(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 397 956**

(51) Int. CI.:

H03D 9/06 (2006.01)
G01J 9/00 (2006.01)
H01L 27/146 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2005 E 05108315 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 1635452**

(54) Título: **Dispositivo para medir una señal en forma sensible al tiempo de propagación**

(30) Prioridad:

13.09.2004 DE 102004044581

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.03.2013

(73) Titular/es:

PMDTECHNOLOGIES GMBH (100.0%)
AM EICHENHANG 50
57076 SIEGEN, DE

(72) Inventor/es:

GOLLEWSKI, TORSTEN;
LANGE, ROBERT;
RINGBECK, THORSTEN;
HESS, HOLGER y
BUXBAUM, BERND

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para medir una señal en forma sensible al tiempo de propagación

La presente invención concierne a un dispositivo para captar la posición de fase de una señal modulada en intensidad.

Se conocen por el estado de la técnica elementos detectores mezcladores sensibles a la fase o al tiempo de propagación para la medición de distancias. Tales elementos se encuentran descritos, por ejemplo, en las solicitudes de patente alemanas DE 196 35 932 y DE 197 04 496 como unos llamados Photogate Photomixing-Devices (PG-PMD – dispositivos fotomezcladores con fotopuertas) para radiación electromagnética. Como alternativa a los elementos PG-PMD, los elementos detectores mezcladores pueden estar configurados también, por ejemplo, como elementos MSM-PMD (MSM: metal-semiconductor-metal), tal como estos se encuentran revelados en el documento WO 02/33922 A2.

Es común a los elementos detectores mezcladores conocidos por el estado de la técnica el que presenten electrodos de selección entre los cuales se extiende un material fotoconductivo, especialmente un material semiconductor. Además, en el material semiconductor pueden estar previstas dos o más puertas de modulación transparentes.

Si se ilumina la parte fotoconductiva del elemento detector con una radiación electromagnética modulada en intensidad, preferiblemente en el dominio espectral visible o infrarrojo, se varía entonces la conductividad del elemento detector entre los electrodos de selección en función de la intensidad que incide momentáneamente en el detector. Si se aplican al mismo tiempo a las puertas de modulación (en elementos PG-PMD) o bien directamente a los electrodos de selección (en elementos MSM-PMD) unas señales de corriente o de tensión moduladas en amplitud que están invertidas o desfasadas en 180º una con respecto a otra, se obtienen entonces en los electrodos de selección unas señales mixtas que están moduladas con la frecuencia diferencia entre la frecuencia de la modulación de intensidad de la radiación incidente y la frecuencia de referencia. Las señales de salida en los electrodos de selección de los elementos mezcladores dependen, además, de la intensidad de la radiación incidente. Si se forma ahora la suma de las dos señales de salida de los electrodos de selección, se obtiene entonces una señal dependiente de la intensidad de la radiación incidente, ya que únicamente están contenidas las porciones de corriente continua (CC). Por el contrario, la señal diferencia entre las dos señales de salida de los electrodos de selección contiene únicamente las porciones de señal correlacionadas. Por tanto, las señal diferencia sigue llevando tanto la información de fase como la información de amplitud de la radiación incidente modulada en intensidad.

El procedimiento descrito se denomina también detección en contrafase o "detección equilibrada", ya que los electrodos de modulación o de selección del elemento mezclador están conexionados con señales invertidas o desfasadas en 180º una con respecto a otra. El procedimiento de contrafase permite que, formando la diferencia entre las dos señales de salida del detector mezclador, como se ha descrito anteriormente, se supriman las porciones de corriente continua y las asimetrías de la estructura mezcladora y solamente se tengan en cuenta las señales que están correlacionadas.

Dado que en las mediciones la amplitud y la fase de la señal son magnitudes desconocidas, son necesarias, en función de la señal de modulación de la radiación incidente en el mezclador y de la señal de referencia, al menos dos mediciones con diferente posición de fase de las señales de referencia para determinar la amplitud y la fase de la señal de medida después de la formación de la diferencia.

En los detectores conocidos por el estado de la técnica se realizan las dos mediciones con ayuda de un procedimiento múltiplex de espacio o con ayuda de un procedimiento múltiplex de tiempo.

En el procedimiento múltiplex de espacio un detector o punto de imagen presenta dos detectores mezcladores. Los dos elementos detectores mezcladores pueden estar dispuestos aquí discretamente uno al lado de otro o bien pueden ser un componente integrado, pudiendo estar formados, por ejemplo, con electrodos de salida dispuestos por parejas en cruz. Es decisivo el que las señales de referencia de cada elemento detector estén moduladas en contrafase, mientras que éstas están desfasadas en cada caso con respecto a las señales de referencia del segundo elemento detector, idealmente en 90º. De esta manera, se pueden determinar dos funciones de correlación de la señal a medir y se pueden evaluar la fase y la amplitud. En el múltiplex de espacio se necesita para cada punto de imagen aproximadamente el doble de superficie de un elemento mezclador individual a fin de poder evaluar al mismo tiempo dos funciones de autocorrelación.

En el procedimiento múltiplex de tiempo se determinan temporalmente una tras otra las dos funciones de correlación de la señal, desfasándose las señales de referencia del elemento detector mezclador una con relación a otra entre dos mediciones correspondientes. Por tanto, el procedimiento múltiplex de tiempo requiere el doble de tiempo de medida que el procedimiento múltiplex de espacio. Esto es desventajoso especialmente para aplicaciones en las que el tiempo de medida tiene una importancia considerable. Si, por ejemplo, se deben captar distancias en el tráfico

viario, son esenciales entonces unos cortos tiempos de medida para proporcionarle a un conductor o bien a un sistema autónomo un tiempo de reacción suficiente, por ejemplo para esquivar un obstáculo.

La publicación de la solicitud de patente alemana DE 199 02 612 A1 revela un mezclador optoelectrónico para la desmodulación de una señal luminosa desmodulada en amplitud a alta frecuencia con una frecuencia de señal, el cual presenta un sensor de luz que transforma la señal luminosa en portadores de carga libres y un generador de frecuencia de referencia unido con la luz para aplicar al sensor de luz una tensión alterna con una frecuencia de referencia. El sensor de luz presenta aquí al menos dos electrodos sensores individualmente activables, estando unido el generador de frecuencia de referencia con ambos electrodos sensores para que los portadores de carga generados por la señal luminosa al ritmo de la frecuencia de dicha señal sean conducidos alternativamente, al ritmo de la frecuencia de referencia, a un electrodo sensor o al otro electrodo sensor. El mezclador revelado en este documento requiere también un procedimiento múltiplex de espacio o un procedimiento múltiplex de tiempo para medir la fase y la amplitud de la señal luminosa modulada en amplitud.

Frente a esto, la presente invención se basa en el problema de proporcionar un dispositivo que permita evitar los inconvenientes antes citados del estado de la técnica.

Este problema se resuelve según la invención con un dispositivo conforme a la reivindicación 1.

La "señal modulada en intensidad" es aquí una señal electromagnética, preferiblemente en el dominio espectral visible o infrarrojo.

Las señales de referencia pueden ser señales eléctricas o electromagnéticas, pero también señales de ultrasonidos.

El principio de la presente invención se basa en que la señal mixta entre la señal modulada en intensidad y la primera señal de referencia, que lleva la información de amplitud y de fase de la señal modulada en amplitud, se mezcla con una segunda y una tercera señales de referencia de frecuencia conocida, siendo la frecuencia de la segunda y la tercera señales de referencia diferente de la frecuencia de la primera señal de referencia y de la frecuencia de la señal modulada en intensidad. De esta manera, se obtienen dos funciones de correlación de la señal mixta, a partir de las cuales se pueden calcular la amplitud y la fase de la señal modulada en intensidad cuando sean conocidas las frecuencias y las fases de todas las señales.

El dispositivo según la invención permite captar con una sola medición ("single shot") la amplitud y la fase de una señal modulada en intensidad. De esta manera, se reduce el tiempo de medida en un factor de dos frente al procedimiento múltiplex de tiempo y se economiza una considerable superficie sobre el chip en comparación con el procedimiento múltiplex de espacio, con lo que se duplica aproximadamente el factor de llenado del chip.

El mezclado de la señal modulada en intensidad durante el funcionamiento en contrafase, es decir, una vez con la primera señal de referencia y otra vez con una señal de igual frecuencia invertida con respecto a la señal anterior, posibilita una ventajosa formación de diferencia entre las dos señales intermedias obtenidas para formar la señal mixta. En esta formación de diferencia todas las porciones de corriente continua de las señales intermedias se anulan mutuamente y la señal mixta contiene exclusivamente los constituyentes correlacionados de la señal.

De esta manera, tiene lugar una supresión efectiva de señales de fondo no correlacionadas, por ejemplo debido a la luz ambiente. Asimismo, se compensan también todas las asimetrías del mezclador que puedan resultar, por ejemplo, del procesamiento de un componente.

El mezclado simultáneo de la señal mixta con la segunda y la tercera señales de referencia hace posible una generación paralela de las señales de correlación en contraste con el procedimiento serie múltiplex de tiempo y, por tanto, proporciona un considerable ahorro de tiempo para la medición. El consumo de tiempo de la medición se acorta aquí una vez más en aproximadamente un factor de dos. Un pequeño decalaje temporal, que se evita especialmente mediante una constitución equivalente del circuito, carece aquí de importancia en tanto se conozca el desfase relativo resultante.

Según la invención, la frecuencia de la segunda señal de referencia es igual a la frecuencia diferencia entre la frecuencia de la primera señal de referencia y la frecuencia de la señal modulada en intensidad. El llamado mezclado homodinámico que así se efectúa permite obtener valores de señal de medida que son valores de dos funciones de autocorrelación de la señal mixta, de modo que a partir de estos se pueden determinar la amplitud y la fase de la señal modulada en intensidad.

Según la invención, se forma una señal de disparo por mezclado de la primera señal de referencia con una señal de modulación rígida en fase y proporcional a la señal modulada en intensidad, y la segunda señal de referencia se acopla rígidamente en fase con la señal de disparo. Con ayuda de este acoplamiento se puede conseguir de manera sencilla que las fases y las frecuencias de todas las señales sean conocidas y no tengan deriva una con respecto a otra.

Asimismo, es conveniente que se forme la suma del primero y el segundo valores de señal intermedia. La señal

suma contiene exclusivamente las porciones de corriente continua, es decir que tiene en cuenta especialmente señales de fondo no correlacionadas o no moduladas en intensidad y posibilita la indicación de una medida de la intensidad total incidente en el mezclador.

Si las fases de la segunda y la tercera señales de referencia están desfasadas en 90º uno con respecto a otra, se obtienen entonces como valores de señal de medida unos valores de las componentes en cuadratura mutuamente perpendiculares de las funciones de correlación o de autocorrelación.

Respecto del dispositivo, se han previsto fuentes para una primera, una segunda y una tercera señales de referencia, siendo la frecuencia de la primera señal de referencia diferente de la frecuencia de la modulación de intensidad, y está previsto al menos un elemento detector mezclador, estando previsto el elemento detector mezclador para mezclar la señal modulada en intensidad con la primera señal de referencia, y presentando el dispositivo dos equipos para mezclar la señal de salida del elemento detector mezclador, por un lado, con la segunda señal de referencia y, por otro, con la tercera señal de referencia, estando la segunda y la tercera señales de referencia desfasadas una con respecto a otra.

La ejecución de un detector mezclador según la invención es ventajosa debido a que permite que, sin múltiplex de tiempo y de espacio, se capten dos funciones de correlación de la señal emitida por el elemento detector mezclador y se determinen simultáneamente con una sola medición la amplitud y la fase de la señal modulada en intensidad. No se precisan para ello más de dos electrodos de selección en el elemento detector mezclador ni tampoco es necesario, como ocurre en el múltiplex de tiempo, desplazar las fases de la primera señal de referencia entre la distintas mediciones de las funciones de correlación.

La evaluación en paralelo de las funciones de correlación hace posible una medición más rápida en un factor de dos en comparación con dispositivos múltiplex de tiempo y un aumento del factor de llenado del chip detector, también en un factor de dos, en comparación con chips con detectores múltiplex de espacio.

Es conveniente a este respecto que el dispositivo presente, además, una fuente para la señal modulada en intensidad. Si se dirige esta señal a un objeto, desde el cual es reflejada y captada por el elemento detector mezclador, se puede deducir entonces de la posición de fase de la señal captada la distancia entre el objeto y el elemento detector mezclador.

Es ventajoso a este respecto que la fuente para la señal modulada en intensidad sea una fuente para radiación electromagnética. El dominio de frecuencia preferido de la radiación está en el dominio visible o infrarrojo cercano.

Aun cuando en lo que sigue se hace referencia primordialmente a un dispositivo para captar radiación electromagnética, el dispositivo reivindicado se puede emplear también con un elemento detector mezclador para ultrasonidos.

Se prefiere una forma de realización de la invención en la que el elemento detector mezclador es un fotodetector mezclador, preferiblemente un elemento PG-PMD o un elemento MSM-PMD. En este caso, el elemento MSM-PMD, tal como éste puede ser empleado en la presente invención, presenta dos electrodos de selección con un material semiconductor fotoconductor intercalado entre ellos. Los dos electrodos de selección están unidos de manera conductora con el material fotoconductor. La radiación modulada en intensidad incide en la capa fotoconductora, mientras que los electrodos de selección están modulados con la primera señal de referencia eléctrica. Los portadores de carga generados en la capa fotoconductora son movidos en el campo eléctrico de los dos electrodos de selección. La corriente generada o las fluctuaciones de tensión generadas en los electrodos de selección dependen entonces del producto de la conductividad de la capa fotoconductora y la tensión de referencia aplicada. Por tanto, en los electrodos de selección se puede tomar una señal de corriente o de tensión que depende de la intensidad de la radiación electromagnética incidente y de la diferencia de fase entre la modulación de intensidad y la primera señal de referencia. Sin embargo, este fotodetector mezclador puede presentar también una estructura compleja, tal como ésta se ha descrito por ejemplo, en el documento DE 198 21 974 A1. Así, pueden estar previstas sobre la capa fotoconductora unas puertas de modulación transparentes adicionales a las que se puede aplicar la tensión de referencia, mientras que los electrodos de selección se emplean únicamente para medir la modulación de corriente o de tensión, es decir, la señal mixta. Tales elementos PMD con puertas de modulación adicionales se denominan elementos PG-PMD. Se pueden emplear también disposiciones en las que estén previstas unas puertas de memoria y unas estructuras de memoria adicionales, tales como las que se han revelado en la solicitud de patente alemana DE 10 2004 016 624. La forma de los electrodos depende aquí de la aplicación concreta y sobre todo del material fotoconductor empleado, por ejemplo los semiconductores silicio y arseniuro de galio. Pueden ser puntiformes o de forma de tiras (MSM) o pueden presentar cualquier otra configuración geométrica. En principio, se pueden emplear para el dispositivo según la invención todos los elementos detectores mezcladores conocidos por el estado de la técnica.

Asimismo, se ha previsto un equipo, preferiblemente un amplificador de diferencia, para formar la señal diferencia entre la señal de salida de los dos electrodos de selección. La señal diferencia de las señales de salida del elemento detector mezclador contiene aquí únicamente porciones de señal correlacionadas.

Cuando se han previsto también equipos para formar la suma entre las señales de salida del mezclador, esta señal suma depende entonces solamente de las porciones de corriente continua no correlacionadas de la señal mixta y, por tanto, de la intensidad de las señales ambientales no moduladas. La señal suma así obtenida puede evaluarse seguidamente en equipos de procesamiento de señales, por ejemplo un integrador.

En una forma de realización especialmente preferida de la invención la segunda y la tercera señales de referencia están desfasadas en 90º una con respecto a otra. De esta manera, se obtienen en las salidas de los mezcladores las funciones de correlación rectas y no rectas a partir de las cuales se pueden determinar con una precisión especialmente grande la fase y la amplitud de la señal modulada en intensidad.

Es conveniente a este respecto que la frecuencia de la segunda y la tercera señales de referencia sea igual que la frecuencia diferencia entre la frecuencia de la modulación en intensidad de la señal modulada en intensidad y la primera señal de referencia, estando la segunda y la tercera señales de referencia acopladas rígidamente en fase a esta frecuencia diferencia. De esta manera, se obtienen dos señales de autocorrelación en la salida de los dos mezcladores. A partir de estas señales se puede calcular la fase de la señal modulada en intensidad.

Se prefiere especialmente una forma de realización de la invención en la que se procesa la señal diferencia entre las dos señales de salida del elemento detector mezclador con ayuda de un llamado mezclador IQ. Tales mezcladores IQ se pueden obtener comercialmente como componentes digitales o analógicos. La abreviatura IQ significa aquí "cuadratura en fase", lo que indica que la señal de entrada se mezcla en el mezclador con una segunda señal de referencia que está desfasada en 90º con relación a otra tercera señal de referencia. Para aumentar la precisión de medida de la fase, los mezcladores 12 y 13, al igual que el elemento detector mezclador existente en el dispositivo, pueden estar realizados como mezcladores en contrafase.

En una forma de realización alternativa de la invención se han previsto, en lugar de un mezclador IQ o dos elementos mezcladores discretos, dos amplificadores de diferencia separados que forman en paralelo uno con otro la diferencia entre las dos señales de salida del elemento detector mezclador. Si se conexionan estos amplificadores de diferencia en su terminal de alimentación o de potencia con una señal modulada, se mezcla inmediatamente esta señal con la señal diferencia entre las señales de salida del elemento detector mezclador. Si se aplican ahora como antes a los amplificadores de diferencia dos señales de referencia segunda y tercera desfasadas una respecto de otra, se obtienen entonces nuevamente en la salida de los amplificadores de diferencia las señales correspondientes a las funciones de correlación.

Se prefiere especialmente aquí una forma de realización de la invención en la que, considerado en la dirección de la señal, está previsto detrás del al menos un amplificador de diferencia o bien detrás de los dos equipos de mezclado un convertidor analógico-digital, con lo que se puede efectuar digitalmente el procesamiento ulterior de la señal.

Es conveniente a este respecto que el tiempo de integración del miembro de muestreo-retención situado delante del convertidor analógico-digital sea igual a un múltiplo entero del valor inverso de la frecuencia de la segunda señal de referencia.

En una forma de realización especialmente preferida de la invención al menos una parte de los elementos del dispositivo está integrada sobre un chip. Es especialmente conveniente a este respecto que el elemento detector mezclador, el amplificador de diferencia y de suma y un convertidor analógico-digital estén integrados sobre el chip detrás del amplificador de diferencia. De esta manera, se puede evacuar del chip una señal digital para su ulterior procesamiento, especialmente para su mezclado con las señales de referencia segunda y tercera. Además, varios elementos detectores mezcladores con sus componentes pospuestos pueden estar integrados sobre un chip formando una matriz de detectores. En este caso, cada elemento detector mezclador forma un punto de imagen de un chip de captación de imágenes para captar una imagen tridimensional. Es conveniente a este respecto que el chip esté realizado en tecnología CMOS.

En una forma de realización alternativa de la invención es conveniente que uno o varios elementos detectores mezcladores con dos respectivos amplificadores de diferencia pospuestos estén integrados siempre sobre el chip de modo que puedan ya ser evacuadas del chip de captación de imágenes las señales en cuadratura en forma analógica o bien digital.

En una forma de realización especialmente preferida de la invención los electrodos de selección del elemento detector mezclador están unidos con equipos para derivar del elemento detector mezclador portadores de carga no deseados generados especialmente por luz extraña. Así, la señal de sincronismo generada sustancialmente por luz extraña no modulada puede ser suprimida en grado considerable, es decir, especialmente hasta la zona de dispersión lineal, mientras que la señal útil en contrafase apenas resulta perjudicada. Estos equipos de derivación pueden hacerse funcionar de manera periódica.

Se interrumpe de esta manera a intervalos regulares la integración de la señal que se efectúa en el elemento detector mezclador. Se descargan entonces los portadores de carga acumulados, con lo que puede comenzar de nuevo el proceso de integración. Se impide de esta manera un desbordamiento de los elementos detectores

mezcladores.

Para que las perturbaciones originadas por la reposición del elemento detector mezclador se mantengan lo más pequeñas posible sobre el dispositivo restante, es conveniente reponer simultáneamente los dos electrodos de selección o los elementos integradores del detector mezclador después de intervalos que correspondan a un múltiplo entero de la longitud del período de la señal de salida del detector mezclador. Asimismo, es ventajoso que la reposición se efectúe durante un paso por cero de la oscilación de la señal mixta.

Además, para minimizar las influencias perturbadoras sobre el circuito restante por efecto de la reposición es ventajoso que los electrodos de selección estén conexionados con equipos para desacoplar el elemento detector mezclador del resto del circuito. Estos equipos de desacoplamiento pueden hacerse funcionar de manera sustancialmente sincronizada con los equipos de reposición y desacoplan el detector mezclador del circuito de mando restante siempre y cuando se reponga el detector mezclador. Los equipos de desacoplamiento están dispuestos aquí detrás de los equipos de derivación, considerado en la dirección de la señal. Es especialmente conveniente a este respecto que el reacoplamiento del elemento detector mezclador, es decir, el comienzo de los dos tiempos de integración siguientes, se efectúe siempre inmediatamente después de la reposición y todavía durante el paso por cero de la señal mixta. Los tiempos de integración del elemento mezclador deberán ascender aquí preferiblemente a un múltiplo entero del valor inverso de la frecuencia de la señal mixta y, además, deberán presentar un tiempo de retención antes de la siguiente reposición.

Los equipos de derivación de los portadores de carga y de desacoplamiento del elemento detector mezclador pueden ser simples interruptores o, en una forma de realización preferida, transistores de efecto de campo de metal-óxido-semiconductor (MOS-FETs).

Otras ventajas, características y posibilidades de aplicación de la presente invención se ponen claramente de manifiesto con ayuda de la siguiente descripción de una forma de realización preferida y de las figuras correspondientes a ella.

La figura 1 muestra esquemáticamente una primera forma de realización del dispositivo según la invención.

La figura 2 muestra esquemáticamente una forma de realización alternativa del dispositivo según la invención.

La figura 3 muestra esquemáticamente una tercera forma de realización del dispositivo según la invención.

En la figura 1 se representa una vista esquemática de una forma de realización preferida de la presente invención. Con ayuda de la figura se describen seguidamente tanto una forma de realización preferida del dispositivo conforme a la invención como el funcionamiento del procedimiento.

El dispositivo presenta el elemento fotomezclador 1, que está configurado como un elemento PMD, y el circuito de selección 2. El elemento mezclador PMD 1 y el circuito de selección 2, incluido un convertidor analógico-digital 11, están integrados aquí sobre un único chip 3. Por fuera del chip 3 está dispuesto un circuito mezclador IQ digital 4.

Como alternativa, el circuito mezclador IQ 4 podría estar configurado aquí también en forma de un circuito analógico y podría igualmente estar integrado sobre el chip 3 junto con los otros grupos constructivos 1, 2.

El elemento mezclador MSM-PMD 1 representado está constituido por dos electrodos de selección unidos de manera conductora con una capa semiconductora fotoconductora intercalada entre ellos. El elemento mezclador PMD 1 está conexionado para funcionamiento en contrafase. Para entender mejor el procedimiento de detección se ha representado el elemento mezclador PMD 1 como un esquema de circuito equivalente con dos mezcladores separados 1a, 1b y un detector 1c para la radiación electromagnética incidente. En el detector 1c se convierte la radiación electromagnética incidente $P_E(t)$ en una señal de corriente $I_E(t) = S\ P_E(t)$, siendo S la sensibilidad del elemento detector mezclador.

El esquema de circuito equivalente pone de manifiesto con especial claridad que se aplican a los dos electrodos de selección del elemento mezclador PMD dos señales de referencia invertidas una con respecto a otra y que para señales correlacionadas se pueden tomar también señales mixtas invertidas una con respecto a otra en los dos electrodos de selección del elemento mezclador PMD 1. Sin embargo, los mezcladores designados con 1a y 1b son realmente iguales y están materializados en un único elemento mezclador PMD.

Las señales no correlacionadas $P_E(t)$ y $\pm U_m(t)$ dan siempre como resultado valores medios iguales para $I_a(t)$ e $I_b(t)$ en la suma o en la integración a lo largo de un tiempo mínimo del período de señal relevante más largo de $P_E(t)$ o $\Delta U_m(t) = 2\ U_m(t)$ o un múltiplo entero del mismo.

Las señales correlacionadas $P_E(t)$ y $\pm U_m(t)$ dan siempre como resultado valores en contrafase para $I_a(t)$ e $I_b(t)$ en la suma o en la integración a lo largo de un tiempo mínimo del período de señal relevante más largo o un múltiplo entero del mismo.

Uno de los electrodos de selección del elemento mezclador PMD 1 está solicitado con una primera tensión de referencia $U_m(t)$. Por el contrario, se aplica al segundo electrodo de selección del elemento mezclador PMD 1 una señal de referencia $-U_m(t)$ invertida con respecto a la tensión anterior. Las frecuencias o frecuencias circulares ω_2 de las dos señales de referencia $U_m(t)$ y $-U_m(t)$ son aquí idénticas. Las señales de referencia pueden ser aquí señales periódicas o cuasiperiódicas de cualquier naturaleza, partiéndose en lo que sigue, en aras de una mayor sencillez, de que ambas señales de referencia son señales cosenoidales de la forma $U_m(t) = \cos \omega_2 \cdot t$.

Sobre la capa fotoconductora de semiconductor del fotomezclador PMD 1 incide una señal de radiación óptica $P_E(t)$, modulada en intensidad, de la forma $A \cdot \text{sen}(\omega_1 t - \Phi)$. En esta fórmula A designa la amplitud de la señal de radiación óptica, ω_1 designa su frecuencia y Φ designa la posición de fase de la señal. En el detector fotomezclador se convierte la señal de entrada electromagnética $P_E(t)$ en una señal de corriente $I_E(t)$.

La frecuencia de la modulación en intensidad de la radiación electromagnética incidente asciende a 20 MHz en la forma de realización representada.

Las frecuencias de las señales de referencia U_m y $-U_m$ están desfasadas con respecto a ella en 50 kHz, es decir que ascienden a 20,05 MHz.

La señal de entrada electromagnética $P_E(t)$ o su señal de corriente $I_E(t)$ se mezcla durante el funcionamiento en contrafase en el elemento mezclador PMD 1 con la señal de referencia $U_m(t)$. De esta manera, se obtienen en los electrodos de selección del elemento mezclador PMD 1 dos señales $I_a(t)$ e $I_b(t)$ invertidas una con respecto a otra, siendo $I_a(t) \sim A \text{ sen}(\Delta\omega t - \Phi)$ y siendo $I_b(t) \sim A \text{ -sen}(\Delta\omega t - \Phi)$. En estas fórmulas $\Delta\omega$ es la deferencia entre las frecuencias circulares ω_1 y ω_2 de la señal de radiación óptica $P_E(t)$ o de la señal de referencia eléctrica $U_m(t)$.

Las señales de salida $I_a(t)$, $I_b(t)$ del elemento mezclador PMD 1 son seleccionadas con ayuda del circuito de selección 2. El circuito de selección 2 está constituido aquí sustancialmente por un amplificador de diferencia y suma 9, un integrador 10 y un convertidor analógico-digital 11. Con ayuda del amplificador de diferencia y suma 9 se forman tanto la diferencia $I_a(t) - I_b(t)$ entre las señales de salida del mezclador PMD 1 como la suma $I_a(t) + I_b(t)$. La señal suma U_Σ depende de las porciones de señal no correlacionadas de la radiación electromagnética incidente sobre el elemento PMD, de modo que la señal suma integrada en el integrador subsiguiente 10 es una medida de la intensidad de la radiación no modulada que incide en el detector.

La señal de salida $U_\Delta(t)$ del amplificador de diferencia es una señal de tensión que depende del término $A \text{ sen}(\Delta\omega t - \Phi)$. Contiene tanto la información sobre la amplitud A de la señal de radiación modulada como la información sobre su posición de fase Φ.

En la forma de realización representada de la invención se convierte la señal diferencia $U_\Delta(t)$ en una señal digital $U_\Delta(KT)$ con ayuda de un convertidor analógico-digital 11 que se encuentra también sobre el chip 3. La señal de salida digitalizada $U_\Delta(KT)$ es evacuada del chip y llevada a un circuito mezclador IQ digital 4. Sin embargo, en formas de realización alternativas se puede suprimir el convertidor analógico-digital 11, con lo que el circuito mezclador IQ 4 puede estar realizado también en forma analógica.

La señal diferencia digitalizada U_Δ es entregada ahora en paralelo a dos mezcladores discretos. Se la mezcla allí con una segunda y una tercera señales de referencia $U_I(t)$ y $U_Q(t)$, respectivamente. La segunda y la tercera señales de referencia $U_I(t)$, $U_Q(t)$ generadas por las fuentes 14 y 15 presentan la misma frecuencia circular $\Delta\omega$ que la señal mixta entre la señal de radiación $P_E(t)$ modulada en intensidad y la primera señal de referencia $U_m(t)$.

Las señales de referencia $U_I(t)$ y $U_Q(t)$, están, además, acopladas rígidamente en fase con la señal mixta $U_\Delta(t)$, lo que se ha insinuado mediante la unión de trazos entre las fuentes 14 y 15 ó 5, 6, 8. Para conseguir este acoplamiento se mezcla adicionalmente la primera señal de referencia con la señal excitadora del modulador de la fuente 8. La señal de disparo así generada tiene también una frecuencia circular $\Delta\omega$ y presenta una relación de fase fija con la señal mixta $U_\Delta(t)$. Las fuentes 14, 15 para la segunda y la tercera señales de referencia están ahora acopladas rígidamente en fase con la señal de disparo, con lo que se proporciona al mismo tiempo el acoplamiento a $U_\Delta(t)$.

La segunda señal de referencia $U_I(t)$ se denomina también señal en fase, pudiendo elegirse arbitrariamente su posición de fase absoluta con respecto a la señal diferencia $U_\Delta(KT)$. La tercera señal de referencia $U_Q(t)$ se denomina señal en cuadratura y está desfasada en 90º con respecto a la segunda señal de referencia $U_I(t)$. Por tanto, las señales de referencia segunda y tercera $U_I(t)$, $U_Q(t)$ pueden describirse también como señales senoidal y cosenoidal. Dado que se trata de una mezcla homodinámica, las señales de salida de los dos elementos mezcladores 12, 13 dependen del seno y el coseno, respectivamente, de la posición de fase Φ de la señal de radiación óptica $P_E(t)$. Por tanto, las señales de salida de los mezcladores 12, 13 corresponden a las funciones de autocorrelación recta (coseno) y no recta (seno). A partir de estas funciones se puede calcular la posición de fase Φ de la señal de radiación óptica $P_E(t)$ como $\text{arctg}(\text{sen} - \Phi/\cos - \Phi)$. Los miembros sumadores 16, 17 permiten sumar las señales de salida de los elementos mezcladores 12, 13, teniendo que efectuarse siempre la suma a lo largo de

un intervalo de tiempo que corresponda al valor inverso $T_\Delta = 1/\Delta f$ de la frecuencia de sincronización del miembro de muestreo-retención del convertidor analógico-digital 11.

En la figura 2 se representa esquemáticamente otra forma de realización de la presente invención. El elemento mezclador MSM-PMD 1' y la fuente 8' de la radiación electromagnética modulada $P_E(t)$, así como las fuentes 5' y 6' para las señales de referencia $U_m(t)$, $-U_m(t)$ son aquí idénticos a los de la figura 1. Sin embargo, los dos electrodos de selección del elemento PMD 1' están unidos con dos respectivos amplificadores de diferencia 20', 21' conectados en paralelo en el circuito de selección 2'. Además, los dos electrodos de selección del elemento PMD 1') están unidos con un amplificador de suma para formar la suma de las dos señales en los electrodos de selección. Sin embargo, este amplificador de suma no ha sido representado en aras de una mayor simplificación.

En los amplificadores de diferencia 20' y 21' se forma la diferencia entre las dos señales $I_a(t)$ e $I_b(t)$ de los electrodos de selección del elemento PMD 1'. Los terminales de potencia están solicitados con una segunda y una tercera señales de referencia $U_I(t)$ y $U_Q(t)$, respectivamente. Estas señales son generadas por las fuentes 22' y 23', respectivamente, siendo éstas idénticas a las fuentes 14, 15 de la forma de realización representada en la figura 1. Las frecuencias de las señales de referencia $U_I(t)$ y $U_Q(t)$ son iguales a la frecuencia diferencia entre la frecuencia de la modulación en intensidad de la radiación electromagnética $P'_E(t)$ incidente en el elemento PMD y la frecuencia de la primera señal de referencia $U'_m(t)$. Además, las fuentes 22', 23' están bloqueadas en fase sobre la señal de esta frecuencia.

Debido a las propiedades no lineales de los amplificadores de diferencia 20', 21' no sólo se forma la señal diferencia U'_Δ en los amplificadores de diferencia, sino que se mezcla al mismo tiempo la señal diferencia con las frecuencias de referencia $U_I(t)$ y $U_Q(t)$, respectivamente. Por tanto, se obtienen directamente en las salidas de los amplificadores de diferencia 20', 21' las componentes de cuadratura de la señal y las funciones de autocorrelación no recta y recta, respectivamente. Las señales detrás de los dos amplificadores de diferencia 20', 21' corresponden a las señales detrás de los mezcladores 12, 13 de la forma de realización representada en la figura 1. Dado que las señales en cuadratura de la figura 2 se presentan en forma analógica, están dispuestos sendos convertidores analógico-digital 24' y 25' detrás de los amplificadores de diferencia 20', 21', con lo que las señales en cuadratura pueden ser evacuadas del chip 3' para su ulterior procesamiento en forma digital.

Los elementos PMD 1, 1' y los circuitos de selección 2, 2' representados en las figuras 1 y 2 constituyen fragmentos de una matriz bidimensional para la captación de imágenes. Cada elemento PMD 1, 1' lleva asociado aquí un respectivo circuito de selección 2, 2' y dos respectivos mezcladores adicionales. Los elementos situados dentro del marco de trazos 3' están integrados aquí cada uno de ellos en el chip de captación de imágenes, con lo que éste entrega señales digitales al puesto de procesamiento ulterior de señales e imágenes.

En la figura 3 se representa una forma de realización alternativa de la invención en la que, en aras de una mayor claridad, se han representado solamente el elemento mezclador PMD 1'', las fuentes 5'', 6'' y 8'' para la señal de radiación $P''_E(t)$ modulada en intensidad y la primera señal de referencia $U''_m(t)$, así como el amplificador de diferencia 9''. Hasta aquí, el dispositivo representado es de constitución idéntica a la de la forma de realización mostrada en la figura 1. El elemento mezclador PMD es un elemento PG-PMD, es decir que, frente a los elementos MSM-PMD de las figuras 1 y 2, presenta dos puertas de modulación adicionales que, durante el funcionamiento en contrafase, están conexionadas con la primera señal de referencia en lugar de los electrodos de selección. El elemento PG-PMD muestra unas capacidades de dispersión adicionales 31'' y 32'' que provocan una integración de las señales mixtas generadas.

Por tanto, el dispositivo ilustrado presenta frente a las formas de realización representadas en las figuras 1 y 2 unos equipos adicionales para derivar las cargas acumuladas sobre el elemento mezclador PMD y para desacoplar el elemento mezclador PMD 1'' de la estructura restante del circuito, especialmente del amplificador de diferencia 9''.

Los elementos para derivar los portadores de carga acumulados sobre el elemento PMD 1'' están constituidos por dos interruptores 26'', 27'' que, en el estado cerrado, permiten una descarga directa a masa 28'' de los portadores de carga del elemento mezclador PMD a través de los electrodos de selección del elemento. Los elementos 26'', 27'' representados esquemáticamente como interruptores están materializados aquí como transistores MOSFET. Los interruptores son activados periódicamente al mismo tiempo, con lo que se repone el elemento PMD 1'' después de un intervalo de integración prefijado y se pueden descargar todas las acumulaciones de portadores de carga. Esto es ventajoso debido a que de esta manera se impide un desbordamiento del elemento 1''. El intervalo de integración entre dos procesos de reposición asciende aquí exactamente a un múltiplo entero de la frecuencia de modulación de la señales $I_a(t)$ e $I_b(t)$, respectivamente.

Para impedir influencias perturbadoras de esta reposición periódica del elemento PMD 1'' sobre el circuito de selección pospuesto 9'' y, por tanto, sobre la señal mixta $U''_\Delta(t)$ se ha previsto, además, un equipo 29'' para desacoplar el elemento PMD 1'' del circuito de selección 2''. Así, el equipo 29'' de desacoplamiento del elemento PMD 1'' está constituido por dos MOSFETs adicionales que están representados esquemáticamente como interruptores 30''. Poco antes de la reposición del elemento PMD 1'' por cierre de los elementos de conmutación 26'', 27'' se desacopla cada vez el elemento PMD 1'' del circuito de selección subsiguiente 2'' con ayuda de los

interruptores 30'', con lo que la reposición no produce perturbación alguna del circuito subsiguiente 2''. En la forma de realización representada la periodicidad con la que el elemento PMD 1'' se desacopla del circuito de selección subsiguiente 2'' es igual a un múltiplo entero de la periodicidad de las señales mixtas $I''_a(t)$, $I''_b(t)$. Para minimizar aún más las influencias perturbadoras se acopla nuevamente el elemento PMD 1'' al circuito de selección exactamente al pasar por cero las señales mixtas $I''_a(t)$, $I''_b(t)$.

A fines de divulgación original se consigna que todas las características, tal como éstas se descubren para un experto a partir de la presente descripción, los dibujos y las reivindicaciones, aún cuando se hayan descrito concretamente tan sólo en relación con determinadas características adicionales, se pueden combinar tanto individualmente como en cualquier agrupación con otras de las características o grupos de características aquí revelados, siempre que esto no se haya excluido expresamente o las circunstancias técnicas hagan imposibles o dejen sin sentido tales combinaciones. Solamente en aras de la brevedad y la fácil lectura de la descripción se prescinde aquí de la presentación amplia y explícita de todas las combinaciones de características imaginables.

LISTA DE SÍMBOLOS DE REFERENCIA

1,1',1''	Elemento fotomezclador
1c,1c',1c''	Componentes del elemento fotomezclador 1, 1', 1'' en el esquema de circuito equivalente
1a,1a',1a''	Componentes del elemento fotomezclador 1, 1', 1'' en el esquema de circuito equivalente
1b,1b',1b''	Componentes del elemento fotomezclador 1, 1', 1'' en el esquema de circuito equivalente
2,2',2''	Circuito de selección
3,3'	Chip
4	Elemento mezclador IQ digital
5,6;5',6',5'',6''	Fuentes de señal de referencia
8,8',8''	Fuente de la radiación eléctrica modulada
9,9''	Amplificador de diferencia y de suma
10	Integrador
11	Convertidor analógico-digital
12,13	Elementos mezcladores
14,15	Fuentes
16,17	Miembros sumadores
20',21'	Amplificadores de diferencia conectados en paralelo
22,23'	Fuentes
24',25'	Convertidores analógico-digital
26'',27''	Interruptores
28''	Masa
29''	Equipo para desacoplar el elemento PMD del circuito de selección
30''	Interruptor
31'',32''	Capacidades de dispersión

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para captar la posición de fase de la modulación en intensidad de una señal modulada en intensidad, que comprende

un elemento detector mezclador con dos electrodos de selección,

en donde el elemento detector mezclador está previsto para mezclar la señal modulada en intensidad con una primera señal de referencia,

una fuente para la señal modulada en intensidad,

en donde la fuente presenta un modulador para modular la intensidad de la señal con una frecuencia comprendida entre 500 kHz y 500 MHz, y

unas fuentes para una primera, una segunda y una tercera señales de referencia,

en donde la fuente para la primera señal de referencia está preparada de modo que la frecuencia de la primera señal de referencia sea diferente de la frecuencia de la modulación en intensidad,

en donde la fuente para la segunda señal de referencia y la fuente para la tercera señal de referencia están preparadas de modo que la frecuencia de la segunda señal de referencia sea igual a la frecuencia de la tercera señal de referencia, la frecuencia de la segunda y la tercera señales de referencia sea diferente de la frecuencia de la primera señal de referencia, y la segunda y la tercera señales de referencia estén desfasadas una respecto de otra,

un equipo para formar la señal diferencia entre las señales de salida de los dos electrodos de selección,

un equipo de mezclado que está preparado de modo que mezcle la señal de salida del equipo para formar la señal diferencia entre las señales de salida de los dos electrodos de selección con la segunda señal de referencia,

un equipo de mezclado que está preparado de modo que mezcle la señal de salida del equipo para formar la señal diferencia entre las señales de salida de los dos electrodos de selección con la tercera señal de referencia,

un equipo para mezclar la primera señal de referencia con la señal excitadora del modulador de modo que se genere una señal de disparo que presente la frecuencia diferencia entre la frecuencia de la modulación en intensidad de la señal modulada en intensidad y la frecuencia de la primera señal de referencia, y

un equipo para acoplar rígidamente en fase la segunda y la tercera señales de referencia a la señal de disparo,

estando prevista detrás de los equipos de mezclado, considerado en la dirección de la señal, una unidad de evaluación para determinar la posición de fase de la señal modulada en intensidad.

2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los equipos de formación de diferencia están dispuestos delante de los equipos de mezclado, considerado en la dirección de la señal.

3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** porque las fases de la segunda y la tercera señales de referencia están desfasadas en 90º una con respecto a otra.

4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque presenta un equipo, preferiblemente un amplificador de suma, para formar la señal suma entre las señales de salida de los dos electrodos de selección.

5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el elemento detector mezclador es un detector fotomezclador, preferiblemente un elemento PG-PMD o un elemento MSM-PMD.

6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque presenta una fuente para una señal de referencia invertida con respecto a la primera señal de referencia y el elemento detector mezclador está previsto para mezclar la señal modulada en intensidad con la primera señal de referencia y también con la señal invertida con respecto a ella.

7. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la fuente para la señal modulada en intensidad es una fuente para radiación electromagnética, preferiblemente para radiación en el dominio espectral visible y en particular preferiblemente en el dominio espectral infrarrojo.

8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque la frecuencia diferencia entre la frecuencia de la modulación en intensidad de la señal modulada en intensidad y la frecuencia de la primera señal de referencia está comprendida entre 1 kHz y 100 kHz, preferiblemente entre 30 kHz y 70 kHz, y en particular asciende

preferiblemente a 50 kHz.

9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque los equipos de mezclado están realizados en técnica de circuito digital.

10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque los equipos de mezclado están integrados en un elemento mezclador IQ.

11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque los equipos de mezclado son al menos dos amplificadores de diferencia, estando modulado el terminal de alimentación de un primer amplificador de diferencia con la segunda frecuencia de referencia y estando modulado el terminal de alimentación de un segundo amplificador de diferencia con la tercera frecuencia de referencia.

12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado** porque detrás del amplificador de diferencia, considerado en la dirección de la señal, está previsto un convertidor analógico-digital.

13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** porque al menos una parte de los elementos del dispositivo está integrada sobre un chip.

14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** porque los electrodos de selección del elemento detector mezclador están unidos con equipos para derivar portadores de carga hacia fuera del elemento detector mezclador.

15. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado** porque están previstos equipos para desacoplar el elemento detector mezclador del dispositivo restante.

16. Dispositivo según la reivindicación 14 ó 15, **caracterizado** porque los equipos de derivación y/o desacoplamiento son transistores, preferiblemente MOS-FETs.

17. Cámara 3D con una óptica de formación de imagen y una matriz de dispositivos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16.

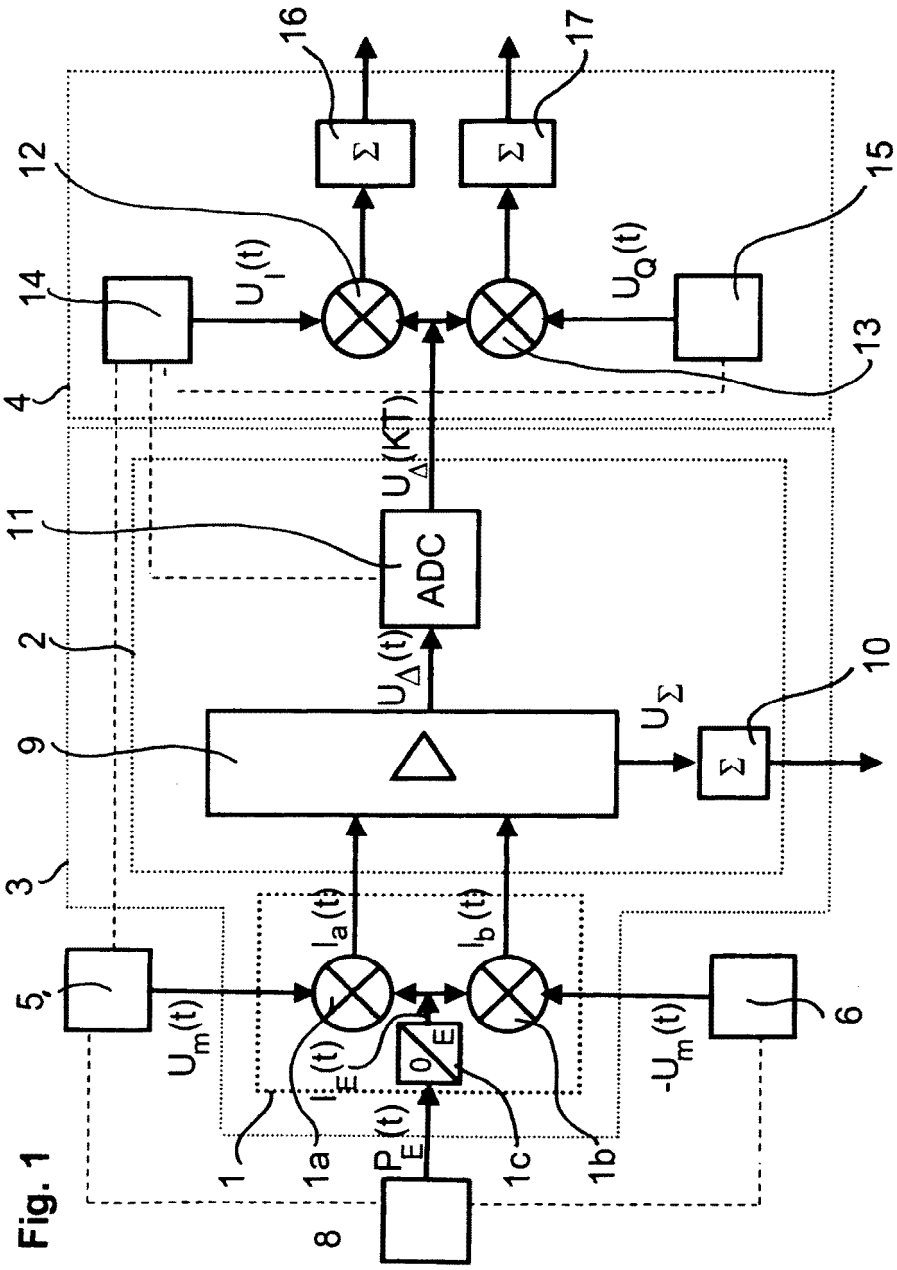
16
17
12
15
14
13
4
11
2
10
9
3
5
6
1
1a
1c
1b
8
Σ
ADC
Δ
E
$U_I(t)$
$U_Q(t)$
$U_\Delta(KT)$
$U_\Delta(t)$
U_Σ
$I_a(t)$
$I_b(t)$
$U_m(t)$
$-U_m(t)$
$I_E(t)$
$P_E(t)$

Fig. 1

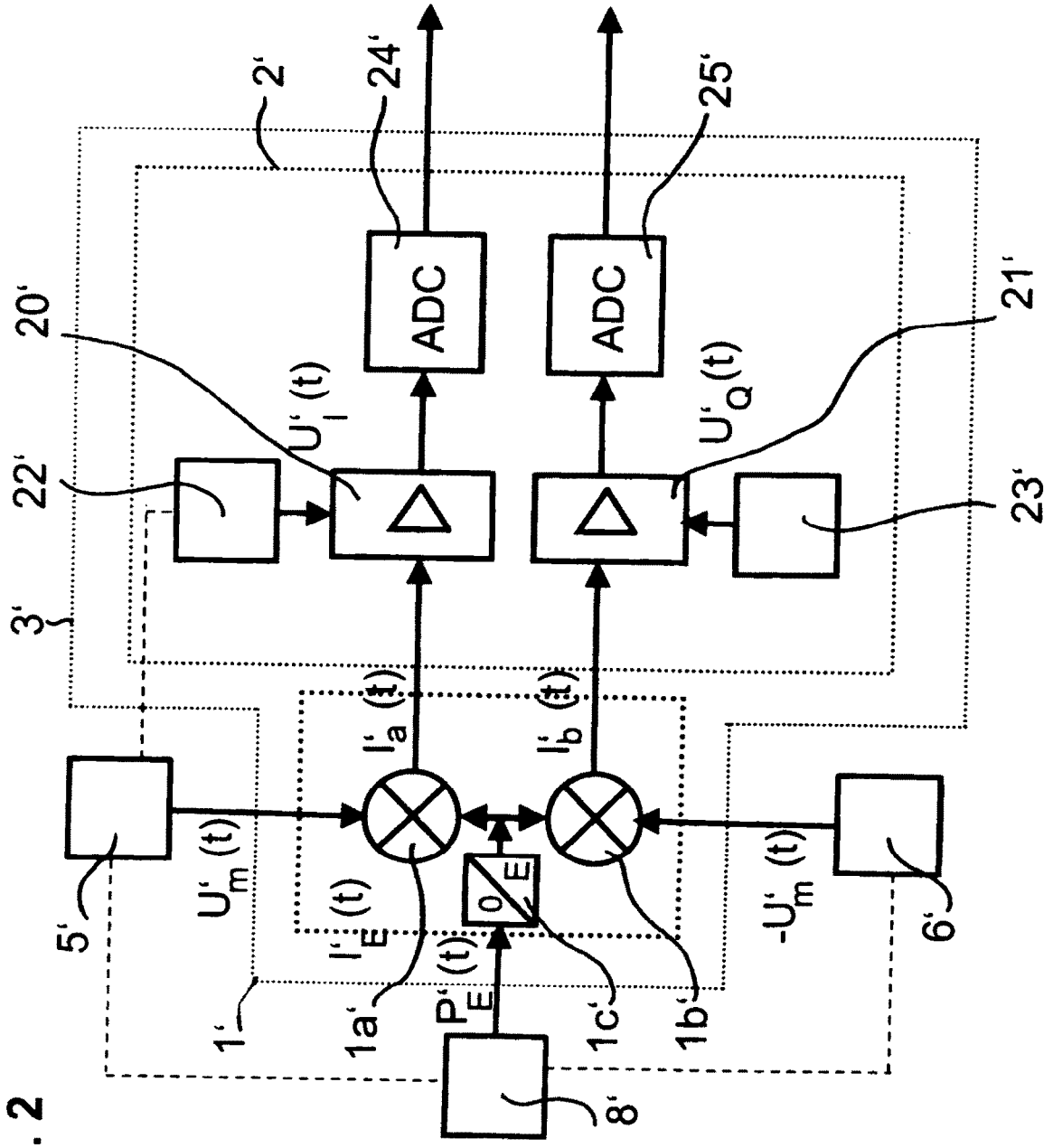
2'
24'
25'
ADC
ADC
20'
21'
22'
23'
3'
$U'_I(t)$
$U'_Q(t)$
$I'_a(t)$
$I'_b(t)$
$U'_m(t)$
$I'_E(t)$
$P'_E(t)$
$-U'_m(t)$
5'
6'
1'
1a'
1c'
1b'
8'

Fig. 2

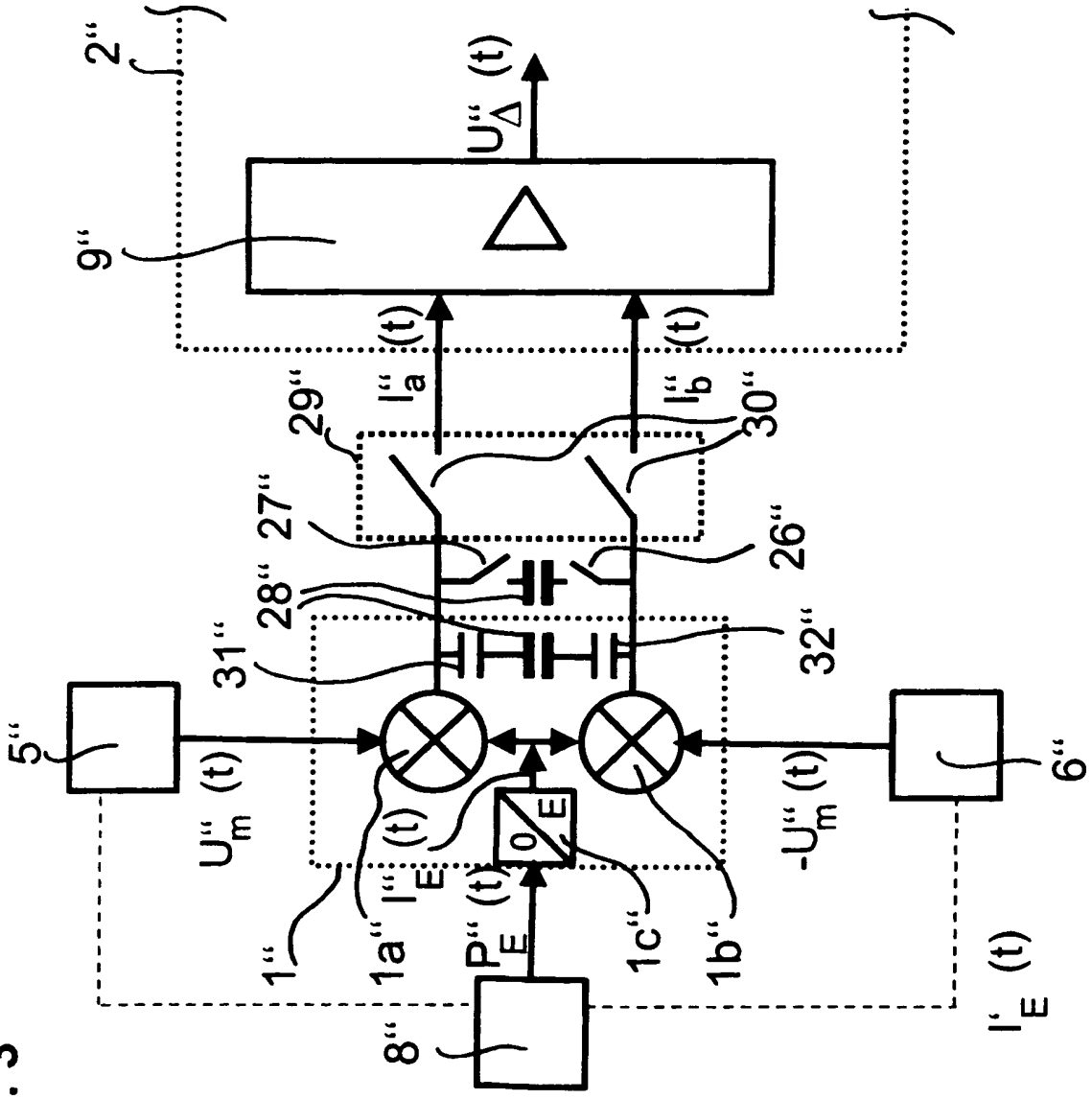
2“
9“
$U“_\Delta$ (t)
$I“_a$ (t)
$I“_b$ (t)
29“
30“
27“
26“
28“
31“
32“
5“
6“
$U“_m$ (t)
$-U“_m$ (t)
$I“_E$ (t)
$P“_E$ (t)
1“
1a“
1c“
1b“
8“
$I‘_E$ (t)

Fig. 3