴィッヒスハーフェン、カール - ボッシュ - シュトラッセ 86
- (72)発明者 ファローフ, ゼバステアン  
ドイツ、67063 ルートヴィッヒスハーフェン、インドゥストリーシュトラッセ 35
- F ターム (参考) 2G065 AA04 AB02 BA02 BA09 BA33 BC03 BC33 BC35  
5F849 AA17 AB07 AB09 AB11 EA02 KA20 XA01 XB01 XB18 XB19