

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 480**

51 Int. Cl.:

H01L 31/109 (2006.01)

H01L 27/148 (2006.01)

H01L 27/146 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2006 E 06708917 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 1979953**

54 Título: **Detector de radiación semiconductor optimizado para detectar luz visible**

30 Prioridad:

05.01.2006 WO PCT/FI2006/000009

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

19.11.2015

73 Titular/es:

**AUROLA, ARTTO (100.0%)
OTTAKALLIO 1 A 7
02150 ESPOO, FI**

72 Inventor/es:

AUROLA, ARTTO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 551 480 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Detector de radiación semiconductor optimizado para detectar luz visible

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a detectores de radiación de semiconductor y particularmente a un detector de radiación de semiconductor que tiene una compuerta interna modificada.

Antecedentes de la invención

10 La radiación es convertida a pares de orificio de electrón en el material semiconductor. En los detectores de radiación de semiconductor, los pares de orificio de electrón están separados mediante un campo eléctrico. El tipo de carga del par de orificio de electrón que se mide es denominado una carga de señal y el tipo de carga opuesta es denominado como una carga secundaria.

15 Las Solicitudes de Patente PCT/FI2004/000492 y PCT/FI2005/000359 desvelan un detector de radiación de semiconductor que tiene una compuerta interna modificada (MIG). Este detector es denominado más adelante en la presente como un detector MIG. El detector MIG es iluminado desde atrás y tiene un sustrato grueso completamente vaciado y una capa conductora delgada en la parte trasera del dispositivo. Esta capa conductora posterior tiene tres funciones: cuando es polarizada de manera adecuada permite la reducción drástica completa del sustrato denso, este transporta cargas secundarias fuera del área activa del dispositivo y funciona como una ventana de entrada de radiación homogénea delgada. El detector MIG tiene muchos beneficios. Las cargas generadas en la superficie pueden separarse de las cargas de señal, lo que provee un ruido de corriente oscura pequeña. Esta carga de señal puede ser leída de manera no destructiva permitiendo que la carga de señal sea leída en ocasiones múltiples, lo cual reduce el ruido de lectura. La iluminación posterior y la ventana de entrada de radiación homogénea delgada permiten la detección de radiación que penetra poco profundo similar a rayos X de energía baja y partículas con una resolución de energía buena. El sustrato completamente vacío denso permite la detección de radiación que penetra profundamente. Neeser y col., desvela en "*DEPFET- a pixel device with integrated amplification*", (*Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 477 (2002) 129-136*) un sensor activo de pixels con una compuerta interna. El material del sustrato del detector MIG preferentemente es altamente resistente, es decir, casi intrínseco al silicón y el espesor del sustrato es de unos pocos cientos de micrómetros. Dicho detector MIG se puede utilizar para detectar partículas, rayos X a partir de energías de baja a media (~100 eV - ~10 keV) y fotones de luz ultravioleta y azul cercanos a la radiación infrarroja. La radiación cercana a la infrarroja es denominada en la presente como una radiación que no puede ser vista por el ojo humano y que tiene una longitud de onda debajo de 1.1 μm , el cual es el límite de detección del silicón. La radiación cercana a la infrarroja, cuya longitud de onda es cercana aunque debajo de este límite tiene una profundidad de atenuación muy grande en el silicón, de hasta miles de micrómetros. Debido a la iluminación posterior, debido al sustrato vaciado por completo grueso y debido a la ventana de entrada de radiación delgada, el detector MIG tiene una eficiencia cuántica alta desde una radiación cercana a la infrarroja hasta la luz azul. Debido a que el sustrato grueso también sufre un fenómeno llamado alteración cromática, es eliminado. El fenómeno de alteración cromática es un problema en los detectores muchas veces entre las superficie frontal y posterior del detector antes de ser absorbido, produciendo patrones de interferencia no deseados. Debido a que el cielo nocturno sin luna contiene por lo menos un orden de magnitud más cercano a los fotones infrarrojos que los fotones visibles y debido a que el coeficiente de reflexión de muchos materiales es mucho más alto para la radiación cercana a la infrarroja que para la luz visible (por ejemplo, la capacidad de reflexión del follaje es de tres a seis veces más alta) el detector MIG se puede aplicar muy bien a la detección de luz baja en los dispositivos de visión nocturna.

45 Sin embargo, el detector MIG no se adecua muy bien para la detección de luz visible en silicón con base en las aplicaciones del consumidor portátil por las siguientes razones. La depleción del sustrato grueso requiere por lo menos unas pocas decenas de voltios. Para un dispositivo del consumidor portátil dicho voltaje es claramente demasiado alto y tiene como resultado un consumo de energía demasiado grande. El sustrato de silicón de alta resistencia es costoso y es difícil de procesar, lo cual incrementa los costos de fabricación. Este también es difícil de poner en contacto con la capa del lado posterior conductora de manera confiable desde el lado frontal a través del sustrato grueso de resistencia alta, lo cual podría ser importante para la producción en masa. Un lote de generación de corriente por volumen se genera en el sustrato grueso completamente vacío, el cual probablemente necesitará el uso de enfriamiento. Sin embargo, en las aplicaciones para el consumidor portátiles, el enfriamiento del detector normalmente no es posible. La nitidez de las imágenes también es degradada de alguna manera debido a que la luz visible es absorbida en el lado posterior del detector y las cargas de señal tienen que moverse un gran espacio antes de alcanzar la superficie del frente. Por esta razón, también es problemático el uso de filtros de color en el lado posterior del dispositivo.

55 La profundidad de atenuación de la luz roja en el silicón no es mayor de diez micrómetros. Para la luz azul y verde, la profundidad de atenuación todavía es menor. Por lo tanto, no es necesario tener un sustrato grueso para la detección de luz visible. En lugar del sustrato grueso, se podría utilizar un sustrato delgado (normalmente de aproximadamente 10 μm y menor de 50 μm) en un detector MIG adelgazado posterior. Sin embargo, un dispositivo delgado se rompe muy fácilmente y por lo tanto es necesario realizar el procesamiento del lado posterior al final del

procedimiento de fabricación. En el primer procedimiento, el lado frontal del sustrato es unido a un sustrato de soporte después del cual, el lado posterior del detector es adelgazado. En el segundo procedimiento, el lado posterior del detector es grabado únicamente debajo del área activa que contiene los píxeles y un área de soporte más grueso se deja sobre los datos del detector. En ambos de los procedimientos se requiere que el procesamiento del lado frontal sea terminado antes de que el lado posterior sea adelgazado. Este hecho complica la fabricación de la capa del lado posterior conductor. Con el objeto de procesar una capa lateral posterior conductora muy delgada permitiendo una buena eficiencia cuántica para la luz azul, existen dos procedimientos posibles que son adecuados para la producción en masa. En el primer procedimiento, la capa del lado posterior conductora se realiza mediante la implantación, lo cual requiere de un paso de endurecido de temperatura alta. Todos los materiales que se utilizan sobre el lado frontal del dispositivo, similares a cableados metálicos, deben tener un punto de fusión más alto que la temperatura de endurecimiento. Este hecho prohíbe el uso de muchos materiales que son comunes en los circuitos integrados similares a aluminio. En el segundo procedimiento una capa delgada es depositada sobre el lado posterior del dispositivo. Sin embargo, una gran cantidad de corriente nebulosa es creada en la interfase entre la capa conductora y el sustrato y con el objeto de suprimir esto, se requiere el enfriamiento de la corriente.

También existe un problema inherente relacionado con la capa del lado posterior conductora en el caso de que se utilice el detector MIG para la detección de luz visible. Con el objeto de detectar las áreas mal iluminadas de una imagen en forma adecuada, el tamaño del microprocesador tiene que ser grande y se tiene que utilizar la abertura óptica grande. Con el objeto de tener también buena eficiencia cuántica para la luz azul, la capa del lado posterior conductora tiene que ser muy delgada. Si la imagen también contiene áreas muy brillantes, una gran cantidad de corriente de carga secundaria estará corriendo en la capa del lado posterior conductor. La corriente grande que corre en la capa del lado posterior conductor, y el espesor pequeño y la gran área de la capa lateral posterior conductora, sin embargo tiene como resultado una caída de voltaje resistente grande en la capa lateral posterior conductora. Esta caída de voltaje resistente degrada la calidad de la imagen y puede conducir al mal funcionamiento del detector, especialmente si el detector es muy delgado.

Otro problema en el detector MIG es que se requiere un voltaje relativamente alto para despejar la carga de señal en el MIG, especialmente si se desea un intervalo dinámico alto, es decir, si se desea una capacidad de carga de señal grande del MIG. Todavía otro problema es que en algunos casos, el asilamiento de la superficie generado y las cargas de señal deben ser mejorados en los detectores MIG.

Breve descripción de la invención

Un objetivo de la presente invención es proveer un detector de radiación de semiconductor que comprende una compuerta interna modificada, en la cual se eliminan los problemas creados por la capa posterior conductora. Otro objetivo de la presente invención es proveer una estructura para un detector de radiación de semiconductor que comprende la compuerta interna modificada, mediante el cual la carga de señal puede ser despejada utilizando únicamente un voltaje pequeño. Todavía otro objetivo de la presente invención es proveer medios para mejorar la separación de las cargas generadas de superficie y las cargas de señal.

Los objetivos de la presente invención son logrados con un detector de radiación de semiconductor y un procedimiento para detectar radiación tal como se menciona en las reivindicaciones 1 y 13, respectivamente.

La invención se basa en la idea de remover la capa del lado posterior conductora desde el detector MIG. Se debe comprender que las cargas secundarias generadas en la capa de volumen pueden ser recolectadas en el interior del área activa mediante canales de retén en lugar de utilizar una capa posterior conductora para transportarlos fuera del área activa. La recolección de las cargas secundarias de la capa de volumen dentro del área activa puede ser mejorada adicionalmente mediante abertura en la capa MIG y mediante estructuras de trinchera que se llenan de manera adecuada. También se debe comprender que un detector MIG novedoso puede ser iluminado desde el frente. Sin embargo, el detector MIG novedoso iluminado frontal, sufre de respuesta azul deficiente debido al siguiente hecho. La capa de barrera forma una barrera para las cargas de señal entre la capa MIG y la superficie del dispositivo. La luz azul es absorbida principalmente entre esta barrera y la superficie frontal del detector y de esta manera una porción grande de las cargas de señal generadas por la luz azul se recolecta mediante un dopador de pixel y no por el MIG. Al darse cuenta de que dicha barrera no existe debajo de los canales de retén y que el área de retén de canal se puede utilizar como una ventana de entrada de radiación y dándose cuenta adicionalmente de que los canales de retén pueden ser muy delgados y que el área de retén de canal puede ser de tamaño muy grande, la respuesta azul de un dispositivo iluminado desde el frente puede ser mejorada de manera significativa. Sin embargo, el área grande de los canales de retén reduce el potencial de gradiente de transporte de carga de señal en la capa MIG debajo de los canales de retén. Adicionalmente, se debe observar que este potencial de gradiente que transporta las cargas de señal se puede mejorar mediante una capa MIG estructurada, es decir, mediante una capa MIG discontinua. Otra posibilidad es alterar el dopador de concentración en la capa de barrera, en la capa MIG o en la capa de volumen después de la capa MIG con el objeto de mejorar el potencial de gradiente que transporta las cargas de señal. En el detector iluminado desde el frente, las cargas secundarias que son generadas en el volumen pueden ser recolectadas por los canales de retén dentro del área activa, y/o mediante un sustrato de contacto situado fuera del área activa en el lado frontal del detector, y/o mediante un sustrato de contacto situado sobre el borde del detector de microprocesador o en el lado posterior del detector de microprocesador.

Las cargas de señal pueden ser despejadas utilizando únicamente un voltaje pequeño mediante una estructura en donde, en la capa de barrera del primer tipo de conductividad está una región dopada del segundo tipo de conductividad o una reducción local de la capa neta de barrera de dopador entre la capa de compuerta interna modificada del segundo tipo de conductividad y un dopador de pixel del segundo tipo de conductividad o mediante una estructura en donde existe una trinchera entre el dopador de capa MIG y la superficie frontal del detector, y en donde una compuerta controla el flujo de cargas de señal desde una capa de compuerta interna modificada para el dopador de pixel o para la superficie frontal del detector a través de la región dopada del segundo tipo de conductividad, a través de la estructura de trinchera o a través de la reducción local del dopador de capa de barrera.

La separación de las cargas de señal y de las cargas generadas de superficie se puede mejorar, por ejemplo, mediante una región dopada del segundo tipo de conductividad situada entre la capa de barrera y la superficie frontal del detector o mediante una estructura con compuertas.

Breve descripción de los dibujos

- La Figura 1 ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 2 ilustra un esquema de polarización del detector de radiación de semiconductor presentado en la Figura 1,
- La Figura 3 ilustra otra modalidad de la presente invención,
- La Figura 4 ilustra los potenciales de electrón del detector presentado en la Figura 1, el cual utiliza orificios como las cargas de señal,
- La Figura 5 ilustra los potenciales de electrón del detector presentado en la Figura 2, el cual utiliza orificios como las cargas de señal,
- La Figura 6 ilustra los potenciales de electrón del detector presentado en la Figura 3, el cual utiliza orificios como las cargas de señal,
- La Figura 7 ilustra todavía otra modalidad de la presente invención,
- La Figura 8 ilustra un detector de radiación de semiconductor de la Figura 7, utilizando estructuras de protección,
- La Figura 9 ilustra los potenciales de electrón del detector presentado en la Figura 7, el cual utiliza orificios como las cargas de señal,
- La Figura 10 ilustra los potenciales de electrón del detector presentado en la Figura 8, el cual utiliza orificios como las cargas de señal,
- La Figura 11 ilustra cuatro pixels de una modalidad de la presente invención,
- La Figura 12 ilustra cuatro pixels de otra modalidad de la presente invención,
- La Figura 13 ilustra una sección transversal del detector presentado en la Figura 11,
- La Figura 14 ilustra una sección transversal del detector presentado en la Figura 12,
- La Figura 15 ilustra cuatro pixels de todavía otra modalidad de la presente invención,
- La Figura 16A ilustra una sección transversal del detector presentado en la Figura 15,
- La Figura 16B ilustra una sección transversal del detector presentado en la Figura 15,
- La Figura 16C ilustra una sección transversal del detector presentado en la Figura 15,
- La Figura 16D ilustra una sección transversal del detector presentado en la Figura 15,
- La Figura 17A ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 17B ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 17C ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 17D ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 17E ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 17F ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 17G ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 17H ilustra una sección transversal del detector presentado en la Figura 17G,
- La Figura 17I ilustra una sección transversal del detector presentado en la Figura 17G,
- La Figura 18A ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 18B ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 18C ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 19 ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 20 ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 21 ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 22 ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 23 ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 24 ilustra una modalidad de la presente invención,
- La Figura 25 ilustra un detector de compuerta interna modificada de señal de compuerta,
- La Figura 26 ilustra otra modalidad del detector de señal modificada de señal de compuerta,
- La Figura 27A ilustra una sección transversal de los detectores presentados en las Figuras 25 y 26,
- La Figura 27B ilustra una sección transversal del detector presentado en la Figura 26,
- La Figura 28 ilustra un detector de compuerta interna modificado de señal de compuerta,
- La Figura 29 ilustra otra modalidad del detector de compuerta interna modificada de señal de compuerta,
- La Figura 30 ilustra un detector de compuerta interna modificada de señal de compuerta,

	La Figura 31	ilustra otra modalidad del detector de compuerta interna modificada de señal de compuerta,
	La Figura 32A	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
	La Figura 32B	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
	La Figura 32C	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
5	La Figura 32D	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
	La Figura 33A	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
	La Figura 33B	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
	La Figura 33C	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
	La Figura 34A	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
10	La Figura 34B	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
	La Figura 34C	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
	La Figura 34D	ilustra un paso del procedimiento de un procedimiento de fabricación de detector posible,
	La Figura 35A	ilustra un detector de zona de la técnica anterior,
	La Figura 35B	ilustra un detector de zona de la técnica anterior,
15	La Figura 36	ilustra los resultados simulados,
	La Figura 37	ilustra los resultados simulados,
	La Figura 38	ilustra los resultados simulados,
	La Figura 39	ilustra los resultados simulados,
	La Figura 40	ilustra los resultados simulados,
20	La Figura 41	ilustra los resultados simulados,
	La Figura 42	ilustra los resultados simulados,
	La Figura 43	ilustra los resultados simulados,
	La Figura 44A	ilustra una modalidad de la presente invención,
	La Figura 44B	ilustra una modalidad de la presente invención,
25	La Figura 44C	ilustra una modalidad de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

La Figura 1 es una sección transversal esquemática de un detector de radiación, el cual preferentemente es delgado e iluminado desde atrás. El detector tiene una superficie delantera 101 que es ascendente en el dibujo. La superficie posterior 102 del detector, a través de la cual ingresa la radiación al detector, es descendente en el dibujo. En la superficie posterior puede existir un recubrimiento anti-reflejante o centelleante opcional. La capa de volumen 103 del detector está elaborada de un material semiconductor de un primer tipo de conductividad. El primer y segundo tipo de conductividades o viceversa, se refieren en la presente a los semiconductores dopados en forma positiva o negativa, con un exceso de cargas positivas y negativas, respectivamente. En el lado frontal del detector desde la superficie posterior hacia la superficie frontal está una primera capa 104 del segundo tipo de conductividad, la cual a continuación será denominada como la capa de compuerta interna modificada (MIG). En el dispositivo de la Figura 1, existen orificios en la capa MIG. Al frente de la capa MIG 104 está nuevamente una capa 105 del primer tipo de conductividad, designada en la presente como la capa de barrera. En la parte superior de la capa 105 pueden existir capas de aislamiento protector y capas conductoras que forman conexiones de cable, compuertas, capacitores y etc.

Las implantaciones con patrón, preferentemente las implantaciones similares a pixels 111, 112, 113, 114, 115 que tienen el segundo tipo de conductividad, están elaboradas en la capa de barrera 105 sobre la superficie frontal del detector y posteriormente son denominadas como dopadores de pixel. Los dopadores de retén de canal polarizado 121, 122, 123, 124, 125 del primer tipo de conductividad son colocados entre o después de los pixels. La línea punteada 150 representa el límite de la región de vaciado cuando un voltaje de polarización V_P es conectado entre los dopadores de pixel y dopadores de retén de canal. En la modalidad de la Figura 1, las regiones de vaciado de los pixels individuales no están unidas y la capa de volumen, está por lo tanto, en el mismo potencial que los dopadores de retén de canal. Los dopadores de retén de canal polarizado recolectan todas las cargas secundarias generadas dentro del detector de semiconductor que incluye las cargas secundarias generadas dentro de la capa de volumen, es decir, las cargas secundarias son recolectadas dentro del área activa, la cual contiene los pixels y no es necesario transportar las cargas secundarias fuera del área activa. Por esta razón, no se requiere una capa posterior conductora.

La línea de corte 160 es perpendicular a la superficie frontal y posterior y penetra el dopador de pixel. La línea de corte 170 también es perpendicular a la superficie frontal y posterior y penetra el dopador de retén de canal. Las curvas de potencial de electrón en las líneas de corte 160 y 170 que corresponden al caso en donde el primer tipo de conductividad es un tipo n y el segundo tipo de conductividad es un tipo p están representadas en la Figura 4. La curva de potencial de electrón 403 sobre la línea de corte 170 es una línea horizontal recta que corresponde a la distancia de eje. Las partes horizontales rectas de las curvas de energía potencial corresponden a las áreas neutrales y las áreas inclinadas corresponden a las áreas vaciadas. La curva de potencial de electrón 402 corresponde a la línea de corte 160 y representa el caso en donde el potencial de diferencia entre el dopador de retén de canal y el dopador de pixel es V_P . Dentro de la capa MIG se forma un mínimo de energía potencial tridimensional (3D) 412 para los orificios, los cuales en este caso son cargas de señal. La cantidad de orificios en este mínimo de energía potencial 3D se puede detectar como una disminución en el ancho de canal efectivo de un transistor de efecto de campo (FET) o como una disminución en el ancho de base efectivo en un transistor de unión bipolar (BJT). En la Figura 4, esta corresponde a la disminución del ancho 415. La ubicación 416 dentro de la capa

de barrera es un pixel de montura tanto para electrones como para orificios. La curva de potencial de electrón 401 en la línea de corte 160 corresponde al caso en donde un voltaje despejado V_C es conectado entre el retén de canal de dopadores y los dopadores de pixel. En este caso, el mínimo de energía potencial 3D 412 para los orificios se desvanece y los orificios de carga de señal son recolectados por los dopadores de pixel.

5 La Figura 2 es una sección transversal esquemática de un detector de radiación de semiconductor preferentemente iluminado desde atrás delgado que tiene orificios en una capa MIG como en el dispositivo de la Figura 1. Sin embargo, en este caso, el voltaje de polarización entre el dopador de retén de canal y los dopadores de pixel es tan alto, que únicamente existe una región de vaciado unida y única 250. El dopador de pixel 215 es un anillo protector que rodea el área activa. Las curvas de potencial de electrón sobre las líneas de corte 260 y 270 se muestran en la
10 Figura 5. Cuando la diferencia de potencial entre el dopador de retén de canal y el dopador de pixel es V_P , la curva de potencial de electrón 502 corresponde a la línea de corte 260 y la curva de potencial de electrón 503 corresponde a la línea de corte 270. Cuando la diferencia de potencial entre el dopador de retén de canal y el dopador de pixel es V_C , la curva de potencial de electrón 501 corresponde a la línea de corte 260 y la curva de potencial de electrón 504
15 corresponde a la línea de corte 270. El área neutral 513 en las curvas 503 y 504 corresponde a los canales de retén. El área neutral a la derecha después del lado posterior del dispositivo en las curvas de energía de potencial de electrón 501 – 504, corresponde a la capa de volumen neutral que está flotando. Cuando la diferencia de potencial entre el dopador de retén de canal y los dopadores de pixel es V_P , es decir, durante el período de integración de carga de señal, en la curva 503 existe un potencial de barrera de energía 514 para los electrones de carga secundaria que son recolectados por la capa de volumen. Cuando la diferencia de potencial entre el dopador de
20 retén de canal y los dopadores de pixel es V_C , no existe un potencial de barrera de energía en la curva 504 y las cargas secundarias que son recolectadas en la capa de volumen durante el período de integración de carga de señal pueden fluir libremente al retén de dopador de canal.

La Figura 3 es una sección transversal esquemática de un detector de radiación de semiconductor iluminado desde
25 atrás preferentemente delgado que tiene una capa MIG continua 304. La línea punteada 350 es el límite de región de vaciado. La capa de volumen está flotando en esta disposición de detector como en el detector de la Figura 2. El principio de operación del detector de la Figura 3 se presenta en la Figura 6 y este corresponde al principio de operación del detector de la Figura 2.

Los dispositivos en las Figuras 1 a 3 son detectores iluminados desde atrás delgados. En los detectores delgados, la luz cercana a la infrarroja debe ser filtrada con el objeto de remover el fenómeno de alteración cromática. Los
30 detectores de las Figuras 1 a 3 también pueden ser iluminados por el frente. En este caso, la capa de volumen preferentemente es de varios cientos de micrómetros de espesor, aunque la región de vaciado sobre el lado frontal del detector únicamente es de unos pocos micrómetros de gruesa. Debido al espesor de la capa de volumen no es necesario filtrar la radiación cercana a infrarroja. Los detectores en las Figuras 1 a 3 pueden también tener capas y estructuras adicionales similares a recubrimientos anti-reflexión, filtros de color, microlentes, capas centellantes, etc.
35 Se podría observar que en el caso iluminado desde el frente, las capas de material posibles sobre el lado posterior de la capa de volumen no son esenciales para la aplicación y que en el caso iluminado desde atrás, las capas de materiales posibles sobre el lado frontal del dispositivo no son esenciales para la aplicación. En los detectores de las Figuras 1 a 3, las cargas secundarias son recolectadas dentro del área activa mediante los dopadores de retén de canal, es decir, no es necesaria la capa del lado posterior conductora. De esta manera, se evitan las dificultades asociadas con la fabricación de la capa del lado posterior conductora delgada en el lado posterior de un detector
40 delgado y para la operación de dicho detector.

La Figura 7 ilustra una modalidad de la presente invención ilustrada desde el frente, en donde parte de las cargas secundarias es recolectada por el dopador de retén de canal y parte es recolectada por un dopador de un primer tipo de conductividad 725 que funciona como el contacto con la capa de volumen. Este contacto 725 está en el lado
45 frontal del detector, aunque podría también estar en la superficie posterior del detector o sobre el borde del microprocesador del detector 700. Si el dopador 715 forma un pixel, el dopador de retén de canal preferentemente está en el mismo potencial que el contacto 725. El principio de operación de dicho detector se presenta en la Figura 9. El límite de la región de vaciado 750 también está representado en la Figura 7.

La Figura 9 ilustra la situación en donde el primer tipo de conductividad es un tipo n y el segundo tipo de conductividad es un tipo p. Las curvas 901 y 902 de la Figura 9 representan las energías de potencial de electrón en la línea de corte 760, las cuales penetran los dopadores de pixel. La curva 901 corresponde a la situación en donde el dopador de pixel 111 está conectado al potencial V_P y la curva 902 corresponde a la situación en que el dopador de pixel 111 es conectado al voltaje despejado V_C . La curva 903 representa la energía de potencial de electrón sobre la línea de corte 770. El pixel de montura 3D 914 tanto para electrones como para orificios forma una barrera para los electrones de carga secundaria. Parte de las cargas secundarias, de esta manera son recolectadas por el
55 contacto 725. Si el dopador 715 forma un anillo protector que rodea el área activa, los dopadores de retén de canal y la capa de volumen de contacto 725 pueden estar a un potencial diferente. Esta situación se presenta en la Figura 10. La curva 1003 de la Figura 10 representa la energía de potencial de electrón sobre una línea de corte 770. La capa de volumen neutral y los retenes de canal, en este caso, están a potenciales diferentes, es decir, la capa de volumen neutral está a un potencial de cero y los topes de canal están a un potencial V_{CS} .
60

La Figura 8 representa otra modalidad iluminada desde el frente de la presente invención. En esta, los anillos

protectores adicionales de detector 816, 817 y 818 rodean el anillo protector más interior 215. No son necesarias estructuras de trinchera algunas en estos anillos protectores debido a la capa MIG estructurada. La capa 808 es una capa de semiconductor óptico del primer tipo de conductividad. La capa 808 preferentemente tiene una resistividad más alta que la capa de volumen y preferentemente es fabricada mediante crecimiento epitaxial. La capa 808 también puede tener una profundidad buena en cuyo caso esta podría ser estructurada. El límite de la región de vaciado 850 también es representado en la Figura 8. Si la capa opcional 808 no se utiliza, el principio de operación del detector de la Figura 8 corresponde exactamente a la Figura 10, es decir, las curvas de energía de potencial de electrón 901 y 902 corresponden a la línea de corte 860 y la curva de energía de potencial de electrón 1003 corresponde a la línea de corte 870. Si se utiliza la capa opcional 808, la única diferencia de la Figura 10 es que las curvas de potencial 901, 902 y 1003, terminan esencialmente en la interfase de la capa 808 y el sustrato de resistencia baja. La capa opcional 808 preferentemente está elaborada del material de semiconductor del primer tipo de conductividad aunque también podría ser elaborada del material de semiconductor del segundo tipo de conductividad. Sin embargo, esto podría necesitar un procedimiento en donde la profundidad de las trincheras es grabada a través de dicha capa opcional, con el objeto de evitar que la corriente de fuga alta surja desde el borde de microprocesador de detector.

Se debe observar que los retenes de canal en los detectores de las Figuras 7 y 8 podrían ser flotantes, lo que significa que la corriente secundaria podría correr desde los retenes de canal sobre una barrera de potencial formada en la capa MIG a la capa de volumen, en donde podría ser recolectada por el contacto de capa de volumen 725. En caso de que los retenes de canal estén flotantes, el material de semiconductor es silicón, el dióxido de silicón es utilizado como un material aislante y el primer tipo de conductividad es el tipo n, no se requiere retén de dopador de canal (en lo sucesivo, el dióxido de silicón es denominado como óxido). En este caso, la carga de óxido positiva tiene como resultado una capa de acumulación de electrones en la interfase de silicón-óxido. Esta capa de gas de electrón bidimensional (2D) funciona como un retén de canal. Un electrón 2D o capa de gas de orificio se puede formar también de manera artificial en la interfase de aislante de semiconductor mediante el uso de una estructura MOS polarizada de manera adecuada. En este caso, la capa de gas de carga 2D y la estructura MOS forman el retén de canal. El área de retén de canal puede de esta manera ser formada de la capa de gas de carga 2D o del dopador de retén de canal o ambos. Los detectores presentados en las Figuras 7 y 8 también pueden tener aberturas en la capa MIG, justo como los detectores en las Figuras 1 y 2. Si los retenes de canal y la capa de volumen son polarizados en potenciales diferentes, las aberturas en la capa MIG deben ser tales que no esté corriendo corriente alguna entre la capa de volumen y los retenes de canal. Si los retenes de canal no son polarizados a potenciales diferentes, las aberturas en la capa MIG pueden ser arbitrariamente anchas. En este caso, los retenes de canal están ya sea flotando o al mismo potencial que la capa de volumen.

Es importante observar que las Figuras 7 a 10, no son a escala debido a que la capa de volumen en realidad es mucho más gruesa que la presentada en el dibujo, es decir, la capa de volumen preferentemente está elaborada con un espesor de cientos de micrómetros. La capa de volumen preferentemente tiene una resistencia baja, es decir, una resistencia mucho más alta que el sustrato casi intrínseco presentado en los documentos PCT/FI2004/000492 y PCT/FI2005/000359. En los detectores de las Figuras 7 y 8, parte de las cargas secundarias es recolectada en el interior del área activa mediante el dopador de retén de canal y parte de las cargas secundarias son transportadas a través de la capa de volumen a un contacto de sustrato 725. Debido a la iluminación frontal y debido al sustrato de resistencia baja, la capa posterior conductora no es necesaria. De esta manera se evitan las dificultades asociadas con la fabricación de la capa de lado posterior conductora y delgada sobre el lado posterior de un detector delgado y con la operación de dicho detector.

Una diferencia principal entre las modalidades del detector iluminado desde atrás y frontal descritas anteriormente, es que los detectores iluminados desde el frente son mucho más económicos de fabricar que los detectores iluminados desde atrás, aunque los detectores iluminados desde el frente tienen un factor de llenado menor y de esta manera una eficiencia cuántica menor en el espectro visible que los detectores iluminados desde atrás.

La Figura 11 ilustra una modalidad de la presente invención en donde la carga de señal puede ser despejada utilizando únicamente un voltaje pequeño, es decir, el dopador de pixel no tiene que ser conectado a un voltaje despejado con el objeto de remover la carga de señal. El área 1191 carece de la capa MIG, lo que significa que esa área 1191 corresponde a una cubierta de capa MIG. La abertura 1191 en la capa MIG ayuda a la recolección de las cargas de señal mejorando el gradiente de potencial de transporte de carga de señal en la capa MIG. El dopador de retén de canal 1121 recolecta las cargas secundarias. Existen cuatro pixels en la Figura 11 de los cuales la línea de corte 1180 corta parcialmente dos pixels. La línea de corte 1180 corresponde a la sección transversal presentada por la Figura 13. Los dopadores de pixel 1131, 1132 y 1133 del segundo tipo de conductividad son dopadores de fuente y drenado de un transistor de efecto de campo de semiconductor de óxido metálico doble (MOSFET) que pertenece a un pixel y los conductores 1341 y 1342 son las compuertas del MOSFET doble. Los dopadores de pixel 1335, 1336 y 1337 son dopadores de fuente y drenaje y los conductores 1344 y 1345 son compuertas de un MOSFET doble que pertenece a otro pixel. Las cargas de señal son recolectadas en los mejoramientos locales opcionales 1392 de los dopadores de capa MIG bajo las compuertas. El mejoramiento local del dopador de capa MIG bajo la compuerta de un FET o bajo el emisor de un BJT mejoran el intervalo dinámico del detector. Las cargas de señal pueden ser movidas dentro del pixel entre los mejoramientos locales 1392 de los dopadores de capa MIG polarizando los dopadores de fuente y drenado y las compuertas de manera adecuada. Esto permite las lecturas múltiples de la carga de señal, lo cual reduce el ruido leído.

Al frente del dispositivo está un dopador de pixel 1334 de conductividad de segundo tipo que funciona como un contacto despejado. Entre la capa MIG y el contacto despejado 1334 está una región dopada 1393 de conductividad del segundo tipo, la cual puede ser producida por un implante de energía medio. De manera alternativa, las áreas 1334 y 1393 representan una trinchera que se llena con material semiconductor de conductividad del segundo tipo. El flujo de las cargas de señal de la capa MIG a través del área 1393 es controlado por una compuerta 1343. Esta disposición permite despejar la carga de señal con un voltaje bajo y también se puede utilizar como una estructura anti-transformación. La capa 1307 es una capa aislante protectora, la cual preferentemente es de dióxido de silicón, aunque también puede ser cualquier otro material aislante. Es importante observar que las aberturas de contacto a través de la capa aislante 1307 y los contactos no se presentan en la Figura 13 con el objeto de lograr claridad.

La Figura 12 ilustra otra modalidad de la presente invención en donde la carga de señal puede ser despejada utilizando un voltaje pequeño. El dopador de retén de canal 1221 recolecta las cargas secundarias. La línea de corte 1280 corresponde a una sección transversal presentada por la Figura 14. La compuerta MOS 1343 de la Figura 11 es reemplazada por un dopador 1443 del primer tipo de conductividad, que actúa como una compuerta de unión que controla el flujo de las cargas de señal de la capa MIG a la superficie frontal del detector. El dopador 1443 está rodeado por un dopador de pixel circular 1433 del segundo tipo de conductividad que actúa como un dopador de fuente/drenaje de cuatro MOSFETs dobles. El dopador del segundo tipo de conductividad 1434 actúa como un contacto de despeje de carga de señal que es conectado a la capa MIG utilizando el material aislante 1494, el cual es depositado sobre las paredes de una trinchera. El material aislante 1494, preferentemente es dióxido de silicón, el cual está cargado positivamente. Debido a las cargas de óxido positivo, se forma una capa de gas de electrón 2D sobre la interfase de dióxido de silicón y el silicón. Si el primer tipo de conductividad es el tipo p y el segundo tipo de conductividad es el tipo n, las cargas de señal son electrones. Por lo tanto los electrones de carga de señal fluyen en la capa de gas de electrón 2D desde la capa MIG al dopador 1434, si la compuerta 1443 es polarizada de forma adecuada.

El dopador de retén de canal tiene que ser muy grande como el dopador de retén de canal 1221 en la Figura 12, si la capa aislante 1307 es cargada positivamente y si el primer tipo de conductividad es el tipo p y el segundo tipo de conductividad es el tipo n. En este caso, el dopador de retén de canal actúa como una ventana de entrada de radiación. La capa MIG también es estructurada preferentemente debajo del área grande del dopador de retén de canal 1221. Si la capa aislante 1307 es cargada en forma positiva y si el dopador del primer tipo es del tipo n y el dopador del segundo tipo es del tipo p, el dopador de retén de canal puede ser muy pequeño como el dopador de retén de canal 1121 en la Figura 11. En este caso existe una capa de gas de electrón 2D en la interfase entre la capa aislante 1307 y el material semiconductor en todas partes, excepto en la proximidad cercana de los dopadores de pixel 1331 – 1337 y las compuertas 1341 a 1345. La capa de gas de electrón 2D y la capa aislante 1307 funcionan en este caso como un retén de canal y como una ventana de entrada de radiación la cual puede ser muy delgada. Además de esto, la capa de gas de electrón 2D transporta las cargas secundarias al retén de dopador de canal 1121. También el área grande del dopador de retén de canal 1221 puede hacerse muy delgada debido al hecho de que la carga secundaria transporta distancias en esta capa que son muy cortas. La ventana de entrada de radiación delgada permite la buena eficiencia cuántica para la luz azul.

La Figura 15 ilustra cuatro pixeles de todavía otra modalidad de la presente invención, en donde la carga de señal puede ser despejada utilizando únicamente un voltaje pequeño. El anillo como el dopador de retén de canal 1521 recolecta las cargas secundarias. En el exterior de este anillo, como el dopador 1521, el material aislante cargado positivamente forma una capa de gas de electrón 2D en la interfase de semiconductor aislante, el cual actúa como una ventana de entrada de radiación y como un retén de canal. El área 1591 carece de la capa MIG. Las líneas de corte 1580, 1581, 1582 y 1583 corresponden a las secciones transversales presentadas por las Figuras 16A, 16B, 16C y 16D. El dopador de pixel 1632 que forma la fuente/drenaje y la compuerta 1646 pertenecen a un pixel. Los dopadores de pixel 1635, 1636 y 1637 que forman las fuentes y drenajes y las compuertas 1644, 1645 y 1647 pertenecen a otro pixel. El dopador de despeje de carga de señal 1634 es conectado a la capa MIG a través de una capa aislante 1494, la cual es cubierta por una capa conductora 1695. La capa conductora 1695 puede ser polarizada de manera que una capa de gas de carga 2D se forma en la interfase del aislante y los materiales semiconductores. La capa conductora 1695 y las compuertas 1643, 1646 y 1647 pueden de esta manera controlar el flujo de las cargas de señal desde la capa MIG al dopador 1634. Se puede también dividir esta compuerta en cuatro partes diferentes que pertenecen a cada pixel (esto se aplica también a la compuerta 1343). También es posible utilizar únicamente la capa conductora 1695 sin el material aislante si el material conductor es elegido en forma adecuada. En este caso, las cargas de señal pueden ser recolectadas por la capa conductora 1695.

Se debe observar que los pixels de las Figuras 11, 12 y 15 no son a escala. El área de retén de canal incluye el área del dopador de retén de canal y el área de una capa de gas de carga 2D posible que debe cubrir una gran porción del área total del pixel con el objeto de permitir una eficiencia cuántica buena para la luz azul. La proporción del área de retén de canal que pertenece a un pixel para el área de pixel total debe ser de por lo menos 0,3. De manera benéfica esta proporción debe ser de las proporciones 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, en donde el 0,9 corresponde a la proporción más benéfica y 0,4 corresponde a la proporción menos benéfica.

También es importante observar que la abertura en la capa MIG no es la única forma de mejorar el gradiente de potencial de transporte de carga de señal en la capa MIG. Se puede alterar el dopador de concentración en la capa de barrera, en la capa MIG o en la capa de volumen después de la capa MIG. Es posible reducir o mejorar el dopador de la capa MIG, por ejemplo, mediante los implantes adecuados y las estructuras de encubrimiento. Incrementando localmente el dopador de capa de barrera, reduciendo localmente el dopador de capa MIG e incrementando localmente el dopador de capa de barrera después del dopador de capa MIG para crear un potencial local mínimo para las cargas de señal dentro de la capa MIG. Por otra parte, reduciendo localmente el dopador de capa de barrera, incrementando localmente el dopador de la capa MIG y reduciendo localmente la capa de volumen del dopador después de la capa MIG se puede crear el potencial local máximo para las cargas de señal en la capa MIG. La capa conductora 1695 y las compuertas 1643, 1646 y 1647 pueden de esta manera controlar el flujo de las cargas de señal de la capa en la capa MIG. Estructurando los mejoramientos o reducciones en la capa MIG de manera adecuada se puede mejorar el gradiente de potencial de transporte de carga de señal en la capa MIG en una forma similar al orificio en el dopador de capa MIG. El gradiente de transporte de carga de señal debe ser tal que exista un gradiente adecuado en todas partes de la capa MIG que transportan las cargas de señal hacia la ubicación deseada, la cual es, por ejemplo, el mejoramiento local 1392 del dopador de capa MIG. También el mejoramiento local del dopador de capa MIG puede ser estructurado agregando pixels al dopador, de tal manera que se parezca a una estrella con el objeto de incrementar el gradiente de potencial de transporte de carga de señal en la capa MIG. Si la proporción del área de retén de canal del área de pixels totales es grande, uno se puede ver obligado a utilizar, en lugar de uno de los procedimientos mencionados anteriormente, varios procedimientos al mismo tiempo con el objeto de asegurar un gradiente de potencial de transporte de carga de señal suficientemente grande en la capa MIG.

Todavía otro aspecto importante es que en lugar del dopador 1393, del segundo tipo de conductividad, que conecta la capa MIG y el contacto despejado 1393, también se puede utilizar una reducción local en el dopador de capa de barrera. Esta reducción local del dopador de capa de barrera debe colocarse en la misma ubicación que el dopador 1393, es decir, debajo del contacto despejado 1393 y rodeado por la compuerta despejada 1343. La proporción del dopador de concentración neta en una reducción local del primer tipo de conductividad del dopador de capa de barrera al dopador de concentración neta en el dopador de capa de barrera del primer tipo de conductividad sin la reducción local del dopador de capa de barrera debe ser menor que 0,9. De manera benéfica, la proporción debe ser menor que 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4, 0,3, 0,2 y 0,1, en donde 0,8 es la proporción menos benéfica y 0,1 es la proporción más benéfica. La remoción de la carga de señal requiere un voltaje más alto para el contacto despejado 1393 a través de la reducción local del dopador de capa de barrera del primer tipo de conductividad que a través del dopador 1393 del primer tipo de conductividad. El dopador 1393 es de esta manera, más benéfico que la reducción local del dopador de capa de barrera.

Las modalidades de las Figuras 17A, 17B y 17C ilustran las formas para mejorar la separación de la señal y cargas generadas de superficie y los modos para mejorar la recolección de cargas secundarias a partir de la capa de volumen. Las Figuras 17D, 17E, 17F, 17G, 17H y 17I ilustran las formas adicionales para mejorar la separación de la señal y las cargas generadas de superficie. Los dopadores de pixel 1731, 1732 y 1733 forman la fuente y el drenaje y los conductores 1741 y 1742 forman las compuertas del MOSFET doble. El dopador de retén de canal 1721 recolecta las cargas secundarias.

La recolección de las cargas secundarias a partir de la capa de volumen puede ser mejorada mediante las trincheras llenas. La trinchera en la Figura 17A, se llena con material semiconductor 1726 del primer tipo de conductividad; la trinchera en la Figura 17B se llena con material aislante 1727 y la trinchera en la Figura 17C se llena con material aislante 1727 y el material conductor 1728. Se puede remover el material aislante del dispositivo de la Figura 17C, si el material conductor es elegido en forma adecuada. El material semiconductor 1726 del primer tipo de conductividad podría también ser reemplazado por una pluralidad de implantes profundos del primer tipo de conductividad que tienen energías diferentes. El principio de operación de las estructuras 1726, 1727 y 1728, que mejoran la recolección de las cargas secundarias desde la capa de volumen, se parece al principio de operación de las estructuras 1393, 1494 y 1695 despejando las cargas de señal de la capa MIG. Sin embargo, en este caso, las cargas secundarias son recolectadas en lugar de las cargas de señal. En dispositivos que tienen una capa de volumen delgada, las trincheras llenas 1726, 1727 y 1728 pueden penetrar a través de la capa de volumen completa. La recolección de las cargas secundarias puede adicionalmente ser mejorada rodeando las trincheras llenas 1726, 1727 y 1728 mediante una abertura 1791 en la capa MIG. Las trincheras llenas 1726, 1727 y 1728 pueden tener cualquier forma; estas pueden ser, por ejemplo, con forma cilíndrica o pueden rodear el pixel completo. Si las trincheras son lo suficientemente profundas, el potencial de capa de volumen neutral de las Figuras 5 y 6, puede ser llevado al potencial de retén de canal, una situación que corresponde a la Figura 4.

Los dopadores 1771, 1772 y 1774 del segundo tipo de conductividad, el dopador 1775 del primer tipo de conductividad y las compuertas 1773 y 1776 en las Figuras 17A – 17F mejoran la separación de la señal y las cargas generadas de superficie. El dopador 1771 del segundo tipo de conductividad en la Figura 17A, preferentemente es vaciado, dando como resultado un canal para las cargas generadas de superficie del segundo tipo de conductividad. Este canal guía las cargas generadas de superficie del segundo tipo de conductividad hacia los dopadores de pixel 1731 y 1733. El dopador 1774 del segundo tipo de conductividad en la Figura 17D, rodea el dopador de retén de canal 1721. El dopador 1774 es separado del dopador de pixel aunque igualmente podría alcanzar bien al dopador de pixel como en el caso del dopador 1771 en la Figura 17A. El dopador 1774, preferentemente también es vaciado en este caso. El área de la superficie vaciada puede ser controlada por la polarización de la compuerta 1773 en la Figura 17C. La compuerta 1776 en la Figura 17F puede ser polarizada de tal manera que un canal para las cargas generadas de superficie del segundo tipo se forma debajo de la compuerta que mejora la separación de la señal y las cargas generadas de superficie. Los dopadores 1772 y 1775 alteran el perfil potencial en el dispositivo con el objeto de mejorar la separación de señal y las cargas generadas de superficie. En lugar del dopador del segundo tipo de conductividad 1771 también se puede utilizar el dopador del primer tipo de conductividad, que preferentemente se vacía parcialmente.

Con el objeto de evitar que el dopador 1771 del segundo tipo de conductividad forme una trayectoria conductiva entre los dopadores de pixel 1731, 1732 y 1733, el dopador 1771 preferentemente es estructurado. Una modalidad de dicha estructuración se presenta en la Figura 17G, en donde el dopador 1777 corresponde al dopador 1771. Las líneas de corte 1780 y 1781 corresponden a las secciones transversales presentadas en las Figuras 17H y 17I. En la Figura 17G, la proporción de la distancia más corta entre el dopador 1777 y las compuertas 1741 y 1742 y el dopador de fuente/drenaje 1732, es benéfica mayor que 0,1 veces la distancia L entre los dopadores de fuente/drenaje. De manera benéfica, la proporción debe ser mayor que 0,2L, 0,3L, 0,4L, 0,5L, 0,6L, 0,7L, 0,8L, 0,9L, L, 1,2L, 1,5L, y 2L, en donde la primera es la proporción menos benéfica y la última es la proporción más benéfica.

Las modalidades de las Figuras 18A, 18B y 18C ilustran las formas para mejorar el intervalo dinámico del detector, es decir, para mejorar la capacidad de carga de señal del MIG. Los dopadores de pixel 1831 y 1833 son dopadores de fuente/drenaje y los conductores 1841 y 1842 son las compuertas de un MOSFET doble. La capacidad de carga de señal de la capa MIG ya está mejorada por los mejoramientos locales 1392 del dopador de capa MIG. En la Figura 18A, la capacidad de carga de señal del MIG es mejorada adicionalmente elaborando el dopador de fuente/drenaje 1832 más ancho y agregando una abertura 1891 en la capa MIG entre los dos mejoramientos locales 1392 del dopador de capa MIG. En la Figura 18B, la capacidad de carga de señal del MIG es mejorada dividiendo el dopador de carga/drenaje 1832 en dos partes separadas 1834 y 1835 y agregando una compuerta 1843 entre estas. En la Figura 18C, la capacidad de carga de señal es mejorada adicionalmente agregando entre las dos dopadores 1834 y 1835 un dopador de conductividad del segundo tipo 1836 y dos compuertas 1844 y 1845.

El MOSFET no es el único transistor posible a ser utilizado en conjunto con el MIG. En la Figura 19, los MOSFETs son reemplazados por los BJTs. Los dopadores de pixel 1931 y 1932 del segundo tipo de conductividad son los dopadores base y los dopadores 1951 y 1952 del primer tipo de conductividad son dopadores de emisor de los BJTs. El dopador de retén de canal 1921 del primer tipo de conductividad actúa como el recolector de los BJTs que recolectan las cargas del primer tipo de conductividad emitidas por los emisores. Además de los tres nodos convencionales del BJT existe un cuarto nodo, es decir, el MIG. Las cargas de señal en el MIG reducen el ancho de base efectivo. Las cargas de señal en el MIG incrementan de esta manera la corriente de emisor. Este efecto puede ser medido y la cantidad de cargas de señal se puede deducir de esta medición. El dopador de pixel 1931 contiene un pandeo adicional 1974. También existe un mejoramiento local 1929 del dopador de capa de barrera bajo el dopador de retén de canal 1321 el cual incrementa el componente de campo eléctrico en la capa MIG que transporta las cargas de señal hacia el mejoramiento local 1392 del dopador de capa MIG. La forma de este mejoramiento local del dopador de capa de barrera también puede ser estructurada de la misma forma que las aberturas 1191 y 1591 en el dopador de capa MIG.

En la Figura 20, los MOSFETs son reemplazados por los transistores de efecto de campo de unión (JFET), en donde las compuertas de dopador son reemplazadas por las compuertas MOS 2042. Los dopadores de pixel 2031 y 2032 actúan como la fuente, drenaje y dopador de canal. Los dopadores de pixel tienen también un pandeo 2075.

En todos los transistores que comprenden el MIG que se han introducido hasta ahora, las cargas de señal en el MIG disminuyen el canal o ancho de base efectivo. Las Figuras 21 y 22 ilustran los transistores que comprenden el MIG, en donde las cargas de señal en el MIG incrementan el canal o ancho de base efectivo. En la Figura 21, los dopadores de pixel 2131 y 2132 actúan como recolector de dopadores y los dopadores 2151 y 2152 del primer tipo de conductividad actúan como dopadores de base. Los emisores 2161 y 2162 son formados, por ejemplo, de material semiconductor policristalino, como de silicón policristalino. En la Figura 20, el dopador de pixel 2206 es una capa continua que encapsula el dopador de retén de canal 2221. Dentro del dopador de pixel 2206 del primer tipo de conductividad también están los dopadores de fuente y drenaje 2251, 2252, 2253 y 2254 de los dos MOSFETs. Los conductores 2241 y 2242 son las compuertas de los dos MOSFETs.

Las Figuras 23 y 24 ilustran los dispositivos de semiconductor que se pueden utilizar como unidades de memoria o como transistores. Los dopadores 2331 y 2332 del segundo tipo de conductividad son el drenaje y fuente y el conductor 2341 es la compuerta de un MOSFET. La compuerta 2342 controla el flujo de las cargas de señal del

dopador 2333 del segundo tipo de conductividad a través de la región 1393 del segundo tipo de conductividad a la capa MIG. En la Figura 24, el MOSFET es reemplazado por un BJT que tiene una base 2431 del segundo tipo de conductividad y un emisor 2451 del primer tipo de conductividad. En el dispositivo de la Figura 24, la trinchera llena 1494, 1695 tiene la misma función que la región dopada 1393 en la Figura 23. Si los dispositivos de las Figuras 23 y 24 se utilizan como celdas de memoria, un MIG lleno de cargas de señal y un MIG vacío de cargas de señal corresponden a uno y cero o viceversa. Si los dispositivos en las Figuras 23 y 24 se utilizan como transistores, la capa MIG puede ser dopada de modo muy pesado, es decir, puede tener un interior neutral y forma un cuarto nodo en los transistores además de la fuente, drenaje y compuerta en los FETs y además del emisor, base y colector en los BJTs.

Todavía existe una forma de operar el detector MIG y el detector MIG novedoso que no se ha introducido con anterioridad. En este caso, los potenciales de fuente, drenaje y compuerta de un FET son tales que el canal debajo de la compuerta se cierra, es decir, no existe trayectoria de corriente entre los dopadores de fuente y drenaje. Si los dopadores de fuente y drenaje están en el mismo potencial, se puede utilizar únicamente un dopador de pixel en lugar de dos separados (véase, por ejemplo, la Figura 25). Cuando por ejemplo, un pulso óptico es absorbido en el detector, las cargas de señal fluirán al MIG. Esto creará un pulso de corriente en la compuerta y este pulso de corriente se puede utilizar para el cronometraje preciso del incidente. Los detectores MIG novedosos que corresponden al modo de detección de señal de compuerta se presentan en las Figuras 25 a 31. La línea de corte 2580 en la Figura 25 y la línea de corte 2680 en la Figura 26 corresponden a la sección transversal presentada en la Figura 27A. El potencial del dopador de retén de canal opcional 2721, del dopador de pixel 2731 y de la compuerta 2741 son tales, que la interfase de aislante de semiconductor bajo la compuerta es vaciada para permitir la formación de señales de la compuerta. Si la interfase aislante de semiconductor es bloqueada en el potencial de dopador de pixel, es decir, si existe un canal debajo de la compuerta, no se producirá señal alguna o únicamente se producirá una señal muy débil en la compuerta cuando lleguen al MIG un número de cargas de señal. La carga de señal es despejada, por ejemplo, aplicando un despeje de polarización entre el dopador de retén de canal y el dopador de pixel.

El detector MIG de señal de compuerta de la Figura 25 se puede fijar a un microprocesador de lectura. En este caso, debido a la estructura del detector en pixels, se puede obtener la información tanto de tiempo como de posición 2D. Otra posibilidad es conectar las compuertas a una fila o columna de pixels mediante un cable metálico con el objeto de formar un detector de zona. El detector de zona permite la detección de información de tiempo y posición de una dimensión (1D). Todavía otra posibilidad es dividir la compuerta en dos o tres partes diferentes y conectar cada parte a una línea de señal diferente, y la cual señala de direcciones diferentes con el objeto de lograr la información de posición 2D. El detector MIG de señal de compuerta de la Figura 26 es un detector de zona y la línea de corte 2680 corresponde a la sección transversal presentada en la Figura 27A. En la Figura 27B, la compuerta 2741 del detector en la Figura 26 está rodeada por una capa aislante 2707 sobre la parte superior de la cual está una cubierta metálica 2742. La cubierta metálica opcional 2742, adicionalmente reduce el ruido del detector.

Los detectores de zona en las Figuras 28 a 31 representan modalidades diferentes del detector MIG de señal de compuerta. En la Figura 28, la compuerta 2841 está conectada a una segunda capa metálica 2842, la cual se utiliza para conectar las compuertas en una fila o columna de pixels. El dopador de pixel está, en este caso, separado en dos partes 2831, 2832. El detector en la Figura 29 es el mismo que en la Figura 26, excepto que el dopador de pixel 2731 se divide en un número de partes 2931, 2932. La línea rota en la Figura 29 corresponde al dopador de pixel que está localizado debajo de la compuerta. También se aplica la misma práctica a las Figuras 30 y 31. El detector en la Figura 30 tiene únicamente un dopador de pixel 3031 después del cual, están dos compuertas 3041 y 3042. En la Figura 31, únicamente está una compuerta 3141 y una multitud de dopadores de pixel 3131. Un mejoramiento del dopador de capa MIG puede ser localizado, por ejemplo, debajo de las compuertas en las Figuras 28 a 31.

Los detectores de zona de la técnica anterior son presentados en las Figuras 35A y 35B. En la estructura de la Figura 35A, las cargas de señal son recolectadas por el dopador 2531, lo cual altera el potencial del dopador 3531. Esto crea una señal para la compuerta 3541, la cual es mantenida a un potencial constante. Sin embargo, el dopador 3531 recolecta también la corriente generada de superficie además de la corriente generada de volumen. Esta corriente de fuga tiene como resultado también una corriente de tamaño igual en la compuerta. El ruido en el detector se puede comparar con la raíz cuadrada de la corriente de fuga. La corriente generada de superficie normalmente es aproximadamente 20 veces más alta que la corriente generada de volumen en dichos detectores de zona y de esta manera el ruido del detector de zona en la Figura 35A es alto. En el dispositivo de la técnica anterior de la Figura 35B, el dopador 3532 y 3533 recolecta la carga generada de superficie lo que significa que el dopador 3531 recolecta únicamente la corriente generada de volumen. Sin embargo, los dopadores 3532 y 3533 recolectan también parte de las cargas de señal. Por lo tanto, la proporción de señal a ruido normalmente es más deficiente en el detector de zona de la Figura 35B que en el detector de zona de la Figura 35A. La proporción de señal a ruido del detector de zona en la Figura 35A y del detector MIG de señal de compuerta se puede comparar fácilmente. La proporción de capacitancia parasítica a total del dispositivo en la Figura 35A es cercana a cero. En el dispositivo MIG de señal de compuerta, la proporción de capacitancia parasítica a total es de aproximadamente 0,5, dando como resultado una señal la mitad de pequeña que en el dispositivo de la técnica anterior. Sin embargo, en el detector MIG los dopadores de pixel recolectan las cargas generadas de superficie y el MIG recolecta únicamente la corriente generada de volumen. Por lo tanto, el ruido en el dispositivo de la técnica anterior de la Figura 36A es la raíz cuadrada de 20 más alto que en el detector MIG. Por lo tanto, la proporción de señal a ruido en el detector MIG es

estimada para ser 2,2 veces más alta que en el detector de la técnica anterior de la Figura 35A.

La carga de señal también puede ser transferida a través de un número de píxeles a un píxel de lectura, en donde se mida la cantidad de carga de señal. El dispositivo presentado en la Figura 44A es un ejemplo de dicho dispositivo, el cual se hace operar en la misma forma que un dispositivo acoplado de carga (CCD). Cuando los potenciales de los dopadores de píxel 4431, 4432 y 4433 del primer tipo de conductividad se cambian cíclicamente, la carga de señal puede ser transportada en la capa MIG 104. Los dopadores de píxel operan también como estructuras anti-transformación. La carga de señal en la capa MIG puede ser removida aplicando un despeje de voltaje entre el dopador de retén de canal 4421 y los dopadores de píxel. Si el dispositivo es iluminado desde el frente, el tamaño de área de retén de canal debe ser grande con el objeto de tener una eficiencia cuántica buena para la luz azul. Las líneas de corte 4480 y 4481 corresponden a las secciones transversales presentadas por las Figuras 44B y 44C. Las Figuras 32B – 32D, 33A – 33C y 34A – 34D representan los ejemplos de diferentes procedimientos de fabricación del detector MIG novedoso. El punto de partida de estos procedimientos es el sustrato descubierto 103 del primer tipo de conductividad presentado en la Figura 32A. El procedimiento de fabricación presentado en las Figuras 32B – 32D se parece a un procedimiento CMOS. En la Figura 32B, son realizados dos pasos de ocultamiento de dos implantes del segundo tipo y una conducción con el objeto de formar un depósito 3204 y una región dopada 3292, ambas siendo del segundo tipo de conductividad. El depósito 3204 se utiliza para formar la capa MIG y la región dopada opcional 3292 se utiliza para formar el mejoramiento del dopador de capa MIG. En la Figura 32C, se realizan un paso de ocultamiento, un implante de primer tipo de conductividad y una conducción, con el objeto de formar el depósito 3205 del primer tipo de conductividad. El depósito 3205 actúa como la capa de barrera. En la Figura 32D, por lo menos un paso de ocultamiento e implante es realizado para formar el dopador de píxel 3231 del segundo tipo de conductividad. El dopador 3234 del segundo tipo de conductividad es un contacto de despeje de carga de señal opcional. En esta etapa, también se pueden realizar otros pasos de ocultamiento e implante que forman, por ejemplo, retenes de canal, contacto de sustratos y otras regiones dopadas introducidas anteriormente. Después de esto se realiza este paso de endurecimiento, el cual es seguido por la formación de las capas de aislante y metálica y la desviación a través de las capas aislantes.

Un procedimiento de fabricación del detector MIG novedoso que involucra los implantes de profundidad se presenta en las Figuras 33A – 33C. En la Figura 33A, un paso de ocultamiento, un implante del primer tipo de conductividad y una conducción son realizados con el objeto de formar el depósito 3305 del primer tipo de conductividad. El depósito 3305 actúa como la capa de barrera. En la Figura 33B, dos pasos de ocultamiento y dos implantes de profundidad de energía alta del segundo tipo de conductividad son realizados con el objeto de formar la capa MIG 3304 y el mejoramiento opcional 3392 del dopador de capa MIG. Un paso de ocultamiento y un segundo tipo de implante son realizados en la Figura 33C con el objeto de formar el dopador de píxel 3331. El dopador 3334 del segundo tipo de conductividad es un contacto de despeje de carga de señal opcional. La región 3396 es una reducción local del dopador de capa de barrera neta situada debajo del contacto despejado. En esta etapa, también se pueden realizar otros pasos de ocultamiento e implante. Después, se realiza un paso de endurecimiento, el cual es seguido por la formación de las capas aislante y metálica y la desviación a través de las capas aislantes. El depósito 3305 que forma la capa de barrera igualmente podría ser bien fabricado utilizando un medio de implante de energía.

El procedimiento de fabricación presentado en las Figuras 34A – 34D se parece a un procedimiento BiCMOS. En la Figura 34A, se realizan dos pasos de ocultamiento y dos implantes del segundo tipo de conductividad y un paso de endurecimiento opcional, con el objeto de formar la capa MIG 3404 y el mejoramiento opcional 3492 del dopador de capa MIG. En la Figura 34B, una capa epitaxial 3405 del primer tipo de conductividad es desarrollada en la parte superior del sustrato de semiconductor 103. La capa epitaxial 3405 forma la capa de barrera. En la Figura 34C, un paso de ocultamiento y un implante de primer tipo es elaborado sobre la epicapa 3405 con el objeto de formar el dopador de píxel 3431 y el contacto de despeje opcional 3434. En esta etapa, se pueden realizar otros pasos de ocultamiento e implante con el objeto de formar, por ejemplo, los retenes de canal. En la Figura 34D, se presenta un ocultamiento opcional y un segundo medio de paso de implante de energía del segundo tipo de conductividad con el objeto de formar un dopador del segundo tipo 3493 entre el contacto despejado 3434 y la capa MIG 3404. Se debe observar que, si la dosis de este medio de implante de energía del segundo tipo es baja, únicamente tiene como resultado una reducción del dopador de capa de barrera neta bajo el contacto de despejado 3434.

Se debe observar que los procedimientos presentados anteriormente para fabricar el detector MIG novedoso únicamente son ejemplos. Además de estos, existen otros numerosos procedimientos. Los diferentes pasos del procedimiento introducidos anteriormente de los procedimientos diferentes también pueden ser combinados en cualquier forma u orden adecuados. El contacto de sustrato y el dopador de retén de canal no se presentó en las Figuras 32A – 34D, aunque igual que lo establecido, se pueden agregar al flujo de procedimiento en la situación adecuada. El dispositivo iluminado desde atrás delgado, puede ser fabricado a partir de los dispositivos de las Figuras 32D, 33C y 34D, por ejemplo, esmerilando el lado posterior de la capa de volumen 103 o fabricando los dispositivos de las Figuras 32D, 33C y 34D en una oblea de silicio SOI. La oblea de silicio SOI tiene dos capas de semiconductor y entre estas una capa aislante. Después de que es procesada otra capa de semiconductor, el otro lado de la oblea de silicio de semiconductor puede ser lijado debajo del área activa del detector hasta que se llega a la capa aislante. Después de esto, la capa aislante puede ser lijada después de lo cual, la capa posterior de la capa de semiconductor procesada, es decir, de la capa de volumen, puede ser cubierta por ejemplo, con una cubierta anti-reflejante.

El primer tipo de conductividad puede ser el tipo n y el segundo tipo de conductividad puede ser el tipo p. Las modalidades de las Figuras 11 – 34D y 44A – 44C, se pueden aplicar a los detectores iluminados, tanto desde el frente como desde atrás y se puede utilizar cualquier combinación de ellos. Es importante observar que las modalidades y procedimientos presentados en las Figuras 11, 34D y 44A – 44C, también se pueden utilizar en el detector MIG presentado por los documentos PCT/FI2004/000492 y PCT/FI2005/000359 y tener la capa de lado posterior conductora. Los pixels pueden tener cualquier forma o conformación, en lugar de aquellos presentados en las Figuras 11, 12 y 15. Se pueden utilizar, en lugar de pixels de transistor doble, pixels de transistor único o pixels de transistor múltiples. Sin embargo, la lectura de la carga de señal un número de veces, es el doble de rápida en los pixels de transistor dobles que en los pixels de transistor únicos. En lugar del MOSFET, JFET y el BJT, se puede utilizar cualquier transistor unipolar o bipolar en los pixels. La fuente de un FET o el emisor de un transistor bipolar puede ser flotante y puede estar conectado a un capacitor. Los pixels pueden estar rodeados, preferentemente por estructuras protectoras con forma de anillo, las cuales son formadas de estructuras MOS o de dopadores con el objeto de incrementar el área de pixel. Los dopadores de la presente invención también pueden ser diseñadas a la medida en cualquier forma posible utilizando implantes que tienen ocultamientos diferentes, energías diferentes, dosis diferentes y tipos de conductividad diferentes. En algunos casos, los dopadores también pueden ser reemplazadas con los contactos metálicos adecuados, es decir, con contactos tipo Ohmicos o de Schottky. El material semiconductor, preferentemente es silicón aunque se puede utilizar cualquier otro material semiconductor. El material semiconductor puede, por ejemplo, ser germanio. Las aberturas de contacto a través de la capa aislante 1307 y los contactos a los diferentes dopadores no se muestran. Los retenes de dopador de canal son opcionales en los dispositivos de las Figuras 7 y 8, y pueden ser flotantes. Se pueden utilizar recubrimientos anti-reflexión, recubrimientos de centelleo o microlentes, en los detectores iluminados tanto desde el frente como desde atrás.

La cantidad de carga de señal en el MIG de un MIGFET se puede obtener, por ejemplo, midiendo el cambio en el umbral de voltaje, midiendo el cambio en la corriente que corre a través del MIGFET o midiendo el cambio en una salida de voltaje sobre un resistor conocido, el cambio de salida de voltaje que corresponde al cambio en la corriente que pasa a través del MIGFET. La cantidad de carga de señal en el MIG de un MIGBJT se puede obtener, por ejemplo, midiendo el cambio de la corriente de emisor o midiendo el cambio en una salida de voltaje sobre un resistor conocido, el cambio en la salida de voltaje que corresponde al cambio en la corriente que pasa a través del emisor, o midiendo el cambio en la base o umbral de emisor. El umbral de base es denominado como el voltaje de base en el cual empieza a correr la corriente de emisor. El umbral de emisor es denominado como el voltaje de emisor al cual empieza a correr la corriente de emisor. También existen otros esquemas de lectura de carga de señal y todos los esquemas de lectura pueden invocar, por ejemplo a, capacitores, transistores, resistores, etc.

Es importante observar que el MIG permite que se detecten cantidades muy pequeñas de carga de señal. Esto se puede lograr realizando una medición cuando existe una carga de señal en el MIG, removiendo la carga de señal del MIG, realizando una medición cuando no existe carga de señal, restando la primera medición de la segunda medición y realizando esto n veces. Como resultado, el ruido de lectura será el ruido de lectura de una medición dividido entre la raíz cuadrada de n. Sin embargo, este no es el único procedimiento para detectar las cargas de señal. También se puede diseñar el detector MIG novedoso (y el detector MIG) de tal forma que con el voltaje de operación adecuado, la transferencia de carga de señal del MIG y de regreso al MIG tiene como resultado una multiplicación en avalancha de la carga de señal. Este ciclo de multiplicación en avalancha puede ser realizado n veces después de las cuales, la carga de señal se ha multiplicado a $N \times m^n$, en donde m es la ganancia de la multiplicación de avalancha de una transferencia de carga de señal única. El primero de los dos procedimientos permite un intervalo dinámico más grande. Sin embargo, los dos procedimientos también pueden ser combinados, es decir, se puede realizar primero el primer procedimiento y después el segundo procedimiento. El primer procedimiento, es decir, el procedimiento de lectura múltiple es realizado con voltajes aplicados menores de desviación, y el segundo procedimiento, es decir, el procedimiento de ganancia de avalancha es realizado con los voltajes de polarización aplicados más altos. Dicho procedimiento combinado tiene el mismo intervalo dinámico que el procedimiento de lectura múltiple.

En las Figuras 11, 12 y 15, que presenta un grupo de cuatro pixels, la superficie frontal o la superficie posterior de los pixels individuales se puede cubrir mediante un filtro de color y posiblemente con una o más microlentes. El pixel más superior y más inferior, por ejemplo, tienen un filtro de color verde y el pixel derecho e izquierdo podrían tener filtros de color azul y rojo, respectivamente. La superficie frontal o posterior de los detectores en las Figuras 11, 12 y 15 también pueden ser cubiertas con un filtro de color único, posiblemente con microlentes. En tal caso, la luz preferentemente se divide en tres componentes diferentes, siendo por ejemplo, rojo, verde y azul, y preferentemente, se utilizan tres microprocesadores separados en la cámara. Se debe observar que el detector inventado debe ser diseñado de tal manera que no existe área central en la capa de barrera entre el canal de un FET y la capa MIG y entre la base de un BJT y la capa MIG debido a que dicha área neutral incrementa el ruido en las mediciones. También se debe observar que todas las Figuras 1 a 35B, no son a escala y que todas las compuertas y capas metálicas presentadas en las Figuras 1 a 35B, se pueden formar de conductores transparentes. También es benéfico utilizar estructuras alineadas en forma automática, con el objeto de reducir la falta de alineación de los ocultamientos. En lugar de los FETs cuadrados, también se podrían utilizar FETs circulares. Las figuras no son a escala y por lo tanto, el área del dopador de retén de canal puede ser mucho mayor que la presentada en las Figuras. También pueden existir capas adicionales en el dispositivo si estas no afectan al principio de operación del MIG. Dichas capas adicionales pueden ser, por ejemplo, capas de material semiconductor

delgadas del primer o segundo tipo de conductividad.

5 También puede haber componentes electrónicos de lectura y selección en el microprocesador del detector. Un dispositivo que incluye un detector de acuerdo con una modalidad de la presente invención, también puede incluir otros microprocesadores de semiconductor, algunos de los cuales pueden ser unidos a conexiones a los pixels del detector. Esto permite una construcción muy compacta de estructuras que incluyen detección, amplificación, lectura y en algunos casos, incluso el almacenamiento en un espacio muy pequeño, como un MCM (módulo de microprocesadores múltiples).

10 Los resultados de simulación 2D de las Figuras 36 a 43 demuestran la factibilidad del concepto del detector MIG. La Figura 36 representa un detector MIG que tiene una capa de volumen tipo n, una capa MIG tipo p 104 y una capa de barrera tipo n 105. Los dopadores de pixel tipo p 3631, 3632 y 3633 actúan como dopadores de fuente/drenaje, las compuertas 3641 y 3642 son utilizadas para medir y transportar la carga de señal y los contactos de retén de canal 3621 son utilizados para despejar la carga de señal. El mejoramiento 3692 del dopador de capa MIG recolecta las cargas de señal, las cuales en este caso son orificios. La situación mostrada en la Figura 36 es simple después de que la carga de señal ha sido despejada aplicando un voltaje despejado al contacto de retén de canal. La Figura 37 muestra la situación después de que algunos orificios generados de volumen son acumulados en el mejoramiento local del dopador de capa MIG. En la Figura 38, todos los orificios en el mejoramiento local izquierdo del dopador de capa MIG son cambiados al mejoramiento local derecho del dopador de capa MIG aplicando el voltaje adecuado que transita a los dopadores de pixel y a las compuertas. En la Figura 39, los orificios en el mejoramiento derecho del dopador de capa MIG son transferidos al mejoramiento izquierdo del dopador de capa MIG mediante la aplicación del voltaje adecuado que transita a los dopadores de pixel y las compuertas. Es importante observar que todos los potenciales en las Figuras 36 a 39 son los mismos; únicamente es diferente la ubicación de los orificios. La Figura 40 muestra la concentración de orificio en ambos mejoramientos locales de la capa MIG de dopadores y la Figura 41 muestra la concentración de orificios combinada de los mejoramientos locales del dopador de capa MIG.

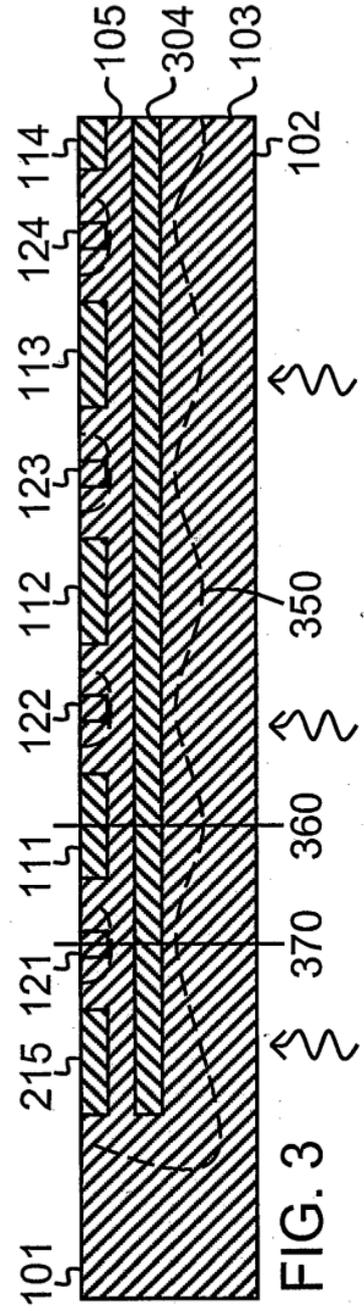
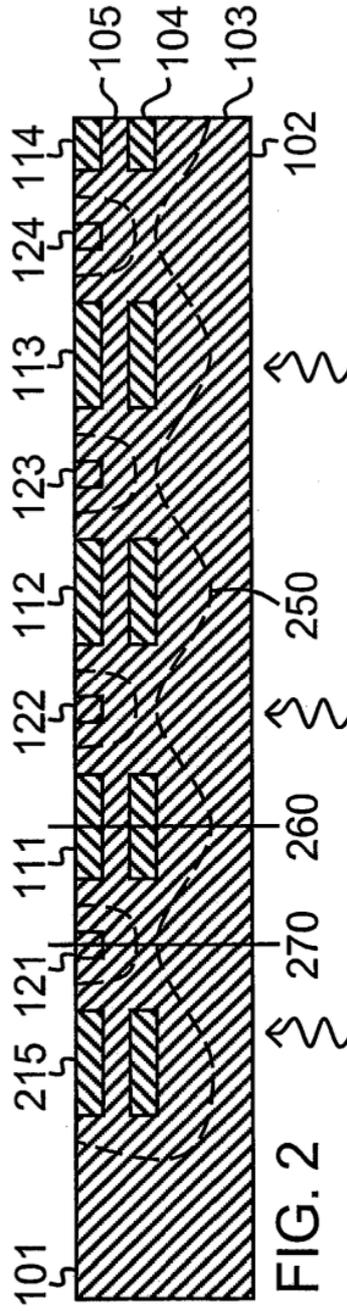
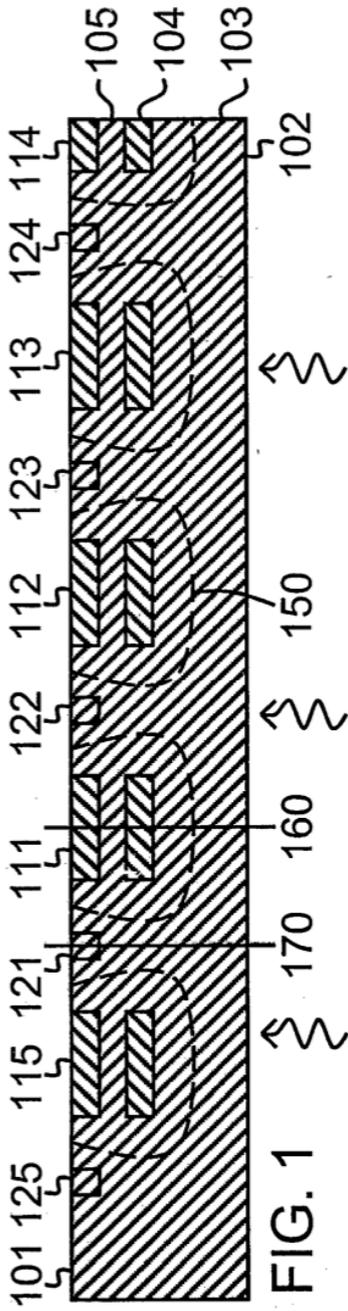
25 En la Figura 42, los potenciales del dopador de pixel tipo p 4233, del contacto de despeje tipo p 4234, de la compuerta de despeje tipo n 4243 y del dopador tipo n 4221, son de tal forma que los orificios son acumulados en la capa MIG debajo del dopador de pixel tipo p 4233. En la Figura 43, el potencial de compuerta de despeje El mejoramiento local del dopador de capa MIG bajo la compuerta de un FET a través del dopador tipo p 4293. Además de los efectos introducidos anteriormente, las simulaciones han mostrado que el cambio en el umbral de voltaje puede ser mayor de 100 μm .

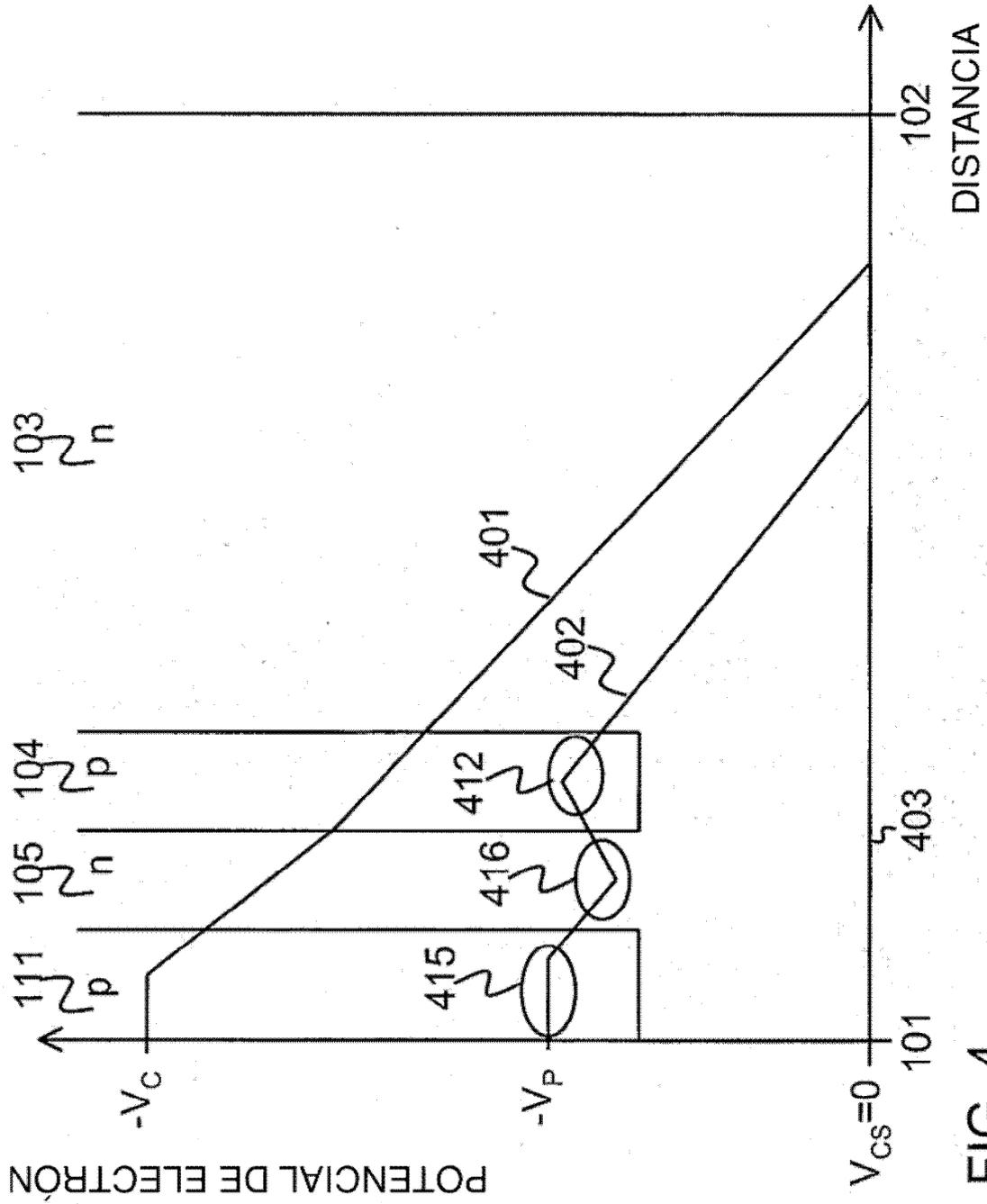
30

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo detector de radiación semiconductor, que comprende una capa de volumen (103) de material semiconductor, y sobre una primera superficie de la capa de volumen (103) en el siguiente orden:
 - 5 - una capa de compuerta interna modificada (104, 304) de semiconductor del segundo tipo de conductividad,
 - una capa de barrera (105) de semiconductor del primer tipo de conductividad y
 - dopadores de pixel (111, 112, 1331, 1332, 1333, 1334, 2206) de semiconductor del segundo tipo de conductividad, adaptados para ser acoplados a por lo menos un pixel de voltaje, con el objeto de crear los pixeles que corresponden a los dopadores de pixel, **caracterizado porque:**
 - 10 - el dispositivo comprende un primer contacto de un primer tipo de conductividad, dicho pixel de voltaje siendo definido como una diferencia de potencial entre el dopador de pixel y el primer contacto,
 - la capa de volumen (103) es del primer tipo de conductividad, y
 - el dispositivo no comprende, sobre una segunda superficie de la capa de volumen (103) opuesta a la primera superficie, una capa del lado posterior conductora que podría transportar las cargas secundarias fuera del área activa del dispositivo, y en el que
 - 15 - las cargas secundarias se recogen mediante al menos uno de los siguientes: un área de retén de canal (121, 122, 123, 124, 125) entre pixeles, un contacto (725) de volumen.
2. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con la reivindicación 1, en el que un número de dopadores de pixel (111, 112, 1331, 1332, 1333, 1334, 2206) comprenden un transistor específico del pixel construido sobre el dopador de pixel, dicho transistor siendo un transistor de efecto de campo o un transistor bipolar,
- 20 y el dispositivo detector de radiación de semiconductor comprende un circuito lector de carga de señal adaptado para medir las características eléctricas de los transistores específicos del pixel relacionados con el canal efectivo o las dimensiones de base de los transistores específicos del pixel.
3. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con la reivindicación 2, en el que dicho circuito lector de carga de señal está adaptado para medir las características eléctricas de un transistor específico del pixel relacionado con un cambio del canal o el ancho de base producido por los orificios inducidos por radiación o los electrones que se acumulan en la capa de compuerta interna modificada a una ubicación coincidente con un pixel que contiene dicho transistor específico del pixel.
- 25 4. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende el área de retén de canal entre pixeles, en el que dicha área de retén de canal comprende dopadores (121, 122, 1121, 1221, 1521, 1721) del primer tipo de conductividad, exhibiendo de esta manera el tipo opuesto de conductividad en comparación con los pixeles.
5. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con la reivindicación 4, en el que los dopadores de retén de canal entre los pixeles corresponden al primer contacto.
- 35 6. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con la reivindicación 5, en el que las cargas secundarias que son generadas en la capa de volumen son recolectadas por los dopadores de retén de canal.
7. El dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el primer contacto (725) está en la superficie posterior (102) del detector o fuera del área activa sobre la superficie del frente (101) del detector, o sobre el borde (700) del microprocesador de detector, y las cargas secundarias que son generadas en la capa de volumen son recolectadas por el primer contacto (725).
- 40 8. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que en la capa de barrera (105) del primer tipo de conductividad hay una región dopada (1393) del segundo tipo de conductividad o una reducción local (3396) del dopador neto de capa de barrera entre la capa de compuerta interna modificada (104) del segundo tipo de conductividad y un dopador de pixel (1334, 1434, 1634, 3334) del segundo tipo de conductividad o en donde existe una trinchera (1334, 1393, 1494, 1695) entre la capa de compuerta interna modificada (104) y la superficie frontal del detector.
- 45 9. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con la reivindicación 8, en el que una compuerta (1343, 1443, 1643, 1695) está adaptada para controlar el flujo de cargas de señal desde la capa de compuerta interna modificada (104) al dopador de pixel (1334, 1434, 1634, 3334) o a la superficie frontal del detector a través de la región dopada (1393) del segundo tipo de conductividad, a través de la reducción local (3396) del dopador neto de capa de barrera, o a través de la trinchera (1334, 1393, 1494, 1695), y en el que la compuerta es formada de un dopador del primer tipo de conductividad (1443) o de una estructura MOS (1343, 1643).
- 50 10. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que una región (1726) del primer tipo de conductividad o una estructura de trinchera (1727, 1728) penetra a través de la capa de compuerta interna modificada del segundo tipo de conductividad con el objeto de mejorar la recolección de las cargas secundarias desde la capa de volumen (103).
- 55 11. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a

- 10, que comprende por lo menos uno de los siguientes: una alteración (1929) del dopador de capa de barrera, un orificio en el dopador de capa de compuerta interna modificada (1991, 1591), un mejoramiento (1392) del dopador de capa de compuerta interna modificada, una alteración en el dopador de capa de volumen después de la capa MIG con el objeto de mejorar el gradiente de potencial de transporte de carga de señal en la capa MIG.
- 5 12. Un dispositivo detector de radiación semiconductor de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende un mejoramiento local (1392) del dopador de capa de compuerta interna modificada bajo la compuerta de un transistor de efecto de campo o bajo el emisor de un transistor de unión bipolar con el objeto de mejorar el intervalo dinámico del detector.
13. Un procedimiento para detectar radiación, que comprende:
- 10 - acoplar un número de pixeles (111, 112, 113, 114) sobre una superficie de un dispositivo detector de radiación de semiconductor, tal como se define en la reivindicación 1, a un pixel de voltaje, e
- iluminar dicho detector de radiación de semiconductor con radiación:
caracterizado porque comprende:
- recolectar las cargas de señal inducidas por radiación del primer tipo a partir de una capa de volumen (103), desde una capa de compuerta interna modificada y desde una capa de barrera de dicho detector de radiación de semiconductor al mínimo local (412) de una función de potencial tridimensional para dichas cargas del primer tipo, dicho mínimo local siendo coincidente en ubicación con los pixeles (111) en una capa de compuerta interna modificada (104, 304) colocada después de dicha capa de volumen (103), y
15 - detectar la cantidad de carga de señal recolectada para el mínimo local que coincide con los pixeles (111) sin transportar carga secundaria fuera de un área activa del dispositivo a través de una capa conductora posterior en una superficie de la capa de volumen (103) opuesta a la capa de compuerta interna modificada, y
20 - recolectar la carga secundaria mediante al menos uno de los siguientes: un área de retén de canal, un contacto (725) de volumen.
- 14.-El procedimiento de conformidad con la reivindicación 13, en el que detectar la cantidad de carga de señal comprende observar las características eléctricas de los transistores específicos de pixel relacionados con el canal efectivo o de cambio o dimensiones de base de los transistores específicos de pixel, transfiriendo la carga relacionada con el pixel a través de un número de pixeles para un pixel de lectura, y observar las características eléctricas de dicho pixel de lectura.
- 25 15. Un dispositivo detector de radiación de semiconductor de conformidad con la reivindicación 4, en el que la proporción de área de retén de canal de un pixel al área de pixel total es de por lo menos 0,3.
- 30





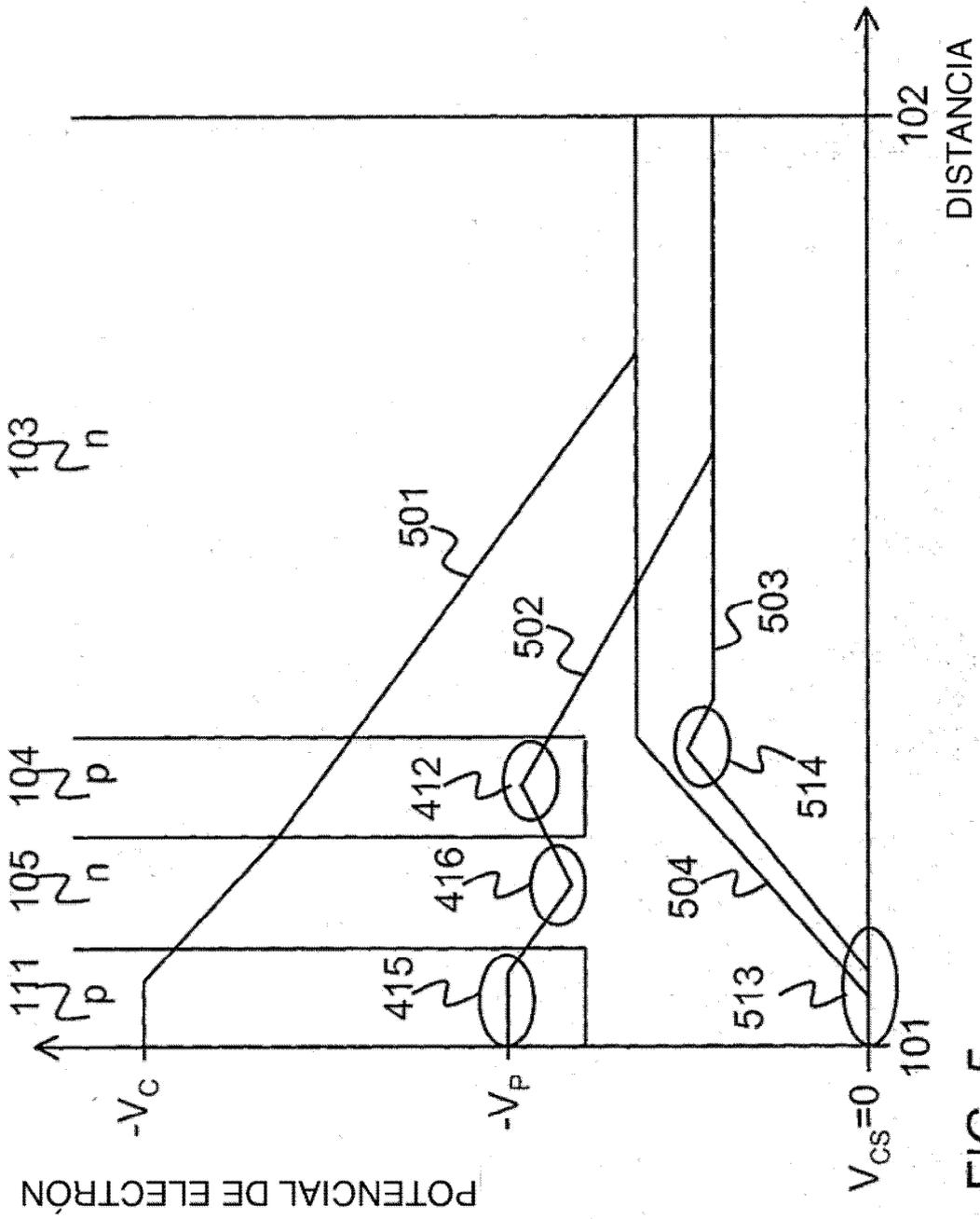


FIG. 5

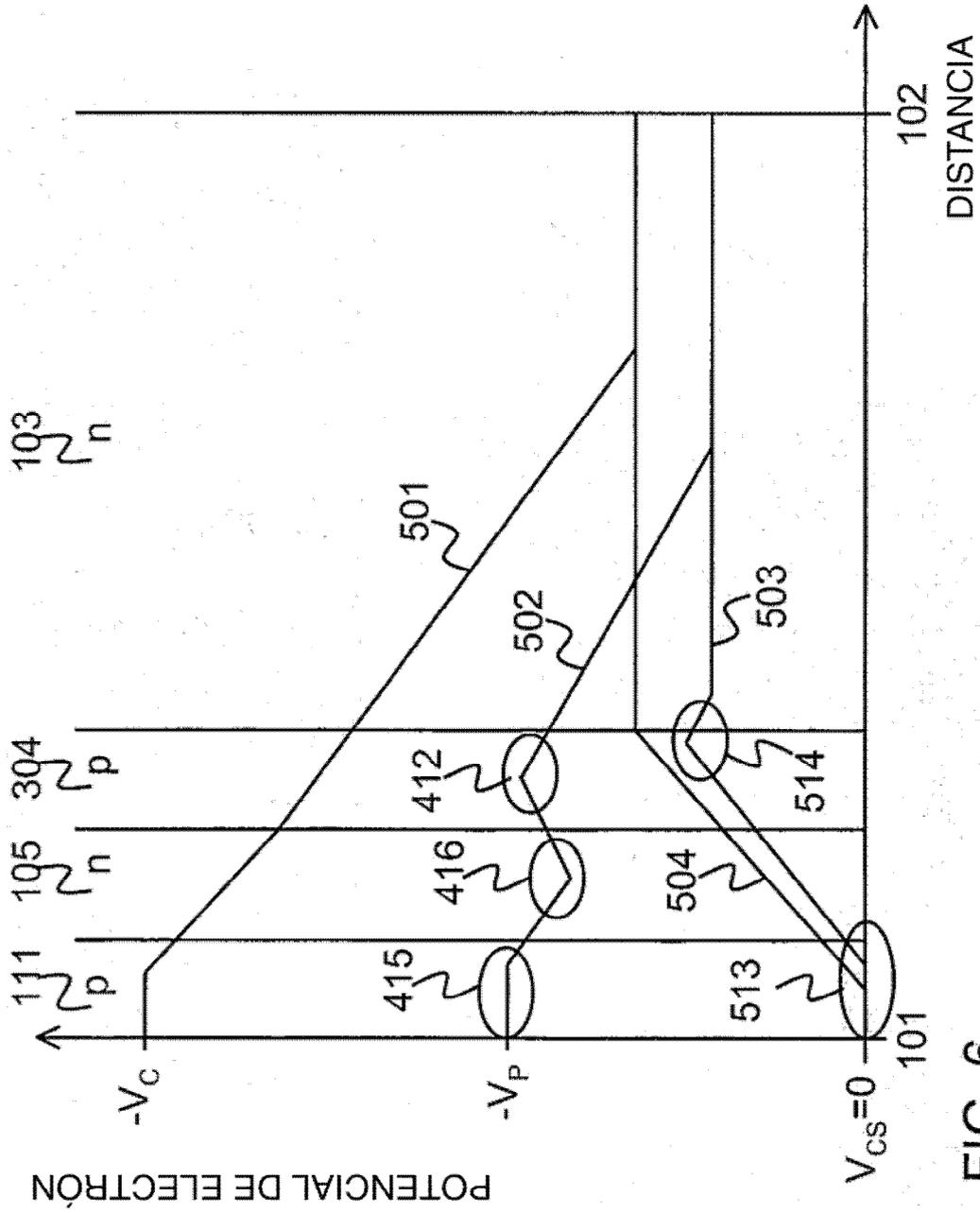


FIG. 6

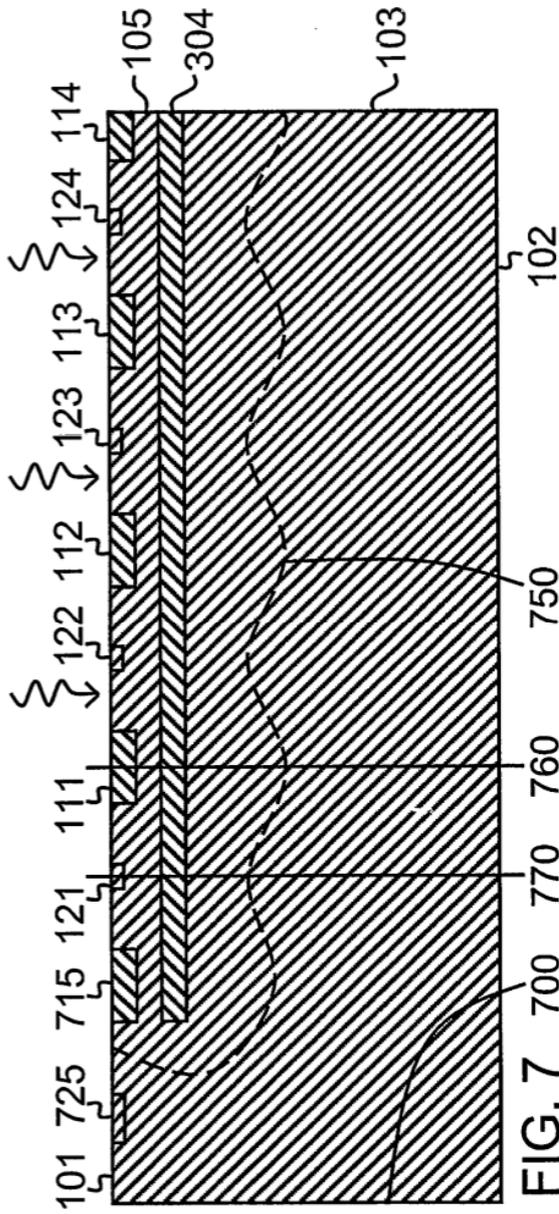


FIG. 7

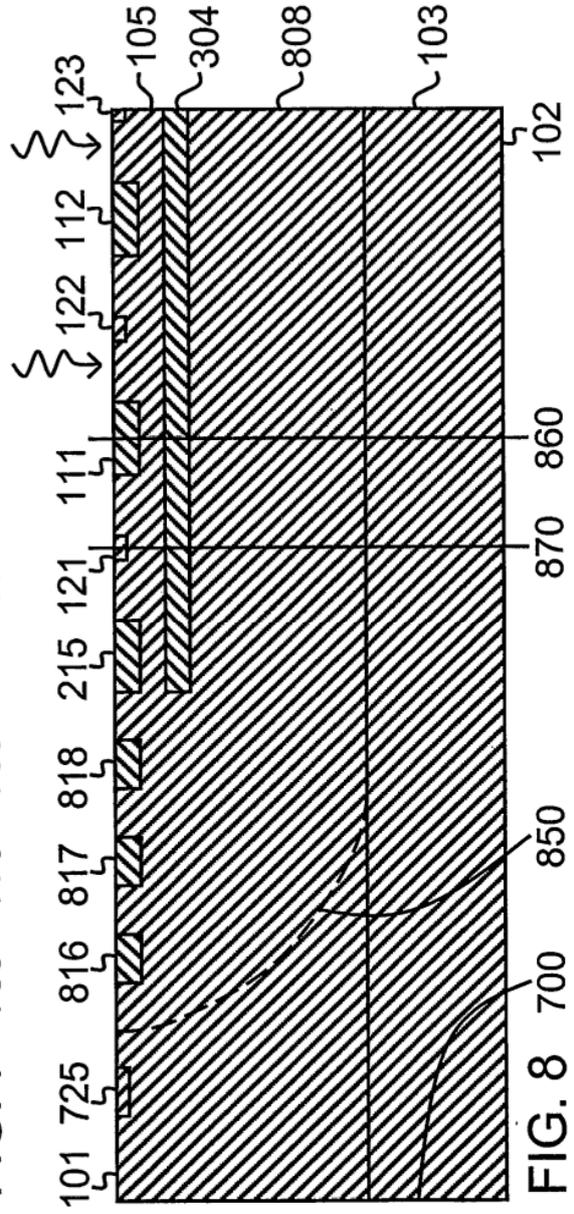


FIG. 8

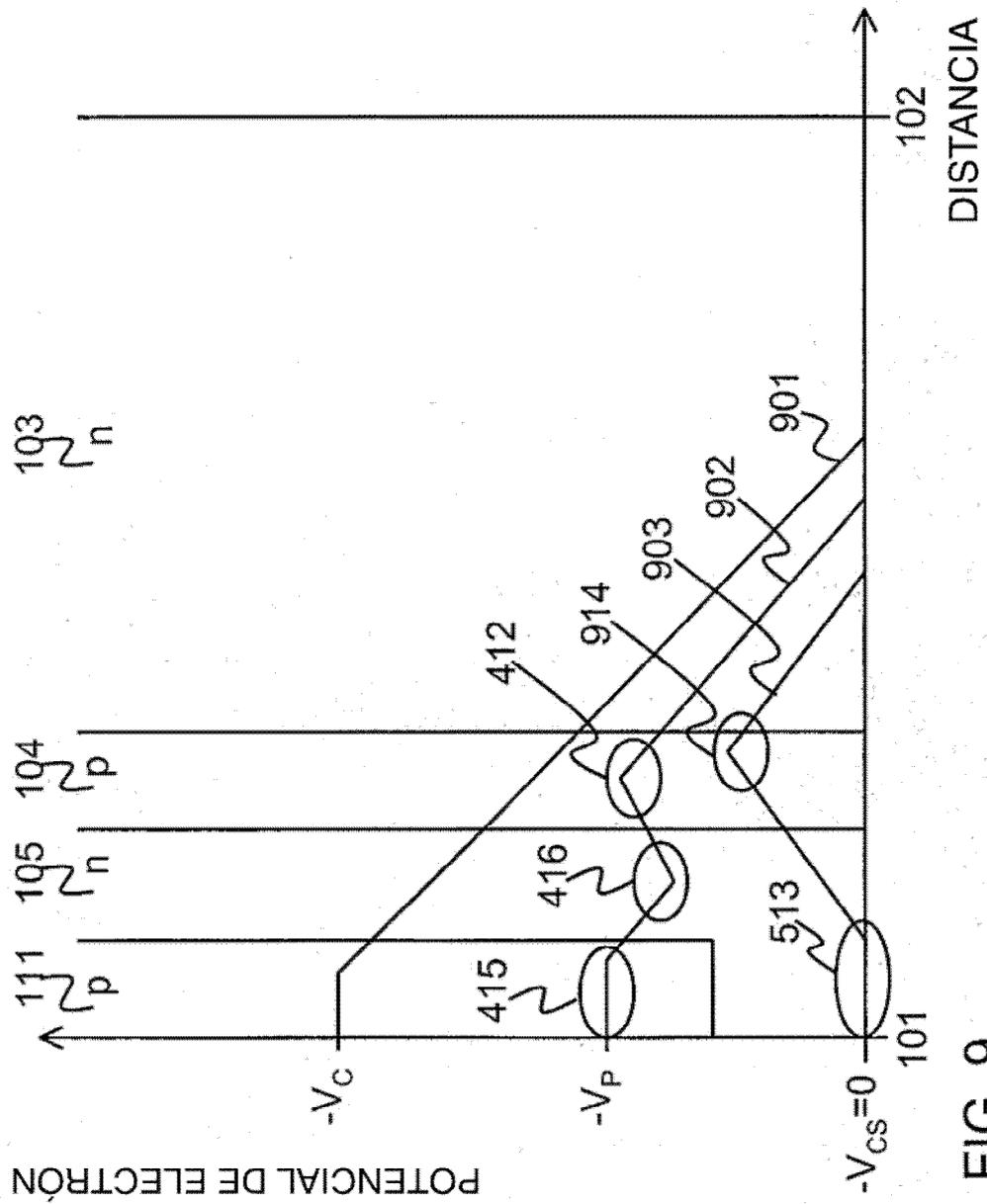


FIG. 9

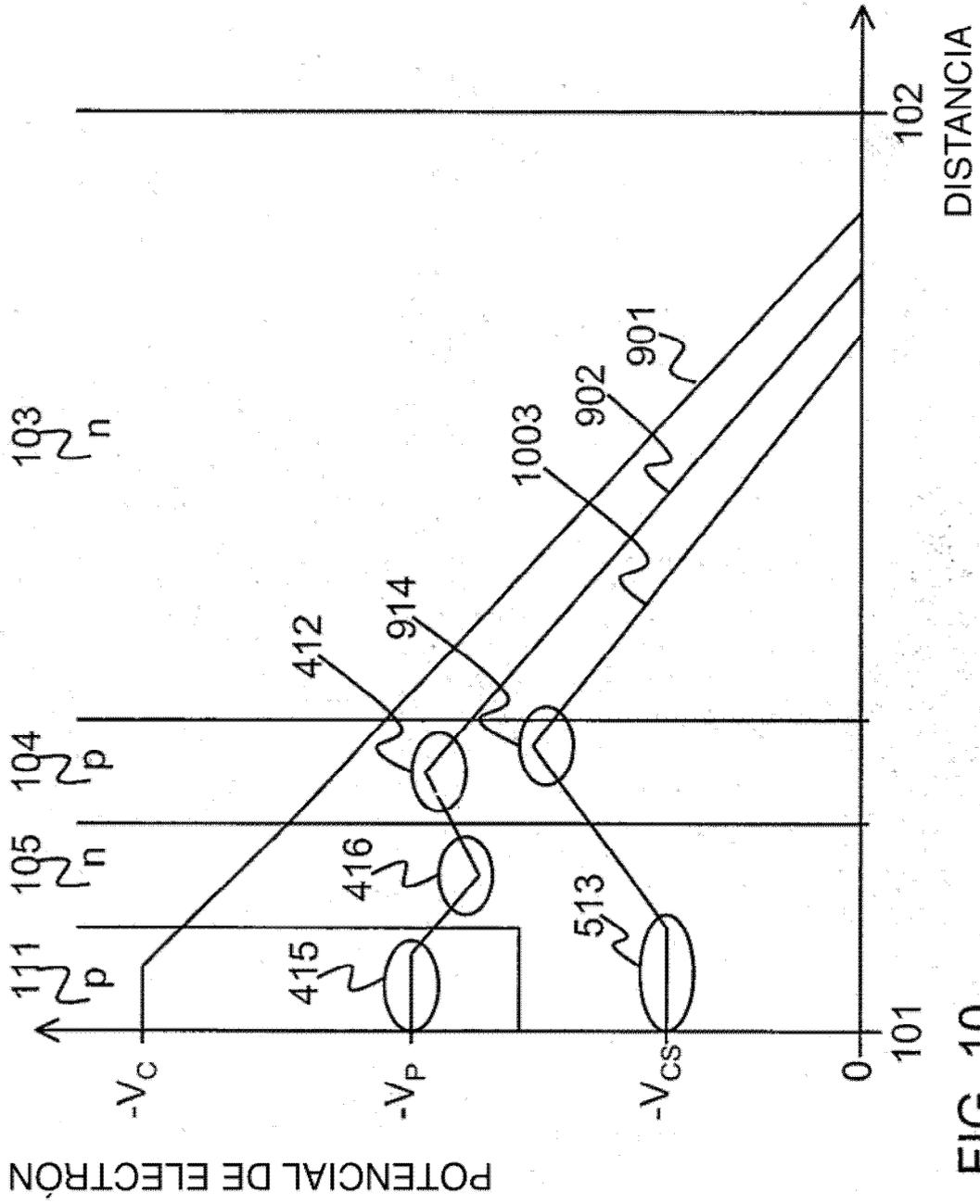


FIG. 10

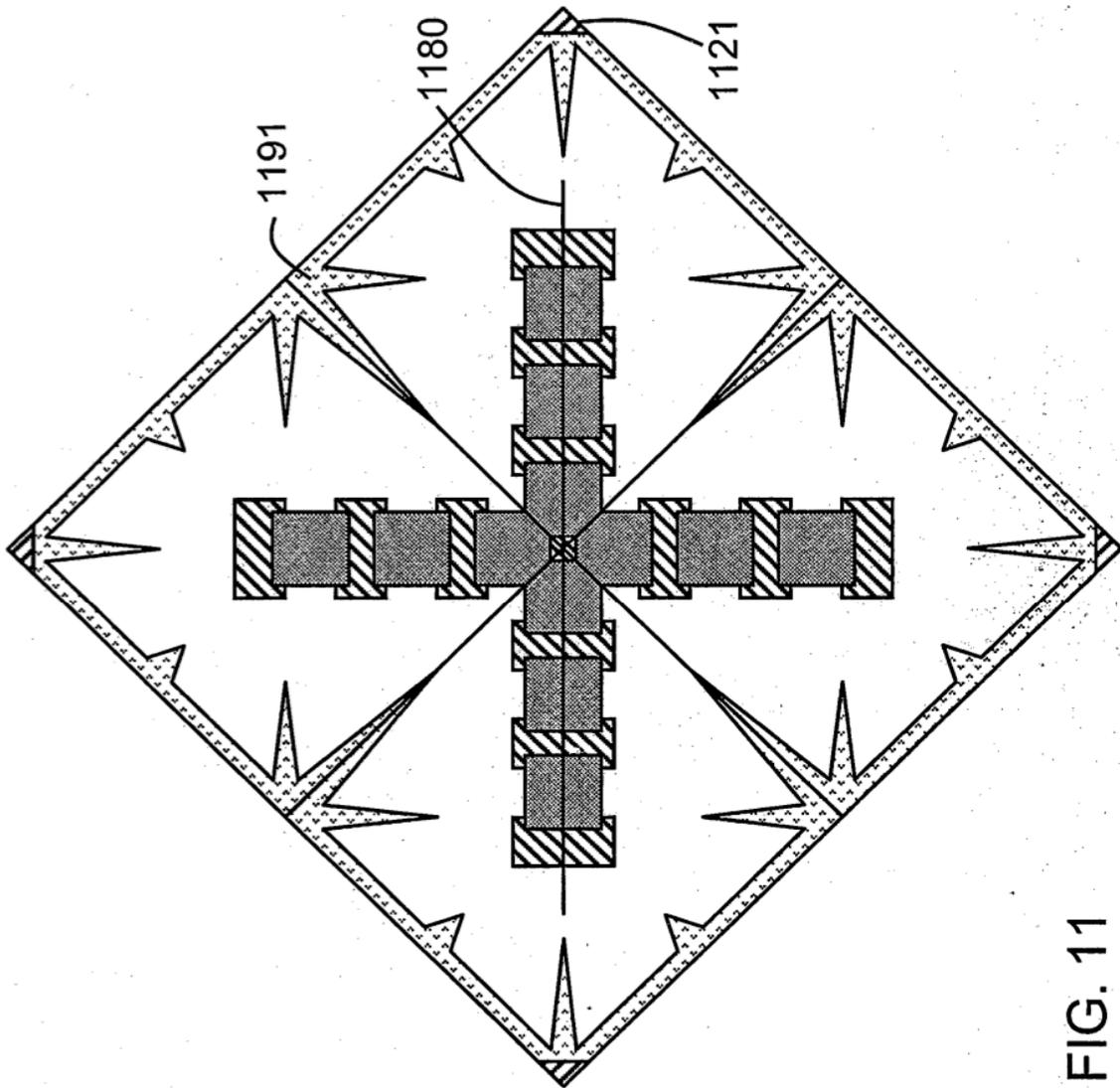


FIG. 11

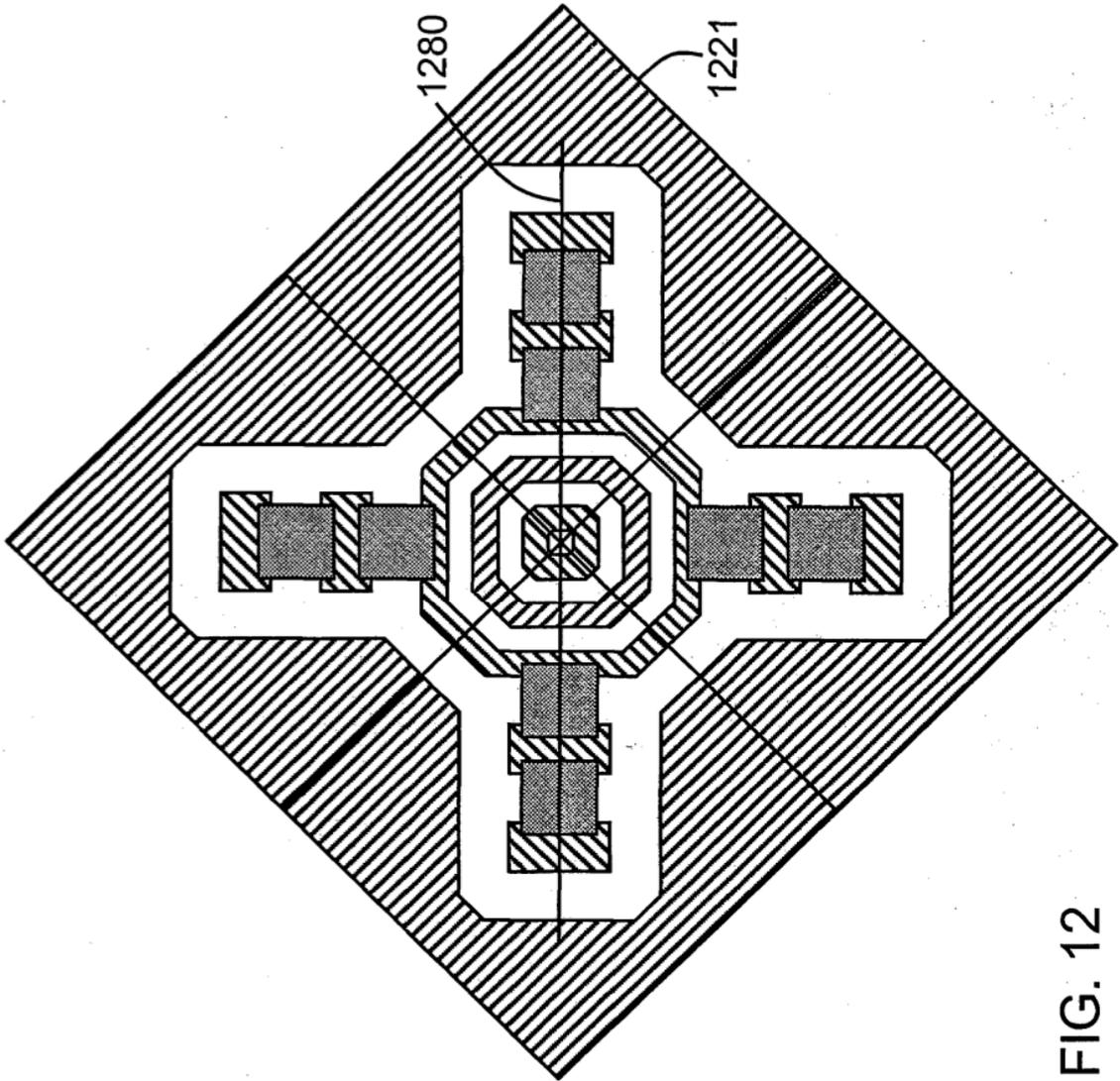


FIG. 12

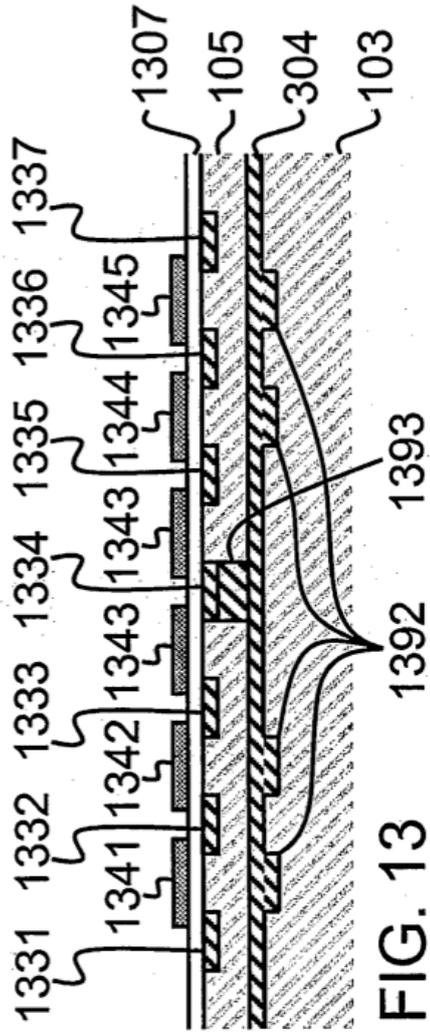


FIG. 13

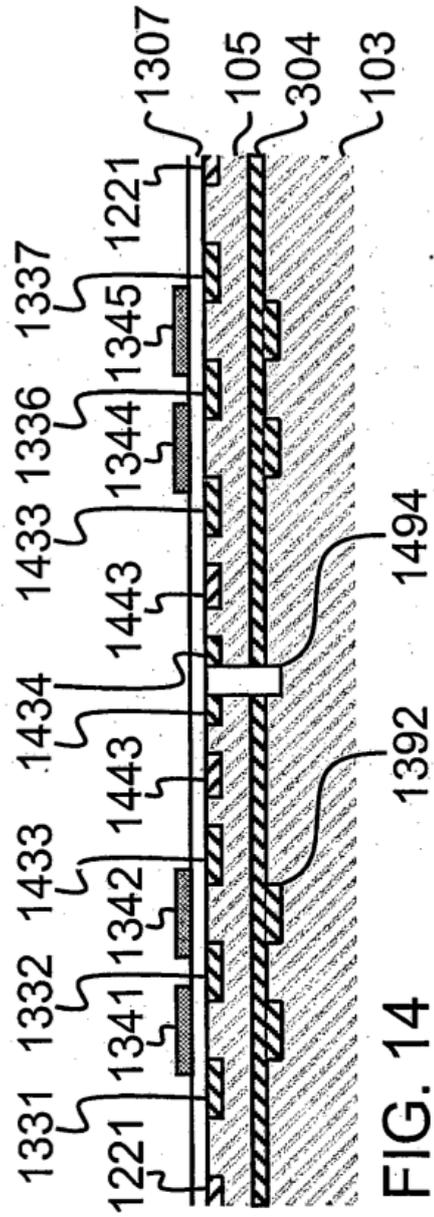


FIG. 14

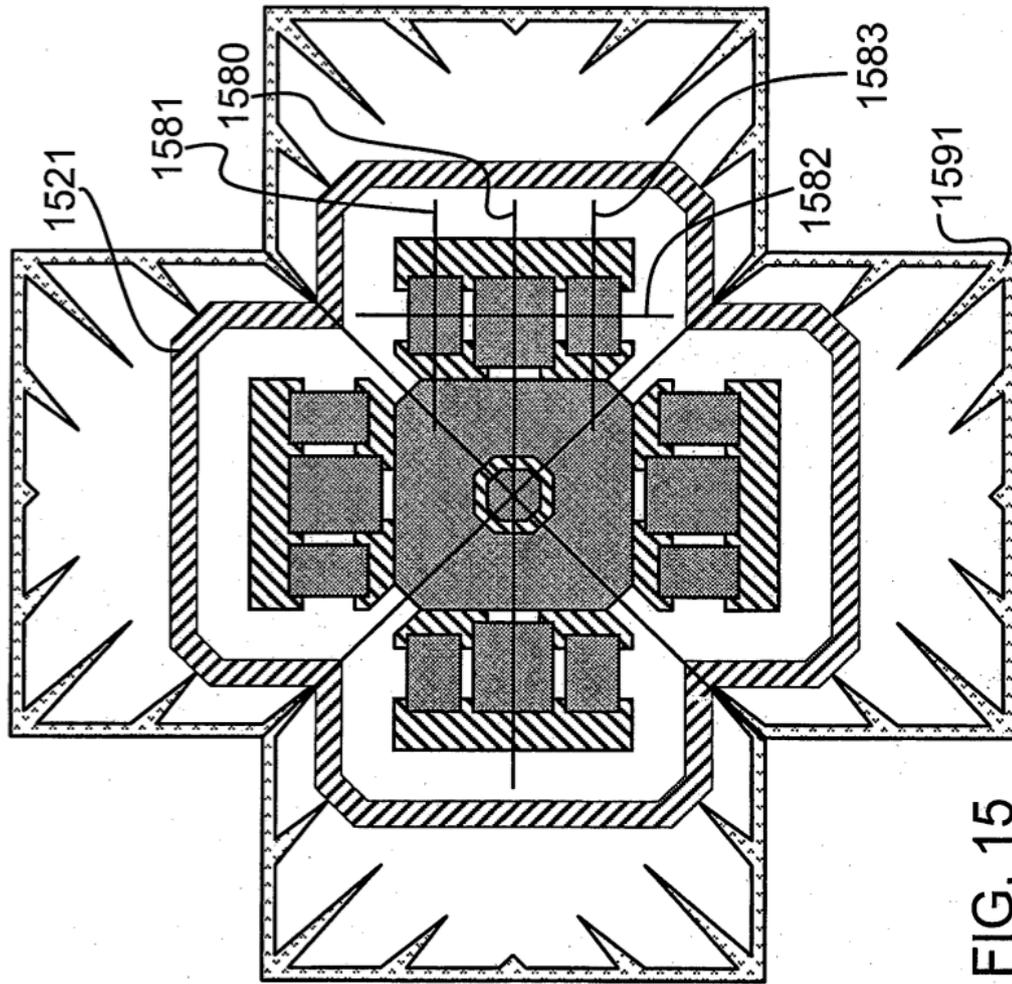


FIG. 15

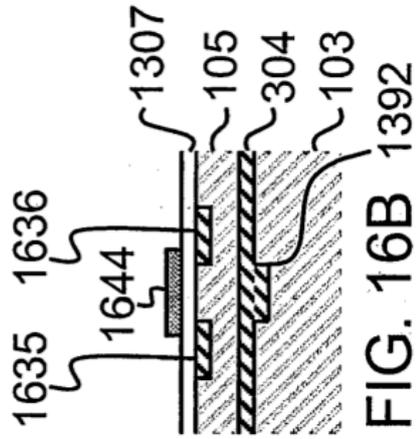


FIG. 16B 1392

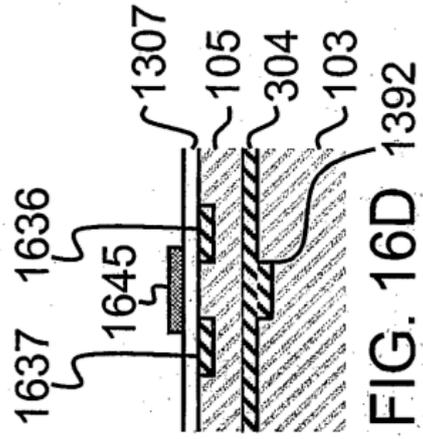


FIG. 16D 1392

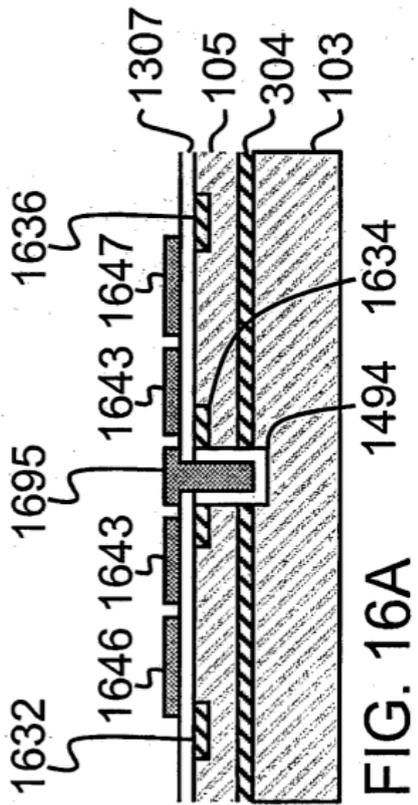


FIG. 16A 1494 1634

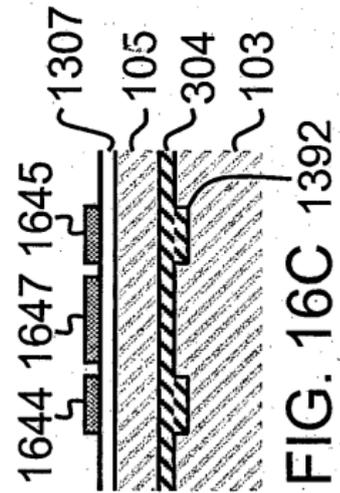


FIG. 16C 1392

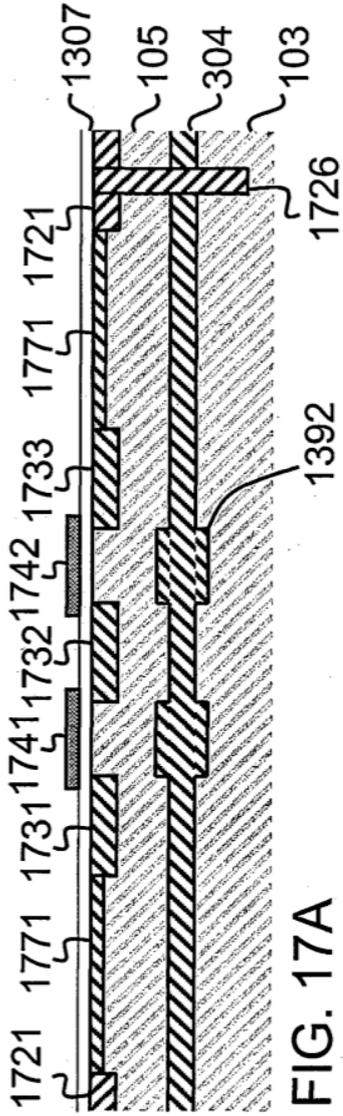


FIG. 17A

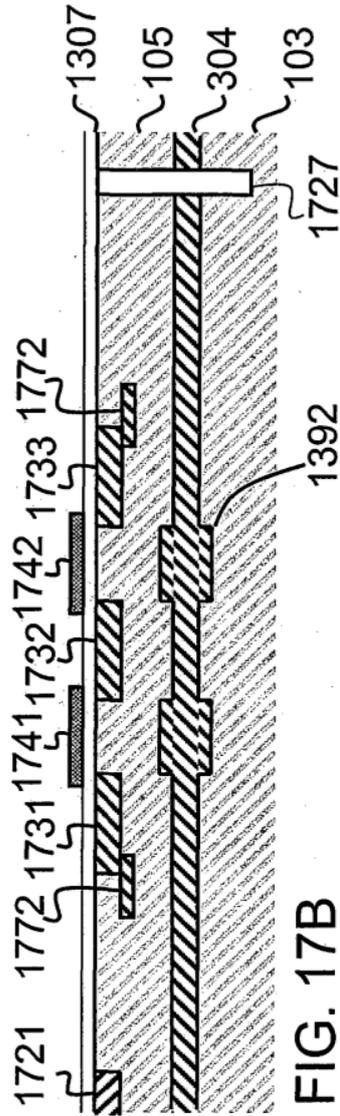


FIG. 17B

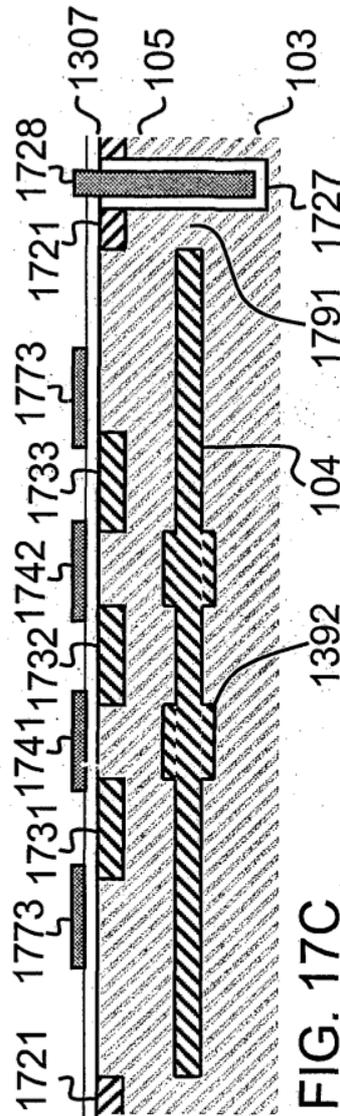


FIG. 17C

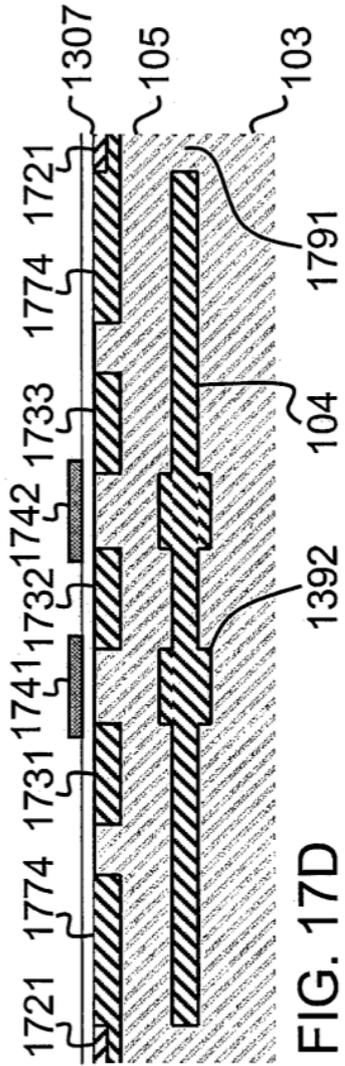


FIG. 17D

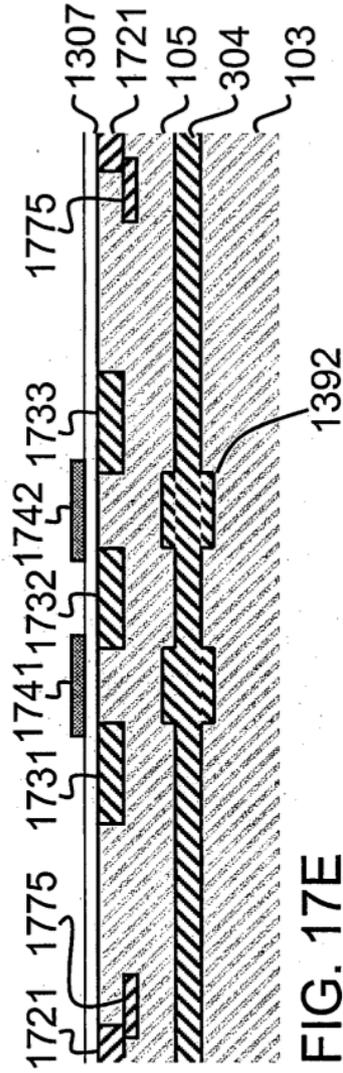


FIG. 17E

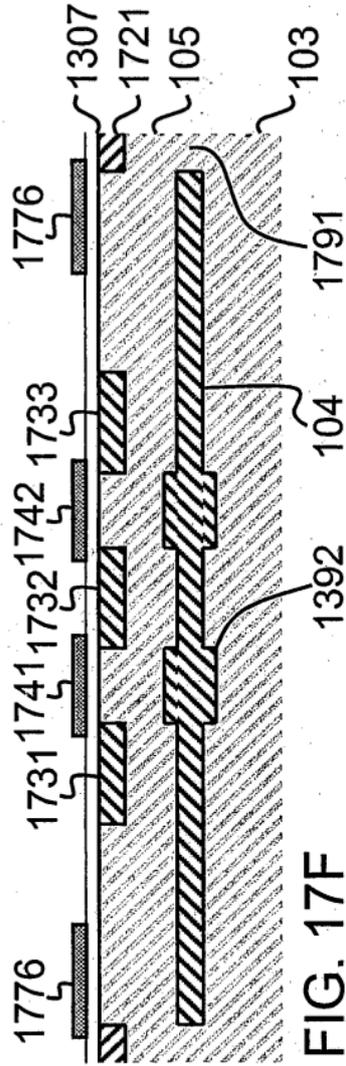
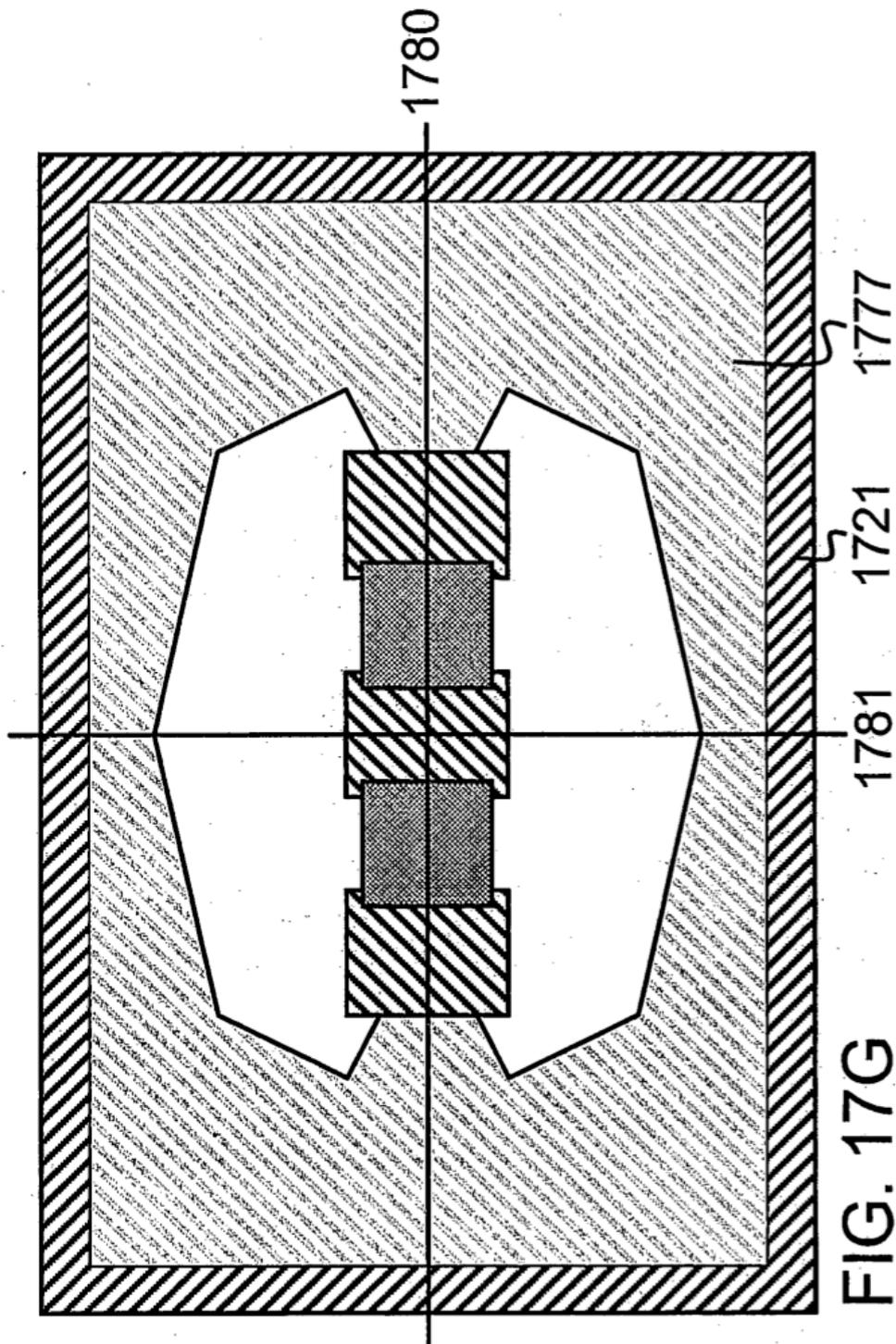


FIG. 17F



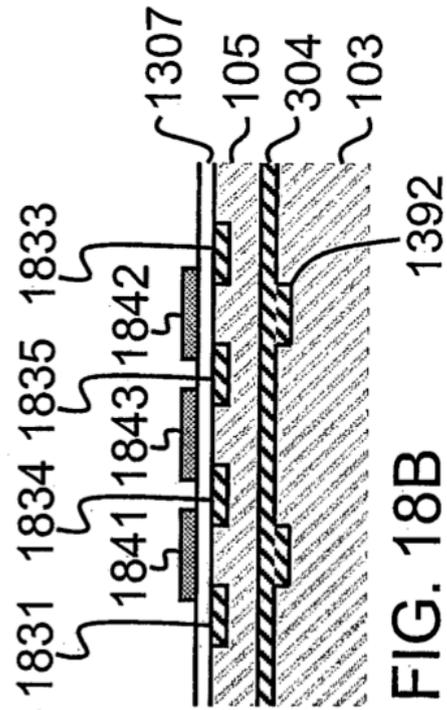


FIG. 18B

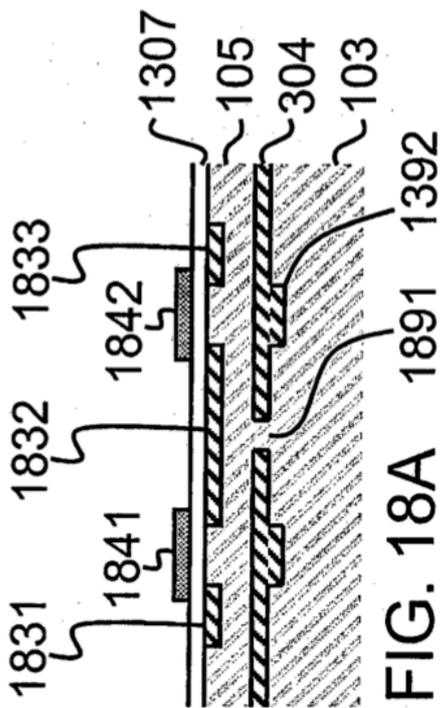


FIG. 18A

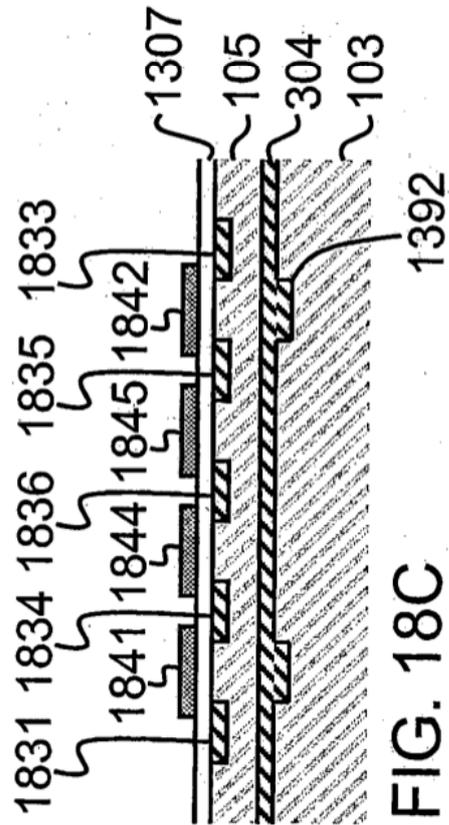
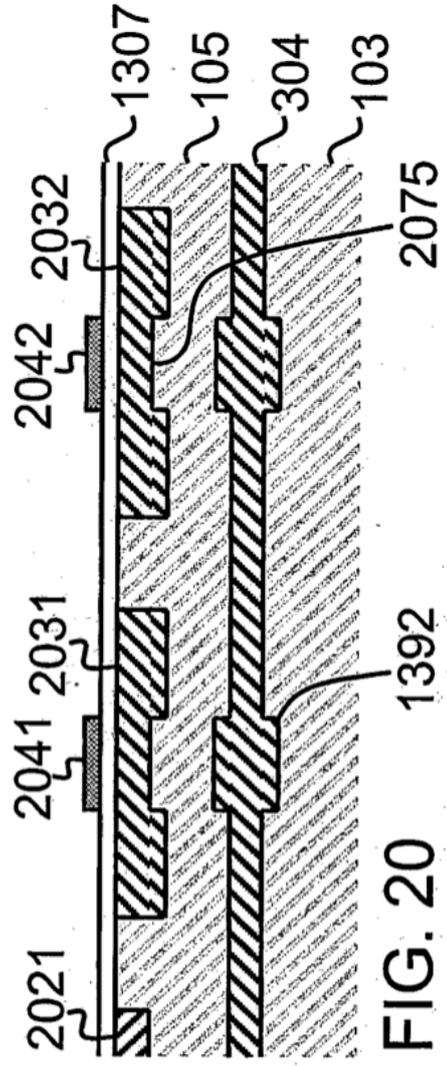
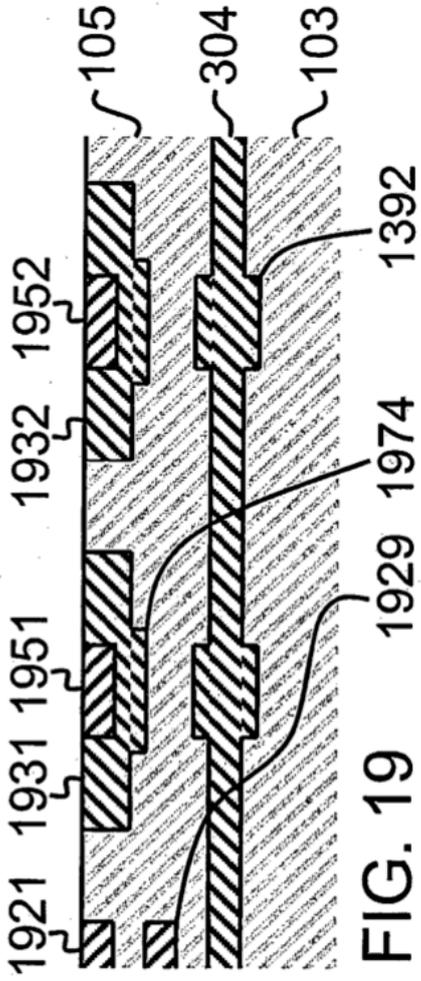


FIG. 18C



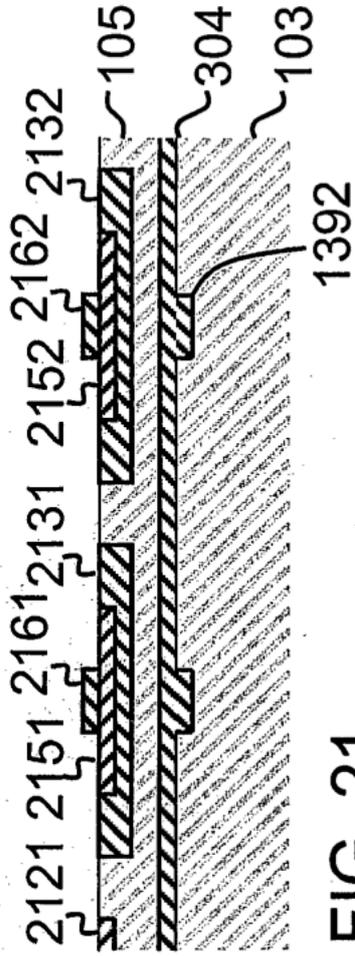


FIG. 21

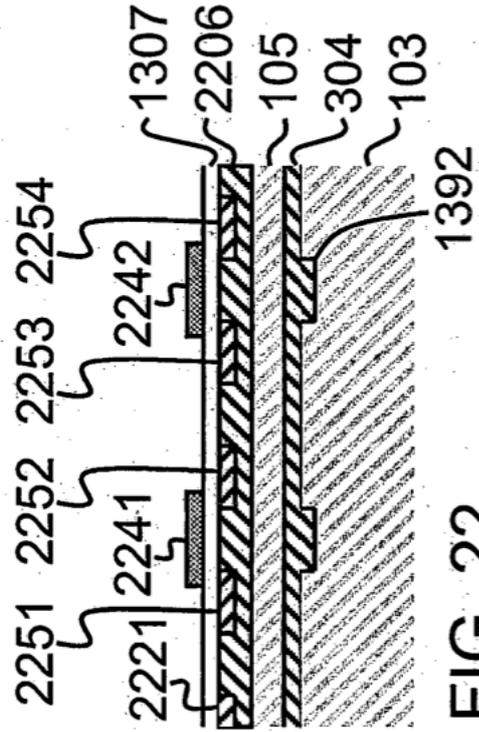


FIG. 22

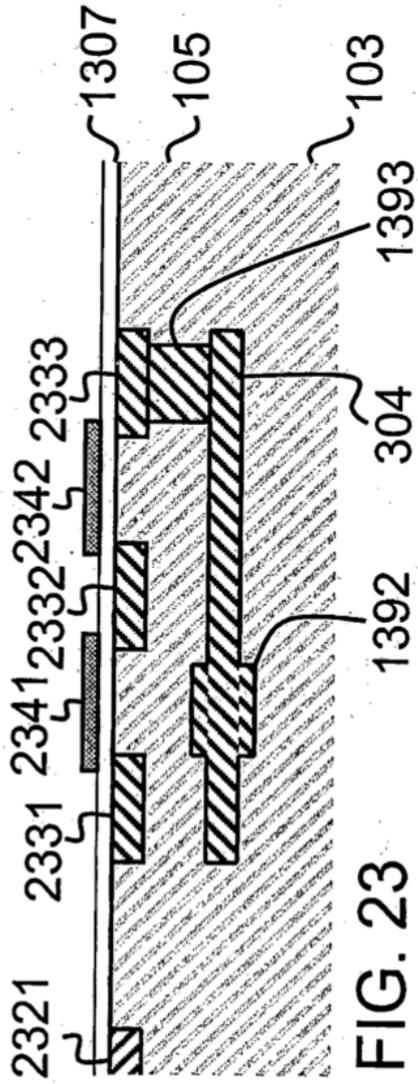


FIG. 23

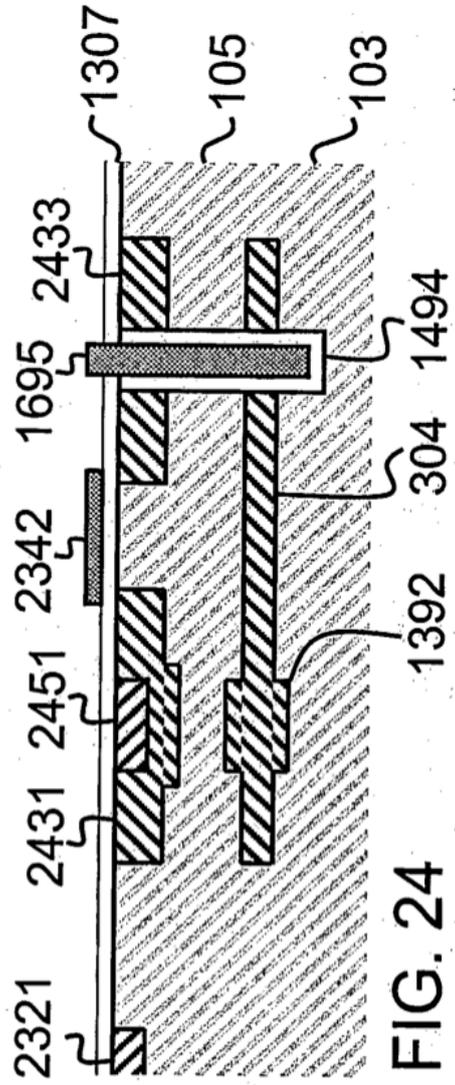


FIG. 24

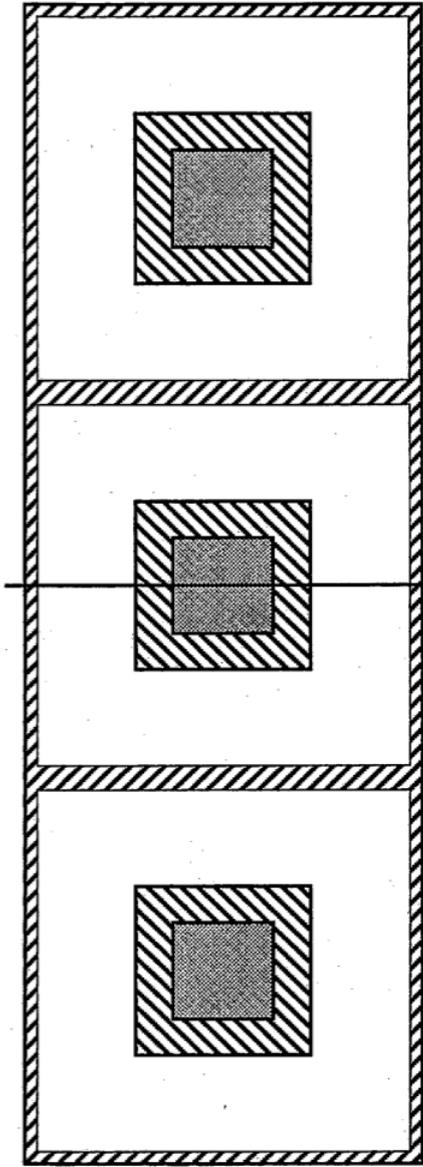


FIG. 25

2580

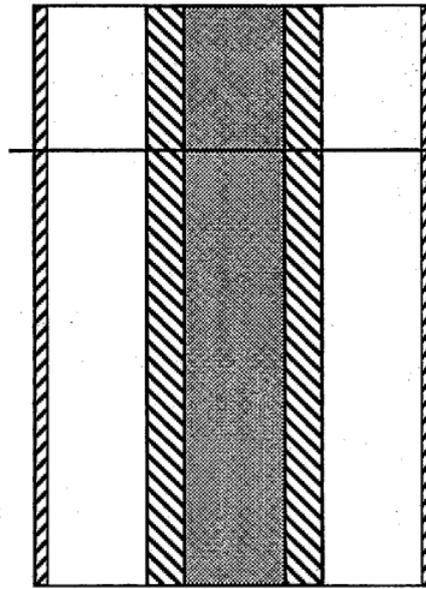


FIG. 26

2680



FIG. 27B

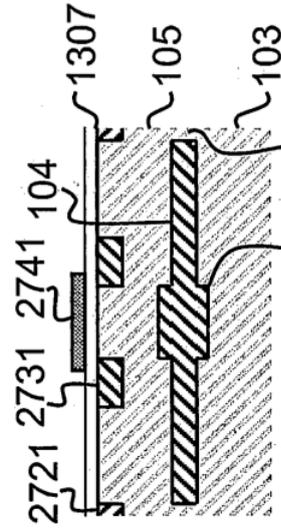


FIG. 27A

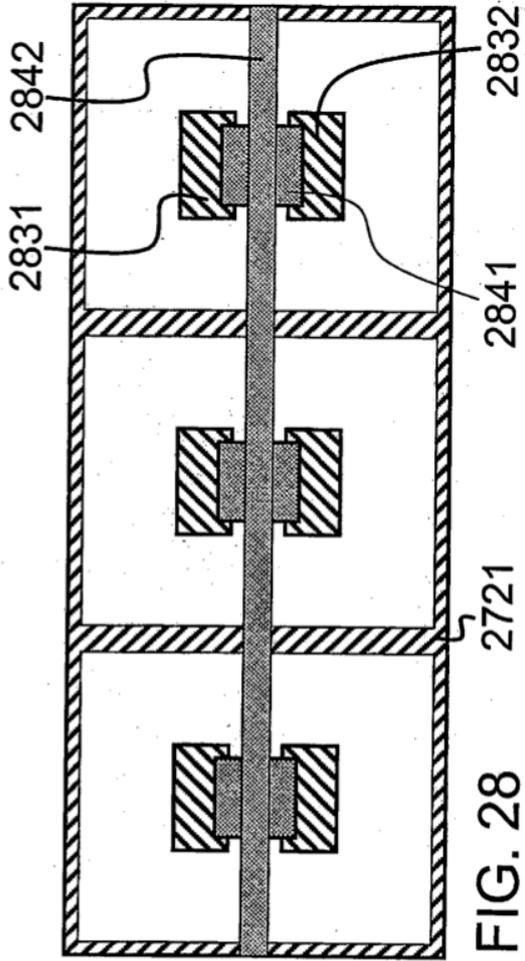


FIG. 28

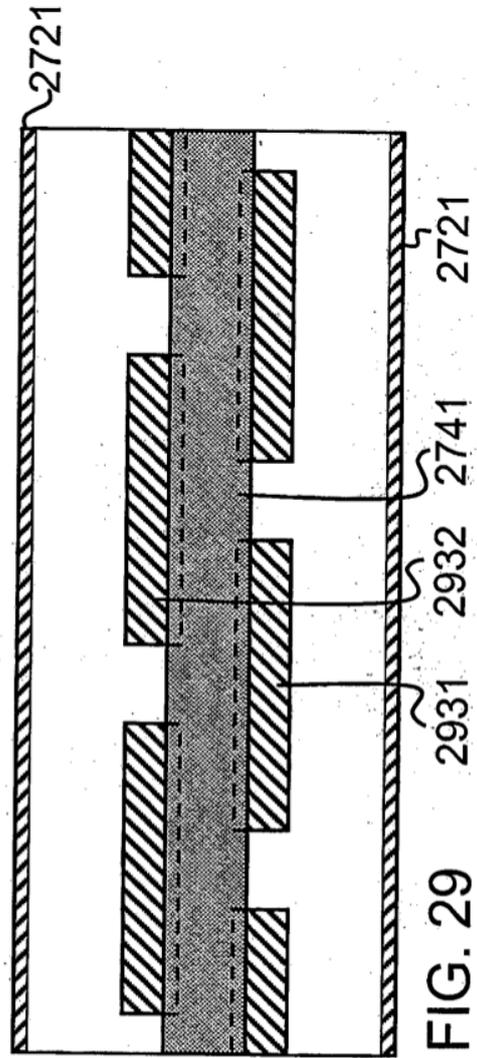


FIG. 29

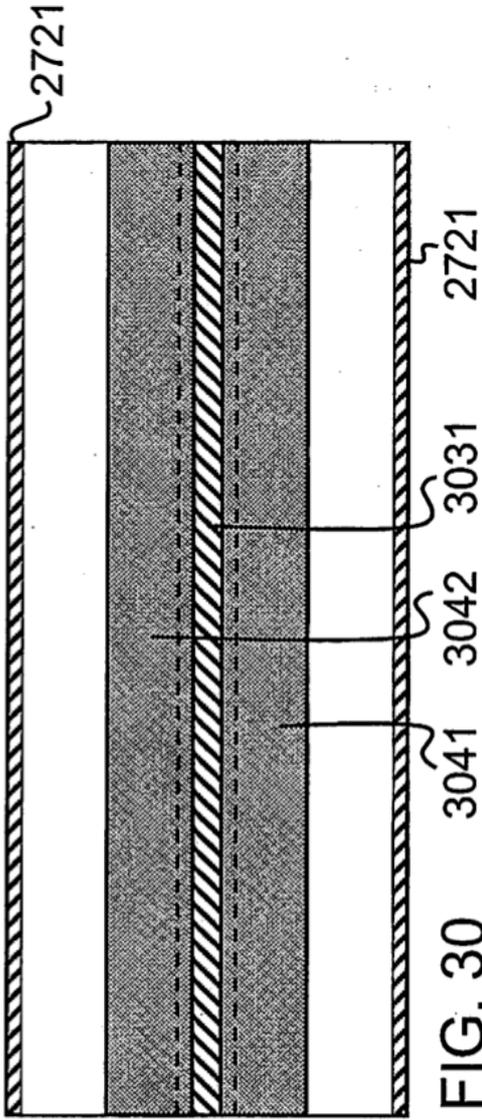


FIG. 30

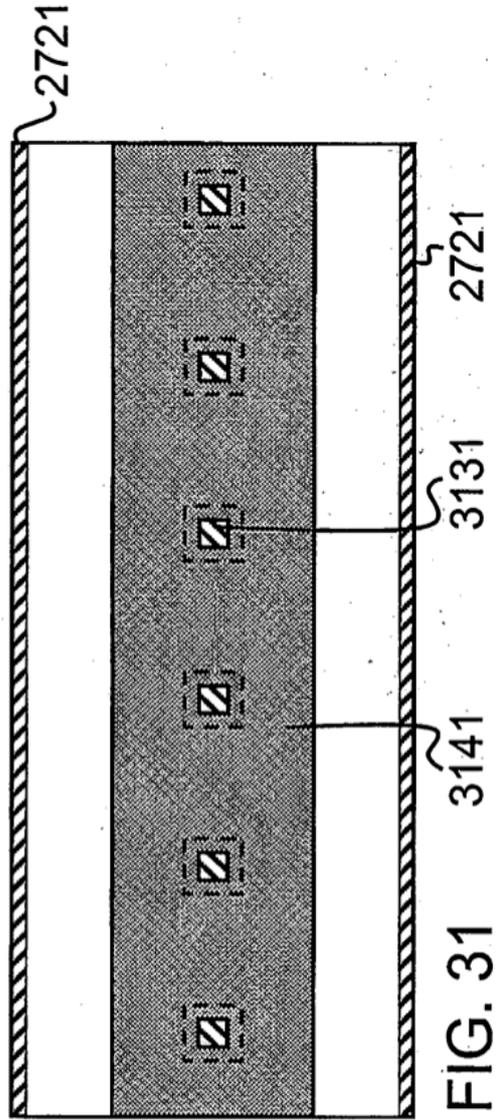


FIG. 31

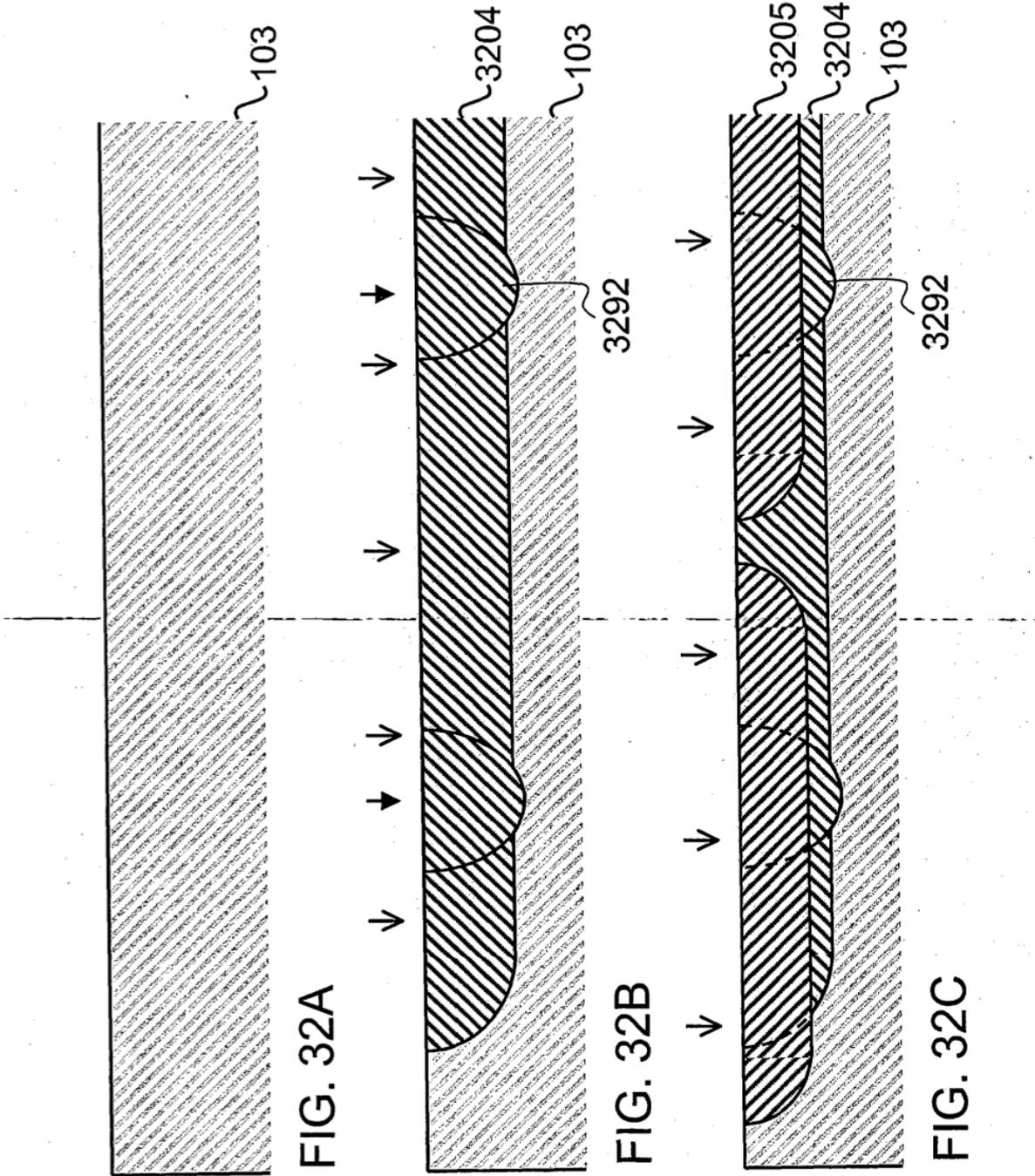


FIG. 32A

FIG. 32B

FIG. 32C

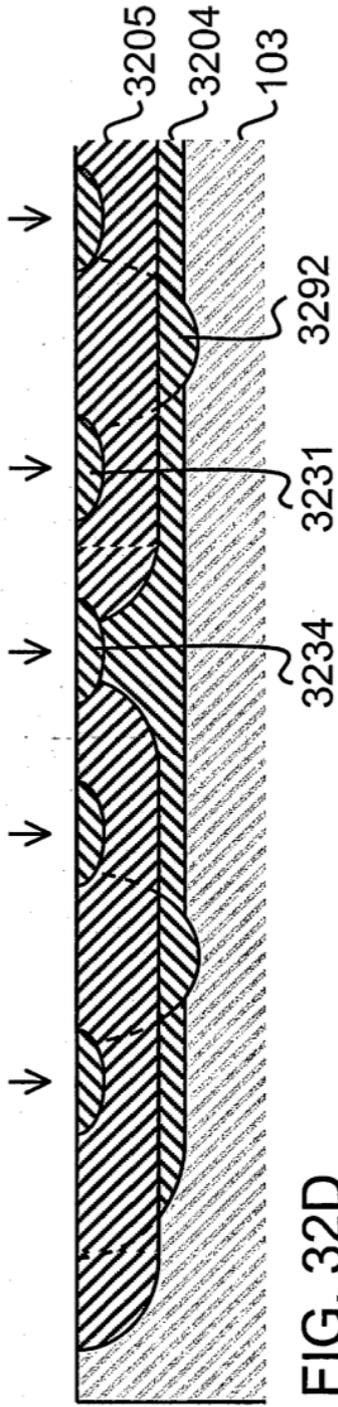


FIG. 32D

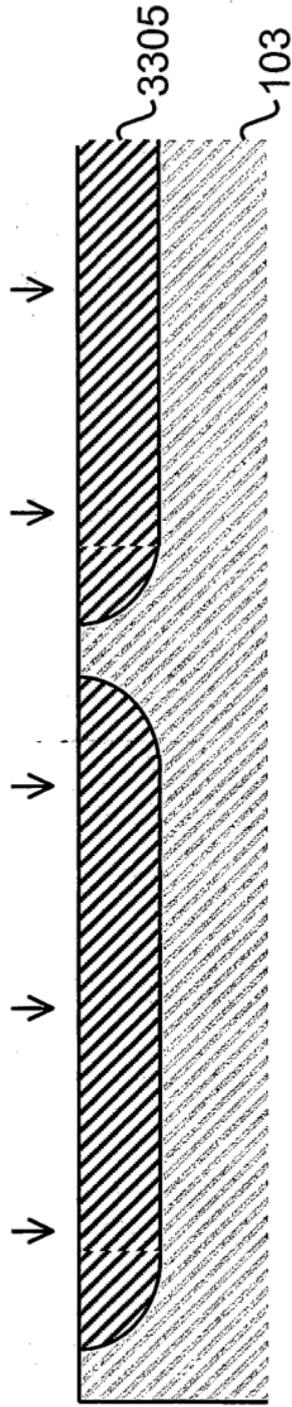


FIG. 33A

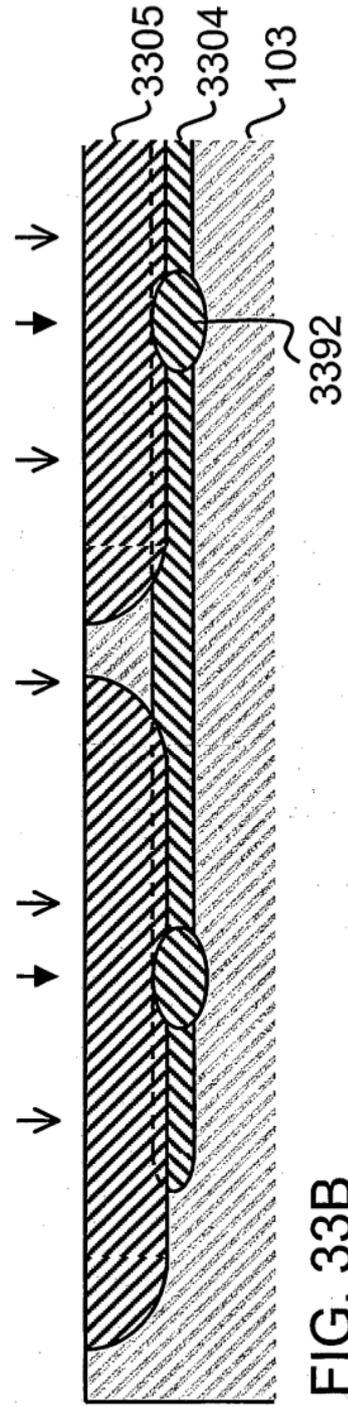
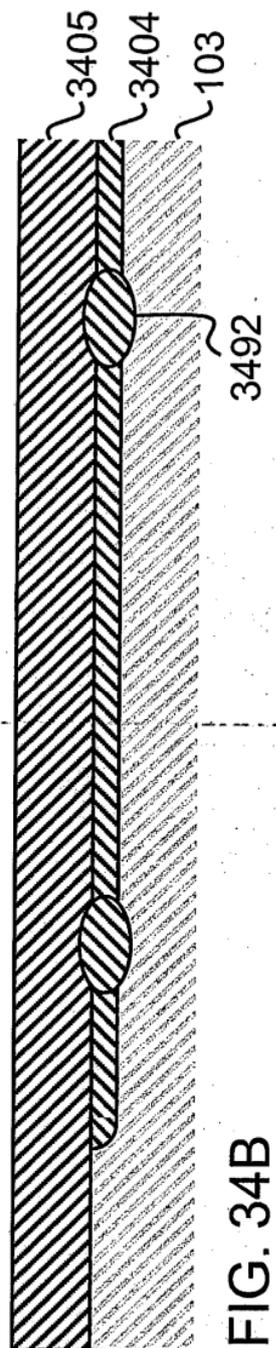
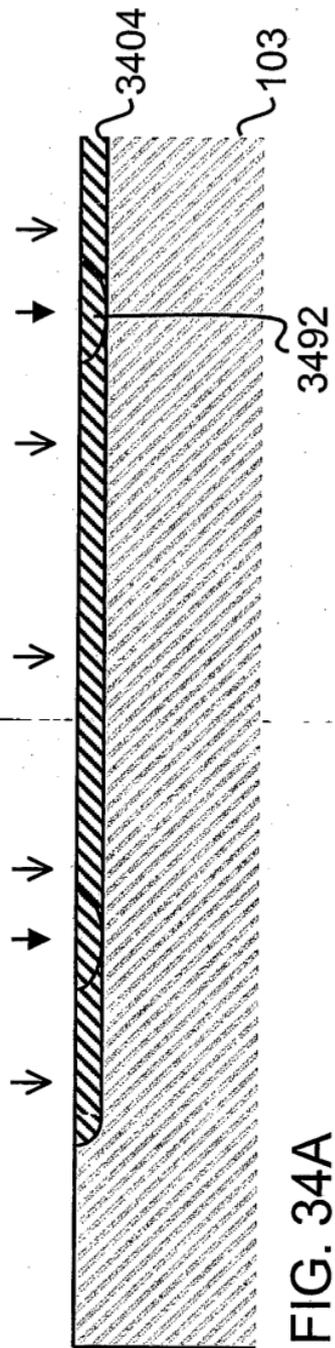
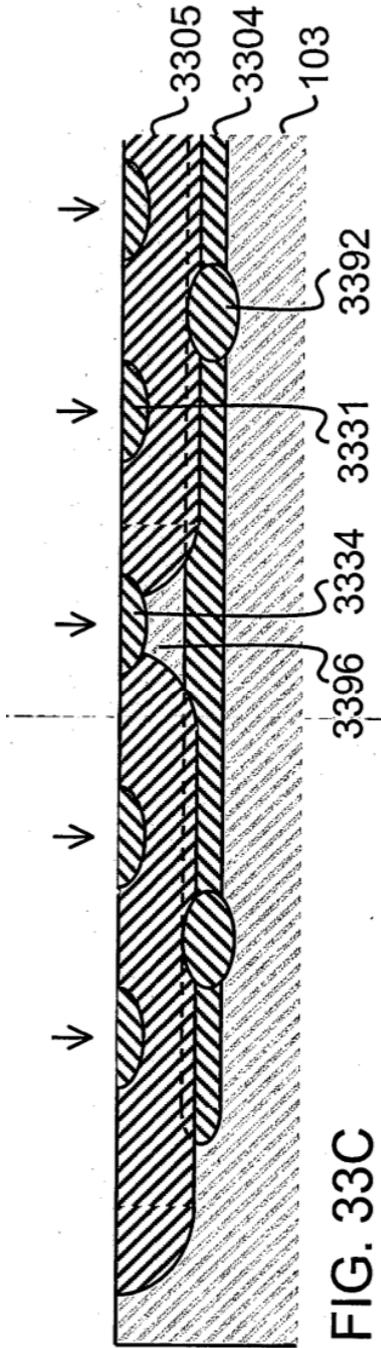
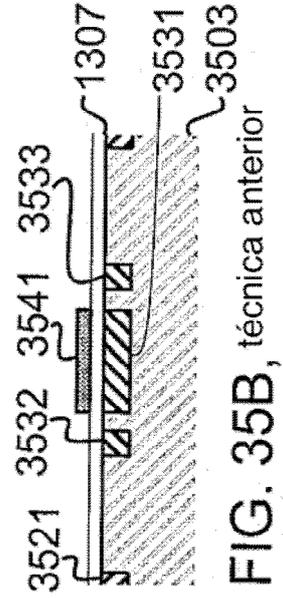
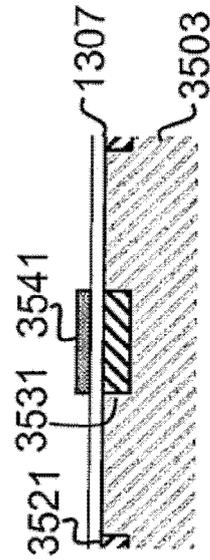
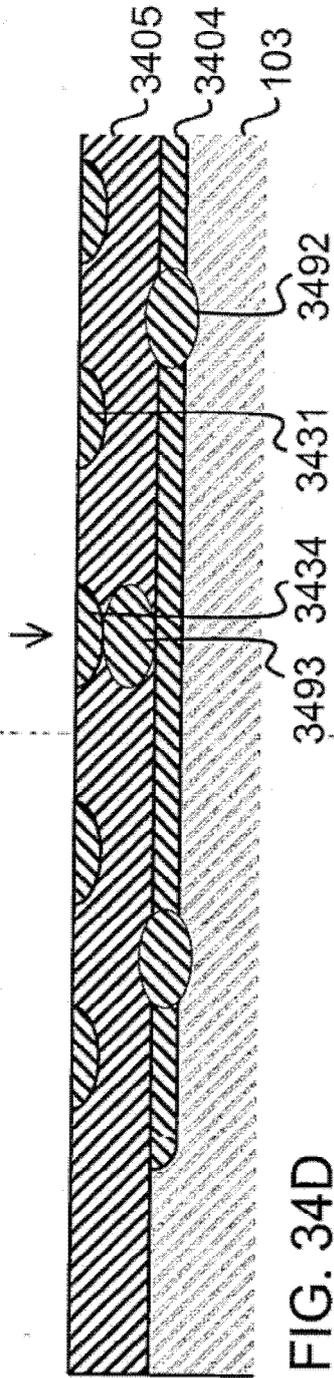
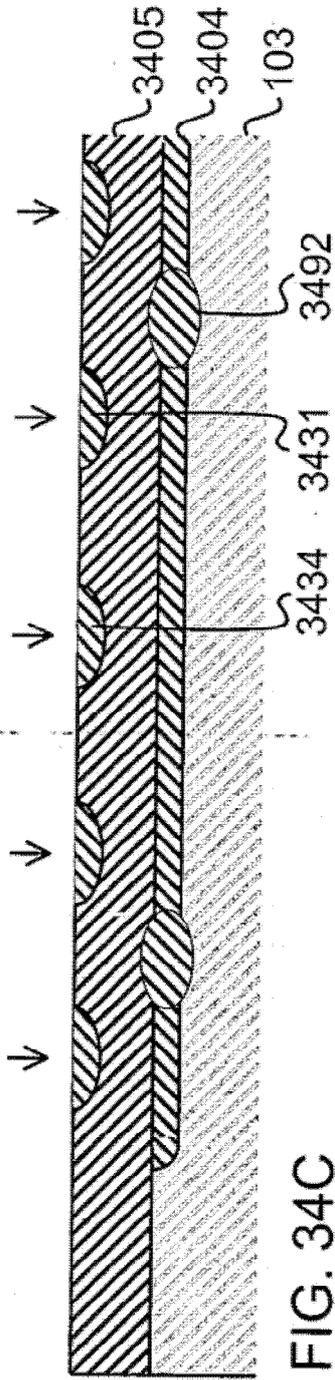


FIG. 33B





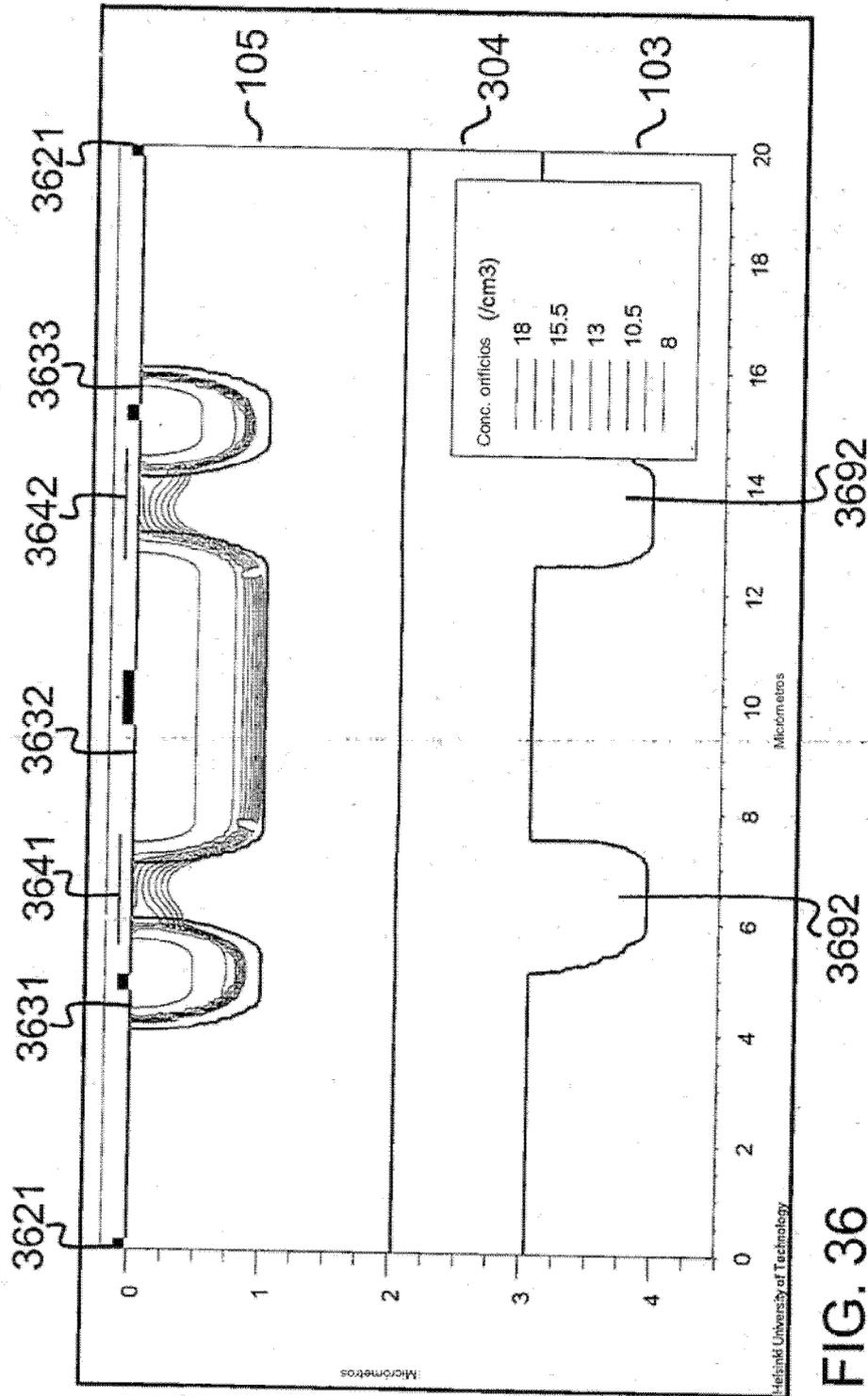


FIG. 36

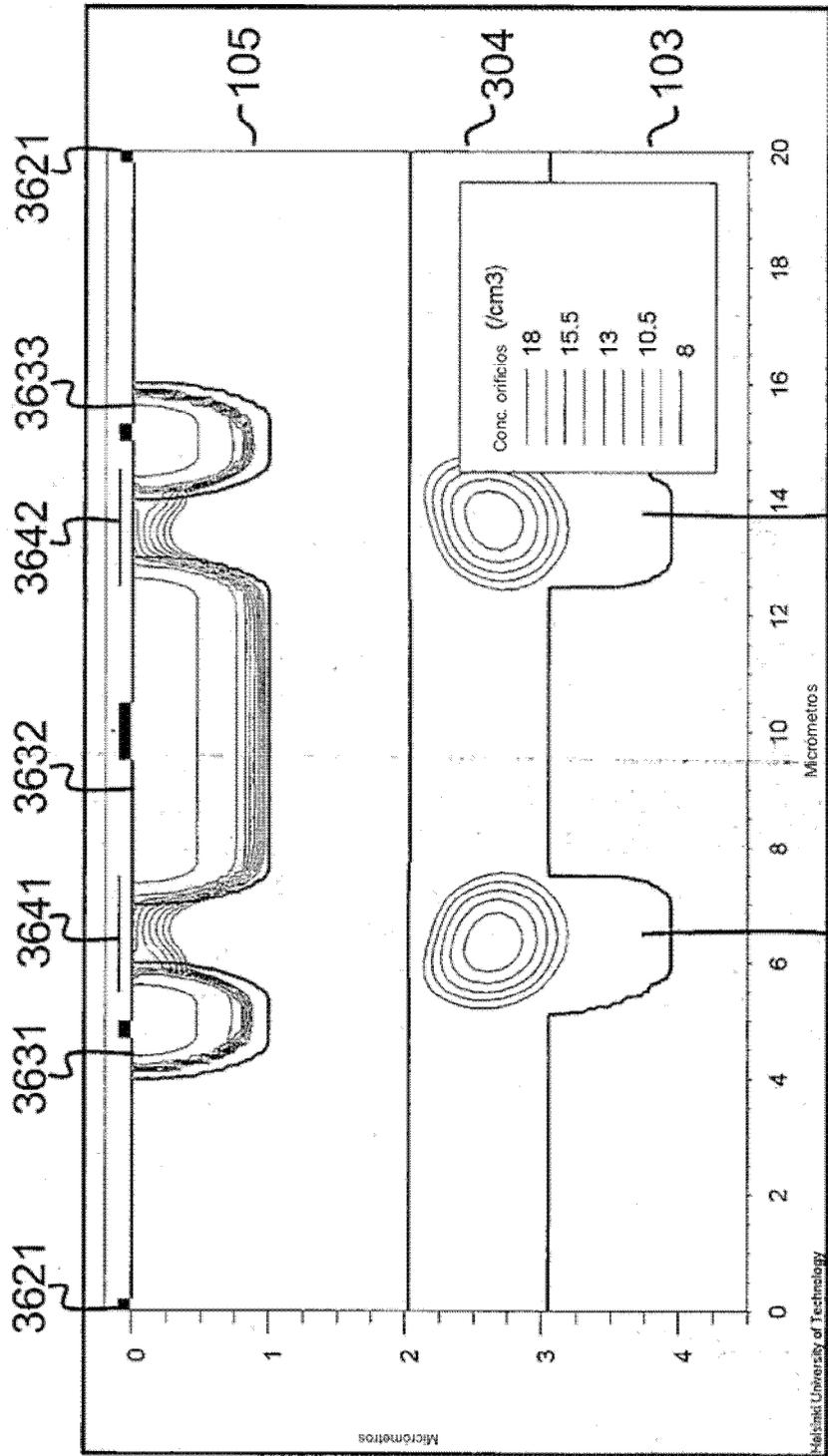


FIG. 37

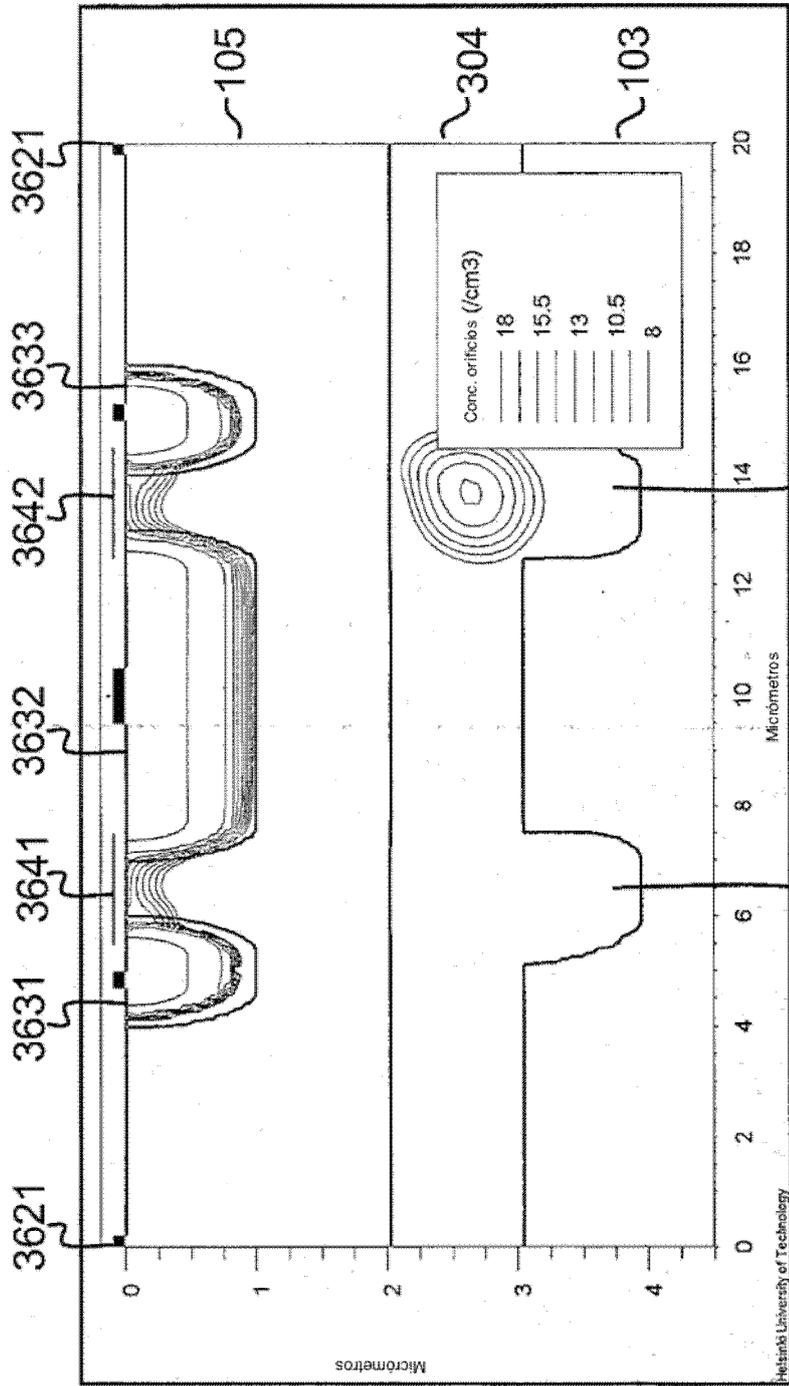
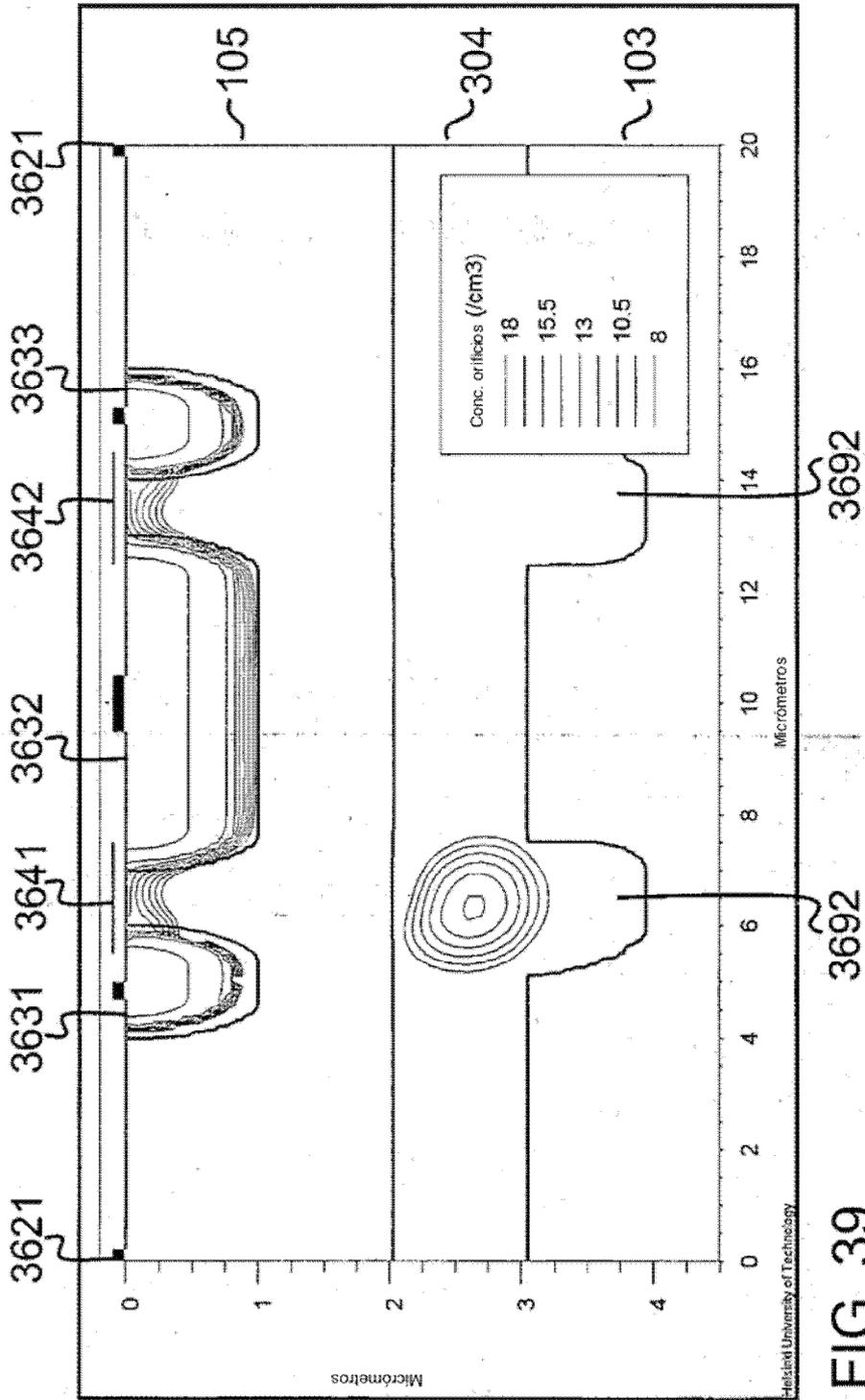
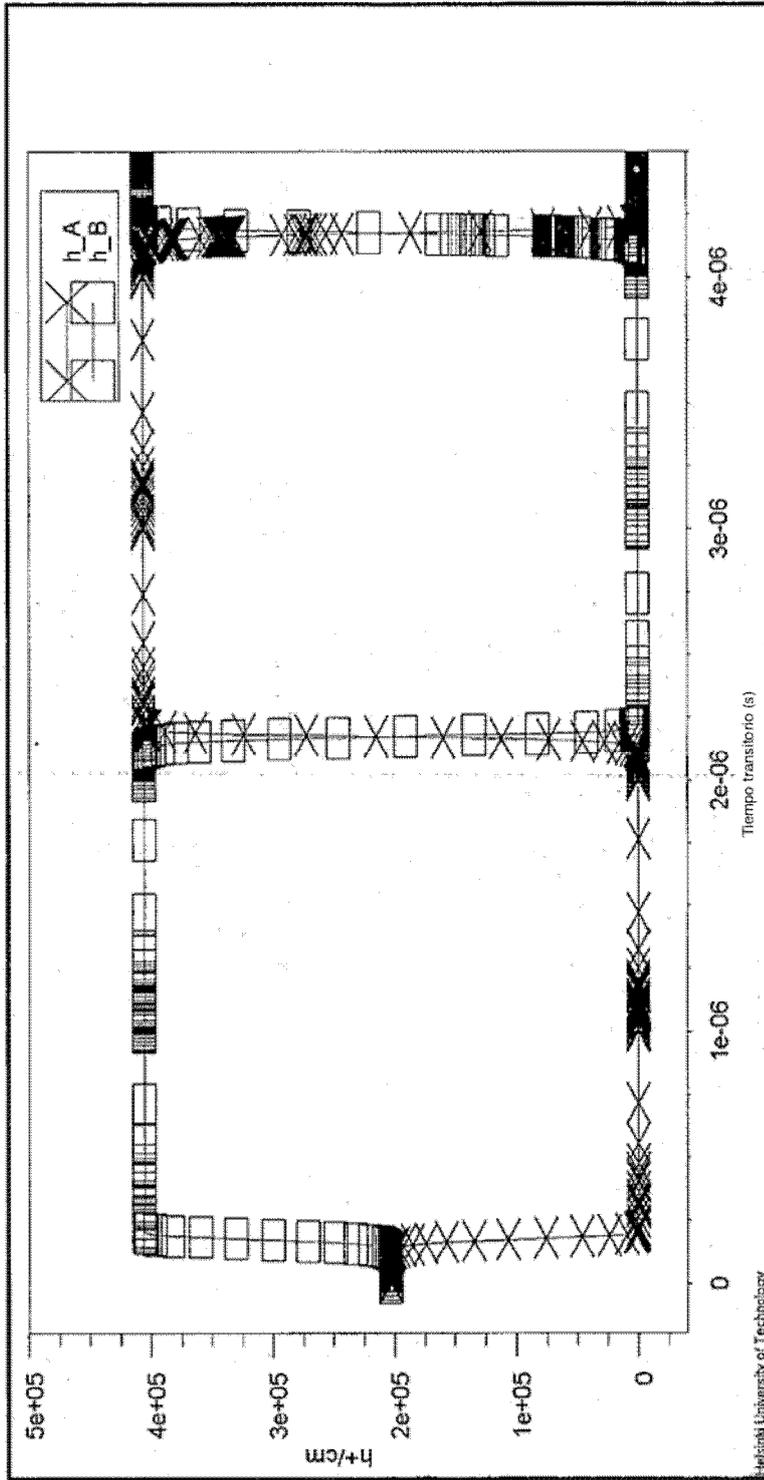


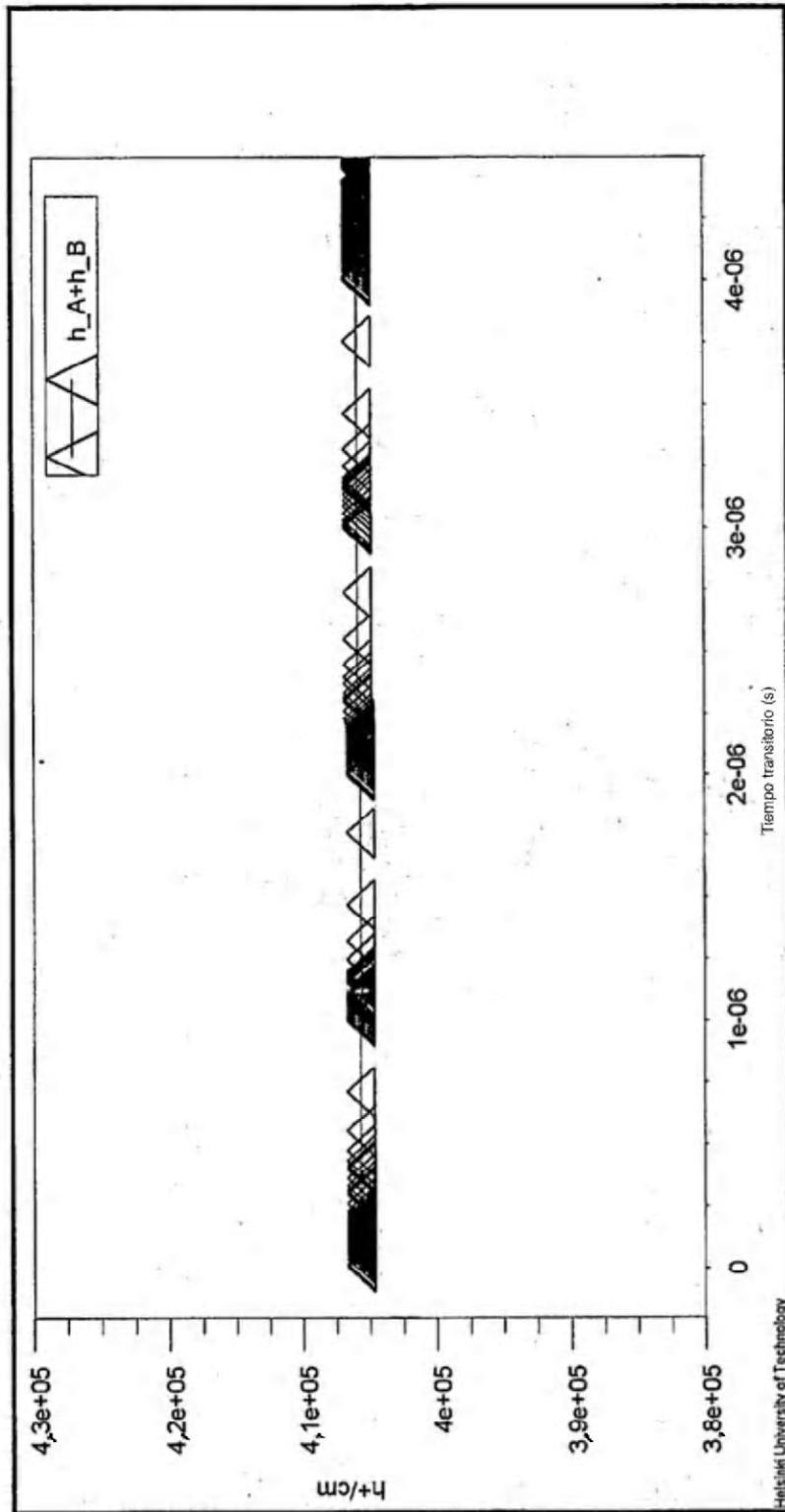
FIG. 38





Melina University of Technology

FIG. 40



Helsinki University of Technology

FIG. 41

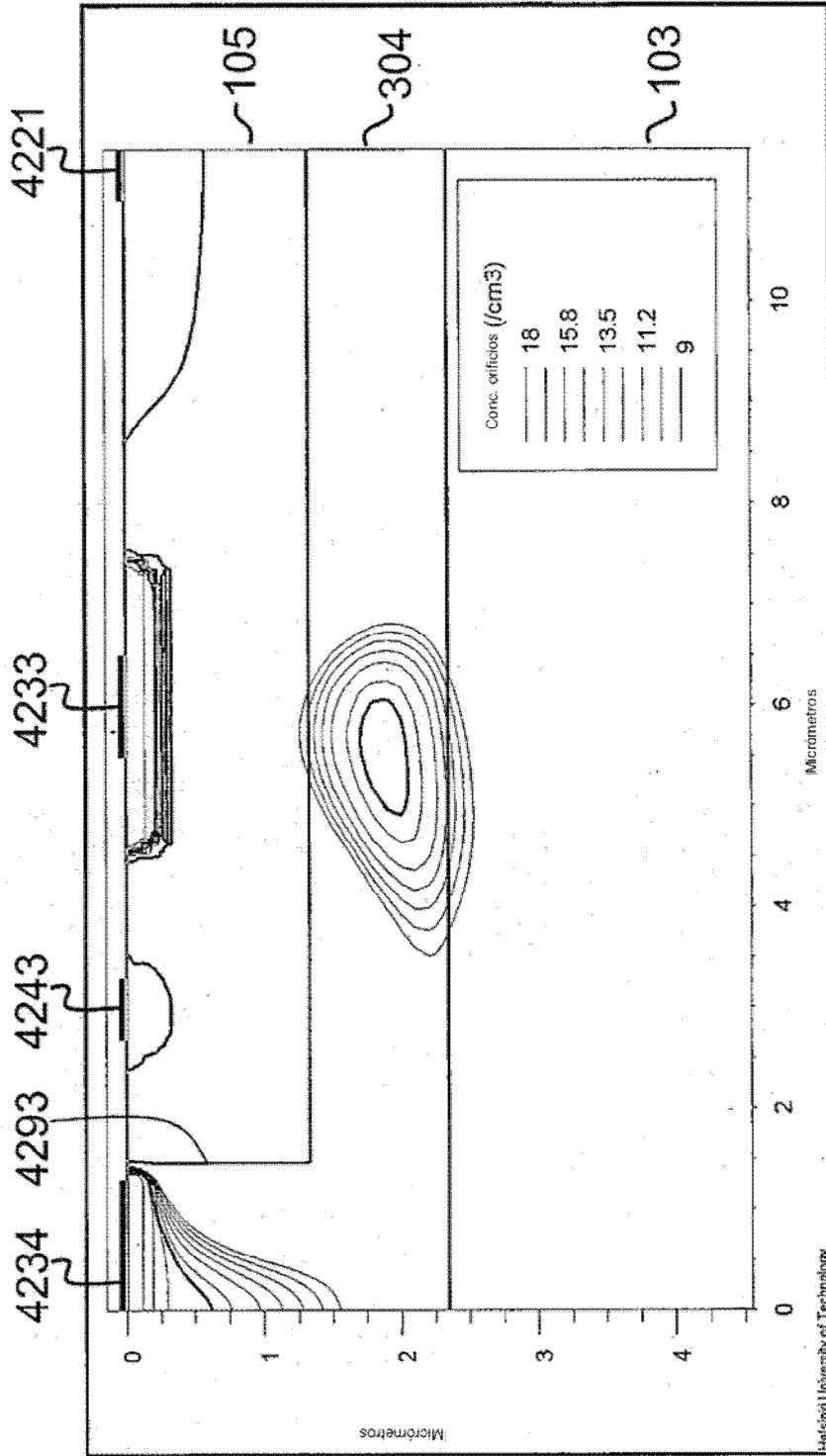


FIG. 42

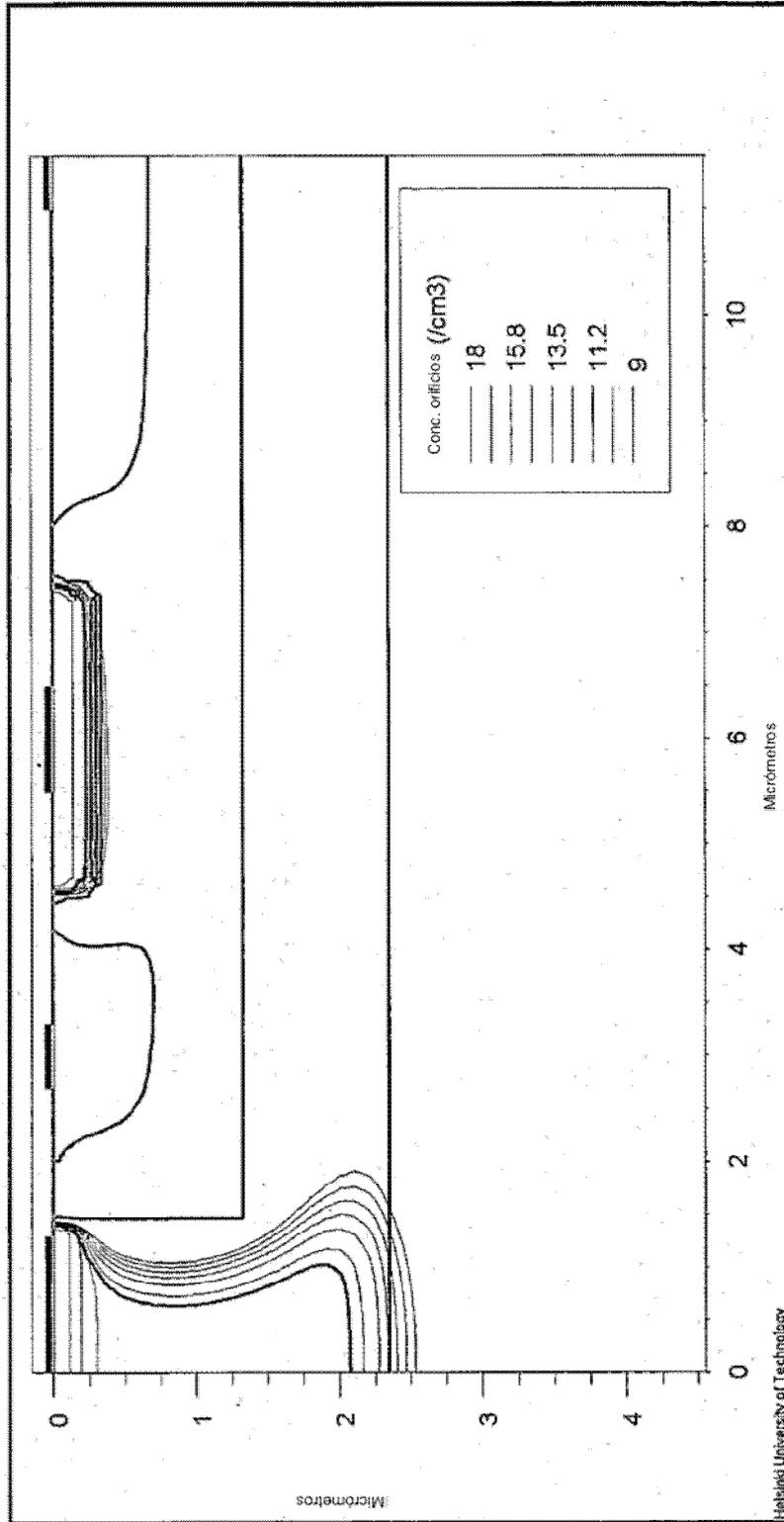


FIG. 43

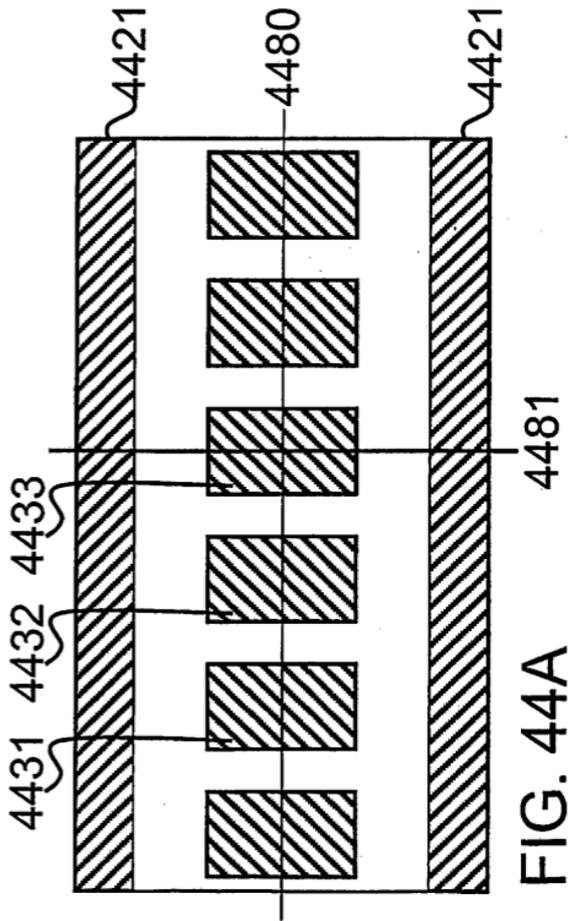


FIG. 44A

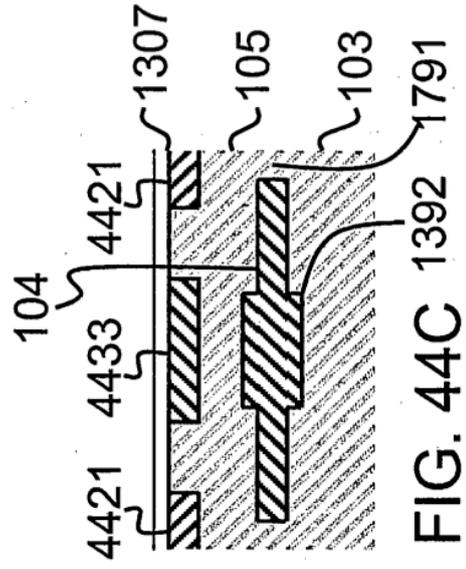


FIG. 44C

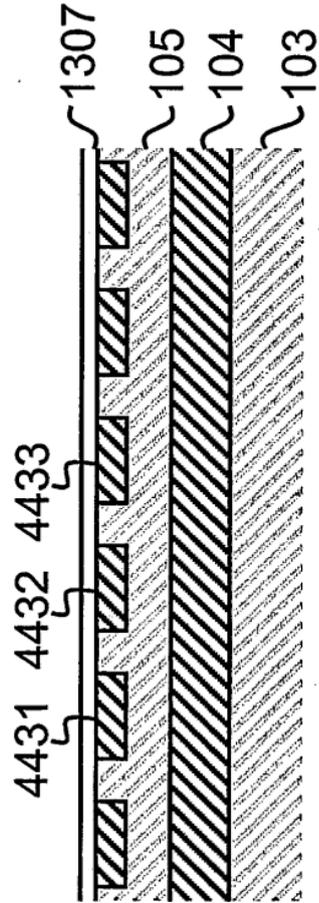


FIG. 44B