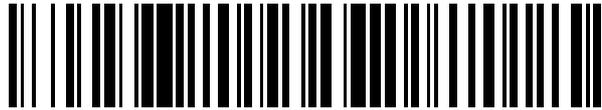


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 429**

21 Número de solicitud: 201430928

51 Int. Cl.:

G01J 1/04 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

22.12.2008

30 Prioridad:

28.12.2007 US 61/009,454
28.01.2008 US 61/062,773
01.02.2008 US 61/063,301
14.03.2008 US 61/069,344
16.07.2008 US 12/218,749

43 Fecha de publicación de la solicitud:

10.09.2015

62 Número y fecha presentación solicitud principal:

P 201090046 22.12.2008

71 Solicitantes:

**CANDELA MICROSYSTEMS, INC. C/O CANDELA
MICROSYSTEMS (S) PTE.LTD. (50.0%)**
1 Lorong 2 Toa Payoh 05-02
319637 Singapore SG y
TAY, Hiok Nam (50.0%)

72 Inventor/es:

TAY, Hiok Nam

74 Agente/Representante:

ZEA CHECA, Bernabé

54 Título: **PIXEL DE SENSOR DE IMAGEN Y MÉTODO PARA FABRICAR UN PIXEL DE SENSOR DE IMAGEN**

57 Resumen:

Un píxel de sensor de imagen comprende un sustrato, una unidad de conversión fotoeléctrica sujeta por dicho sustrato, una guía de luz acoplada a dicha unidad de conversión fotoeléctrica, y medios antirreflejos para reducir la reflexión entre dicha guía de luz y dicha unidad de conversión fotoeléctrica. Un método para fabricar un píxel de sensor de imagen comprende formar una pila antirreflejos en una unidad de conversión fotoeléctrica sujeta por un sustrato, y formar una guía de luz adyacente a la unidad de conversión fotoeléctrica. Un método para formar una parte de un píxel de sensor de imagen comprende formar una primera película antirreflejos sobre un sustrato que sujeta una unidad de conversión fotoeléctrica, y un aislante sobre dicha primera película antirreflejos, grabar una abertura en el aislante mediante un agente de grabado que graba el aislante más rápido que la primera película antirreflejos, formar una segunda película antirreflejos dentro de la abertura, y formar material de guía de luz dentro de la abertura.

ES 2 545 429 A2

DESCRIPCIÓN

**PIXEL DE SENSOR DE IMAGEN Y MÉTODO
PARA FABRICAR UN PIXEL DE SENSOR DE IMAGEN**

Referencia a las solicitudes relacionadas

5

Esta solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente de EE.UU. nº 61/009,454, presentada el 28 de diciembre 2007; la Solicitud nº 61/062,773, presentada el 28 de enero 2008; la Solicitud nº 61/063,301, presentada el 01 de febrero 2008; la Solicitud nº 61/069,344, presentada el 14 de marzo de 10 2008, y la Solicitud nº 61/218,749, presentada el 16 de julio 2008.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

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

2. Antecedentes

Los equipos fotográficos como cámaras digitales y videocámaras digitales pueden contener sensores de imagen electrónicos que capturan la luz para 20 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.

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 25 metálico complementario (CMOS). En cualquier tipo de sensor de imagen, los sensores de fotos se forman 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.

La Figura 1A muestra una vista en sección de un sensor de imágenes 1 de 30 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. Nº

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. Una segunda película de aplanamiento 10 se proporciona 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 2,0 μ m.

Unas guías de luz 7 se integran 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.

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 se integran escudos metálicos 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 debe agregar un coste adicional al preciso proceso de formación de microlente, y aún así no se puede eliminar la diafonía.

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 5 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 10 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.

En un sensor de imagen de silicio, tal como un sensor de imagen MOS, en el 15 cual el elemento de detección de la luz (por lo general un fotodiodo) está por debajo de la superficie del silicio y en el cual la luz incidente necesita pasar a través del dióxido de silicio, antes de llegar al elemento de detección de la luz, la reflexión en la interfaz óxido-silicio puede alcanzar hasta el 40%, lo que causa una reducción de la sensibilidad.

20 El uso de varias capas de películas delgadas sobre el silicio para reducir la reflexión se ha practicado en la industria. Un ejemplo es la Figura 7 de US6, 166,405 que se muestra aquí como Figura 16. La pila óptica consiste en óxido de puerta 941 (crecido térmicamente), la película de nitruro de silicio 945 (depositada) y la película de óxido 946 (depositada). La película de nitruro de 25 silicio 945 está directamente encima del óxido de puerta 941. El grosor del óxido de puerta 941 se fija según el proceso. Normalmente, si se incluye un transistor de 3.3v en el chip, el grosor del óxido de puerta 941 es de alrededor de 70 Angstrom, mientras que si se usa un transistor de 2.5v, el grosor del óxido de puerta 941 es de 45 Angstrom aproximadamente. Por lo tanto, el 30 grosor del óxido por encima del silicio y por debajo del nitruro de silicio es un parámetro fijo, lo que deja el grosor del nitruro de silicio como el único

parámetro a ajustar para obtener el coeficiente de transmisión óptimo, que a menudo es subóptimo.

En un estado de la técnica de un proceso típico de CMOS digital en el cual una película de nitruro de silicio cubre la superficie del silicio, la película de nitruro de silicio, normalmente llamada parada de grabado de nitruro, sirve para dos propósitos: (a) aislar el silicio del dieléctrico de arriba para evitar que la humedad y los iones positivos en el dieléctrico migren hacia el óxido de puerta del transistor y (b) parar el grabado del dieléctrico durante el paso de proceso del grabado de contacto para que independientemente del grosor del dieléctrico el grabado del dieléctrico se pare en la película de nitruro, desde donde continúa un grabado del nitruro para acabar el grabado del foso de contacto en la película del nitruro que tiene un grosor uniforme independientemente de la topografía subyacente. La película de nitruro tiene un grosor normalmente entre 500 Angstrom y 900 Angstrom, que está optimizado para ambos propósitos (a) y (b).

La Figura 17 muestra un píxel de sensor de imagen MOS del estado de la técnica que hace uso del nitruro de parada de grabado 957 como una parte de su pila antirreflejos. Esta pila consiste en óxido de puerta 954, óxido de revestimiento de espaciador 955, óxido de bloqueo de saliciuro 964, el nitruro de parada de grabado 957 y el dieléctrico 963. El óxido de bloqueo de saliciuro normalmente está depositado por encima del óxido de revestimiento de espaciador 955 y el óxido de puerta 954 sobre toda la oblea y se quita por grabado junto con el óxido de revestimiento de espaciador 955 y el óxido de puerta 954, dondequiera que se desea el saliciuro entre el titanio o el cobalto y el níquel con el silicio para una resistencia de contacto baja, mientras que donde es deseable una resistencia alta, como sobre la resistencia polisilicio o la resistencia de difusión, esta pila de óxido se permanece para evitar el contacto de estos metales de silicidación con el silicio. Es bien conocido en la industria de los sensores de imagen que la silicidación del píxel cerca del elemento de detección de la luz es indeseable debido a la tendencia del saliciuro a causar mayores corrientes de fuga. Por lo tanto, el óxido de

bloqueo de saliciuro permanece sobre la porción de detección de luz de silicio y también el óxido de revestimiento de espaciador 955 y el óxido de puerta 954 debajo de él. La pila de óxido total por debajo de la película de nitruro 957 puede ser de desde 400 Angstrom hasta 700 Angstrom.

5 La Figura 20 muestra el coeficiente de transmisión de la pila antirreflejos de la Figura 17 que está optimizada ajustando el grosor de la película de nitruro 957, dado un grosor de la pila de óxido de 580 Angstrom debajo. Se encuentra que el grosor de la película de nitruro óptimo es 1520 Angstrom. El coeficiente de transmisión alcanza su máximo estrechamente a 0,88 alrededor
10 de 540nm (luz verde) cayendo rápidamente a 0,67 a 450nm (luz azul) y 0,78 a 650nm (luz roja). Por lo tanto, esta pila antirreflejos es incapaz de reducir la reflexión para la luz azul y la luz roja.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

15

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
20 del aislante. La guía de luz en cascada puede incluir un filtro de color autoalineado. El píxel puede tener una pila antirreflejos entre el sustrato y la guía de luz en cascada.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

25

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;
30 La Figura 2 es una ilustración que muestra un corte transversal de dos píxeles de sensor de imagen de esta invención;

- 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;
- 5 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 $0,6\mu\text{m}$ y de $1,0\mu\text{m}$ para tres colores diferentes;
- 10 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 $1,0\mu\text{m}$;
- La Figura 3F es un cuadro de pérdida máxima de potencia en la rendija para anchos de rendija diferentes a una profundidad de $1,0\mu\text{m}$;
- La Figura 3G es una tabla del área de rendija como porcentaje del área de
15 píxel para anchos de rendija diferentes y para tamaños de píxel diferentes;
- La Figura 3H es un cuadro de la pérdida de potencia de píxel para anchos de rendija diferentes y para tamaños de píxel diferentes;
- La Figura 3I es una gráfica de la pérdida de potencia de píxel en función del tamaño de píxel para anchos de rendija diferentes;
- 20 Las Figuras 4A-L son ilustraciones que muestran un proceso utilizado para fabricar los píxeles mostrados en la Figura 3;
- 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
25 matriz;
- 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;
- 30 La Figura 8 es una realización 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;
- Las Figuras 10A-H son las ilustraciones que muestran un proceso para exponer una almohadilla de conexión;
- 5 La Figura 11 es una ilustración que muestra una pila antirreflejos dentro del sensor;
- Las Figuras 12A-E son ilustraciones que muestran un proceso alternativo para formar una pila antirreflejos dentro del sensor;
- La Figura 13A es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la
- 10 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;
- 15 Las Figuras 14A-G son ilustraciones que muestran un proceso alternativo para formar dos pilas antirreflejos dentro del sensor;
- La Figura 15A es un gráfico 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;
- 20 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 píxel de MOS del estado de la técnica que utiliza nitruro de silicio en una pila antirreflejos;
- 25 La Figura 17 es un píxel de sensor de imagen MOS del estado de la técnica que utiliza nitruro de silicio como la parada de grabado de contacto y en una pila antirreflejos;
- La Figura 18 muestra nitruro de silicio sobre óxido y silicio, que forma una pila antirreflejos de acuerdo con una realización de esta invención;

La Figura 19 es un gráfico de transmisión de luz que traza el coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz para tres grosores diferentes de óxido debajo del nitruro en la pila antirreflejos;

La Figura 20 es un gráfico de transmisión de luz que traza el coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz para un grosor de óxido de la pila antirreflejos del estado de la técnica de acuerdo a la Figura 17;

Las Figuras 21a-f muestran los pasos de fabricación para construir una pila antirreflejos en un píxel de sensor de imagen MOS de acuerdo con una realización de esta invención, como se muestra en la Figura 18.

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Se describe 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 incluye una guía de luz que se ubica dentro de una
15 abertura del aislante y 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 el reflexión interna de la guía de luz. Además, la guía de luz y un filtro de color adyacente se construyen con un proceso que mejora la abertura superior de la
20 guía de luz y reduce la diafonía. Estas características de la guía de luz eliminan la necesidad de una microlente. Además, una pila antirreflejos se construye 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. Dos píxeles de colores diferentes se pueden optimizar
25 individualmente para el 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 se ubica dentro de una primera abertura del aislante adyacente al sustrato. La segunda guía de luz se ubica dentro de una segunda abertura en
30 una película de apoyo, que finalmente se retira durante la fabricación del píxel. Un filtro de color se ubica 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.

- 5 Entre filtros de color vecinos se crea una rendija de aire 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
- 10 la cantidad de luz proporcionada al sensor.

La reflexión en la interfaz entre el silicio y la guía de luz se reduce creando una película de nitruro 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 nitruro para ampliar la gama de frecuencias de luz

15 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 una realización alternativa, todas las películas antirreflejos se forman 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

20 foso.

Con referencia a los dibujos, más concretamente, por los números de referencia, las Figuras 2, 4A-L, 5 y 6A-B muestran realizaciones 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

25 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. Los electrodos 104 y las unidades de conversión

30 102 se forman 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 $90 - \arcsin(n_{\text{película de aislamiento}} / n_{\text{guía de luz}})$, 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 se ubican 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.

5 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,
10 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, lejos 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 grados respecto al eje
15 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
20 130. En cada cruce de la pared lateral de la guía de luz, ya sea saliendo de la segunda guía de luz o 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 cada vez mejorando la propagación hacia la unidad de conversión fotoeléctrica. Así, tener una guía de luz construida a partir de una
25 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
30 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 clave ("keyholes") no deseados, que a menudo se producen al depositar una película delgada en cavidades profundas y dispersan la luz desde la guía de luz al encontrar los ojos de clave.

Filtros de color 114B, 114G se ubican 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. Visto de otra manera, paredes laterales de filtros de color adyacentes que se enfrentan son esencialmente paralelas.

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 cuando 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 el otro de los filtros de color cuando 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 la otra se desvían hacia la primera y dentro de la primera, mientras que el resto se desvían 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, en este ejemplo 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 esta realización de un sensor de imágenes de luz visible. A esta profundidad, el porcentaje de potencia de luz incidente sobre la rendija y perdida en el espacio más abajo (en adelante "la pérdida en la rendija") es inferior al 15%. El filtro de color por lo tanto debe contar con 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 μ m y 1,0 μ m, respectivamente. Para una profundidad de 1,0 μ m, la pérdida máxima en la rendija entre los 3 colores y la pérdida máxima en la rendija para anchos de rendija de 0,2 μ m a 0,5 μ m se trazan en la Figura 3E. La pérdida en la rendija con respecto al ancho de rendija se tabula en la Figura 3F. En la Figura 3G, el área de rendija como porcentaje de las áreas de píxeles se tabula con respecto al tamaño de píxel y al ancho de rendija. Cada entrada (el área de rendija en porcentaje) en la

10 tabla de la Figura 3G se multiplica 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 μ m a 0,5 μ m.

15 La Figura 3I muestra que mantener el ancho de rendija por debajo de 0,45 μ m se traduciría en menos del 8% de pérdida en el píxel para un tamaño de píxel entre 1,8 μ m y 2,8 μ 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 μ m. Para que sea menos del 3%, es necesario un ancho de rendija por

20 debajo de 0,35 μ m; para que sea menos del 1,5%, un ancho de rendija por debajo de 0,3 μ m; y para que sea menos del 0,5%, un ancho de rendija por debajo de 0,25 μ 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 μ m, las directrices anteriores resultan en por lo menos

25 reducir a la mitad la pérdida en los píxeles.

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

30 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. Y ya que no hay una película de aplanamiento subyacente por debajo 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.
- 10 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.
- 15 Una película de protección 410 se puede formar 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.
- 20 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. Si o 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
- 25 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
- 30 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 5 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 10 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 15 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 20 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 contar con una microlente para enfocar la luz al centro del área de 25 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 diafonía, además de reducir los costes de fabricación.

30 Como se mencionó antes, una guía de luz en cascada también tiene una ventaja sobre el estado de la técnica que utiliza material del 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 donde la luz se pierde en las
5 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 no 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
10 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
15 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 no dependiendo de las características del material de filtro de color ni de la exactitud de la litografía, resultando en un proceso más barato.

20 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
25 durante el grabado en seco, ambos fáciles de controlar uniformemente y con precisión alta sin aumentar el coste. Si estas rendijas se crearan 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 imposible, los pasos de litografía llegan a ser costosos, y el control del perfil
30 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 se forman 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 de formación del sensor de imagen 100. El sensor 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. El ángulo de pared lateral se puede ajustar 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, RI = 1,46). Además, el nitruro de silicio proporciona una barrera de difusión frente a H_2O y los iones de metales alcalinos. El material de guía de luz se puede agregar 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. Esto sella la unidad de conversión 102, la puerta 104, y los electrodos 108 contra el H₂O y iones de metales alcalinos en los procedimientos posteriores.

5 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 H₂O y

10 los iones de metales alcalinos. La película de protección 410 puede ser de entre 10.000 Angstrom y 4000 Ångstrom de grosor, de preferencia 7.000 Ångstrom.

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

15 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 . El ángulo β se escogerá de manera que $\beta < 90 - \text{asin}(1 / n_{2\text{guía de luz}})$, donde $n_{2\text{guía de luz}}$ es el índice de refracción del material de la segunda guía de luz 130, de

20 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. La película de apoyo 134 y las segundas guías de luz 130 se pueden hacer de los mismos

25 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. La parte vertical y la parte pendiente se pueden lograr cambiando la química de grabado o las condiciones de plasma durante

30 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, 5 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. El bolsillo 210 es formado grabando hacia 10 abajo el material de guía de luz para exponer la pared 212 hasta que la superficie superior de la guía de luz está entre $0,6\mu\text{m}$ y $1,2\mu\text{m}$ 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 colorante de un color particular se aplica para llenar los bolsillos 210 y 15 se extiende por encima de la película de apoyo 134. En este ejemplo, el material de color puede contener colorante azul. Material de filtro de color típicamente se hace 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 20 exponer las zonas que van a permanecer mientras que el resto se quita por grabado.

La Figura 4I muestra el sensor después del paso de grabado. El proceso se puede repetir con un material de color diferente tal como el verde o el rojo para crear filtros de color para cada píxel como se muestra en la Figura 4J. El 25 último material de color que se aplica llena los bolsillos 210 restantes, con lo que no requiere el paso de colocación de la máscara. En otras palabras, la luz de exposición se aplica 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 30 a todos los píxeles, incluyendo los píxeles de otros colores. La superposición del último filtro de color por encima de los otros píxeles se quita 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 por 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. Una parte de la película de apoyo 134 luego se retira como se muestra en la Figura 4L de modo que hay una interfaz de aire/material para los filtros de color 114B, 114G. Una parte adicional de la película de apoyo 134 se puede quitar 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 cualquier filtro de color 114B o 114G, para mejorar así la recepción de luz. La luz se refleja 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 tiene una interfaz de aire que mejora las propiedades de reflexión interna de la guía. Si la película de apoyo 134 no se quita 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. 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 5 píxeles. Para realizaciones 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.

10 La Figura 8 muestra una realización alternativa 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 esta realización alternativa se muestra en las Figuras 9A-M. El proceso es similar al proceso 15 que se muestra en las Figuras 4A-L, con excepción de que la abertura para la primera guía de luz se forma 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.

20 Ambas guías de luz se llenan en el mismo paso mostrado en la Figura 9G.

Las Figuras 10A-H muestran un proceso para exponer las almohadillas de conexión (“bond pads”) 214 del sensor de imagen. Se forma 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 25 10C-D, se aplica el material de la primera guía de luz 116 y se retira 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 forma en él una abertura 218 correspondiente como se muestra en las Figuras 10E-F. El material de segunda guía de luz 130 se 30 aplica como se muestra en la Figura 10G. Como se muestra en la Figura 10H, un paso de grabado sin máscara se utiliza 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 5 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 una realización en la que una pila antirreflejos (AR) que comprende una película AR superior 236, una segunda película AR 234, y una tercera película AR 236 cubre las unidades de conversión 102. La pila 10 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 15 234 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 2000 Ångstrom. La tercera película AR 232 20 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 25 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 30 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, la película AR superior 236 se forma en la abertura en el aislante 110 antes de llenar la abertura con material de guía de luz.

- 5 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
10 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
15 de silicio o de silicio de oxinitruro (SiO_xN_y , 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
20 EE.UU. de 61/009,454, que se incorpora en esta solicitud como la Figura 18. 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, que es la Figura 18 en esta solicitud. Alternativamente, la tercera película AR 232 puede ser formada mediante un depósito de óxido de silicio
25 por todas partes en la oblea después de que un grabado del óxido de bloqueo de silicio elimina el óxido de bloqueo de silicio 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, que se incorpora en esta solicitud como la Figura 17, mediante el uso de una máscara de grabado del
30 óxido de bloqueo de silicio 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 forma el aislante 110 sobre la segunda película AR 234. Una película de nitruro de silicio es depositada 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. La película de apoyo 134 se forma sobre la película de protección 410 mediante, por ejemplo, el depósito de óxido de silicio por HDP.

10 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. El primer agente de grabado se elige 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 $\text{CH}_3\text{F}/\text{O}_2$. Luego el primer agente de grabado se aplica de nuevo 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 para 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
5 adyacentes y una parte adicional entre guías de luz adyacentes.

Las Figuras 12A-E muestran un proceso para la fabricación de otra realización de anti-reflexión entre la guía de luz 116 y el sustrato 202. Con referencia a la Figura 12E, en esta realización una película de parada de grabado 238 se interpone entre la guía de luz 116 y la pila antirreflejos (AR) que comprende la
10 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 esta realización tiene una ventaja de un
15 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). La realización anterior utiliza la segunda película AR 234 como la parada de
20 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, la tercera 232 y la segunda 234 películas AR se aplican al sustrato 106 y después una película AR superior 236 se aplica sobre la segunda película AR 234, seguida de una película de
25 parada de grabado de la guía de luz 238 de nitruro de silicio. Como se muestra en la Figura 12C, la película aislante 110 y los electrodos de cableado 108 se forman 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
30 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 +/-10%, mientras que el grosor de la segunda película AR 5 234 (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 10 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 traduzcan 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).

15 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 (nitrato) de 500 Angstrom y variado +/-10%.

La Figura 13C es una gráfica del coeficiente de transmisión en función de la 20 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 +/-10%.

Las Figuras 14A-G muestran un proceso para fabricar otra realización de la pila antirreflejos entre las guías de luz 116 y el sustrato 202 para proporcionar 25 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 a la realización mostrada en la Figura 12A. En la Figura 14A, la película AR superior 236 está depositada al 30 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. Un paso de grabado se aplica 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. Los filtros de color verde 114G se aplican 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.

10 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 236a nominal al grosor nominal de $0,12\mu\text{m}$, 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 la película AR superior 236a se puede utilizar en los píxeles rojos, así como los píxeles verdes.

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 236B de $0,20\mu\text{m}$ 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. Este gráfico muestra que la película AR superior 236B se puede utilizar en los píxeles azules y los píxeles rojos.

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 tanto para los píxeles azules como para los rojos. Alternativamente, la matriz de píxeles puede utilizar la película AR superior más delgada 236a tanto para los

píxeles verdes como para los rojos, y la película AR superior más gruesa 236B sólo para los píxeles azules.

Se puede proporcionar otra realización para proporcionar dos pilas AR diferentes, cada una optimizada para una región de color diferente creando
5 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. 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
10 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 algunas realizaciones ejemplares en los dibujos adjuntos, se debe entender que tales realizaciones son meramente
15 ilustrativas y no restrictivas 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.

La tecnología en la materia además se describe más abajo como se describió
20 en la Solicitud de Patente de EE.UU. nº 61/009,454, cuyas figuras se incorpora aquí como las figuras desde la Figura 16 hasta la Figura 21f.

Con referencia a las figuras, ahora se describirán las realizaciones ejemplares de una de las invenciones. Las realizaciones ejemplares se describen principalmente con referencia a los diagramas de bloque. En este documento,
25 al elemento de aparato se puede hacer referencia como un medio para, un elemento para, o una unidad para realizar el paso del método. Con respecto a los diagramas de bloque, debe entenderse que no todos los componentes necesarios para una implementación completa de un sistema práctico son ilustrados ni se describen en detalle. Por el contrario, sólo aquellos
30 componentes necesarios para una comprensión completa de las invenciones son ilustrados y descritos. Además, los componentes que o bien son

convencional o bien pueden ser fácilmente diseñados y fabricados según las enseñanzas que se proporcionan en el presente documento no se describen en detalle.

La Figura 18 muestra una realización de una de estas invenciones. La diferencia esencial respecto al estado de la técnica mostrado en la Figura 17 es que el óxido de bloqueo de salicuro está quitado, y además un cierto grosor de la parte superior del óxido de revestimiento de espaciador 955 debajo del nitruro de parada de grabado 957 también se quita, lo que resulta en una pila de óxido más fina por debajo de la película de nitruro 957. La diferencia esencial respecto al estado de la técnica que se muestra en la Figura 16 es que la pila de óxido total por debajo de la película de nitruro 957 es más gruesa que el óxido de puerta 954, permitiendo que el grosor de la pila de óxido sea un parámetro libre para ajustar, para optimizar el coeficiente de transmisión.

La Figura 19 muestra un gráfico del coeficiente de transmisión en función de la longitud de onda de luz para tres grosores diferentes de la película de nitruro de parada de grabado 57: 450, 500 y 550 Angstrom. Para este conjunto de grosores del nitruro, se encuentra que el grosor óptimo de la pila de óxido debajo de él es de 100 Angstrom, que es mayor que el grosor del óxido de puerta, que es 70 Angstrom aproximadamente o 45 Angstrom como mencionado anteriormente. Para longitudes de onda de luz desde 450nm (azul) hasta 650nm (rojo) y para los tres grosores diferentes del nitruro, el coeficiente de transmisión sigue estando por encima de 0,95. Esto muestra que esta pila antirreflejos tiene menos del 5% de reflexión incluso si el grosor del nitruro varía un 10%.

Las Figuras 21a-21f muestran los pasos de procesamiento a partir de inmediatamente después del paso de formar el salicuro hasta donde el foso de contacto está grabado a través del dieléctrico y el nitruro y la pila de óxido de abajo, hasta alcanzar el silicio.

En la Figura 21a, un óxido de bloqueo de salicuro 964 se deja sin grabar sobre el elemento de detección de la luz 965 y sobre el transistor MOS

adyacente al mismo después del paso de grabado del óxido de bloqueo de saliciuro y después del paso para formar el siliciuro de titanio/cobalto/níquel. La pila de óxido que consiste en el óxido de puerta 954, el óxido de revestimiento de espaciador 955 y el óxido de bloqueo de saliciuro 964
 5 normalmente tiene un grosor de desde 400 Angstrom hasta 700 Angstrom.

En la Figura 21b, el paso de grabado de óxido es realizado utilizando el grabado húmedo o el grabado en seco sobre el elemento de detección de la luz 965 y su región de transistor adyacente hasta que se alcanza el grosor de la pila de óxido deseado. Por ejemplo, si el grosor del nitruro es de 500
 10 Angstrom, un grosor de la pila de óxido de 100 Angstrom es adecuado. En esta construcción en la cual el revestimiento de espaciador 955 se sitúa por encima del óxido de puerta 954, el grabado de óxido quita el óxido de bloqueo de saliciuro completamente y además graba hasta quitar una parte superior del óxido de revestimiento de espaciador. Hay otra posible construcción en la
 15 cual no se utiliza el óxido de bloqueo de saliciuro, en cuyo caso se deja una película delgada inferior de óxido de bloqueo de saliciuro sobre el óxido de puerta para alcanzar el grosor óptimo deseado de la pila de óxido.

En la Figura 21c, nitruro de parada de grabado se deposita sobre la oblea. Un grosor de 500 Angstrom es típicamente adecuado.

20 En la Figura 21d, el dieléctrico 963 (típicamente una pila de una película inferior de óxido de silicio dopado con boro o fósforo y una película superior de óxido depositado por plasma no dopado) se deposita sobre la oblea y el foso de contacto 967 es grabado a través del dieléctrico hasta el nitruro de parada de grabado 957 ya que el agente de grabado que se utiliza para grabar el
 25 óxido no graba rápido el nitruro.

En la Figura 21e, el foso de contacto 967 se sigue grabando hacia abajo a través del nitruro de parada de grabado 957 cambiando a un agente de grabado diferente que graba más rápido en el nitruro que en el óxido. El grabado del foso de contacto para en la pila de óxido de abajo, en el lado
 30 superior del óxido de revestimiento de espaciador 955 ya grabado hacia abajo.

En la Figura 21f, el foso de contacto 967 se sigue grabando hacia abajo a través del óxido de revestimiento de espaciador 955 y el óxido de puerta 964 para llegar al silicio en el drenador 959.

Después de este último paso, se aplican los pasos de la típica construcción de interconexión del posterior ("backend") para llenar el foso de contacto en su pared lateral y su parte inferior con Ti/TiN y también con tungsteno.

Se divulgan aquí arriba varias invenciones que, aunque usadas en combinación para ilustrar los efectos beneficiosos, pueden no obstante utilizarse cada una por derecho propio para producir sus efectos beneficiosos.

10 Entre las invenciones están: "el óxido adelgazado debajo del nitruro", "el óxido adelgazado debajo del nitruro de parada de grabado", "el grabado de la pila de óxido después de grabar el nitruro de parada de grabado durante el grabado de contacto" y sus combinaciones.

Se tabula debajo los números de referencias usados en las figuras desde 15 Figura 16 hasta la Figura 21f:

- 943 - sección de foto-recepción
- 941 - película de aislante de puerta
- 945 - película antirreflejos (Si₃N₄)
- 20 946 - película de óxido de silicio
- 951 - sustrato
- 952 - óxido de revestimiento de foso
- 953 - óxido por HDP de relleno de foso
- 954 - óxido de puerta
- 25 955 - óxido por TEOS de relleno de puerta
- 956 - espaciador de nitruro
- 957 - revestimiento de nitruro
- 958 - drenador ligera-dopada (LDD)
- 959 - fuente/drenador
- 30 960 - saliciuro de níquel/cobalto/titanio
- 961 - tungsteno

- 962 - Ti/TiN
- 963 - óxido dopado con boro/fósforo
- 964 - óxido de bloqueo de saliciuro
- 965 - región de fotodiodo de n-
- 5 966 - puerta
- 967 - foso de contacto

A fin de completar la información, se presentan a continuación varios aspectos de la invención, en una serie de cláusulas numeradas.

10

1. Píxel de sensor de imagen, que comprende:
un sustrato;
una unidad de conversión fotoeléctrica sujeta por dicho sustrato;
una película de protección que se extiende sobre y en todo el sustrato; y,
15 una guía de luz en cascada donde una primera parte de dicha guía de luz en cascada está entre la película de protección y el sustrato y una segunda parte se extiende por encima de la película de protección.

2. Píxel según la 1ª cláusula, donde cada guía de luz en cascada
20 incluye una parte transparente y un filtro de color que es contiguo con dicha parte transparente y se extiende sobre dicho aislante.

3. Píxel según la 1ª cláusula, donde la segunda parte incluye un filtro de color.

25

4. Píxel según la 3ª cláusula, donde los filtros de color de las guías de luz en cascada de píxeles adyacentes están separados por una primera rendija de aire que tiene un ancho no mayor de 0,45µm.

- 30 5. Píxel según la 4ª cláusula, donde dicha primera rendija de aire tiene una profundidad de al menos 1,0 vez una longitud de onda de luz.

6. Píxel según la 5º cláusula, donde dicha longitud de onda de luz es de 450nm.

- 5 7. Píxel según la 3º cláusula, donde el filtro de color se auto-alinea dentro de la guía de luz en cascada.

8. Píxel según la 3º cláusula, donde la superficie superior del filtro de color es una interfaz de aire.

- 10
9. (Dejado en blanco intencionadamente).

10. Píxel según la 1º cláusula, donde todas interfaces ópticas a lo largo del eje vertical de la guía de luz en cascada y por encima de la película de
15 protección son planas y paralelas.

11. (Dejado en blanco intencionadamente).

12. Píxel según la 1º cláusula, donde al menos dos guías de luz en
20 cascada de dos píxeles diferentes tiene secciones verticales diferentes.

13. Píxel según la 1º cláusula, donde las líneas centrales de la primera parte y la segunda parte están desplazadas entre sí.

- 25 14. Píxel según la 13º cláusula, donde la guía de luz en cascada está configurada de manera que la luz salga y vuelva a entrar en dicha guía de luz en cascada.

15. Método para fabricar un píxel de sensor de imagen, que
30 comprende:

una etapa para formar una película de apoyo con una abertura y sobre un sustrato que sujeta una unidad de conversión de fotoeléctrica; y, una etapa para formar un filtro de color en la abertura de la película de apoyo.

5 16. Método según la 15^o cláusula, donde comprende adicionalmente una etapa para formar una película de protección entre el filtro de color y el sustrato.

17. Método según la 15^o cláusula, donde comprende adicionalmente
10 una etapa para quitar al menos una parte de la película de apoyo entre dos filtros de color adyacentes.

18. Método según la 15^o cláusula, donde comprende adicionalmente una etapa para formar una guía de luz transparente en la abertura de la
15 película de apoyo.

19. Método según la 18^o cláusula, donde comprende adicionalmente una etapa para quitar una parte de la película de apoyo adyacente a la guía de luz transparente.

20

20. Método según la 18^o cláusula, donde comprende adicionalmente una etapa para formar una guía de luz transparente inferior entre la guía de luz transparente y el sustrato.

25 21. Método según la 20^o cláusula, donde la línea central vertical de la guía de luz transparente inferior está desplazada de la línea central vertical de la abertura de la película de apoyo.

22. Método según la 18^o cláusula, donde la etapa para formar el filtro
30 de color crea una interfaz de aire plana en una superficie superior del filtro de color.

23. Método para fabricar una matriz de píxeles de sensor de imagen, que comprende:
una etapa para formar un aislante sobre un sustrato que sujeta una unidad de
5 conversión fotoeléctrica;
una etapa para formar una pluralidad de paredes adyacentes al aislante;
una etapa para formar una pluralidad de guías de luz entre las paredes;
una etapa para formar una pluralidad de filtros de color adyacentes a las guía
de luz; y,
10 una etapa para quitar al menos una parte de las paredes para que haya una
rendija de aire entre filtros de color adyacentes.

24. Método según la 23ª cláusula, donde las paredes se forman formando una película de apoyo y creando aberturas en la película de apoyo.
15

25. Método según la 23ª cláusula, donde comprende adicionalmente una etapa para formar una película de protección sobre el aislante.

26. Método según la 23ª cláusula, donde una parte de la película de
20 apoyo está quitada para que una parte de cada guía de luz tenga una interfaz
de aire.

27. Píxel de sensor de imagen, que comprende:
un sustrato;
25 una unidad de conversión fotoeléctrica sujeta por dicho sustrato;
una guía de luz acoplada a dicha unidad de conversión fotoeléctrica;
medios antirreflejos para reducir la reflexión entre dicha guía de luz y dicha
unidad de conversión fotoeléctrica.

30 28. Píxel según la 27ª cláusula, donde dichos medios antirreflejos incluyen una primera película antirreflejos y una segunda película antirreflejos,

teniendo dicha primera película antirreflejos un índice de refracción inferior a un índice de refracción de la segunda película antirreflejos y a un índice de refracción de la guía de luz, y estando dicha primera película antirreflejos ubicada entre la segunda película antirreflejos y la guía de luz.

5

29. Píxel según la 28ª cláusula, donde dichos medios antirreflejos incluye una tercera película antirreflejos que tiene un índice de refracción menor que un índice de refracción de la segunda película antirreflejos y de que dicha segunda película antirreflejos está entre la primera película
10 antirreflejos y dicha tercera película antirreflejos.

30. Píxel según la 28ª cláusula, donde un primer píxel tiene una película antirreflejos más delgada que una película antirreflejos correspondiente de un segundo píxel que tiene un filtro de color de un color
15 diferente.

31. (Dejado en blanco intencionadamente).

32. (Dejado en blanco intencionadamente).

20

33. Píxel según la 28ª cláusula, donde dicha segunda película antirreflejos es una parada de grabado de contacto.

34. Píxel según la 28ª cláusula, donde dicha segunda película
25 antirreflejos incluye nitruro de silicio.

35. Píxel según la 27ª cláusula, donde comprende adicionalmente una película de parada de grabado de la guía de luz entre la guía de luz y los medios antirreflejos.

30

36. Método para fabricar un píxel de sensor de imagen, que comprende:
una etapa para formar una pila antirreflejos en una unidad de conversión fotoeléctrica sujeta por un sustrato; y,
5 una etapa para formar una guía de luz adyacente a la unidad de conversión fotoeléctrica.
37. (Dejado en blanco intencionadamente).
- 10 38. (Dejado en blanco intencionadamente).
39. Método para formar una parte de un píxel de sensor de imagen, que comprende:
una etapa para formar una primera película antirreflejos sobre un sustrato que
15 sujeta una unidad de conversión fotoeléctrica;
una etapa para formar un aislante sobre dicha primera película antirreflejos;
una etapa para grabar una abertura en el aislante mediante un agente de grabado que graba el aislante más rápido que la primera película antirreflejos;
una etapa para formar una segunda película antirreflejos dentro de la abertura;
20 y,
una etapa para formar material de guía de luz dentro de la abertura.
40. Método según la 39ª cláusula, donde comprende adicionalmente una etapa para grabar una parte de pared vertical de la segunda película
25 antirreflejos.
41. (Dejado en blanco intencionadamente).
42. Método para fabricar un filtro de color para un píxel de sensor de
30 imagen, que comprende:
una etapa para formar a menos una pared;

una etapa para formar un filtro de color dentro de la pared;
una etapa para quitar al menos una parte de la pared.

REIVINDICACIONES

1. Píxel de sensor de imagen, que comprende:
un sustrato;
5 una unidad de conversión fotoeléctrica sujeta por dicho sustrato;
una guía de luz acoplada a dicha unidad de conversión fotoeléctrica;
medios antirreflejos para reducir la reflexión entre dicha guía de luz y dicha
unidad de conversión fotoeléctrica.

- 10 2. Píxel según la 1ª reivindicación, caracterizado por el hecho de que
dichos medios antirreflejos incluyen una primera película antirreflejos y una
segunda película antirreflejos, teniendo dicha primera película antirreflejos un
índice de refracción inferior a un índice de refracción de la segunda película
antirreflejos y a un índice de refracción de la guía de luz, y estando dicha
15 primera película antirreflejos ubicada entre la segunda película antirreflejos y
la guía de luz.

3. Píxel según la 2ª reivindicación, caracterizado por el hecho de que
dichos medios antirreflejos incluye una tercera película antirreflejos que tiene
20 un índice de refracción menor que un índice de refracción de la segunda
película antirreflejos y de que dicha segunda película antirreflejos está entre la
primera película antirreflejos y dicha tercera película antirreflejos.

4. Píxel según la 2ª reivindicación, caracterizado por el hecho de que
25 un primer píxel tiene una película antirreflejos más delgada que una película
antirreflejos correspondiente de un segundo píxel que tiene un filtro de color
de un color diferente.

5. Píxel según la 2ª reivindicación, caracterizado por el hecho de que
30 dicha segunda película antirreflejos es una parada de grabado de contacto.

6. Píxel según la 2ª reivindicación, caracterizado por el hecho de que dicha segunda película antirreflejos incluye nitruro de silicio.
7. Píxel según la 1ª reivindicación, caracterizado por el hecho de que
5 comprende adicionalmente una película de parada de grabado de la guía de luz entre la guía de luz y los medios antirreflejos.
8. Método para fabricar un píxel de sensor de imagen, que comprende:
10 una etapa para formar una pila antirreflejos en una unidad de conversión fotoeléctrica sujeta por un sustrato; y,
una etapa para formar una guía de luz adyacente a la unidad de conversión fotoeléctrica.
- 15 9. Método para formar una parte de un píxel de sensor de imagen, que comprende:
una etapa para formar una primera película antirreflejos sobre un sustrato que sujeta una unidad de conversión fotoeléctrica;
una etapa para formar un aislante sobre dicha primera película antirreflejos;
20 una etapa para grabar una abertura en el aislante mediante un agente de grabado que graba el aislante más rápido que la primera película antirreflejos;
una etapa para formar una segunda película antirreflejos dentro de la abertura;
y,
una etapa para formar material de guía de luz dentro de la abertura.
- 25 10. Método según la 9ª reivindicación, caracterizado por el hecho de que comprende adicionalmente una etapa para grabar una parte de pared vertical de la segunda película antirreflejos.

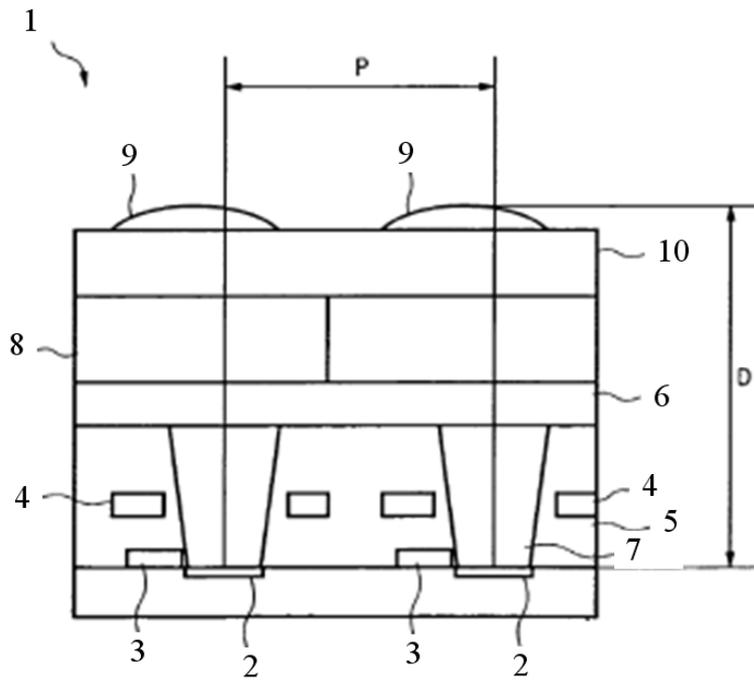


FIG. 1A
antecedente

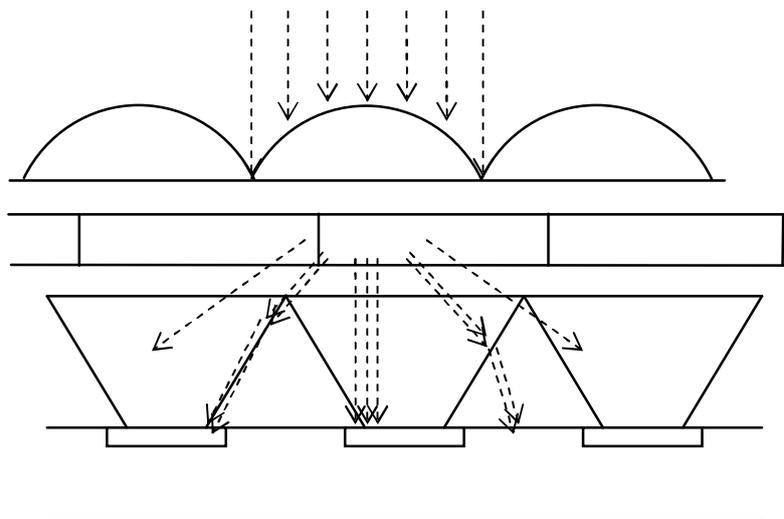


FIG. 1B
antecedente

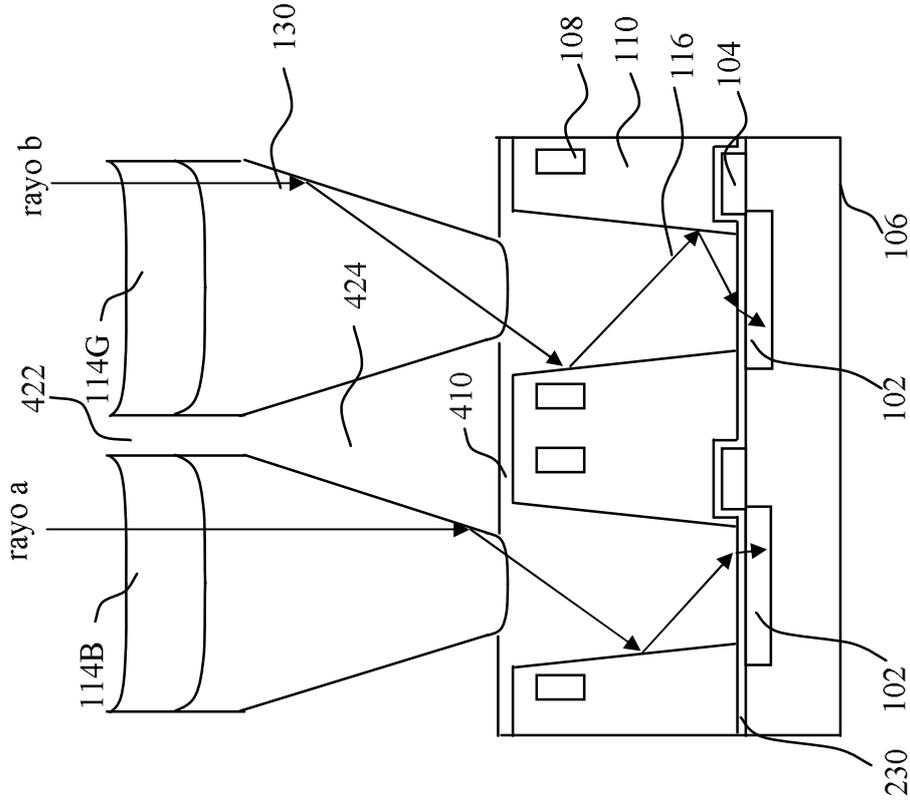


FIG. 5

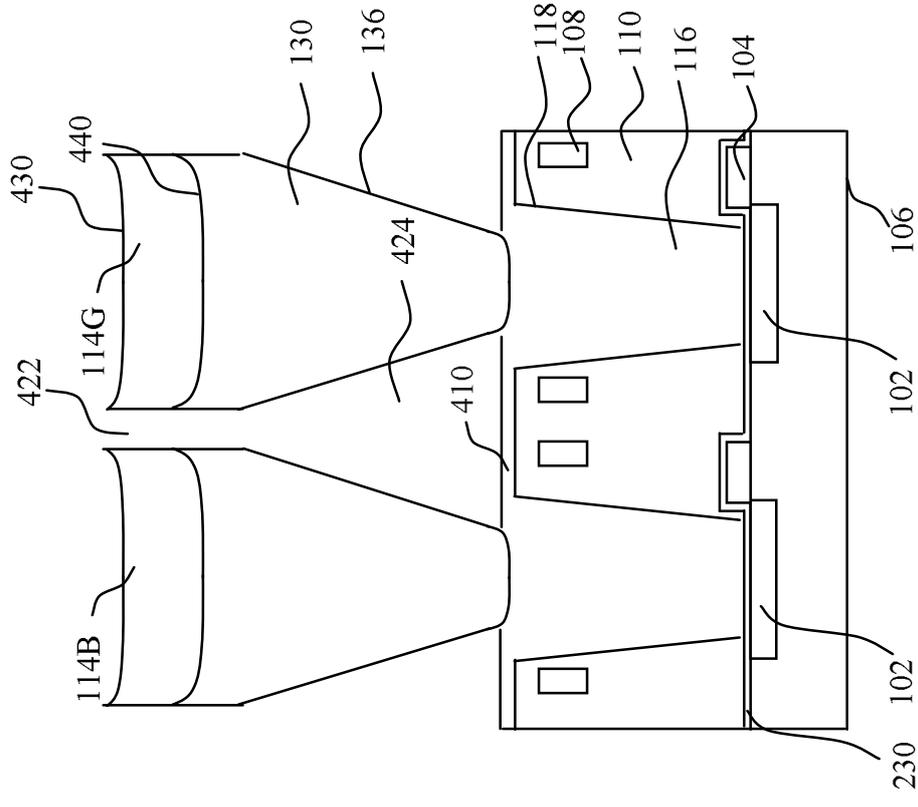


FIG. 2

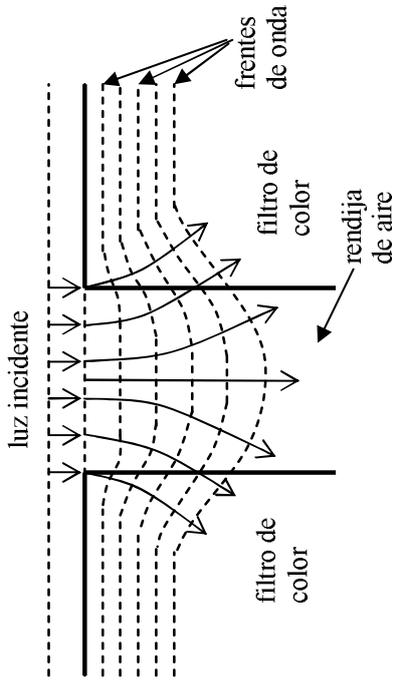


FIG. 3B

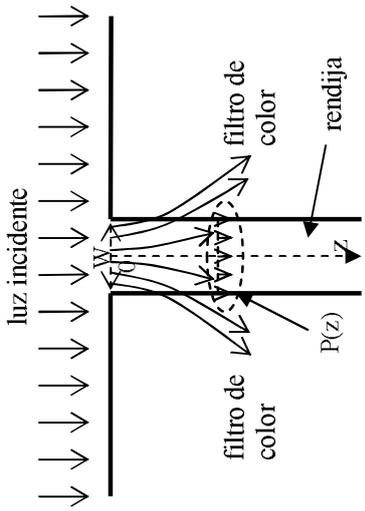


FIG. 3A

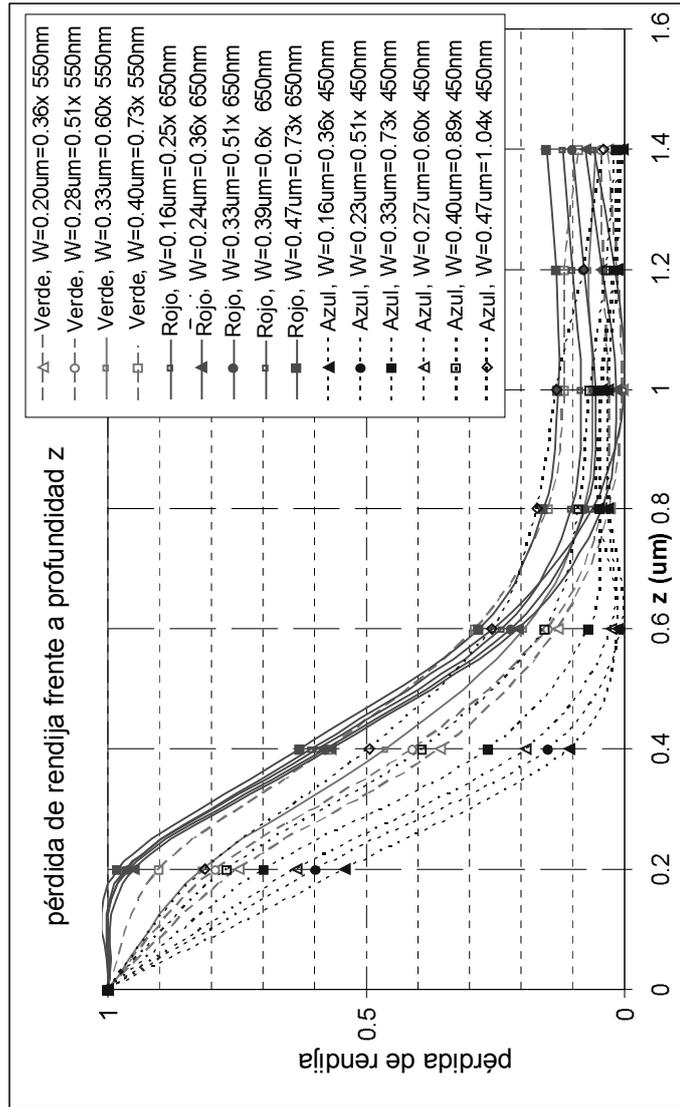


FIG. 3C

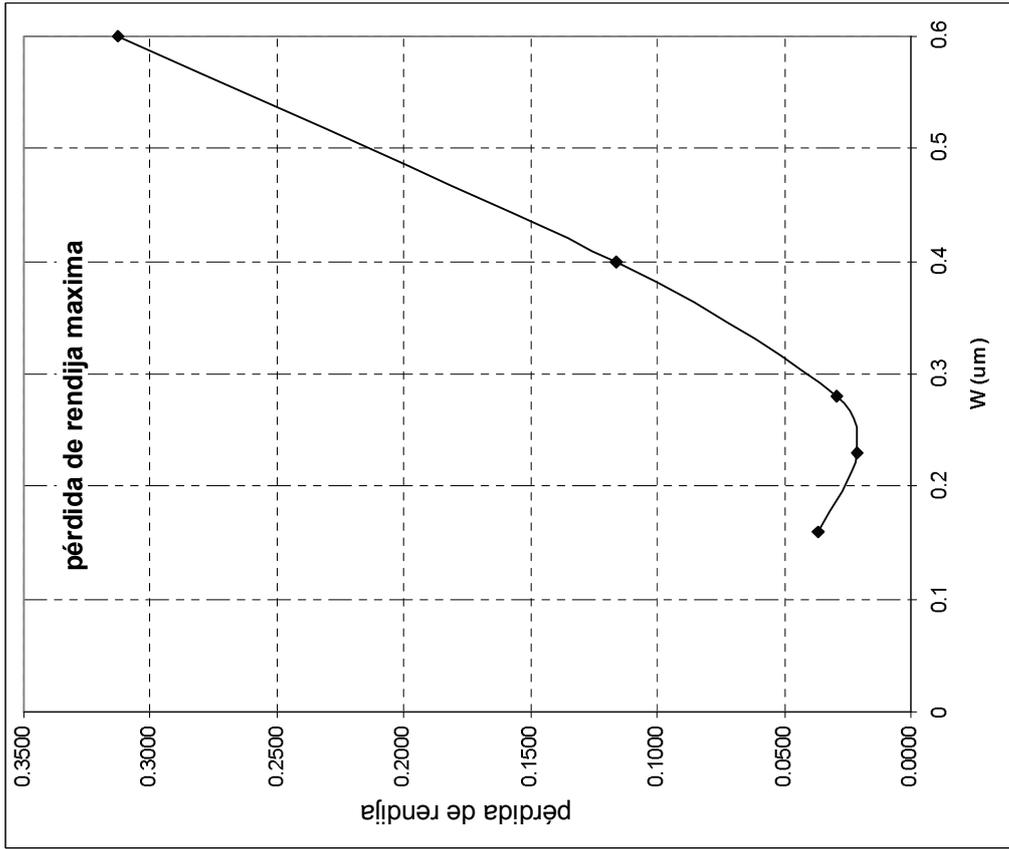


FIG. 3E

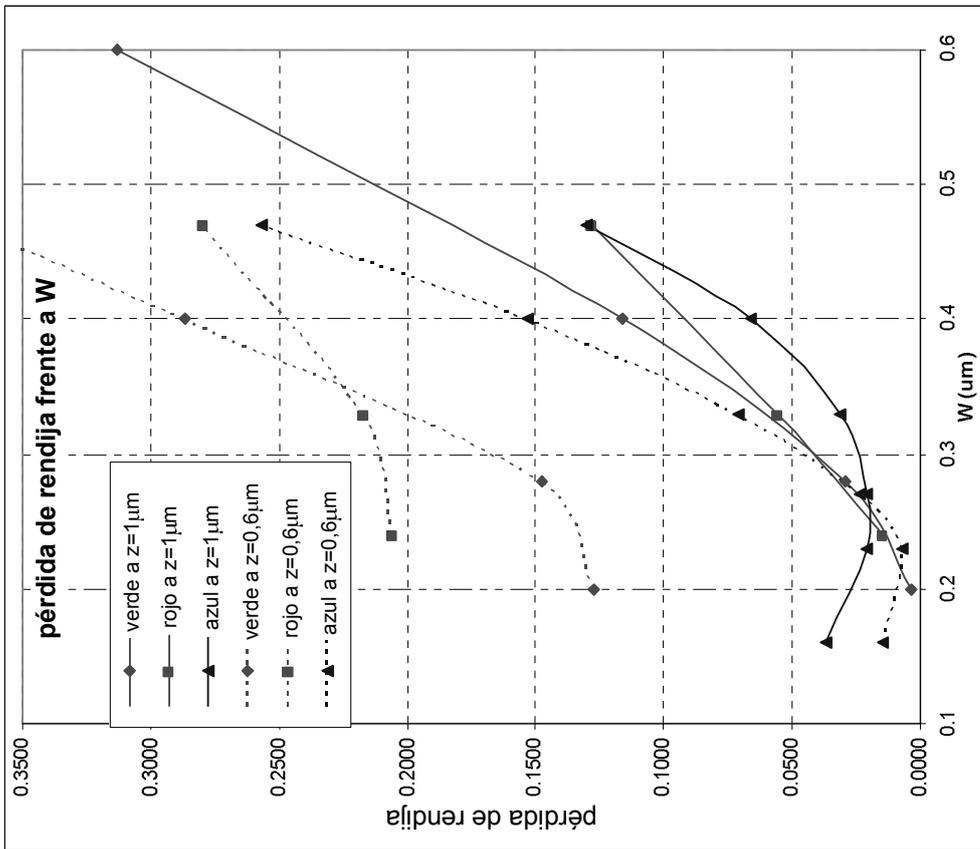


FIG. 3D

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

ancho de rendija (µm)

tamaño (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

ancho de rendija (µm)

tamaño (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

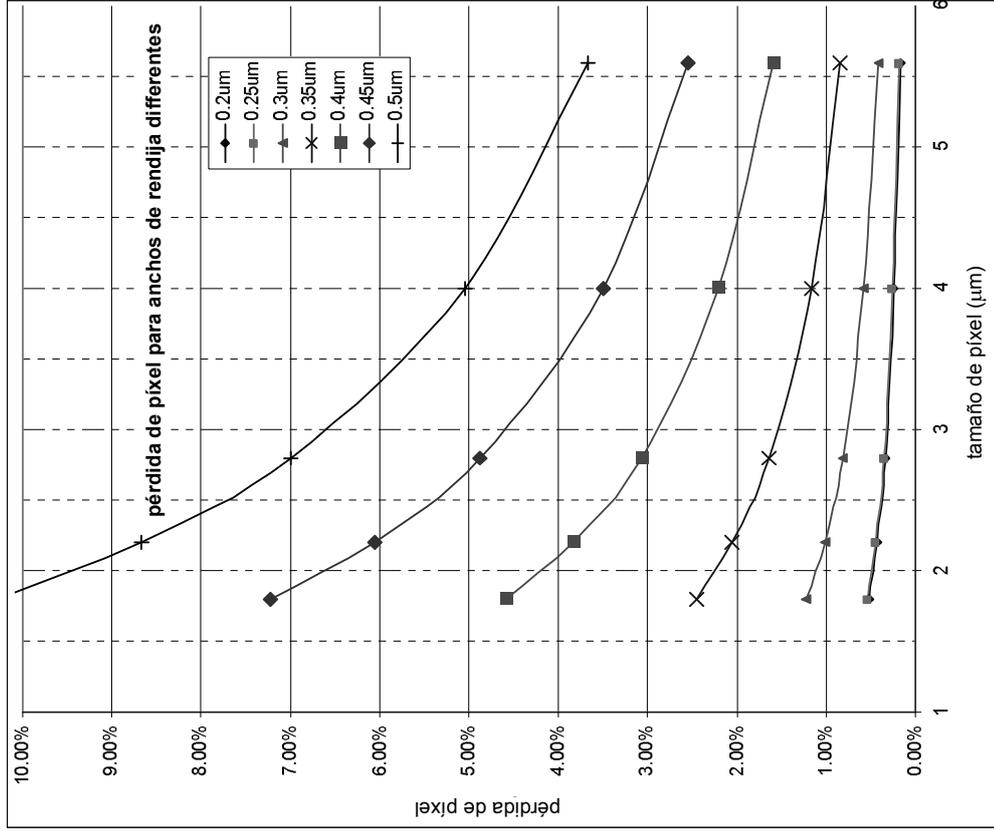


FIG. 3I

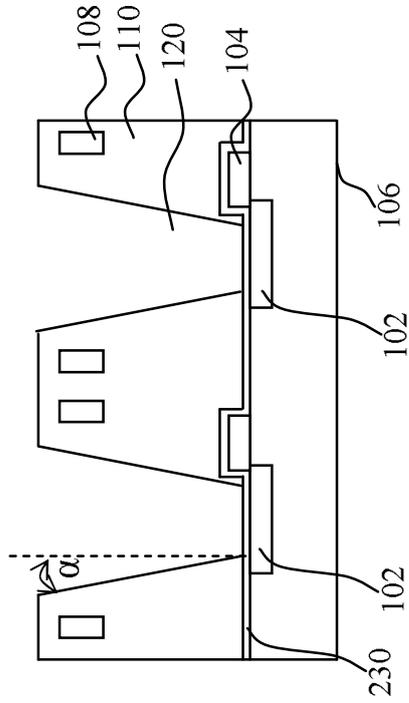


FIG. 4B

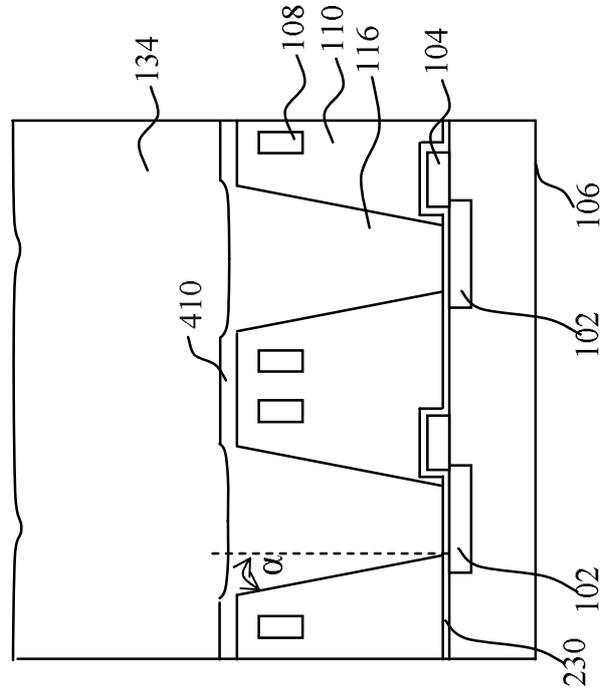


FIG. 4D

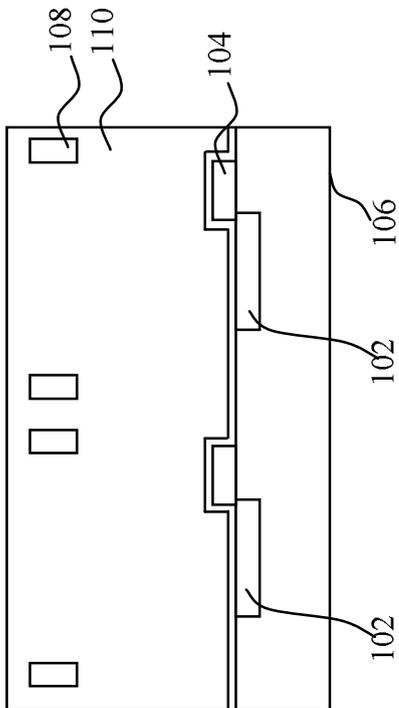


FIG. 4A

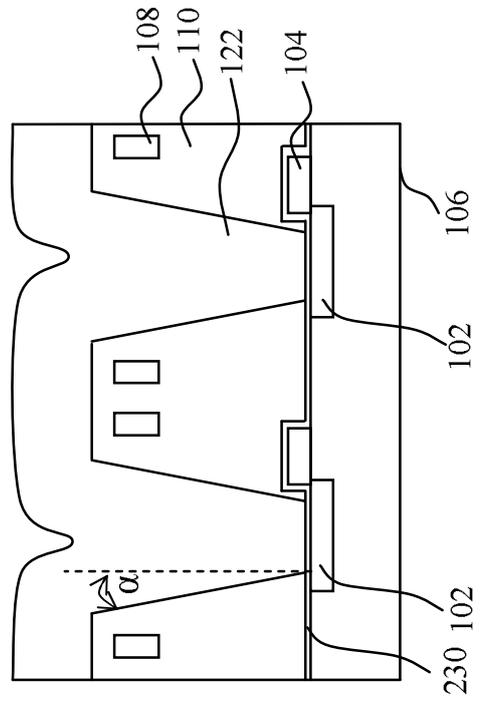


FIG. 4C

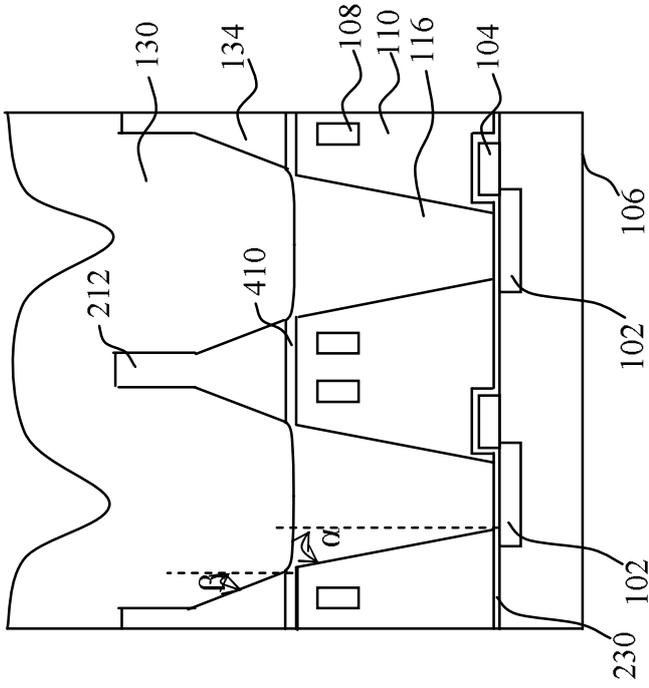


FIG. 4F

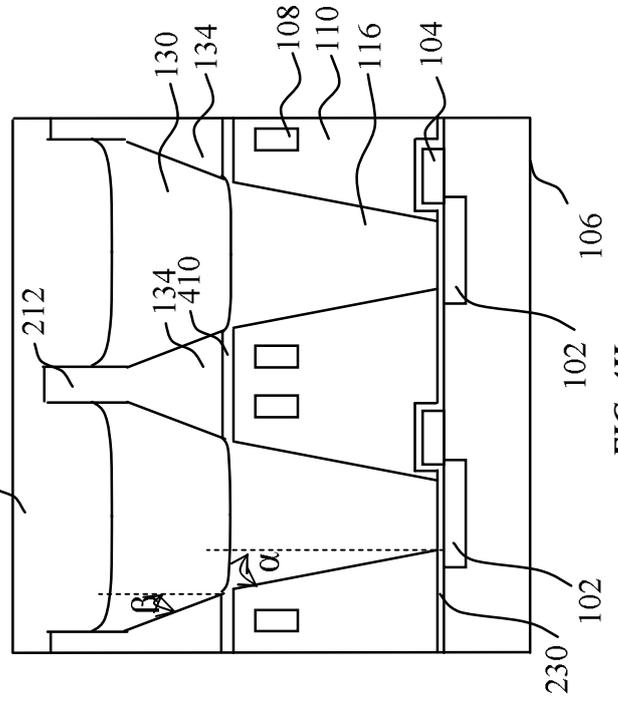


FIG. 4H

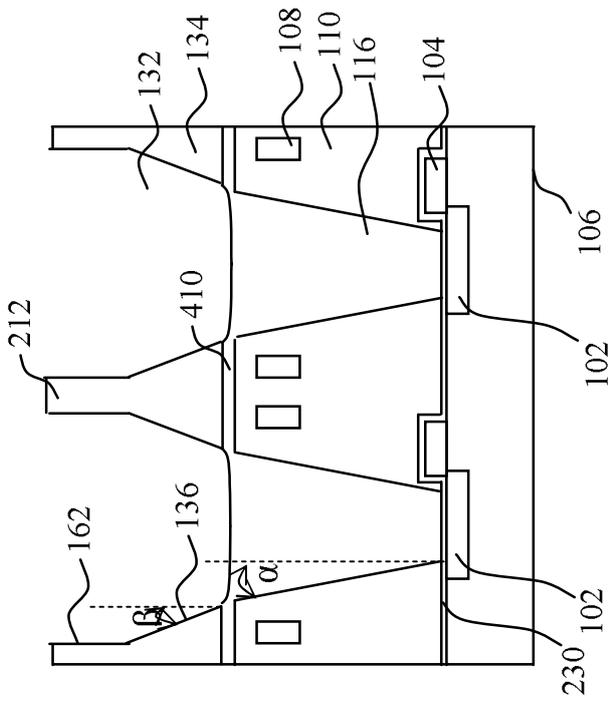


FIG. 4E

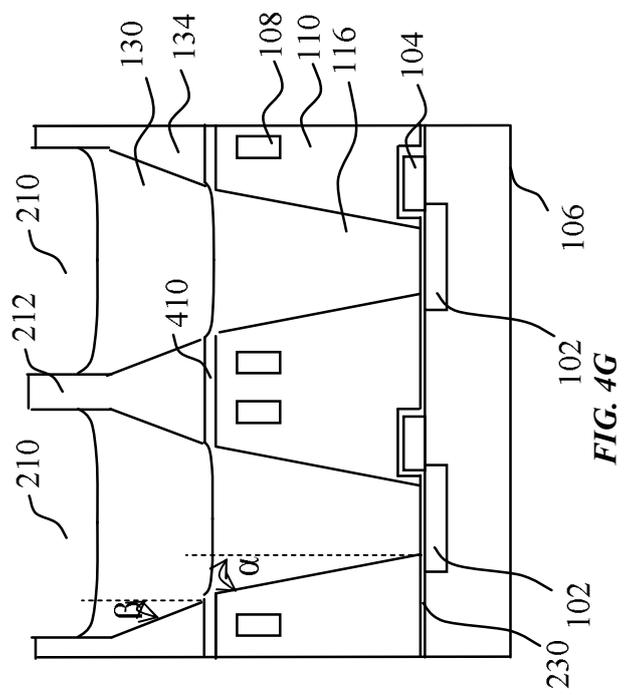


FIG. 4G

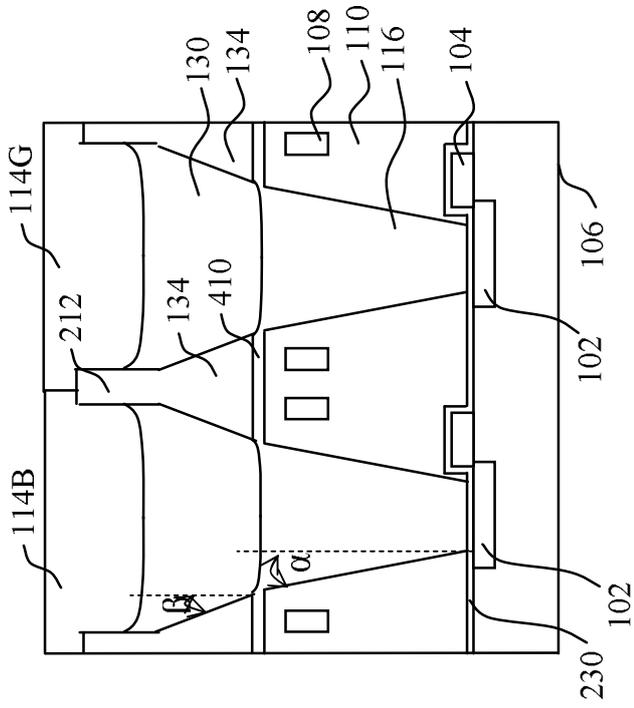


FIG. 4J

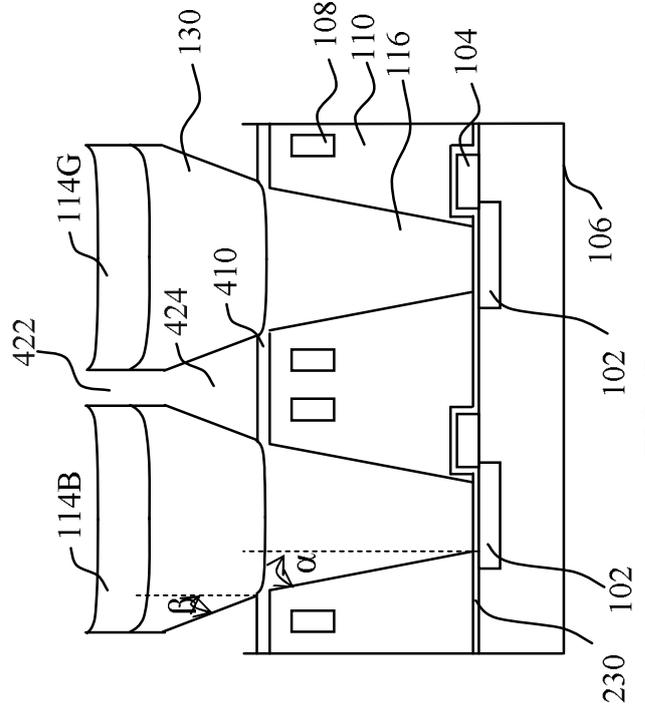


FIG. 4L

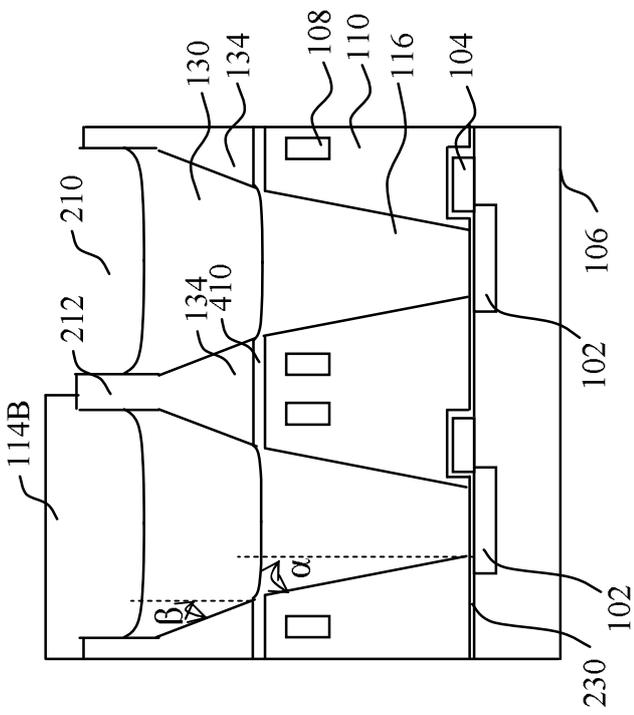


FIG. 4I

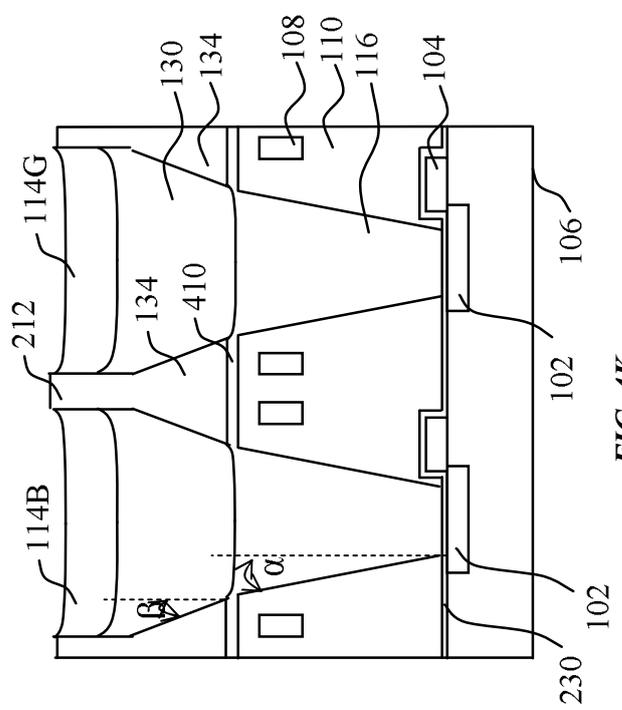


FIG. 4K

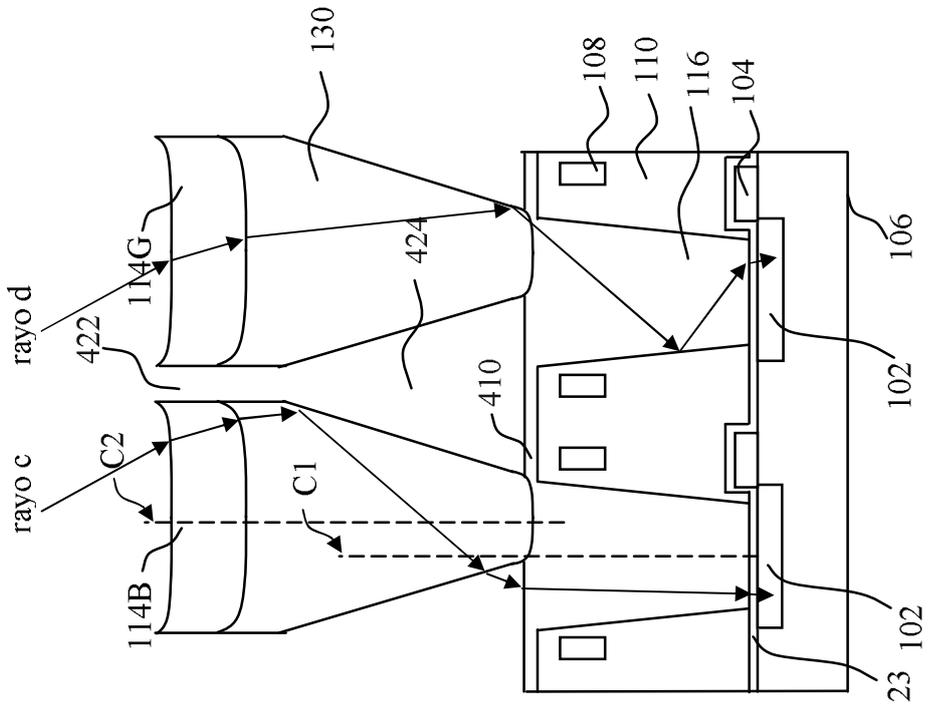


FIG. 6B

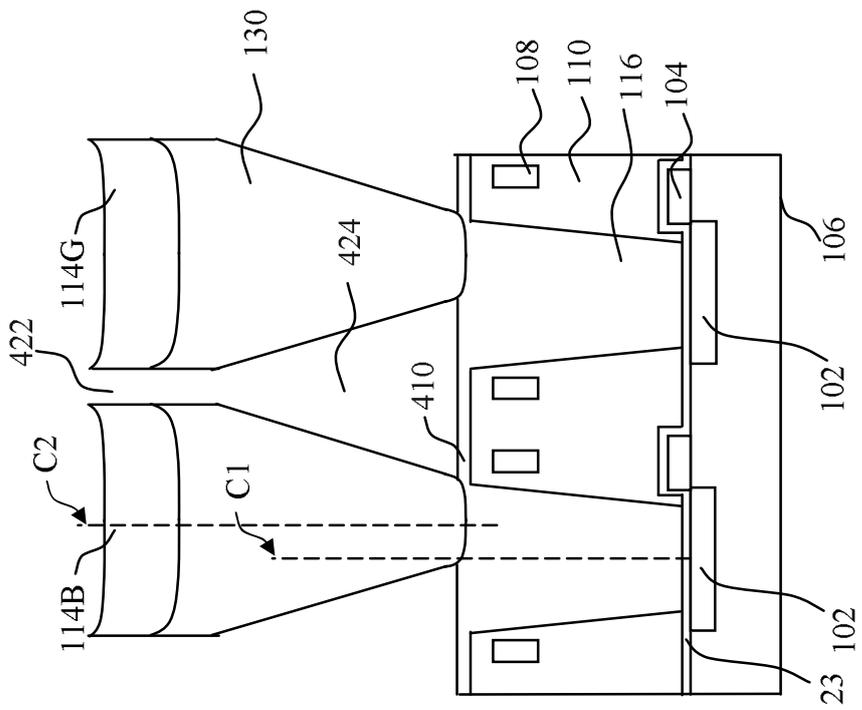


FIG. 6A

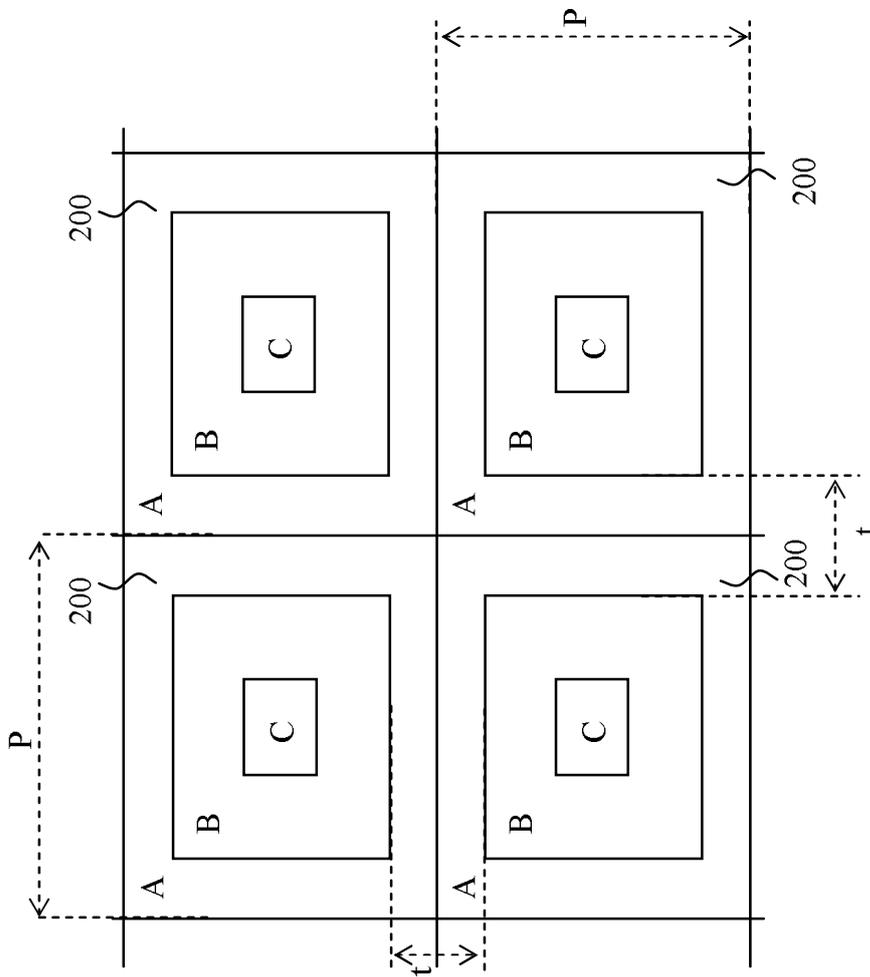


FIG. 7

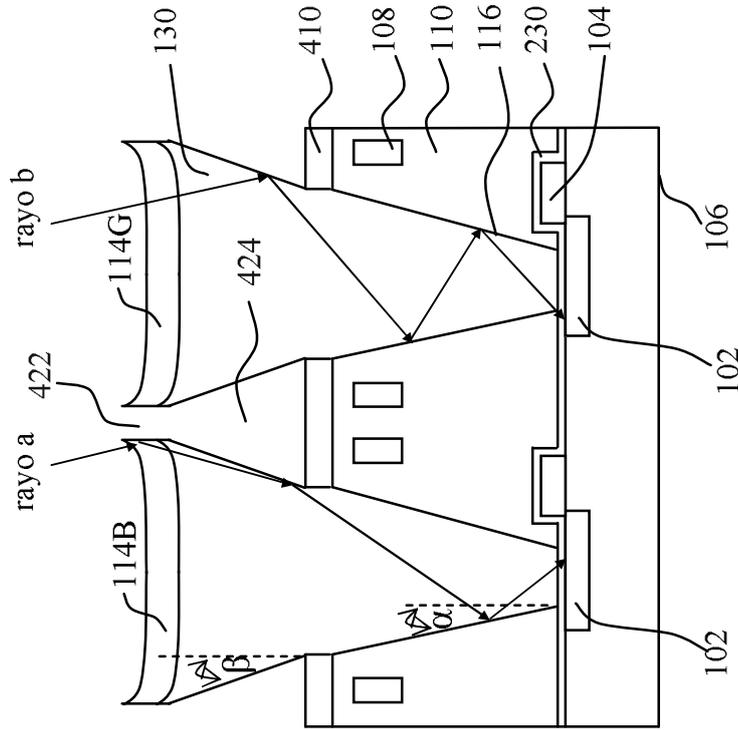


FIG. 8

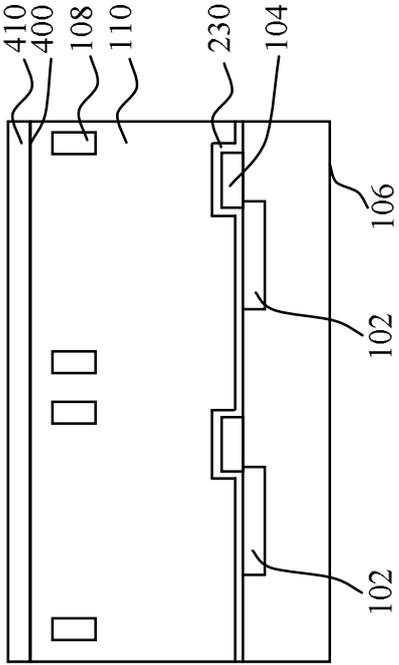


FIG. 9B

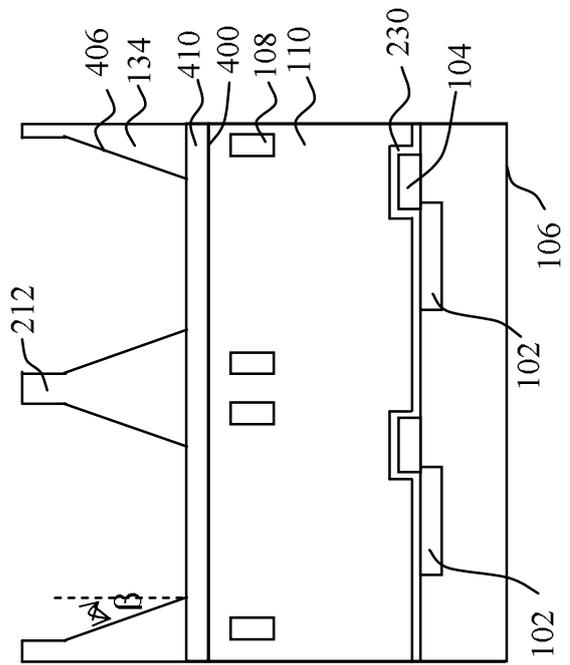


FIG. 9D

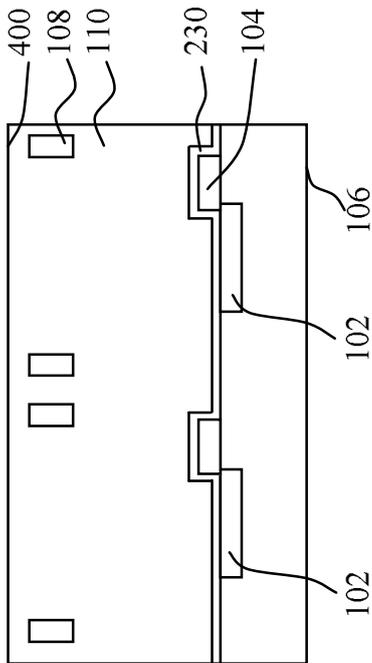


FIG. 9A

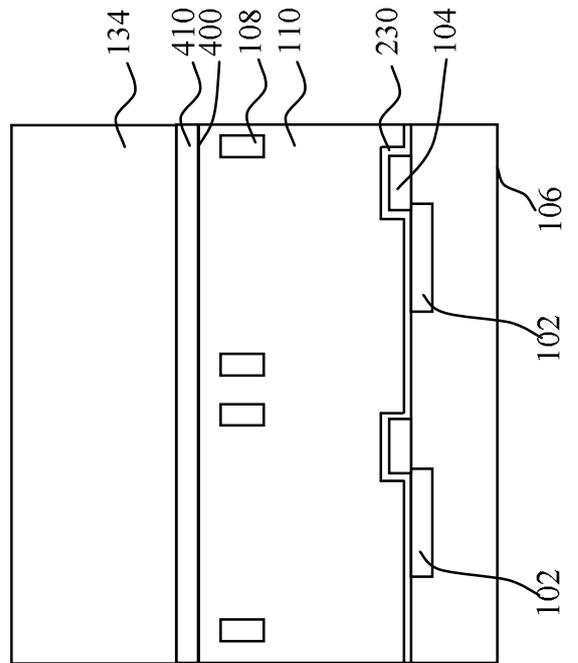


FIG. 9C

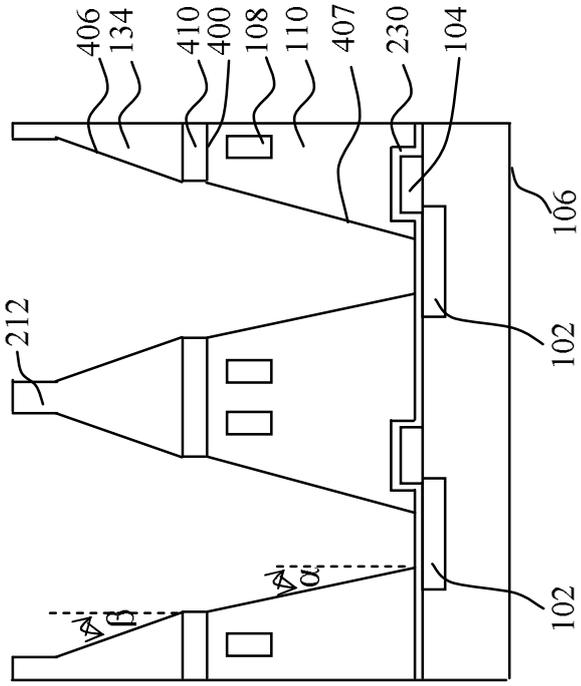


FIG. 9F

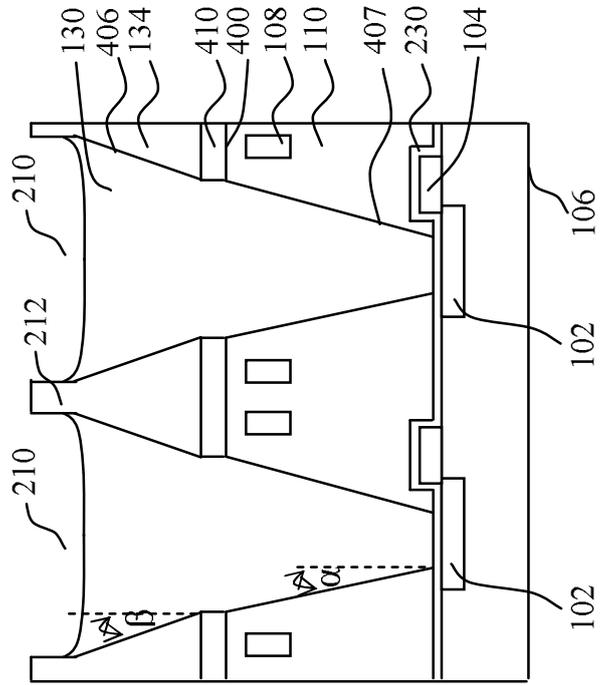


FIG. 9H

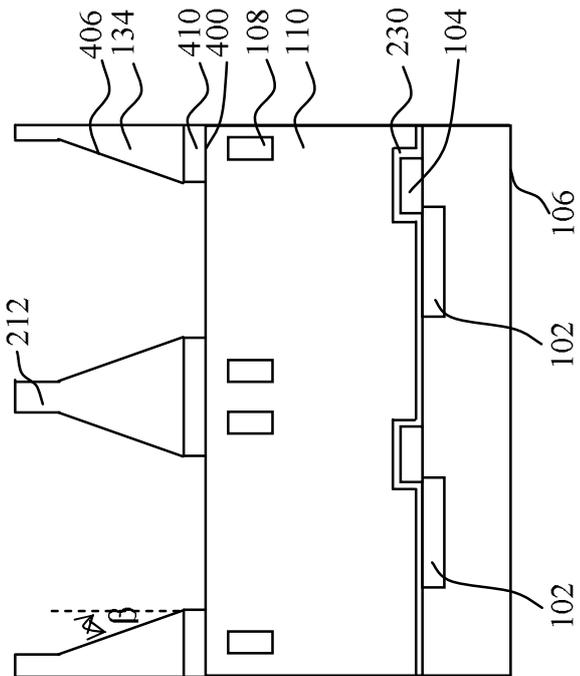


FIG. 9E

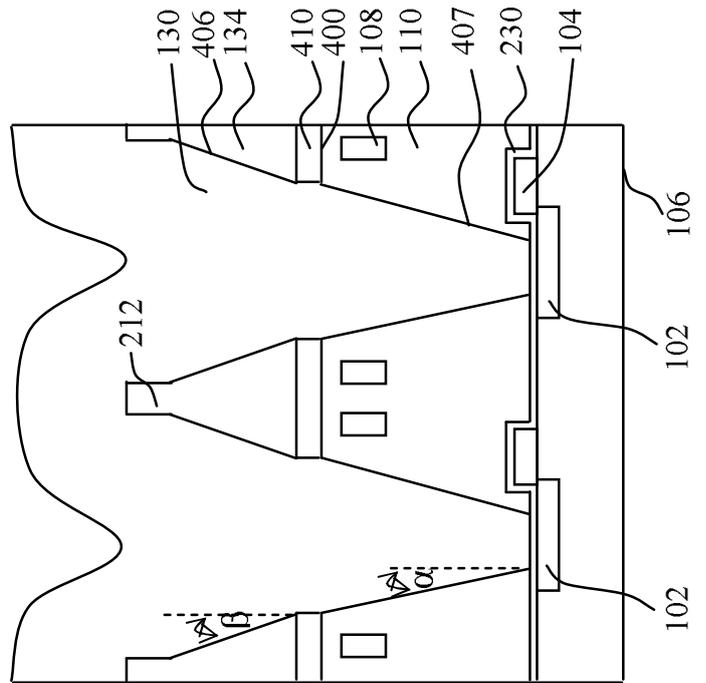


FIG. 9G

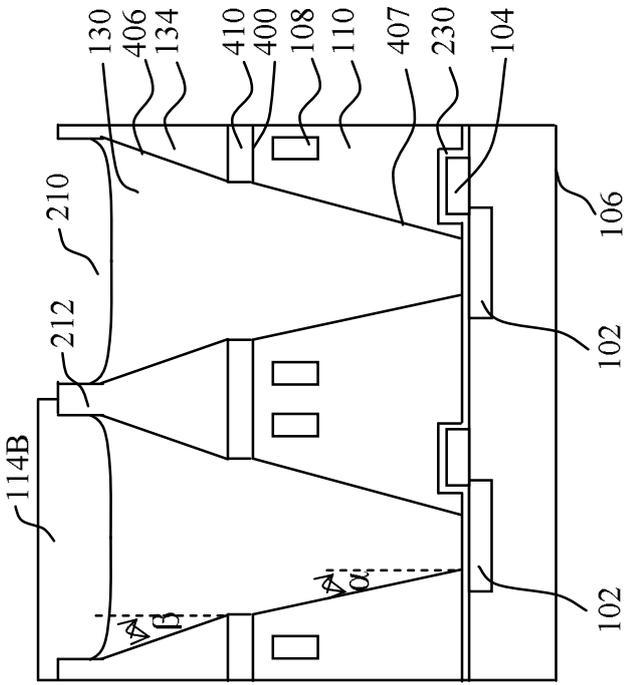


FIG. 9I

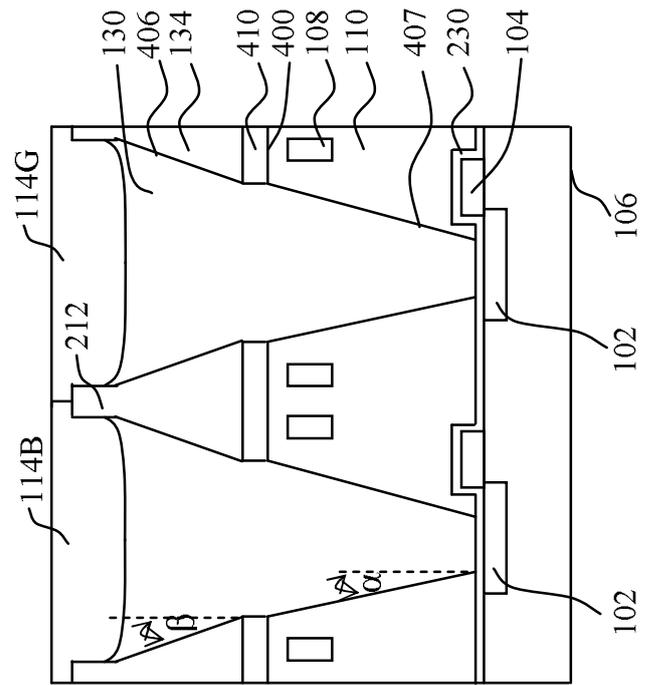


FIG. 9J

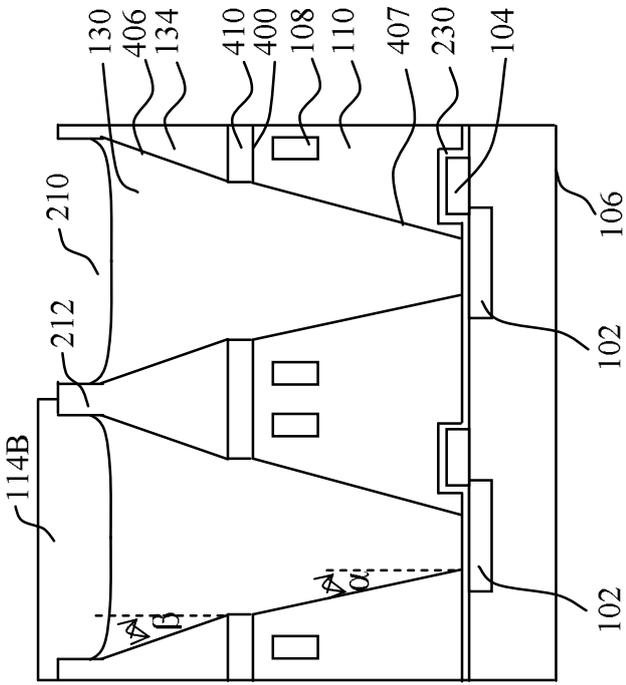


FIG. 9K

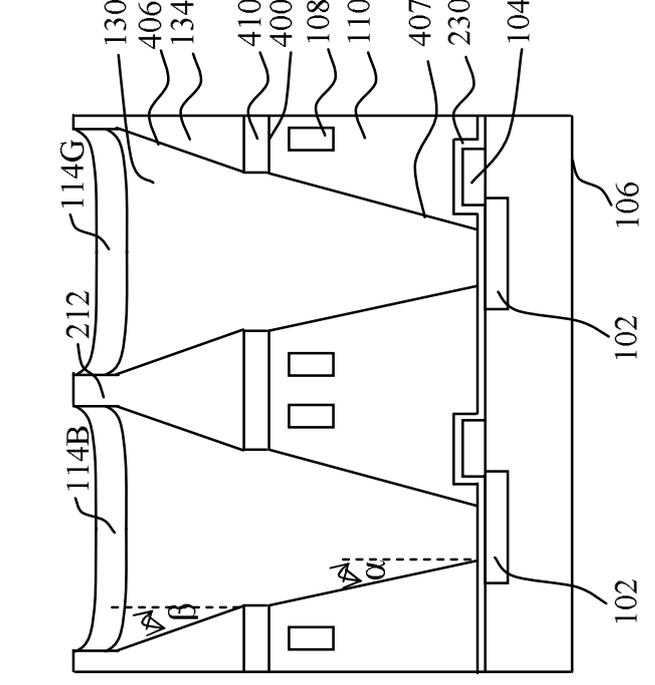


FIG. 9L

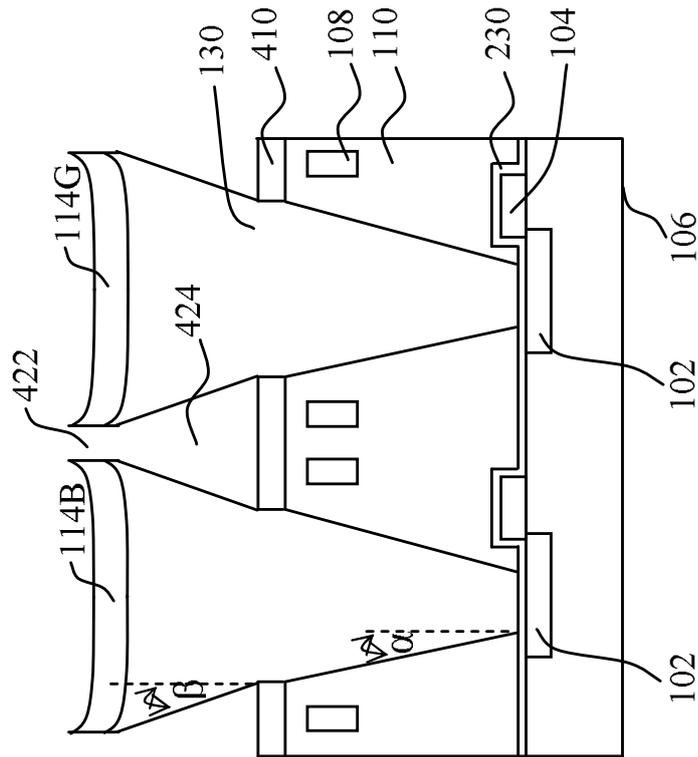


FIG. 9M

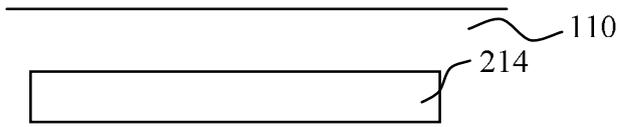


FIG. 10A

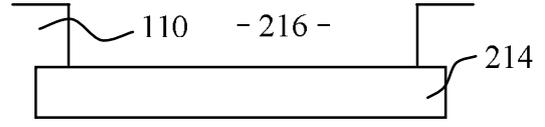


FIG. 10B

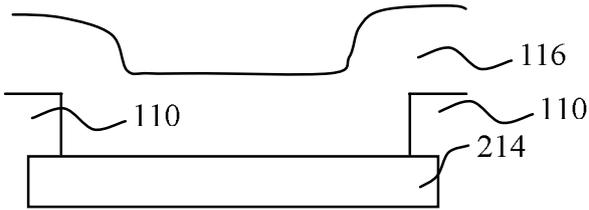


FIG. 10C



FIG. 10D

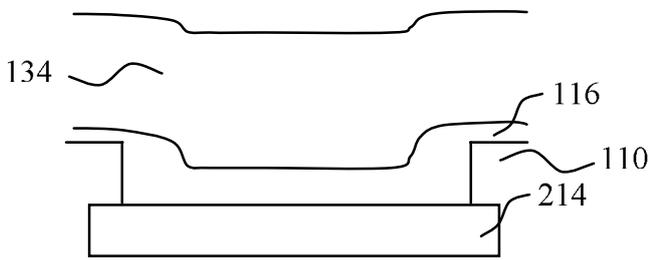


FIG. 10E

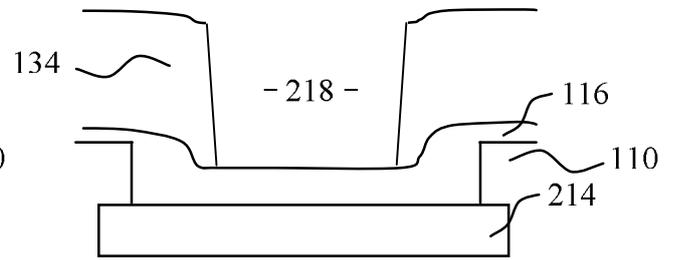


FIG. 10F

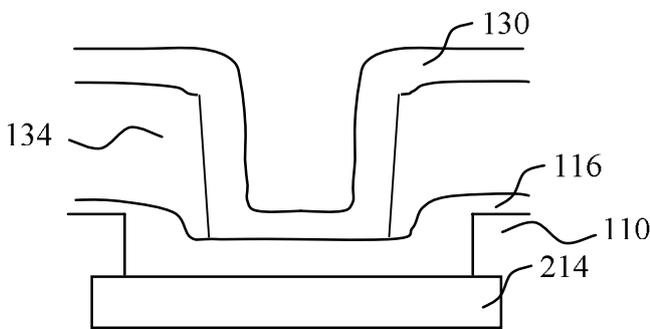


FIG. 10G

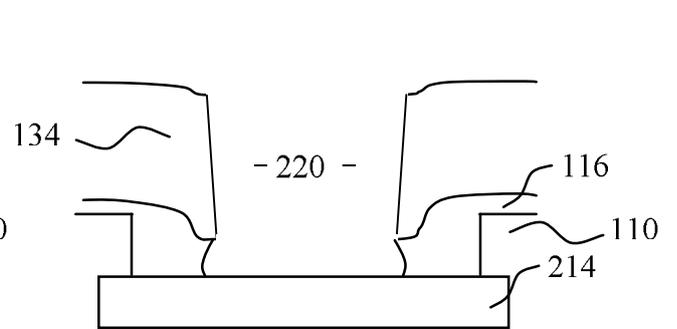


FIG. 10H

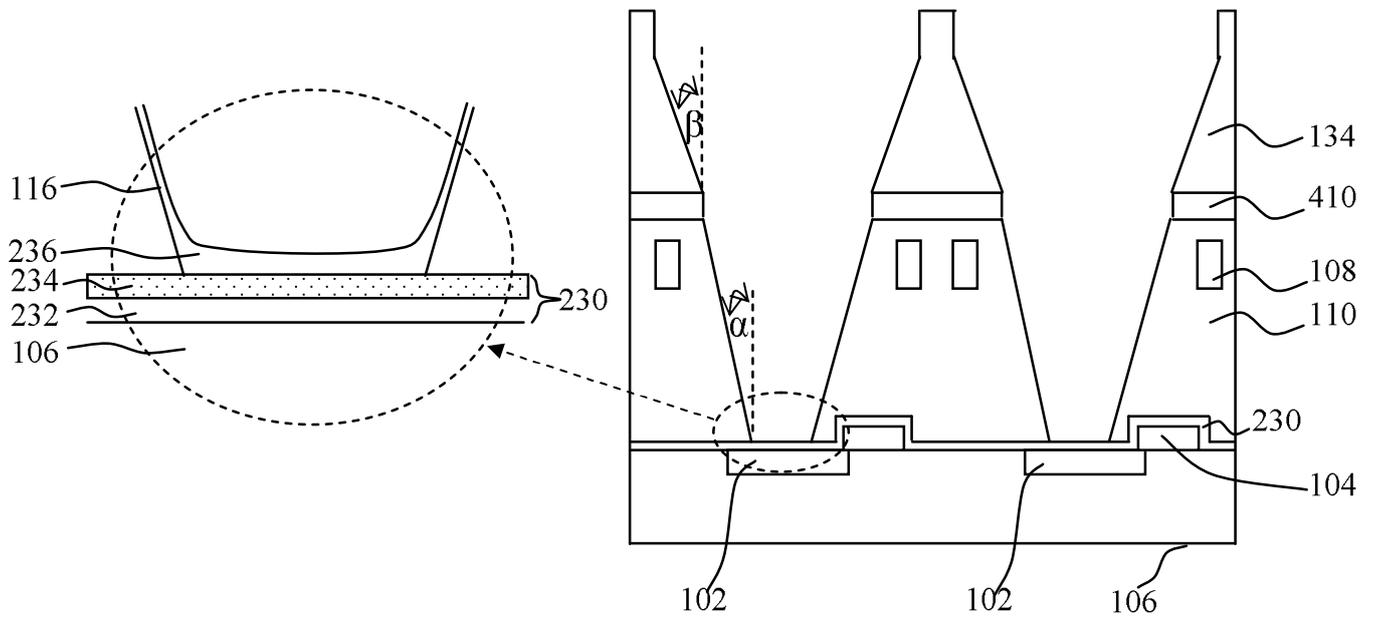
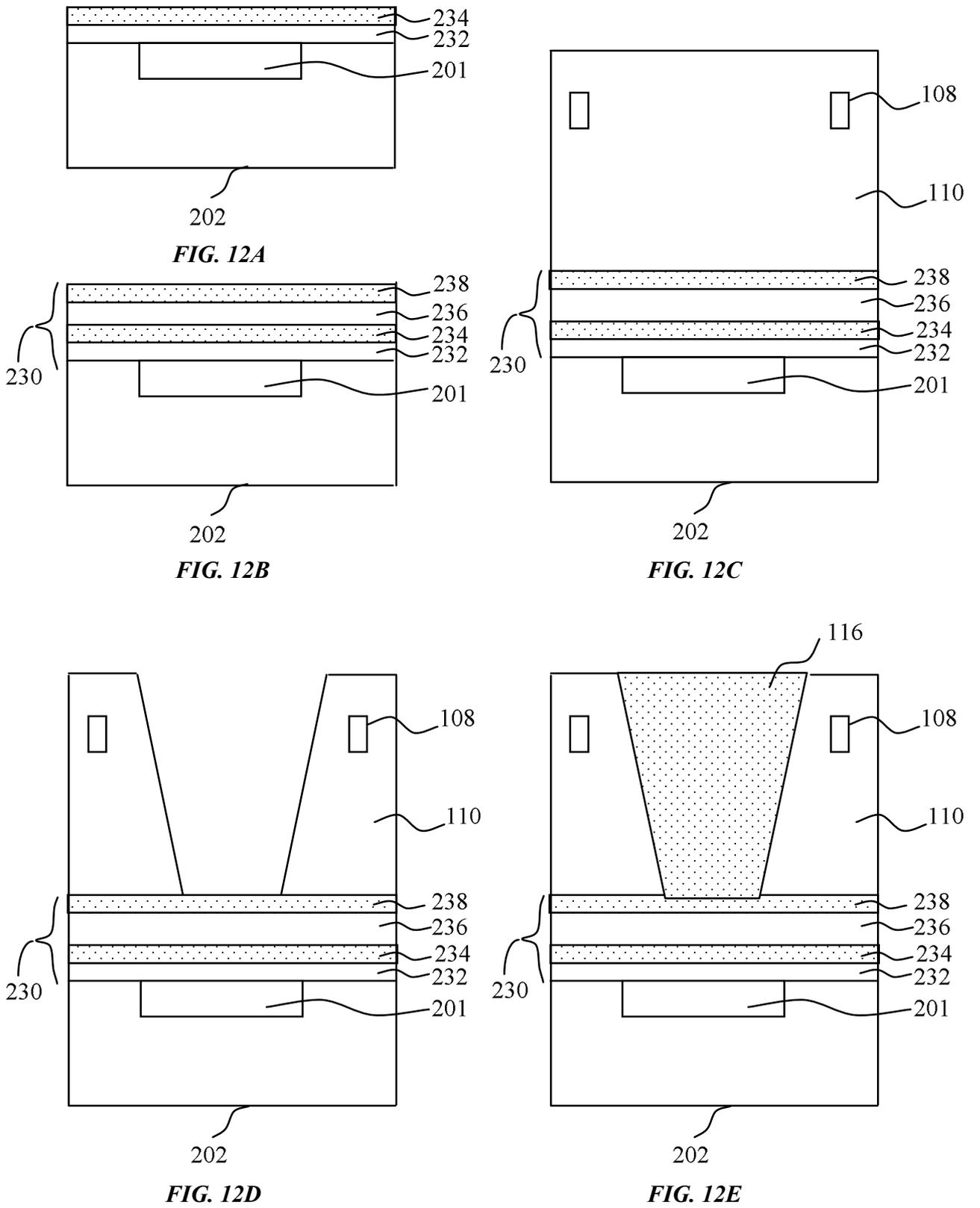


FIG. 11



transmisión frente a longitud de onda

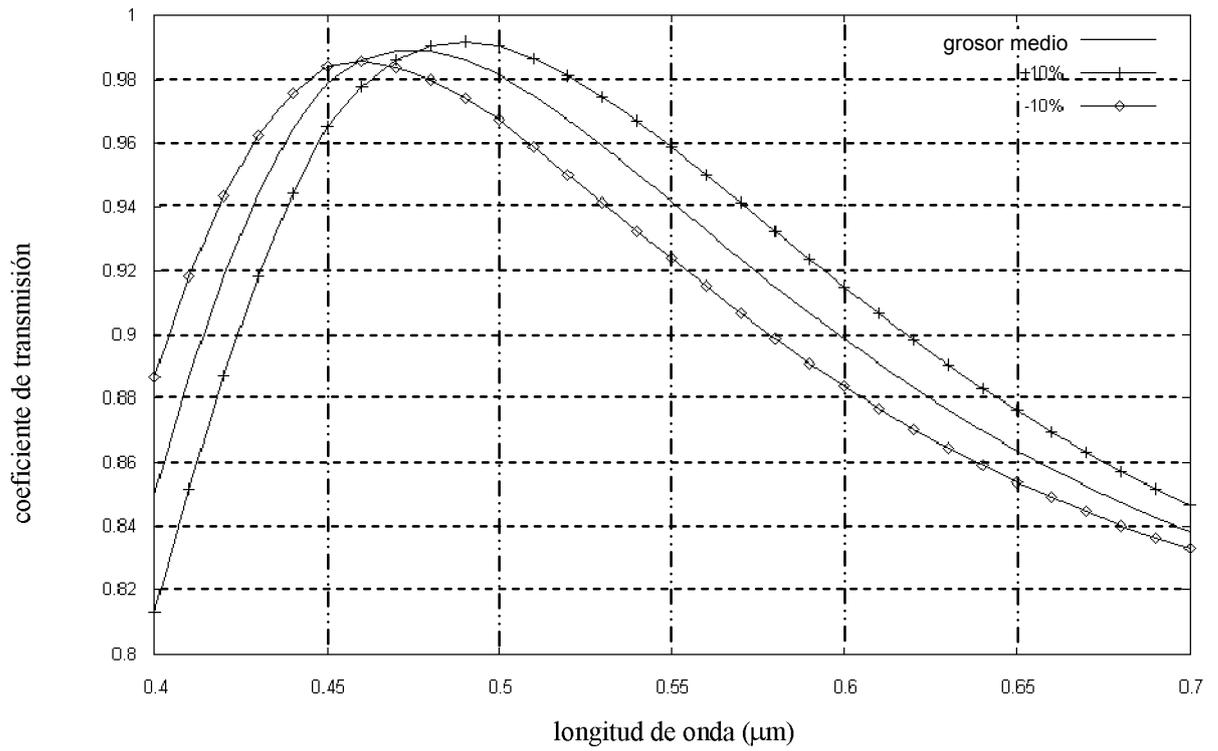


FIG. 13A

transmisión frente a longitud de onda

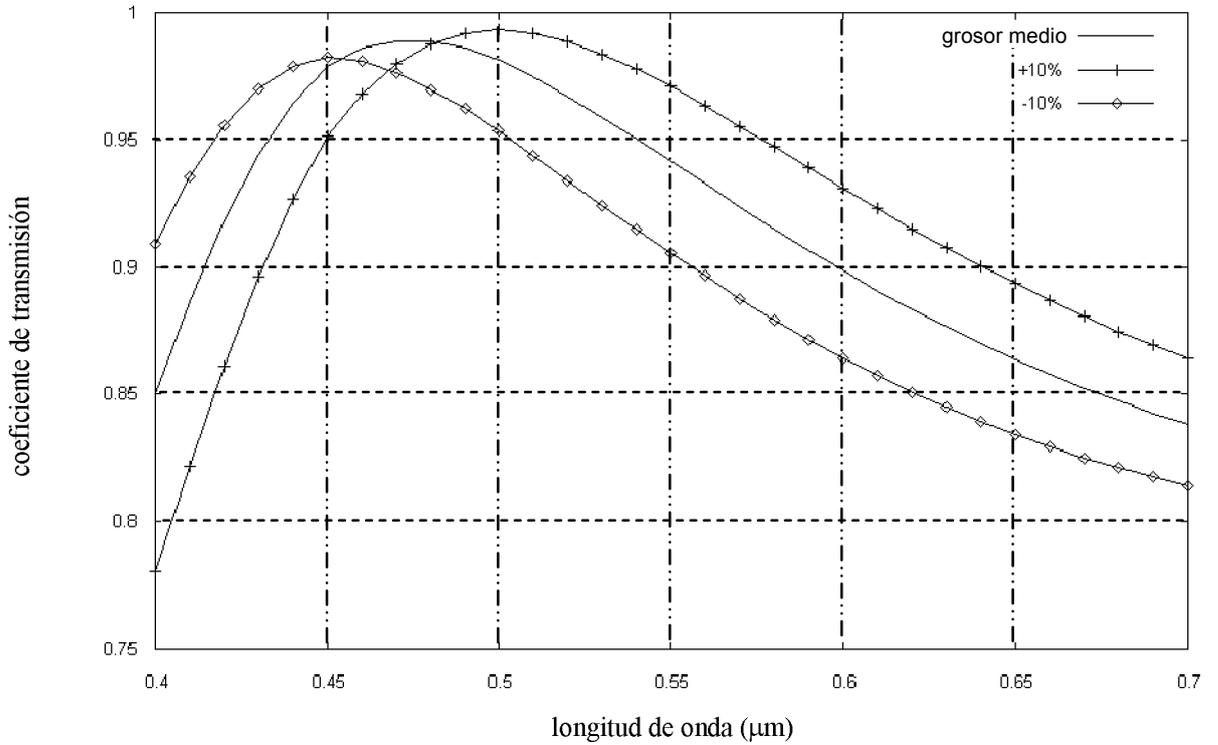
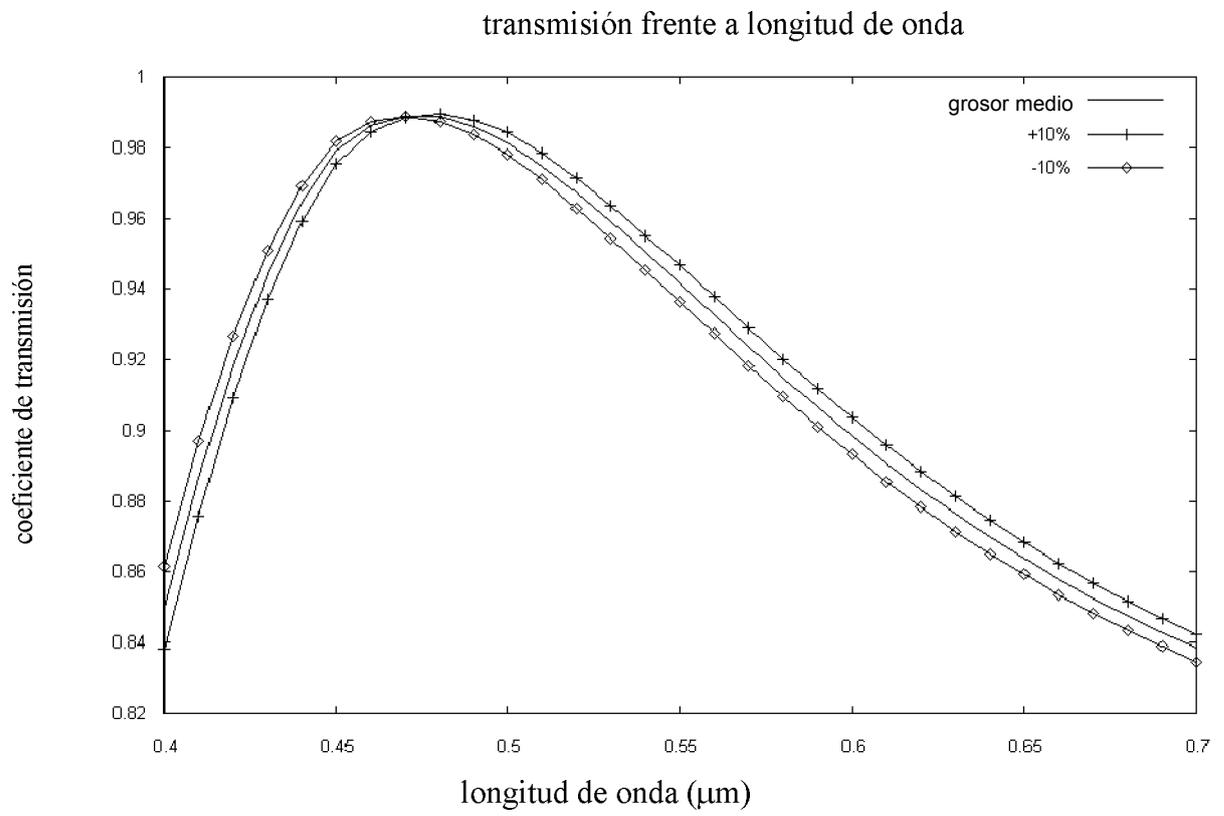


FIG. 13B



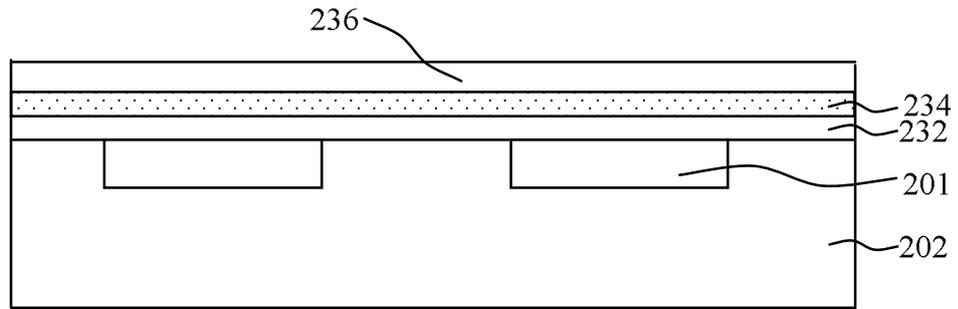


FIG. 14A

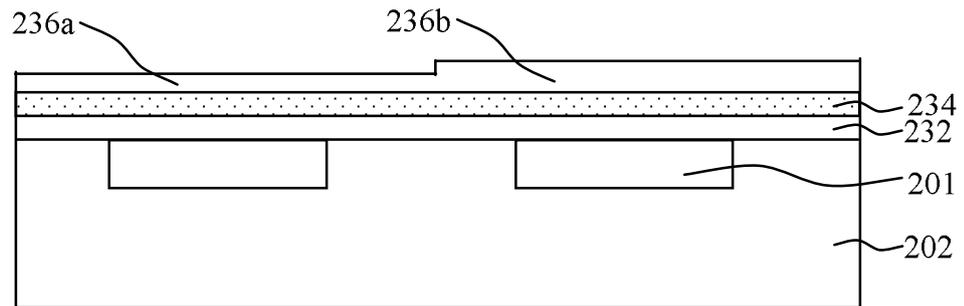


FIG. 14B

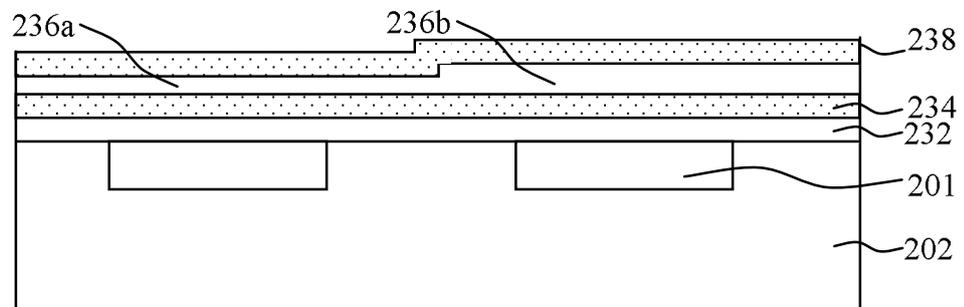


FIG. 14C

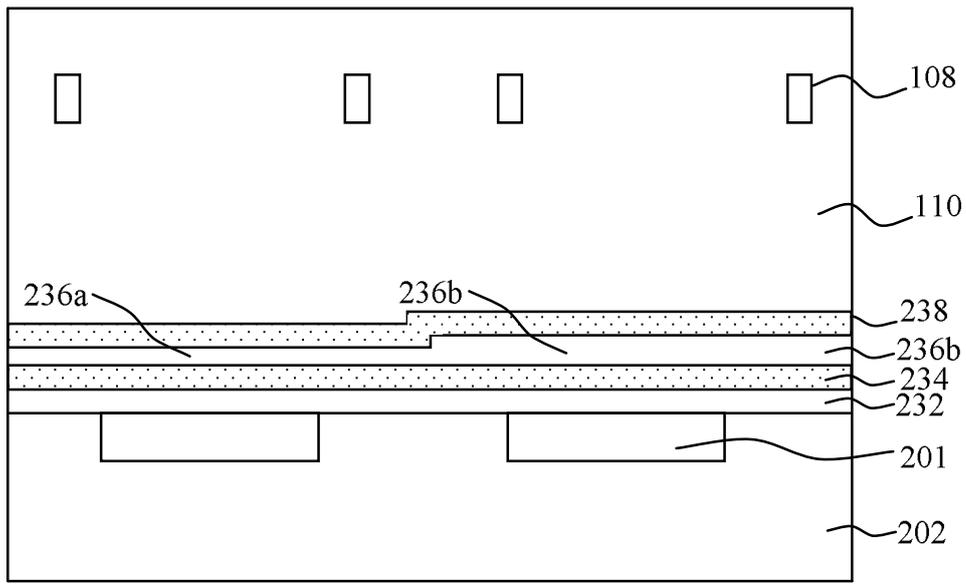


FIG. 14D

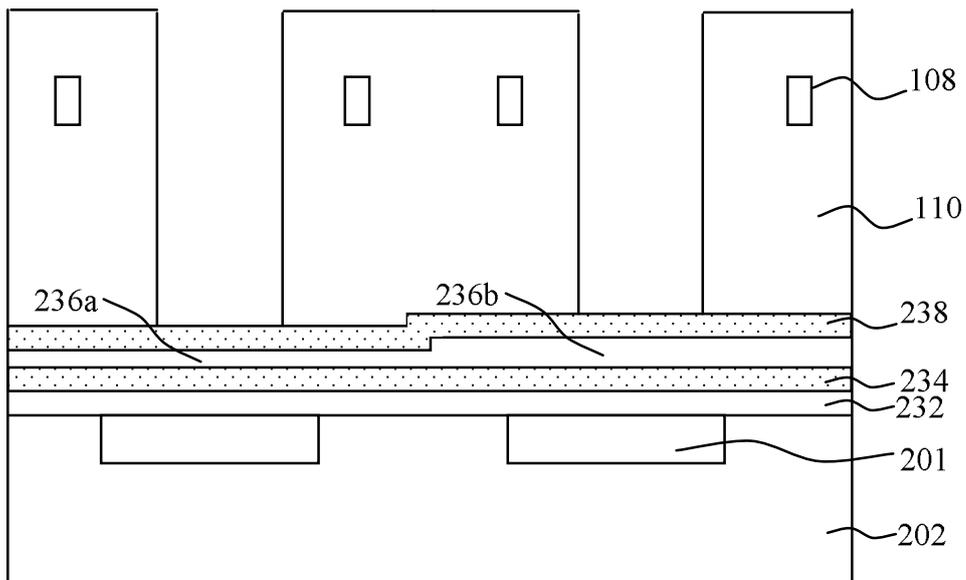


FIG. 14E

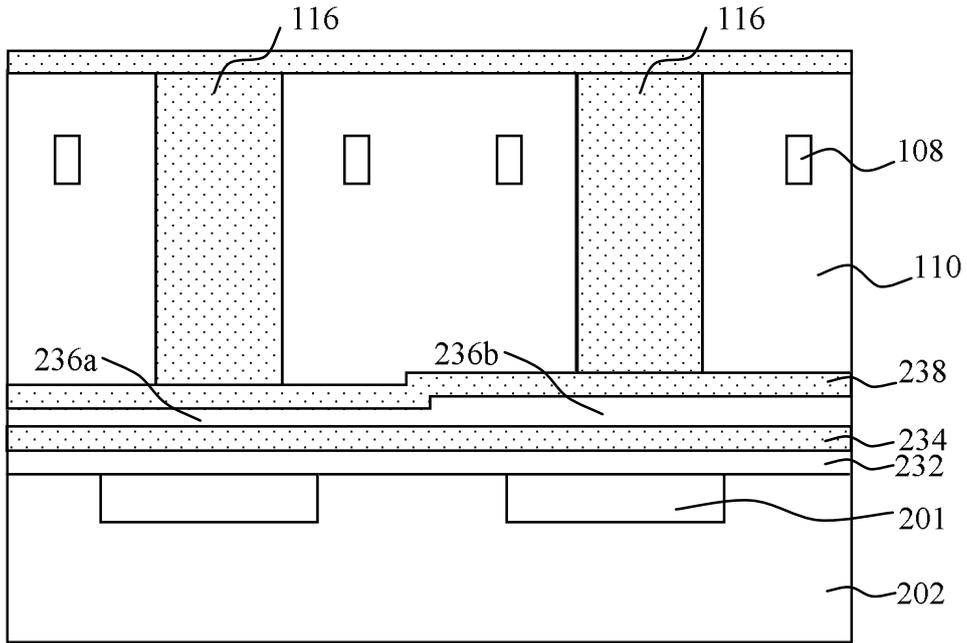


FIG. 14F

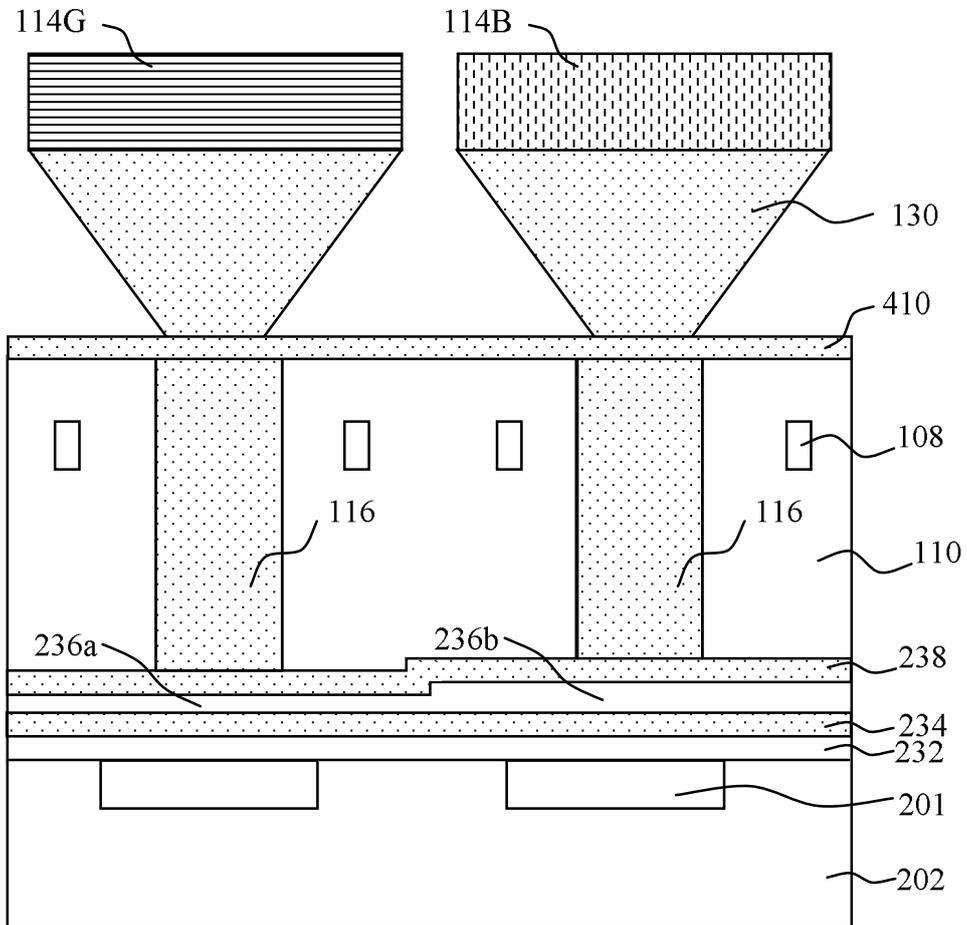


FIG. 14G

transmisión frente a longitud de onda

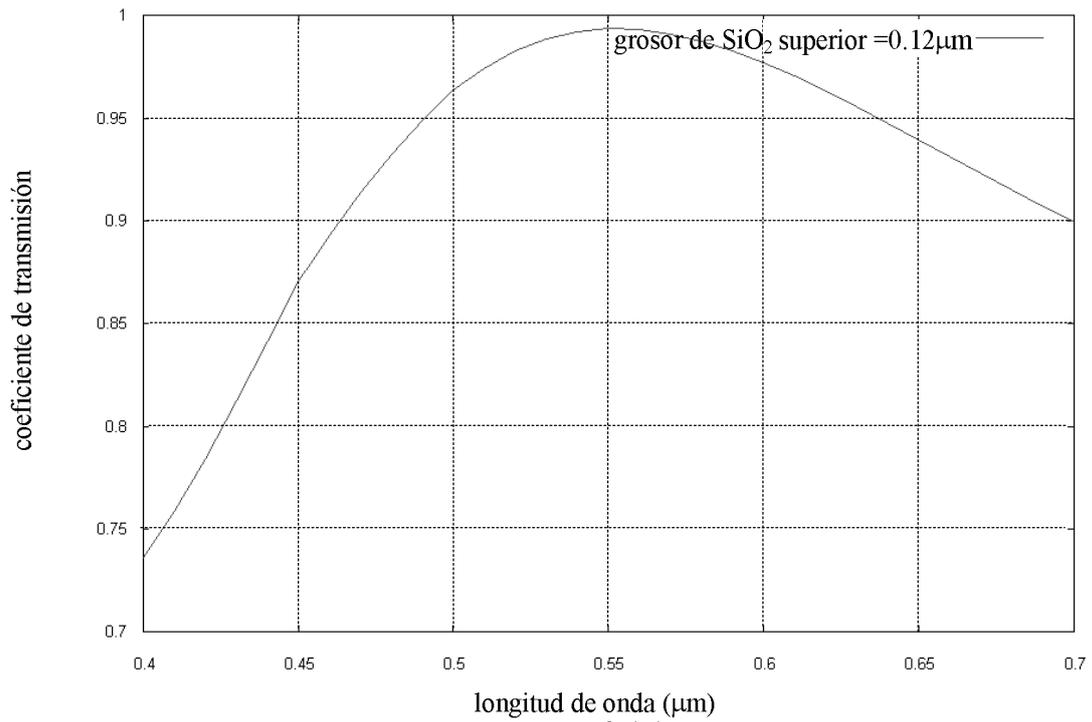


FIG. 15A

transmisión frente a longitud de onda

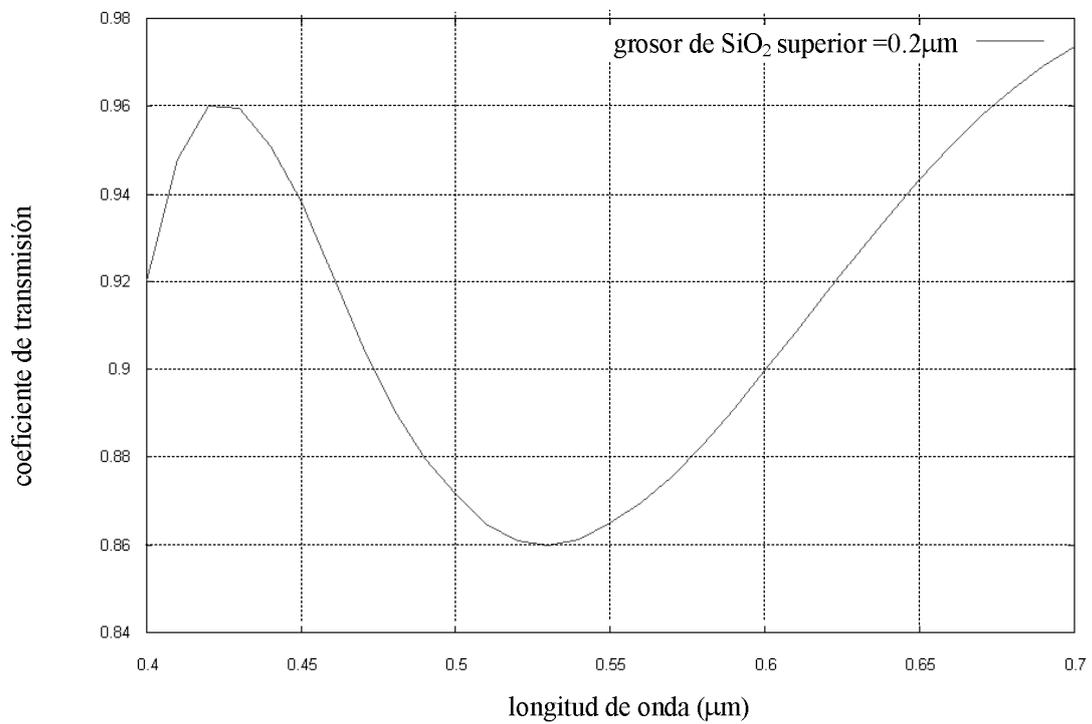


FIG. 15B

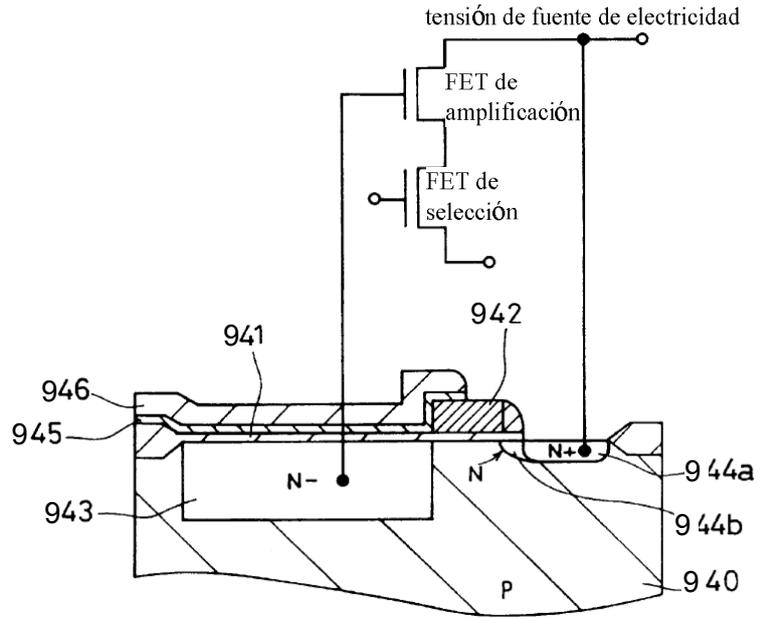


FIG. 16
Antecedente
(US6,166,405 Fig. 7)

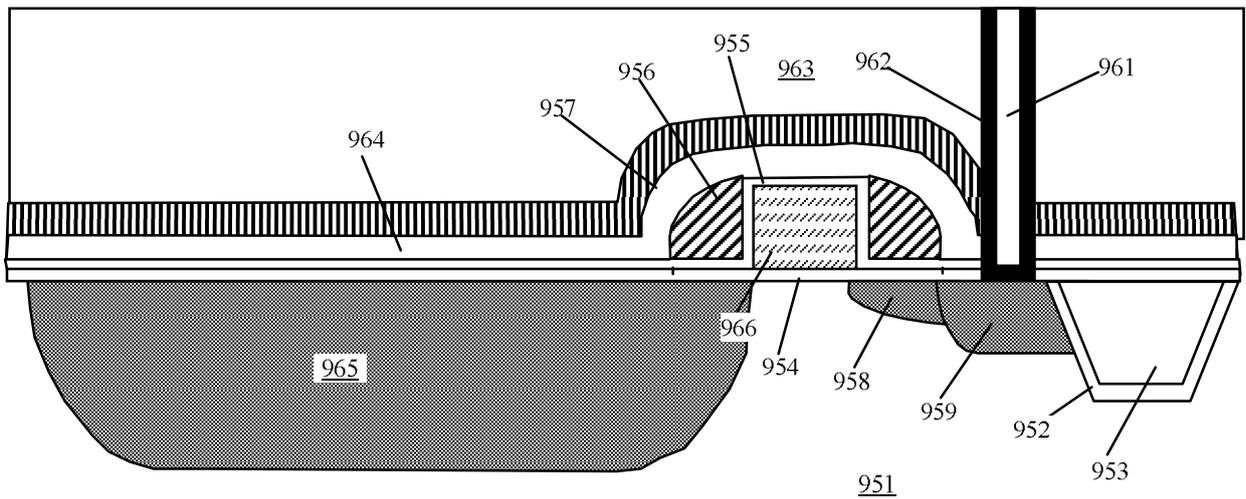


FIG. 17
Antecedente

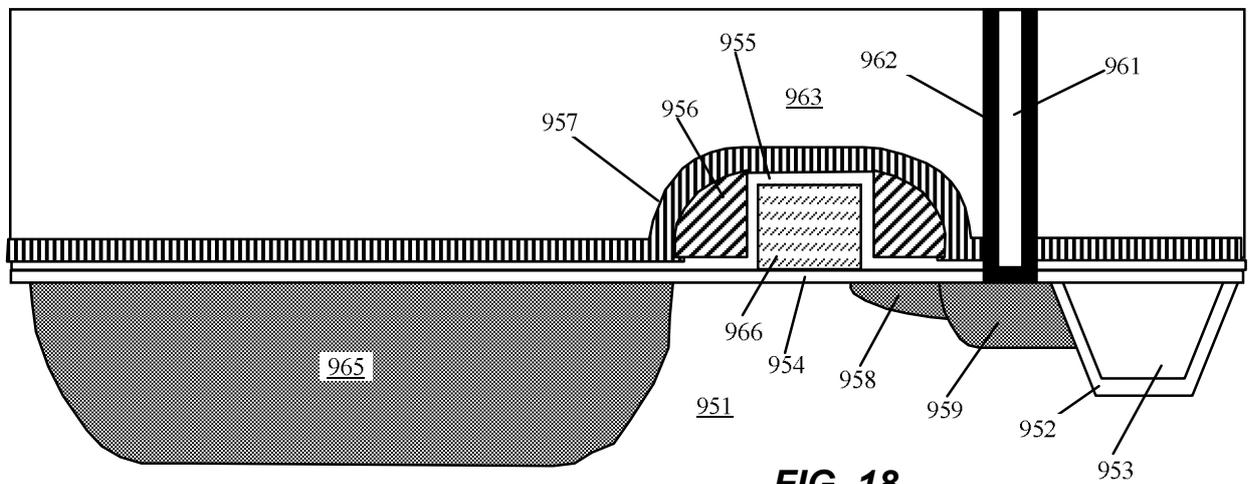


FIG. 18

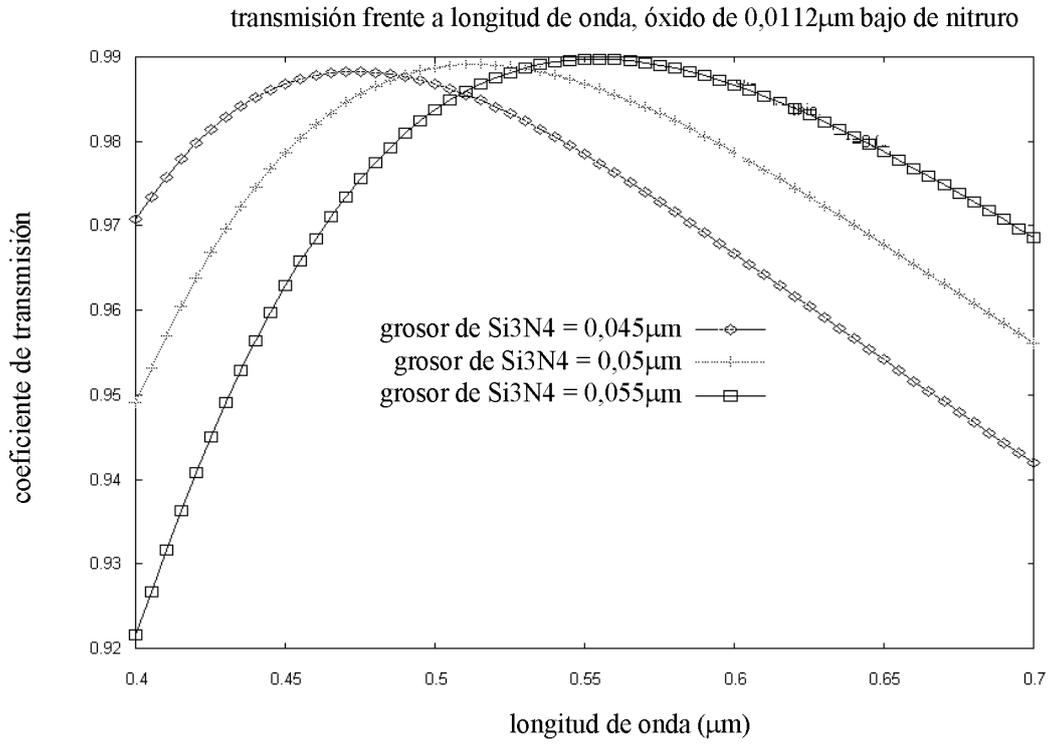


FIG. 19

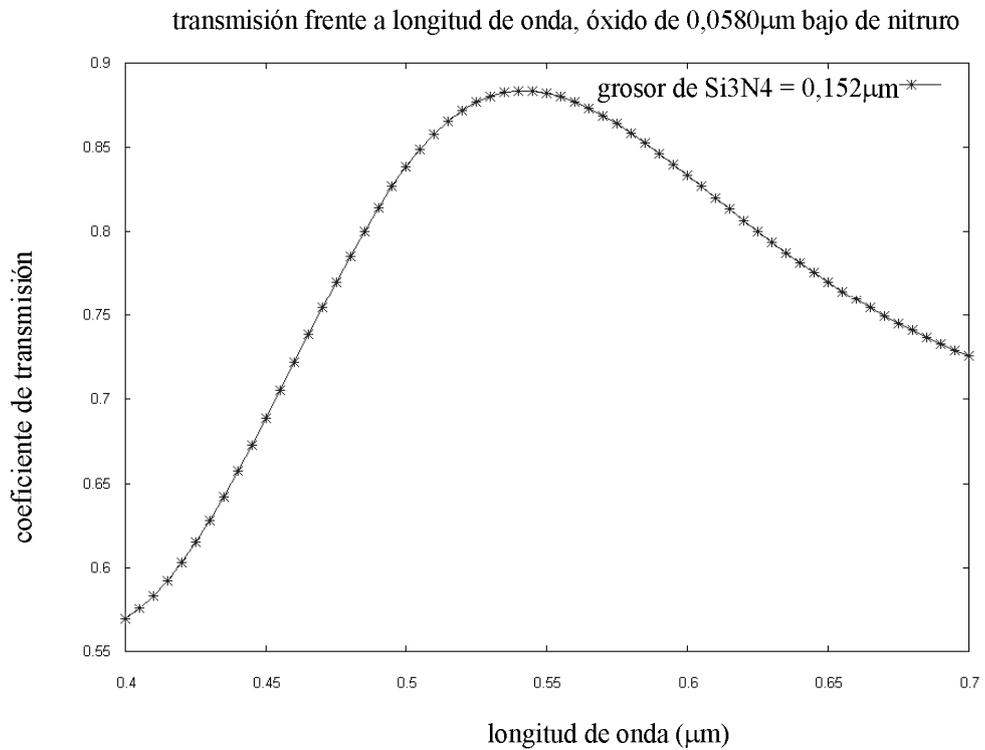


FIG. 20
Antecedente

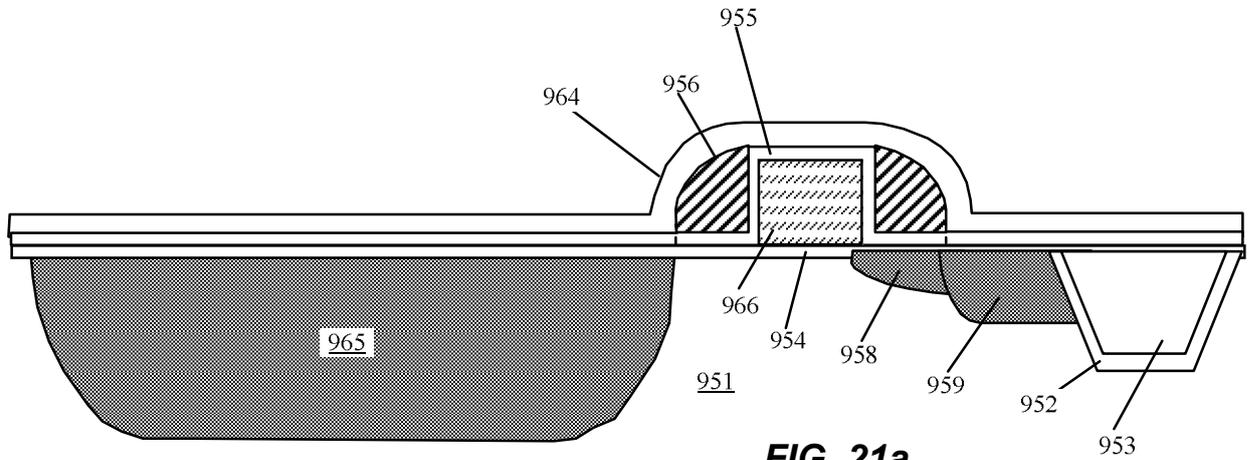


FIG. 21a

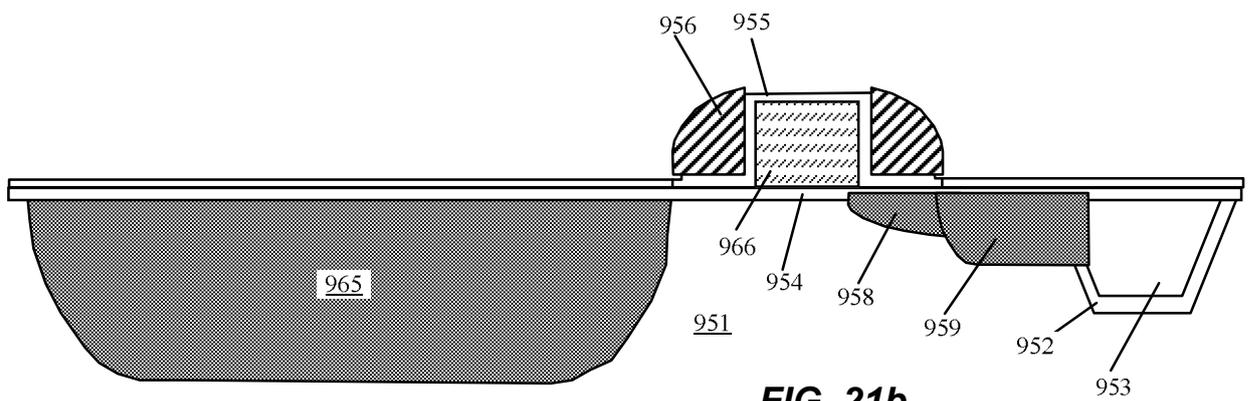


FIG. 21b

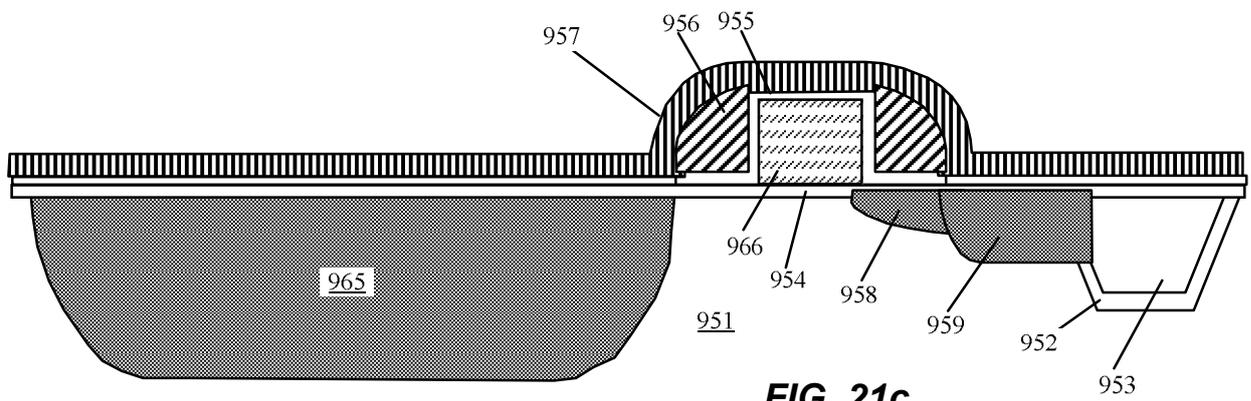


FIG. 21c

