

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 059**

51 Int. Cl.:

H01L 27/146 (2006.01)

H04N 9/04 (2006.01)

H04N 5/33 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2007 E 07846088 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.10.2014 EP 2172973**

54 Título: **Dispositivo fotosensible de multi-espectro y método de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

09.07.2007 CN 200710075992

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

05.01.2015

73 Titular/es:

**BOLY MEDIA COMMUNICATIONS (SHENZHEN)
CO., LTD (100.0%)
Suite A, B, C, D & E, Floor 9, Jialitai Building
North of Gongye 6th Road, West of Yanshan
Road Nanshan District
Shenzhen, Guangdong 518067, CN**

72 Inventor/es:

HU, XIAOPING

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 526 059 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 fotosensible de multi-espectro y método de fabricación del mismo

5 Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un dispositivo detector de imágenes y un método para fabricar el mismo, especialmente a un dispositivo detector de imágenes para convertir la luz en un arreglo de señales electrónicas y un método para fabricar el mismo. Más en particular, la presente invención se refiere a un nuevo dispositivo detector de imágenes pancromáticas para detectar simultáneamente varios espectros (como la luz visible y la luz infrarroja) y su método de fabricación. En la presente descripción, el espectro pancromático (o color) comprende los espectros enteros de interés. Para dispositivos detectores normales (por ejemplo, los de luz visible), el pancromático comprende espectros enteros de luz visible que contienen rojo, verde, azul y blanco. Para dispositivos detectores usados para una combinación de luz infrarroja y visible, el pancromático comprende los espectros de luz visible e infrarroja. La invención se aplica a dispositivos detectores de multi-espectros para detectar imágenes monocromáticas y de color.

15 Antecedentes de la invención

20 La tecnología tradicional para diseñar y fabricar dispositivos detectores de imágenes a color ha tenido algunas limitaciones y dificultades técnicas. Más en particular, los detectores de imagen a color en la técnica anterior tienen problemas de baja sensibilidad, píxeles de resolución baja, y distorsión por repliegue del espectro de color. Generalmente, un detector de imagen hoy puede solamente detectar ya sea imágenes en blanco y negro o imágenes a color. En el presente, hay solamente algunos métodos en práctica para hacer que los detectores de imagen a color sean capaces de producir imágenes a color a partir de unas matrices de píxeles de detección única. El método más común de hacer detectores de imagen a color es cubrir las matrices de píxeles de detección con un patrón de filtro de colores en. Dos patrones de filtro de colores son principalmente usados en un chip detector tradicional de imagen a color. La Figura 1 ilustra un patrón de filtro de color, específicamente un patrón CYMG (M para rosa o magenta) (también llamado patrón de filtro de colores compuesto), que comprende los colores turquesa, amarillo, magenta y verde. Las Figuras 2(a), 2(b), 2(c) y 2(d) y las Figuras 3(a) y 3(b) ilustran algunos patrones de filtro de colores primario (RGB) ordenados como un patrón de Bayer o un patrón de tipo panal de abeja, respectivamente. Ambos de estos dos patrones detectan los colores rojo, verde y azul.

35 En los detectores de imagen a color del patrón CYMG, la matriz de píxeles comprende muchos macropíxeles. Cada macropíxel comprende cuatro píxeles, estando cada uno recubierto por un filtro de colores C, Y, M o G, respectivamente. Sin embargo, es un patrón de colores primarios (específicamente RGB) y no el patrón CYMG el que se usa en el monitor industrial, y por lo tanto es necesario transformar una matriz para el color C, Y, M o G a una matriz para RGB con el fin de convertir el patrón CYMG a un patrón RGB. Además, debido a que cada píxel detecta solamente un color (ya sea turquesa, o amarillo, o magenta, o verde), para detectar los colores RGB por cada píxel, se necesita una técnica de interpolación para interpolar los colores faltantes de los píxeles adyacentes. En el patrón de Bayer (la patente de Estados Unidos núm. 3,971,065), la matriz de píxeles detectores comprende muchos macro-píxeles, cada uno comprende cuatro píxeles recubiertos con solamente colores RGB. El patrón de Bayer adicionalmente requiere que en cada macropíxel, dos elementos en una de las diagonales deben detectar el verde o un color que corresponda a la luminancia de la imagen, mientras que los otros dos colores detectados son el rojo y el azul, o colores que corresponden a otros dos diferentes espectros de luz visible. Del mismo modo, debido a que cada píxel detecta solamente un tipo de color (rojo, o verde, o azul), para detectar los otros dos colores faltantes en los píxeles, se necesita la interpolación para interpolar los colores faltantes de los píxeles adyacentes. El patrón de Bayer tiene cuatro diferentes ordenamientos, cada uno representa una cierta disposición de la posición RGB. En un patrón de tipo panal de abeja como se muestra en la Figura 3, un macropíxel comprende solamente tres píxeles recubiertos por colores RGB y dispuestos en forma de panal de abeja. En el patrón de tipo panal de abeja, los píxeles que detectan los colores RGB están dispuestos uniformemente y simétricamente; y el intercambio de la posición de dos píxeles aún produce un patrón de tipo panal de abeja.

50 Como se describió anteriormente, hay tres cuestiones comunes en implementar los filtros de colores formados por un patrón compuesto (CYMG), patrón de Bayer o patrón de tipo panal de abeja: reducir en primer lugar la sensibilidad a la detección de la luz debido a la existencia de los filtros de colores (comparados con los detectores monocromáticos); en segundo lugar, reducir la definición espacial efectiva (o resolución) debido a la interpolación de colores, que a su vez provoca el tercero, la distorsión por repliegue del espectro de color. Normalmente, la distorsión por repliegue del espectro de colores puede resolverse mediante el uso de filtros de paso bajo. Sin embargo, los filtros de paso bajo reducirán la definición de la imagen, y de esta manera empeora el segunda problema.

55

5 Para evitar la reducción de la sensibilidad de la luz provocada por los filtros de color, la patente de los Estados Unidos 6,137,100 describe un método para balancear la respuesta de detección de los píxeles RGB, que hace uso de la característica de los fotodiodos que tiene diferentes sensibilidades para diferentes colores. Específicamente, un fotodiodo es más sensible al verde, en segundo lugar al rojo, y luego al azul. Por lo tanto, las áreas sensibles al azul se hacen más grandes, luego al rojo y las más pequeñas al verde. La mejora en la sensibilidad al color con este método es aún limitada. Por otra parte este método solo hace hincapié en el patrón de color RGB.

10 Las patentes de Estados Unidos 2003/209651 A1, 6,198,147 y 2003/189656 A1 describen los dispositivos detectores de espectro pero están limitados a solamente una única capa detectora y/o a solamente uno o dos píxeles en la capa detectora y/o no detectar un espectro completo en una capa inferior mientras que una capa superior es transparente para ese espectro completo.

15 Recientemente, Kodak Company lanzó un método que combina los colores blanco y RGB, específicamente añadiendo un pixel detector de blanco a la matriz de píxeles RGB para incrementar la sensibilidad. Como se muestra en las Figuras 4(a), 4(b) y 4(c), cuando el pixel blanco absorbe varias veces más energía de la luz que los píxeles de color primario (rojo, verde o azul) o los píxeles de color complementario (turquesa, amarillo o magenta), el método WRGB (colores blanco y RGB) es ciertamente 2-3 veces más sensible que los detectores usados en el patrón tradicional de Bayer. Sin embargo, este método trae nuevos problemas. En primer lugar, la reconstrucción del color es más complicada. En segundo lugar, como resultado de cambiar tres colores a cuatro colores, la resolución espacial se reduce comparado con el patrón de Bayer. Por último, debido a que la sensibilidad del color blanco es 6-10 veces más que los otros tres colores RGB, las intensidades de la señal de diferentes colores son fuertemente no coincidentes, lo que limita la ventaja de la alta sensibilidad del color blanco, cuando el color con la más baja sensibilidad determina la calidad de una imagen.

20 Con el fin de evitar la interpolación de colores, Foveon Company de Estados Unidos inventó una nueva tecnología de detección de color que usa tres capas de píxeles detectores, como se muestra en la Figura. 5. Un detector de imagen de tres capas, llamado "detector de imagen X3", tiene tres capas de matrices detectoras, cada una es sensible a un espectro de luz de los colores RGB, respectivamente. El detector de imagen X3 puede solucionar el problema de la interpolación de colores, pero trae nuevos problemas debido a las diferencias de sensibilidad de las diferentes capas detectoras. El detector de sensibilidad de una capa inferior es usualmente inferior que una capa superior de las tres capas. Por lo tanto, se reduce la sensibilidad efectiva total. En adición, el costo y la complejidad se incrementarán debido a la fabricación de las tres capas. Además, tres veces más datos a ser transmitidos y procesados aumentan significativamente el consumo de energía y el costo del sistema del detector de imagen X3.

25 Los detectores de imagen a color generalmente responden al espectro continuo de color RGB. Hay también detectores de imágenes monocromáticas que son sensibles a todo el espectro visible, o el espectro infrarrojo, o ambos. La sensibilidad de este tipo de detector monocromático es generalmente 10 veces más que la sensibilidad de los detectores de imagen de patrón tradicional de Bayer (bajo la misma condición física de producción), pero un detector no puede producir color.

30 Como se mencionó previamente, aunque se han hecho muchas mejoras en los dispositivos detectores de color en la técnica anterior, cada uno solo se ha mejorado en uno o más aspectos mientras que bajan el desempeño de otros. Los detectores de imágenes de capa única no maximizan el uso de la energía de la luz mientras reducen la resolución espacial. Los detectores tricapas no usan el color blanco y los colores complementarios, reduciendo la sensibilidad. En adición, la fabricación de los detectores tricapas es excesivamente complicada.

35 Por lo tanto, es aún necesario para mejorar la técnica anterior encontrar un dispositivo detector y un método de fabricación del mismo, que pueda combinar las ventajas de los detectores de imágenes monocromáticas y de los detectores de imagen a color para solucionar los problemas técnicos en la técnica como se indicó anteriormente.

40 Resúmen de la invención

45 En vista de las cuestiones técnicas en la técnica anterior, la presente invención proporciona un dispositivo detector de imágenes, que puede superar problemas provocados por la interpolación de colores, maximiza el uso de la energía de la luz, e incrementar la resolución espacial y sensibilidad de la luz.

50 Para tal fin, se proporciona un dispositivo detector de imágenes bicapa, el cual puede incrementar el rendimiento de producción, simplificar la estructura, disminuir los datos a ser transmitidos y procesados, y reducir el costo y el consumo de energía.

En vista de lo anterior, un dispositivo detector de multi-espectro de acuerdo con la presente invención comprende píxeles detectores superiores e inferiores que se agrupan en macro-píxeles, cada macropíxel consiste en una capa superior con píxeles detectores superiores y una capa inferior con tres o cuatro píxeles detectores inferiores, en donde dichos píxeles detectores superiores detectan un primer grupo de espectros de colores, dichos píxeles detectores inferiores detectan un segundo grupo de espectros de colores, un espectro detectado por un píxel detector en la capa inferior no está incluido en un espectro detectado por un píxel detector en la capa superior en una posición correspondiente, en donde la capa inferior detecta un espectro de colores que tiene mayor longitud de onda que la longitud de onda de un espectro de colores detectado en una posición correspondiente en la capa superior, en donde para cada posición en la capa inferior un espectro de colores detectado en la capa inferior es ortogonal al espectro de colores detectado en una posición correspondiente en la capa superior ya sea dentro de un espacio espectral de luz visible o un espacio espectral compuesto de luz visible y de luz infrarroja, en donde para una posición en la capa inferior el espectro de colores detectado en la capa inferior es complementario al espectro de colores detectado en la capa superior en una posición correspondiente dentro de un espacio espectral de luz visible o un espacio espectral compuesto de luz visible y luz infrarroja, en donde el segundo grupo de espectros de colores comprende blanco o blanco más infrarrojo y una posición en la capa superior que corresponde al píxel detector en la capa inferior que detecta el blanco o blanco más infrarrojo, respectivamente, es transparente, y en donde, de un macropíxel, dos píxeles detectores en la capa superior en adición a la posición transparente en la capa superior, cada uno detecta un espectro de colores diferentes o dos píxeles detectores en la capa inferior en adición al píxel detector que detecta el blanco o blanco más infrarrojo en la capa inferior, cada uno detecta un espectro de colores diferente.

En una modalidad el primer grupo de espectros de colores comprende espectros de colores seleccionados a partir del azul, verde, turquesa y blanco, y el segundo grupo de espectros de colores adicionalmente comprende espectros de colores seleccionados a partir del verde, rojo, amarillo, infrarrojo, rojo más infrarrojo, y amarillo más infrarrojo.

En otra modalidad, para más de una o cada posición en la capa inferior del espectro de colores detectado en la capa inferior es complementaria al espectro de colores detectado en la capa superior en una posición correspondiente.

Con el dispositivo y método descritos anteriormente pueden obtenerse las siguientes ventajas.

1. El dispositivo detector de multi-espectro diseñado para tener al menos dos capas, en donde al menos una capa comprende píxeles detectores para detectar al menos dos espectros de colores, en primer lugar puede detectar una pluralidad de espectros en el mismo tiempo para evitar interpolación de colores, que obtiene el mismo, mayor, o incluso en teoría la más alta resolución espacial comparada con el patrón de Bayer (o cualquiera de los otros patrones); en segundo lugar puede hacer un uso máximo de, con diferentes capas, la energía incidente de la luz en todas las regiones espectrales de manera que se obtenga la máxima eficiencia en la utilización de la luz y la máxima sensibilidad; y en tercer lugar puede detectar más que tres colores de tal manera que se obtiene una gama de representación de colores más grande en adición a una completa reconstrucción del color.
2. Especialmente, con una estructura bicapa (capa superior y capa inferior) de un dispositivo detector de multi-espectro, la energía de la luz incidente (para mejorar la señal) se usa al máximo a un bajo costo, mientras que las señales de ruido electrónico producidas durante la conversión fotón-a-calor pueden reducirse. Además, en la fabricación, la producción eficiente se incrementará, y los datos a ser procesados y transmitidos disminuirán, y el costo y el consumo de energía del dispositivo se reducirán.
3. La presente invención hace una ordenación óptima de los diferentes píxeles detectores en las respectivas capas, de tal manera que un color en la capa inferior es ortogonal al color en la posición correspondiente en la capa superior. La longitud de onda de las luces detectadas por los píxeles detectores en la capa inferior es mayor que la longitud de onda de las luces detectadas por los píxeles detectores en la posición correspondiente en la capa superior, y el espectro detectado por los píxeles detectores en la capa inferior no se incluye en aquel detectado por los píxeles detectores en la capa superior en la posición correspondiente (de otra manera los píxeles en la capa inferior no pueden obtener fotones del espectro requerido). Cuando una luz que tiene una longitud de onda más larga tiene una capacidad de penetración más profunda (comparado a una luz que tiene una longitud de onda más corta), podemos hacer un uso máximo de la energía incidente de la luz para mejorar la resolución espacial al disponer de píxeles detectores en diferentes capas ortogonales o complementarias entre sí.
4. La presente invención difiere del detector de imagen X3 de la compañía Foveon en que, cada capa puede comprender píxeles que detectan diferentes colores, y los píxeles pueden estar en la misma o diferentes profundidades, mientras que cada capa del detector X3 comprende píxeles que detectan el mismo color en la misma profundidad. De esta manera, se logra un uso más eficiente de las áreas de detección a través de un diseño en tres dimensiones. Por otra parte, la presente invención funciona en una combinación de la luz infrarroja y la luz visible, que es diferente de la técnica anterior.
5. La presente invención dispone píxeles detectores en la capa superior y en las capas inferiores de tal manera que los espectros detectados por las capas superiores e inferiores son complementarias (o al menos ortogonales) entre sí,

haciendo de esta manera un uso máximo de la energía de la luz incidente. En la implementación, hacerlos ortogonales en lugar de complementarios puede simplificar el proceso de producción, o mejorar la resolución espacial.

6. Si los colores detectados por las capas superiores e inferiores se seleccionan estrictamente de acuerdo con una línea de capas, los colores detectados por la capa superior están por encima de la línea de capas y los colores detectados por la capa inferior están por debajo de la línea de capas. De este modo, todos los píxeles detectores en la capa superior pueden trabajar en la misma profundidad, todos los píxeles detectores en la capa inferior pueden estar dispuestos además en la misma profundidad.
7. De acuerdo con la presente invención, el dispositivo puede fabricarse ya sea usando filtros de colores o no. Debido a que los filtros de colores absorben energía de la luz y parte de la energía absorbida de la luz normalmente se convertirá en ruido térmico, el dispositivo de la invención se produce preferiblemente sin los filtros de colores, para convertir al máximo la luz en señales electrónicas.

Se discutirán dispositivos detectores de multi-espectro para detectar luz visible y luz infrarroja de acuerdo con las modalidades de la presente invención, los cuales son ilustrativos solamente para demostrar las implementaciones y ventajas de estos de acuerdo con la presente invención, pero de ninguna manera se limitará el alcance de la invención.

Para los experimentados en la técnica, los propósitos anteriores y otros, así como ventajas de la presente invención resultarán evidentes con las descripciones detalladas e ilustraciones de las modalidades preferidas con referencia a los dibujos como se muestra más abajo.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama que muestra un patrón de filtro de colores CYMG.

Las Figuras 2(a), 2(b), 2(c) y 2(d) son unos diagramas que muestran un patrón de Bayer de filtros de colores RGB y sus variaciones.

Las Figuras 3(a) y 3(b) son los diagramas que muestran patrones de tipo panal de abeja de los filtros de colores RGB.

Las Figuras 4(a) y 4(b) son los diagramas que muestran los nuevos patrones de filtro de colores Kodak que usan el color blanco.

La Figura 5 es un diagrama que explica los filtros de tres capas de colores del chip de imagen X3 de Foveon.

La Figura 6(a) es un diagrama que explica la relación entre los espectros de colores rojo, verde, azul, amarillo, turquesa, blanco e infrarrojo.

La Figura 6(b) es un diagrama que explica la relación entre la profundidad incidente y la longitud de onda de la luz en un objeto opaco, en el que las líneas de capas se usan para simplificar la implementación de diferentes dispositivos detectores.

Las Figuras 7(a) y 7(b) muestran ejemplos de algunos pares de colores ortogonales y complementarios.

Las Figuras 8(a)-8(d) describen una modalidad preferida de un dispositivo detector de colores bicapa de acuerdo con la presente invención y sus variaciones que usa un patrón de Bayer generalizado, en donde la Figura 8(a) puede conducir a dispositivos detectores de imágenes de colores CYMK.

Las Figuras 9(a)-9(d) describen otra modalidad preferida de un dispositivo detector de colores bicapa de acuerdo con la presente invención en el patrón YUV422 y variaciones de este.

Las Figuras 10(a)-10(d) describen otra modalidad preferida del dispositivo detector de colores bicapa de acuerdo con la presente invención en un patrón de tipo panal de abeja y variaciones de este.

Las Figuras 11(a) y 11(b) describen una modalidad preferida del dispositivo detector de multi-espectro de capa única de acuerdo con la presente invención y sus variaciones, que detecta la luz visible e infrarroja simultáneamente. La implementación en estas figuras usa una cuarta línea de capas y adopta un patrón diagonal. El dispositivo detector de multi-espectro de capa única en estas figuras es un caso especial del dispositivo detector de multi-espectro bicapa.

Las Figuras 12(a) y 12(b) ilustran una modalidad preferida del dispositivo detector monocromático de multi-espectro bicapa de acuerdo con la presente invención y sus variaciones, que simultáneamente detecta la luz visible e infrarroja, respectivamente. En estas figuras, se usa una tercera línea de capas y los píxeles en esta están dispuestos en un patrón rectangular y de tipo panal de abeja.

Las Figuras 13(a) y 13(b) describen otra modalidad preferida del dispositivo detector de colores de multi-espectro bicapa de acuerdo con la presente invención y sus variaciones, que detecta la luz visible e infrarroja simultáneamente. En estas figuras, se usa un patrón de Bayer generalizado.

Las Figuras 14(a) y 14(b) describen otra modalidad preferida del dispositivo detector de colores de multi-espectro bicapa de acuerdo con la presente invención y sus variaciones, que detecta la luz visible e infrarroja simultáneamente. En estas figuras, se usa el patrón YUV422.

Las Figuras 15(a) y 15(a) describen otra modalidad preferida del dispositivo detector de colores de multi-espectro bicapa de acuerdo con la presente invención y sus variaciones, que detecta la luz visible e infrarroja simultáneamente. En estas figuras, se usa el patrón de tipo panal de abeja.

Las Figuras **16(a)** y **16(b)** describen otra modalidad preferida del dispositivo detector de colores de multi-espectro bicapa de acuerdo con la presente invención y sus variaciones, que usa líneas de capas y detecta la luz visible e infrarroja simultáneamente, en el que la Figura **16(a)** usa una primera línea de capas, la capa superior que comprende solamente colores azules y blancos; y la Figura **16(b)** usa una segunda línea de capas, la capa superior que comprende el color blanco, turquesa y verde.

Descripción de las modalidades

Un dispositivo detector de colores de multi-espectro bicapa comprende una capa superior y una capa inferior. La capa superior comprende píxeles detectores para detectar un primer grupo de colores, la capa inferior comprende píxeles detectores para detectar un segundo grupo de colores, y al menos una de las capas superiores e inferiores comprende píxeles detectores para detectar al menos dos espectros de colores. El dispositivo detector puede usarse para detectar al menos cuatro bandas espectrales continuas que contienen un espectro del rojo, un espectro del verde, un espectro del azul y un espectro del infrarrojo. En la presente descripción, la luz infrarroja también se denominará como un color base. En muchas aplicaciones, la luz infrarroja puede despreciarse. En adición, el dispositivo detector opera para detectar bandas espectrales de colores compuestos, tal como el amarillo (que corresponden al rojo y el verde), turquesa (que corresponde al verde y al azul) y blanco (que corresponden al rojo, al verde y al azul).

Las Figuras **6(a)** y **6(b)** ilustran una relación entre los espectros y colores de interés, en donde la Figura **6(a)** ilustra la longitud de onda de diferentes colores, y la Figura **6(b)** ilustra la profundidad de la luz incidente con diferentes longitudes de onda. Hay cuatro líneas de capas de colores mostradas en la Figura **6(b)**: una primera línea de capas es un límite entre el azul y el verde, una segunda línea de capas es un límite entre el verde y el rojo, una tercera línea de capas es un límite entre el rojo y el infrarrojo, y una cuarta línea de capas es un límite de la máxima longitud de onda de interés del infrarrojo. Los píxeles detectores de cada capa pueden no tener el mismo alto o residir en la misma profundidad. Sin embargo, como se muestra en la Figura **6(b)**, si hay solamente colores encima de una cierta línea de capas en la capa superior y hay solamente colores debajo de una cierta línea de capas en la capa inferior, los píxeles detectores en ambas capas la superior y la inferior son capaces de disponerse en la misma profundidad. La ventaja de implementar los píxeles detectores de colores en cada capa en la misma profundidad es la facilidad de fabricación de los dispositivos detectores. Como se muestra en la Figura **8(a)**, la longitud de onda del rojo en la capa inferior es más larga que la del turquesa o del azul en las capas que son superiores a la capa inferior, y la longitud de onda del amarillo es más larga que la del azul, mientras que los píxeles detectores que detectan el blanco residen en la capa inferior de tal manera que la capa superior tiene que ser hueca o transparente. Con un espectro verde común, los píxeles detectores que envían el amarillo y los que detectan el turquesa no pueden ser dispuestos en la misma posición (en diferentes capas).

El color blanco (transparente o de color completamente vacío) se implementa en la capa superior (o una capa tratada como la capa superior). El espectro pancromático (blanco o blanco + infrarrojo) se implementa en la capa inferior (o una capa tratada como la capa inferior). Por lo tanto, el color blanco está siempre encima de una línea de capas, y el color total está siempre debajo de una línea de capas.

Para simplificar la descripción de la presente invención, dos términos se introdujeron en la presente descripción: "color complementario" y "color ortogonal". Para este propósito, también vamos a denominar al color blanco (transparente o de color completamente vacío) como un color base, que complementa un color total. El color total en la presente invención significa blanco para los espectros de luz visible, y blanco más infrarrojo para el espectro compuesto de luz infrarroja y luz visible.

Dentro de un espacio espectral de interés (tal como el espectro de luz visible, espectro compuesto de luz visible e infrarroja), si los dos colores no tienen bandas espectrales superpuestas, se les llama colores ortogonales, por ejemplo los colores rojo, verde y azul son ortogonales entre sí. En adición, el azul es ortogonal al amarillo, y el turquesa es ortogonal al rojo. Del mismo modo, el infrarrojo es ortogonal a la luz visible entera. Es decir, la luz infrarroja es ortogonal a cada uno de los colores de la luz visible, incluyendo los colores primarios, los colores complementarios, y el color blanco (intensidad de luminancia).

Dentro de un espacio espectral de interés (tal como el espectro de luz visible, espectro combinado de luz visible e infrarroja), si los espectros de dos colores ortogonales se suman para formar todo el espacio espectral de interés, dos colores ortogonales se denominan colores complementarios. Por ejemplo, para el espectro de luz visible, el turquesa es complementario con el rojo, y el azul es complementario con el amarillo. Del mismo modo, para los espectros combinado de luz infrarroja y luz visible, la luz infrarroja es complementaria con el blanco, el rojo más infrarrojo es complementario con el turquesa, etcétera

Las Figuras **7(a)** y **7(b)** muestran ejemplos de algunos pares de colores ortogonales o complementarios en el espacio de luz visible o en el espacio espectral compuesto de luz visible e infrarroja, en donde la Figura **7(a)** muestra ejemplos de los pares de colores ortogonales y complementarios en el espacio espectral de luz visible, y la Figura **7(b)** muestra ejemplos de los pares de colores ortogonales en el espacio espectral de luz infrarroja y luz visible. Esos pares de colores ortogonales o complementarios se utilizan en dispositivos detectores bicapa.

Una vez que una línea de capas se determina, los colores detectados por los píxeles detectores en la capa superior deben estar por encima de la línea de capas determinada, mientras que los colores detectados por los píxeles detectores en la capa inferior deben estar ortogonales a, y, basados en el principio de la maximización de la energía, complementarios con los colores en las posiciones correspondientes en la capa superior. Todos los colores detectados por los píxeles detectores en la capa inferior no tienen que estar por debajo de la línea de capas. Sin embargo, si los colores detectados por los píxeles detectores en la capa inferior están todos por debajo de la línea de capas, la fabricación del dispositivo será mucho más fácil. Generalmente, cada capa no debe contener más de cuatro colores distintos, en orden de obtener mayor resolución espacial.

Diferentes píxeles detectores están dispuestos en la misma capa de acuerdo con patrones bien conocidos para lograr resoluciones espaciales mayores. Esos patrones incluyen, pero no se limitan a, patrón de Bayer generalizado (como se muestra en la Figura **8**), patrón YUV422 (como se muestra en la Figura **9**), y patrón de tipo panal de abeja (como se muestra en la Figura **10**).

La presente invención se refiere sobre todo a un dispositivo detector en el cual los píxeles están ordenados en patrones rectangulares o patrones de tipo panal de abeja. Los píxeles en el patrón rectangular pueden agruparse en macro-píxeles de cuatro píxeles, cada uno de ellos consiste de cuatro píxeles en un grupo, mientras que los píxeles en el patrón de tipo panal de abeja pueden descomponerse en macro-píxeles de tres píxeles, cada uno consiste de tres píxeles en un grupo. El macropíxel es como un grupo de píxeles mínimo que puede simplemente duplicarse para formar la matriz entera de píxeles, y normalmente consisten de píxeles adyacentes. Para patrones rectangulares, el macropíxel puede comprender más de cuatro píxeles, por ejemplo el nuevo patrón de Kodak como se muestra en la Figura **4**, en el cual el macropíxel comprende dieciséis píxeles. Para el dispositivo detector bicapa, el costo del macropíxel que incluye más de cuatro píxeles es mucho mayor, pero con pocas ventajas.

El macropíxel de cuatro píxeles en una capa única puede comprender uno, dos, tres o cuatro colores distintos. Si un macropíxel de cuatro píxeles comprende solamente un color, existe solamente un patrón de ordenamiento para los píxeles, es decir un patrón uniforme. Si un macropíxel de cuatro píxeles comprende dos colores distintos, existen tres tipos de patrones de ordenamiento, es decir un patrón diagonal (en el cual los píxeles diagonales tienen el mismo color), un patrón vertical (en el cual los píxeles en la misma línea vertical tienen el mismo color) y un patrón horizontal (en el cual los píxeles en la misma línea horizontal tienen el mismo color). Si un macropíxel de cuatro píxeles comprende tres colores distintos, existen muchas opciones de los patrones de ordenamientos, todos los cuales pueden clasificarse como el orden de Bayer generalizado (en el cual los dos mismos colores están alineados diagonalmente), el orden YUV422 (en el cual los dos mismos colores están alineados verticalmente), y el orden horizontal YUV422 (en el cual los dos mismos colores están alineados horizontalmente). Si un macropíxel de cuatro píxeles comprende cuatro colores distintos, todos los patrones de ordenamientos de los píxeles en el mismo son uniformes, ya que los patrones son siempre simétricos.

El macropíxel de tres píxeles en una capa única puede comprender uno, dos o tres colores distintos, lo cual conduce a un total de trece opciones. El patrón de tipo panal de abeja en si mismo puede tener dos alineaciones, favoreciendo ya sea una resolución vertical (como se muestra en la Figura **3(a)**) o una resolución horizontal (como se muestra en la Figura **3(b)**). Nos referiremos a todos los patrones del macropíxel de tres píxeles como el patrón de tipo panal de abeja, independientemente de cuantos colores contiene el macropíxel.

Las Figuras **8(a)**-**8(d)** muestran cuatro modalidades preferidas en los patrones de Bayer para el dispositivo detector de colores de espectros completos bicapa, respectivamente, en donde la capa superior selecciona tres o menos colores del color blanco, azul, verde y turquesa, mientras que los colores en la capa inferior son ortogonales a los colores en la posición correspondiente en la capa superior. En la capa superior, los mismos píxeles de color se colocan en la posición diagonal, de esta manera se forma el patrón de Bayer generalizado. Muchos otros patrones son también posibles. Esos patrones no garantizan solamente una completa reconstrucción de los colores sino que también alcanzan aproximadamente la más alta resolución espacial y maximizan el uso de la energía incidente de la luz. En particular, el patrón como se muestra en la Figura **8(a)** puede usarse para obtener un dispositivo detector de colores CYMK, que tiene una mucha más larga gama de representación de colores que los detectores de color CMYK regulares, con colores rojo y azul independientes.

En la presente y siguiendo las modalidades, a través de seguir estrictamente la regla de que los colores en la capa inferior deben ser complementarios con colores en la capa superior, puede lograrse el máximo uso de la energía de la luz. En

algunas modalidades, los colores ortogonales se usan en lugar de los colores complementarios, y después la resolución espacial puede mejorarse y la fabricación del dispositivo puede ser mucho más simple.

5 Las Figuras **9(a)-9(d)** muestran cuatro modalidades preferidas de dispositivos detectores de colores de espectros completos bicapas en patrones YUV422, respectivamente. Del mismo modo a la Figura **8**, los mismos colores en la capa superior están alineados verticalmente para formar patrones YUV422. Como se muestra en las Figuras **9(a)-9(d)**, la capa superior comprende hasta cuatro colores seleccionados del color blanco, azul, verde y turquesa, mientras que los colores en la capa inferior son ortogonales a los colores en la posición correspondiente en la capa superior, respectivamente. Obviamente, los experimentados en la técnica pueden entender, que muchas otras variaciones son posibles con simples modificaciones, si se requiere.

10 Las Figuras **10(a)-10(d)** muestran cuatro modalidades preferidas de dispositivos detectores de color de espectros completos bicapas en patrones de tipo panal de abeja, respectivamente. Excepto que los píxeles están dispuestos en patrón de tipo panal de abeja, las disposiciones de los píxeles en las Figuras 10(a)-10(d) son similares a como se muestra en la Figura **8(a)**. Como los patrones de tipo panal de abeja pueden tener alineación vertical y horizontal, pueden implementarse muchas variaciones. La capa superior comprende de uno a tres colores seleccionados del color blanco, azul, verde y turquesa, mientras que los colores en la capa inferior son ortogonales a los colores en la posición correspondiente en la capa superior, respectivamente.

15 Cuando la capa superior está vacía y la capa inferior comprende solamente píxeles detectores que detectan solamente dos espectros, el dispositivo detector bicapa se convierte en un dispositivo detector de capa única. Es decir, la presente invención incluye un dispositivo detector de capa única como un caso especial del dispositivo detector bicapa, como se muestra en las Figuras **11(a)** y **11(b)**.

20 Las Figuras **11(a)** y **11(b)** muestran dos modalidades preferidas del dispositivo detector monocromático de capa única de multi-espectro en el cual los píxeles detectores están dispuestos en patrones diagonales, que pueden usarse para detectar la luz visible e infrarroja simultáneamente. En este dispositivo, un tipo del pixel detector puede usarse para detectar la luz visible (blanco), y otro tipo puede usarse solamente para detectar la luz infrarroja, o el espectro completo de toda la luz visible e infrarroja. El patrón como se muestra en la Figura **11(a)** es aplicable a los filtros de corte de infrarrojo, que puede variar para tener píxeles detectores que detectan el blanco e infrarrojo (o blanco más infrarrojo) en patrones YUV422.

25 Las Figuras **12(a)** y **12(b)** muestran modalidades preferidas del dispositivo detector monocromático de multi-espectro bicapa y variaciones del mismo, que puede detectar la luz visible e infrarroja simultáneamente. La Figura **12(a)** está en patrones rectangulares, la Figura **12(b)** está en patrones de tipo panal de abeja, y ambos pueden detectar la luz visible e infrarroja simultáneamente. La capa superior detecta la luz blanca o transparencia, mientras que la capa inferior detecta la infrarrojo o el espectro completo (blanco + infrarrojo).

30 Las Figuras **13(a)** y **13(b)** muestran modalidades preferidas del dispositivo detector de colores de multi-espectro bicapa y variaciones del mismo, que puede detectar la luz visible e infrarroja simultáneamente. Las modalidades pueden tener varias estructuras, y las figuras **13(a)** y **13(b)** son solamente dos ejemplos. En las Figuras, los píxeles detectores que detectan la luz infrarroja están siempre dispuestos en la capa inferior, que pueden estar solos o integrados con los que detectan otro color (por ejemplo blanco + infrarrojo o rojo + infrarrojo). Los píxeles detectores del mismo color se colocan en las posiciones diagonales para obtener una mayor resolución espacial. Del mismo modo, la capa superior comprende píxeles detectores que detectan de uno a cuatro colores seleccionados del color blanco, azul, verde y turquesa, mientras que los colores detectados por píxeles detectores en la capa inferior son ortogonales o complementarios a los detectados por los píxeles detectores dispuestos en las posiciones correspondientes en la capa superior, respectivamente.

35 Otro tipo de dispositivo detector de colores de multi-espectro bicapa se muestra en las Figuras **14(a)** y **14(b)**, que puede detectar luz visible e infrarroja simultáneamente. En el dispositivo, la luz infrarroja se detecta siempre en la capa inferior, que puede detectarse ya sea sola o junto con otro color (por ejemplo blanco + infrarrojo rojo + infrarrojo). Los píxeles detectores que detectan el mismo color están alineados verticalmente para formar el patrón YUV422. Del mismo modo, la capa superior detecta de uno a cuatro colores seleccionados del color blanco, azul, verde y turquesa, mientras que los colores detectados por la capa inferior son ortogonales o complementarios a los detectados por los píxeles dispuestos en las posiciones correspondientes en la capa superior.

40 Otro tipo de dispositivo detector de colores de multi-espectro bicapa se muestra en las Figuras **15(a)** y **15(b)**, que adopta el patrón de tipo panal de abeja y puede usarse para detectar la luz visible e infrarroja simultáneamente. En este tipo de dispositivo, la luz infrarroja se detecta siempre en la capa inferior, que puede detectarse ya sea sola o junto con otro color (por ejemplo blanco + infrarrojo o rojo + infrarrojo). Del mismo modo, la capa superior detecta de uno a tres colores

seleccionados del color blanco, azul, verde y turquesa, mientras que los colores detectados en la capa inferior son ortogonales o complementarios a los detectados por los píxeles en las posiciones correspondientes en la capa superior.

5 Aún otro tipo de dispositivo detector de colores de multi-espectro bicapa que estrictamente usa líneas de capas, se muestra en las Figuras **16(a)** y **16(b)**. La Figura **16(a)** adopta una primera línea de capas y la Figura **16(b)** adopta una segunda línea de capas. En las modalidades, aunque el color blanco comprende una banda espectral por encima de la línea de capas, el color blanco puede implementarse en la capa inferior ya que el color correspondiente en la capa superior es blanco o transparente, como se mencionó previamente. Los píxeles detectores que están en capas estrictamente de acuerdo con la línea de capas (a través de filtros de colores) tienen las ventajas de que pueden disponerse en la misma profundidad y que una capa puede tener el mismo grosor. Hay muchos métodos para disponer en capas los píxeles detectores de acuerdo con la línea de capas.

15 De aquí en adelante, con referencia a la Figura. **8(a)**, se ofrece un ejemplo de un método para fabricar el dispositivo detector de colores de espectro completo de acuerdo con la presente invención.

1. Se proporcionan una capa superior y una capa inferior, respectivamente. En la capa superior están dispuestos los píxeles detectores que detectan un primer grupo de colores: azul, turquesa, y color blanco (específicamente la transparencia), y en la capa inferior están dispuestos los píxeles detectores que detectan un segundo grupo de colores: amarillo, rojo y blanco.
- 20 2. Los píxeles detectores están dispuestos en la capa inferior y la capa superior de tal manera que la longitud de onda de un color detectado en la capa inferior es más larga que la de los colores detectados por los píxeles detectores en la posición correspondiente en la capa superior, y el espectro de los colores detectados en la capa inferior es ortogonal o complementario al espectro total de los colores detectados por los píxeles en la posición correspondiente en la capa superior dentro del espacio espectral de luz visible. Específicamente, como se muestra en la Figura **8(a)**, cuando el color detectado en la capa superior es azul, el color detectado en la posición correspondiente en la capa inferior puede ser amarillo o rojo; cuando el color detectado en la capa superior es turquesa o azul, el color detectado en la posición correspondiente en la capa inferior puede ser rojo; cuando el color detectado en la capa superior es blanco, el color detectado en la posición correspondiente en la capa inferior puede ser de cualquier color, pero el color blanco puede hacer que la energía incidente de la luz se use al máximo.

35 Los experimentados en la técnica pueden entender que los métodos para fabricar dispositivos detectores de colores de espectro completo como se ilustra en otras figuras son idénticos o similares a los anteriores, que no se describen en la presente descripción.

Los experimentados en la técnica pueden además entender que, a través de la variación del ordenamiento de los píxeles en la capa superior y capa inferior, se obtendrán fácilmente varias implementaciones diferentes de las modalidades preferidas anteriores. Por ejemplo, si es necesario, los experimentados en la técnica pueden apreciar que las capas medias pueden además proporcionarse de acuerdo con el principio de maximizar el uso de la energía incidente de la luz o la obtención de la más alta resolución espacial. La longitud de onda de cada color detectado en una capa inferior se requiere que sea más larga que la de los de colores detectados en la posición correspondiente en una capa superior; y el espectro de cada color detectado en la capa inferior que sea ortogonal al espectro total de colores en la posición correspondiente en todas las capas superiores dentro del espacio espectral de luz visible. El espectro de cada color detectado en la capa inferior es ortogonal al de los colores detectados en la posición correspondiente en todas las capas superiores dentro del espacio espectral de luz visible o un espacio combinado de luz visible e infrarroja. Preferentemente, el espectro de cada color detectado en la capa inferior debe ser complementario al espectro total de colores detectados en la posición correspondiente en todas las capas superiores dentro del espacio espectral de luz visible.

Reivindicaciones

- 5 1. Un dispositivo detector de multi-espectro que comprende píxeles detectores superiores e inferiores que se agrupan en macro-píxeles, cada macropíxel que consiste en una capa superior con píxeles detectores superiores y una capa inferior con tres o cuatro píxeles detectores inferiores,

10 en donde dichos píxeles detectores superiores detectan un primer grupo de espectros de colores, dichos píxeles detectores inferiores detectan un segundo grupo de espectros de colores, un espectro detectado por un pixel detector en la capa inferior no está incluido en un espectro detectado por un pixel detector en la capa superior en una posición correspondiente,

15 en donde la capa inferior detecta un espectro de colores que tiene longitudes de onda más largas que las longitudes de onda de un espectro de colores detectado en una posición correspondiente en la capa superior,

20 en donde para cada posición en la capa inferior un espectro de colores detectado en la capa inferior es ortogonal al espectro de colores detectado en una posición correspondiente en la capa superior ya sea dentro de un espacio espectral de luz visible o un espacio espectral compuesto de luz visible y luz infrarroja,

25 en donde para una posición en la capa inferior el espectro de colores detectado en la capa inferior es complementario al espectro de colores detectado en la capa superior en una posición correspondiente dentro de un espacio espectral de luz visible o un espacio espectral compuesto de luz visible y luz infrarroja,

en donde el segundo grupo de espectros de colores comprende blanco o blanco más infrarrojo y una posición en la capa superior que corresponde al pixel detector en la capa inferior que detecta blanco o blanco más infrarrojo, respectivamente, es transparente, y

en donde de un macropíxel, cada uno de dos píxeles detectores en la capa superior, en adición a la posición transparente en la capa superior, detecta un espectro de colores diferente o cada uno de dos píxeles detectores en la capa inferior, en adición al pixel detector que detecta el blanco o blanco más infrarrojo en la capa inferior, detecta un espectro de colores diferente.
- 30 2. El dispositivo de multi-espectro de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el primer grupo de espectros de colores comprende espectros de colores seleccionados a partir del azul, verde, turquesa y blanco, y en donde el segundo grupo de espectros de colores adicionalmente comprende espectros de colores seleccionados a partir del verde, rojo, amarillo, infrarrojo, rojo más infrarrojo, y amarillo más infrarrojo.
3. El dispositivo de multi-espectro de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde para más de una o una posición en la capa inferior el espectro de colores detectado en la capa inferior es complementario al espectro de colores detectado en la capa superior en una posición correspondiente.

Turquesa	Amarillo	Turquesa	Amarillo	Turquesa	Amarillo						
Melocotón	Verde	Melocotón	Verde	Melocotón	Verde						
Turquesa	Amarillo	Turquesa	Amarillo	Turquesa	Amarillo						
Melocotón	Verde	Melocotón	Verde	Melocotón	Verde						
Turquesa	Amarillo	Turquesa	Amarillo	Turquesa	Amarillo						

FIG. 1

Verde	Rojo	Verde	Rojo		
Azul	Verde	Azul	Verde		
Verde	Rojo	Verde	Rojo		
Azul	Verde	Azul	Verde		

FIG. 2(A)

Verde	Azul	Verde	Azul		
Rojo	Verde	Rojo	Verde		
Verde	Azul	Verde	Azul		
Rojo	Verde	Rojo	Verde		

FIG. 2(B)

Azul	Verde	Azul	Verde		
Verde	Rojo	Verde	Rojo		
Azul	Verde	Azul	Verde		
Verde	Rojo	Verde	Rojo		

FIG. 2(C)

Rojo	Verde	Rojo	Verde		
Verde	Azul	Verde	Azul		
Rojo	Verde	Rojo	Verde		
Verde	Azul	Verde	Azul		

FIG. 2(D)

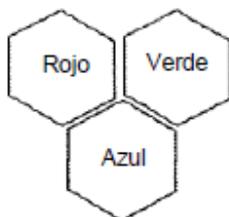


FIG. 3(A)



FIG. 3(B)

Blanco	Azul	Blanco	Verde
Azul	Blanco	Verde	Blanco
Blanco	Verde	Blanco	Rojo
Verde	Blanco	Rojo	Blanco

FIG. 4(A)

Verde	Blanco	Rojo	Blanco
Verde	Blanco	Rojo	Blanco
Azul	Blanco	Verde	Blanco
Azul	Blanco	Verde	Blanco

FIG. 4(B)

Verde	Blanco	Rojo	Blanco
Azul	Blanco	Verde	Blanco
Verde	Blanco	Rojo	Blanco
Azul	Blanco	Verde	Blanco

FIG. 4(C)

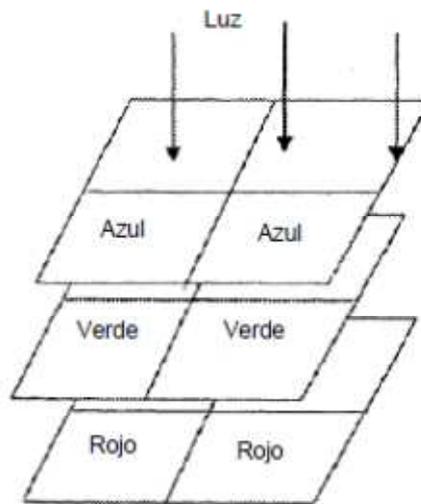


FIG. 5

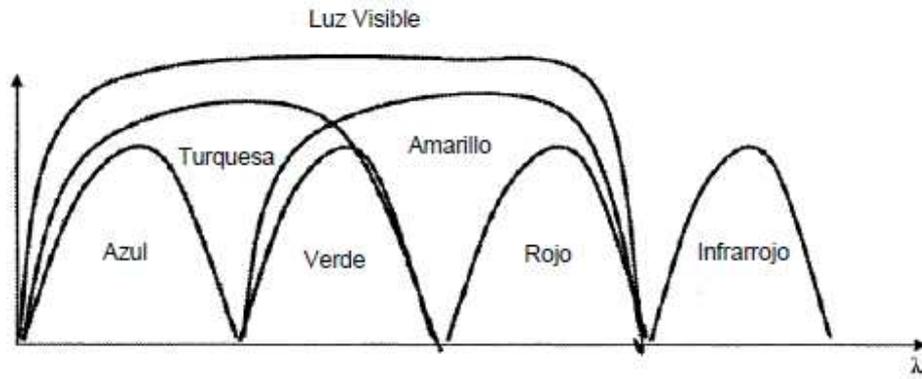


FIG. 6(A)

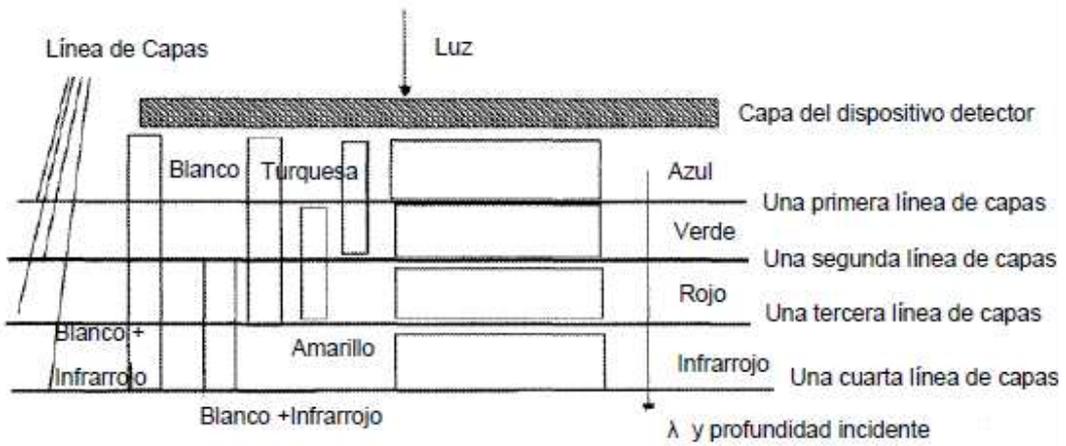


FIG. 6(B)

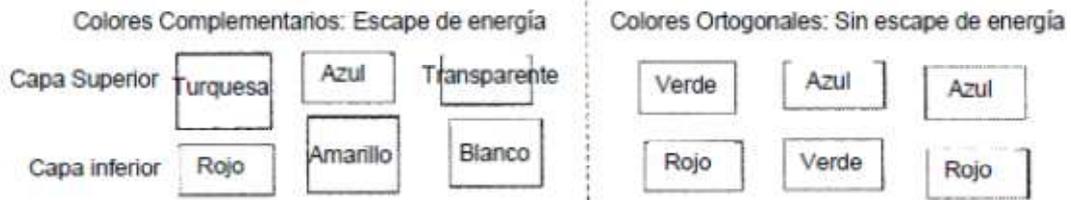


FIG. 7(A)

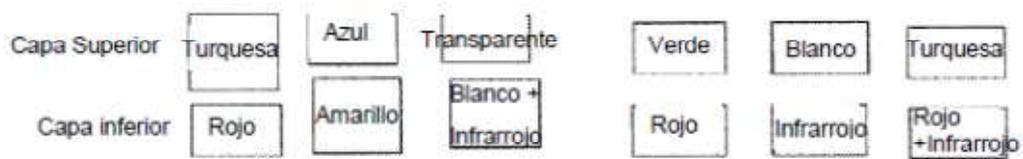


FIG. 7(B)

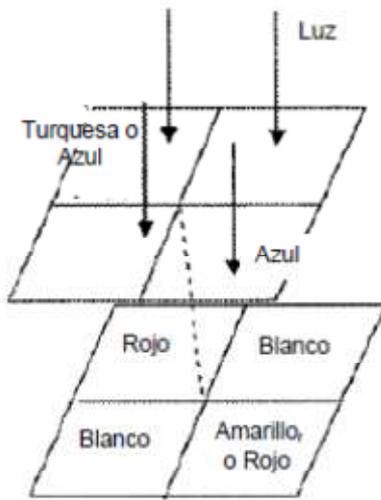


FIG. 8(A)

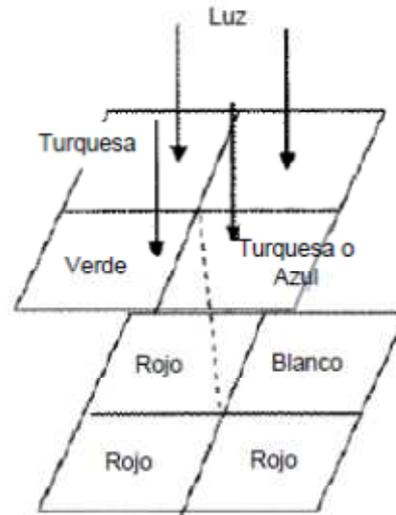


FIG. 8(B)

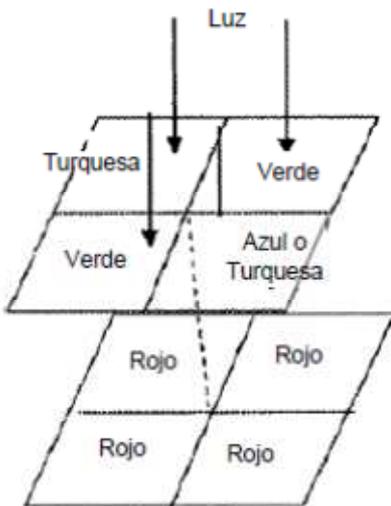


FIG. 8(C)

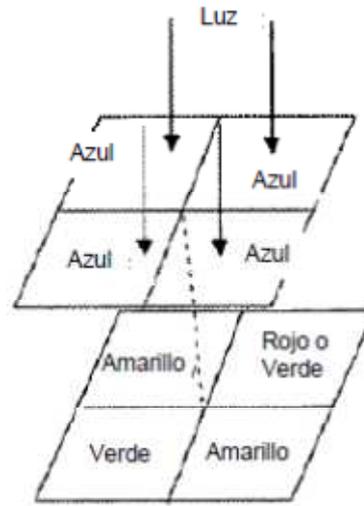


FIG. 8(D)

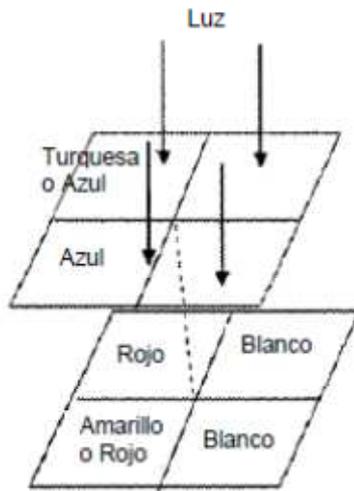


FIG. 9(A)

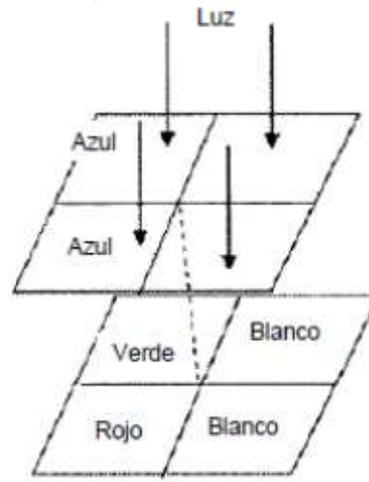


FIG. 9(B)

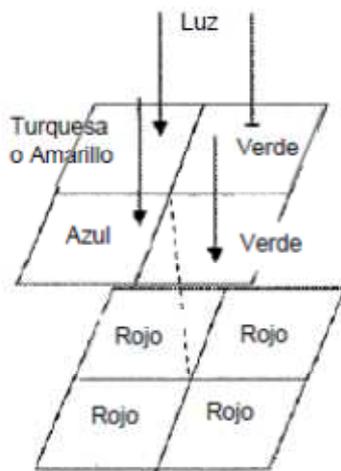


FIG. 9(C)

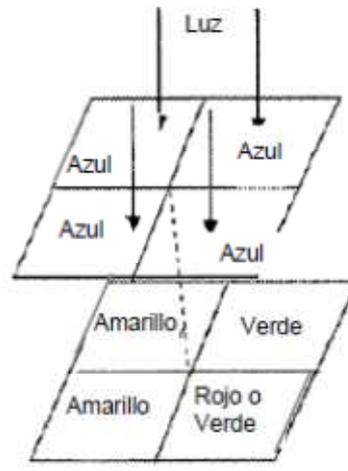


FIG. 9(D)

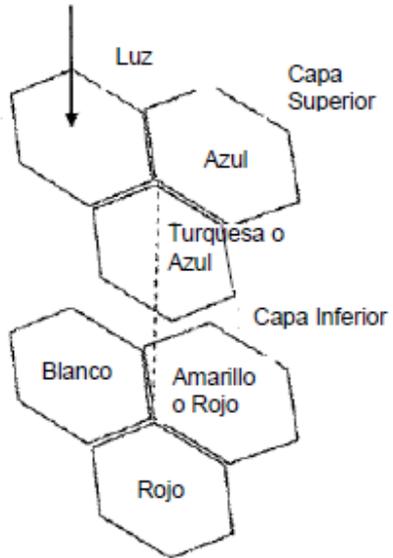


FIG. 10(A)

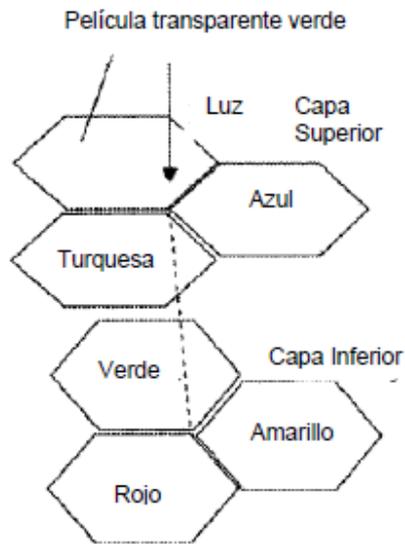


FIG. 10(B)

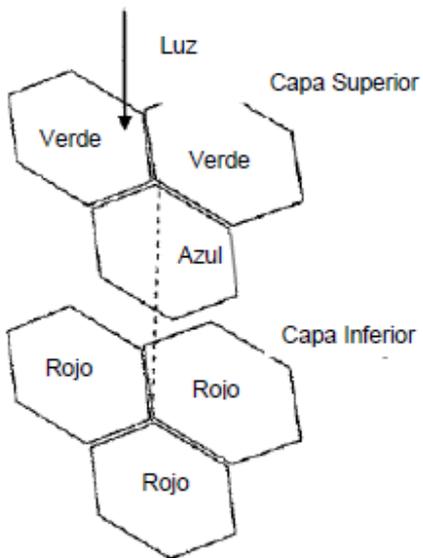


FIG. 10(C)

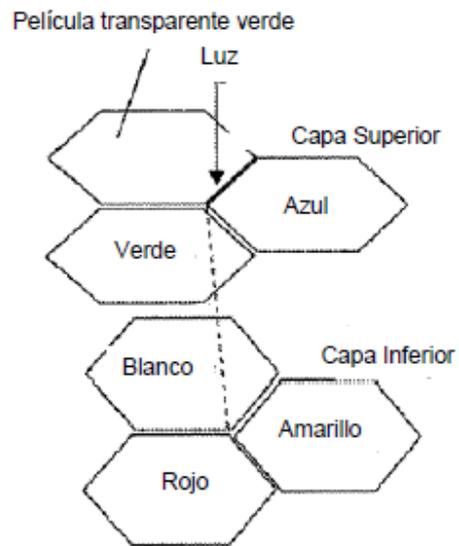


FIG. 10(D)

Blanco	Infrarrojo	Blanco	Infrarrojo
Infrarrojo	Blanco	Infrarrojo	Blanco
Blanco	Infrarrojo	Blanco	Infrarrojo
Infrarrojo	Blanco	Infrarrojo	Blanco

FIG. 11(A)

Blanco	Blanco + Infrarrojo	Blanco	Blanco + Infrarrojo
Blanco + Infrarrojo	Blanco	Blanco + Infrarrojo	Blanco
Blanco	Blanco + Infrarrojo	Blanco	Blanco + Infrarrojo
Blanco + Infrarrojo	Blanco	Blanco + Infrarrojo	Blanco

FIG. 11(B)

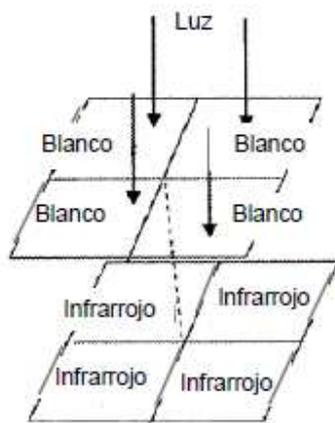


FIG. 12(A)

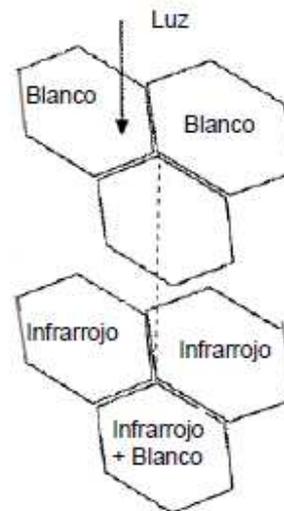


FIG. 12(B)

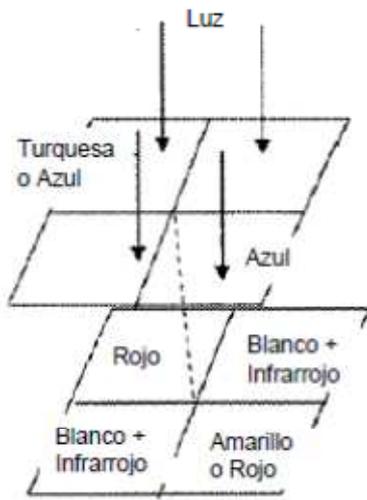


FIG. 13(A)

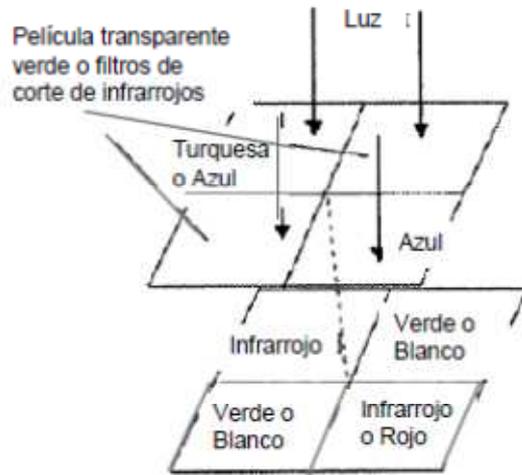


FIG. 13(B)

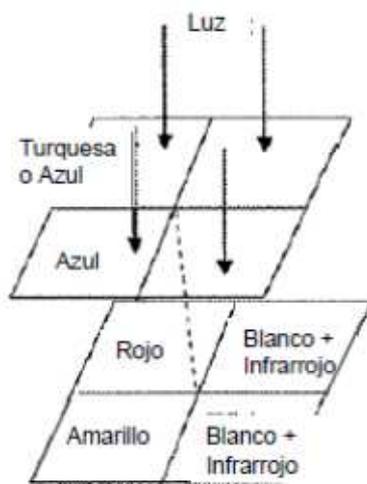


FIG. 14(A)

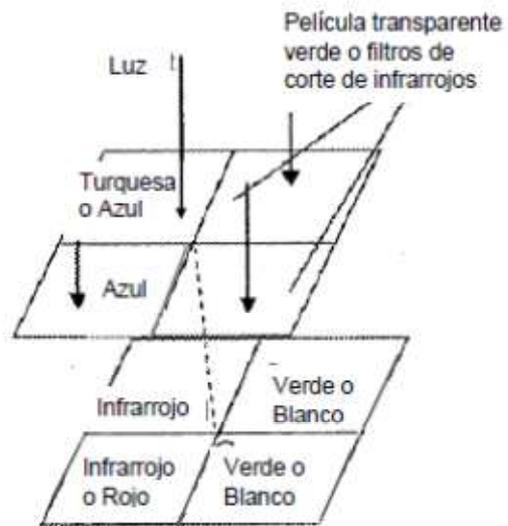


FIG. 14(B)

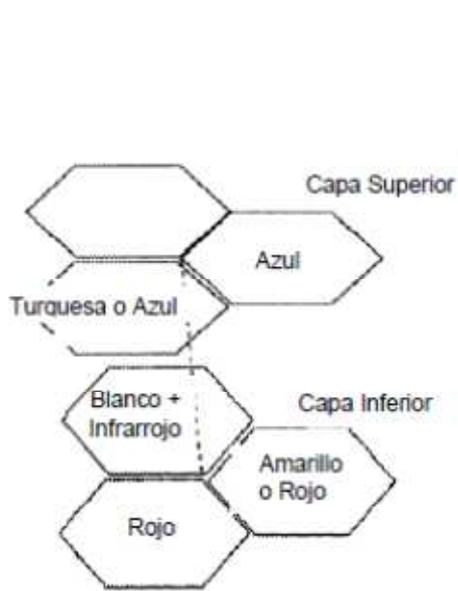


FIG. 15(A)



FIG. 15(B)

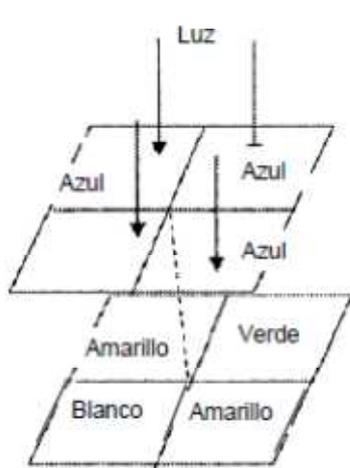


FIG. 16(A)

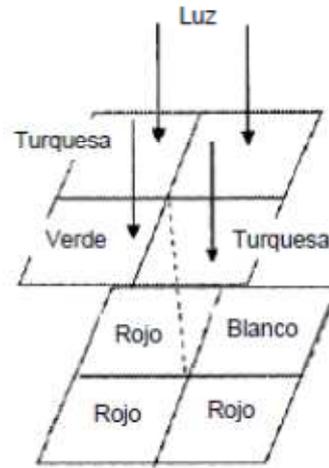


FIG. 16(B)