

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 416**

51 Int. Cl.:

A61B 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.09.2021 PCT/EP2021/075147**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2022 WO22063622**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2021 E 21777305 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2024 EP 4216802**

54 Título: **Aparato y método para determinar un valor de parámetro de piel**

30 Prioridad:

22.09.2020 EP 20197493

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

20.06.2024

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)
High Tech Campus 52
5656 AG Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**BOAMFA, MARIUS, IOSIF;
VERHAGEN, RIEKO;
VAN ABELEN, FRANK, ANTON y
THUMMA, KIRAN, KUMAR**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 973 416 T3

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

Aparato y método para determinar un valor de parámetro de piel

5 Campo de la invención

Esta divulgación se relaciona con un aparato y método para determinar un valor de un parámetro de piel.

Antecedentes de la invención

10

Muchos dispositivos de tratamiento requieren la determinación de un valor de parámetro de piel antes, durante o después de uso. Los valores de parámetros de piel usados por los dispositivos de tratamiento pueden incluir el tono de piel, índice de melanina de piel, y otros parámetros de piel que se relacionan con el color de piel, patrones de piel o características de piel (por ejemplo la presencia de vello, lunares, cicatrices, acné, etc.). Ejemplos de dispositivos de tratamiento que pueden requerir determinación de un valor de parámetro de piel incluyen dispositivos para el retiro de vellos no deseados usando diversas técnicas tales como terapias con láser y luz (conocidas como fotodepilación o luz pulsada intensa, IPL). Ejemplos adicionales incluyen dispositivos para tratar acné y lesiones de la piel.

15

20

La tecnología de IPL es una solución popular para muchas aplicaciones tales como, pero no limitados a, fotodepilación, tratamiento de lesiones, fotorrejuvenecimiento, cuidado personal en hogar, cuidado personal profesional y entornos médicos. Para la fotodepilación en un entorno en hogar, los dispositivos de fotodepilación de IPL aplican luz de amplio espectro a la superficie de la piel, apuntando a la melanina en el vello y folículos pilosos. El vello y el folículo (que están en su fase anágena del ciclo de crecimiento) absorben esta energía y entran en su fase de reposo. Esto previene el recrecimiento de vello. Para uso efectivo de esta tecnología de IPL para el retiro de vello (por ejemplo para minimizar daño, lesión/quemaduras térmicas o irritación de la piel), la configuración de energía del dispositivo de fotodepilación de IPL se puede adaptar con base en el tono de piel de la piel. Algunos dispositivos de fotodepilación de IPL, por ejemplo el Philips Lumea Prestige, pueden detectar el tono de piel antes y durante un tratamiento, y seleccionar una configuración de energía apropiada. El tono de piel se puede detectar y categorizar en uno de, por ejemplo seis tipos diferentes. Los tipos de piel 1 a 6 se pueden etiquetar ampliamente como: 'blanca', 'beige', 'marrón claro', 'marrón medio', 'marrón oscuro' y 'negro parduzco y más oscuro'. Típicamente los dispositivos de fotodepilación de IPL no deben usarse con piel más oscura ya que la piel absorberá energía en el pulso de luz en lugar del vello o folículo. En ese caso, si un tono de piel de por ejemplo negro parduzco o más oscuro, se detecta, el dispositivo no debería activar un *flash*.

25

30

35

Un método actual de detección de tipo de piel en dispositivos de IPL usa espectroscopía de reflectancia, por ejemplo como se describe en "A portable reflectometer for a rapid quantification of cutaneous haemoglobin and melanin" de Feather J.W., Ellis D.J., y Leslie G., Phys. Med. Biol. 1988, 33, 711-722. En esta técnica, la relación entre dos longitudes de onda reflejadas (roja e infrarroja cercana - la melanina tiene un coeficiente de absorción más alto en estas dos longitudes de onda en comparación con el agua y hemoglobina) se usa para calcular un índice de melanina, que luego se usa para calcular el tipo de piel. Un tipo de sensor de tono de piel que se usa actualmente en dispositivos de IPL hace uso de dos diodos emisores de luz (LEDs) que operan en dos longitudes de onda distintas (longitudes de onda centrales de 640 nanómetros (nm) y 870 nm respectivamente). La luz de estos dos LEDs se emite hacia la piel y un detector mide la luz reflejada, dando como resultado las señales de detector S_1 y S_2 para los dos LEDs respectivamente. Con base en los niveles de reflectividad de piel para las dos longitudes de onda se puede calcular un tono de piel, siendo el tono de piel una función de la relación S_1/S_2 . Además, se hace referencia al documento US2019/0125197 A1. J Z

40

45

50

Sin embargo, las señales de energía reflejadas se afectan por temperatura, luz ambiental, y la guía de ondas del dispositivo de IPL. Una alternativa a este método es usar imágenes de cámara de teléfono inteligente de una región de piel para calcular el tono de piel. Esto también es muy desafiante debido a la reflectividad especular de piel, diferencia en condiciones de iluminación, y diferencia en características de sensor de imagen. Además, la medición de imagen puede requerir uso de una tarjeta de calibración de color.

55

Como resultado de estos y otros factores, los métodos que se basan en la espectroscopia de reflectancia para determinar el tono de piel y otros valores de parámetros de piel tienen una gran tolerancia. En el caso de un dispositivo de tratamiento de IPL, una gran tolerancia puede llevar a que el dispositivo no bloquee los tipos de piel oscura cuando debería, o que bloquee una porción significativa de usuarios que deberían ser capaces de usar el dispositivo. Por lo tanto, se desean mejoras para determinar un parámetro de piel tal como tono de piel.

60

Resumen de la invención

La invención se define en el conjunto anexo de reivindicaciones.

65

De acuerdo con un primer aspecto específico, se proporciona un método para determinar un valor de un parámetro de piel para piel de un sujeto. El método comprende: (i) recibir una primera señal de sensor que es emitida por un primer sensor de luz que está dispuesto para recibir luz emitida por una primera fuente de luz después de la interacción

de la luz emitida con la piel, en donde la primera señal de sensor es emitida mientras la primera fuente de luz opera de acuerdo con un primer ciclo de trabajo para emitir la luz de manera intermitente, y en donde la luz emitida tiene una primera longitud de onda central; (ii) recibir una primera señal de referencia de modulación que está relacionada con el primer ciclo de trabajo; (iii) integrar una primera señal de salida de función, que resulta de una función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación, para determinar un primer valor integrado; (iv) determinar un primer número de ciclos de la luz emitida que se requieren para que el primer valor integrado exceda un primer valor umbral; y (v) determinar el valor del parámetro de piel con base en el primer número de ciclos determinado. De este modo, al emitir la luz de manera intermitente e integrar una función de la señal de sensor y una señal de referencia de modulación que está relacionada con el ciclo de trabajo de las emisiones de luz, el método proporciona que la contribución de luz ambiental a la señal de sensor se puede retirar o reducir sustancialmente de una forma sencilla para permitir que se determine un valor de parámetro de piel más fiable.

En algunas realizaciones, la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación comprende un producto de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación.

En algunas realizaciones, la primera señal de referencia de modulación tiene un período de modulación que corresponde a un período de modulación del primer ciclo de trabajo. Esto tiene la ventaja de que se puede usar una función sencilla de la primera señal de referencia de modulación y de la primera señal de sensor.

En algunas realizaciones, la primera señal de referencia de modulación y la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación dan como resultado la primera señal de salida de función que corresponde a un primer múltiplo de la primera señal de sensor para partes del primer ciclo de trabajo en las cuales la primera fuente de luz está emitiendo luz, y que corresponde a la inversa del primer múltiplo de la primera señal de sensor para partes del primer ciclo de trabajo en las cuales la primera fuente de luz no está emitiendo luz. De esta forma, cuando se integra la primera señal de salida de función las partes invertidas de la primera señal de sensor que corresponde a la luz ambiental compensarán la contribución de luz ambiental a las partes de la primera señal de sensor que corresponde a cuando la primera fuente de luz estaba emitiendo luz.

En algunas realizaciones, la primera señal de sensor es una señal analógica emitida por el primer sensor de luz. En algunas de estas realizaciones, la etapa de integración comprende integrar la primera señal de salida de función en el dominio analógico. Esto tiene la ventaja de que la integración no incluirá el ruido introducido como parte de una conversión de analógico a digital de la función o primera señal de sensor.

En algunas realizaciones, la etapa de integración comprende introducir la primera señal de salida de función, que resulta de la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación, en uno o más integradores de electrónica analógica. En algunas de estas realizaciones, el primer valor integrado es un voltaje eléctrico a través del uno o más integradores de electrónica analógica.

En algunas realizaciones, el uno o más integradores de electrónica analógica son uno o más condensadores, y el primer valor umbral es un valor para el voltaje eléctrico a través del uno o más condensadores. Esto tiene la ventaja de que se pueden usar componentes de electrónica analógica simples para determinar el valor de parámetro de piel.

En realizaciones alternativas, la etapa de integración comprende integrar la primera señal de salida de función, que resulta de la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación, en el dominio digital. Estas realizaciones tienen la ventaja de que se pueden usar técnicas de procesamiento de señales más complejas, por ejemplo para reducir ruido en la primera señal de sensor.

En algunas realizaciones, la primera longitud de onda central es 640 nm (nanómetros), 870 nm, una longitud de onda que corresponde a luz visible, una longitud de onda que corresponde a luz infrarroja, una longitud de onda en el rango de 600 nm a 700 nm, o una longitud de onda en el rango de 800 nm a 900 nm.

En algunas realizaciones, el parámetro de piel es tono de piel.

En algunas realizaciones, el primer ciclo de trabajo es 50 %. Estas realizaciones tienen la ventaja de que el procesamiento de señales (por ejemplo en el dominio analógico o el dominio digital) se simplifica.

En algunas realizaciones, el método comprende además: recibir una segunda señal de sensor que es emitida por el primer sensor de luz o un segundo sensor de luz que está dispuesto para recibir luz emitida por la primera fuente de luz o una segunda fuente de luz después de la interacción de la luz emitida con la piel, en donde la segunda señal de sensor se emite mientras la primera fuente de luz o la segunda fuente de luz operan de acuerdo con un segundo ciclo de trabajo para emitir luz de manera intermitente que tiene una segunda longitud de onda central diferente de la primera longitud de onda central; recibir una segunda señal de referencia de modulación que está relacionada con el segundo ciclo de trabajo; integrar una segunda señal de salida de función, que resulta de una función de la segunda señal de sensor y la segunda señal de referencia de modulación, para determinar un segundo valor integrado; y determinar un segundo número de ciclos de la luz emitida que tiene la segunda longitud de onda central que se requieren para que el segundo valor integrado exceda un segundo valor umbral; en donde la etapa de determinar el

valor del parámetro de piel comprende determinar el valor del parámetro de piel con base en una función del primer número de ciclos determinado y del segundo número de ciclos determinado.

5 En algunas de estas realizaciones, la función del primer número de ciclos determinado y del segundo número de ciclos determinado es una relación del primer número de ciclos determinado y del segundo número de ciclos determinado.

10 En algunas realizaciones, la segunda longitud de onda central es 640 nm (nanómetros), 870 nm, una longitud de onda que corresponde a luz visible, una longitud de onda que corresponde a luz infrarroja, una longitud de onda en el rango de 600 nm a 700 nm, o una longitud de onda en el rango de 800 nm a 900 nm.

10 En algunas realizaciones, el parámetro de piel es tono de piel.

15 De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un producto de programa de ordenador que comprende un medio legible por ordenador que tiene un código legible por ordenador incorporado en el mismo, estando el código legible por ordenador configurado de tal manera que, en ejecución por un ordenador o procesador adecuado, se haga que el ordenador o procesador funcione de acuerdo con el primer aspecto o cualquier realización del mismo.

20 De acuerdo con un tercer aspecto, se proporciona un aparato para determinar un valor de un parámetro de piel para piel de un sujeto. El aparato está configurado para: (i) recibir una primera señal de sensor que es emitida por un primer sensor de luz que está dispuesto para recibir luz emitida por una primera fuente de luz después de la interacción de la luz emitida con la piel, en donde la primera señal de sensor se emite mientras la primera fuente de luz opera de acuerdo con un primer ciclo de trabajo para emitir la luz de manera intermitente, y en donde la luz emitida tiene una primera longitud de onda central; (ii) recibir una primera señal de referencia de modulación que está relacionada con el primer ciclo de trabajo; (iii) integrar una primera señal de salida de función, que resulta de una función de la primera
25 señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación, para determinar un primer valor integrado; (iv) determinar un primer número de ciclos de la luz emitida que se requieren para que el primer valor integrado exceda un primer valor umbral; y (v) determinar el valor del parámetro de piel con base en el primer número de ciclos determinado. De este modo, al emitir la luz de manera intermitente e integrar una función de la señal de sensor y una
30 señal de referencia de modulación que está relacionada con el ciclo de trabajo de las emisiones de luz, el método proporciona que la contribución de luz ambiental a la señal de sensor se puede retirar o reducir sustancialmente de una forma sencilla para permitir que se determine un valor de parámetro de piel más fiable.

35 En algunas realizaciones, la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación comprende un producto de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación.

En algunas realizaciones, la primera señal de referencia de modulación tiene un período de modulación que corresponde a un período de modulación del primer ciclo de trabajo. Esto tiene la ventaja de que se puede usar una función sencilla de la primera señal de referencia de modulación y de la primera señal de sensor.

40 En algunas realizaciones, la primera señal de referencia de modulación y la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación dan como resultado la primera señal de salida de función que corresponde a un primer múltiplo de la primera señal de sensor para partes del primer ciclo de trabajo en las cuales la primera fuente de luz está emitiendo luz, y que corresponde a la inversa del primer múltiplo de la primera señal de sensor para partes del primer ciclo de trabajo en las cuales la primera fuente de luz no está emitiendo luz. De esta forma, cuando
45 se integra la primera señal de salida de función las partes invertidas de la primera señal de sensor que corresponde a la luz ambiental compensarán la contribución de luz ambiental a las partes de la primera señal de sensor que corresponde a cuando la primera fuente de luz estaba emitiendo luz.

50 En algunas realizaciones, la primera señal de sensor es una señal analógica emitida por el primer sensor de luz. En algunas de estas realizaciones, el aparato está configurado para integrar la primera señal de salida de función, que resulta de la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación, al integrarse en el dominio analógico. Esto tiene la ventaja de que la integración no incluirá el ruido introducido como parte de una conversión de analógico a digital de la función o primera señal de sensor.

55 En algunas realizaciones, el aparato está configurado para integrar la primera señal de salida de función, que resulta de la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación, introduciendo la primera señal de salida de función en uno o más integradores de electrónica analógica.

60 En algunas realizaciones, el primer valor integrado es un voltaje eléctrico a través del uno o más integradores de electrónica analógica.

En algunas realizaciones, el uno o más integradores de electrónica analógica son uno o más condensadores, y el primer valor umbral es un valor para el voltaje eléctrico a través del uno o más condensadores. Esto tiene la ventaja de que se pueden usar componentes de electrónica analógica simples para determinar el valor de parámetro de piel.

65

En realizaciones alternativas, el aparato está configurado para integrar la primera señal de salida de función, que resulta de la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación, al integrarse en el dominio digital. Estas realizaciones tienen la ventaja de que se pueden usar técnicas de procesamiento de señales más complejas, por ejemplo para reducir ruido en la primera señal de sensor.

5 En algunas realizaciones, la primera longitud de onda central es 640 nm (nanómetros), 870 nm, una longitud de onda que corresponde a la luz visible, una longitud de onda que corresponde a luz infrarroja, una longitud de onda en el rango de 600 nm a 700 nm, o una longitud de onda en el rango de 800 nm a 900 nm.

10 En algunas realizaciones, el parámetro de piel es tono de piel.

En algunas realizaciones, el primer ciclo de trabajo es 50 %. Estas realizaciones tienen la ventaja de que el procesamiento de señales (por ejemplo en el dominio analógico o en el dominio digital) se simplifica.

15 En algunas realizaciones, el aparato está configurado además para: (i) recibir una segunda señal de sensor que es emitida por el primer sensor de luz o un segundo sensor de luz que está dispuesto para recibir luz emitida por la primera fuente de luz o una segunda fuente de luz después de interacción de la luz emitida con la piel, en donde la segunda señal de sensor se emite mientras la primera fuente de luz o la segunda fuente de luz operan de acuerdo con un segundo ciclo de trabajo para emitir luz de manera intermitente que tiene una segunda longitud de onda central diferente de la primera longitud de onda central; (ii) recibir una segunda señal de referencia de modulación que está relacionada con el segundo ciclo de trabajo; (iii) integrar una segunda señal de salida de función, que resulta de una función de la segunda señal de sensor y la segunda señal de referencia de modulación, para determinar un segundo valor integrado; y (iv) determinar un segundo número de ciclos de la luz que tiene la segunda longitud de onda central que se requieren para que el segundo valor integrado exceda un segundo valor umbral; en donde el aparato está
20 configurado para determinar el valor del parámetro de piel con base en una función del primer número de ciclos determinado y del segundo número de ciclos determinado.

25 En algunas de estas realizaciones, la función del primer número de ciclos determinado y del segundo número de ciclos determinado es una relación del primer número de ciclos determinado y del segundo número de ciclos determinado.

30 En algunas realizaciones, la segunda longitud de onda central es 640 nm (nanómetros), 870 nm, una longitud de onda que corresponde a la luz visible, una longitud de onda que corresponde a luz infrarroja, una longitud de onda en el rango de 600 nm a 700 nm, o una longitud de onda en el rango de 800 nm a 900 nm.

35 En algunas realizaciones, el parámetro de piel es tono de piel.

De acuerdo con un cuarto aspecto, se proporciona un sistema que comprende: un aparato para determinar un valor de un parámetro de piel para piel de un sujeto de acuerdo con el tercer aspecto o cualquier realización del mismo; la primera fuente de luz configurada para operar de acuerdo con el primer ciclo de trabajo para emitir la luz de manera intermitente que tiene la primera longitud de onda central; y el primer sensor de luz configurado para emitir la primera
40 señal de sensor.

Estos y otros aspectos serán evidentes a partir de y se dilucidarán con referencia a las realizaciones que se describen de aquí en adelante.

45 Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán realizaciones de ejemplo, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los siguientes dibujos, en los cuales:

50 La figura 1 es una ilustración de un dispositivo de tratamiento de ejemplo con el cual se puede usar la invención;

La figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema de ejemplo que comprende unas fuentes de luz, unos sensores de luz y un aparato de acuerdo con diversas realizaciones;

55 La figura 3 es un esquema que muestra una realización de ejemplo de la invención;

La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un método para determinar un tono de piel de acuerdo con diversas realizaciones de la invención; y

60 La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo para determinar un valor de un parámetro de piel para piel de un sujeto.

Descripción detallada de las realizaciones

Como se anotó anteriormente, la determinación de un valor de un parámetro de piel usando técnicas espectroscópicas puede dar como resultado valores de parámetros de piel que tienen una gran tolerancia. Un factor significativo que contribuye a estas grandes tolerancias es la luz ambiental medida por el sensor de luz. La presente divulgación proporciona un método y aparato para determinar un valor de parámetro de piel que es menos sensible a la luz ambiental y puede trabajar bien para todos los tonos de piel.

En algunas realizaciones, el parámetro de piel es tono de piel o índice de melanina. Sin embargo, se apreciará que el parámetro de piel determinado no tiene que ser el tono de piel. De hecho, el parámetro de piel puede ser cualquier parámetro de piel que pueda determinarse a partir de la luz reflejada o recibida de otro modo desde la piel. Por ejemplo, el parámetro de piel determinado podría ser el color de piel, o la presencia o ausencia de patrones de piel o características de piel (por ejemplo la presencia de vellos (oscuros), lunares, cicatrices, acné, etc.).

Las técnicas pueden implementarse mediante un dispositivo de tratamiento que puede hacer uso del parámetro de piel determinado durante la operación o uso del dispositivo de tratamiento. En una realización de ejemplo el dispositivo de tratamiento es uno que usa pulsos de luz para retirar vello y/o reducir crecimiento de vello. Sin embargo, las técnicas descritas en este documento no se restringen al uso mediante dispositivos de tratamiento que usan pulsos de luz para retirar el vello y/o reducir crecimiento de vello, y pueden usarse mediante otros tipos de dispositivos de tratamiento. Además, también se apreciará que el parámetro de piel no tiene que ser usado por un dispositivo de tratamiento o para un propósito asociado con un dispositivo de tratamiento. Por ejemplo el método divulgado en este documento se puede usar para determinar un parámetro de piel (por ejemplo tipo de piel y/o índice de melanina) que se puede usar para recomendar un producto para la piel (por ejemplo maquillaje o corrector), y/o evaluar un trastorno de pigmentación.

La presente divulgación proporciona una fuente de luz, tal como una o más unidades de LED, que se opera de acuerdo con un primer ciclo de trabajo para emitir luz de manera intermitente, es decir la luz emitida se modula en el dominio de tiempo. En una realización preferida la modulación es una modulación cuadrada de encendido/apagado (es decir la fuente de luz emite luz en la fase de 'encendido', y la fuente de luz no emite luz en la fase de 'apagado'), pero son posibles otras modulaciones tales como sinusoidal, triangular, diente de sierra o cualquier otra señal periódica. En una realización preferida la modulación de la luz varía entre 0 y 1 (estados de encendido y apagado), pero son posibles otras realizaciones. El ciclo de trabajo (es decir la relación de la duración de los estados de encendido y apagado) de la luz modulada es preferiblemente 50 %, pero puede tomar otros valores, por ejemplo 30 %, 40 %, 60 %, 70 %, etc. Después de interactuar con la piel (por ejemplo ser reflejada por la piel o pasar a través de la piel), la luz modulada es incidente sobre un sensor de luz (que también se denomina como un detector de luz). La luz incidente sobre el sensor será una combinación de la luz modulada que ha interactuado con la piel y luz ambiental (no modulada), y la señal generada por el sensor de luz incluirá además el ruido de detector.

De acuerdo con la presente divulgación, la contribución del componente de luz ambiental, no modulada se puede reducir en gran medida determinando una función de la señal de detector y una señal de referencia de modulación y subsecuentemente integrando la función en el dominio de tiempo. En una realización preferida, la señal de referencia de modulación varía entre estados -1 y +1, pero son posibles realizaciones alternativas en las cuales la señal de referencia de modulación se varía entre estados -X y +X, o -X y +Y. En una realización preferida, la señal de referencia de modulación varía entre los estados +1 (o +X) y -1 (o -X) en línea con el ciclo de trabajo de la luz emitida. En otras palabras, el período de modulación de la señal de referencia de modulación es preferiblemente el mismo que el período de modulación del ciclo de trabajo, y al determinar la función, la señal de referencia de modulación está 'en fase' con el ciclo de trabajo, lo que significa que los períodos de 'encendido' del ciclo de trabajo corresponden a +1 (o +X) períodos de la señal de referencia de modulación, y los períodos de 'apagado' del ciclo de trabajo corresponden a -1 (o -X) períodos de la señal de referencia de modulación. Sin embargo, son posibles realizaciones alternativas. En algunas realizaciones, la función de la señal de detector y la señal de referencia de modulación es el producto de la señal de detector y la señal de referencia de modulación. En algunas realizaciones, la señal de detector puede multiplicarse por la señal de referencia de modulación y un factor de corrección adicional, y subsecuentemente integrarse. La integración de la función de la señal de detector y la referencia de modulación reduce en gran medida la contribución de la luz ambiental no modulada.

Se propone en este documento determinar el número de ciclos de modulación de la luz emitida necesarios para que el valor integrado alcance un nivel umbral preelegido. El número de ciclos de modulación, N, es proporcional a la reflectividad de la piel bajo investigación. En una realización de ejemplo, el tono de piel de la piel se determina usando una función de la relación N_2/N_1 , donde N_1 y N_2 son el número de ciclos de modulación determinados para dos fuentes de luz de diferentes longitudes de onda centrales. Los tipos de piel más oscuros tienen una reflectividad más baja y por lo tanto el tiempo de integración para alcanzar el nivel umbral será mayor que para los tipos de piel más claros. El tiempo de integración relativamente largo mejora la relación de señal a ruido de la señal de detector. De este modo, el método y aparato divulgados en este documento reducen en gran medida los efectos de luz ambiental y ruido de detector. Las técnicas divulgadas también son más sensibles a niveles bajos de luz reflejada o dispersada, y por lo tanto pueden usarse para determinar el tono de piel y otros parámetros de piel para un rango más amplio de tonos de piel que los métodos y dispositivos actuales.

La figura 1 es una ilustración de un dispositivo 2 de tratamiento de ejemplo que se puede usar para aplicar un pulso de luz a un área de piel. Se apreciará que el dispositivo 2 de tratamiento en la figura 1 se presenta simplemente como un ejemplo de un dispositivo 2 de tratamiento con el cual se puede usar la invención, y el dispositivo 2 de tratamiento no se limita a la forma mostrada en la figura 1 o a ser un dispositivo de tratamiento portátil. Como se anotó anteriormente, la invención igualmente no se limita a ser implementada en o con un dispositivo 2 de tratamiento, y en algunas realizaciones la invención se puede implementar en un aparato que se proporciona con el propósito de determinar valores de parámetros de piel.

El dispositivo 2 de tratamiento en la figura 1 es para uso en un cuerpo de un sujeto (por ejemplo una persona o un animal), y debe sostenerse en una o ambas manos de un usuario durante uso. El dispositivo 2 de tratamiento debe realizar alguna operación de tratamiento en los vellos en el cuerpo del sujeto usando uno o más pulsos de luz cuando el dispositivo 2 de tratamiento está en contacto con una parte de cuerpo del sujeto.

El dispositivo 2 de tratamiento de ejemplo comprende un alojamiento 4 que incluye al menos una porción 5 de mango y una porción 6 de cabeza. La porción 5 de mango está conformada para permitir al usuario sujetar el dispositivo 2 de tratamiento con una mano. La porción 6 de cabeza tiene un extremo 8 de cabeza que va a ser colocado en contacto con el sujeto con el fin de que la operación de tratamiento se realice en el cuerpo o piel del sujeto en la posición en la que el extremo 8 de cabeza está en contacto con el cuerpo o piel.

El dispositivo 2 de tratamiento sirve para realizar una operación de tratamiento usando pulsos de luz. De este modo, en la figura 1 el extremo 8 de cabeza comprende una abertura 10 que está dispuesta en o sobre el alojamiento 4 de tal manera que la abertura 10 pueda colocarse adyacente a o sobre (es decir en contacto con) la piel del sujeto. El dispositivo 2 de tratamiento incluye una o más fuentes 12 de luz que son para generar pulsos de luz que van a ser aplicados a la piel del sujeto a través de la abertura 10 y efectuar una operación de tratamiento. La una o más fuentes 12 de luz están dispuestas en el alojamiento 4 de tal manera que los pulsos de luz se proporcionen desde la una o más fuentes 12 de luz a través de la abertura 10.

La una o más fuentes 12 de luz pueden generar pulsos de luz de cualquier longitud de onda (o rango de longitudes de onda) y/o intensidad adecuada o deseada. La una o más fuentes 12 de luz están configuradas para proporcionar pulsos de luz. Es decir, las fuentes 12 de luz están configuradas para generar luz a una alta intensidad por una duración corta (por ejemplo menos de 1 segundo). La intensidad del pulso de luz debe ser suficientemente alta para efectuar la operación de tratamiento en la piel o parte de cuerpo adyacente a la abertura 10.

Además de la una o más fuentes 12 de luz para efectuar la operación de tratamiento basada en luz, el dispositivo también comprende un sensor 14 de parámetros de piel para determinar un valor de un parámetro de piel para piel de un sujeto, tal como tono de piel. El sensor 14 de parámetros de piel comprende una o más fuentes de luz y uno o más sensores de luz. Se proporciona un aparato, ya sea dentro del dispositivo 2 de tratamiento, o separado del dispositivo 2 de tratamiento, para determinar un valor de parámetro de piel usando una señal de salida desde los sensores de luz.

El dispositivo 2 de tratamiento ilustrado también incluye un control 20 de usuario que puede ser operado por el usuario para activar el dispositivo 2 de tratamiento de tal manera que la operación de tratamiento requerida se realice en el cuerpo del sujeto (por ejemplo la generación de uno o más pulsos de luz por la una o más fuentes 12 de luz). El control 20 de usuario puede ser en la forma de un conmutador, un botón, una almohadilla táctil, etc.

La figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema 40 de ejemplo para determinar un valor de parámetro de piel de acuerdo con las técnicas descritas en este documento. El sensor 14 de parámetros de piel en el dispositivo 2 de tratamiento de la figura 1 puede ser un ejemplo de sistema 40. El sistema 40 comprende un aparato 42 para determinar un valor de un parámetro de piel para piel de un sujeto, una o más fuentes 44 de luz para emitir luz y uno o más sensores 46 de luz para medir luz incidente. El aparato 42 puede ser un dispositivo o conjunto de componentes dedicados a determinar un valor de parámetro de piel, pero en otras realizaciones el aparato 42 puede ser un dispositivo de propósito general adecuadamente programado o adecuadamente configurado, tal como un teléfono inteligente, reloj inteligente, tableta, asistente digital personal (PDA), ordenador portátil, ordenador de escritorio, servidor remoto, espejo inteligente, etc.

La una o más fuentes 44 de luz están previstas para iluminar el área de piel de interés (es decir el área de piel para la cual va a ser determinado un valor de parámetro de piel). Las fuentes 44 de luz para iluminar la piel pueden ser cualquier fuente de luz adecuada, por ejemplo uno o más LEDs, y pueden emitir luz en respectivas longitudes de onda centrales, o en respectivos rangos particulares de longitudes de onda. En una realización de ejemplo por ejemplo donde va a ser determinado el tono de piel, las fuentes 44 de luz comprenden dos LEDs que operan en dos longitudes de onda centrales distintas. Por ejemplo, LED 1 puede tener una longitud de onda central de 640 nm y LED 2 puede tener una longitud de onda central de 870 nm.

Cuando el sistema 40 está en uso, las fuentes 44 de luz están configuradas para emitir luz hacia la piel de un sujeto. Los sensores 46 de luz están configurados para medir la luz emitida por las fuentes de luz después de que la luz emitida haya interactuado con la piel. Por ejemplo, la luz puede ser reflejada, transmitida o dispersada por la piel.

Puede haber un único sensor 46 de luz para detectar luz desde la una o más fuentes 44 de luz. En realizaciones alternativas, puede haber más de un sensor 46 de luz, por ejemplo se puede proporcionar un sensor 46 de luz respectivo para cada fuente 44 de luz. Cada sensor 46 de luz es receptivo a luz incidente, y cada sensor 46 de luz emite una señal de sensor, que se proporciona al aparato 42.

5 El aparato 42 recibe las señales de sensor y determina un valor de parámetro de piel usando las señales de sensor como se describe además a continuación. En algunas realizaciones, el aparato 42 puede determinar el valor de parámetro de piel en el dominio analógico usando circuitería y componentes eléctricos analógicos. En otras realizaciones el aparato 42 puede determinar el valor de parámetro de piel en el dominio digital, y de este modo el
10 aparato 42 puede comprender una unidad de procesamiento que generalmente controla la operación del aparato 42 y permite que el aparato 42 realice algo o la totalidad del método y técnicas descritos en este documento. La unidad 48 de procesamiento se puede implementar de numerosas formas conocidas por la persona experta en la técnica, con software y/o hardware, para realizar las diversas funciones descritas en este documento.

15 La figura 3 muestra una realización de ejemplo de la presente divulgación. En la figura 3 hay uno o dos LEDs 320, por ejemplo LED 1 y opcionalmente también LED 2, y las etapas mostradas son aplicables a uno o ambos LEDs 320. En el caso de dos LEDs 320, la longitud de onda central de la luz emitida por LED 1, λ_1 , puede ser distinta de la longitud de onda central emitida por LED 2, λ_2 .

20 Los LEDs 320 son accionados por una corriente 310 de LED. Como se ilustra en la figura 3, para hacer que los LEDs 320 emitan luz de manera intermitente, la corriente 310 de LED se modula en el dominio de tiempo con una modulación cuadrada de encendido/apagado y un ciclo de trabajo de 50 %. De este modo, la luz emitida por el LED 320 también se modula en el dominio de tiempo con una modulación cuadrada de encendido/apagado y un ciclo de trabajo de 50 %. Como se anotó anteriormente, son posibles otras modulaciones del LED 320 incluyendo señales sinusoidales,
25 triangulares, dientes de sierra, o cualquier otra señal periódica, y la corriente 310 de accionamiento se puede adaptar en consecuencia. Además, el ciclo de trabajo puede tomar cualquier otro valor.

Después de interactuar con la piel (por ejemplo reflejarse, dispersarse, etc.), la luz emitida es incidente sobre un sensor 330 de luz que produce una señal de sensor. La señal de sensor puede estar formada por la corriente generada cuando la luz es incidente sobre el sensor de luz. El sensor 330 de luz opera la medida de la luz incidente a través de
30 múltiples ciclos de operación de los LEDs 320, y de este modo el sensor 330 de luz genera la señal de sensor durante períodos cuando el LED 320 está emitiendo luz y períodos cuando el LED 320 no está emitiendo luz. La luz que incide sobre el sensor 330 de luz cuando el LED 320 está emitiendo luz comprende la luz que ha interactuado con la piel, y también luz ambiental. La luz que incide sobre el sensor 330 de luz cuando el LED 320 no está emitiendo luz
35 comprende solo la luz ambiental.

La señal de sensor se multiplica subsecuentemente por una señal 340 de referencia de modulación. La señal de referencia de modulación es una señal que se usa en combinación con la señal de sensor para reducir la influencia de luz ambiental sobre el valor de parámetro de piel determinado. De este modo, en la realización de ejemplo de la
40 figura 3, la señal 340 de referencia de modulación es una señal de onda cuadrada que varía entre estados/valores -1 y +1 y tiene el mismo período que la luz modulada emitida por los LEDs 320 relevantes. La señal de referencia de modulación está en fase con la señal de sensor, lo cual significa que las partes de la señal de sensor que corresponden a cuando la luz fue emitida por el LED 320 se multiplican por la parte +1 o +X de la señal de referencia de modulación. Esto también significa que las partes de la señal de sensor que corresponden a cuando la luz no es emitida por el LED
45 320 se multiplican por la parte -1 o -X de la señal de referencia de modulación, que actúa para reducir o retirar la influencia de la luz ambiental del análisis subsecuente de la señal de sensor. Sin embargo, también son posibles otras realizaciones. Por ejemplo, la señal 340 de referencia de modulación puede variar entre los estados -X y +X, o -X y +Y. Se nota además que se pueden aplicar operaciones funcionales alternativas a la señal de sensor y a la señal de referencia de modulación aparte de la multiplicación de las dos señales 350. Como se anotó anteriormente, esto podría ser un escalamiento u otra operación funcional para tener en cuenta funciones de modulación diferentes a aquellas
50 en la realización de ejemplo mostrada en la figura 3.

En una etapa subsecuente, el producto de la señal de sensor y la señal de referencia de modulación se integra en un módulo 360 de integración para obtener un valor integrado. El uso de una etapa de integración permite que se integren
55 señales que están por debajo de un límite de detección (por ejemplo debido a bajos niveles de luz reflejada) a un nivel por encima de un límite de detección. Esto permite que se midan tonos de piel más oscuros en la presencia de altos niveles de luz (ambiental) de fondo. En una realización preferida, la integración se hace en el dominio analógico mediante un integrador de electrónica analógica. En estas realizaciones, el valor integrado es un voltaje eléctrico a través del integrador de electrónica analógica. Por ejemplo, la integración se puede realizar mediante un dispositivo
60 electrónico analógico tal como, pero no limitado a, un condensador, que acumula carga eléctrica como la función de la señal de sensor y señal de referencia de modulación que se aplica al condensador. El valor integrado es un voltaje eléctrico a través del condensador. La integración analógica es beneficiosa debido a que evita la necesidad de convertir la señal de sensor (o una señal derivada desde la señal de sensor) al dominio digital, lo cual introduciría ruido. En una realización alternativa, la etapa de integración se puede realizar en el dominio digital. El uso de integración digital puede ser beneficioso en realizaciones que requieren correcciones matemáticas para tener en cuenta funciones de modulación aparte de aquellas mostradas en la realización de ejemplo mostrada en la figura 3 (es decir diferentes a
65

modulación cuadrada encendida/apagada con un ciclo de trabajo de 50 %). Sin embargo, se nota que la integración digital introducirá ruido adicional.

5 En la etapa final de la figura 3, se determina el número de ciclos 370 de modulación necesarios para que el valor integrado exceda un valor umbral. Es decir, a medida que el LED 320 se opera de manera intermitente y se obtiene la señal de sensor, la función de la señal de sensor se integra continuamente (por ejemplo introduciendo la señal de producto en un integrador de electrónica analógica, tal como un condensador). El valor integrado por lo tanto aumenta sobre el transcurso de varios ciclos de modulación (encendido/apagado) del LED 320. La contribución al valor integrado por cada ciclo es proporcional a la reflectividad de la piel. De este modo, el número de ciclos 370 de modulación necesarios para que el valor integrado exceda el valor umbral también es proporcional a la reflectividad de la piel. En algunas realizaciones, el valor umbral es un valor para el voltaje eléctrico a través del integrador de electrónica analógica (por ejemplo condensador).

15 En realizaciones donde el parámetro de piel es tono de piel y se usan dos LEDs 320, el número de ciclos 370 requeridos para exceder un valor umbral se puede denotar como N_1 para LED 1 y N_2 para LED 2. El tono de piel se puede dar como una función de la relación N_2/N_1 . Como se anotó anteriormente, los tipos de piel más oscuros tienen una reflectividad menor que los tipos de piel más claros, y por lo tanto la piel más oscura requerirá tiempos de integración más largos (es decir más ciclos de modulación) para que el valor integrado exceda el valor umbral. Este tiempo de integración relativamente largo, y el retiro o reducción de la luz ambiental a través del uso de la señal de referencia de modulación y la integración subsecuente, mejora la relación de señal a ruido. De este modo, la presente invención proporciona un sensor de tono de piel que es tanto insensible a luz ambiental y puede funcionar de manera óptima para todos los tonos de piel.

25 El diagrama de flujo en la figura 4 ilustra un método para determinar un tono de piel de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. El método incluye la modulación de dos unidades de LED, LED 1 y LED 2. En la etapa 410 se restablece una señal de integración (por ejemplo se establece en 0). En la etapa 420, una señal de luz modulada es emitida por LED 1 y es incidente sobre la piel de un sujeto. En la etapa 430, la luz emitida por el LED 1 que ha interactuado con la piel es incidente sobre un sensor de luz y la señal de detector correspondiente (por ejemplo señal de sensor) se multiplica por una señal de referencia de modulación. Esta señal combinada se integra sobre el transcurso de un número de ciclos de modulación, y se determina el número de ciclos de modulación requeridos para que el valor integrado exceda un valor umbral. En las etapas 440 y 450, se repiten las etapas 420 y 430 para LED 2 (que emite luz de una longitud de onda central diferente a LED 1). La relación del número determinado de ciclos para LED 1 y LED 2 se obtiene en la etapa 460. Finalmente, esta relación se usa en la etapa 470 para determinar la clasificación de tono de piel.

35 El diagrama de flujo de la figura 5 ilustra un método de ejemplo de acuerdo con las técnicas descritas en este documento para determinar un valor de un parámetro de piel para piel de un sujeto. Este método puede realizarse mediante el aparato 42 descrito anteriormente. El método comienza en la etapa 510 con la recepción de una primera señal de sensor que es emitida por un primer sensor de luz. El primer sensor de luz está dispuesto para recibir luz emitida por una primera fuente de luz después de interacción de la luz emitida con la piel. La primera señal de sensor recibida en la etapa 510 se emite mientras la primera fuente de luz opera de acuerdo con un primer ciclo de trabajo para emitir luz de manera intermitente con una primera longitud de onda central. En algunas realizaciones, la primera fuente de luz es un LED. La primera longitud de onda central puede ser 640 nm (nanómetros), 870 nm, una longitud de onda que corresponde a luz visible, una longitud de onda que corresponde a luz infrarroja, una longitud de onda en el rango de 600 nm a 700 nm o una longitud de onda en el rango de 800 nm a 900 nm. En algunas realizaciones, el primer ciclo de trabajo es 50 %. La primera señal de sensor puede ser una señal analógica emitida por el primer sensor de luz. En algunas de estas realizaciones, la primera señal de sensor es una señal de corriente.

50 En la etapa 520 se recibe una primera señal de referencia de modulación que está relacionada con el primer ciclo de trabajo. La primera señal de referencia de modulación tiene preferiblemente un período de modulación que corresponde al período de modulación de la emisión intermitente de luz por la primera fuente de luz.

55 En la etapa 530 se integra una función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación para determinar un primer valor integrado. En algunas realizaciones, la función comprende un producto de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación. En realizaciones donde la primera señal de sensor es una señal analógica, la etapa de integración se puede realizar en el dominio analógico. En algunas de estas realizaciones, la etapa 530 puede comprender introducir una primera señal de salida de función, que resulta de la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación, en uno o más integradores de electrónica analógica. En estas realizaciones, el primer valor integrado será el voltaje eléctrico a través del uno o más integradores de electrónica analógica. En algunas realizaciones, el uno o más integradores de electrónica analógica son uno o más condensadores. En una realización alternativa, la etapa de integración es en el dominio digital.

65 En la etapa 540 se determina un primer número de ciclos de la luz emitida que se requieren para que el primer valor integrado exceda un primer valor umbral. En algunas realizaciones, en las cuales la etapa 530 está en el dominio analógico, el primer valor umbral puede ser un valor para el voltaje eléctrico a través del uno o más integradores de electrónica analógica (por ejemplo condensadores).

En la etapa 550 el valor del parámetro de piel se puede determinar con base en el primer número de ciclos determinado.

5 En algunas realizaciones, la etapa 550 comprende además determinar el valor del parámetro de piel con base en una función del primer número de ciclos determinado y un segundo número de ciclos determinado. En estas realizaciones, el segundo número de ciclos determinado se obtiene repitiendo las etapas 510-540 para una segunda señal de sensor que se emite mientras la luz que tiene una segunda longitud de onda central se emite de manera intermitente de acuerdo con un segundo ciclo de trabajo sobre la piel. La segunda señal de sensor puede ser emitida por el primer sensor de luz o por un segundo sensor de luz. La luz que tiene la segunda longitud de onda central puede ser emitida por la primera fuente de luz o por una segunda fuente de luz. La segunda fuente de luz puede ser un LED. La segunda longitud de onda central es diferente de la primera longitud de onda central. La segunda longitud de onda central puede ser cualquiera de 640 nm, 870 nm, una longitud de onda que corresponde a luz visible, una longitud de onda que corresponde a luz infrarroja, una longitud de onda en el rango de 600 nm a 700 nm, o una longitud de onda en el rango de 800 nm a 900 nm. En algunas realizaciones (por ejemplo cuando el parámetro de piel es tono de piel), una de la primera longitud de onda central y la segunda longitud de onda central es una longitud de onda que corresponde a luz visible (por ejemplo 640 nm o una longitud de onda en el rango de 600 nm a 700 nm), y la otra de la primera longitud de onda central y la segunda longitud de onda central es una longitud de onda que corresponde a luz infrarroja (por ejemplo 870 nm o una longitud de onda en el rango de 800 nm a 900 nm). En realizaciones preferidas, el segundo ciclo de trabajo es 50 %.

En estas realizaciones, la etapa 550 de la figura 5 comprende además recibir una segunda señal de referencia de modulación que está relacionada con el segundo ciclo de trabajo. La segunda señal de referencia de modulación tiene preferiblemente un período de modulación que corresponde al período de modulación de la emisión intermitente de luz que tiene la segunda longitud de onda central.

En estas realizaciones, la etapa 550 puede comprender además integrar una función de la segunda señal de sensor y la segunda señal de referencia de modulación para determinar un segundo valor integrado. En algunas de estas realizaciones, la función comprende un producto de la segunda señal de sensor y la segunda señal de referencia de modulación. En realizaciones donde la segunda señal de sensor es una señal analógica, la etapa de integración se puede realizar en el dominio analógico. En algunas de estas realizaciones, la etapa de integración puede comprender introducir una segunda señal de salida de función, que resulta de la función de la segunda señal de sensor y la segunda señal de referencia de modulación, en uno o más integradores de electrónica analógica. El segundo valor integrado será el voltaje eléctrico a través del uno o más integradores de electrónica analógica. En algunas realizaciones, el uno o más integradores de electrónica analógica son uno o más condensadores. En una realización alternativa, la etapa de integración se realiza en el dominio digital.

En estas realizaciones, la etapa 550 puede comprender además determinar el segundo número de ciclos mencionado anteriormente como el número de ciclos de la luz que tiene la segunda longitud de onda central que se requieren para que el segundo valor integrado exceda un segundo valor umbral. En realizaciones en las cuales la integración se realiza en el dominio analógico, el segundo valor umbral puede ser un valor para el voltaje eléctrico a través del uno o más integradores de electrónica analógica (por ejemplo condensadores). El segundo valor umbral puede ser el mismo valor o un valor diferente al primer valor umbral.

En algunas de estas realizaciones, la función del primer número de ciclos determinado y del segundo número de ciclos determinado es, o incluye, una relación del primer número de ciclos determinado y el segundo número de ciclos determinado. En algunas de estas realizaciones, el parámetro de piel determinado es tono de piel.

Por lo tanto, se proporciona un método y aparato mejorados para determinar un valor para un parámetro de piel.

Las variaciones a las realizaciones divulgadas pueden entenderse y efectuarse mediante los expertos en la técnica en la práctica de los principios y técnicas descritos en este documento, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones anexas. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "uno, una" no excluye una pluralidad. Un único procesador u otra unidad puede cumplir las funciones de varios ítems citados en las reivindicaciones. El simple hecho de que ciertas medidas se citen en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de esas medidas no pueda usarse para ventaja. Un programa de ordenador puede almacenarse o distribuirse en un medio adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido suministrado junto con o como parte de otro hardware, pero también puede distribuirse en otras formas, tales como a través del Internet u otros sistemas de telecomunicaciones cableados o inalámbricos. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como que limita el alcance.

REIVINDICACIONES

1. Un método no terapéutico para determinar un valor de un parámetro de piel para piel de un sujeto, comprendiendo el método:
- 5 recibir (510) una primera señal de sensor que es emitida por un primer sensor de luz que está dispuesto para recibir luz emitida por una primera fuente de luz después de interacción de la luz emitida con la piel, en donde la primera señal de sensor es emitida mientras la primera fuente de luz opera de acuerdo con un primer ciclo de trabajo para emitir la luz de manera intermitente, y en donde la luz emitida tiene una primera longitud de onda central;
- 10 recibir (520) una primera señal de referencia de modulación que está relacionada con el primer ciclo de trabajo;
- integrar (530) una primera señal de salida de función, que resulta de una función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación, para determinar un primer valor integrado;
- 15 determinar (540) un primer número de ciclos de la luz emitida que se requieren para que el primer valor integrado exceda un primer valor umbral; y
- 20 determinar (550) el valor del parámetro de piel con base en el primer número de ciclos determinado.
2. Un método como se reivindica en la reivindicación 1, en donde la primera señal de referencia de modulación tiene un período de modulación que corresponde a un período de modulación del primer ciclo de trabajo.
3. Un método como se reivindica en la reivindicación 1, en donde la primera señal de referencia de modulación y la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación dan como resultado la primera señal de salida de función que corresponde a un primer múltiplo de la primera señal de sensor para partes del primer ciclo de trabajo en el cual la primera fuente de luz está emitiendo luz, y que corresponde a la inversa del primer múltiplo de la primera señal de sensor para partes del primer ciclo de trabajo en el cual la primera fuente de luz no está emitiendo luz.
- 25 30
4. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la primera señal de sensor es una señal analógica emitida por el primer sensor de luz y en donde la etapa de integración (530) comprende integrar la primera señal de salida de función en el dominio analógico.
- 35 5. Un método como se reivindica en la reivindicación 4, en donde la etapa de integración (530) comprende introducir la primera señal de salida de función en uno o más integradores de electrónica analógica.
6. Un método como se reivindica en la reivindicación 5, en donde el primer valor integrado es un voltaje eléctrico a través del uno o más integradores de electrónica analógica.
- 40 7. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la etapa de integración (530) comprende integrar la primera señal de salida de función en el dominio digital.
8. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el método comprende además:
- 45 recibir (510) una segunda señal de sensor que es emitida por el primer sensor de luz o un segundo sensor de luz que está dispuesto para recibir luz emitida por la primera fuente de luz o una segunda fuente de luz después de la interacción de la luz emitida con la piel, en donde la segunda señal de sensor se emite mientras la primera fuente de luz o la segunda fuente de luz operan de acuerdo con un segundo ciclo de trabajo para emitir luz de manera intermitente que tiene una segunda longitud de onda central diferente de la primera longitud de onda central;
- 50 recibir (520) una segunda señal de referencia de modulación que está relacionada con el segundo ciclo de trabajo;
- integrar (530) una segunda señal de salida de función, que resulta de una función de la segunda señal de sensor y la segunda señal de referencia de modulación, para determinar un segundo valor integrado; y
- 55 determinar (540) un segundo número de ciclos de la luz que tiene la segunda longitud de onda central que se requieren para que el segundo valor integrado exceda un segundo valor umbral;
- 60 en donde la etapa de determinar (550) el valor del parámetro de piel comprende determinar el valor del parámetro de piel con base en una función del primer número de ciclos determinado y del segundo número de ciclos determinado.
9. Un producto de programa de ordenador que comprende un medio legible por ordenador que tiene código legible por ordenador incorporado en el mismo, estando el código legible por ordenador configurado de tal manera que, en ejecución por un ordenador o procesador adecuado, se hace que el ordenador o procesador realice el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-8.
- 65

10. Un aparato (42) para determinar un valor de un parámetro de piel para piel de un sujeto, estando el aparato (42) configurado para:
- 5 recibir una primera señal de sensor que es emitida por un primer sensor de luz que está dispuesto para recibir luz emitida por una primera fuente de luz después de interacción de la luz emitida con la piel, en donde la primera señal de sensor es emitida mientras la primera fuente de luz opera de acuerdo con un primer ciclo de trabajo para emitir la luz de manera intermitente, y en donde la luz emitida tiene una primera longitud de onda central;
- 10 recibir una primera señal de referencia de modulación que está relacionada con el primer ciclo de trabajo;
- integrar una primera señal de salida de función, que resulta de una función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación para determinar un primer valor integrado;
- 15 determinar un primer número de ciclos de la luz emitida que se requieren para que el primer valor integrado exceda un primer valor umbral; y
- determinar el valor del parámetro de piel con base en el primer número de ciclos determinado.
- 20 11. Un aparato (42) como se reivindica en la reivindicación 10, en donde la primera señal de referencia de modulación tiene un período de modulación que corresponde a un período de modulación del primer ciclo de trabajo.
12. Un aparato (42) como se reivindica en la reivindicación 10, en donde la primera señal de referencia de modulación y la función de la primera señal de sensor y la primera señal de referencia de modulación dan como resultado la
- 25 primera señal de salida de función que corresponde a un primer múltiplo de la primera señal de sensor para partes del primer ciclo de trabajo en el cual la primera fuente de luz está emitiendo luz, y que corresponde a la inversa del primer múltiplo de la primera señal de sensor para partes del primer ciclo de trabajo en el cual la primera fuente de luz no está emitiendo luz.
- 30 13. Un aparato (42) como se reivindica en la reivindicación 10, 11 o 12, en donde el aparato (42) comprende uno o más integradores de electrónica analógica y el aparato (42) está configurado para integrar la primera señal de salida de función introduciendo la primera señal de salida de función en el uno o más integradores de electrónica analógica.
- 35 14. Un aparato (42) como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en donde el aparato (42) está configurado para integrar la primera señal de salida de función integrándose en el dominio digital.
15. Un aparato (42) como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 10-14, en donde el aparato está configurado además para: (i) recibir una segunda señal de sensor que es emitida por el primer sensor de luz o un
- 40 segundo sensor de luz que está dispuesto para recibir luz emitida por la primera fuente de luz o una segunda fuente de luz después de interacción de la luz emitida con la piel, en donde la segunda señal de sensor se emite mientras la primera fuente de luz o la segunda fuente de luz operan de acuerdo con un segundo ciclo de trabajo para emitir luz de manera intermitente que tiene una segunda longitud de onda central diferente de la primera longitud de onda central; (ii) recibir una segunda señal de referencia de modulación que está relacionada con el segundo ciclo de trabajo; (iii)
- 45 integrar una segunda señal de salida de función, que resulta de una función de la segunda señal de sensor y la segunda señal de referencia de modulación, para determinar un segundo valor integrado; y (iv) determinar un segundo número de ciclos de la luz que tiene la segunda longitud de onda central que se requieren para que el segundo valor integrado exceda un segundo valor umbral; en donde el aparato está configurado para determinar el valor del parámetro de piel con base en una función del primer número de ciclos determinado y del segundo número de ciclos
- 50 determinado.
16. Un sistema (40) que comprende:
- un aparato (42) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-15;
- 55 la primera fuente (44) de luz configurada para operar de acuerdo con el primer ciclo de trabajo para emitir la luz de manera intermitente que tiene la primera longitud de onda central; y
- el primer sensor (46) de luz configurado para emitir la primera señal de sensor.

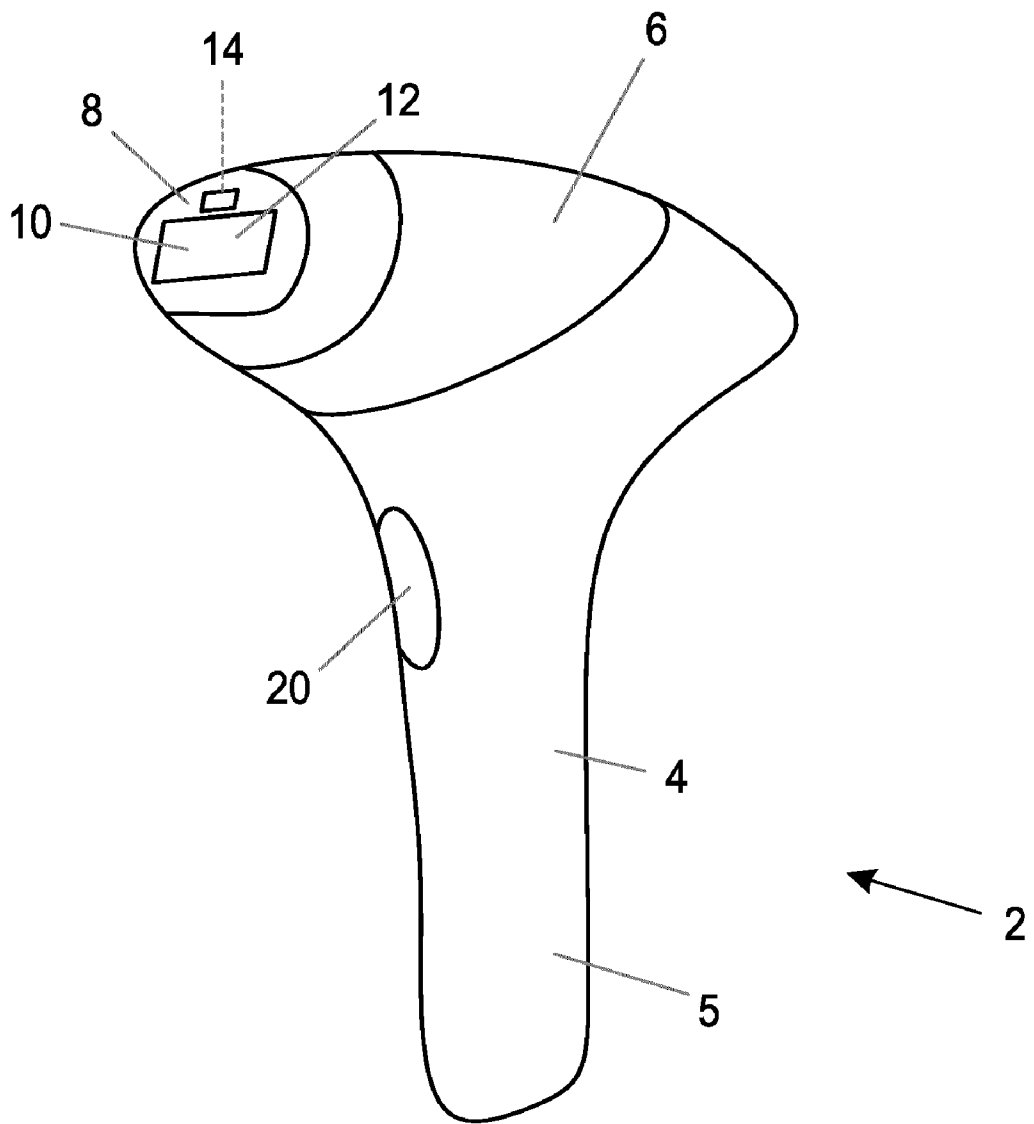


Fig. 1

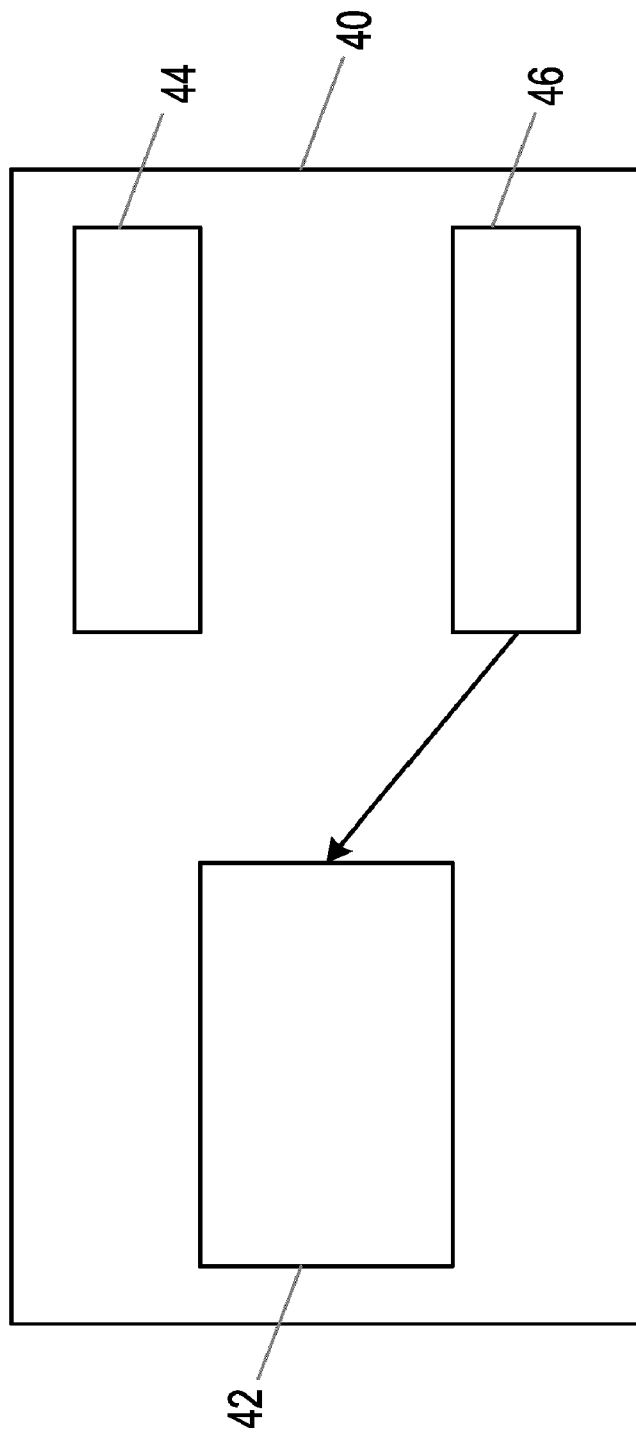


Fig. 2

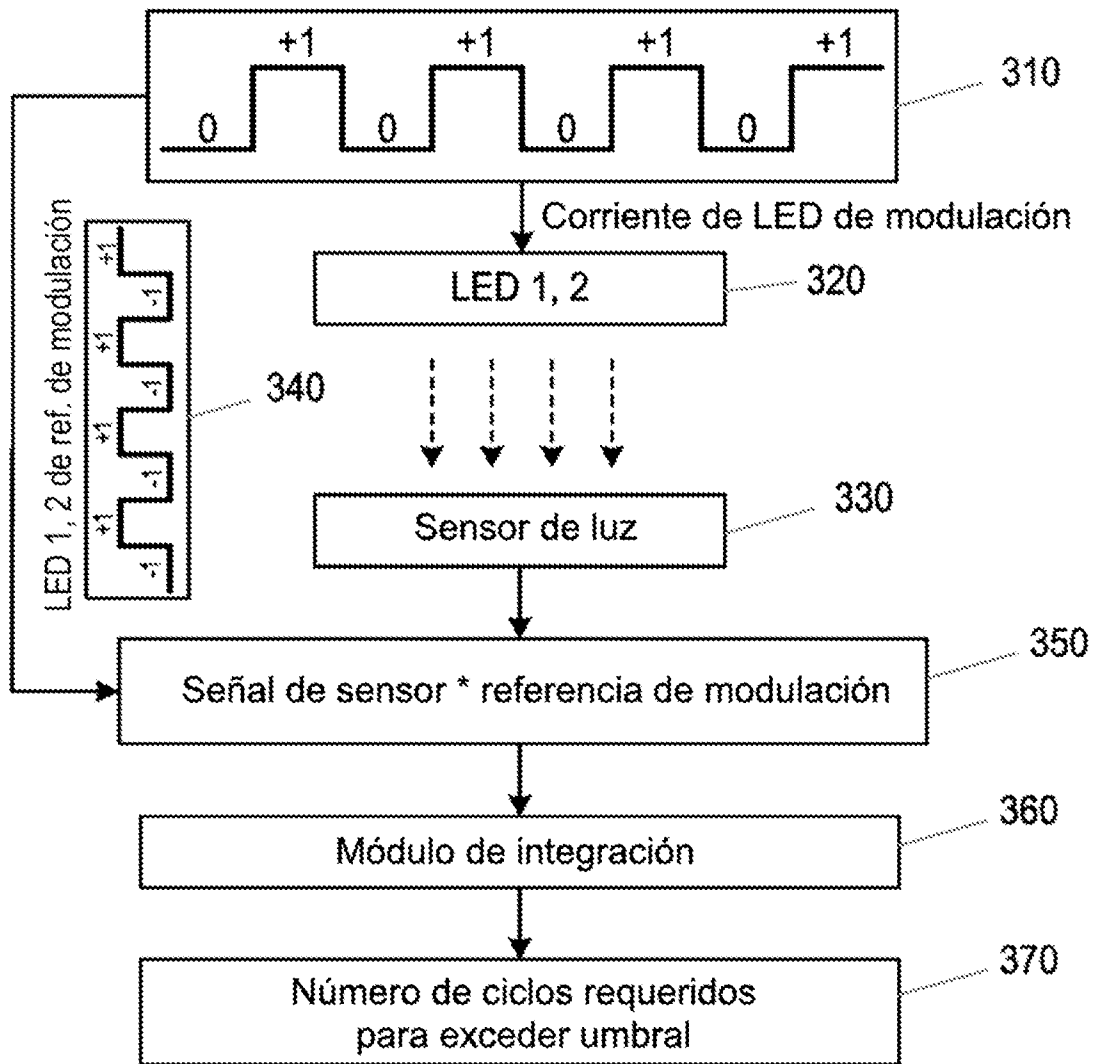


Fig. 3

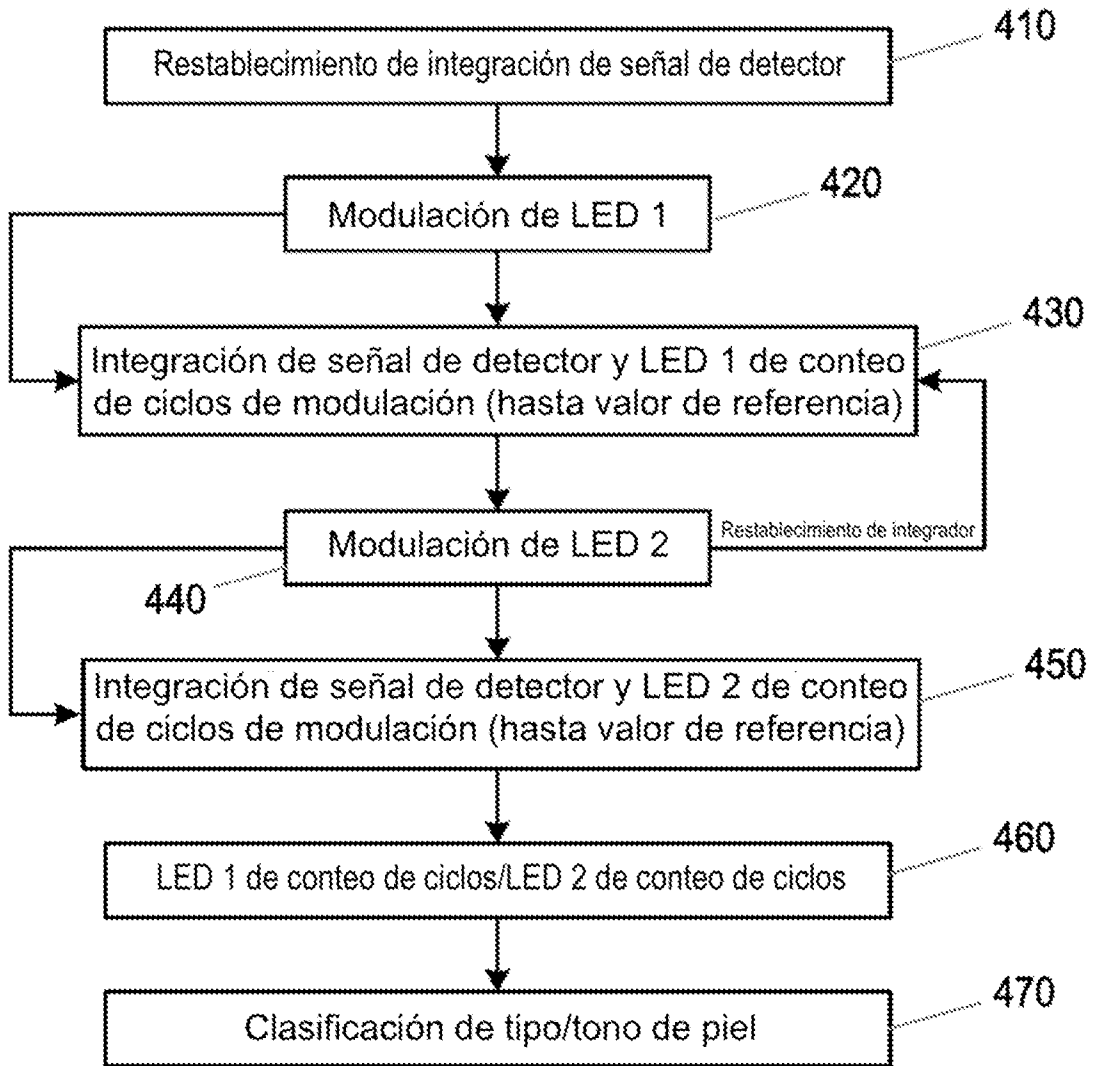


Fig. 4

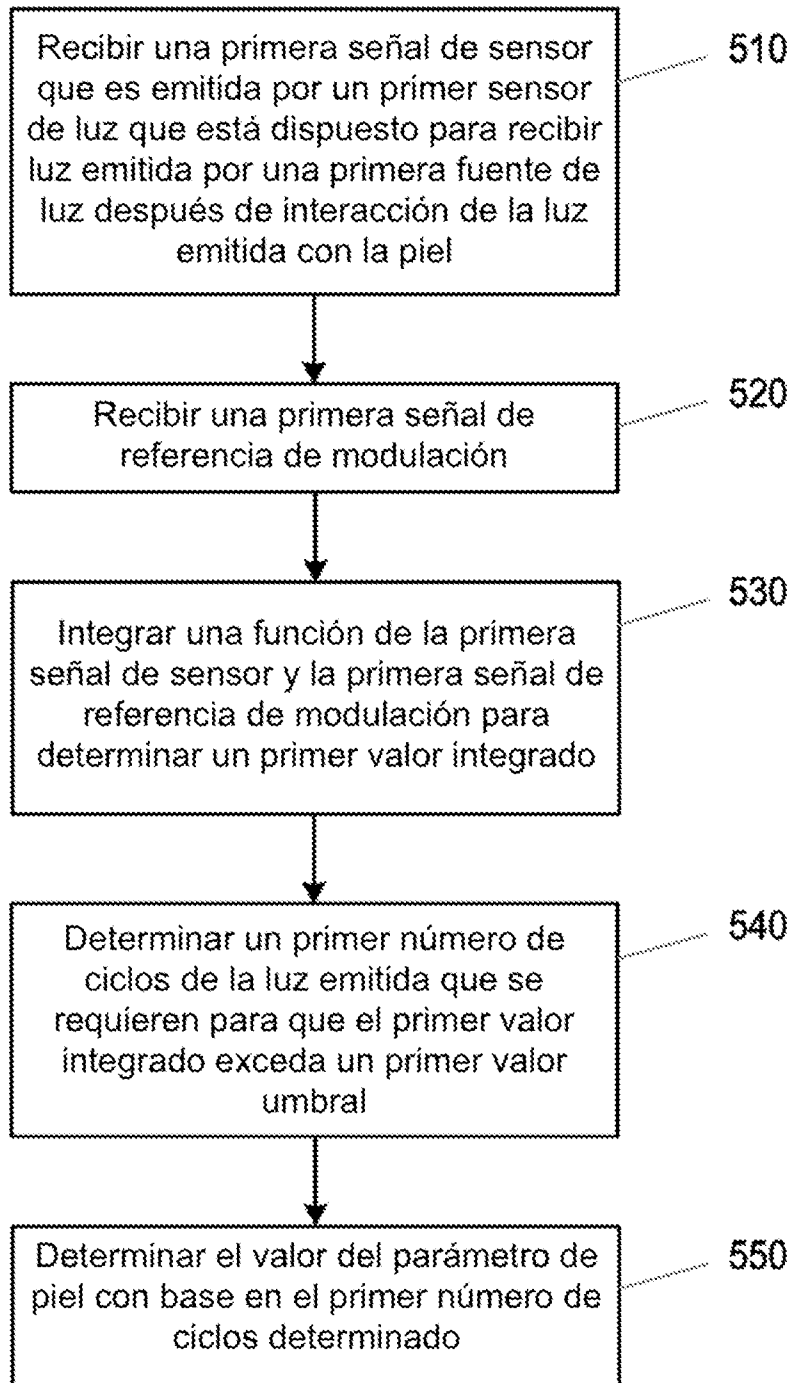


Fig. 5