

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 774**

51 Int. Cl.:

H01L 27/146

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2009** **E 09785981 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2015** **EP 2449590**

54 Título: **Guía de luz para un sensor de imagen**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
23.12.2015

73 Titular/es:

CANDELA MICROSYSTEMS (S) PTE. LTD. (50.0%)
143 Cecil Street 08-01, GB Building
Singapore 069542, SG y
TAY, HIOK NAM (50.0%)

72 Inventor/es:

TAY, HIOK NAM y
DO, THANH TRUNG

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 554 774 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

Guía de luz para un sensor de imagen

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

10 La materia divulgada, por lo general se refiere a estructuras y métodos para fabricar sensores de imagen de estado sólido.

2. Antecedentes

15 Los equipos fotográficos como cámaras digitales y videocámaras digitales pueden contener sensores de imagen electrónicos que capturan la luz para procesarla en imágenes fijas o de vídeo. Los sensores de imagen electrónicos normalmente contienen millones de elementos de captura de la luz, tales como fotodiodos.

20 Los sensores de imagen de estado sólido pueden ser cualquiera del tipo de los dispositivos de carga acoplada (CCD) o de tipo de semiconductor de óxido metálico complementario (CMOS). En cualquier tipo de sensor de imagen, se forman los sensores de fotos en un sustrato y están dispuestos en una matriz bidimensional. Los sensores de imagen típicamente contienen millones de píxeles para proporcionar una imagen de alta resolución.

25 La Figura 1A muestra una vista en sección de un sensor de imágenes 1 de estado sólido del estado de la técnica que muestra píxeles adyacentes en un sensor del tipo de CMOS, que se reproduce de la patente de EE.UU. N° 7.119.319. Cada píxel tiene una unidad de conversión fotoeléctrica 2. Cada unidad de conversión 2 se ubica adyacente a un electrodo de transferencia 3 que transfiere cargas a una unidad de difusión flotante (no mostrada). La estructura incluye cables 4 incrustados en una película de aislamiento 5. El sensor incluye típicamente una película de aplanamiento 6 por debajo del filtro de color 8 para compensar las irregularidades en la superficie superior debidas a los cables 4, ya que una superficie plana es esencial para la formación convencional del filtro de color por litografía. Se proporciona una segunda película de aplanamiento 10 por encima del filtro de color 8 para proporcionar una superficie plana para la formación de una microlente 9. El grosor total de las películas de aplanamiento 6 y 10 más el filtro de color 8 es aproximadamente de 2,0µm .

35 Unas guías de luz 7 están integradas en el sensor para guiar la luz a las unidades de conversión 2. Las guías de luz 7 están formadas de un material tal como el nitruro de silicio que tiene un índice de refracción mayor que la película de aislamiento 5. Cada guía de luz 7 tiene una entrada que es más ancha que el área adyacente a las unidades de conversión 2. El sensor también puede tener un filtro de color 8 y una microlente 9.

40 La microlente 9 enfoca la luz sobre las unidades de conversión fotoeléctricas 2. Como se muestra en la Figura 1B, debido a la difracción óptica, la microlente 9 puede provocar que se transmite la luz difractada a las unidades de conversión fotoeléctricas cercanas y crear diafonía óptica y pérdida de luz. La cantidad de diafonía aumenta cuando hay una película de aplanamiento por encima o por debajo del filtro de color que coloca la microlente más lejos de la guía de luz. La luz puede entrar en los píxeles adyacentes pasando por cualquiera de las películas de aplanamiento (por encima o por debajo del filtro de color) o las paredes laterales del filtro de color. A veces escudos metálicos están integrados en los píxeles para bloquear la luz de diafonía. Además, los errores de alineación entre la microlente, el filtro de color, y la guía de luz también contribuyen a la diafonía. La formación, el tamaño y la forma de la microlente se pueden variar para reducir la diafonía. Sin embargo, se tiene que agrega un coste adicional al preciso proceso de formación de microlente, y aún así no se puede eliminar la diafonía.

50 La reflexión hacia atrás desde el sensor de imagen en la interfaz de sustrato es otro problema que causa pérdida de recepción de luz. Como se muestra en la Figura 1A, la guía de luz está en contacto directo con el silicio. Esta interfaz puede causar una reflexión hacia atrás no deseado, que se aleja del sensor. Estructuras antirreflejos convencionales para sensores de imagen incluyen la inserción de una pila de doble película de óxido-nitruro directamente sobre el sustrato de silicio, o una película de oxinitruro que tiene una variación de la proporción de nitrógeno-oxígeno en la misma, pero sólo reduce la reflexión entre el sustrato de silicio y un aislante de óxido de altura. Este enfoque no es aplicable cuando la interfaz es un sustrato de silicio y una guía de luz de nitruro.

60 US2007040102 revela una guía de luz para un píxel de imagen para guiar la luz incidente hacia un fotosensor del píxel.

JP2007150087 revela un elemento de imagen del estado sólido con un vía de la guía de onda óptica que cerra y propaga la luz incidente y guía la luz incidente a un convertidor fotoeléctrico.

65 US2006158547 revela un dispositivo de imagen del estado sólido con una pluralidad de elementos de recepción de la luz que se organiza según una configuración matricial sobre el sustrato semiconductor; una pluralidad de segmentos de filtro de color proporcionada sobre los elementos de recepción de la luz; y un colector de luz

proporcionado sobre los segmentos de filtro de color para recoger la luz sobre los elementos de recepción de la luz. Los segmentos de filtro de color están separados mutuamente por intersticios que contienen un gas.

5 JP2009088415 revela un dispositivo de imagen del estado sólido con una pluralidad de píxeles, y una guía de onda para introducir una luz incidente al convertidor fotoeléctrico del píxel.

EP1577950 revela un elemento de imagen del estado sólido que incluí una porción de foto-recepción y almohadillas de electrodo, y vidrio óptico adherido al elemento de imagen del estado sólido con una capa aglutinante.

10 El documento por Shweky I, et al. "A CSP optoelectronic package for imaging and light detection applications," Proceedings of the SPIE – The international Society for Optical Engineering, SPIE, US, vol. 3650, 1 January 1999, paginas 63-68, revela un paquete para la captura de imagen y la detección de la luz.

Breve resumen de la invención

15 Esta invención se relaciona a un sensor de imagen según la reivindicación no. 1 y un método según la reivindicación no. 4.

20 Un píxel de sensor de imagen que incluye una unidad de conversión fotoeléctrica sujeta por un sustrato y por un aislante adyacente al sustrato. El píxel puede tener una guía de luz en cascada; una parte de la guía de luz en cascada se ubica dentro del aislante y otra parte se extiende por encima del aislante. La guía de luz en cascada puede incluir un filtro de color auto-alineado que tiene rendijas de aire entre adyacentes filtros de color. Rendijas de aire pueden ser selladas de arriba por una transparente película de sellado. La transparente película de sellado puede tener una superficie cóncava sobre la rendija de aire para divergir la luz de la rendija de aire a los filtros de color adyacentes. El píxel puede tener una pila antirreflejos entre el sustrato y la guía de luz en cascada.

Breve descripción de los dibujos

30 La Figura 1A es una ilustración que muestra un corte transversal de dos píxeles de sensor de imagen del estado de la técnica;
La Figura 1B es una ilustración que muestra una diafonía de la luz entre píxeles adyacentes del estado de la técnica;
La Figura 2 es una ilustración que muestra un corte transversal de dos píxeles de sensor de imagen de un ejemplo que es útil para entender la invención en ésta;
35 La Figura 3A es una ilustración que muestra la luz que viaja a lo largo de una rendija de aire entre dos filtros de color;
La Figura 3B es una ilustración que muestra la redirección de la luz de la rendija de aire a los filtros de color;
La Figura 3C es una gráfica de la potencia de la luz en función de la distancia a lo largo de la rendija de aire;
La Figura 3D es una gráfica de la pérdida de potencia en la rendija en función del ancho de rendija respecto a la distancia a lo largo de la rendija de aire de anchos de 0,6µm y de 1,0µm para tres colores diferentes;
40 La Figura 3E es una gráfica de la pérdida máxima de potencia en la rendija en función del ancho de la rendija a una profundidad de 1,0µm ;
La Figura 3F es un cuadro de pérdida máxima de potencia en la rendija para anchos de rendija diferentes a una profundidad de 1,0µm ;
45 La Figura 3G es una tabla del área de rendija como porcentaje del área de píxel para anchos de rendija diferentes y tamaños de píxel diferentes;
La Figura 3H es un cuadro de la pérdida de potencia de píxel para anchos de rendija diferentes y tamaños de píxel diferentes;
50 La Figura 3I es una gráfica de la pérdida de potencia de píxel en función del tamaño de píxel para anchos de rendija diferentes;
Las Figuras 4A-L son ilustraciones que muestran un proceso utilizado para fabricar los píxeles mostrados en la Figura 2;
La Figura 5 es una ilustración que muestra las trayectorias de rayos dentro del píxel de la Figura 2;
La Figura 6A es una ilustración que muestra un píxel en una esquina de la matriz;
55 La Figura 6B es una ilustración que muestra las trayectorias de rayos de luz en el píxel de la Figura 6A;
La Figura 7 es una ilustración que muestra una vista desde arriba de cuatro píxeles dentro de una matriz;
La Figura 8 es un ejemplo alternativa de los píxeles de sensor con las trayectorias de rayos;
Las Figuras 9A-M son ilustraciones que muestran un proceso utilizado para fabricar los píxeles mostrados en la Figura 8;
60 Las Figuras 10A-H son ilustraciones que muestran un proceso para exponer una almohadilla de conexión;
La Figura 11 es una ilustración que muestra una pila antirreflejos dentro del sensor de un ejemplo que es útil para entender la invención en ésta;
Las Figuras 12A-E son ilustraciones que muestran un proceso alternativo para formar una pila antirreflejos dentro del sensor de un ejemplo que es útil para entender la invención en ésta;
65 La Figura 13A es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz de una pila antirreflejos;

La Figura 13B es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz de la pila antirreflejos;

La Figura 13C es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz de la pila antirreflejos;

Las Figuras 14A-G son ilustraciones que muestran un proceso alternativo para formar dos pilas antirreflejos dentro del sensor de un ejemplo que es útil para entender la invención en ésta;

La Figura 15A es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz de una primera pila antirreflejos en la izquierda de la Figura 14G;

La Figura 15B es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz de una segunda pila antirreflejos en la derecha de la Figura 14G;

La Figura 16 es un ejemplo alternativo del sensor de imagen;

La Figura 17 muestra un ejemplo alternativo del sensor de imagen;

La Figura 18 es un ejemplo alternativo del sensor de imagen;

La Figura 19 muestra un ejemplo alternativo del sensor de imagen;

La Figura 20 es una ilustración que muestra un paso de proceso usado para fabricar los píxeles mostrados en la Figura 18;

Las Figuras 21A-D son ilustraciones que muestran pasos de proceso usados para fabricar los píxeles mostrados en la Figura 19;

La Figura 22 es una realización del sensor de imagen de esta invención;

La Figura 23 es una ilustración que muestra trayectorias de rayo que pasan de vidrio de cubierta a los guías de luz en un paquete de sensor de imagen de acuerdo con una realización de esta invención;

La Figura 24 es una ilustración que muestra una configuración de paquete.

Descripción detallada

Se describe un píxel de sensor de imagen que incluye una unidad de conversión fotoeléctrica soportada por un sustrato y por un aislante adyacente al sustrato. El píxel incluye una guía de luz que está ubicada dentro de una abertura del aislante y que se extiende por encima del aislante de manera que una parte de la guía de luz tiene una interfaz de aire. La interfaz de aire mejora la reflexión interna de la guía de luz. Además, se construyen la guía de luz y un filtro de color adyacente con un proceso que mejora la abertura superior de la guía de luz y reduce la diafonía. Estas características de la guía de luz eliminan la necesidad de una microlente. Además, se construye una pila antirreflejos sobre la unidad de conversión fotoeléctrica y por debajo de la guía de luz para reducir la pérdida de luz por la reflexión hacia atrás del sensor de imagen. Se pueden optimizar individualmente dos píxeles de colores diferentes para la anti-reflexión modificando el grosor de una película dentro de la pila antirreflejos.

El píxel puede incluir dos guías de luz, una encima de otra. La primera guía de luz es ubicada dentro de una primera abertura del aislante adyacente al sustrato. La segunda guía de luz es ubicada dentro de una segunda abertura en una película de apoyo, que finalmente se puede retirar o parcialmente retirar durante la fabricación del píxel. Un filtro de color puede ser ubicado dentro de la misma abertura y por tanto se auto-alinea con la segunda guía de luz. La segunda guía de luz puede ser desplazada de la primera guía de luz en las esquinas exteriores de la matriz de píxeles para capturar la luz incidente con un ángulo distinto de cero con respecto al eje vertical.

Se crea una rendija de aire entre filtros de color vecinos quitando el material de la película de apoyo adyacente al filtro. El aire tiene un índice de refracción menor que la película de apoyo y mejora la reflexión interna dentro del filtro de color y la guía de luz. Además, la rendija de aire está configurada para "doblar" la luz que incide en la rendija hacia el filtro de color y para aumentar la cantidad de luz proporcionada al sensor.

Se reduce la reflexión en la interfaz entre el silicio y la guía de luz creando una película de nitrato y una primera película de óxido debajo de la primera guía de luz. Además, una segunda película de óxido puede estar insertada debajo de la película de nitrato para ampliar la gama de frecuencias de luz para un anti-reflexión eficaz. La primera película de óxido puede ser depositada en un foso grabado antes de aplicar el material de guía de luz. En un ejemplo alternativo, se forman todas las películas antirreflejos antes de grabar un foso, y una película adicional de parada de grabado de guía de luz cubre las películas antirreflejos para protegerlas del agente de grabado del foso.

Con referencia a los dibujos, más concretamente, por los números de referencia, las Figuras 2, 4A-L, 5 y 6A-B muestran ejemplos de dos píxeles adyacentes en un sensor de imagen 100. Cada píxel incluye una unidad de conversión fotoeléctrica 102 que convierte la energía fotónica en cargas eléctricas. En un píxel 4T convencional, el electrodo 104 puede ser un electrodo de transferencia para transferir las cargas a un nodo de sentido separado (no mostrado). Alternativamente, en un píxel 3T convencional, el electrodo 104 puede ser un electrodo de reinicio para reiniciar la unidad de conversión fotoeléctrica 102. Se forman los electrodos 104 y las unidades de conversión 102 sobre un sustrato 106. El sensor 100 también incluye alambres 108 que se incrustan en una película de aislamiento 110.

Cada píxel tiene una primera guía de luz 116. Las primeras guías de luz 116 están construidas de un material refractivo que tiene un índice de refracción mayor que la película de aislamiento 110. Como se muestra en la Figura 4B, cada primera guía de luz 116 puede tener una pared lateral 118 que se inclina un ángulo α respecto a un eje

vertical. El ángulo α está seleccionado para ser inferior a 90° - asin ($n_{\text{película de aislamiento}} / n_{\text{guía de luz}}$), de preferencia 0, de modo que existe la reflexión interna total de luz dentro de la guía, donde $n_{\text{película de aislamiento}}$ y $n_{\text{guía de luz}}$ son los índices de refracción del material de película de aislamiento y el material de guía de luz, respectivamente. Las guías de luz 116 internamente reflejan la luz desde las segundas guías de luz 130 a las unidades de conversión 102.

Las segundas guías de luz 130 están ubicadas por encima de las primeras guías de luz 116 y se pueden hacer del mismo material que la primera guía de luz 116. El extremo superior de la segunda guía de luz 130 es más ancho que el extremo inferior, donde la segunda guía de luz 130 y la primera guía de luz 116 se encuentran. Así la rendija entre las segundas guías de luz 130 adyacentes en el extremo inferior (en adelante "segunda rendija") es mayor que la que es en el extremo superior, así como más grande que la rendija de aire 422 entre los filtros de color 114B, 114G por encima de las segundas guías de luz 130. Las segundas guías de luz 130 pueden estar desplazadas lateralmente con respecto a las primeras guías de luz 116 y/o la unidad de conversión 102, como se muestra en la Figura 6A, donde la línea central C2 de la segunda guía de luz 130 está desplazada con respecto a la línea central C1 de la primera guía de luz 116 o de la unidad de conversión fotoeléctrica 102. El desplazamiento puede variar dependiendo de la posición dentro de una matriz de píxeles. Por ejemplo, el desplazamiento puede ser mayor para los píxeles situados en la parte exterior de la matriz. El desplazamiento puede ser en la misma dirección lateral que la luz incidente para optimizar la recepción de la luz por la primera guía de luz. Para la luz incidente que llega con un ángulo distinto de cero con respecto al eje vertical, las segundas guías de luz 130 desplazadas transmiten más luz a las primeras guías de luz 116. Efectivamente la segunda guía de luz 130 y la primera guía de luz 116 en conjunto constituyen una guía de luz que tiene formas diferentes de un corte transversal vertical en píxeles diferentes. La forma está optimizada con respecto al ángulo de incidencia de rayos de luz en cada píxel.

Las Figuras 5 y 6B ilustran las trayectorias de rayos para un píxel en el centro de una matriz y en una esquina de la matriz, respectivamente. En la Figura 5, los rayos de luz incidentes vienen en sentido vertical. Las segundas guías de luz 130 están centradas con respecto a las primeras guías de luz 116. Ambos rayos de luz a y b se reflejan una vez dentro de la segunda guía de luz 130 y, a continuación, entran en la primera guía de luz 116, se reflejan una vez (rayo a) o dos veces (rayo b) y luego entran en las unidades de conversión 102. En la Figura 6B, las segundas guías de luz 130 están desplazadas a la derecha alejando del centro de la matriz, que es hacia la izquierda. El rayo de luz c, que entra por la izquierda con un ángulo de hasta 25° respecto al eje vertical, se refleja en la pared lateral derecha de la segunda guía de luz 130, choca con y penetra en la pared lateral inferior izquierda de la misma, entra en la primera guía de luz 116, y finalmente llega a la unidad de conversión 102. El desplazamiento es tal que la primera guía de luz 116 captura de nuevo el rayo de luz que sale de la pared lateral inferior izquierda de la segunda guía de luz 130. Al cada cruzar la pared lateral de la guía de luz, ya sea saliendo de la segunda guía de luz o sea entrando en la primera guía de luz, el rayo de luz c se refracta de manera que el ángulo del rayo refractado con respecto al eje vertical disminuye por cada vez, mejorando la propagación hacia la unidad de conversión fotoeléctrica. Así, tener una guía de luz construida a partir de una primera guía de luz 116 y una segunda guía de luz 130 permite que la forma vertical de un corte transversal de la guía de luz varíe de un píxel a otro píxel para optimizar la transmisión de la luz a la unidad de conversión fotoeléctrica 102.

El construir una guía de luz a partir de dos guías la luz 116, 130 separadas tiene una segunda ventaja de reducir la profundidad de grabado para cada guía de luz 116, 130. En consecuencia, el control del ángulo de inclinación de la pared lateral puede alcanzar una alta precisión. También hace que el depósito de material de guía de luz sea menos propenso a crear ojos de la cerradura no deseados, que a menudo se producen al depositar una película delgada en fosos profundos y dispersan la luz a partir la guía de luz al encontrar los ojos de la cerradura.

Filtros de color 114B, 114G están ubicados por encima de las segundas guías de luz 130. La parte superior de la pared lateral en y adyacente a los filtros de color es más vertical que el resto de la segunda guía de luz.

La primera rendija de aire 422 entre los filtros de color tiene un ancho de $0,45\mu\text{m}$ o menos, y una profundidad de $0,6\mu\text{m}$ o mayor. Una rendija de aire con las limitaciones dimensionales citadas antes hace que la luz dentro de la rendija se desvíe hacia los filtros de color y finalmente a los sensores. Así, el porcentaje de pérdida de la luz que incide sobre el píxel debido a su paso por la rendija (en adelante "la pérdida en el píxel") se reduce considerablemente.

La luz que incide sobre una rendija entre dos regiones translúcidas de mayor índice de refracción se desvía a una u otra caso la rendija es suficientemente estrecha. En particular, la luz que incide sobre una rendija de aire entre dos filtros de color se desvía a uno o otro de los filtros de color caso el ancho de la rendija es suficientemente pequeño. La Figura 3A muestra una rendija vertical entre dos regiones de filtro de color llena de un medio de menor índice de refracción, por ejemplo, aire. Los rayos de luz incidentes que entran en la rendija y están más cercanos de una pared lateral que otra se desvían hacia la primera y dentro de la primera, mientras que el resto se desvía hacia la segunda y dentro de la segunda. La Figura 3B muestra frentes de onda separados a una longitud de onda de distancia. Los frentes de onda viajan a menor velocidad en un medio de superior índice de refracción, que en este ejemplo es el filtro de color con un índice n de aproximadamente 1,6. Así, la distancia entre frentes de onda en la rendija, en el supuesto de que ésta esté llena de aire, es de 1,6 veces la del filtro de color, resultando en la curvatura de frentes de onda en la interfaz entre el filtro de color y la rendija de aire y haciendo que los rayos de luz se desvíen hacia el filtro de color. La Figura 3C es una gráfica de potencia $P(z)$ de la luz propagada a lo largo de un eje vertical

- z de la rendija de aire, dividida por la potencia incidente $P(0)$ en función de una distancia z. Como se muestra en la Figura 3C, la potencia de luz disminuye a más profundidad en la rendija para anchos de rendija diferentes, más rápidamente para anchos de rendija menor del orden de una longitud de onda y converge a ser esencialmente insignificante para un ancho de rendija de 0,4 veces la longitud de onda o menos, a una profundidad de 1,5 veces la longitud de onda. A la vista de la Figura 3C, es preferible contar con una profundidad igual a por lo menos 1 vez la longitud de onda de la mayor longitud de onda de interés, que es de 650nm en este ejemplo de un sensor de imágenes de luz visible. A esta profundidad, el porcentaje de potencia de luz incidente sobre la rendija y pérdida en el espacio más abajo (en adelante "la pérdida en la rendija") es inferior al 15%. Por lo tanto, el filtro de color debe tener un grosor de al menos 1 vez la longitud de onda para filtrar la luz incidente que entra en la rendija, para evitar que luz no filtrada se transmita a las guías de luz 130, 114 y finalmente a la unidad de conversión 102. Si el espacio ésta lleno con un medio transparente distinto del aire, con índice de refracción $n_{\text{rendija}} > 1,0$, entonces se supone que la rendija debe reducir su ancho a $0,45\mu\text{m} / n_{\text{rendija}}$ o menos, ya que efectivamente las distancias en términos de la longitud de onda siguen siendo las mismas, pero las distancias absolutas disminuyen en $1/n_{\text{rendija}}$.
- Con referencia a la Figura 3C, para la luz roja de longitud de onda en el aire de 650nm, a una profundidad de $0,65\mu\text{m}$ (es decir, 1,0 vez la longitud de onda en el aire) el flujo de potencia en la rendija se atenúa a 0,15 (15%) para un ancho de rendija de 0,6 vez la longitud de onda en el aire, es decir, $0,39\mu\text{m}$. La atenuación alcanza el máximo en torno a $1\mu\text{m}$ de profundidad. La atenuación es más pendiente para longitudes de onda más cortas.
- La Figura 3D muestra la pérdida en la rendija en función del ancho de rendija W para 3 colores – el azul a 450nm de longitud de onda, el verde a 550nm y el rojo a 650nm – a profundidades de $0,6\mu\text{m}$ y $1,0\mu\text{m}$, respectivamente. Para una profundidad de $1,0\mu\text{m}$, se trazan la pérdida máxima en la rendija entre los 3 colores y la pérdida máxima en la rendija para anchos de rendija de $0,2\mu\text{m}$ a $0,5\mu\text{m}$ en la Figura 3E. Se tabula la pérdida en la rendija con respecto al ancho de rendija en la Figura 3F. En la Figura 3G, se tabula el área de rendija como porcentaje de las áreas de píxeles con respecto al tamaño de píxel y al ancho de rendija. Se multiplica cada entrada (el área de rendija en porcentaje) en la tabla de la Figura 3G por la entrada de la columna correspondiente (es decir, la pérdida en la rendija) para dar la pérdida en el píxel, como se tabula en la Figura 3H. La Figura 3I traza la pérdida en el píxel en función del tamaño de píxel para anchos de rendija diferentes, que van de $0,2\mu\text{m}$ a $0,5\mu\text{m}$.
- La Figura 3I muestra que el mantener el ancho de rendija por debajo de $0,45\mu\text{m}$ se traduciría en menos del 8% de pérdida en el píxel para un tamaño de píxel entre $1,8\mu\text{m}$ y $2,8\mu\text{m}$ -la gama de tamaños de píxel para las cámaras compactas y teléfonos con cámara - para un grosor del filtro de color de $1,0\mu\text{m}$. Para que sea menos del 3%, es necesario un ancho de rendija por debajo de $0,35\mu\text{m}$; para que sea menos del 1,5%, un ancho de rendija por debajo de $0,3\mu\text{m}$; y para que sea menos del 0,5%, un ancho de rendija por debajo de $0,25\mu\text{m}$. La Figura 3I también muestra que la pérdida en el píxel es menor para píxeles mayores, con el mismo ancho de rendija. Así, para los píxeles mayores de $5\mu\text{m}$, las directrices anteriores resultan en reducir la pérdida en los píxeles por lo menos a la mitad.
- Con referencia de nuevo a las Figuras 2 y 5, está claro que la primera rendija de aire 422 evita la diafonía desde el filtro de color de un píxel a un píxel adyacente por reflexión interna. Por lo tanto, cada uno de los filtros de color 114B, 114G funciona como una guía de luz. Juntos, el filtro de color, la segunda guía de luz y la primera guía de luz a lo largo del rayo a en la Figura 5 se conectan entre ellos en cascada para captar la luz incidente y transmitirla a la unidad de conversión fotoeléctrica 102 al tiempo que se reduce al mínimo la pérdida y la diafonía. A diferencia del estado de la técnica que utiliza paredes de metal o paredes que absorben la luz entre los filtros de color para reducir la diafonía, a costa de perder luz que incide sobre estas paredes, la primera rendija de aire 422 logra una pérdida en la rendija insignificante desviando la luz hacia el filtro de color más cercano. Además, ya que no hay una película de aplanamiento subyacente por debajo de los filtros de color que sirve de puente entre guías de luz adyacentes como en el estado de la técnica (véase la Figura 1B), la diafonía asociada también se elimina.
- La interfaz de aire puede continuar desde la pared lateral del filtro de color a lo largo de la pared lateral de la segunda guía de luz y terminar por encima de la película de protección 410, creando una segunda rendija de aire 424. La interfaz de aire entre la segunda rendija de aire 424 y la segunda guía de luz 130 mejora la reflexión interna para la segunda guía de luz 130.
- Se puede formar una película de protección 410 de nitruro de silicio por encima de la película de aislamiento 110 para evitar que los iones de metales alcalino entren en el silicio. Los iones de metal alcalino, comúnmente presentes en materiales de filtro de color, pueden causar inestabilidad en los transistores MOS. La película de protección 410 también bloquea la humedad. La película de protección 410 puede ser hecha de nitruro de silicio (Si_3N_4) de grosor entre 10.000 angstrom y 4.000 angstrom, preferiblemente de 7.000 angstrom (1 angstrom = 0,1 nanometre).
- Si bien la primera guía de luz 116 o bien la segunda guía de luz 130 está hecha de nitruro de silicio, la película de protección 410 formada de nitruro de silicio es continua a través y por encima de la película de aislamiento 110 para sellar los transistores de iones de metal alcalinos y la humedad. Si tanto la primera guía de luz 116 como la segunda guía de luz 130 no son de nitruro de silicio, la película de protección 110 puede cubrir la superficie superior de la primera guía de luz 116 para proporcionar un sellado similar o, alternativamente, cubrir las paredes laterales y la parte inferior de la primera guía de luz 116.

La primera 422 y la segunda 424 rendijas de aire en conjunto forman una abertura conectada al aire por encima de la superficie superior del sensor de imagen. Visto de otra manera, existe una interfaz de aire continua desde la película de protección 410 a las superficies superiores de los filtros de color 114B, 114G. En particular, hay una rendija de aire entre las superficies superiores 430 de los píxeles. La existencia de esta abertura durante la fabricación permite quitar los materiales de desecho, formados durante la formación de la primera 422 y la segunda 424 rendijas de aire, durante la fabricación del sensor de imagen. Si por alguna razón la primera rendija de aire 422 es sellada posteriormente con algún material de relleno, este material de relleno debe tener un índice de refracción menor que el material de filtro de color de modo que (i) hay reflexión interna dentro del filtro de color, y (ii) la luz que incide en la rendija de aire 422 se desvía hacia los filtros de color 114B, 114G. Del mismo modo, si algún material de relleno llena la segunda rendija de aire 424, este material de relleno debe tener un índice de refracción menor que la segunda guía de luz 130.

En conjunto, el filtro de color 114 y las guías de luz 130 y 116 constituyen una "guía de luz en cascada" que guía la luz a la unidad de conversión fotoeléctrica 102 utilizando la reflexión interna total en las interfaces con los medios externos, tal como el aislante 110 y las rendijas de aire 422 y 424. A diferencia de las construcciones del estado de la técnica, la luz que entra en el filtro de color no cruza al filtro de color del píxel siguiente, sino que sólo puede propagarse hacia abajo a la segunda guía de luz 130. Esto hace que sea innecesario tener una microlente para enfocar la luz al centro del área de píxel para evitar que el rayo de luz pase de un filtro de color de un píxel a un píxel adyacente. Suprimir la microlente tiene una ventaja de eliminar el problema mencionado antes del error de alineación entre la microlente y el filtro de color que puede provocar la diafonía, además de reducir los costes de fabricación.

Como se mencionó antes, una guía de luz en cascada también tiene una ventaja sobre el estado de la técnica que utiliza material de la pared opaca entre los filtros de color por el hecho de que la luz incidente que cae en la primera rendija de aire 422 entre los filtros de color 114B y 114G se desvía hacia cualquiera de los dos, por lo tanto no hay luz perdida, a diferencia de lo que ocurre en píxeles del estado de la técnica en los que la luz se pierde en las paredes opacas entre los filtros.

Una ventaja de este método de formación de filtro de color sobre los métodos del estado de la técnica es que la pared lateral del filtro de color ni está definida por la fotorresina ni por los materiales colorantes que constituyen los filtros de color. En los métodos del estado de la técnica para la formación de filtros de color, el filtro de color formado debe tener paredes laterales rectas después de revelar. Este requisito supone una limitación de la selección de la fotorresina y el material colorante porque el colorante no debe absorber la luz a la que la fotorresina es sensible, de lo contrario la parte inferior del filtro de color recibirá menos luz, haciendo que el filtro de color sea más estrecho en su parte inferior que su parte superior. El presente método de formación de filtro de color forma la pared lateral del filtro de color mediante el bolsillo 210 grabado en la película de apoyo 134 y ni dependiendo de las características del material de filtro de color ni de la exactitud de la litografía, resultando en un proceso más barato.

Otra ventaja sobre los métodos de formación de filtros de color del estado de la técnica es que el control del espaciado de la rendija es uniforme entre todos los píxeles, y de alta precisión a un coste bajo. Aquí, el espaciado de rendija es una combinación del ancho de línea en la etapa de litografía única que graba las aberturas en la película de apoyo, más el control del grabado lateral durante el grabado en seco, ambos fáciles de controlar uniformemente y con precisión alta sin aumentar el coste. Si se crearan estas rendijas colocando tres filtros de color de colores diferentes en 3 pasos de litografía diferentes como en el estado de la técnica, la uniformidad de los anchos de rendija es difícil, los pasos de litografía llegan a ser costosos, y el control del perfil de la pared lateral se vuelve aún más estricto.

Una guía de luz en cascada en la que un filtro de color 114 y una guía de luz 130 están formados en la misma abertura en la película de apoyo 134 (en adelante "guía de luz en cascada auto-alineada") tiene una ventaja sobre el estado de la técnica en que no hay desalineación entre el filtro de color 114 y la guía de luz 130. El filtro de color 114 tiene paredes laterales que se auto-alinean con las paredes laterales de la guía de luz 130.

Las Figuras 4A-L muestran un proceso para formar un ejemplo del sensor de imagen de esta invención que es útil para entender esta invención. El sensor de imagen puede ser procesado hasta un momento en el que las unidades de conversión 102 y los electrodos 104 están formados en el sustrato de silicio 106 y los alambres 108 están incrustados en el material aislante 110 como se muestra en la Figura 4a. El aislante 110 puede construirse a partir de un material de índice de refracción ("RI") bajo tal como el dióxido de silicio (RI = 1,46). La parte superior del aislante 110 puede ser aplanada con un proceso de pulido químico mecánico ("CMP").

Como se muestra en la Figura 4B, se puede quitar material aislante para formar aberturas de guía de luz 120. Las aberturas 120 tienen paredes inclinadas un ángulo α . Las aberturas 120 pueden estar formadas, por ejemplo, mediante un proceso de grabado por iones reactivos ("RIE"). Para el óxido de silicio como material aislante, un agente de grabado adecuado es $CF_4 + CHF_3$ en una proporción de flujo de 1:2, realizado en gas de argón sometido a 125mTorr, 45°C. Se puede ajustar el ángulo de pared lateral ajustando la potencia de RF entre 300W y 800W a 13,56MHz.

La Figura 4C muestra la adición del material de guía de luz 122. A modo de ejemplo, el material de guía de luz 122

puede ser un nitruro de silicio que tiene un índice de refracción de 2,0, que es mayor que el índice de refracción del material aislante 110 (por ejemplo, óxido de silicio, $n_i = 1,46$). Además, el nitruro de silicio proporciona una barrera de difusión frente a H_2O y los iones de metales alcalinos. Se puede agregar el material de guía de luz mediante, por ejemplo, depósito químico en fase vapor intensificado por plasma ("PECVD").

El material de guía de luz puede ser grabado hacia abajo para dejar una película de protección más delgada y más plana 410 para cubrir el aislante y sellar la unidad de conversión 102, la puerta 104, y los electrodos 108 contra el H_2O y iones de metales alcalinos en los procedimientos posteriores. Alternativamente, si el primer material de guía de luz 122 no es el nitruro de silicio, una película del nitruro de silicio puede ser depositada sobre el material de guía de luz 122 después de un grabado hacia abajo de éste para aplanar la superficie superior, para formar una película de protección 410 que sella la unidad de conversión 102, la puerta 104, y 108 los electrodos contra el H_2O y los iones de metales alcalinos. La película de protección 410 puede ser de entre 10.000 angstrom y 4.000 angstrom de grosor, de preferencia 7.000 angstrom (1 angstrom = 0,1 nanómetro).

Como se muestra en la Figura 4D, una película de apoyo 134 está formada encima del nitruro de silicio. La película de apoyo 134 puede ser óxido de silicio depositado por plasma de alta densidad ("HDP").

En la Figura 4E, la película de apoyo está grabada para formar las aberturas. Las aberturas pueden incluir paredes laterales 136 inclinadas un ángulo β . Se escogerá el ángulo β de manera que $\beta < 90^\circ - \arcsin(1/n_{2\text{guía de luz}})$, donde $n_{2\text{guía de luz}}$ es el índice de refracción del material de la segunda guía de luz 130, de tal manera que hay una reflexión interna total dentro de las segundas guías de luz 130. El incorporar dos guías de luz separadas reduce la profundidad de grabado para cada guía de luz. En consecuencia, el grabado de la pared lateral inclinada es más fácil de lograr con mayor precisión. Se pueden hacer la película de apoyo 134 y las segundas guías de luz 130 de los mismos materiales y con los mismos procesos que la película de aislamiento 110 y las primeras guías de luz 116, respectivamente.

Como se muestra en la Figura 4E, la pared lateral puede tener una parte vertical y una parte pendiente. Se pueden formar la parte vertical y la parte pendiente cambiando la química de grabado o las condiciones de plasma durante el proceso de grabado. La receta del grabado durante el grabado de la parte vertical es seleccionada para ser favorable a formar la pared lateral vertical 162, y luego es cambiada a una receta que es favorable para formar la pared lateral inclinada.

La Figura 4F muestra la adición de material de guía de luz. A modo de ejemplo, el material de guía de luz puede ser un nitruro de silicio depositado, por ejemplo, por el depósito químico en fase vapor intensificado por plasma ("PECVD").

La Figura 4G muestra que cada segunda guía de luz 130 tiene un bolsillo 210. Los bolsillos 210 están separados por una pared de apoyo 212 que es una parte de la película de apoyo 134. Se puede formar el bolsillo 210 grabando hacia abajo el material de guía de luz para exponer la pared 212 hasta que la superficie superior de la guía de luz está entre $0,6\mu m$ y $1,2\mu m$ por debajo de la superficie superior de la pared 212.

Como se muestra en la Figura 4H, un material de película de color 114B que tiene un color particular, por ejemplo azul o magenta o amarillo, puede ser aplicado para llenar los bolsillos 210 y extenderse por encima de la película de apoyo 134. En este ejemplo, el material de color puede contener colorante azul. Se puede hacer material de filtro de color de fotorresina negativa, que forma polímeros que al exponerse a la luz se vuelven insolubles en un revelador de fotorresina. Una máscara (no se muestra) colocada sobre el material 114B tiene aberturas para exponer las zonas que van a permanecer mientras que el resto es quitado por grabado.

El material de filtro de color utilizado puede comprender partículas inorgánicas esparcido allí dentro que tienen diámetros menos que una pequeña fracción, por ejemplo un cuarto, de las longitudes de onda de la luz permitida pasar. Por ejemplo, se pueden mezclar las partículas del óxido de circonio y del óxido de tantalio de diámetros menos que 100nm en el filtro de colores azul de este ejemplo. Las partículas de los materiales inorgánicos que son transparentes al color intencionado y tienen el alto índice de refracción, preferentemente por encima de 1,9, pueden aumentar el total índice de refracción del filtro de color para mejorar la reflexión interna de pared lateral de los filtros de color usados en esto ejemplo.

La Figura 4I muestra el sensor de imagen después del paso de grabado. Se puede repetir el proceso con un material de color diferente tal como el verde o el rojo para crear filtros de color para píxeles diferentes como se muestra en la Figura 4J. El último material de color que es aplicado llena los bolsillos 210 restantes, con lo que no requiere el paso de colocación de la máscara. En otras palabras, se puede aplicar la luz de exposición en todas partes de la oblea de sensor de imagen para exponer la última película de color de filtro en todas partes. Durante el paso de cocción en horno, el último filtro de color forma una película que se superpone a todos los píxeles, incluyendo los píxeles de otros colores. Se quita la porción del último filtro de color superpuesta encima de otros píxeles durante un proceso posterior de grabado hacia abajo del filtro de color que se muestra en la Figura 4K.

Con referencia a la Figura 4G, los bolsillos 210 proporcionan una característica de auto-alineación para auto-alinear

el material de filtro de color con la segunda guía de luz 130. Los bolsillos 210 pueden ser más anchos que las aberturas de la máscara correspondientes. Para reducir el grosor de la pared de apoyo 212 para una abertura deseada de segunda guía de luz para un tamaño de píxel dado, la presión en la cámara de plasma puede aumentarse para mejorar el grabado lateral (es decir, isótropo) (aumentando la dispersión de iones) para grabar debajo de la máscara.

Como se muestra en la Figura 4K, los filtros de color 114B, 114G son grabados para exponer la pared de apoyo 212, que es una parte de la película de apoyo 134. Luego se retira una parte de la película de apoyo 134 como se muestra en la Figura 4L de modo que hay una interfaz de aire/material para los filtros de color 114B, 114G. Se puede quitar una parte adicional de la película de apoyo 134 como se muestra en la Figura 4L de modo que hay una interfaz de aire/material para la segunda guía de luz 130 para ayudar ulteriormente la reflexión interna, permitiendo que los rayos de luz más cerca de las perpendiculares a la interfaz sean sometidos a la reflexión interna total. La primera rendija 422 tiene un ancho suficientemente pequeño, $0,45\mu\text{m}$ o menos, de modo que la luz roja y la luz incidente de menor longitud de onda que inciden en la primera rendija 422 se desvían hacia cualquiera de filtros de color 114B y 114G, para mejorar así la recepción de luz. La luz es reflejada interiormente a lo largo de los filtros de color 114B, 114G y las guías de luz 130 y 116. Los filtros de color 114B, 114G tienen un mayor índice de refracción que el aire para que los filtros de color 114B, 114G proporcionen reflexión interna. Asimismo, la segunda guía de luz 130 puede tener una interfaz de aire que mejora las propiedades de reflexión interna de la guía. Si la película de apoyo 134 no está quitada por completo, siempre y cuando la película de apoyo tiene un índice de refracción menor (por ejemplo, óxido de silicio, 1,46) que el material de guía de luz (como el nitruro de silicio, 2,0), la interfaz entre la segunda guía de luz 130 y la película de apoyo 134 tiene una buena reflexión interna. La Figura 16 muestra un ejemplo alternativo en la cual el material de apoyo entre las adyacentes segundas guías de luz 130 está retirado sólo parcialmente. Del mismo modo, la interfaz entre la primera guía de luz 116 y la primera película de aislante 110 tiene una buena reflexión interna. La Figura 7 es una vista desde arriba que muestra cuatro píxeles 200 de una matriz de píxeles. Para los ejemplos que incluyen la primera y la segunda guías de luz, la zona B puede ser el área de la superficie superior de la segunda guía de luz y la zona C representa el área de la superficie inferior de la primera guía de luz. El área A menos el área B puede ser el área de la primera rendija de aire 422 entre los filtros de color.

Figura 17 muestra un ejemplo alternativo en el cual la película de apoyo 134 es sólo parcialmente eliminada entre los adyacentes filtros de color 114B, 114G. La rendija que no es llenada por la película de apoyo preferentemente tiene una profundidad de $0,6\mu\text{m}$ o superior y un ancho de $0,45\mu\text{m}$ o menos. La profundidad puede reducirse a $0,4\mu\text{m}$ si el total índice de refracción del material de filtro de color se incrementa por encima de 1,5, por ejemplo, mezclando partículas de material transparente que tiene un índice de refracción de 1,9 o superior en una cantidad que el total índice de refracción es de $1,7 \sim 1,8$ o superior.

La Figura 18 muestra un ejemplo alternativo en el cual paredes laterales de enfrente de cada color filtro no son rectos y verticales. En este ejemplo, paredes laterales opuestas de filtros de color adyacentes 114B, 114G sujetan una porción de la película de apoyo 134 en dos lados de tal manera que la película de apoyo 134 tiene un ancho a una profundidad mayor que lo a una profundidad menor. Con esta propiedad, la película de apoyo 134 ejerce una fuerza hacia abajo en cada uno de los filtros de color 114B, 114G para mantener los filtros de color en su lugar, lo que mejora la retención de filtro de color. En particular, en este ejemplo, la película de apoyo 134 es más ancha en su superficie superior que a la profundidad más profunda donde colinda con los adyacentes filtros de color 114B, 114G, ya que cada uno de los filtros de color tiene una forma trapezoidal desde la parte superior de la película de apoyo 134 hacia abajo.

La Figura 20 muestra un paso de procesamiento alternativo a una porción inicial del paso de procesamiento que se muestra en la Figura 4E. A diferencia de la Figura 4E, en la cual el foso grabado en la película de apoyo 134 tiene una porción superior que tiene paredes laterales verticales, la Figura 20 muestra un paso de procesamiento para inicialmente excavar el foso de tal manera que el foso tiene un parte inferior más ancho que una abertura en el parte superior. Esto puede lograrse excavando la abertura de la parte superior del foso por grabado por plasma anisotrópico mientras se rota la oblea y se sujeta la oblea a una inclinación tal que un normal a la oblea hace un ángulo a la dirección de los iones entrantes en el plasma. Como se muestra en la Figura 20, relativo a la oblea, los iones entrantes (en flechas sólidas y flechas con puntos) ataca la película de apoyo bajo de la máscara de fotorresina 450, creando paredes laterales que están más alejadas entre sí más profunda en el foso. Como se ve en la Figura 20, una porción de la película de apoyo entre los fosos adyacentes exhibe un cuello. Después de crea un parte superior de foso que tiene esta propiedad, el posterior procesamiento puede reanudar la parte restante de la descripción del paso en la Figura 4E, incluida el cambio a las correspondientes condiciones de plasma, para crear la parte restante y inferior del foso para el segunda guía de luz. En particular, paredes laterales 136 de la segunda guía de luz está formado por debajo de un cuello de la película de apoyo 134.

La Figura 19 muestra un ejemplo alternativo donde se forman los filtros de color en fosos formados por separado de fosos que contienen guías de luz. Filtros de color 114B, 114G, como en el ejemplo alternativo en la Figura 18, tienen paredes laterales que no son rectas y verticales. Entre las paredes laterales de filtros de color adyacentes son la segunda película de apoyo 140 y rendija de aire 422. Cada uno de filtros de color 114B, 114G es por encima de una segunda guía de luz 130. Cada filtro puede tener un fondo que es más estrecho que la parte superior de la segunda guía de luz 130 por entre $0,05\mu\text{m}$ a $0,2\mu\text{m}$ para que en caso de los peor errores de alineación cada fondo de filtro

esté dentro de la parte superior de la guía de luz correspondiente.

Figuras 21A-21D ilustran los pasos de procesamiento para formar el ejemplo alternativo de la Figura 19. El proceso es similar a las Figuras 4A-4G, salvo que no existe ninguna disposición para una porción de la fosa para albergar a un filtro de color. Después de que se elimina la segunda película de guía de luz por encima de la película de apoyo 134, bien por grabado hacia abajo o bien por CMP, la segunda guía de luz 130 y la película de apoyo 134 puede asumir la forma mostrada en la Figura 21A. Sin embargo, no es necesario los dos compartir una plana superficie superior, ya que la superficie superior de la segunda guía de luz 130 puede ser inferior o superior a la parte superior de la película de apoyo 134. En la última, adyacentes segundas guías de luz pueden ser mutuamente conectadas por una capa fina de la película de segunda guía de luz dejada del grabado hacia abajo o CMP. Posteriormente, se deposita la segunda película de apoyo 140. La segunda película de apoyo 140 puede ser óxido de silicio o cualquier material que puede ser eliminado por un grabado húmedo o grabado plasma que tiene un grabado de cuatro veces o más más lento en el material de filtro de color usada para formar los filtros de color 114B, 114G. Un paso de litografía (no se muestra) forma una máscara de fotorresina (no se muestra) en la segunda película de apoyo 140, y fosos están grabados en la película 140 para resultar en la estructura que se muestra en la Figura 21B. Posteriormente, se forman los filtros de color 114B, 114G en pasos similares al descrito para las Figuras 4H-4K, resultando en una estructura que se muestra en la Figura 21C y, a continuación, una posterior que se muestra en la Figura 21D. Por último, un grabado hacia debajo de la segunda película de apoyo 140 crea una rendija 422 entre los adyacentes filtros de color 114B, 114G como se muestra en la Figura 19, en pasos similares al descrito en la Figura 4L.

La Figura 8 muestra un ejemplo alternativo en la que la segunda y la primera guías de luz son grabadas usando la misma máscara después de que la película de apoyo 134 está formada, y ambas son llenadas de material de guía de luz en un solo paso. Un proceso para fabricar este ejemplo alternativo se muestra en las Figuras 9A-M. El proceso es similar al proceso que se muestra en las Figuras 4A-L, con excepción de que se forma la abertura para la primera guía de luz después de la abertura para la segunda guía de luz, como se muestra en la Figura 9F, cuando no es necesaria máscara adicional porque la película de protección 410 y la película de apoyo 134 de encima sirven como máscaras duras para bloquear los agentes de grabado. Se llenan ambas guías de luz en el mismo paso mostrado en la Figura 9G.

La Figura 22 muestra un ejemplo alternativo que comprende una película de sellado 500 por encima de las guías de luz 130 y filtros de color 114B, 114G que sella la rendija 422. Rendija de aire 422 en este ejemplo puede contener aire, nitrógeno u otros gases inertes o cualquier medio gaseoso. Película de sellado 500 puede estar constituida por policarbonato o acrílico o epoxi y puede estar constituida por una pluralidad de capas. Además puede incluir partículas inorgánicas, tinte o pigmento orgánico para filtrado de ultra-violeta luz y/o luz infrarroja. Película de sellado 500 puede tener un índice de refracción que está dentro de 0,2 del índice de refracción del material de filtro de color de los filtros de color 114B, 114G para minimizar la reflexión en la interfaz entre la película de sellado y filtro de color. Si el índice de refracción de los filtros de color es 1,55, la película de sellado 500 puede elegirse para que el índice de refracción esté entre 1,45 y 1,65. Película de sellado 500 puede aplicarse por recubrimiento por giro dinámico, en la cual la oblea gira hacia arriba a aproximadamente 500 rpm, mientras que una corriente de resina se imparte en el centro de la oblea a través de una punta de expendio y después de que la superficie superior de la oblea está completamente mojada del líquido de resina la oblea gira a mayor velocidad, por ejemplo, 3000 rpm para obtener un espesor uniforme de resina. La resina puede ser curada por calor o la luz UV. Aire (o gas) está sellado en la rendija 422 durante el expendio. La calefacción o UV puede aplicarse durante uno o ambos de expendio y giro de alta velocidad para promover la viscosidad para impedir que la resina líquida llene las rendijas. Un calefacción final o cura UV endurece la película de sellado 500 y puede ayudar formar límite 510 en una forma cóncava debido a la expansión térmica de aire/gas en la rendija 422. La cóncava superficie de película 510 ayuda divergir rayos de luz que entran en la burbuja a partir de la película de sellado 500 y dirige los rayos hacia uno de los filtros de color 114G o 114B. Como resultado, la profundidad de la rendija de aire 422 puede reducirse a la mitad en comparación con realización que no tiene ninguna la película de sellado 500. La oblea puede encontrarse hacia abajo durante el giro de alta velocidad. Partes de la película de sellado 500 por encima de almohadillas de alambre pueden eliminarse por cualquiera de los métodos conocidos.

El sensor de imagen 100 empaquetado en un paquete 800 se muestra en la Figura 24. Un vidrio de cubierta 810 está por encima del sensor de imagen 100 para no dejar el polvo entrar y para dejar la luz entrar. Entre la cubierta de vidrio 810 y el sensor de imagen 100, una película adhesiva transparente 820 tal como resina epoxi llena el espacio y es curada por el calor o la luz UV. En conjunto, la película de sellado 500 y la película adhesiva 820 constituyen una película transparente que llena el espacio entre la cubierta de vidrio 810 y los filtros de color del sensor de imagen 100. Si la película de sellado 500 y la película adhesiva 820 comprenden el mismo material, durante esta curación, la película adhesiva 820 y la película de sellado 500 pueden combinar juntos en una película transparente homogénea.

El ejemplo que se muestra en la Figura 24 es un conocido paquete de escala-de-chip de nivel-de-oblea conocido por el nombre comercial de ShellOp de ShellCase, ahora Tessera. Este paquete está sellado desde abajo por placa de vidrio inferior 815, sujeta al sensor de imagen 100 por epoxi 825. Conductor externo invertido 830 está conectado eléctricamente a terminales de dado 835 por contactos de trazo 840 en los cruces 845. A veces se conoce el cruce

845 como un cruce-T y el contacto 840 como un contacto de cruce-T. El conductor externa 830 está recubierto de una protectora máscara de soldadura 850. La máscara de soldadura 850 es un material dieléctrico que eléctricamente aísla el conductor 830 de contacto externo y protege la superficie de conductor contra la corrosión. Contactos 855 están conectados en el extremo inferior de los conductores 830 y son adecuados para el montaje en tarjeta de circuitos impresos (PCB) por los métodos conocidos. Los contactos 855 pueden ser formados por métodos conocidos tales como bolas de soldadura o chapado, y pueden ser modeladas apropiadamente para montar en PCB.

Como se muestra en la Figura 23, por encima del vidrio de cubierta 810, rayos de luz entrantes pasan a través de sólo planas interfaces para entrar en segunda guías de luz 130. Cada interfaz tiene mínima reflexión debido a la pequeña diferencia en los índices de refracción en ambos lados, ya que vidrio tiene aproximadamente 1,46, epoxi 820 y película de sellado 500 y filtros de color 114B, 114G entre 1,45 a 1,65.

Las Figuras 10A-H muestran un proceso para exponer las almohadillas de conexión ("*bond pads*") 214 del sensor de imagen. Se puede formar una abertura 216 en un primer material aislante 110 que cubre una almohadilla de conexión 214, como se muestra en las Figuras 10A-B. Como se muestra en las Figuras 10C-D, se aplica el material de la primera guía de luz 116 y se puede retirar una parte considerable del material 116, dejando una película más delgada para sellar el primer material aislante 110 de abajo. Se aplica el material de película de apoyo 134 y se puede formar en él una abertura 218 correspondiente como se muestra en las Figuras 10E-F. Se aplica el material de segunda guía de luz 130, como se muestra en la Figura 10G. Como se muestra en la Figura 10H, se puede utilizar un paso de grabado sin máscara para formar una abertura 220 que expone la almohadilla de conexión 214. El agente de grabado de preferencia tiene una característica de atacar el material de guía de luz 116 y 130 (por ejemplo, el nitruro de silicio) más rápido que el material aislante 110 y 134 (por ejemplo, el óxido de silicio) y el filtro de color 114 (fotorresina). El grabado en seco en $\text{CH}_3\text{F}/\text{O}_2$ tiene una velocidad de grabado en el nitruro de silicio de 5 a 10 veces mayor que en el filtro de color o en el óxido de silicio.

La Figura 11 muestra un ejemplo en el cual una pila antirreflejos (AR) que comprende una película AR superior 236, una segunda película AR 234, y una tercera película AR 232 cubre las unidades de conversión 102. La pila antirreflejos mejora la transmisión de la luz de la primera guía de luz 116 a la unidad de conversión 102. Elementos de la pila AR pueden constituir conjuntamente la película 230 que también cubre el sustrato 106, las unidades de conversión 102 y los electrodos 104 para proteger los elementos de los contaminantes químicos y la humedad. Por ejemplo, la segunda película AR 234 puede ser una película de nitruro de parada de grabado de contacto común en la fabricación de oblea de CMOS para parar el grabado del óxido de los fosos de contacto para evitar el exceso de grabado de los contactos de polisilicio cuyos fosos de contacto son menos profundos que los contactos de fuente/drenador de por lo general 2.000 ángstrom (1 angstrom = 0,1 nanometre). La tercera película AR 232 puede ser óxido de silicio. Esta película de óxido de silicio puede ser una película aislante de puerta por debajo del electrodo de puerta 114, o la película de óxido de revestimiento del espaciador que se extiende por el lado del electrodo de puerta 114 entre la puerta y el espaciador (no se muestra) en procesos comunes de CMOS submicrónicos profundos, una película de óxido de bloqueo de siliciuro depositada antes de la silicidación de contacto para bloquear la silicidación de contacto, o una combinación de ambas, o una película de óxido de manta depositada después del grabado del óxido de bloqueo de siliciuro que graba todo el óxido en zonas que coinciden con la parte inferior de las guías de luz 116. El uso de una película de nitruro de silicio de parada de grabado de contacto existente como una parte de la pila AR proporciona un ahorro de costes. La misma película de nitruro de silicio de parada de grabado de contacto también sirve para parar el grabado de la abertura en el aislante 110 para la fabricación de la guía de luz. Por último, se puede formar la película AR superior 236 en la abertura en el aislante 110 antes de llenar la abertura con material de guía de luz.

La película AR superior 236 tiene un índice de refracción menor que la guía de luz 116. La segunda película AR 234 tiene un índice de refracción más alto que la película AR superior 236. La tercera película AR 232 tiene un índice de refracción menor que la segunda película AR 234.

La película AR superior 236 puede ser de óxido de silicio o de silicio de oxinitruro, con índice de refracción alrededor de 1,46, con un grosor entre 750 angstrom y 2000 angstrom, de preferencia de 800 angstrom. La segunda película AR 234 puede ser de nitruro de silicio (Si_3N_4), con índice de refracción alrededor de 2,0, con un grosor entre 300 angstrom y 900 angstrom, de preferencia de 500 angstrom. La tercera película AR 232 puede ser de óxido de silicio o de silicio de oxinitruro (SiOxNy , donde $0 < x < 2$ y $0 < y < 4/3$), con índice de refracción alrededor de 1,46, con un grosor entre 25 angstrom y 170 angstrom, de preferencia de 75 angstrom. La tercera película AR 232 puede comprender el óxido de puerta debajo de la puerta 104 y por encima del sustrato 106 de la Figura 2, como se muestra en la Figura 3 de la Solicitud de EE.UU. de 61/009,454. La tercera película AR 232 puede comprender además de óxido de revestimiento de puerta ("*gate liner oxide*") como se muestra en la Figura 3 de la misma. Alternativamente, la tercera película AR 232 puede ser formada mediante un depósito de óxido de silicio por todas partes en la oblea después de que un grabado del óxido de bloqueo de siliciuro elimina el óxido de bloqueo de siliciuro 64, el óxido de revestimiento de puerta 55, y el óxido de puerta 54 como se muestra en la Figura 2 de la Solicitud de EE.UU. de 61/009,454 mediante el uso de una máscara de grabado del óxido de bloqueo de siliciuro con una abertura de máscara que coincide con la parte inferior de guía de luz 116.

La estructura antirreflejos de la Figura 11 puede ser fabricada formando primero la tercera película AR 232 y la segunda película AR 234 sobre el sustrato, respectivamente. Después se puede formar el aislante 110 sobre la segunda película AR 234. Una película de nitruro de silicio se puede depositar mediante PECVD sobre el primer aislante 110 de manera que cubre y sella el aislante y las películas subyacentes para formar una película de protección 410 con un grosor de entre 10.000 angstrom y 4.000 angstrom, de preferencia de 7.000 angstrom. Se puede formar la película de apoyo 134 sobre la película de protección 410 mediante, por ejemplo, el depósito de óxido de silicio por HDP.

La película de apoyo 134 es enmascarada y se aplica un primer agente de grabado para grabar las aberturas en la película de apoyo 134. Se puede elegir el primer agente de grabado de modo que tiene una alta selectividad hacia el material de la película de protección. Por ejemplo, si la película de apoyo 134 comprende un óxido de silicio de HDP y la película de protección 410 comprende un nitruro de silicio, el primer agente de grabado puede ser CHF_3 , que graba el óxido de silicio de HDP 5 veces más rápido que el nitruro de silicio. Luego se aplica un segundo agente de grabado para grabar a través de la película de protección de nitruro de silicio 410. El segundo agente de grabado puede ser $\text{CH}_3\text{F/O}_2$. Luego se aplica de nuevo el primer agente de grabado para grabar el primer aislante 110 hasta parar en la película de parada de grabado de contacto 234 que comprende un nitruro de silicio. La película de parada de grabado de contacto 234 hace de barrera contra el agente de grabado para definir la parte inferior de la abertura. Después se forma la película AR superior 236 en la abertura mediante métodos de depósito anisotrópico, por ejemplo, el depósito de óxido de silicio por PECVD o por HDP, que deposita más en la parte inferior de la abertura que en las paredes laterales. Un agente de grabado puede ser aplicado para quitar cualquier material residual de la película AR superior que se extiende a lo largo de las paredes laterales de la abertura, por ejemplo, mediante el grabado en seco utilizando el primer agente de grabado y soportando el sustrato de oblea en un ángulo de inclinación y girado alrededor del eje paralelo al haz de iones entrantes. Después se forma el material de guía de luz en las aberturas, por ejemplo mediante PECVD de nitruro de silicio. Para crear la estructura mostrada en la Figura 5, se pueden formar los filtros de color sobre la guía de luz y se puede grabar una parte de la película de apoyo entre filtros de color adyacentes y una parte adicional entre guías de luz adyacentes.

Las Figuras 12A-E muestran un proceso para la fabricación de otro ejemplo de anti-reflexión entre la guía de luz 116 y el sustrato 202. Con referencia a la Figura 12E, en este ejemplo una película de parada de grabado 238 se interpone entre la guía de luz 116 y la pila antirreflejos (AR) que comprende la película AR superior 236, la segunda película AR 234, y la tercera película AR 232. La película de parada de grabado de la guía de luz 238 puede estar formada por el mismo material que la guía de luz 116, y puede ser un nitruro de silicio con un grosor entre 100 angstrom y 300 angstrom, de preferencia de 150 angstrom. El formar la pila AR en este ejemplo tiene una ventaja de un control más preciso del grosor de la segunda película AR, a expensas de un paso más de depósito y de la ligera complejidad añadida del grabado a través de una pila de un óxido-nitruro-óxido-nitruro-óxido en lugar de la pila de óxido -nitruro-óxido para las aberturas de foso de contacto (no mostradas). El ejemplo anterior utiliza la segunda película AR 234 como la parada de grabado de la guía de luz y pierde algo del grosor en el paso final de exceso de grabado del grabado de foso de aislante.

Como se muestra en las Figuras 12A-B, se aplican la tercera 232 y la segunda 234 películas AR en el sustrato 106 y después se aplica una película AR superior 236 sobre la segunda película AR 234, seguida de una película de parada de grabado de la guía de luz 238 de nitruro de silicio. Como se muestra en la Figura 12C, se forman la película aislante 110 y los electrodos de cableado 108 por encima de las películas AR 232, 234, y 236, y la película de parada de grabado de la guía de luz 238. La Figura 12D muestra una abertura que está grabada en el aislante 110 y que se acaba en la parte superior de la película de parada de grabado de la guía de luz 238. La Figura 12E muestra la abertura llenada con el material de guía de luz.

La Figura 13A es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz para la pila antirreflejos de la Figura 11 y de la Figura 12E, para el grosor nominal de la película AR superior 236 (óxido) de 800 angstrom y variada $\pm 10\%$, mientras que el grosor de la segunda película AR 234 (nitruro) es de 500 angstrom y el grosor de la tercera película AR 232 (óxido) es de 75 angstrom. Las curvas de transmisión muestran un descenso pronunciado en la región de color violeta (400nm a 450nm). Los grosores nominales de las películas AR 232, 234, y 236 que constituyen la pila AR son elegidos para colocar el máximo de la curva de transmisión en la región de color azul (450nm a 490nm) en lugar de la región de color verde (490nm a 560nm) para que cualquier cambio en los grosores de película debido a la tolerancia de fabricación no se traduzca en un descenso del coeficiente de transmisión en la región de color violeta mucho más que en la región de color rojo (630nm a 700nm).

La Figura 13B es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz para la pila antirreflejos de la Figura 11 y la Figura 12E, al grosor nominal de la segunda películas AR (nitruro) de 500 angstrom y variado $\pm 10\%$.

La Figura 13C es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz para la pila antirreflejos de la Figura 11 y la Figura 12E, al grosor de la tercera película AR 232 (nitruro) de 75 angstrom y variado $\pm 10\%$.

Las Figuras 14A-G muestran un proceso para fabricar otro ejemplo de la pila antirreflejos entre las guías de luz 116

y el sustrato 202 para proporcionar dos pilas AR diferentes en dos píxeles diferentes, cada una de las cuales se optimiza para una región de color diferente. La tercera y la segunda películas AR 232 y 234 están dispuestas sobre la unidad de conversión fotoeléctrica 201 en la Figura 14A, de una manera similar al ejemplo mostrada en la Figura 12A. En la Figura 14A, la película AR superior 236 está depositada al grosor de la película AR superior más gruesa 236B mostrada en la Figura 14B. Después se aplica una máscara de litografía (no mostrada) para crear aberturas de máscara sobre los píxeles que utilizan la película AR superior más delgada 236a. Se aplica un paso de grabado para adelgazar la película superior 236 bajo la abertura de máscara al grosor menor de la película AR superior más delgada 236a en la Figura 14B. Pasos siguientes, que se muestran en las Figuras 14C a 14G, son similares a las Figuras 12B-E. Se pueden aplicar los filtros de color verde 114G por encima de los píxeles que tienen la película AR superior más delgada 236a, mientras que los filtros de color azules y rojos por encima de los píxeles que tienen la película AR superior más gruesa 236B.

La Figura 15A es un gráfico del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz para la pila antirreflejos de la Figura 14G para una película AR superior más delgada 236^a del grosor nominal de 0,12μm, una segunda película AR 234 al grosor nominal de 500 Ångstrom, y una tercera película AR 232 al grosor nominal de 75 Ångstrom. Este gráfico tiene el máximo en la región del color verde a 99% aproximadamente, y cae suavemente hasta 93% aproximadamente en el centro de la región del color rojo. Este gráfico muestra que se puede utilizar la película AR superior más delgada 236a en los píxeles rojos, así como los píxeles verdes. Se puede utilizar esta película AR superior más delgada 236a en píxeles magentas si el color magenta es parte del patrón mosaico de la matriz de píxeles del sensor de imagen.

La Figura 15B es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz para la pila antirreflejos de la Figura 14G para una película AR superior más gruesa 236B de 0,20μm de grosor nominal, una segunda película AR 234 de grosor nominal de 500 Ångstrom, y una tercera película AR 232 de grosor nominal de 75 Ångstrom. Este gráfico tiene los máximos en dos regiones de color separadas, a saber morado y rojo. Se puede utilizar este gráfico muestra que la película AR superior 236B en los píxeles azules y los píxeles rojos. Se puede utilizar esta película AR superior más gruesa 236b en píxeles amarillos si el color amarillo es parte del patrón mosaico de la matriz de píxeles del sensor de imagen.

Una matriz de píxeles puede utilizar la película AR superior más delgada 236a sólo para los píxeles verdes y la película AR superior más gruesa 236B tantos para los píxeles azules como para los rojos. Alternativamente, la matriz de píxeles puede utilizar la película AR superior más delgada 236a tantos para los píxeles verdes como para los rojos, y la película AR superior más gruesa 236B sólo para los píxeles azules.

Se puede proporcionar otro ejemplo para proporcionar dos pilas AR diferentes, cada una optimizada para una región de color diferente creando grosores diferentes de segundas películas AR y manteniendo el mismo grosor de la película AR superior. Se determinan dos grosores diferentes, uno para cada región de color. Por ejemplo, el grosor de 2.800 angstrom optimiza la transmisión para la luz azul y la luz rojo, mientras que se optimiza el grosor de 650 angstrom para la luz verde. La segunda película AR es depositada primero al mayor grosor. Después se aplica una máscara de litografía para crear una abertura de máscara sobre los píxeles que utilizan el menor grosor de segunda película AR. Se aplica un paso de grabado para adelgazar la segunda película AR bajo la abertura de máscara hasta el grosor más pequeño. Los pasos subsiguientes son idénticos a las Figuras 12B-E.

Si bien se han descrito y mostrado alguno ejemplo ejemplar en los dibujos adjuntos, se debe entender que tal ejemplo es meramente ilustrativo y no restrictivo de la invención amplia, y que esta invención no se limita a las construcciones y arreglos específicos mostrados y descritos, ya que a los expertos ordinarios en la técnica se pueden ocurrir otras modificaciones varias.

REIVINDICACIONES

1. Sensor de imagen (100) que comprende un par de pixeles adyacentes de sensor de imagen sobre un sustrato (106), comprendiendo cada píxel:

- 5 una unidad de conversión fotoeléctrica (102) con el apoyo de dicho sustrato, comprendiendo adicionalmente el sensor de imagen:
una película de sellado (500) que es transparente a la luz, en el cual rayos de luz entran desde arriba por la película de sellado y chocan con dicha unidad de conversión fotoeléctrica, y
10 comprendiendo cada píxel un filtro de color (114B, 114G) que está del todo bajo dicha película de sellado, comprendiendo además el sensor de imagen una rendija de aire (422) que contiene el aire o un gas, estando dicha rendija de aire en un lado y entre los filtros de color (114B, 114G) de pixeles adyacentes, y bajo dicha película de sellado (500);
caracterizado por el hecho de que:
15 una superficie de dicha película de sellado es cóncava en la frontera con la rendija de aire que es bajo dicha superficie, tal que los rayos de luz que entran en la rendija de aire desde dicha película de sellado se desvían para los filtros de color (114B, 114G).
2. Sensor de imagen según la 1ª reivindicación, caracterizado por el hecho de que cada píxel comprende una guía de luz por debajo de dicho filtro de color, en el cual una pluralidad de rayos de luz que entran en dicha guía de luz por cima de dicha película de sellado cruzan sólo interfaces planas.
3. Sensor de imagen según las 1ª o 2ª reivindicaciones, que comprende además:
un vidrio de cubierta (810) sobre el sensor de imagen (100); y
25 una película adhesiva transparente (820) que está dispuesta entre el vidrio de cubierta (810) y el sensor de imagen (100) y junto con la película de sellado (500) constituye una película transparente que llena el espacio entre el vidrio de cubierta (810) y los filtros de color (114B, 114G).
4. Método para fabricar un sensor de imagen que comprende un par de pixeles adyacentes de sensor de imagen,
30 que comprende:
formar una película de apoyo (134) con un par de aperturas (132) adyacentes sobre un sustrato (106) que da el apoyo a un par de unidades de conversión fotoeléctrica;
formar un filtro de color (114B, 114G) dentro de cada apertura de la película de apoyo;
35 retirar desde arriba una porción (212) de dicha película de apoyo que está adyacente a un lado de dichos filtros de color (114B, 114G) para formar una rendija de aire (422) adyacente al lado y entre los filtros de color (114B, 114G);
formar una película de sellado (500) sobre los filtros de color (114B, 114G) y la rendija de aire (422), sellando la película de sellado (500) el aire o un gas dentro de la rendija de aire (422) desde arriba,
40 caracterizado por el hecho de que la película de sellado (500) está formada por un recubrimiento por giro dinámico y el método comprende adicionalmente:
formar una superficie cóncava en la película de sellado (500), en la frontera (510) con la rendija de aire que está por debajo de la superficie, tal que rayos de luz que entran en dicha rendija de aire (422) desde dicha película de sellado (500) se desvían para los filtros de color (114B 114G).

45

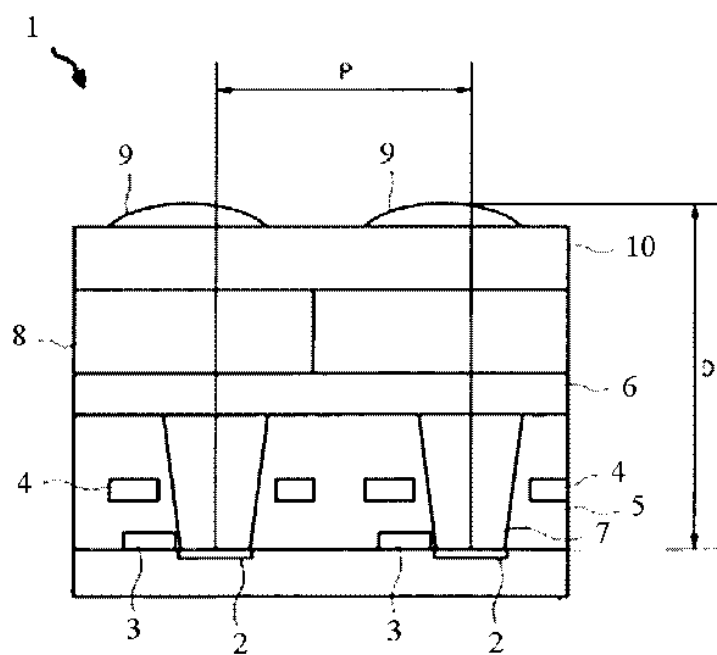


FIG. 1A
antecedente

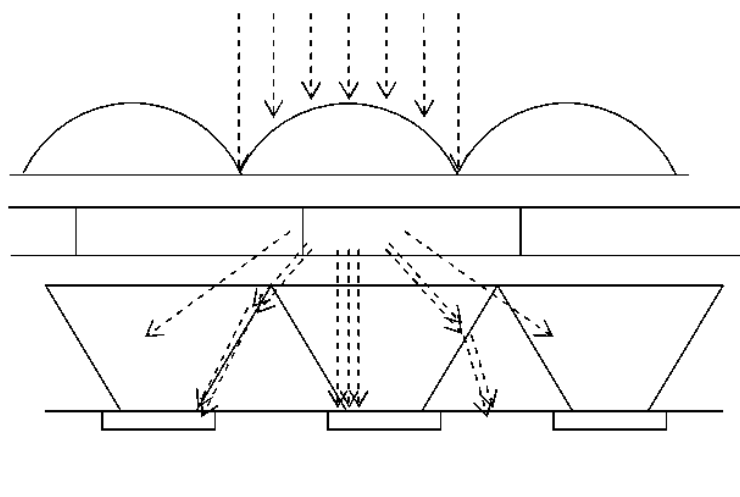


FIG. 1B
antecedente

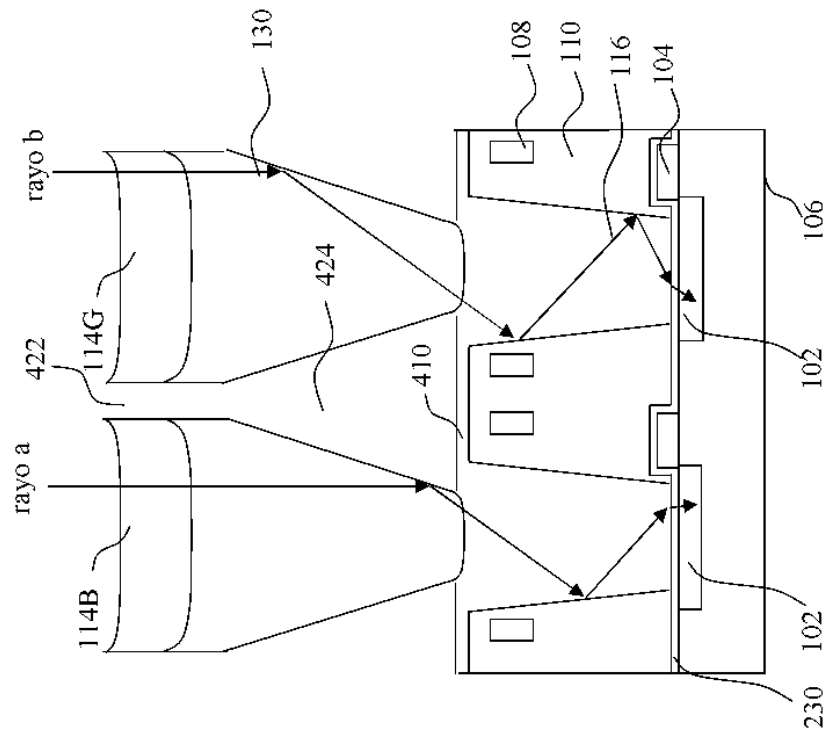


FIG. 5

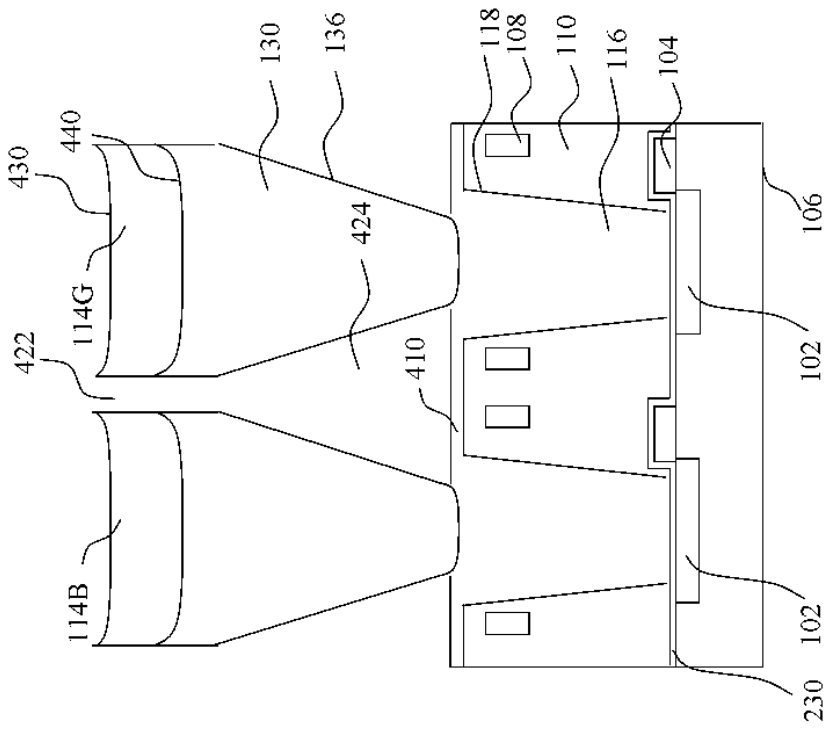


FIG. 2

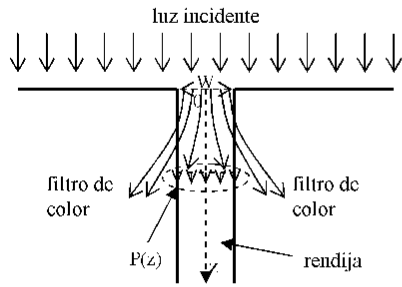


FIG. 3A

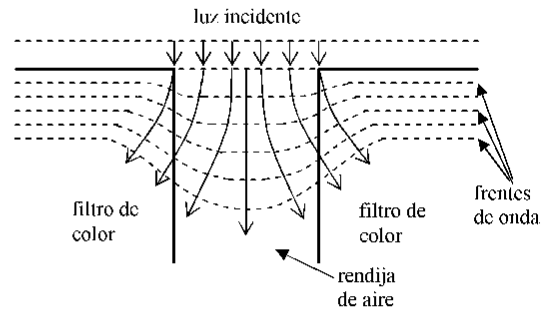
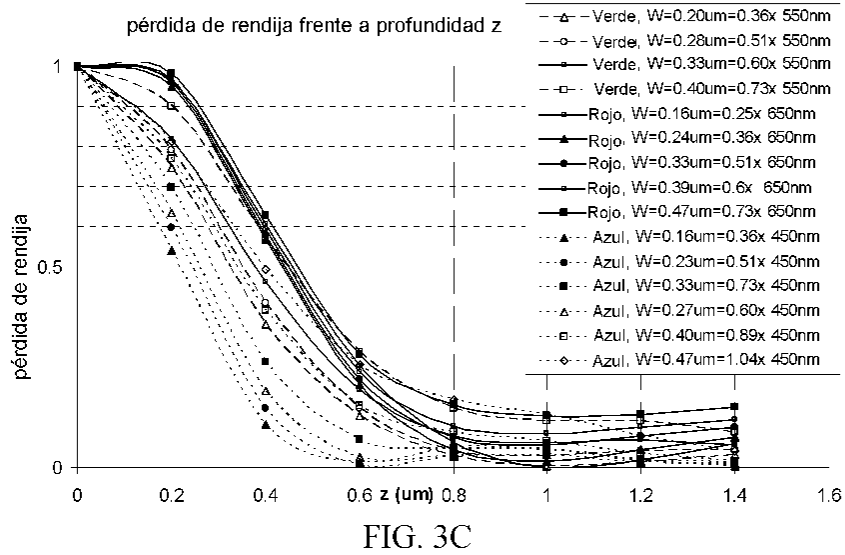
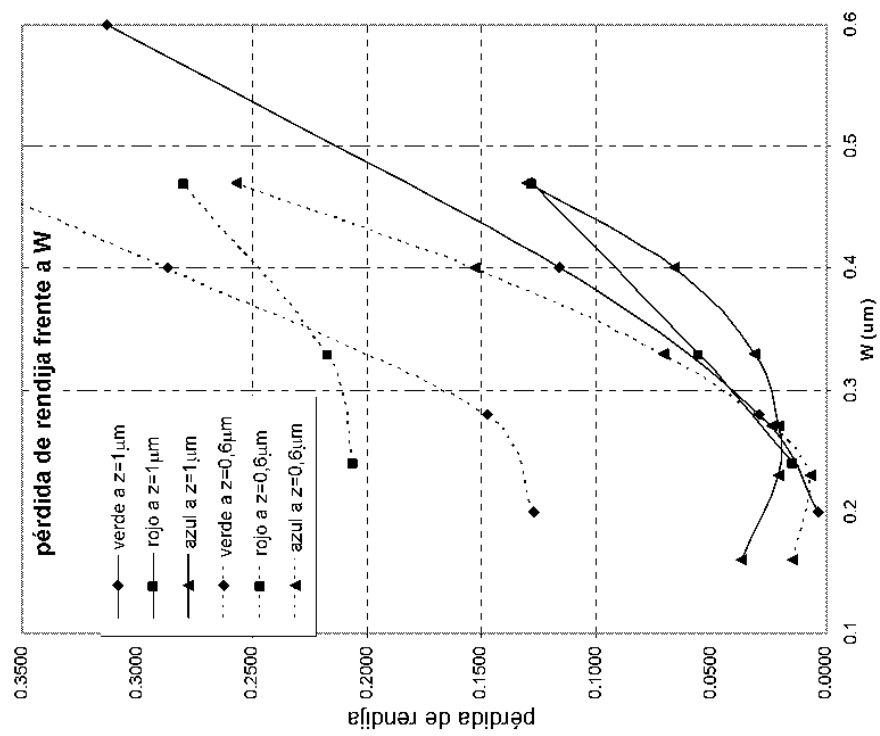
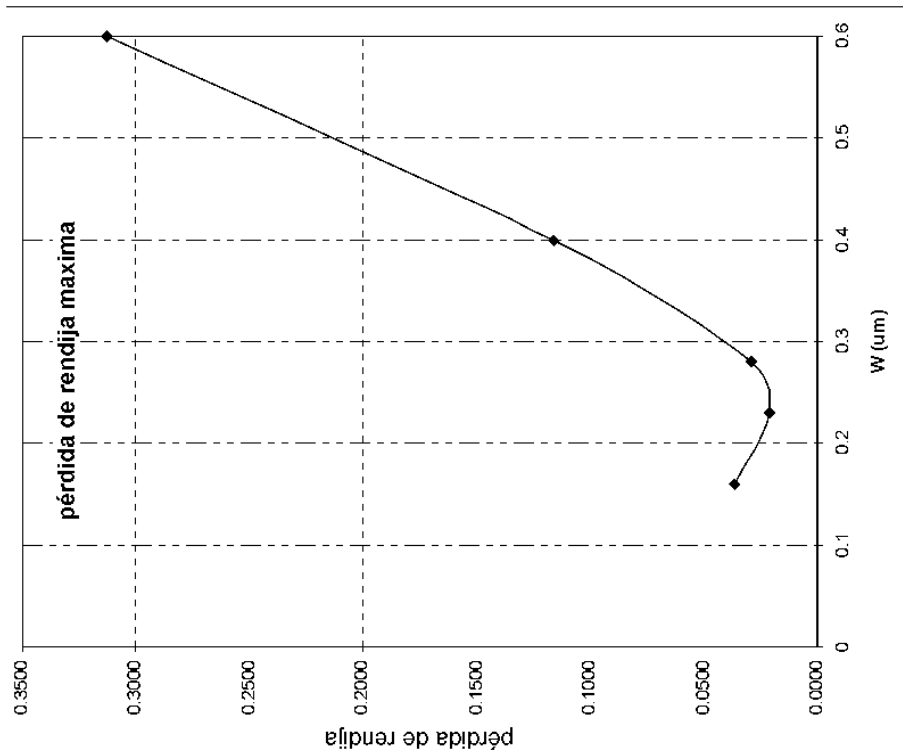


FIG. 3B





ancho de rendija (μm)									
0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5			
2.5%	2.1%	4.0%	7.0%	12%	17%	22%			

FIG. 3F

tamaño (μm)	ancho de rendija (μm)									
	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5			
1.8	21%	26%	31%	35%	40%	44%	48%			
2.2	17%	21%	25%	29%	33%	37%	40%			
2.8	14%	17%	20%	23%	27%	30%	33%			
4	10%	12%	14%	17%	19%	21%	23%			
5.6	7.0%	8.7%	10%	12%	14%	15%	17%			

FIG. 3G

tamaño (μm)	ancho de rendija (μm)									
	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5			
1.8	0.52%	0.54%	1.2%	2.5%	4.6%	7.2%	10.3%			
2.2	0.43%	0.45%	1.0%	2.1%	3.8%	6.1%	8.7%			
2.8	0.34%	0.36%	0.81%	1.6%	3.1%	4.9%	7.0%			
4	0.24%	0.25%	0.58%	1.2%	2.2%	3.5%	5.0%			
5.6	0.18%	0.18%	0.42%	0.85%	1.6%	2.5%	3.7%			

FIG. 3H

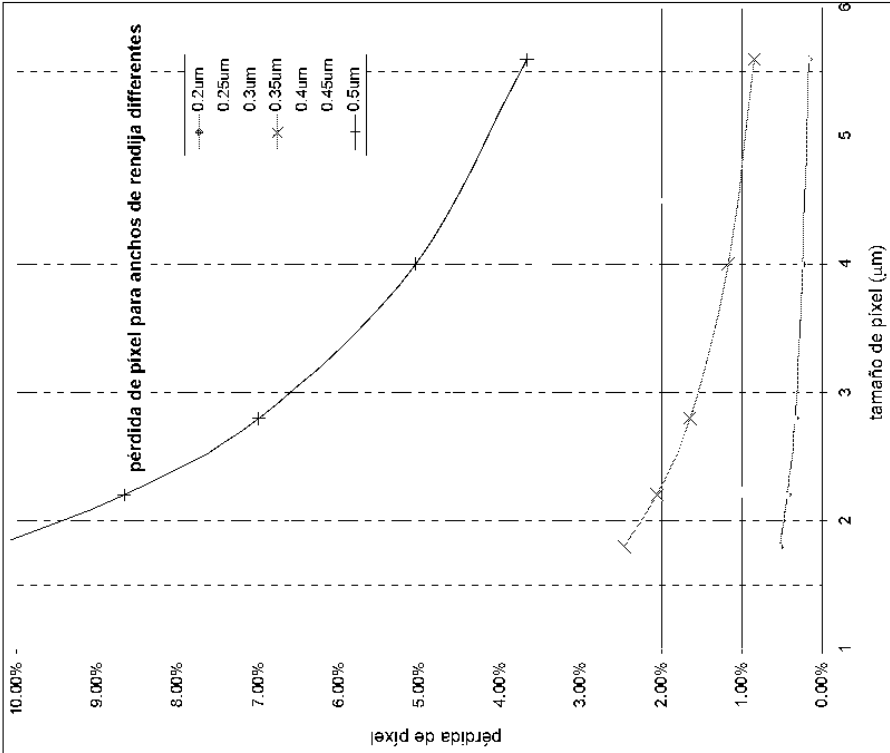


FIG. 3I

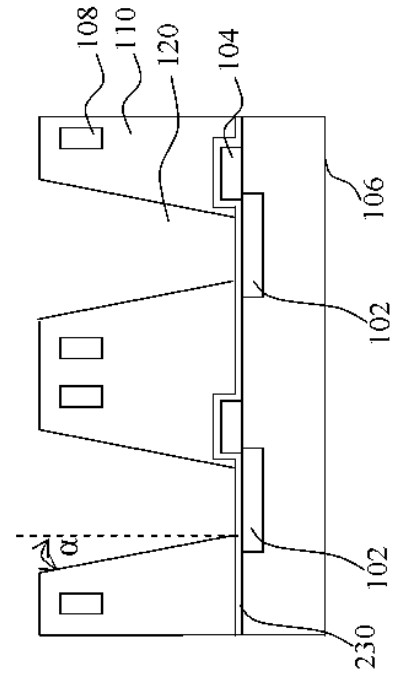


FIG. 4B

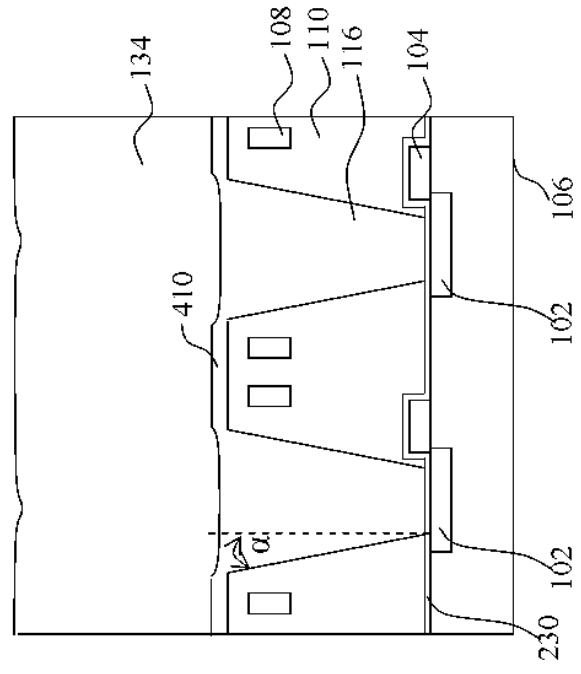


FIG. 4D

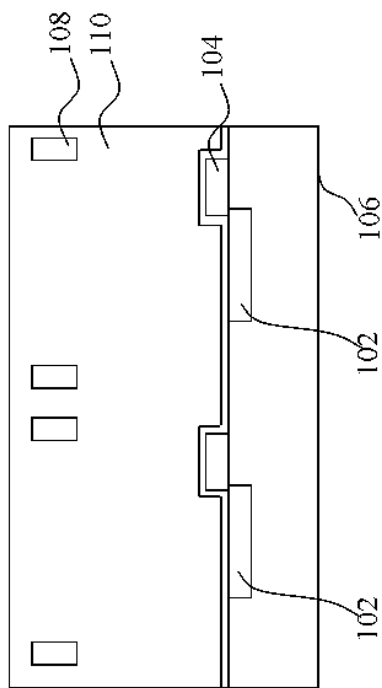


FIG. 4A

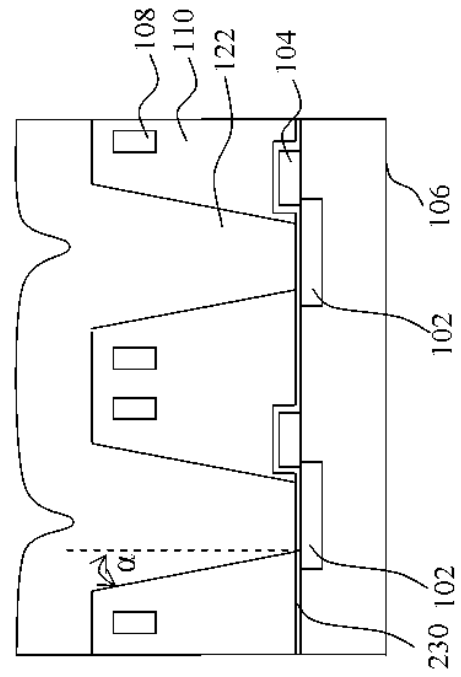
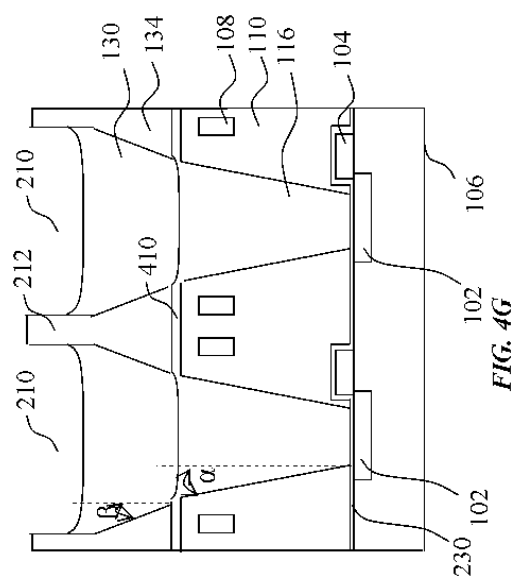
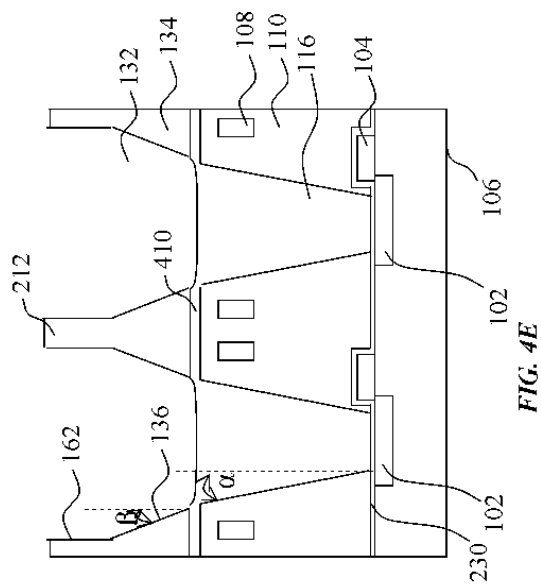
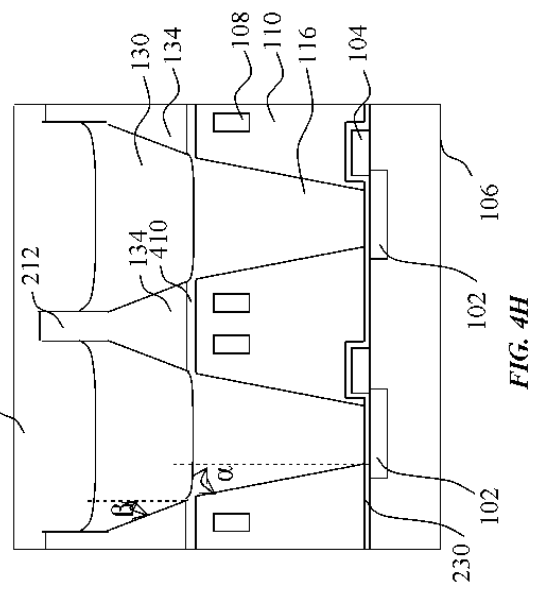
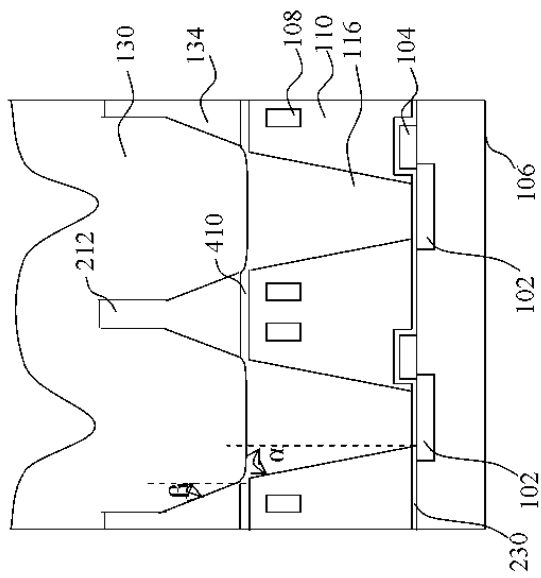
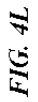
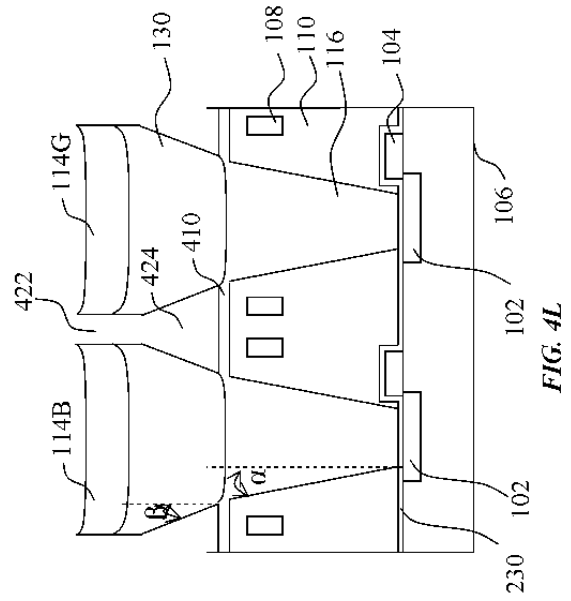
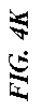
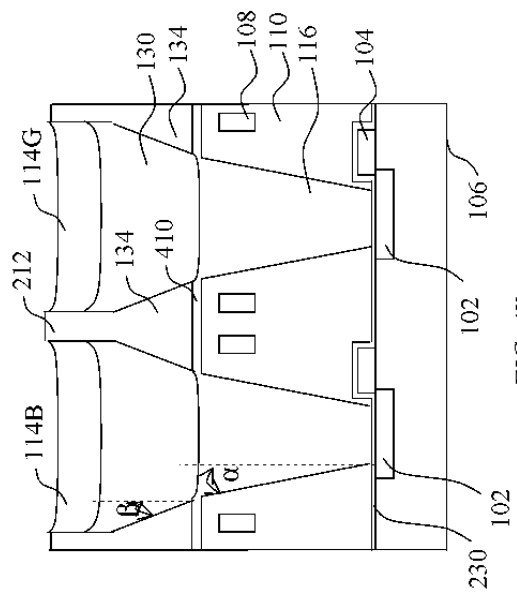
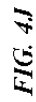
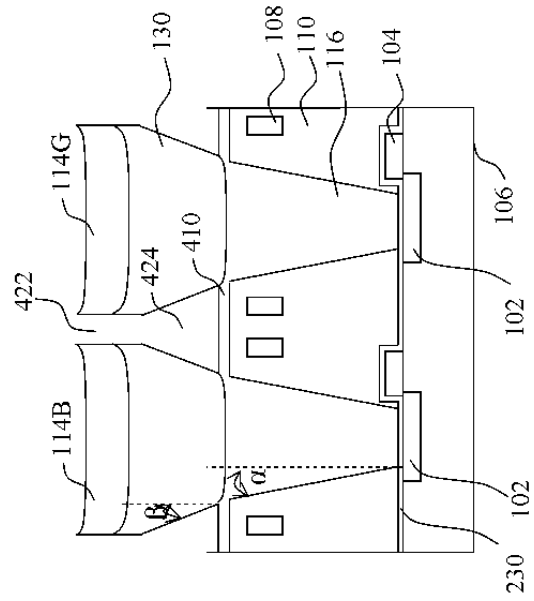
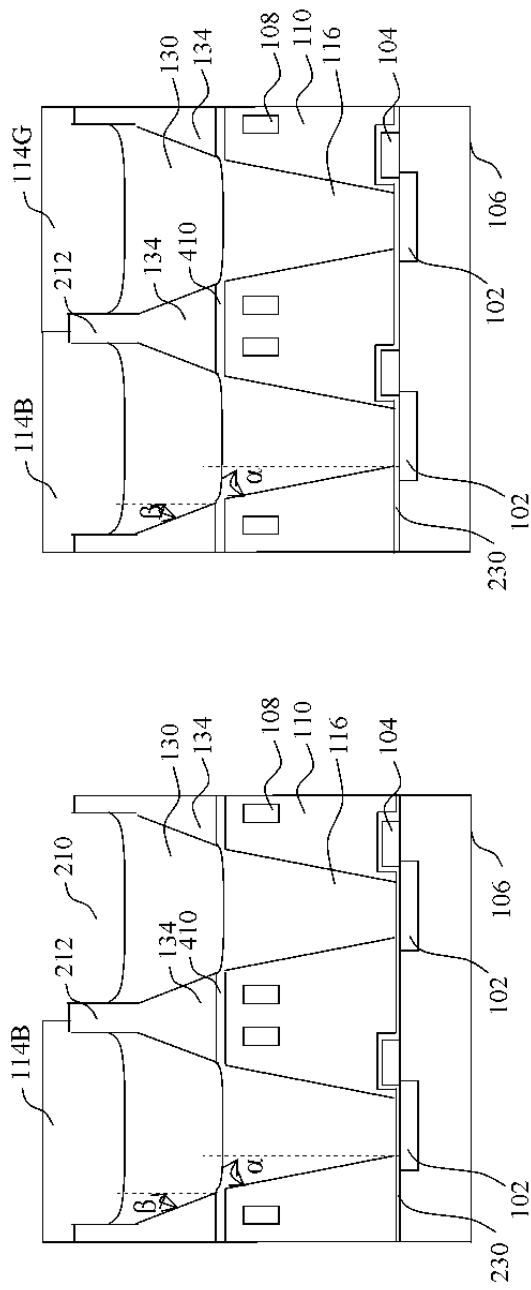


FIG. 4C





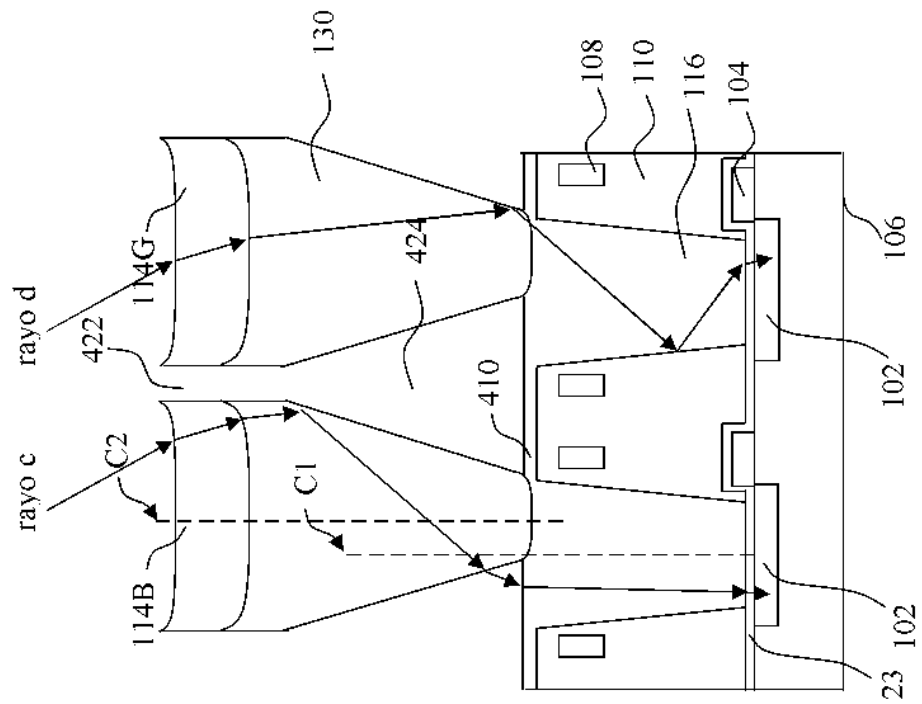


FIG. 6B

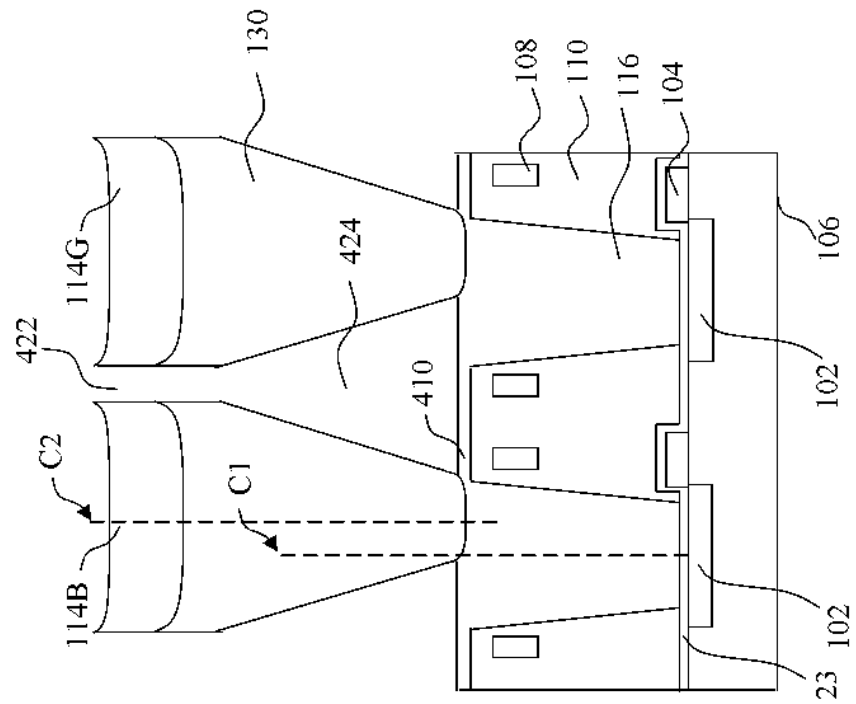
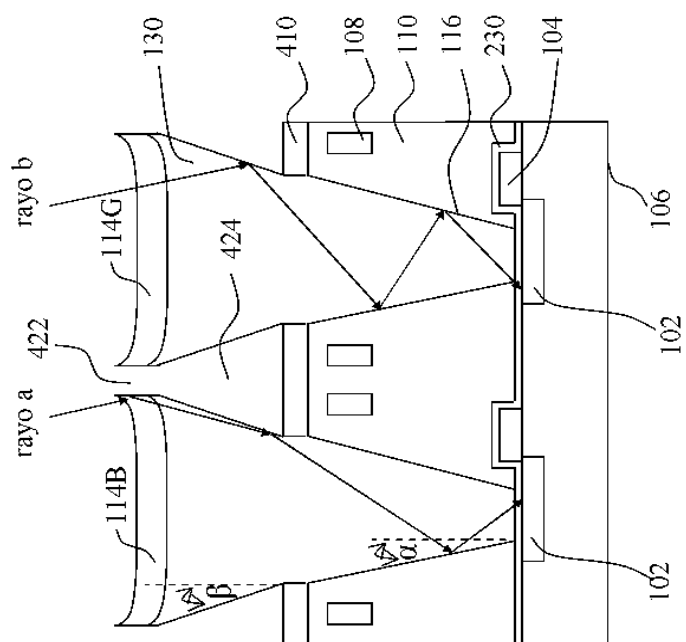
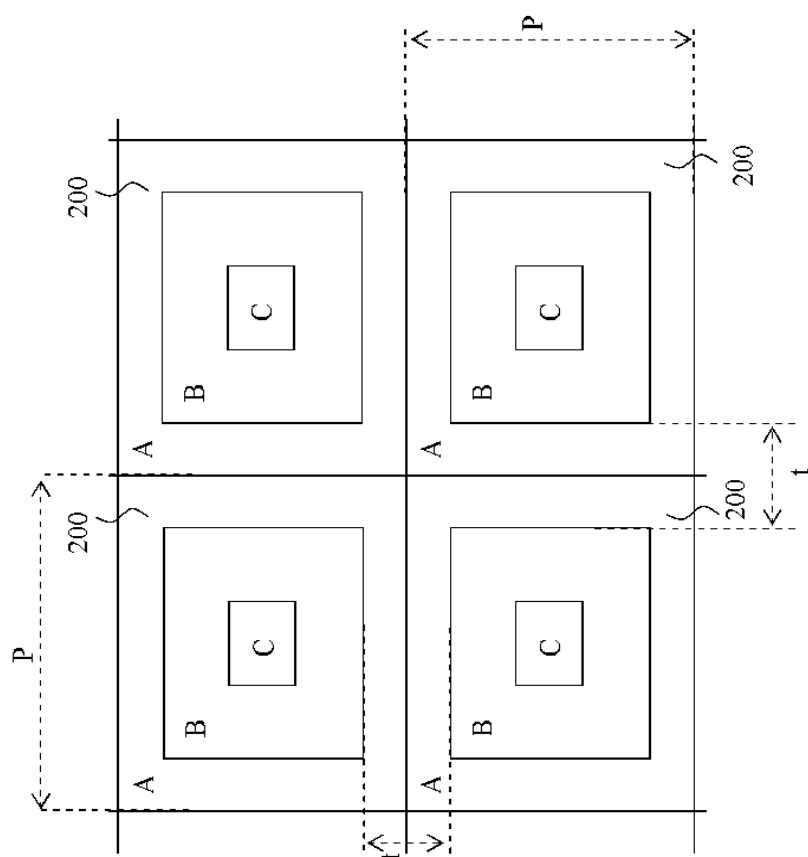


FIG. 6A



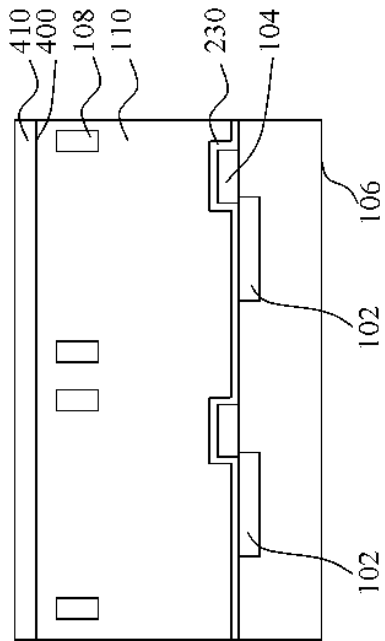


FIG. 9B

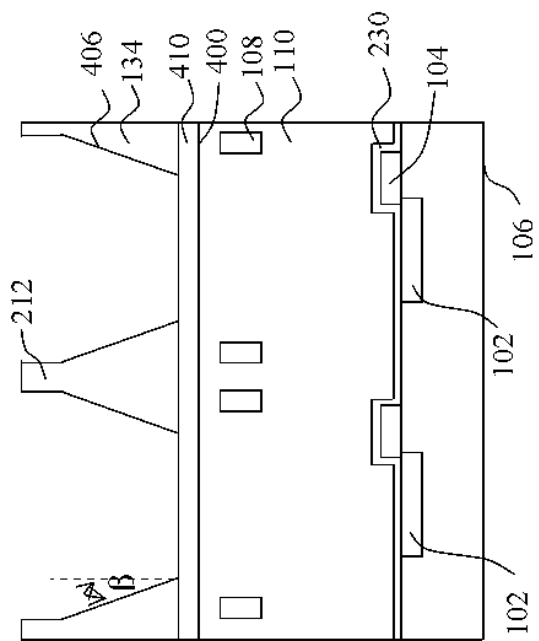


FIG. 9D

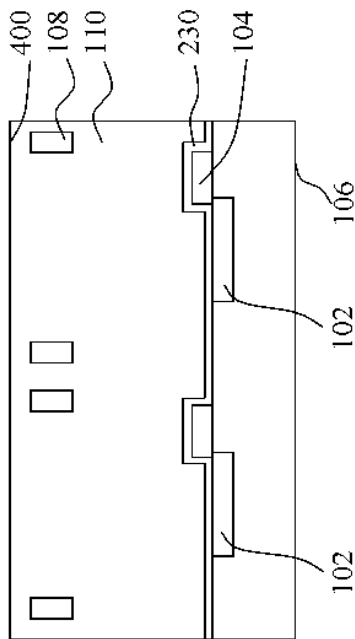


FIG. 9A

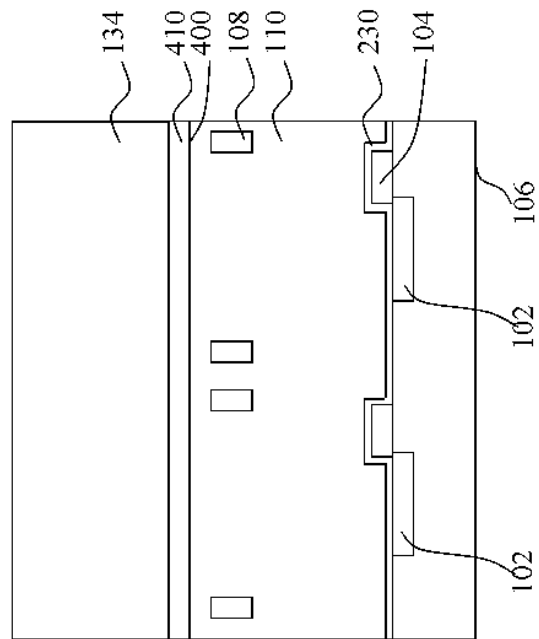


FIG. 9C

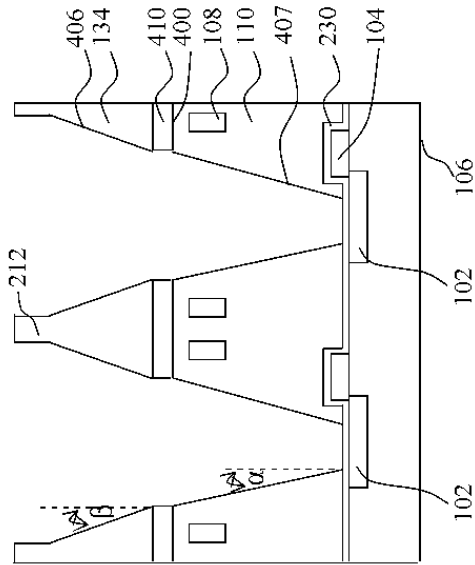


FIG. 9F

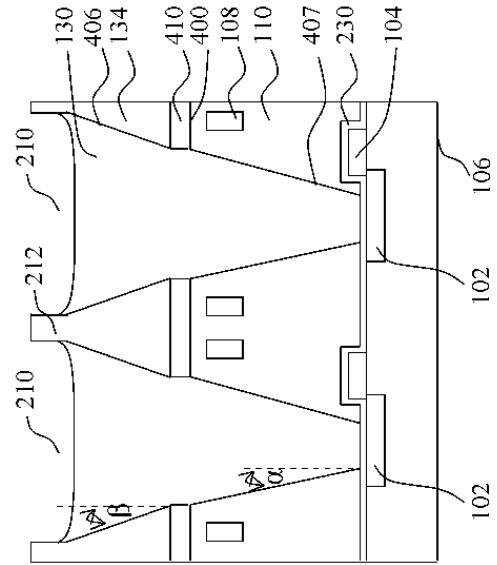


FIG. 9H

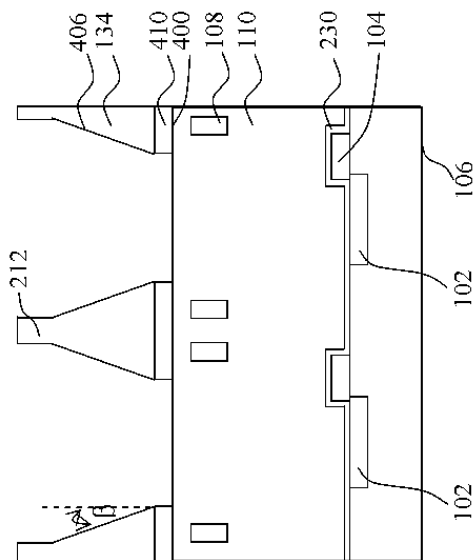


FIG. 9E

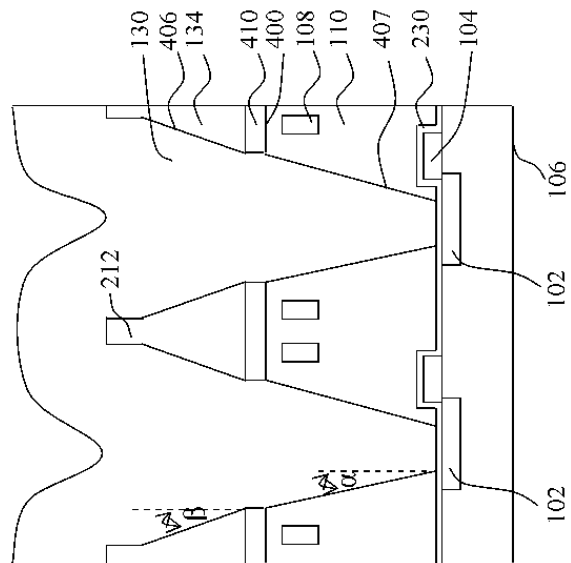


FIG. 9G

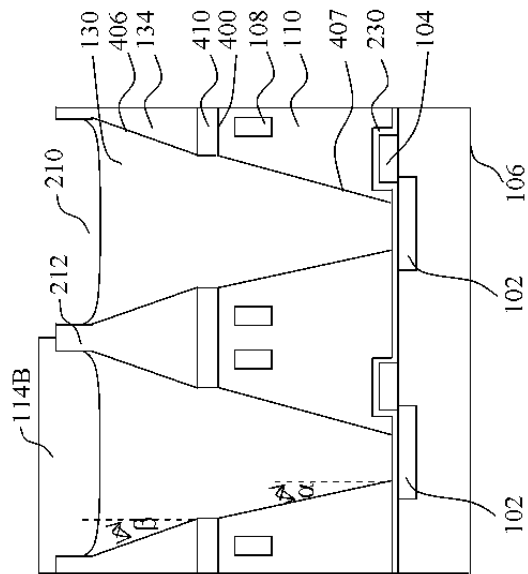


FIG. 9J

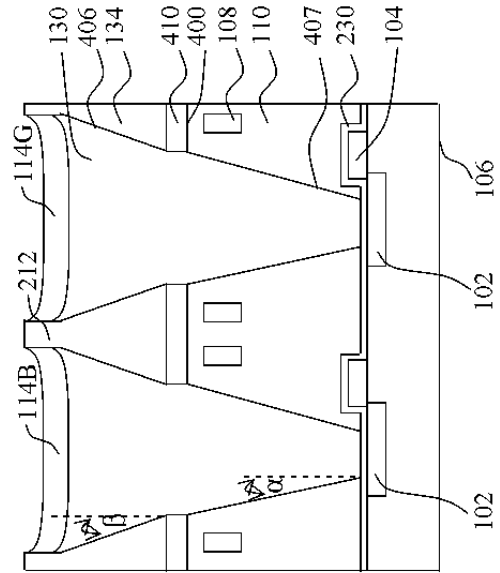


FIG. 9L

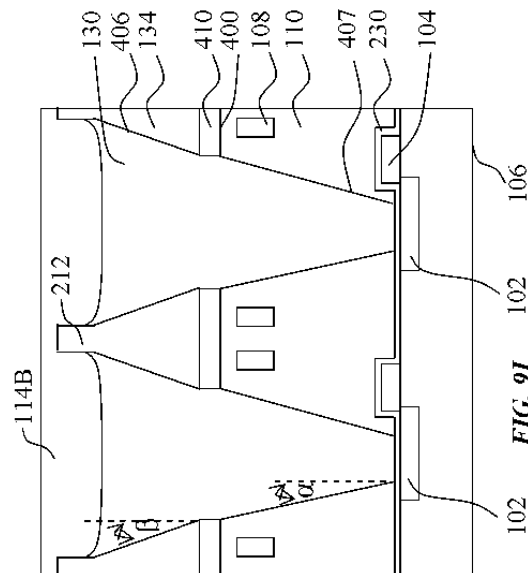


FIG. 9I

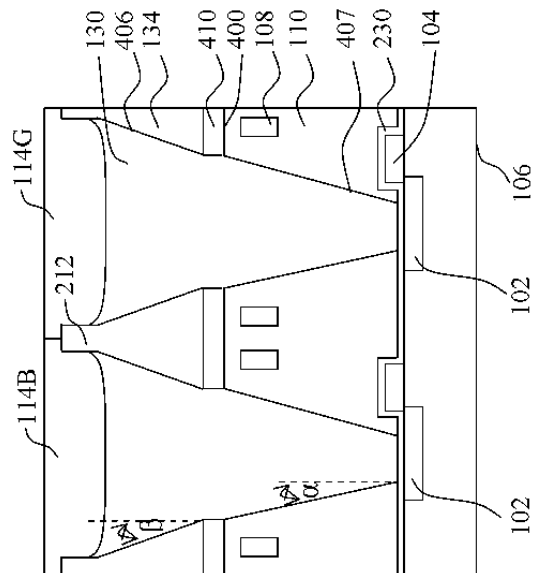


FIG. 9K

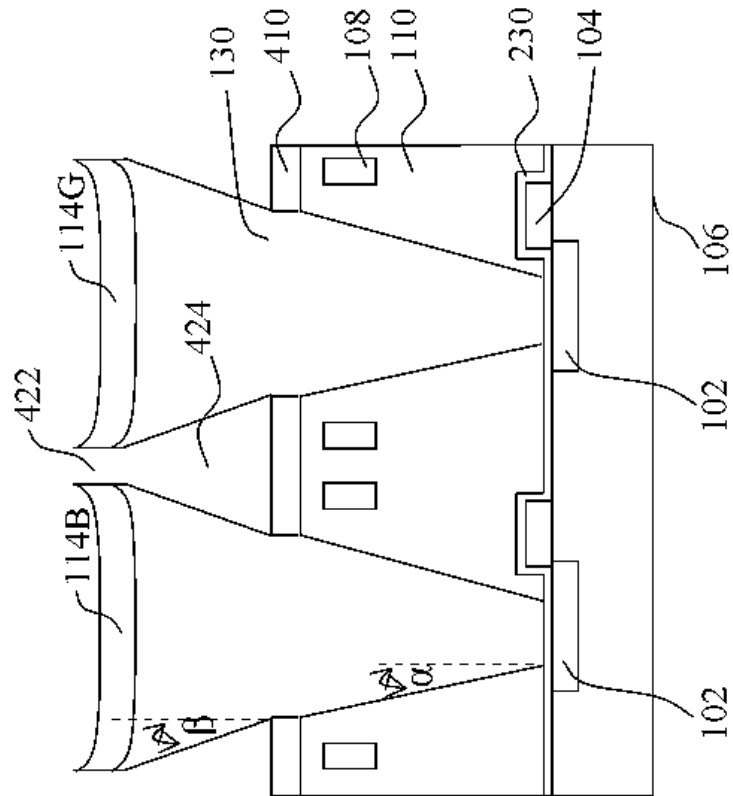


FIG. 9M

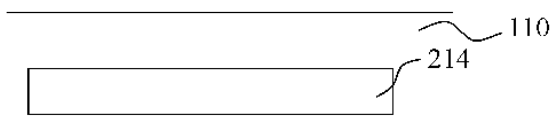


FIG. 10A

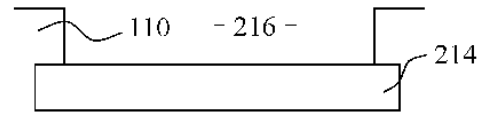


FIG. 10B



FIG. 10C

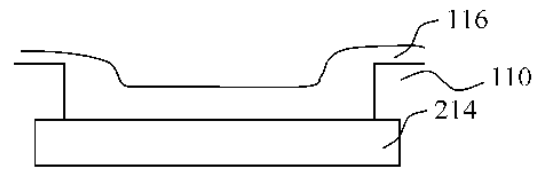


FIG. 10D

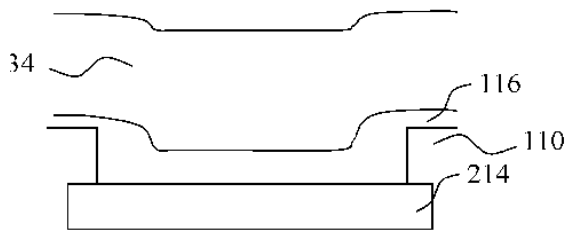


FIG. 10E

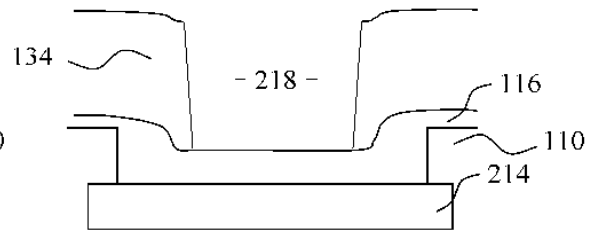


FIG. 10F

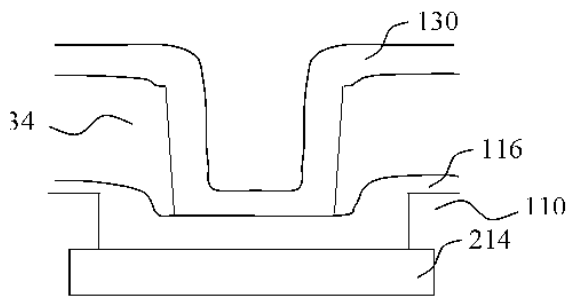


FIG. 10G

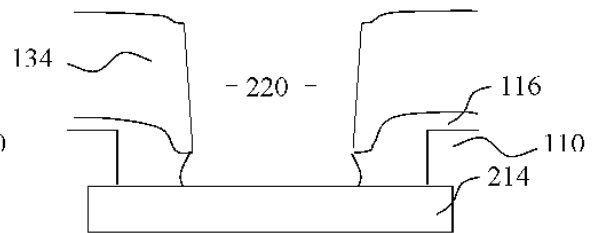


FIG. 10H

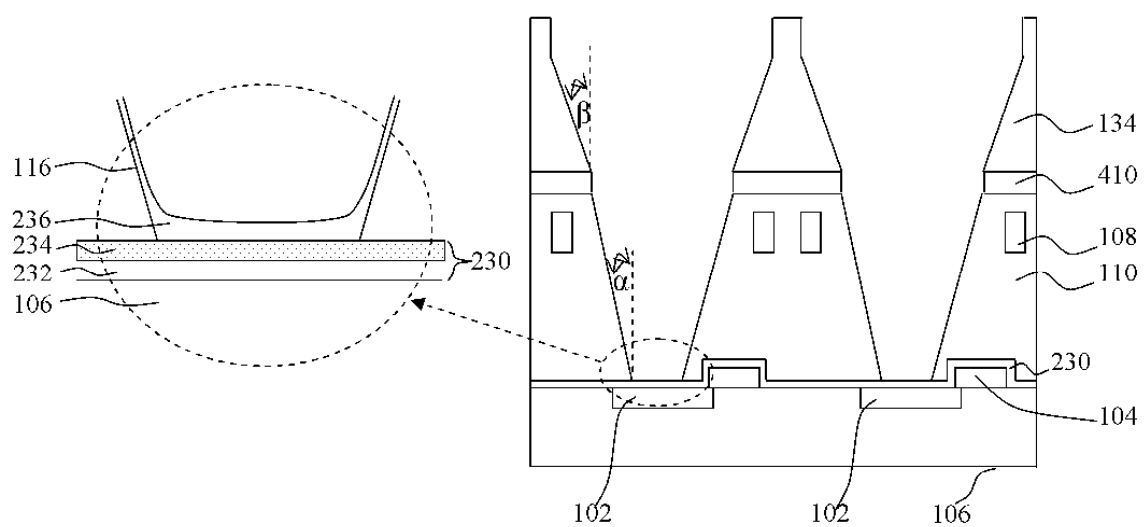
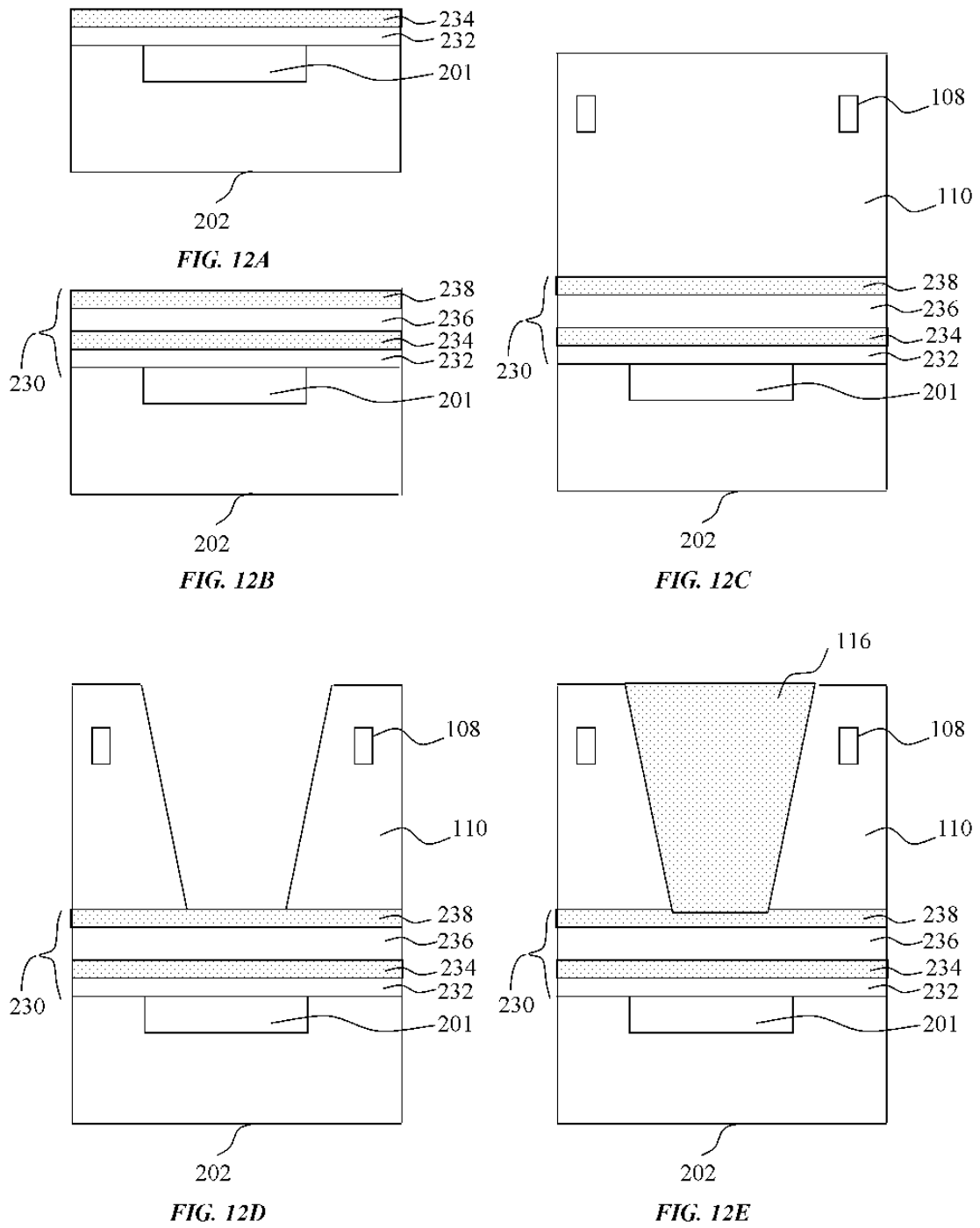
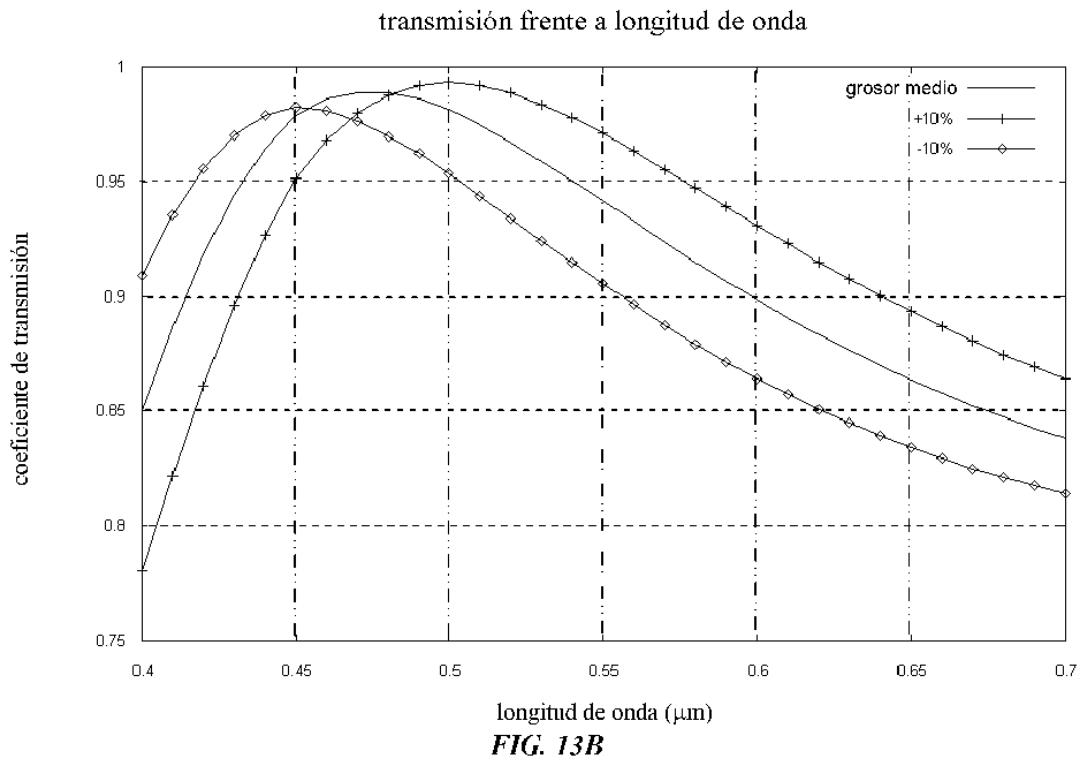
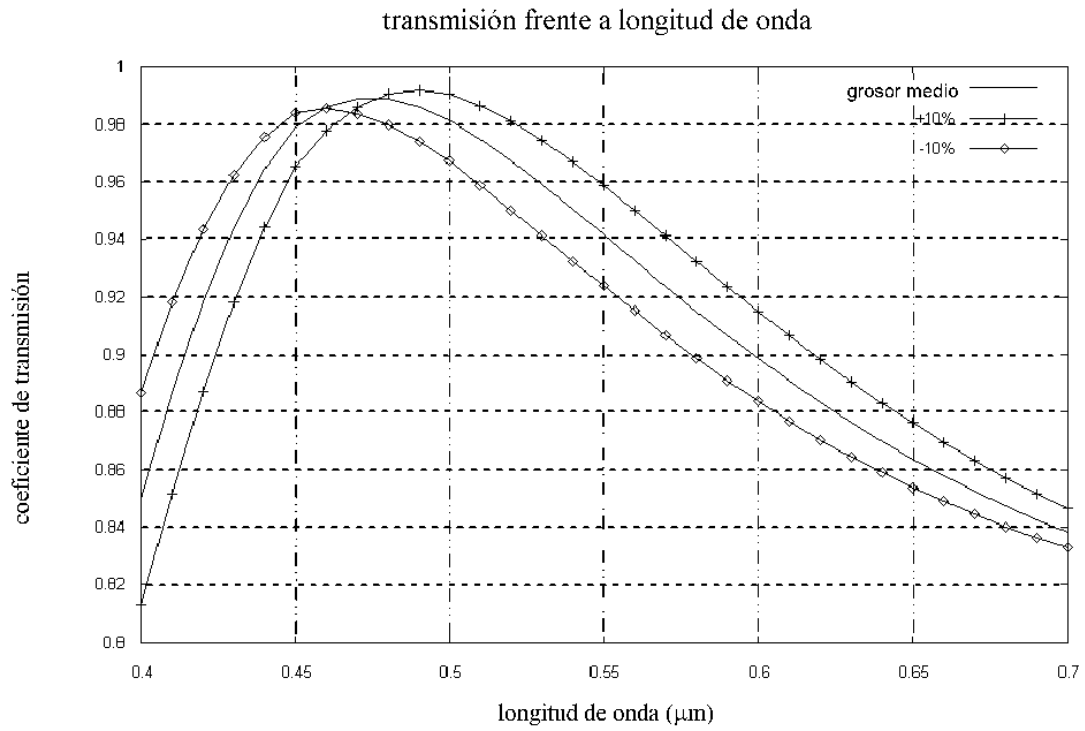


FIG. 11





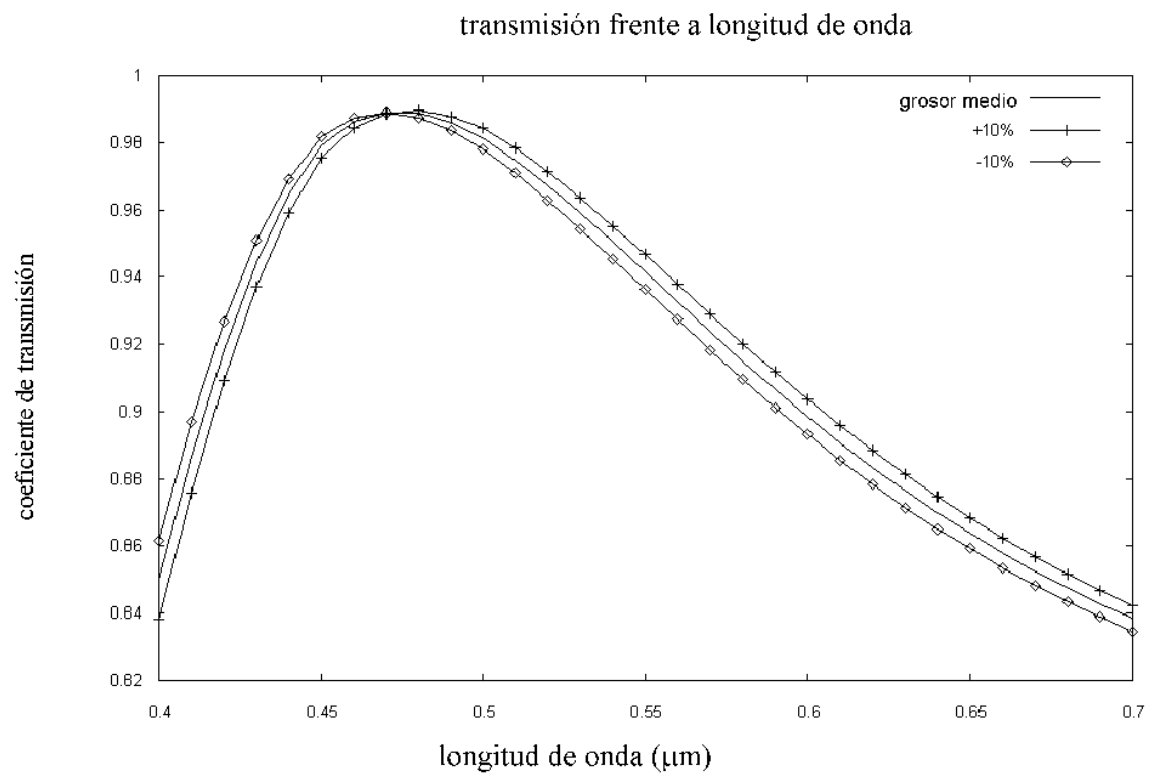


FIG. 13C

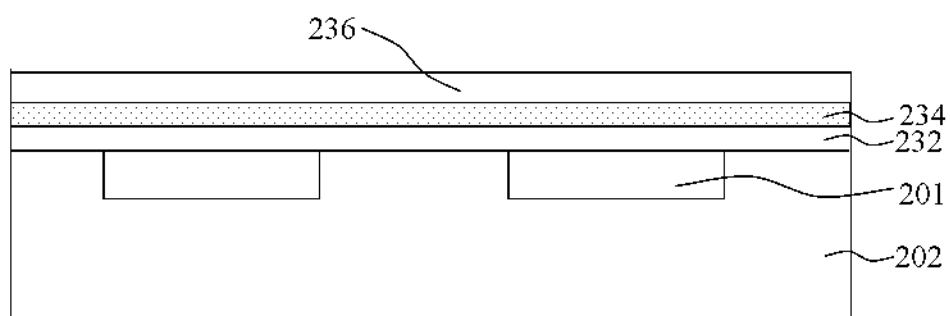


FIG. 14A

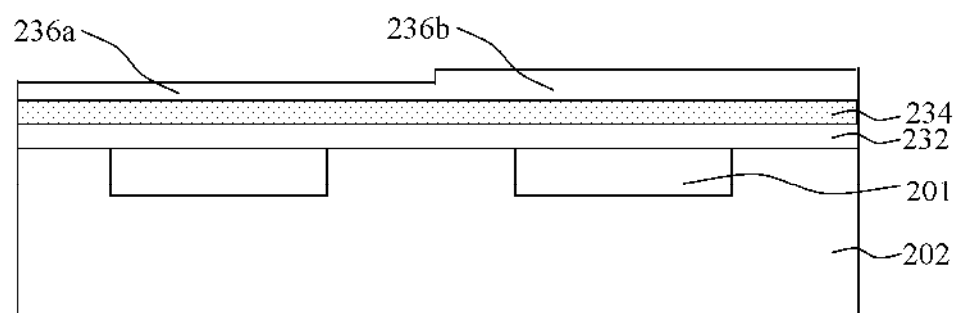


FIG. 14B

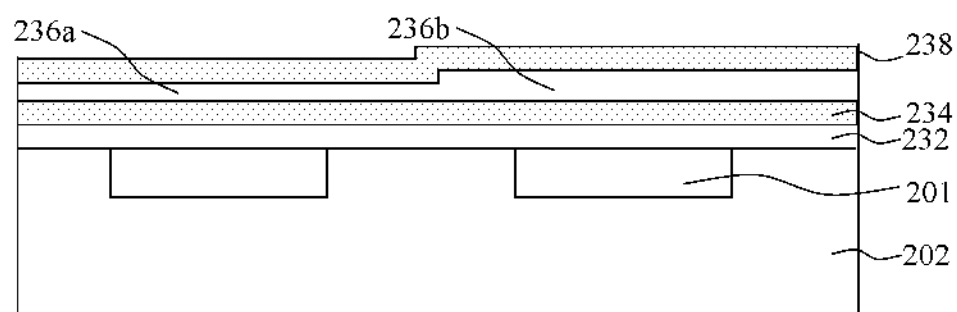


FIG. 14C

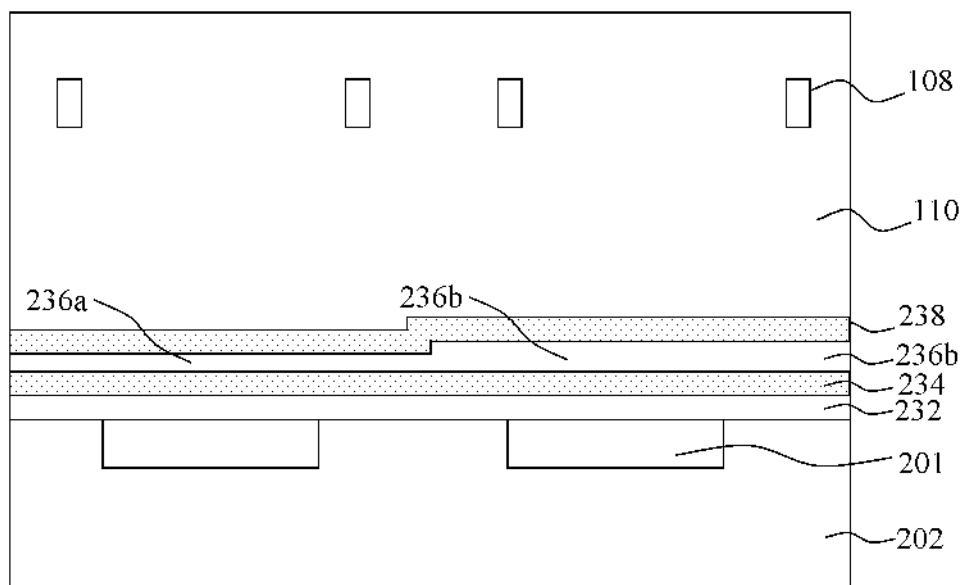


FIG. 14D

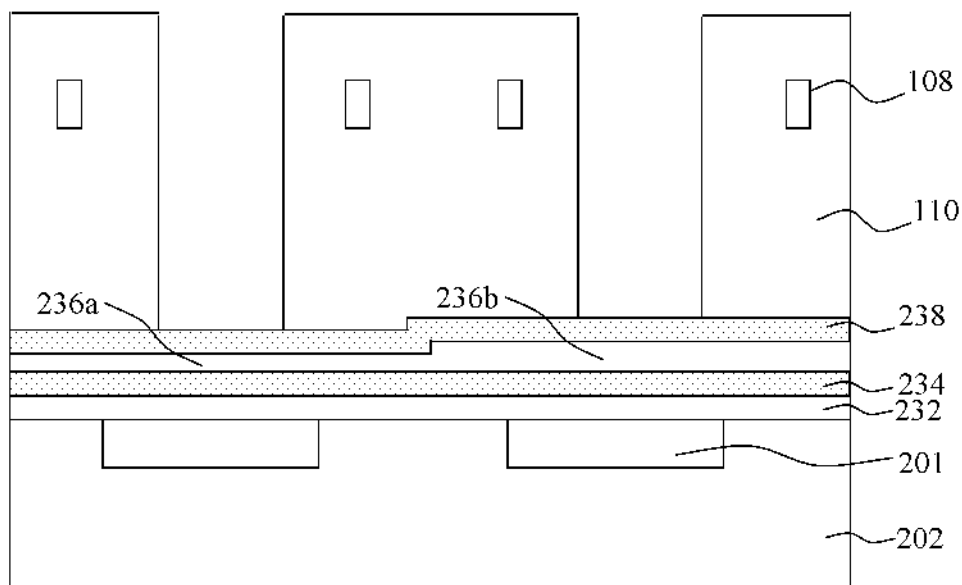


FIG. 14E

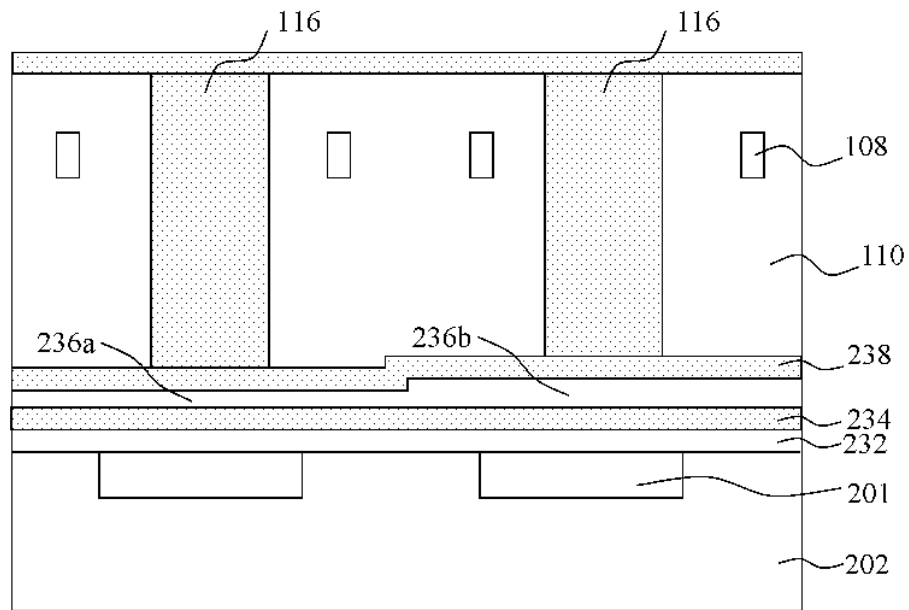


FIG. 14F

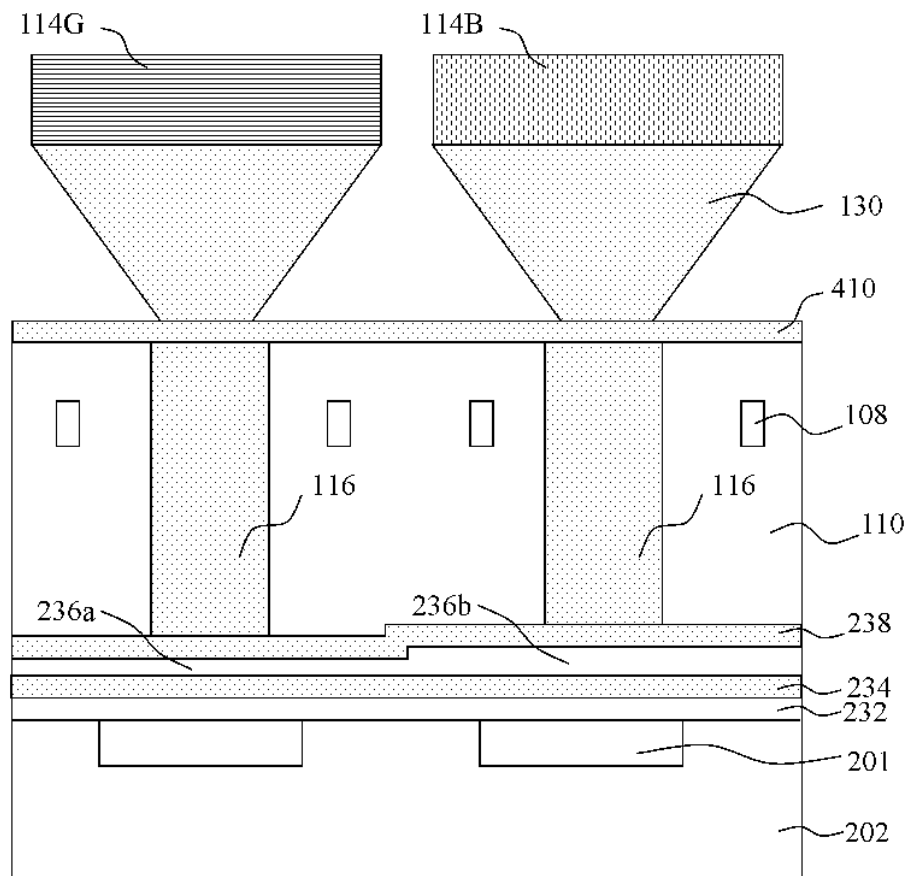


FIG. 14G

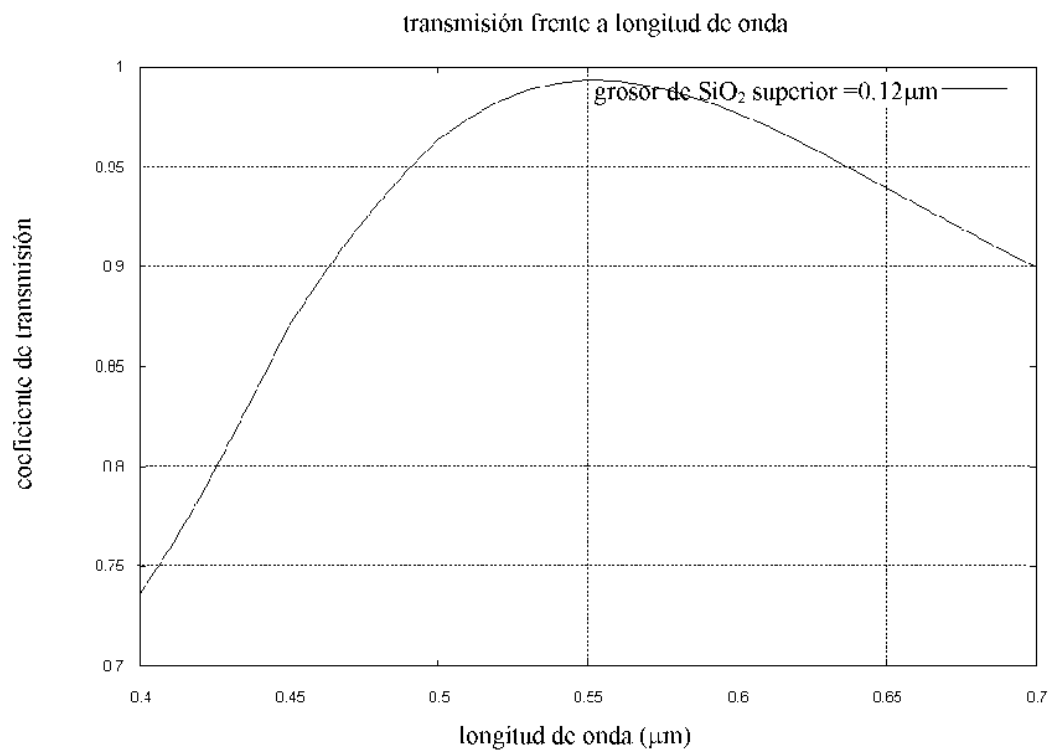


FIG. 15A

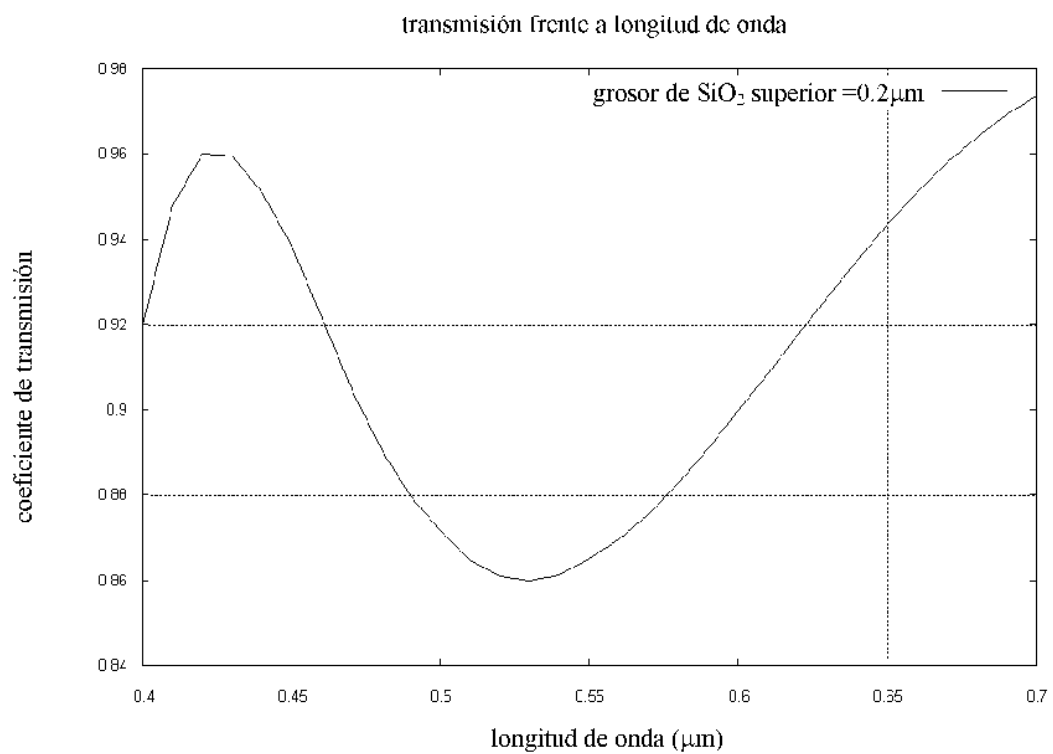


FIG. 15B

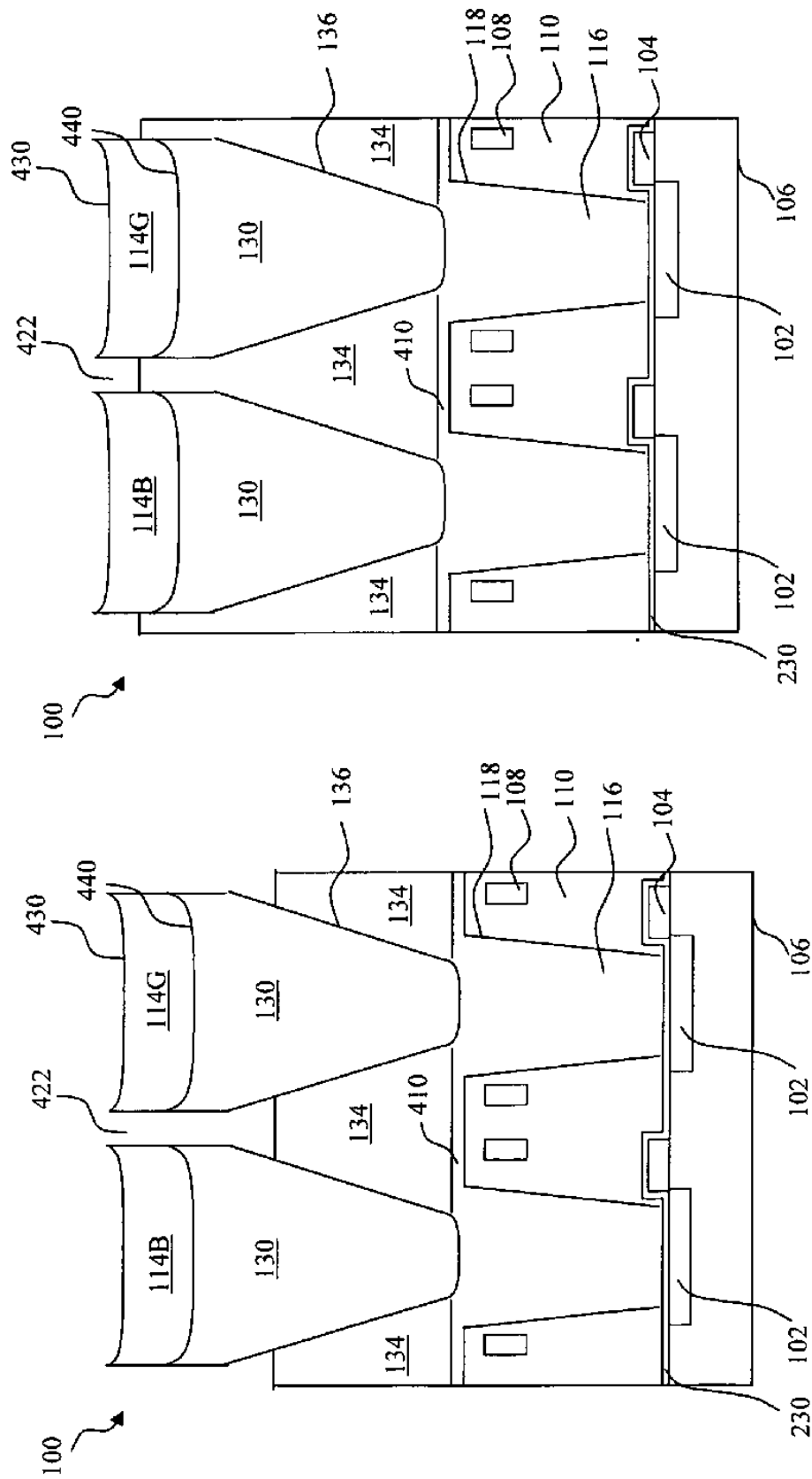


FIG. 17

FIG. 16

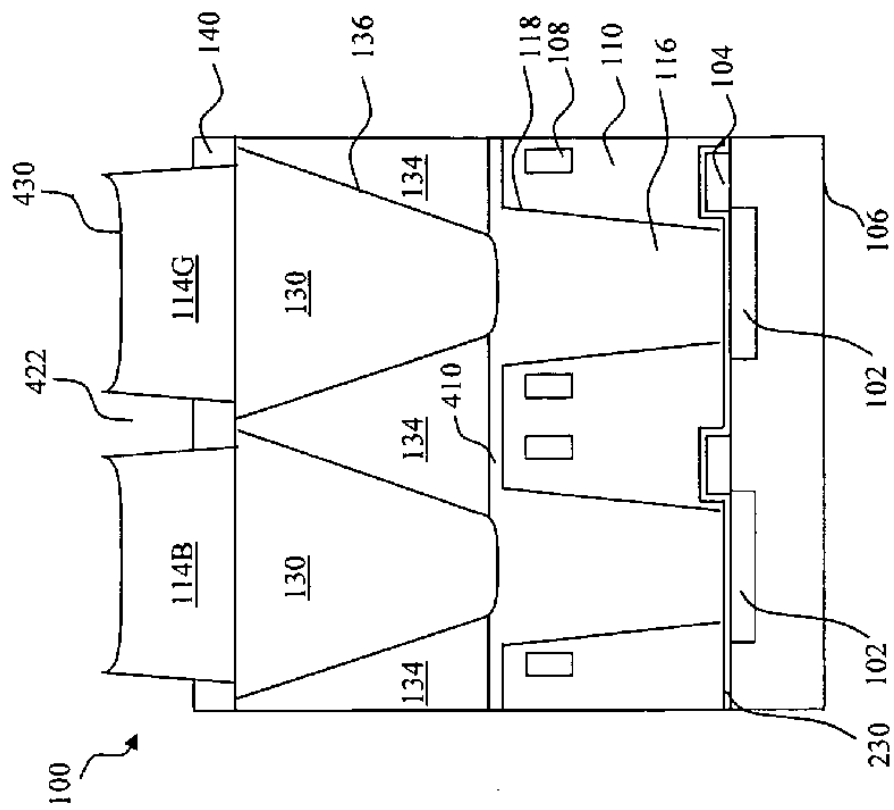


FIG. 19

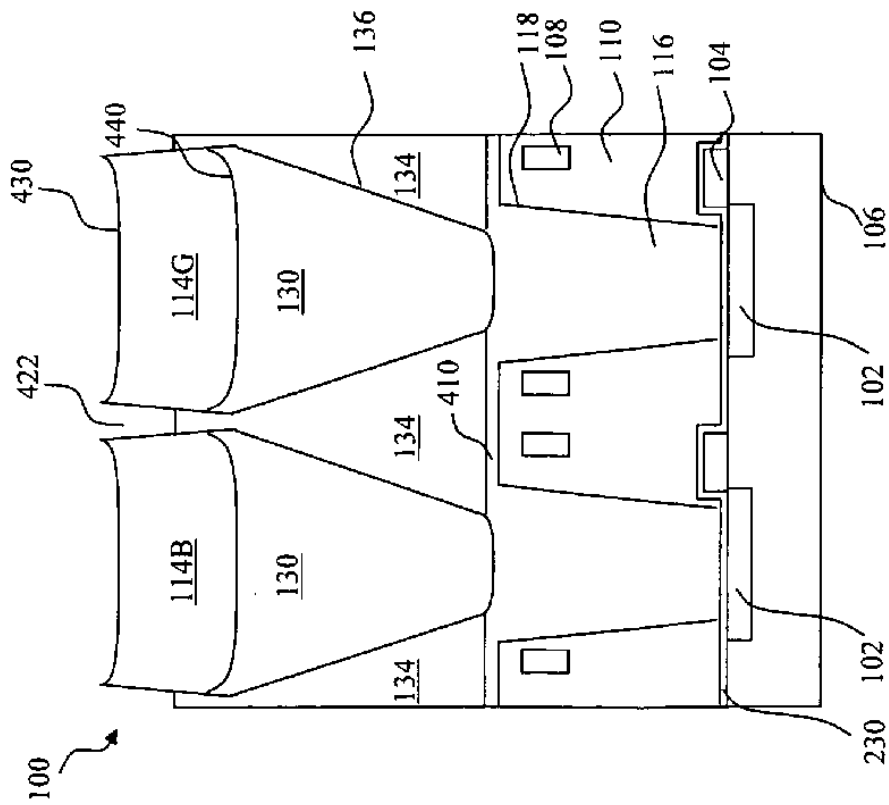


FIG. 18

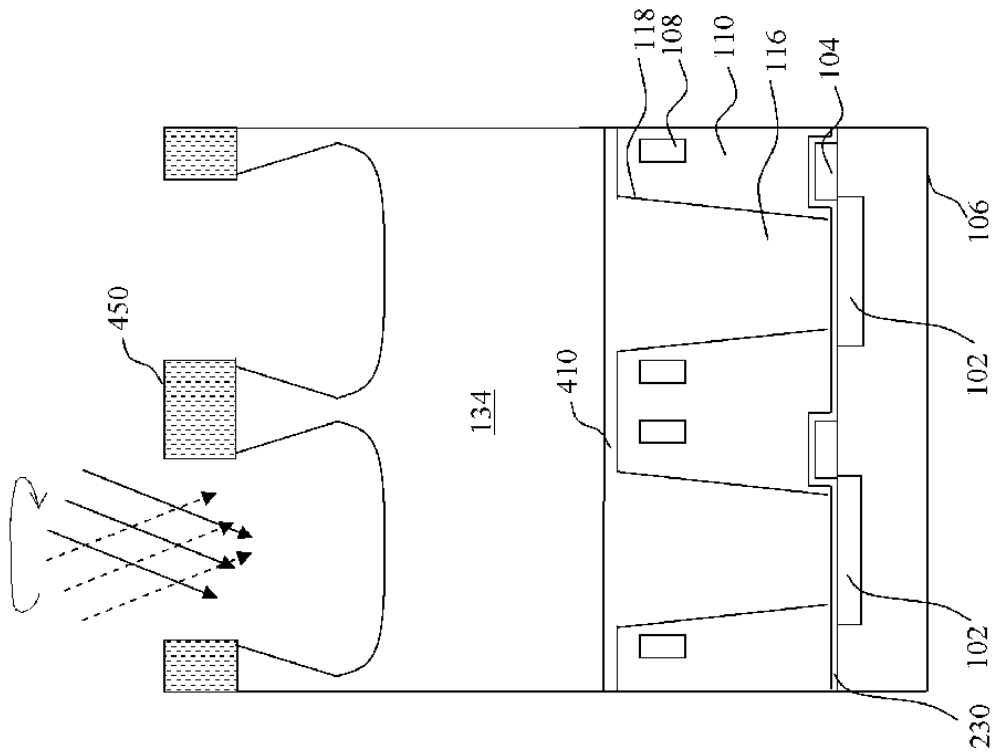


FIG. 20

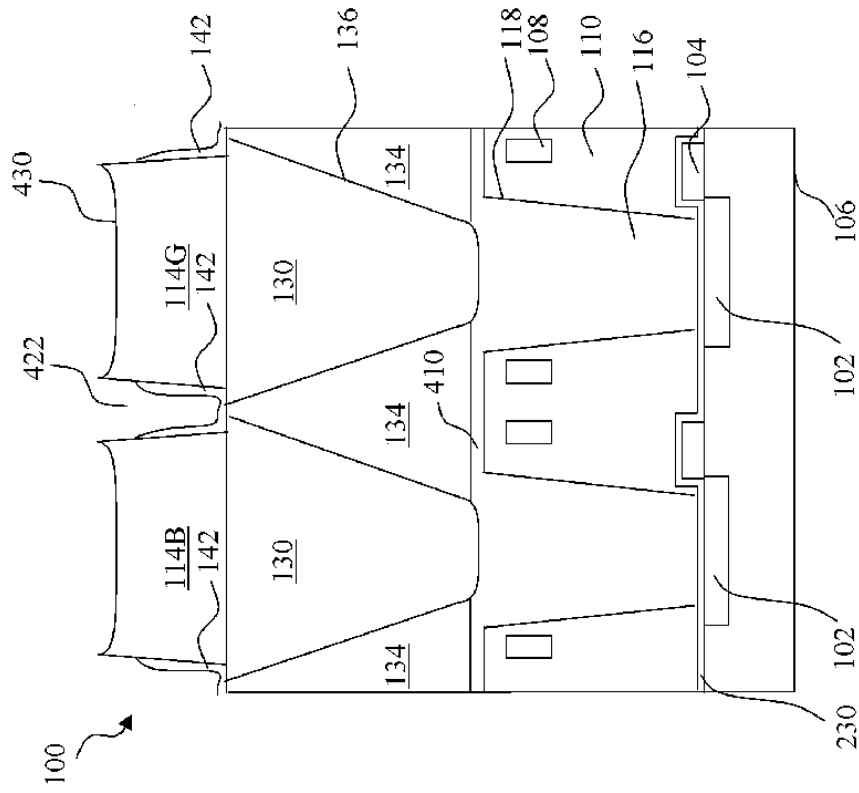


FIG. 21

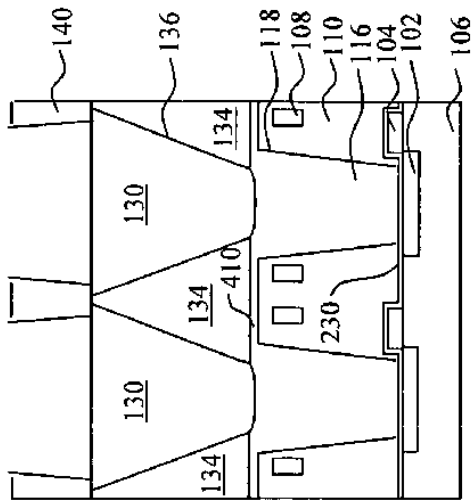


FIG. 21A

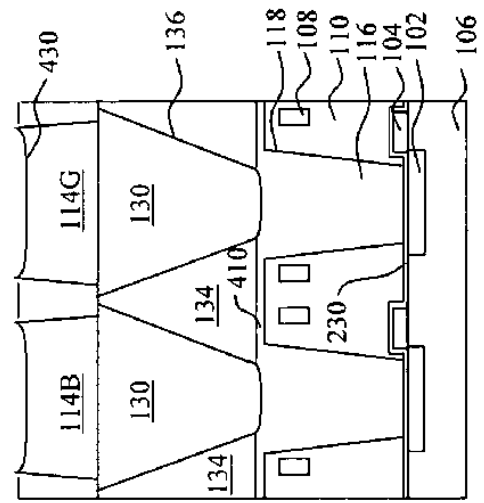


FIG. 21B

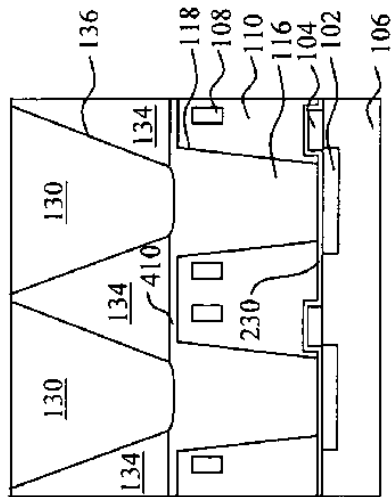


FIG. 21C

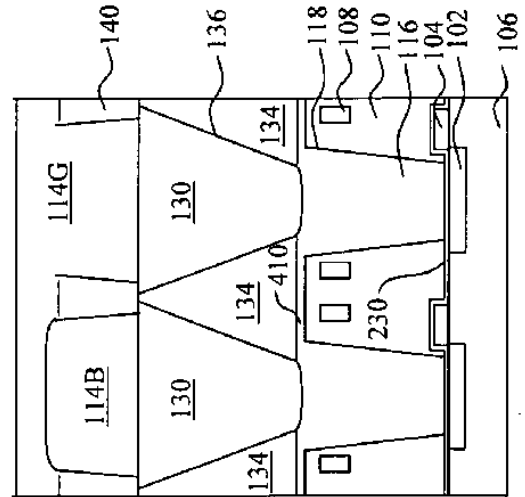


FIG. 21D

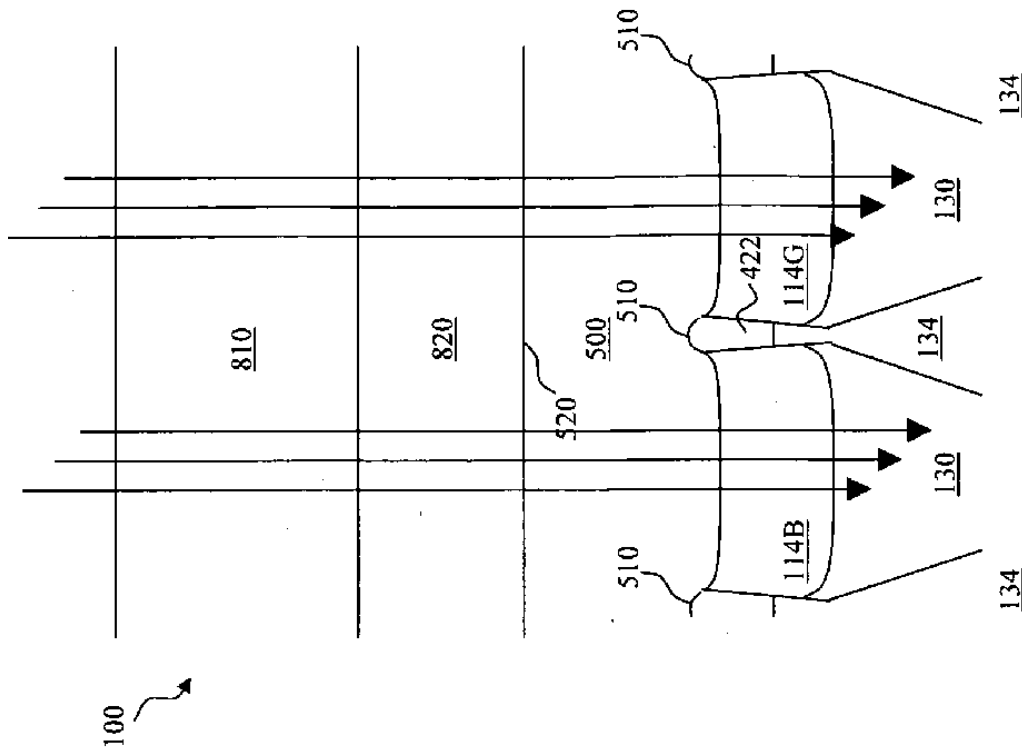


FIG. 23

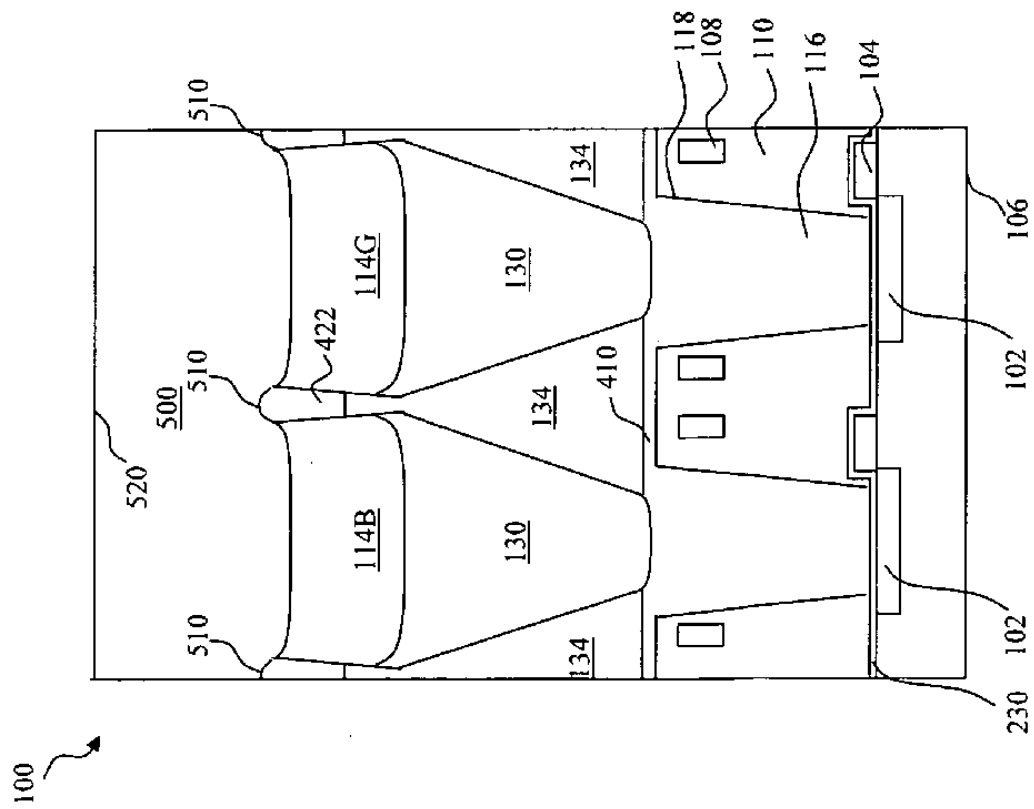


FIG. 22

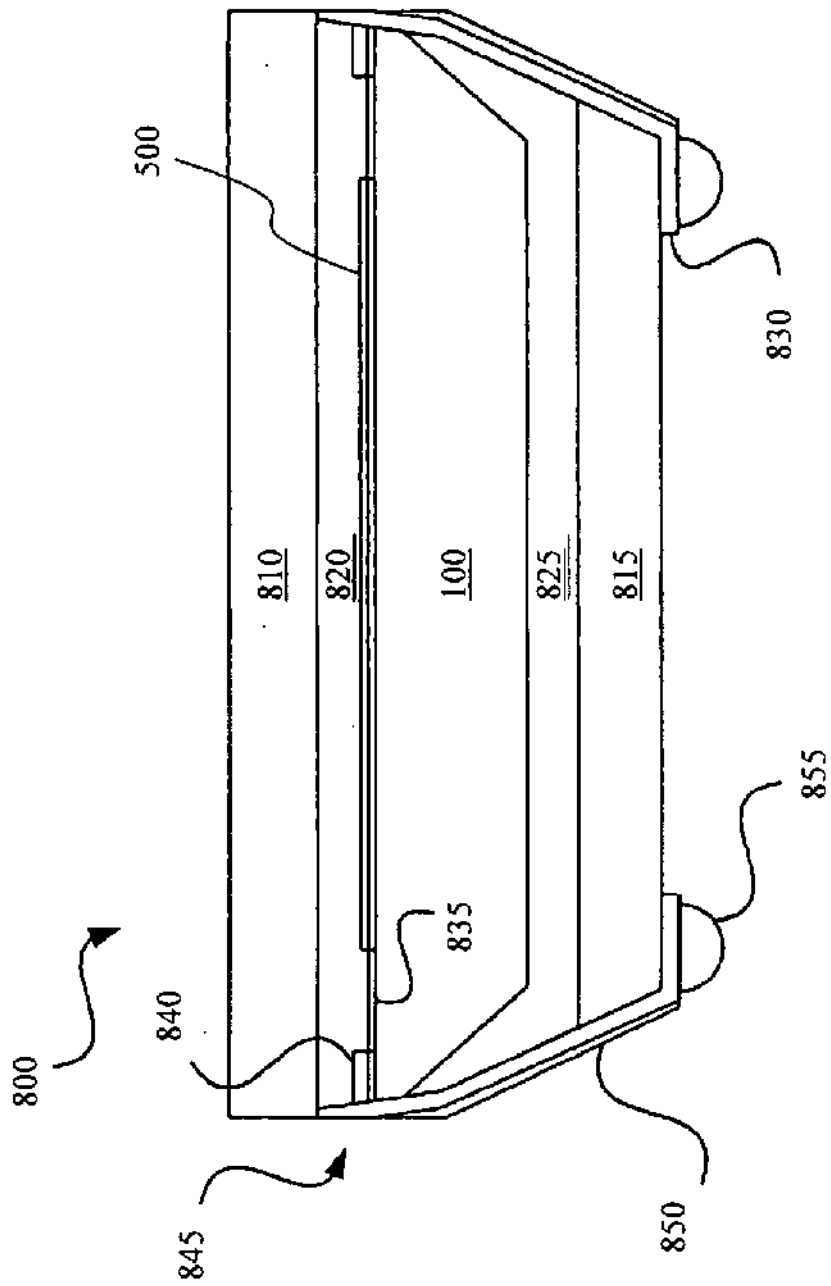


FIG. 24