



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 872**

51 Int. Cl.:
G02B 23/26 (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08749026 .4**
96 Fecha de presentación : **21.04.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2147346**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.01.2010**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para la compensación de desplazamientos de color en sistemas de representación de imágenes de fibra óptica.**

30 Prioridad: **08.06.2007 DE 10 2007 026 595**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.10.2011

73 Titular/es: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.**
Hansastraße 27C
80686 München, DE
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

72 Inventor/es: **Winter, Christian y**
Zerfass, Thorsten

74 Agente: **Arizti Acha, Mónica**

ES 2 366 872 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

Dispositivo y procedimiento para la compensación de desplazamientos de color en sistemas de representación de imágenes de fibra óptica

5 La presente invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento, para compensar desplazamientos de color, tales como los que se producen al utilizar fibroscopios con cámaras en color.

10 Los sistemas ópticos, en los que una imagen se transfiere a través de un sistema óptico sobre un sensor de formación de imágenes, se utilizan en muchos casos. Sin el uso para la formación de imágenes de los endoscopios, hoy en día muchas aplicaciones entre otros en el campo del diagnóstico, inspección, garantía de calidad e investigación serían inconcebibles. En este caso se utilizan por un lado sistemas ópticos de lentes, es decir, sistemas con una construcción rígida en cuyo interior se transmite la imagen a través de una disposición de lentes similar al objetivo de una cámara, al sensor. Por otro lado se utilizan sistemas ópticos de fibras que se componen de un gran número de fibras conductoras de luz, ordenadas, agrupadas en un haz, conduciéndose la luz a través de una pluralidad de fibras hasta un sensor.

15 La preferencia actual para sistemas ópticos de lentes se explica entre otros en la calidad de sus imágenes. Cuando se requiere un uso literalmente muy "flexible" (acceso pequeño, difícil) debe recurrirse a endoscopios (fibroscopios) semirrígidos o flexibles de alta calidad con diámetros de trabajo reducidos y conductores de imágenes de fibra de vidrio. En caso de usar un sistema óptico de fibras de este tipo a partir de varios conductores de imágenes, normalmente se transmite en cada caso a cada conductor de imágenes utilizado un único píxel o un único valor de intensidad. En el caso de diámetros justificables de todo el haz de fibras no puede utilizarse un número aleatoriamente grande de fibras individuales. La baja resolución condicionada por ello o la estructura en panal de abeja creada por la disposición de las fibras ópticas del sensor impiden en parte el uso de tales aparatos.

20 Así, por ejemplo, los conductores de imágenes de fibroscopios de alta calidad se componen de un haz ordenado de manera regular de aproximadamente 3.000 - 20.000 fibras individuales. Por el contrario, una cámara de imágenes en movimiento típica (de baja resolución), habitual tiene por ejemplo 640 x 480, es decir, más de 300.000 píxeles (VGA) y habitualmente la señal de imagen transportada por medio de las fibras se observa con una cámara de imágenes en movimiento de este tipo.

25 Cada uno de los conductores de luz presenta en la mayoría de los casos una envoltura, de modo que en la imagen observada se producen estructuras interferentes de la envoltura, que, por ejemplo, pueden alisarse mediante filtros paso bajo o reducirse de manera adaptativa mediante enmascaramiento espectral. Para eliminar las estructuras que producen una gran interferencia en la valoración de una imagen y que se introducen por la estructura en panal de abeja ya existen soluciones que, basándose en primer lugar en centros de fibras localizados, interpolan una imagen que no tiene una estructura en panal de abeja basándose en la información de luminosidad en los centros de fibras. Sin embargo, como el alisado de las estructuras de envoltura en forma de panal de abeja o por su enmascaramiento en el espacio de Fourier, estos procedimientos tienen la desventaja de que si bien aumentan la calidad de representación de la imagen tomada, sin embargo, no alcanzan un aumento real de la resolución de la imagen.

35 Un problema que en general debe solucionarse se trata en la patente alemana DE 4318140 A1. En esta se describe cómo los centros de los puntos de luz, que a través de cada una de las fibras de vidrio se representan sobre un sensor de mayor resolución, pueden determinarse al adaptar una función adecuada a la distribución de la luminosidad, que se genera en el sensor bidimensional por una única fibra óptica. La patente muestra cómo basándose en las coordenadas de fibras adaptadas es posible una asociación de la posición de las fibras en el lado de entrada del haz de fibras de luz a la posición de los puntos de luz producidos por las fibras sobre el sensor.

40 Para la representación y el procesamiento adicional informático de las imágenes tomadas por medio de endoscopios fibroscópicos se desea una representación con el menor números de estructuras posible. Por la gran importancia industrial de los fibroscopios para la inspección de espacios huecos de piezas técnicas y para el diagnóstico y tratamiento médico de órganos internos o el uso como ayuda para la colocación en la automatización se requiere cada vez más también una representación en colores sólidos de alta calidad de la imagen generada por medio del endoscopio.

Los algoritmos y procedimientos utilizados hasta ahora utilizan para la preparación de imágenes de medio tono o los canales de color individuales de una imagen en color de varios canales, es decir, sólo utilizan valores de intensidad monocromáticos de una imagen.

50 Las cámaras en color, es decir los sensores con varios canales de intensidad (elementos sensores, que son sensibles a bandas espectrales diferentes en cada caso) no pueden utilizarse con los procedimientos conocidos en su forma hasta el momento. En un enfoque alternativo seguido hasta ahora para la utilización de tomas en color se realiza un filtrado o una interpolación para preparar tomas de fibra óptica de una cámara en color sobre los canales de color individuales de una imagen (por ejemplo de los colores primarios rojo, verde y azul). A continuación se combinan las imágenes generadas por separado de los canales de color individuales para llegar a una imagen en color de varios canales. Este procedimiento no lleva sin embargo a resultados óptimos en cuanto a la solidez del color de las imágenes generadas. En caso de que una imagen generada de este tipo deba utilizarse, por ejemplo, para un uso adicional visual, una valoración de los datos de imagen o una extracción y procesamiento de características de color, esto sólo se consigue

de manera poco satisfactoria por los desplazamientos de color, que se producen mediante la combinación sencilla de un fibroscopio con una cámara en color.

5 Este enfoque falla por los colores alterados, que se producen por la forma de los elementos sensores con una sensibilidad espectral diferente y la iluminación irregular de los elementos sensores a través de una única fibra óptica. Por ejemplo, en el caso de los sensores CCD y los sensores CMOS es habitual una disposición de los píxeles sensibles en la banda espectral roja, verde y azul en el denominado patrón Bayer. Este patrón se caracteriza por que en una matriz bidimensional de elementos sensores, los elementos sensores con una sensibilidad espectral idéntica no son adyacentes ni en dirección horizontal ni en la dirección vertical. En este caso se utilizan píxeles que son sensibles a la luz roja, verde y azul, predominando el número de los píxeles sensibles a la luz verde y siendo el doble de grande que el número de los píxeles sensibles a la luz roja o la luz azul. Como se describirá más adelante con más detalle una iluminación irregular de un patrón de color de este tipo y el sistema electrónico de procesamiento de imágenes optimizado para una iluminación regular de la cámara en color lleva a que el sensor o la cámara en color genere para los elementos sensores iluminados por una única fibra óptica una información de imagen alterada con respecto al color.

10 En la digitalización de la representación a través de un haz de fibras el problema aún se agrava, ya que la formación de imágenes está comprometida. En caso de que una única fibra terminara directa y exclusivamente en un único elemento sensor, entonces la intensidad podría determinarse exactamente de manera electrónica. Sin embargo, para la fibra óptica correspondiente sólo sería posible la determinación de un valor de color para una componente de color. Es decir, si bien desde un punto de vista físico se conocería la componente de color de la que se trata, sin embargo, no puede llegarse a ninguna conclusión acerca de la composición de color. Para determinar un valor de color, es por tanto deseable, representar cada fibra sobre varios elementos sensores (por ejemplo sobre 3 x 3 ó 5 x 5 elementos sensores). Sin embargo, por la desigualdad de elementos sensores estimulados tras la conversión de datos brutos de intensidad del patrón Bayer a valores de color se produce un desplazamiento de color no deseado.

15 Esto se debe a que por la geometría irregular de las fibras ópticas dentro del fibroscopio los píxeles individuales de la cámara no se iluminan con una intensidad idéntica. Mientras que una fibra ilumina por ejemplo cuatro píxeles sensibles a la luz roja es posible que la fibra adyacente sólo ilumine tres píxeles sensibles a la luz roja. Si a partir de los píxeles así iluminados, suponiendo una iluminación regular (tal como en la que se basa el algoritmo que se aplica en una cámara en color) se calcula un valor de color o varios valores de color, esto lleva irremediablemente a un desplazamiento de color no deseado. Este desplazamiento de color es para el observador muy molesto y por modificaciones abruptas del color (características en la imagen) lleva también a efectos no deseados adicionales.

20 Por ejemplo, si debido a una imagen alterada con respecto al color de este tipo debe realizarse una compensación de movimiento o estimación de movimiento, esto prácticamente no es posible, porque la estimación de movimiento se basa precisamente en hallar patrones de intensidad idénticos en diferentes zonas de imagen de tomas posteriores diferentes. En caso de que las tomas individuales tengan una alteración del color en sí mismas, es decir, si presentan una intensidad alterada, entonces el algoritmo de compensación de movimiento tampoco puede llegar a ningún resultado fiable.

25 Las dos solicitudes de patente japonesas JP-A-08101439 y JP-A-08191440 proponen realizar una corrección de color de un valor de color, asociado al centro de una representación fibroscópica, antes de que se represente la imagen. En este caso sólo se utiliza la información de color de un único punto asociado al centro de la fibra sobre el sensor, para que valga como punto de partida para la corrección de color. Los elementos sensores con una selectividad del color diferente no se utilizan. En su lugar se utiliza el valor de color de la calibración generado directamente por el sensor utilizado.

El objetivo de la presente invención, es proporcionar un dispositivo y un procedimiento que permitan generar de manera fiable un valor de color asociado a una fibra óptica de un fibroscopio.

30 Este objetivo se soluciona mediante un dispositivo según la reivindicación 1 ó 7, mediante un procedimiento, según la reivindicación 13 ó 14 o mediante un programa informático según la reivindicación 15.

35 Algunos ejemplos de realización de la presente invención se basan en este caso en el conocimiento de que un valor de color para una fibra óptica de un fibroscopio puede generarse basándose en los valores de intensidad de una pluralidad de elementos sensores de una disposición de elementos sensores, sensibles en cada caso a una banda espectral de una pluralidad de bandas espectrales de sensor, cuando se proporcionan valores de calibración para cada una de las bandas espectrales asociados a la fibra óptica. Con los valores de calibración proporcionados pueden combinarse los valores de intensidad de todos los elementos sensores iluminados por el conductor de luz, de la banda espectral respectiva para obtener el valor de color asociado a la fibra óptica que reproduce el color de la luz transportada por la fibra óptica sin errores.

40 Un valor de color en el sentido de la presente descripción es en este caso una magnitud que permite determinar de manera unívoca una posición en cualquier espacio de color. Pueden ser por ejemplo tripletes de números en el caso del espacio de color RGB e YUV. En este caso, evidentemente, también son posibles representaciones que utilizan más de tres colores primarios o más de tres magnitudes, para caracterizar el color.

Además el concepto no se limita a utilizar colores en la banda espectral visible. Por ejemplo el procedimiento también puede utilizarse en la banda espectral infrarroja o en la banda espectral ultravioleta para determinar valores de color libres de alteraciones.

5 En el caso de utilizar sensores para bandas espectrales no visibles puede realizarse una visualización a través de una representación de colores alterados, o puede utilizarse un mapeo sencillo de la banda espectral no visible sobre la banda espectral visible para visualizar los valores de intensidad obtenidos en la banda espectral no visible y, por ejemplo, para el diagnóstico médico. De este modo, con la utilización de ondas electromagnéticas no visibles también se aumenta la calidad de la imagen de manera significativa, ya que los detalles más pequeños, que por el contrario podrían quedar enmascarados por el ruido de color, pueden reconocerse en la toma o se hacen reconocibles en caso de utilizar el concepto según la invención.

10 Independientemente de la banda espectral utilizada es ventajoso para un reconocimiento del movimiento, que posiblemente se realiza basándose en los valores de intensidad determinados, cuando puede evitarse la alteración de valores de color. En este caso el reconocimiento del movimiento también puede basarse en valores de color o intensidad, que se obtuvieron en la banda espectral no visible.

15 Según un ejemplo de realización de la invención se calibra una disposición compuesta por una fibra óptica y una cámara en color colocada en el ocular de la fibra óptica antes del inicio de la propia medición, para lo que se ilumina de manera homogénea el haz de fibras con luz blanca con una composición espectral conocida. Cuando se conoce la composición espectral de la luz utilizada para la calibración puede realizarse un ajuste de color de los píxeles o elementos sensores asociados a la fibra óptica respectiva, ya que se conoce exactamente el valor de color que deben reproducir los píxeles. Si, por ejemplo, se utiliza luz blanca, entonces en un procedimiento sencillo con elementos sensores, que son sensibles a rojo, verde y azul, puede suponerse que cada uno de los canales de color, que pueden detectar los elementos sensores individuales, debe contribuir en la misma medida a la intensidad total. Entonces un valor de color para luz blanca se representa mediante un triplete de valores de intensidad, presentando cada valor de intensidad el mismo valor. Así, en caso de utilizar luz blanca y un sensor de RGB es posible utilizar un algoritmo matemático sencillo para la calibración, ya que en este caso puede partirse de que tras la calibración cada canal de color deberá contribuir con la misma intensidad al resultado de lectura, de modo que para cada canal de color deben determinarse factores de corrección mediante un cálculo sencillo, que llevan a que tras una corrección cada canal de color contenga una tercera parte de toda la intensidad detectada de una fibra óptica, cuando se utiliza luz blanca.

30 En otro ejemplo de realización se utiliza para la calibración luz que no posee una apariencia blanca. Sólo es importante que la composición espectral de la luz utilizada sea conocida para calibrar los elementos sensores asociados a una fibra óptica, o para determinar un factor de calibración, que está asociado a cada una de las bandas espectrales de la pluralidad de bandas espectrales de sensor de la fibra óptica en cuestión. La utilización de luz que no sea blanca, puede tener en este caso la ventaja de que puede utilizarse luz que aproximadamente presente la composición de color que normalmente se observa con el fibroscopio en su uso en medición. Si por ejemplo se realizan exámenes endoscópicos en partes de tejido del color de la piel puede ser ventajoso utilizar luz con una apariencia de rojiza a de color rosa para la calibración, ya que entonces los valores de calibración se determinan con luz de una composición espectral, que se observa realmente durante las mediciones. Esto lleva a mejores resultados en la reconstrucción y, por ejemplo, aún puede mejorarse la solidez del color de las tomas en la medición.

40 En otro ejemplo de realización de la presente invención la calibración no se realiza mediante una suma de los valores de intensidad de los píxeles asociados a las bandas espectrales respectivas. Más bien se realiza un enfoque basado en histograma, es decir, a la frecuencia de los valores de intensidad que aparecen de una banda espectral se adapta una función (por ejemplo una función gaussiana), que reproduce la distribución de intensidad producida por una fibra óptica sobre la superficie de un sensor de color. En caso de que la estadística permita una adaptación de una función de intensidad de este tipo para cada color, es decir, si una única fibra óptica ilumina suficientes elementos sensores, este procedimiento, por ejemplo, mediante la comparación de los parámetros hallados de la función que va a adaptarse, permite una determinación exacta de los valores de calibración.

45 En otro ejemplo de realización de la presente invención para cada elemento sensor, iluminado por una fibra óptica, se proporciona adicionalmente un factor de ponderación de perfil, que considera el hecho de que la distribución de intensidad generada por medio de una fibra óptica sobre la superficie de un sensor o una disposición de sensor disminuye hacia los bordes independientemente del color. El factor de ponderación de perfil puede utilizarse entonces adicionalmente al factor de calibración, que es específico para la banda espectral, para considerar, en la determinación del valor de color asociado a la fibra óptica, también la distribución de intensidad producida por la geometría de la fibra óptica, de la luz transportada por medio de una fibra óptica.

55 En otro ejemplo de realización de la presente invención, un dispositivo de calibración genera para cada fibra óptica de un fibroscopio valores de calibración para cada banda espectral de las bandas espectrales de sensor favorecidas por un sensor, de una disposición de elementos sensores. Para ello la fibra óptica se ilumina con luz con una composición espectral conocida y una unidad de evaluación determina valores de calibración para las bandas espectrales respectivas, de modo que un valor de color, que puede formarse mediante los valores de intensidad de los elementos sensores iluminados, calibrados con los valores de calibración, reproduce la composición espectral de la luz.

Ejemplos de realización preferidos de la presente invención se explican a continuación con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

la figura 1, la representación de una fibra óptica sobre una disposición de elementos sensores;

la figura 2, un ejemplo de realización de un dispositivo de calibración;

5 la figura 3, un ejemplo de realización de un dispositivo para la generación de un valor de color asociado a una fibra óptica;

la figura 4, un ejemplo de un procedimiento para determinar valores de calibración; y

la figura 5, un ejemplo de un procedimiento para la generación de un valor de color asociado a una fibra óptica.

10 La figura 1 muestra como ejemplo la representación de una fibra óptica sobre la superficie de una disposición de elementos sensores, que se compone de elementos sensores con una sensibilidad espectral diferente. Como ejemplo se representa sin perder la generalidad, un sensor con elementos sensores dispuestos en forma de matriz, que son sensibles al rojo (por ejemplo elemento 4 sensor marcado con R), verde (por ejemplo elemento 6 sensor marcado con G) y azul (por ejemplo elemento 8 sensor marcado con B). En la disposición mostrada en la figura 1, los elementos sensores o píxeles sensibles al rojo, verde y azul están dispuestos en el denominado patrón Bayer. Esta disposición debe entenderse únicamente a modo de ejemplo. Ejemplos de realización adicionales de la invención pueden basarse en cualquier disposición de sensor, por ejemplo en disposiciones de sensor en forma de matriz con otra disposición geométrica de los elementos sensores sensibles a diferentes bandas espectrales. Además los elementos sensores individuales tienen que ser no cuadrados, por ejemplo pueden tener forma de paralelepípedo o hexagonal, siendo posible en este último caso disponer los elementos sensores de otra forma en cuanto a la geometría. Una disposición favorable es disponerlos no en forma de matriz sino más bien de modo que cada uno de los lados de los elementos sensores hexagonales limite con otro elemento sensor adyacente, de modo que toda la superficie disponible de la disposición de elementos sensores esté cubierta sin huecos con elementos sensores.

25 La figura 1 muestra en la mitad izquierda del dibujo una representación 10 en escala de grises de una disposición 12 de elementos sensores representada en detalle en la mitad derecha del dibujo, en la que los píxeles sensibles al rojo, azul y verde están dispuestos en el patrón Bayer. En las representaciones se representa esquemáticamente el contorno de una fibra 14 óptica (f) utilizada para iluminar la disposición de elementos sensores. Además, para aclarar el efecto o el origen de la alteración del color en la iluminación por medio de una fibra óptica, se muestra un contorno 16 de fibra óptica alternativo. En este caso la toma 10 en escala de grises representada en la mitad izquierda del dibujo se basa en una iluminación, que se realizó por medio de la fibra 14 óptica y luz blanca. En el caso de una iluminación homogénea con luz blanca todos los elementos sensores de las diferentes bandas espectrales indicarían prácticamente valores de intensidad idénticos. En el centro del contorno de la fibra 14 óptica en la representación 10 en escala de grises puede reconocerse esta propiedad, ya que en la zona central de la fibra 14 óptica se genera un perfil de intensidad, que no presenta gradientes intensos. Por tanto en la zona central de la fibra 14 óptica los píxeles individuales o los valores de intensidad asociados a los elementos sensores individuales son prácticamente igual de elevados (claros). Hacia el borde de la fibra óptica se reducen las intensidades, tal como puede deducirse de la representación 10 en escala de grises. Esto se debe a las propiedades de conducción de luz de la fibra óptica.

40 El siguiente párrafo breve explicará de nuevo cómo se produce el desplazamiento de color en la iluminación de un elemento sensor de color habitual de una fibra óptica. Tal como puede observarse mediante la representación 12, las bandas espectrales (colores) individuales las detecta la disposición de elementos sensores no en el mismo lugar, sino en lugares adyacentes. Aún así el valor de color, que en el caso del espacio de color de RGB se compone de un triplete de tres intensidades (para rojo, para verde y para azul), debe asociarse a un punto. Para ello deben interpolarse las intensidades detectadas individuales, para poder indicar un valor de color para una coordenada de lugar. Esta interpolación se realiza normalmente por la propia cámara suponiendo que toda la superficie del sensor esté iluminada de manera uniforme por el sistema óptico utilizado. Bajo esta suposición es posible calcular un valor de color sin alteración del color considerando las superficies de píxel sensibles para la banda espectral respectiva y la intensidad detectada dentro de estas superficies. Este procedimiento implementado en la cámara no funciona en caso de una iluminación por medio de fibras ópticas, ya que en este caso, como puede observarse, por ejemplo, en la representación 10 en escala de grises, no se cumple la condición de la iluminación homogénea. En este caso ha de considerarse por un lado, que la zona central está iluminada con una mayor intensidad que la zona de borde. En el ejemplo mostrado en la figura 1 se ilumina por ejemplo el píxel 20 central sensible al verde con alta intensidad, el píxel sensible al azul adyacente a éste, con una menor intensidad. Como éstos se utilizan para la interpolación de color (igual que los píxeles sensibles al rojo adyacentes) mediante la cámara, esto lleva a que el valor de color asociado por la cámara al lugar geométrico del píxel central sensible al verde esté alterado (a que tenga una componente verde demasiado fuerte).

55 Adicionalmente varía la proporción de las superficies de los píxeles iluminados de diferente sensibilidad espectral de una fibra óptica a otra. Esto también cambia al utilizar diferentes fibras ópticas o al variar la distancia geométrica del haz de fibras respecto a la disposición de elementos sensores. Mientras que, por ejemplo, en el contorno 14 de fibra óptica la proporción de los elementos sensores verdes iluminados prácticamente por completo por la fibra óptica con respecto a la proporción de los elementos sensores rojos iluminados prácticamente por completo asciende aproximadamente a

8/4, esta proporción de superficie aumentaría en el contorno 16 dibujado a modo de ejemplo a 4/1, lo que irremediamente tendría como consecuencia un desplazamiento de verde.

Para compensar el efecto de este desplazamiento de crominancia, en los siguientes párrafos se describe un procedimiento de varias etapas para la corrección del desplazamiento de color en sistemas ópticos de fibras así como un dispositivo correspondiente.

En este caso, a continuación, como representa la figura 1, sólo se considerarán aquellos elementos sensores, que se iluminan por la fibra óptica asociada a los mismos. En la imagen (10) en escala de grises de la figura 1 son por ejemplo los elementos sensores rodeados por el contorno 22 (SE). Esta elección debe entenderse sólo a modo de ejemplo. Respecto a los píxeles de borde existe en este caso una cierta libertad y éstos, en las siguientes consideraciones, también podrían incluirse, es decir, podrían considerarse todos los píxeles, aún cuando éstos sólo presenten una superposición geométrica muy reducida con el contorno de la fibra óptica. Para la aplicación del algoritmo descrito a continuación el contorno exacto no es esencial, sin embargo es necesario, que tras la calibración ya no cambie.

En primer lugar es necesario hallar y determinar los elementos sensores iluminados por una fibra óptica, es decir, el contorno 22 (SE). Esto es posible con una precisión que sobrepasa la extensión geométrica de los elementos sensores individuales. Por ejemplo, puede determinarse el centro de la distribución de luz asociada a una fibra mediante la sumación ponderada de las intensidades de los elementos sensores individuales, o puede adaptarse una función de distribución de intensidad bidimensional a la distribución de intensidad observada por un sensor, a partir de cuyos parámetros puede determinarse el centro de la distribución de luz.

Una primera etapa de la inicialización comprende por tanto el registro de fibra con precisión de subpíxel. Una calibración de color posterior para el cálculo de factores de corrección o valores de calibración se describe con más detalle más abajo. Para la inicialización o la calibración se traza, por ejemplo, y sin perder la generalidad una imagen en blanco, que a continuación llevará el índice k. Los valores de intensidad o las zonas de fibra en esta imagen no deben presentar en este caso ninguna saturación, es decir, el valor máximo de la intensidad en la imagen no debe sobrepasar el valor máximo de la resolución de sensor o el valor numérico máximo dependiente de la profundidad de digitalización.

Respecto a las consideraciones que siguen se realiza la observación previa de que la inicialización sólo tiene que realizarse en teoría una vez. De todos modos en la práctica una recolocación o disposición entre la sección transversal de la fibra (fibroscopio) y el sensor puede hacer necesaria una inicialización repetida. Para anticiparse a una posible alteración de este tipo, la inicialización también puede repetirse regularmente para una calibración posterior.

Con respecto al registro de fibra, es decir, la determinación de los puntos centrales de la fibra sobre la superficie del sensor y los elementos sensores iluminados por medio de una fibra ha de indicarse además, que las cámaras o disposiciones de elementos sensores que pueden obtenerse en el mercado funcionan habitualmente con una cuantificación de ocho bits. Las cámaras más nuevas ofrecen no obstante cada vez más la posibilidad de detectar datos de imágenes con una mayor cuantificación, como, por ejemplo, con 12, 14 ó 16 bits. En caso de utilizar una mayor profundidad de cuantificación puede determinarse el lugar del centro de una fibra óptica con mayor precisión, de modo que en algunos ejemplos de realización de la presente invención puede producirse la localización de los centros de las fibras basándose en los valores de escala de grises de alta resolución, tras lo cual se realiza la calibración de color posterior basándose en una representación con una resolución menor de la imagen tomada.

En caso de una iluminación con luz blanca, suponiendo una composición de color uniforme de la luz blanca y una sensibilidad máxima idéntica de los elementos sensores asociados a las bandas espectrales respectivas puede producirse la determinación de los centros de fibra, por ejemplo, mediante la adaptación de una única distribución de intensidad al patrón de intensidad trazado, ya que bajo las suposiciones realizadas anteriormente cada elemento sensor, independientemente de su color, reacciona a la luz blanca con una sensibilidad idéntica. Como alternativa puede utilizarse evidentemente también luz de colores para la determinación de los centros de fibra, siendo únicamente necesario conocer la sensibilidad espectral de los elementos sensores individuales, para considerar la iluminación mediante luz de colores por factores de corrección derivados a partir de las sensibilidades espectrales de los elementos sensores individuales.

Sólo por motivos de comprensión se indica que tras la determinación de los centros de fibra y la corrección de color descrita a continuación puede realizarse una interpolación de varias tomas sucesivas (por ejemplo, con métodos para la compensación de movimiento) para obtener una representación sin artefactos, fiel al color de la escena detectada con fibra óptica.

La corrección ahora descrita del error de color se ilustra a continuación, sin perder la generalidad, para el espacio de color de RGB de tres canales. En este caso, en las siguientes consideraciones, se hace referencia a las características mostradas en la figura 1, y en este caso en particular a la zona 14 designada con f en la representación 10 en escala de grises cubierta por la fibra óptica, de los elementos sensores SE. En este caso es decisiva para los canales de color individuales, que a continuación se denominarán R, G y B, la representación esquemática representada en la parte derecha del dibujo de un sensor de cámara CCD con el patrón Bayer de RGB.

Para un sensor de este tipo puede generarse la imagen de intensidad con alta cuantificación, es decir, una alta resolución y realizarse la corrección de color descrita a continuación en los datos cuantificados de manera fina. Para un

procesamiento posterior potencial mediante compensación de movimiento se indica además, que ésta no sólo puede realizarse basándose en las coordenadas determinadas de los centros de fibra, sino, por ejemplo, también en los píxeles del canal verde localmente de mayor resolución.

5 Como ya se mencionó, la información sobre la posición de los centros de fibra y la naturaleza de la forma de fibra se considerará a continuación conocida.

La figura 2 muestra a modo de ejemplo una representación esquemática de un ejemplo de un dispositivo de calibración para determinar valor de calibración asociado a una fibra óptica de un fibroscopio para cada banda espectral de una pluralidad de bandas espectrales de sensor de la disposición de elementos sensores, que se compone de elementos sensores sensibles en cada caso a una banda espectral.

10 El dispositivo 30 de calibración presenta una unidad 32 de detección para detectar valores 34 de intensidad (I_{ij}) para todos los elementos sensores iluminados por la fibra óptica con luz con una composición espectral conocida. En este caso y a continuación el índice i designa la banda espectral de sensor considerada y el índice j un píxel específico de la banda espectral de sensor considerada, al que ilumina la fibra óptica respectiva.

15 El dispositivo 30 de calibración presenta además una unidad 36 de evaluación, para determinar los valores 38 de calibración C_i asociados a las bandas espectrales respectivas, de modo que un valor de color, que puede formarse a partir de los valores de intensidad de los elementos sensores, ponderados con los valores de calibración respectivos, describe la composición espectral de la luz. La calibración de color sirve por tanto para calcular los factores de corrección o los valores 38 de calibración C_i .

20 Se da por hecho la información del registro de fibra, por la que ahora todos los elementos sensores SE pueden asociarse a su fibra f más próxima, tal como puede deducirse, por ejemplo, de la figura 1. Para una imagen en blanco con el índice k , es decir, una iluminación con luz blanca, son para la fibra f de la pluralidad de todas las fibras F los elementos

$$SE^{k,f} \quad \text{con } f \in F.$$

25 La unidad 36 de evaluación generará valores de calibración de tal manera que un valor de color calibrado describa la composición espectral de la luz. Esto puede conseguirse, por ejemplo, considerándose una suma ponderada de los valores de intensidad de los elementos sensores correspondientes a los valores de calibración respectivos.

Así, por canal de color pueden sumarse las intensidades de los elementos sensores SE asociados para dar una suma S :

$$S_i^{k,f} = \sum I_i^{k,f} \text{ con } i \in \{R, G, B\} \text{ y } f \in F.$$

30 A partir de aquí puede calcularse una intensidad \bar{S} media, es decir, la intensidad teórica, con la que cada color, es decir, cada banda espectral, tras la calibración debe contribuir al valor de color, según la fórmula siguiente:

$$\bar{S}_i^{k,f} = \frac{1}{3} \sum S_i^{k,f} \text{ con } i \in \{R, G, B\} \text{ y } f \in F.$$

A partir de la intensidad real de los elementos sensores S de la intensidad media así calculada puede calcularse según la siguiente ecuación

$$C_i^f = \frac{\bar{S}_i^{k,f}}{S_i^{k,f}} \quad \text{con } i \in \{R, G, B\} \text{ y } f \in F.$$

35 un factor de corrección C_i o un valor de calibración C_i para cada banda espectral de la pluralidad de bandas espectrales de sensor, es decir, para R, G y B. En el procesamiento de la imagen, la multiplicación de los valores de intensidad tomados con este factor de corrección lleva a que el desplazamiento de color, que se basa en los efectos descritos anteriormente, se anule, de modo que pueda obtenerse una imagen fiel al color.

5 La figura 3 muestra un ejemplo para un dispositivo 50 para la generación de un valor de color asociado a una fibra óptica de un fibroscopio, basándose en valores 52 de intensidad (I_{ij}) de una pluralidad de elementos sensores de una disposición de elementos sensores, sensibles en cada caso a una banda espectral de una pluralidad de bandas espectrales de sensor. El dispositivo 50 presenta una unidad 54 de provisión, para proporcionar los valores 56 de calibración generados, por ejemplo, con el dispositivo 30 de calibración para cada una de las bandas espectrales (R, G, B). El dispositivo 50 presenta además una unidad 57 de corrección para combinar los valores 52 de intensidad de todos los elementos sensores iluminados por el conductor de luz, de la banda espectral respectiva y el valor 56 de calibración asociados a la banda espectral respectiva, para obtener un valor 58 de color asociado a la fibra óptica.

10 Las etapas descritas con detalle a continuación para la generación de un valor de color pueden realizarse para imágenes individuales o para secuencias enteras de imágenes. Una secuencia de este tipo puede tener en este caso su origen en un flujo directo, es decir, en secuencias de imágenes tomadas en tiempo real, en imágenes de archivo, en una pila de imágenes o similar. Sin perder la generalidad, el procedimiento se explica, no obstante, sólo mediante una imagen individual, que llevará el índice k.

15 La unidad 57 de corrección está configurada para sumar para los $SE_i^{k,f}$ asociados de una fibra f en la imagen actual por cada canal i su intensidad I para dar la suma S:

$$S_i^{k,f} = \sum I_i^{k,f} \text{ con } i \in \{R, G, B\} \text{ y } f \in F.$$

La unidad 57 de corrección calcula además la intensidad corregida \hat{I}_i para el canal i de una fibra f a partir de la imagen actual k a partir del producto de la suma $S_i^{k,f}$ y el factor de corrección C_i^f de la siguiente manera:

$$\hat{I}_i^{k,f} = S_i^{k,f} \cdot C_i^f \text{ con } i \in \{R, G, B\} \text{ y } f \in F.$$

20 Tras la corrección o la combinación de los valores de intensidad con el valor de calibración puede asignarse ahora a la fibra f un valor de color V_{color} , que, por ejemplo, se forma por el triplete de los valores 58 de intensidad corregidos:

$$V_{color}^{k,f} = (I_R, I_G, I_B)^{k,f} \text{ para } f \in F.$$

25 Como ya se mencionó, el uso del espacio de color de RGB y de las disposiciones de elementos sensores descritas en las figuras anteriores es meramente a modo de ejemplo. La aplicación del concepto según la invención a otro espacio de color llevaría por tanto también a un valor de color corregido, que sólo describe otra parametrización.

La figura 4 muestra un ejemplo para un procedimiento para determinar un valor de calibración asociado a una fibra óptica de un fibroscopio, para cada banda espectral de una pluralidad de bandas espectrales de sensor de una disposición de elementos sensores a partir de elementos sensores sensibles en cada caso a una banda espectral.

30 En una etapa 102 de detección se detectan valores de intensidad para todos los elementos sensores iluminados por la fibra óptica con luz con una composición espectral conocida.

En una etapa 104 de calibración se determinan los valores de calibración asociados a las bandas espectrales respectivas, de modo que un valor de color, que puede formarse a partir de los valores de intensidad de los elementos sensores, combinados con los valores de calibración respectivos, describe la composición espectral de la luz.

35 La figura 5 muestra un ejemplo de un procedimiento para la generación de una valor de calibración asociado a una fibra óptica de un fibroscopio, basándose en valores de intensidad de una pluralidad de elementos sensores de una disposición de elementos sensores, sensibles en cada caso a una banda espectral de una pluralidad de bandas espectrales de sensor.

En una etapa 110 de provisión se proporcionan valores de calibración asociados a una fibra óptica para cada una de las bandas espectrales de sensor.

40 En una etapa 112 de corrección se combinan los valores de intensidad de todos los elementos sensores iluminados por la fibra óptica de la banda espectral respectiva y los valores de calibración asociados a la banda espectral respectiva, para obtener el valor de color asociado a la fibra óptica.

5 Como ya se explicó, tras la corrección de color en el procesamiento adicional de las tomas fibroscópicas puede realizarse una interpolación de las tomas en color, para obtener una imagen libre de estructuras. Alternativamente también puede utilizarse una compensación de movimiento de una secuencia de imágenes en movimiento para eliminar las estructuras que se producen por la disposición geométrica de las fibras ópticas en el haz de fibras. En este caso cada uno de los algoritmos utilizados para ello puede utilizar en lugar de una amplitud de escala de grises individual el valor de color o el valor de color corregido V_{color} para cada fibra. Si las etapas anteriores se realizan con una precisión elevada (por ejemplo con cuantificaciones de 10, 12 ó 16 bits), entonces puede tener lugar una discretización a una menor cuantificación al final de los algoritmos de interpolación, de modo que todas las etapas anteriores se realicen con una precisión elevada y se produzca una etapa de recuantificación con pérdidas sólo al final de la cadena de procesamiento. Una recuantificación de este tipo puede ser necesaria, por ejemplo, para representar los resultados de las medidas de mejora de la imagen descritas anteriormente en un monitor de ocho bits. Una discretización de este tipo puede suprimirse sin embargo también por completo, cuando están disponibles medios de reproducción de alta resolución, o realizarse en otro punto.

10 Adicionalmente a un factor de corrección espectral puede utilizarse la distribución de intensidad conocida por el registro (por ejemplo, una distribución gaussiana) para la ponderación adicional de los factores de corrección. Entonces, en la sumación de las intensidades cada elemento sensor actúa como integral doble ponderada en la suma que va a calcularse y que va a ponderarse con el factor de corrección (espectral).

15 Como ya se describió, los factores de corrección para la corrección espectral pueden obtenerse también con otros algoritmos, por ejemplo, con un enfoque basado en histograma. El cálculo de la corrección del desplazamiento de color puede verse facilitado también por un hardware gráfico especialmente programable, es decir, la GPU de una tarjeta gráfica, o se puede realizar eventualmente también por completo por el hardware gráfico, para permitir un procesamiento en tiempo real. Además el concepto según la invención puede integrarse, por ejemplo, en una cámara inteligente, es decir, en una cámara, que también comprenda una capacidad de cálculo interna. Como alternativa el procedimiento también puede realizarse o estar programado para una FPGA (*Field Programmable Gate Array*; disposición de puertas programables en campo) para aumentar la velocidad de tratamiento y permitir un procesamiento en tiempo real.

20 En función de las circunstancias el procedimiento según la invención para la generación de un valor de color asociado a una fibra óptica de un fibroscopio o el procedimiento para determinar un valor de calibración asociado a una fibra óptica de un fibroscopio puede implementarse en hardware o en software. La implementación puede realizarse en un medio de almacenamiento digital, en particular un disquete o un CD con señales de control legibles electrónicamente, que pueden actuar conjuntamente con un sistema informático programable, de modo que se realicen los procedimientos según la invención. La invención consiste en general así también en un programa informático con un código de programa almacenado en un soporte legible por máquina para la realización del procedimiento según la invención cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. Dicho de otro modo, la invención puede realizarse así como un programa informático con un código de programa para la realización del procedimiento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo (50) para la generación de un valor (58) de color, que está asociado a una fibra óptica de un fibroscopio, que se representa sobre varios elementos sensores de una disposición de elementos sensores, basándose en valores (52) de intensidad de una pluralidad de elementos (22) sensores de la disposición (10) de elementos sensores, sensibles en cada caso a una banda espectral de una pluralidad de bandas espectrales de sensor, con las características siguientes:

una unidad (54) de provisión para proporcionar un valor (56) de calibración asociado a la fibra óptica para cada una de las bandas espectrales de sensor; y

10 una unidad (57) de corrección para combinar los valores (52) de intensidad de todos los elementos (22) sensores de la banda espectral respectiva, iluminados por la fibra óptica, estando configurada la unidad de corrección, para ponderar una suma de los valores (52) de intensidad de los elementos sensores de la banda espectral de sensor respectiva con los valores (56) de calibración asignados a las bandas espectrales de sensor respectivas, para obtener el valor (58) de color asignado a la fibra óptica.

15 2. Dispositivo (50) según la reivindicación 1, en el que la unidad (57) de corrección está configurada para combinar los valores (52) de intensidad I_i de los elementos sensores de la banda espectral de sensor respectiva y los valores (56) de calibración C asignados a la banda espectral de sensor respectiva para dar un valor de combinación I , de manera que la combinación puede describirse mediante la siguiente ecuación:

$$I = C \times \sum_i I_i .$$

20 3. Dispositivo (50) según la reivindicación 1 ó 2, en el que la unidad (54) de provisión está configurada adicionalmente para proporcionar para cada elemento sensor un factor de ponderación de perfil, que describe una distribución de intensidad bidimensional de todos los elementos sensores iluminados por la fibra óptica.

4. Dispositivo (50) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de corrección está configurada para proporcionar como valor de color asociado a la fibra óptica una tupla de valores de valores de intensidad corregidos obtenidos mediante la combinación, de todas las bandas espectrales de sensor.

25 5. Dispositivo (50) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad (54) de provisión está configurada para proporcionar en cada caso un valor (56) de calibración para una banda espectral de sensor roja, verde y azul.

6. Dispositivo (50) según una de las reivindicaciones anteriores, que está configurado para generar para cada fibra óptica del fibroscopio un valor de color asociado.

30 7. Dispositivo (30) de calibración para determinar un valor (38) de calibración asociado a una fibra óptica de un fibroscopio para cada banda espectral de una pluralidad de bandas espectrales de sensor de una disposición de elementos sensores de elementos sensores sensibles en cada caso a una banda espectral de sensor para una fibra óptica, que se representa sobre varios elementos sensores de la disposición de elementos sensores, con las características siguientes:

35 una unidad (32) de detección, para detectar valores (34) de intensidad para todos los elementos sensores iluminados por la fibra óptica con luz de una composición espectral conocida; y

una unidad (36) de evaluación para determinar los valores (38) de calibración asociados a las bandas espectrales de sensor respectivas de modo que un valor de color, que se forma a partir de una suma ponderada con los valores (38) de calibración respectivos, de los valores (34) de intensidad de los elementos sensores de la banda espectral de sensor respectiva, describe la composición espectral de la luz.

40 8. Dispositivo (30) de calibración según la reivindicación 7, en el que la unidad de evaluación está configurada para determinar en cada caso un valor de calibración para una banda espectral de sensor roja, verde y azul.

45 9. Dispositivo (30) de calibración según la reivindicación 8, en el que la unidad de evaluación está configurada para determinar los valores de calibración de tal manera que una suma ponderada con los valores (38) de calibración respectivos, de los valores (34) de intensidad de los elementos sensores correspondientes a las bandas (38) espectrales de sensor respectivas es idéntica para todas las bandas espectrales de sensor.

50 10. Dispositivo (30) de calibración según la reivindicación 9, en el que la unidad (36) de evaluación está configurada para determinar los valores de calibración de tal manera, que las sumas ponderadas con los valores (38) de calibración respectivos, de los valores (34) de intensidad de los elementos sensores correspondientes a las bandas espectrales de sensor respectivas corresponden a la fracción definida por el número de bandas espectrales de sensor, de la suma de los valores (34) de intensidad de todos los elementos sensores iluminados por la fibra óptica.

11. Dispositivo (30) de calibración según una de las reivindicaciones 7 a 10, en el que la unidad (36) de evaluación está configurada para determinar los valores (38) de calibración C_i para las i bandas espectrales de sensor a partir de la suma de los valores (34) de intensidad I_{ij} detectados de los elementos sensores asociados a una banda espectral de sensor

$$S_i = \sum_j I_{ij}$$

5

y una intensidad media detectada

$$\bar{S} = \frac{1}{i} \times \sum_i S_i$$

de tal manera, que la determinación puede describirse mediante la siguiente ecuación:

$$C_i = \frac{\bar{S}}{S_i} .$$

10 12. Dispositivo (30) de calibración según una de las reivindicaciones 7 a 11, que está configurado para determinar valores de calibración para cada una de las fibras ópticas del fibroscopio.

13. Procedimiento para la generación de un valor (58) de color, que está asociado a una fibra óptica de un fibroscopio, que se representa sobre varios elementos sensores de una disposición de elementos sensores, basándose en valores de intensidad de una pluralidad de elementos sensores de la disposición de elementos sensores, sensibles en cada caso a una banda espectral de una pluralidad de bandas espectrales de sensor, con las etapas siguientes:

15

proporcionar un valor de calibración asociado a la fibra óptica para cada una de las bandas espectrales de sensor; y

ponderar una suma de los valores (52) de intensidad de todos los elementos sensores iluminados por la fibra óptica, de la banda espectral de sensor respectiva con los valores (56) de calibración asociados a las bandas espectrales de sensor respectivas, para obtener el valor (58) de color asociado a la fibra óptica.

20

14. Procedimiento para determinar un valor de calibración asociado a una fibra óptica de un fibroscopio, para cada banda espectral de una pluralidad de bandas espectrales de sensor de una disposición de elementos sensores de elementos sensores sensibles en cada caso a una banda espectral respectiva para una fibra óptica, que se representa sobre varios elementos sensores de la disposición de elementos sensores, con las etapas siguientes:

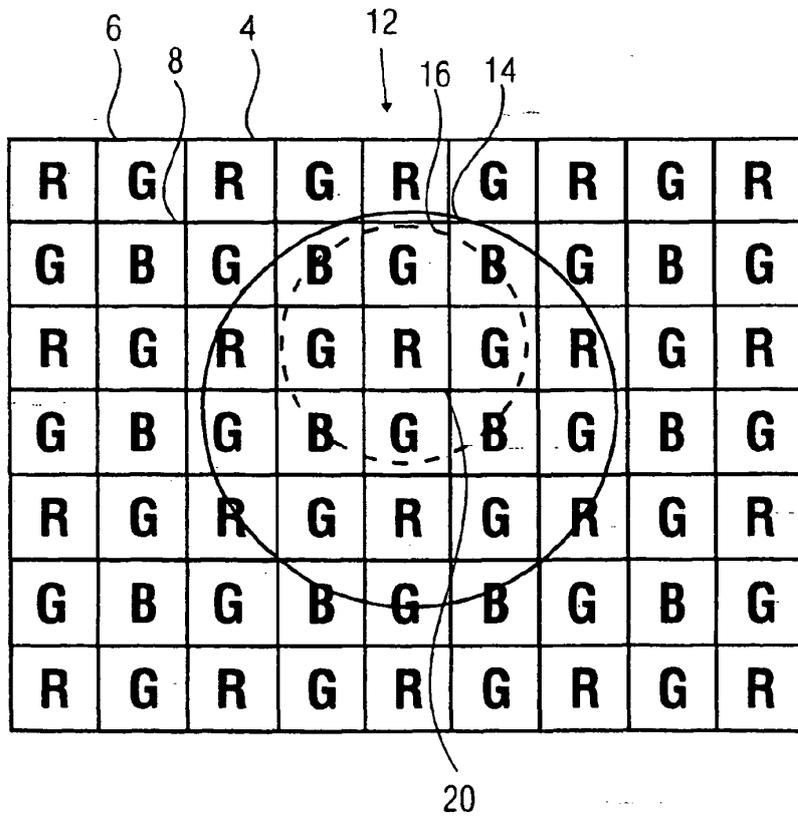
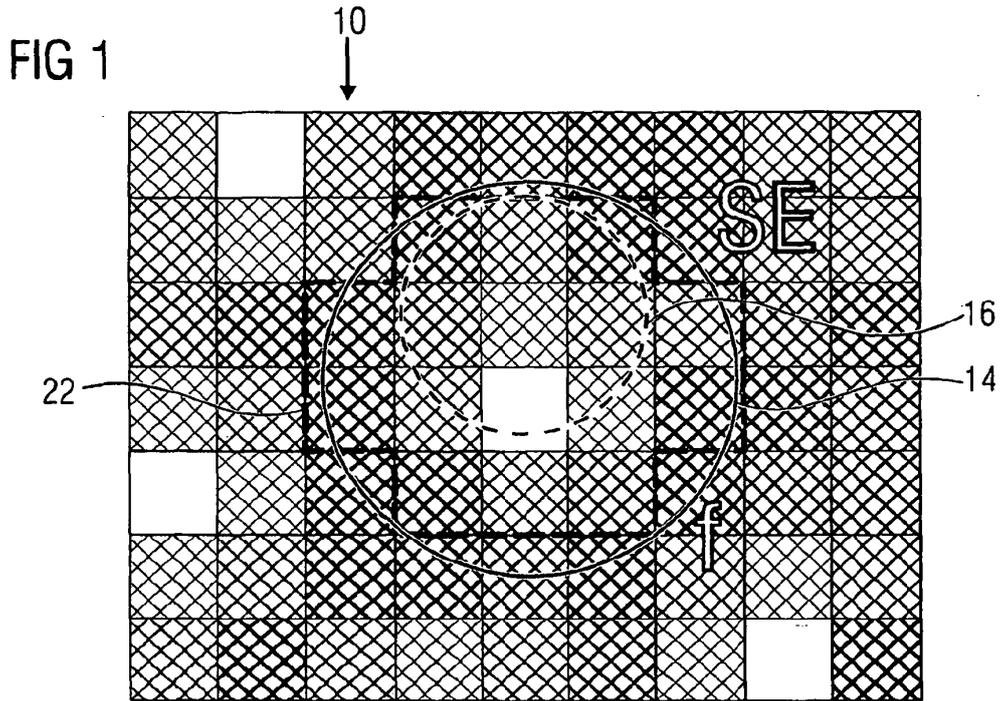
25

detectar valores de intensidad para todos los elementos sensores iluminados por la fibra óptica con luz de una composición espectral conocida; y

determinar los valores de calibración asociados a las bandas espectrales de sensor respectivas de modo que un valor de color, que se forma a partir de una suma ponderada con los valores (38) de calibración respectivos, de los valores (34) de intensidad de los elementos sensores de la banda espectral de sensor respectiva, describe la composición espectral de la luz.

30

15. Programa informático con un código de programa para la realización del procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, cuando el programa se ejecuta en un ordenador.



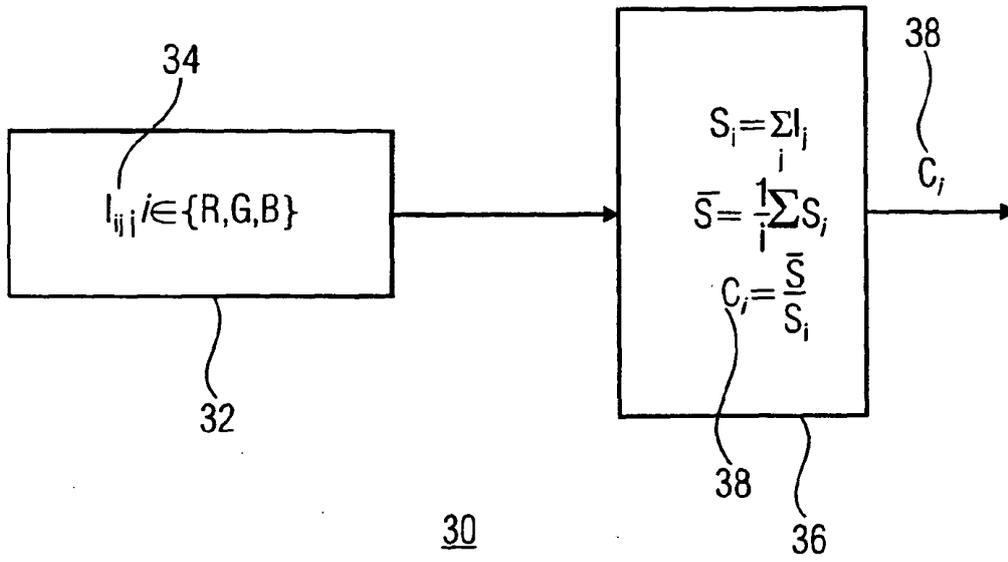


FIG 2

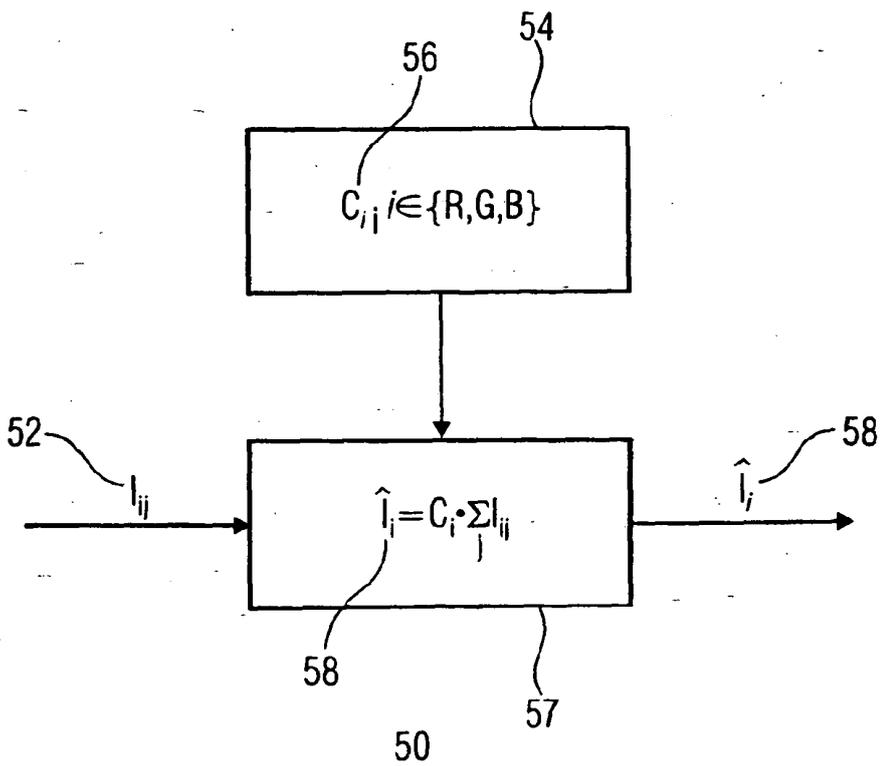


FIG 3

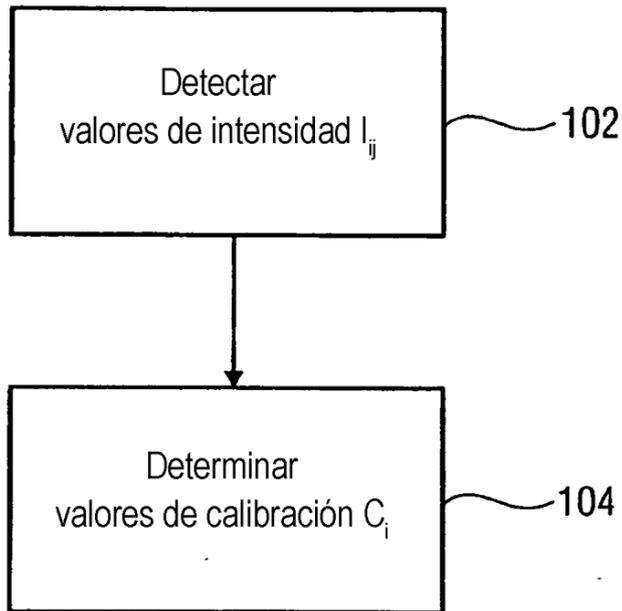


FIG 4

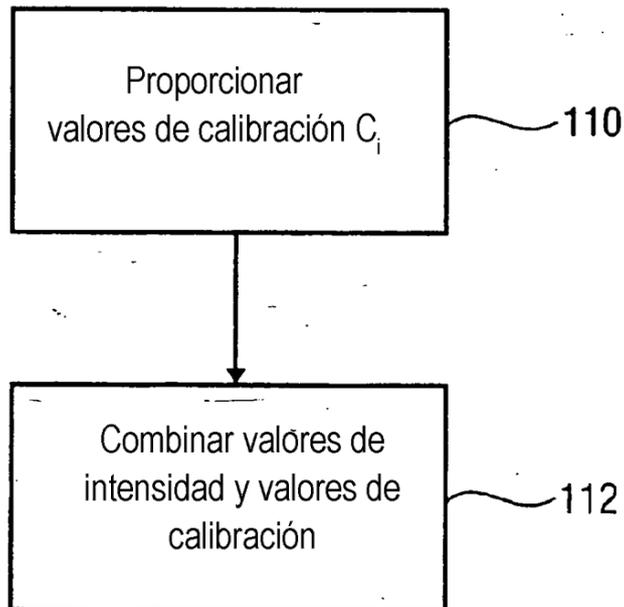


FIG 5