

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 573 089**

51 Int. Cl.:

H01L 21/266 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

H01J 37/317 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2010 E 10762439 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016 EP 2417623**

54 Título: **Técnicas para procesar un sustrato**

30 Prioridad:

08.04.2009 US 167550 P

07.04.2010 US 756036

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

06.06.2016

73 Titular/es:

**VARIAN SEMICONDUCTOR EQUIPMENT
ASSOCIATES, INC. (100.0%)
35 Dory Road
Gloucester, MA 01930, US**

72 Inventor/es:

**DANIELS, KEVIN M.;
LOW, RUSSELL J.;
RIORDON, BENJAMIN B. y
BATEMAN, NICHOLAS P. T.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 573 089 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

Técnicas para procesar un sustrato

Campo

5 La presente divulgación versa acerca de una técnica para procesar un sustrato, más en particular acerca de una técnica para introducir dopantes o impurezas en un sustrato.

Antecedentes

10 En la fabricación de dispositivos electrónicos, se introducen dopantes o impurezas en un sustrato para alterar la propiedad mecánica, óptica o eléctrica original del sustrato. En la fabricación de dispositivos de memoria, se pueden introducir iones de boro en un sustrato de silicio. Dado que los iones de boro y los átomos de silicio en la estructura reticular cristalina tienen distintas propiedades eléctricas, la introducción de suficiente cantidad de iones de boro puede alterar la propiedad eléctrica del sustrato de silicio.

15 Se puede utilizar la técnica de implantación de iones para introducir los dopantes. En esta técnica, se ioniza el material de alimentación que contiene las especies deseadas. A partir de entonces, se dirigen los iones del material de alimentación, en forma de un haz de iones que tiene la energía deseada, hacia el sustrato y se implantan posteriormente. Si los iones son de distintas especies, el ion puede alterar la propiedad del sustrato.

También se puede fabricar una célula solar, otro dispositivo basado en sustrato de silicio, introduciendo iones o dopantes en el sustrato de silicio. En el pasado, los dopantes han sido introducidos mediante un procedimiento de difusión en el que se dispone vidrio o pasta que contiene dopantes sobre el sustrato de silicio. A partir de entonces, se calienta el sustrato, y se difunden los dopantes en el vidrio o pasta en el sustrato mediante difusión térmica.

20 Aunque el procedimiento de difusión puede ser rentable, el procedimiento tiene muchas desventajas. En algunas células solares, es deseable llevar a cabo un dopado selectivo para introducir dopantes únicamente en la región seleccionada del sustrato. Sin embargo, es difícil de controlar el procedimiento de difusión, y puede ser difícil conseguir un dopado selectivo mediante difusión. El procedimiento puede tener como resultado un dopado impreciso o la formación de regiones dopadas no uniformes. Además, se pueden introducir huecos o burbujas de aire, u otros contaminantes en el sustrato junto con los dopantes durante el procedimiento de difusión.

25 Para abordar tales desventajas, se ha propuesto un dopado mediante un procedimiento de implantación de iones. En el procedimiento propuesto, se reviste el sustrato con una capa fotorresistente, y se lleva a cabo un procedimiento litográfico para exponer porciones del sustrato. A partir de entonces, se lleva a cabo la implantación de iones, y se implantan los dopantes en las porciones expuestas. El procedimiento, aunque consigue un dopado selectivo preciso, no es barato. Se requieren etapas y tiempo adicionales para revestir, modelar y eliminar la capa fotorresistente, cada una de las cuales añade costes al procedimiento de fabricación. Las etapas pueden ser más complicadas si las regiones que han de ser expuestas son sumamente pequeñas.

30 Cualquier coste añadido en la fabricación de la célula solar reduciría la capacidad de la célula solar para generar energía de bajo coste. Por otra parte, cualquier coste reducido en la fabricación de células solares de alto rendimiento con una eficacia elevada tendría un impacto positivo sobre la implementación mundial de células solares. Esto permitirá una mayor disponibilidad y adopción de tecnología de energía limpia.

Como tal, se necesita una nueva técnica.

35 El documento US 5 369 282 A da a conocer un procedimiento de exposición a un haz de electrones que incluye: producir una pluralidad de elementos de haz de electrones a partir de un único haz de electrones conformando e irradiar la pluralidad de elementos de haz de electrones sobre un sustrato. Se consigue la exposición una pluralidad de veces con patrones respectivos de haz de electrones por medio de distintos conjuntos de elementos de haz de electrones, produciéndose los elementos de haz de electrones de distintos conjuntos simultáneamente y siendo desviados simultáneamente, de forma que se barra el sustrato consecutivamente. Los elementos de haz de electrones en un conjunto están desplazados de los elementos correspondientes de haz de electrones del otro conjunto una separación de M/N representando N el número de conjuntos de haz de electrones y M es un número entero menor que N.

40 El documento US 2010/062589 A1 da a conocer máscaras para ser utilizadas con equipos de implantación de iones formándose las máscaras montando un conjunto de segmentos y separadores para crear una máscara que tiene la configuración deseada. Se mantiene unido este conjunto de partes con un soporte estructural. Se forma un panel mecanizando ranuras abiertas en un sustrato, de manera que se forme un dispositivo con forma de peine. Se pueden conectar entre sí dos paneles tales para formar una máscara. Los paneles pueden ser utilizados secuencialmente en un procedimiento de implantación de iones para crear contactos posteriores entrelazados. Se pueden superponer múltiples máscaras, de forma que se creen patrones de implantación que no pueden ser creados de forma eficaz utilizando una única máscara.

Sumario de la divulgación

Se proporciona la presente invención en la reivindicación 1 adjunta.

Se describirá ahora la presente divulgación con más detalle con referencia a realizaciones ejemplares de la misma, según se muestra en los dibujos adjuntos.

5 Breve descripción de los dibujos

Se describirá ahora la presente divulgación con más detalle con referencia a realizaciones ejemplares de la misma, según se muestra en los dibujos adjuntos. Aunque se describe la presente divulgación a continuación con referencia a realizaciones ejemplares, se debería comprender que la presente divulgación no está limitada a ello. Las personas con un nivel normal de dominio de la técnica reconocerán implementaciones, modificaciones y realizaciones adicionales, al igual que otros campos de uso, que se encuentran dentro del alcance de la presente divulgación según se describe en la presente memoria, y con respecto a las cuales la presente divulgación puede ser de utilidad significativa.

La FIG. 1 ilustra un sustrato que puede conseguirse utilizando la técnica descrita en la presente divulgación.

La FIG. 2 ilustra un sistema ejemplar de implantación de iones en la línea de haz para procesar un sustrato según una realización de la presente divulgación.

La FIG. 3 ilustra una máscara ejemplar para procesar un sustrato según una realización de la presente divulgación.

La FIG. 4 ilustra otra máscara ejemplar para procesar un sustrato según otra realización de la presente divulgación.

Las FIGURAS 5a y 5b ilustran una técnica ejemplar para procesar un sustrato según una realización de la presente divulgación.

La FIG. 6 ilustra otra técnica ejemplar para procesar un sustrato según una realización de la presente divulgación.

La FIG. 7 ilustra otra máscara ejemplar para procesar un sustrato según otra realización de la presente divulgación.

Las FIGURAS 8a y 8b ilustran otra técnica ejemplar para procesar un sustrato según otra realización de la presente divulgación.

La FIG. 9 ilustra otra máscara ejemplar para procesar un sustrato según otra realización de la presente divulgación.

La FIG. 10 ilustra otra máscara ejemplar para procesar un sustrato según otra realización de la presente divulgación.

La FIG. 11 ilustra otra técnica ejemplar para procesar un sustrato según otra realización de la presente divulgación.

La FIG. 12 ilustra otra máscara para procesar un sustrato según otra realización de la presente divulgación.

35 Descripción detallada

En la presente memoria se introducen varias realizaciones de técnicas para procesar un sustrato. Según la invención, con referencia a la FIG. 9, se muestra una máscara ejemplar 950 según una realización de la presente divulgación. En aras de la claridad y de la sencillez, se describe la máscara 950 en el contexto de aberturas. La máscara 950 comprende una pluralidad de filas 955a-955c de aberturas 956a-956c en la dirección 910 de la altura. En la presente realización, la máscara 950 comprende tres filas 955a-955c. En cada fila 955a-955c, se pueden disponer una o más aberturas 956a-956c. Las aberturas 956a-956c, en la presente realización, pueden tener forma rectangular. Según se ilustra en la FIG. 9, cada abertura 956a-956c de la presente realización comprende lados primero y segundo 967a y 967b que se extienden en la dirección 910 de la altura una distancia l y anchuras primera y segunda 969a y 969b que se extienden en la dirección 912 de la anchura una distancia w. En otras realizaciones, las aberturas 956a-956c pueden tener otras formas.

En la presente realización, las aberturas 956a-956c en filas adyacentes 955a-955c pueden no ser uniformes. La falta de uniformidad, en la presente realización, puede asociarse con la posición o la alineación de las aberturas 956a-956c. Por ejemplo, las primeras aberturas 956a en la primera fila 955a y las segundas aberturas 956b en la segunda fila 955b no están alineadas en la dirección 910 de la altura. En el proceso, se desplaza el centro de las aberturas 956a y 956b y no se alinean en la dirección 910 de la altura una distancia x.

Además, las aberturas 956a-956c en filas adyacentes 955a-955c están colocadas de forma que el primer lado 967a de las aberturas 956a-956c en una fila 955a-955c está desplazado y no alineado con el primer lado 967a de las aberturas 956a-956c en la fila adyacente 955a-955c. En la presente realización, se desplazan las aberturas 956a-956c en filas adyacentes de forma que el primer lado 967a de la primera abertura 956a está alineado con el segundo lado 967b de la segunda abertura 956b. En otras realizaciones, se puede desplazar el primer lado 967a de la primera abertura 956a y no alinearlo con el segundo lado 967b de la segunda abertura 956b una distancia d (no mostrada). En la presente invención, las primeras aberturas 956a están alineadas con las terceras aberturas 956c en la tercera fila 955c.

De forma similar a las máscaras de realizaciones alternativas descritas a continuación, la máscara 950 de la presente realización puede incluir diversos materiales.

Con referencia a la FIG. 10, se muestra otra máscara ejemplar 1050 según otra realización de la presente invención. En la presente realización, la máscara 1050 es similar a la máscara 950 mostrada en la FIG. 9. Sin embargo, las aberturas 956a-956c en filas adyacentes 955a-955c se solapan una distancia y , en la dirección 910 de la altura.

Con referencia a la Fig. 11, se muestra otra técnica ejemplar para procesar un sustrato según otra realización de la presente invención. La figura no está dibujada a escala necesariamente. En aras de la claridad y de la sencillez, se describirá la técnica de la presente realización con la máscara 950 ilustrada en la FIG. 9. Las personas con un nivel normal de dominio de la técnica reconocerán que se puede llevar a cabo la presente técnica con otras máscaras.

La técnica de la presente realización puede ser una técnica de múltiples partes, pudiendo ser la primera parte similar a la técnica descrita con las FIGURAS 5a, 5b, 8a y 8b en las realizaciones alternativas descritas a continuación. Como tal, se debería leer la técnica de la presente realización con la técnica de la realización alternativa descrita a continuación con las FIGURAS 5a, 5b, 8a y 8b.

En la presente realización, la máscara 950 está dispuesta entre una fuente (no mostrada) de iones y el sustrato (no mostrado). A partir de entonces, se dirige el haz 20 de iones hacia el sustrato en la trayectoria del haz de iones. Durante la primera parte de la técnica, se dirige el haz 20 de iones hacia la parte superior de la máscara 950. Por ejemplo, se pueden colocar el haz 20 de iones y la máscara 950 de forma que la primera parte del haz 20a de iones se solapa con al menos una porción de las segundas aberturas 956b en la segunda fila 955b. Por otra parte, la segunda parte del haz 20b de iones se solapa con al menos una porción de las primeras aberturas 956a en la primera fila 955a. Según se traslada el sustrato en la dirección 910 de la altura, se pueden formar regiones implantadas.

Si el primer lado 967a de la primera abertura 966a está alineado con el segundo lado 967b de la segunda abertura 966b en la dirección 910 de la altura, se pueden formar regiones de implantación que tienen una anchura igual a la anchura de las aberturas primera y segunda 956a y 956b. Si se desplaza el primer lado 967a de la primera abertura 966a del segundo lado 967b de la segunda abertura 966b una distancia d , se pueden formar regiones no implantadas que tienen la anchura d entre dos regiones de implantación separadas.

Durante la segunda parte de la técnica, que puede producirse antes o después de la primera parte, se mueve el haz 20 de iones con respecto a la máscara 950, de forma que se dirige el haz 20 de iones hacia la parte inferior de la máscara 950. Por ejemplo, se pueden colocar el haz 20 de iones y la máscara 950 de forma que la primera parte del haz 20a de iones se solape con al menos una porción de las terceras aberturas 956c en la tercera fila 955c. Por otra parte, la segunda parte del haz 20b de iones puede solaparse con al menos una porción de las segundas aberturas 956b. Según se traslada el sustrato, se puede mitigar la falta de uniformidad del haz de iones en la dirección 910 de la altura.

Si se utiliza la máscara 1050 mostrada en la FIG. 10, el solapamiento de las aberturas primeras y segundas 956a y 956b o el solapamiento de las aberturas segundas y terceras 956b y 956c permite la formación de regiones con muchas impurezas, que tienen una anchura y , entre regiones con pocas impurezas. Las regiones con muchas impurezas pueden formarse por medio de iones que pasan a través de las regiones de solapamiento, mientras que las regiones con pocas impurezas pueden formarse por medio de iones que pasan a través de las regiones no solapantes. Además, si la técnica es un procedimiento de múltiples partes, se puede mitigar la falta de uniformidad en la dirección de la altura del haz (no mostrado). En aras de la claridad y de la sencillez, las realizaciones pueden centrarse en la técnica para introducir dopantes o impurezas en un sustrato. Por ejemplo, las técnicas descritas en la presente memoria pueden ser utilizadas para formar regiones que contienen distintas dosis o niveles de impurezas y/o regiones que contienen distinto tipo de impurezas o de dopantes.

Realizaciones alternativas

Las siguientes realizaciones alternativas no son parte de la invención pero pueden ser útiles para comprender la misma. En la siguiente divulgación, las realizaciones alternativas se describen en el contexto de un sistema de implantación en línea de haz de haz plano. Aunque no se expone en detalle, no se descartan otros tipos de sistemas de implantación de iones, incluyendo sistemas de implantación de iones por haz de barrido que utilizan un haz puntual o concentrado de iones. Además, pueden ser igualmente aplicables otros tipos de sistemas de procesamiento de sustratos incluyendo, por ejemplo, sistemas de dopaje asistido por plasma (PLAD) o de implantación de iones por inmersión en plasma (PIII).

Los sustratos dados a conocer en las realizaciones pueden ser sustratos a base de silicio para la fabricación de células solares. Aunque se expone principalmente un sustrato a base de silicio, la presente divulgación puede ser igualmente aplicable a sustratos que contienen otros materiales. Por ejemplo, también pueden ser aplicables sustratos que contienen telurio de cadmio (CdTe), seleniuro de cobre-indio-galio (CIGS), u otros materiales. Además, también pueden ser aplicables a la presente divulgación otros sustratos de célula no solar. Los sustratos metálicos, otros sustratos semiconductores, y sustratos aislantes para la fabricación de otros dispositivos mecánicos,

electrónicos (por ejemplo, dispositivos de memoria) u ópticos (por ejemplo, diodos emisores de luz) u otros dispositivos pueden ser igualmente aplicables.

Con referencia a la FIG. 1, se muestra un sustrato ejemplar 100 fabricado utilizando las técnicas de la presente divulgación. En la presente realización, se muestra un sustrato 100 de célula solar. Por un lado, el sustrato 100 puede incluir una o más regiones 102 de contacto, en cada una de las cuales se puede formar un contacto metálico (no mostrado). Las regiones 102 de contacto pueden estar formadas introduciendo una dosis predeterminada de dopantes deseados en las regiones 102. Si el sustrato 100 incluye dos o más regiones 102 de contacto, se pueden separar las regiones 102 de contacto entre sí por medio de una región separadora 104. En algunas realizaciones, el sustrato 100 también puede comprender una o más regiones separadoras 104, y también se pueden introducir dopantes o impurezas en cada región separadora 104. En la presente realización, las especies de dopantes introducidas en las regiones 102 de contacto y en las regiones separadoras 104 pueden ser idénticas. Sin embargo, las regiones 102 de contacto pueden tener una mayor dosis de dopantes que la región separadora 104. Si el sustrato es una célula solar, este patrón de incluir regiones 102 de contacto con muchas impurezas y regiones separadoras 104 con pocas impurezas en el lado frontal del sustrato 100 puede ser denominado un diseño de emisor selectivo. Las regiones 102 de contacto con muchas impurezas pueden permitir una mejor superficie de contacto entre las regiones 101 de contacto y los contactos metálicos. Además, una mayor dosis de dopantes puede permitir una mayor conductividad eléctrica en la región 102 de contacto. Aunque no es preferible, en otras realizaciones, se pueden introducir distintas especies de dopantes en las regiones 102 de contacto y en las regiones separadoras 104. Por ejemplo, se pueden introducir dopantes de tipo p en una de la región 102 de contacto y de la región separadora 104, mientras que se introducen dopantes de tipo n en la otra de la región 102 de contacto y de la región separadora 104. En otro ejemplo, se pueden introducir dopantes del mismo tipo, pero distintas especies, en la región 102 de contacto y en la región separadora 104. Además, la dosis de los dopantes en las regiones 102 de contacto también puede ser mayor que la de la región separadora 104. De forma alternativa, la dosis en las regiones 102 de contacto puede ser igual o menor que la de la región separadora 104.

Con referencia a la FIG. 2, se muestra un sistema ejemplar 200 para procesar un sustrato según una realización de la presente divulgación. En la presente realización, se puede utilizar el sistema 200 para fabricar un sustrato de célula solar con un diseño de emisor selectivo mostrado en la FIG. 1. Según se ilustra en la FIG. 2, el sistema 200 puede ser un sistema de implantación de iones en la línea de haz, en el que se pueden introducir dopantes, en forma de iones, en el sustrato 100.

El sistema 200 de implantación de iones de la presente realización puede incluir una fuente 202 de iones acoplada a una unidad 230 de gas que contiene gas de alimentación de especies deseadas de dopantes. Se suministra el gas de alimentación desde la unidad 230 de gas a la fuente 202 de iones y, a partir de entonces, es ionizado. Este gas de alimentación puede contener especies de dopantes con uno o más elementos de los Grupos I y 3A-8A. Por ejemplo, el gas de alimentación puede contener hidrógeno (H), helio (He) u otros gases raros, oxígeno (O), nitrógeno (N), arsénico (As), boro (B), fósforo (P), antimonio, galio (Ga), indio (In) u otros gases. Además, el gas de alimentación puede contener carborano $C_2B_{10}H_{12}$ u otro compuesto molecular. Después de que se ioniza el gas de alimentación, se extraen los iones 20 de la fuente 202 de iones por medio de un electrodo 201 de extracción que incluye un electrodo 201a de supresión y un electrodo 201b de conexión a tierra. Se puede acoplar una fuente de alimentación (no mostrada) al electrodo 201 de extracción y puede proporcionar una tensión regulable.

El sistema 200 de implantación de iones también puede comprender componentes opcionales de la línea de haz. Los componentes de la línea de haz pueden ser opcionales, dado que los sistemas de otras realizaciones pueden omitir los componentes de la línea de haz. Si se incluyen, los componentes de la línea de haz opcionales pueden incluir al menos uno de un analizador 203 de masas, un imán 207 corrector del ángulo, y etapas primera y segunda 205 y 209 de aceleración/desaceleración.

El analizador 203 de masas puede desviar los iones en función de su masa. Los iones que tienen una masa deseada pueden ser desviados suficientemente para que pasen a través de la abertura de salida del analizador 203 de masas y desplazarse más corriente abajo del sistema 200. Por otra parte, los iones que tienen una masa no deseada pueden ser desviados insuficiente o excesivamente, y los iones pueden ser dirigidos hacia las paredes del analizador 203 de masas. Por otra parte, el imán 207 corrector del ángulo puede colimar los iones 20 que se desplazan en una trayectoria que diverge con respecto a una trayectoria sustancialmente paralela. En la presente realización, se puede colimar un haz divergente 20 de iones en un haz sustancialmente paralelo 20 de iones con forma plana. Si se incluyen, las etapas primera y segunda 205 y 207 de aceleración/desaceleración pueden acelerar o desacelerar los iones en el haz 20 de iones que se desplazan en la trayectoria del haz de iones.

El haz 20 de iones que se desplaza en la trayectoria del haz de iones puede ser dirigido hacia la estación terminal 206. En la estación terminal 206, se pueden colocar uno o más sustratos 100 en la trayectoria del haz de iones, de forma que se implanten los iones en el haz 20 de iones en el sustrato 100. Para controlar el procedimiento de implantación, la estación terminal 206 puede contener diversos componentes. Por ejemplo, la estación terminal 206 puede contener una placa 214 que puede soportar el o los sustratos 100. La placa 214, además de soportar el sustrato 100, también puede controlar, por ejemplo, la temperatura del sustrato 100 para proporcionar una implantación de iones en caliente o en frío. Para proporcionar la implantación de iones en frío, la placa 214 puede

mantener el sustrato 100 a una temperatura inferior a la temperatura ambiente, preferentemente inferior a 273 °K. Para proporcionar una implantación de iones en caliente, la placa 214 puede mantener el sustrato 100 a una temperatura superior a la temperatura ambiente, preferentemente superior a 293 °K. Además de la placa 214, el sistema 200 de implantación de iones de la presente divulgación puede contener una estación (no mostrada) de enfriado y/o de calentamiento en la que se puede enfriar o calentar el sustrato 100 antes de la implantación de iones o después de la implantación de iones.

La estación terminal 206 también puede contener un explorador por barrido (no mostrado), por ejemplo, un "roplat", que puede colocar el sustrato 100 en la trayectoria del haz 20 de iones. El explorador por barrido también puede trasladar/girar el sustrato 100 hasta una posición y una orientación deseadas con respecto al haz 20 de iones. En una realización, se puede orientar el sustrato 100 sustancialmente perpendicular con respecto a la trayectoria del haz de iones, de forma que los iones se implantan con un ángulo incidente o de implantación sustancialmente de 0°. En otra realización, el sustrato puede ser no perpendicular con respecto al haz 20 de iones para proporcionar un ángulo incidente o de implantación no nulo. En una realización, el ángulo de implantación puede permanecer constante durante todo el procedimiento de implantación. En otra realización, el ángulo de implantación puede variarse durante el procedimiento de implantación. En la presente divulgación, se puede trasladar el sustrato 100 a una velocidad deseada, de forma que se controle la dosis de los iones implantados. Para garantizar una dosis apropiada, la estación terminal 306 también puede incluir un sistema de dosificación.

Entre la fuente 202 de iones y el sustrato 100, se pueden ubicar una o más máscaras 250. En la presente divulgación, la máscara 250 puede incluir uno o más dedos para impedir que los iones 20 alcancen el sustrato 100. La máscara 250 también puede incluir una o más aberturas a través de las cuales pueden pasar los iones 20 y pueden ser implantados en el sustrato 100. La máscara 250 puede estar soportada por diversos componentes del sistema 200 incluyendo la pared de la estación terminal 206. Se puede proporcionar una orientación o posición apropiada de la máscara 250 con respecto al haz 20 de iones y/o al sustrato 100 por medio de diversos componentes que soportan la máscara 250. Por ejemplo, se puede acoplar un accionador (no mostrado) a la máscara 250 para trasladar, girar o inclinar la máscara 250 con respecto al sustrato 100 y/o al haz 20 de iones. Para evitar que la temperatura de la máscara 250 aumente excesivamente, también se puede proporcionar un enfriamiento de la máscara 250.

Con referencia a la FIG. 3, se muestra una máscara ejemplar 350 según una realización de la presente divulgación. En la presente realización, la máscara 350 puede comprender al menos un dedo 352. La máscara 350 puede contener opcionalmente una base 354, y el dedo 352 puede estar soportado por la base 354. Si la máscara 350 no contiene la base 354, la máscara 350 puede ser uno o más dedos 352 que están soportados y/o mantenidos unidos. Si la máscara 350 comprende dos o más dedos 352, los dedos 352 pueden estar separados entre sí para definir un hueco o abertura 356. En una realización, la máscara 350 puede tener una pluralidad de dedos 352 para definir uno o más huecos o aberturas, y los dedos 352 pueden tener una forma y un tamaño uniformes. Además, los dedos 352 pueden estar configurados de forma que los huecos o aberturas 356 tengan una forma y un tamaño uniformes. En otra realización, la máscara 350 puede tener 61 dedos 352, y los dedos 352 están configurados para formar 60 aberturas uniformes y rectangulares 356. Sin embargo, las personas con un nivel normal de dominio de la técnica reconocerán que la máscara 350 puede tener cualquier número de dedos 352 y de aberturas 356. Además, las aberturas 356 pueden tener diversas formas y tamaños, uniformes o no uniformes.

La máscara 350 puede estar fabricada de diversos materiales. Preferentemente, la máscara está fabricada de un material inerte con capacidad para soportar la condición reactiva de implantación de iones. Ejemplos del material contenido en la máscara 350 pueden incluir cuarzo, grafito, silicio (Si), SiC y SiN. También se pueden incluir otros ejemplos de los materiales en la máscara 350. Ejemplos de otros materiales pueden incluir material que contiene especies dopantes.

Con referencia a la FIG. 4, se muestra otra máscara ejemplar 450 según otra realización de la presente divulgación. En la presente realización, la máscara 450 puede comprender al menos un dedo 452. La máscara 450 también puede comprender bases primera y segunda 454a, 454b que soportan el dedo 452, dispuestas en lados opuestos de la máscara 450. Si se desea, la máscara 450 también puede incluir bases tercera y cuarta 454c y 454d dispuestas junto a los dedos, en lados opuestos de la máscara 450. De forma alternativa, se pueden sustituir las bases tercera y cuarta 454c y 454d por dedos adicionales 452. Si la máscara 450 comprende dos o más dedos 452, los dedos 452 pueden estar separados entre sí para definir uno o más huecos o aberturas 456. En una realización, la máscara 450 puede tener una pluralidad de dedos 452, y los dedos 452 pueden tener una forma y un tamaño uniformes. Además, los dedos 52 pueden estar configurados de forma que las aberturas 456 tengan una forma y un tamaño uniformes. Sin embargo, las personas con un nivel normal de dominio de la técnica reconocerán que la máscara 450 puede tener cualquier número de dedos 452 y de aberturas 456. Además, las aberturas 456 pueden tener diversos tamaños y formas, uniformes o no uniformes.

De forma similar a la máscara 350 de la anterior realización mostrada en la FIG. 3, la máscara 450 puede incluir diversos materiales. En aras de la claridad y de la sencillez, se omitirá la descripción de los materiales.

Con referencia a las FIGURAS 5a y 5b, se muestra una técnica ejemplar para procesar un sustrato según una realización de la presente divulgación. Las figuras no están dibujadas necesariamente a escala. En aras de la claridad y de la sencillez, se describe la técnica utilizando el sistema 200 de implantación de iones en la línea de haz mostrado en la FIG. 2 y la máscara 350 mostrada en la FIG. 3. Sin embargo, se pueden utilizar otros sistemas, incluyendo el sistema de implantación de iones por haz de barrido utilizando un haz puntual o concentrado de iones. Además, también se pueden utilizar otras máscaras, incluyendo la máscara 450 mostrada en la FIG. 4. En aras de la claridad y de la sencillez, se puede describir la presente técnica en el contexto de la altura del haz. Las personas con un nivel normal de dominio de la técnica reconocerán que para el implantador de iones de haz plano, la altura del haz puede hacer referencia a la altura real del haz plano. Con respecto al implantador de iones por haz de barrido que utiliza un haz puntual o concentrado, la expresión puede hacer referencia a la altura de un área por medio de la cual se se hace un barrido con el haz puntual para conseguir el efecto similar al del implantador de iones de haz plano.

En la presente realización, se puede disponer un sustrato 500 y la máscara 350 en el sistema 200 de implantación de iones. Según se ilustra en las FIGURAS 5a y 5b, se pueden dimensionar y colocar los dedos 352 de la máscara 350 de forma que no se extiendan a través de toda la altura del sustrato 500, en la dirección de la altura mostrada por la flecha 510. Los dedos 352 también pueden estar dimensionados o colocados de forma que no se extiendan a través de toda la altura del haz 20 de iones. En la presente realización, los dedos 352 de la máscara 350 pueden extenderse a través de aproximadamente un 50% de la altura del haz 20 de iones. Con los dedos 352 extendiéndose en menos de toda la altura, se puede dividir el haz 20 de iones, cuando es dirigido hacia el sustrato 500, en múltiples partes. Por ejemplo, el haz 20 de iones puede comprender una primera parte 20a que se extiende desde el primer borde 20i del haz 20 de iones hasta una línea imaginaria 20iii de referencia. El haz 20 de iones también puede comprender una segunda parte 20b que se extiende desde el segundo borde 20ii del haz 20 de iones hasta la línea 20iii de referencia. La línea 20iii de referencia puede estar definida por un extremo de los dedos 352i.

Si los dedos 352 se extienden en aproximadamente un 50% de la altura del haz 20 de iones, las alturas de las partes primera y segunda 20a y 20b pueden ser sustancialmente idénticas. Se pueden implantar los iones en la primera parte del haz 20a de iones directamente en el sustrato 500 para llevar a cabo la implantación generalizada de iones. Por otra parte, se implanta una porción de los iones en la segunda parte 20b en el sustrato 500 por medio de las aberturas 356 para llevar a cabo una implantación selectiva de iones.

Cada uno del haz 20 de iones, de la máscara 350 y del sustrato 500 puede tener una libertad independiente de giro y de traslación, y el haz 20 de iones, la máscara 350 y el sustrato 500 pueden inclinarse, girar y/o trasladarse conjunta o independientemente. En la presente realización, la máscara 350 puede estar colocada de forma fija con respecto al haz 20 de iones. Por otra parte, el sustrato 500 puede trasladarse con respecto al haz 20 de iones y/o a la máscara 350, en la dirección de la altura mostrada por la flecha 510. Aunque no se expone en detalle, el sustrato 500, en otra realización, también puede trasladarse con respecto al haz 20 de iones y/o a la máscara 350, en una dirección mostrada por la flecha 512. Según se traslada el sustrato 500 en la dirección 510 de la altura, se pueden formar las regiones primera y segunda 502 y 504 que contienen dopantes. La primera región 502 puede ser una región con muchas impurezas, ya que se implantan los dopantes desde las partes primera y segunda del haz 20a y 20b de iones. Por otra parte, la segunda región 504 puede ser una región con pocas impurezas, ya que se implantan los dopantes o iones desde la primera parte del haz 20a de iones. Comparando el sustrato 500 de la presente realización con el sustrato 100 mostrado en la FIG. 1, la primera región 502 con muchas impurezas puede corresponderse con la región 102 de contacto, mientras que la segunda región 504 con pocas impurezas puede corresponderse con la región separadora 104. En otras realizaciones en las que la región 102 de contacto tiene una dosis de dopantes menor que la región separadora 104, la primera región 502 con muchas impurezas puede corresponderse con la región separadora 104, mientras que la segunda región 504 con pocas impurezas puede corresponderse con la región 102 de contacto.

Dependiendo de la altura de los dedos 352 y del haz 20 de iones, se puede regular la dosis o el nivel de dopantes en las regiones primera y segunda 502 y 504. En la presente realización, la altura de los dedos 352 puede ser de aproximadamente un 50% de la altura del haz 20 de iones. Como resultado, las partes primera y segunda del haz 20a y 20b de iones resultantes de los dedos 352 pueden tener una altura idéntica. Si la cantidad de iones en el haz 20 de iones es sustancialmente uniforme en la dirección 510 de la altura, y si la velocidad a la que se traslada el sustrato 500 es constante, la dosis de dopantes en la primera región 502 puede ser aproximadamente el doble que en la segunda región 504. Por ejemplo, la dosis de dopantes en la primera región 502 puede ser de aproximadamente $2E15/cm^2$, mientras que la dosis de dopantes en las segundas regiones 504 tienen una dosis de dopantes de $1E15/cm^2$. En otra realización, la altura de los dedos 352 puede ser de aproximadamente un 33% (un tercio) de la altura del haz 20 de iones. En esa realización, la altura de la primera parte del haz 20a de iones puede ser aproximadamente un 50% mayor que la de la segunda parte 20b. Después de la implantación de iones, la cantidad de dopantes en la primera región 502 puede ser aproximadamente un 50% mayor que la cantidad de dopantes en la segunda región 504. Como tal, la relación de la dosis de dopantes en las regiones primera y segunda 502 y 504 puede ser de aproximadamente 3:2.

Además del control de la dosis de dopantes, se puede regular la altura del dedo 352 para proporcionar al haz de iones una regulación de uniformidad. Por ejemplo, se pueden regular la longitud de los dedos 352 de la máscara 350 para conseguir una implantación con uniformidad de 2×.

5 Utilizando la técnica de la presente divulgación, se puede fabricar un sustrato que tiene dos regiones con distintas dosis de dopantes. A diferencia de la técnica convencional, la técnica de la presente divulgación, cuando se utiliza, puede conseguir la implantación generalizada y selectiva con un haz de iones o con un paso del haz de iones para generar dos regiones simultáneamente o de forma sustancialmente simultánea. Además, la técnica no requiere dos máscaras distintas. Además, se pueden evitar etapas adicionales de colocación de distintas máscaras, de procesamiento con distintas máscaras y de retirar las máscaras. La técnica descrita en la presente divulgación es
10 mucho más sencilla y eficaz.

Con referencia a la FIG. 6, se muestra otra técnica ejemplar para procesar un sustrato según una realización de la presente divulgación. Las figuras no están dibujadas necesariamente a escala. Las personas con un nivel normal de dominio de la técnica reconocerán que la presente realización contiene muchas características que son similares a las descritas en las anteriores realizaciones. En aras de la claridad y de la sencillez, puede que no se repita la descripción de características similares. Las características no están dibujadas necesariamente a escala.
15

En la presente realización, el sustrato 500 y la máscara 650 pueden estar dispuestos en un sistema de implantación de iones. A partir de entonces, se puede dirigir el haz 30 de iones hacia el sustrato 400. En la presente realización, la altura del haz 30 de iones, en la dirección mostrada por la flecha 510, puede ser suficientemente grande, de forma que sea innecesaria la traslación del sustrato 400 con respecto al haz 30 de iones. En otras palabras, la altura del
20 haz 30 de iones es suficientemente grande, de forma que la región en el sustrato 500 que ha de ser implantada puede estar abarcada por la altura del haz 30 de iones, y no se necesita trasladar el sustrato 500 o el haz 30 de iones con respecto al otro.

Por otra parte, la máscara 650 de la presente realización puede ser similar a la máscara 350. De forma similar a la anterior realización, cada uno del haz 30 de iones, de la máscara 650 y del sustrato 500 de la presente realización puede tener una libertad independiente de giro y de traslación. Sin embargo, el sustrato 500 y el haz 30 de iones pueden colocarse de forma fija uno con respecto al otro, de forma que puedan inclinarse, girar y/o trasladarse conjuntamente. Por otra parte, la máscara 650 puede trasladarse con respecto al haz 30 de iones y al sustrato 500. Según se traslada la máscara 650 en la dirección de la altura, se pueden formar la primera región 502 con muchas impurezas y la segunda región 504 con pocas impurezas. Para evitar una implantación adicional de los dopantes en
30 las regiones primera y segunda 502 y 504, la máscara 650 de la presente realización puede incluir, opcionalmente, una base 654 con una mayor altura. Al llevar a cabo la técnica de la presente realización, se pueden conseguir la primera región 502 con muchas impurezas y la segunda región 504 con pocas impurezas trasladando la máscara 650 con respecto al haz 30 de iones.

Con referencia a la FIG. 7, se muestra otra máscara ejemplar 750 según otra realización de la presente divulgación. En la presente realización, la máscara 750 puede comprender partes superior e inferior 702 y 704 dispuestas en
35 lados opuestos de la máscara 750. Las personas con un nivel normal de dominio de la técnica reconocerán que cada una de las partes superior e inferior 702 y 704 es similar a la máscara 350 de la anterior realización ilustrada en la FIG. 3. En cada una de las partes superior e inferior 702 y 704, la máscara 750 puede comprender uno o más primeros dedos 752a y uno o más segundos dedos 752b. La máscara 750 también puede comprender bases primera y segunda opcionales 754a y 754b que soportan los dedos primeros y segundos 752a y 752b. Además, la máscara 750 también puede incluir bases tercera y cuarta opcionales 754c y 754d dispuestas junto a los dedos, en
40 lados opuestos.

Si cada una de las partes superior e inferior 702 y 704 de la máscara 750 comprende dos o más dedos primeros y segundos 752a y 752b, los dedos 752a y 752b pueden estar separados entre sí, en la dirección 712 de la anchura, para definir una o más primeras aberturas 756a. La máscara 750 también puede comprender una segunda abertura 756b definida por las partes superior e inferior 702 y 704 que están separadas entre sí en la dirección 710 de la altura.
45

De forma similar a las máscaras 350 y 450 de anteriores realizaciones, la máscara 750 de la presente realización puede incluir diversos materiales.

50 Con referencia a las FIGURAS 8a y 8b, se muestra otra técnica ejemplar para procesar un sustrato según otra realización de la presente divulgación. Las figuras no están dibujadas necesariamente a escala. En aras de la claridad y de la sencillez, se describirá la técnica de la presente realización con la máscara 750 ilustrada en la FIG. 7. Las personas con un nivel normal de dominio de la técnica reconocerán que se puede llevar a cabo la presente técnica con otras máscaras. Además, en aras de la claridad y de la sencillez, no se muestran las bases tercera y cuarta opcionales 754c y 754d.
55

La técnica de la presente realización puede ser una técnica de múltiples partes, en la que la primera parte puede ser similar a la técnica descrita con las FIGURAS 5a y 5b. Como tal, se debería leer la presente realización con la técnica de la anterior realización descrita con las FIGURAS 5a y 5b.

En la presente realización, se puede disponer la máscara 750 entre la fuente (no mostrada) de iones y el sustrato 500. A partir de entonces, se puede dirigir el haz 20 de iones hacia el sustrato 500 en la trayectoria del haz de iones. Durante la primera parte de la técnica, se puede dirigir el haz 20 de iones hacia la parte superior 702 de la máscara 750, y se puede disponer la parte superior 702 de la máscara en la trayectoria del haz de iones. Según se ilustra en la FIG. 8a, los primeros dedos 752a pueden estar dimensionados o colocados de forma que los primeros dedos 752a no se extiendan en toda la altura del haz 20 de iones. En el proceso, se puede dividir el haz 20 de iones en las partes primera y segunda 20a y 20b. Se pueden implantar los iones en la primera parte 20a del haz 20 de iones directamente en el sustrato por medio de la segunda abertura 756b, de forma que se lleve a cabo una implantación generalizada de iones. Por otra parte, una porción de los iones de la segunda parte 20b del haz 20 de iones puede pasar a través de una o más primeras aberturas 756a para llevar a cabo una implantación selectiva de iones. De forma similar a la técnica dada a conocer en las FIGURAS 5a y 5b, el sustrato 500 puede trasladarse en la dirección 710 de la altura. Por otra parte, se puede colocar de manera fija la parte superior 702 de la máscara 750 con el haz 20 de iones. Como resultado, se pueden formar regiones (no mostradas) con muchas impurezas y regiones (no mostradas) con pocas impurezas sobre el sustrato 500.

Durante la segunda parte de la técnica, que puede producirse después o antes de la primera parte, se puede dirigir el haz 20 de iones hacia la parte inferior 704 de la máscara 750. De forma similar a la primera parte de la técnica, se pueden dimensionar o colocar los segundos dedos 752b de forma que los segundos dedos 752 b no se extiendan en toda la altura del haz 20 de iones. En el proceso, se puede dividir el haz 20 de iones en partes primera y segunda 20a y 20b. A diferencia de la primera parte de la técnica, se puede utilizar la primera parte del haz 20a de iones para llevar a cabo una implantación selectiva de iones por medio de las primeras aberturas 756a en la parte inferior 704 de la máscara 750. Por otra parte, se puede llevar a cabo una implantación generalizada de iones con la segunda parte 20b del haz 20a de iones.

La técnica de la presente realización proporciona varias ventajas. Entre otras, se puede utilizar la técnica para abordar la falta de uniformidad del haz 20 de iones en la dirección 710 de la altura. En muchos implantadores de iones, puede existir una falta de uniformidad tal como, por ejemplo, una variación de las dosis de iones en la dirección de la altura. La variación puede ser causada, entre otros, por el efecto de carga espacial. Al utilizar las partes tanto primera como segunda del haz de iones para generar las regiones con muchas impurezas y con pocas impurezas, se puede mitigar la falta de uniformidad.

Además, se puede determinar la posición de la máscara 750 con respecto al sustrato. Por ejemplo, se puede disponer la máscara 750 corriente arriba del sustrato 500 sin calibrar la posición relativa de los dedos primeros y segundos 752a y 752b con respecto al sustrato 500 y al haz 20 de iones. Se puede dirigir el haz 20 de iones hacia la máscara 750, y en función de la pérdida de la corriente del haz de iones debida a los dedos 752a y 752b, se puede generar el "mapa de oblea". Además, se puede regular la velocidad con la que el haz de iones o el sustrato barre en la dirección 710 de la altura para compensar cualquier asimetría. Por ejemplo, se puede mover la máscara 750 con respecto al haz de iones mientras que se da la vuelta al sustrato 500, cuando no se está implantando iones en el sustrato 500. Esto puede permitir que se cancelen las faltas de uniformidad en la porción de implantación generalizada del sustrato. Puede que no se necesite mover la máscara 750 cada vez que se dé la vuelta al sustrato, pero puede ser movida a intervalos que minimicen el solapamiento con fluctuaciones del haz de iones. Por ejemplo, esto puede evitar armónicos de 50 y 60 Hz.

Con referencia a la FIG. 12, se muestra otra máscara ejemplar según otra realización de la presente divulgación. La máscara 1250 puede comprender una pluralidad de filas, cada una de las cuales contiene una o más aberturas. En la presente realización, la máscara 1250 puede comprender 5 filas 1255a-1255e, y se pueden disponer una o más aberturas 1256a-1256e en cada fila. Según se ilustra en la FIG. 10, las aberturas 1056a-1056e en filas adyacentes no son uniformes. Por ejemplo, las aberturas 1056a-1056e en filas adyacentes pueden diferir con respecto al tamaño y a la posición.

De forma similar a las máscaras de anteriores realizaciones, la máscara 1050 de la presente realización puede incluir diversos materiales.

REIVINDICACIONES

1. Una máscara (950, 1050) para procesar un sustrato (100), comprendiendo la máscara (950, 1050):
una o más primeras aberturas (956a) dispuestas en una primera fila (955a);
una o más segundas aberturas (956b) dispuestas en una segunda fila (955b); y
5 una o más terceras aberturas (956c) dispuestas en una tercera fila (955c), extendiéndose cada fila en una dirección (912) de la anchura de la máscara (950, 1050), en la que la segunda fila (955b) es adyacente a las filas primera y tercera (955a, 955c) y está dispuesta entre las filas primera y tercera (955a, 955c), las una o más primeras aberturas (956a) y las una o más segundas aberturas (956b) no están alineadas en una dirección (910) de la altura de la máscara (950, 1050), estando la máscara **caracterizada porque** las una o más primeras aberturas (956a) y las una o más terceras aberturas (956c) están alineadas en la
10 dirección (910) de la altura de la máscara (950, 1050).
2. La máscara (950, 1050) según la reivindicación 1, en la que las una o más primeras aberturas (956a) y las una o más segundas aberturas (956b) no tienen una región de solapamiento en la dirección (910) de la altura.
3. La máscara (950, 1050) según la reivindicación 1, en la que las una o más primeras aberturas (956a) y las una o más segundas aberturas (956b) se solapan en la dirección (910) de la altura para definir una región de solapamiento.
15
4. La máscara (950, 1050) según la reivindicación 1, en la que la máscara (950, 1050) comprende dos o más primeras aberturas (956a) en la primera fila (955a) y dos o más segundas aberturas (956b) en la segunda fila (955b),
20 en la que las dos o más primeras aberturas (956a) en la primera fila (955a) están alineadas entre sí en una dirección (912) de la anchura de la máscara (950, 1050).
5. La máscara (950, 1050) según la reivindicación 4, en la que las dos o más segundas aberturas (956b) en la segunda fila (955b) están alineadas entre sí en la dirección (912) de la anchura de la máscara (950, 1050).
6. La máscara (950, 1050) según la reivindicación 5, en la que cada una de los dos o más primeras aberturas (956a) y cada una de las dos o más segundas aberturas (956b) se encuentran en una relación no alineada entre sí en la dirección (910) de la altura.
25

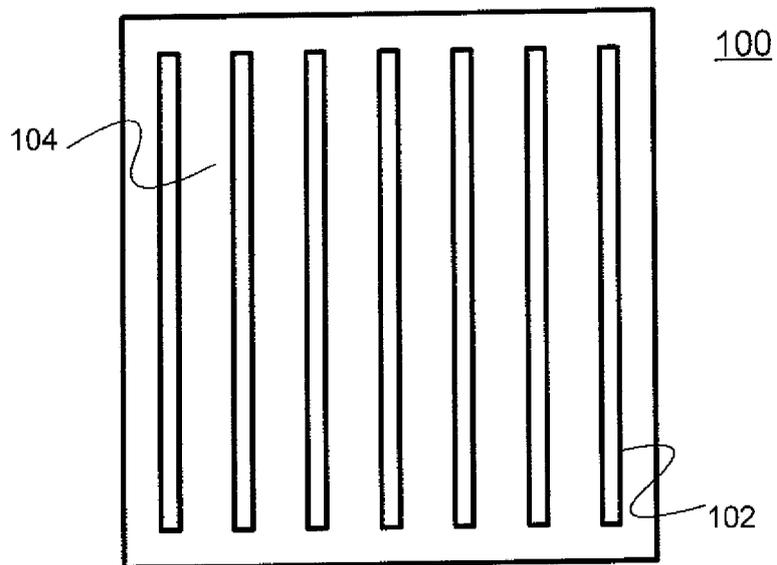


FIG. 1

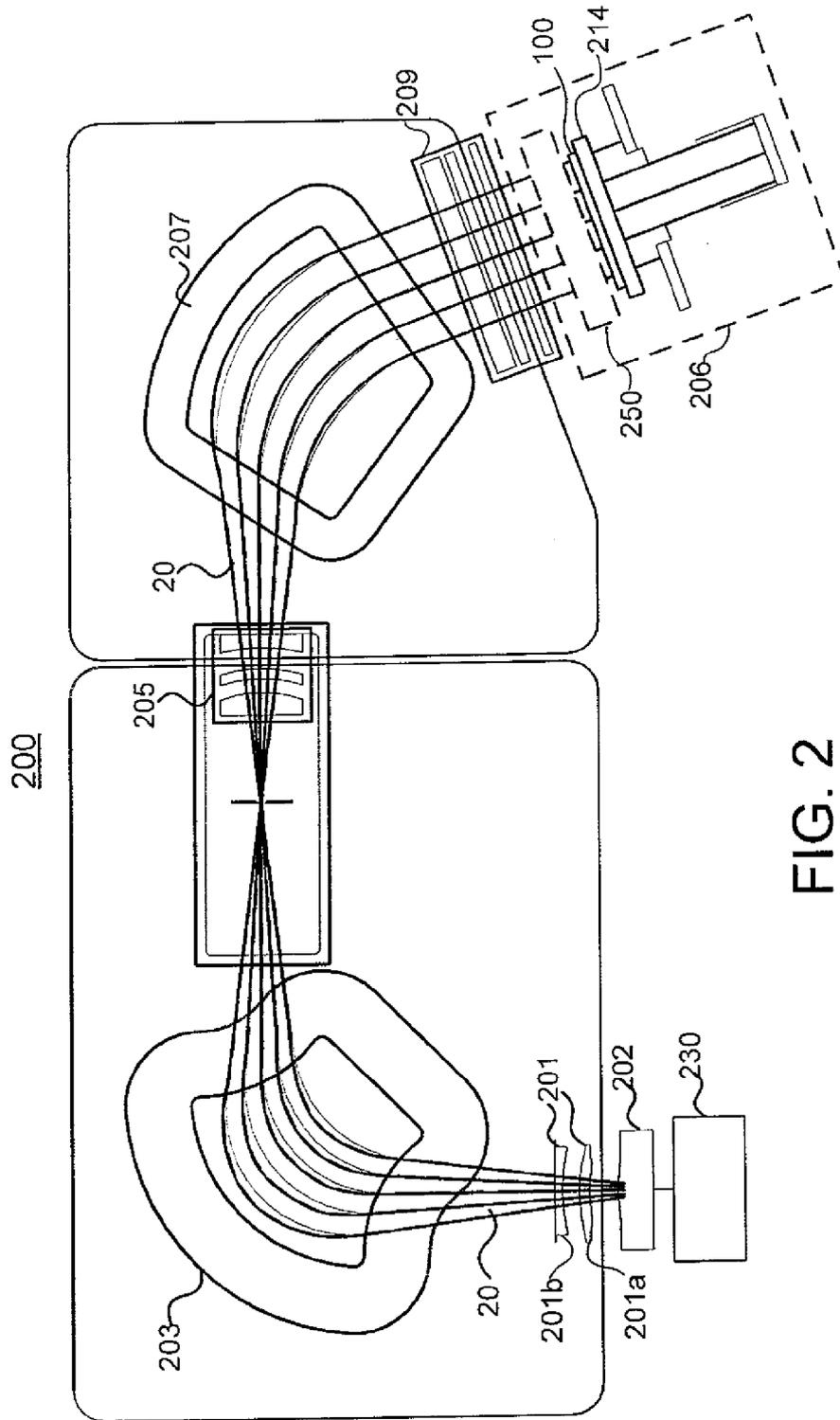


FIG. 2

350

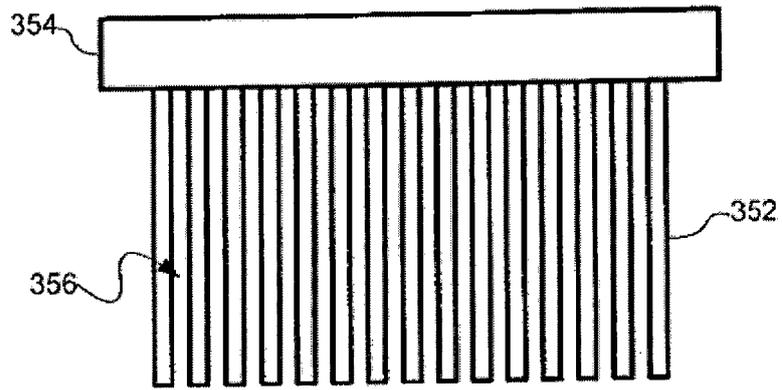


FIG. 3

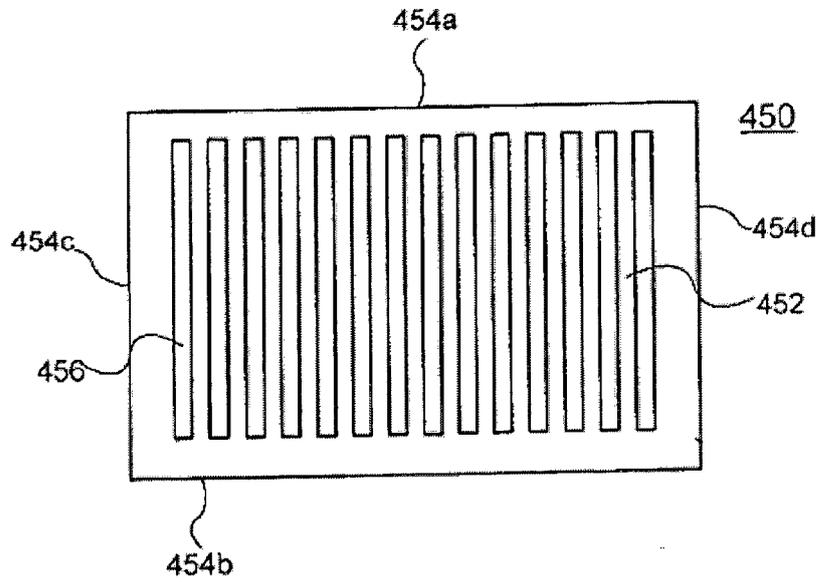


FIG. 4

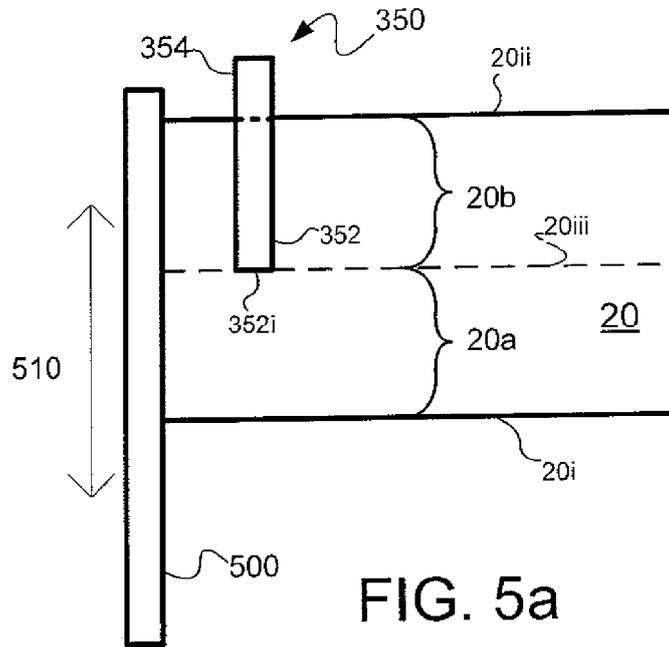


FIG. 5a

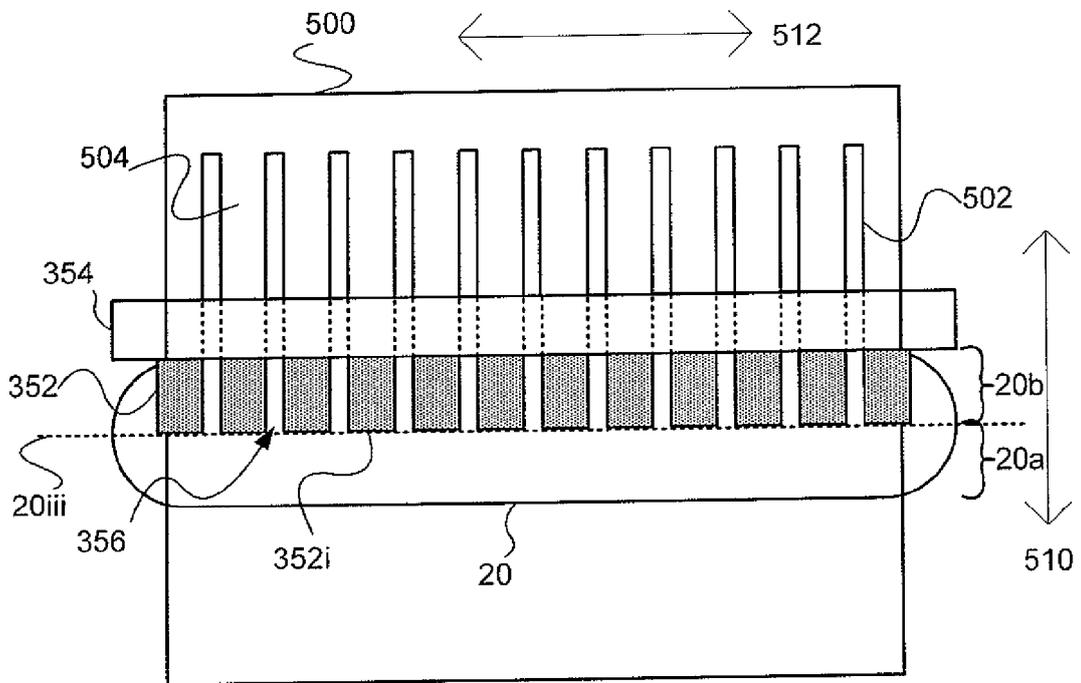


FIG. 5b

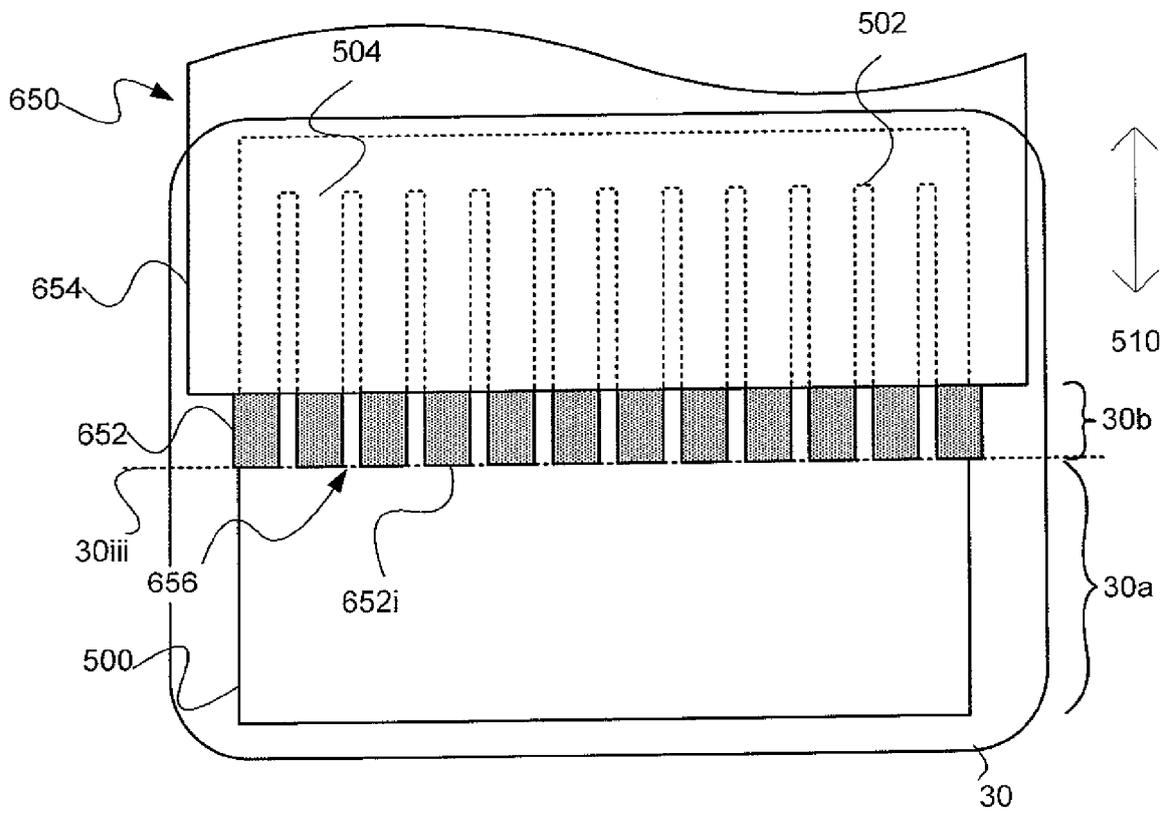


FIG. 6

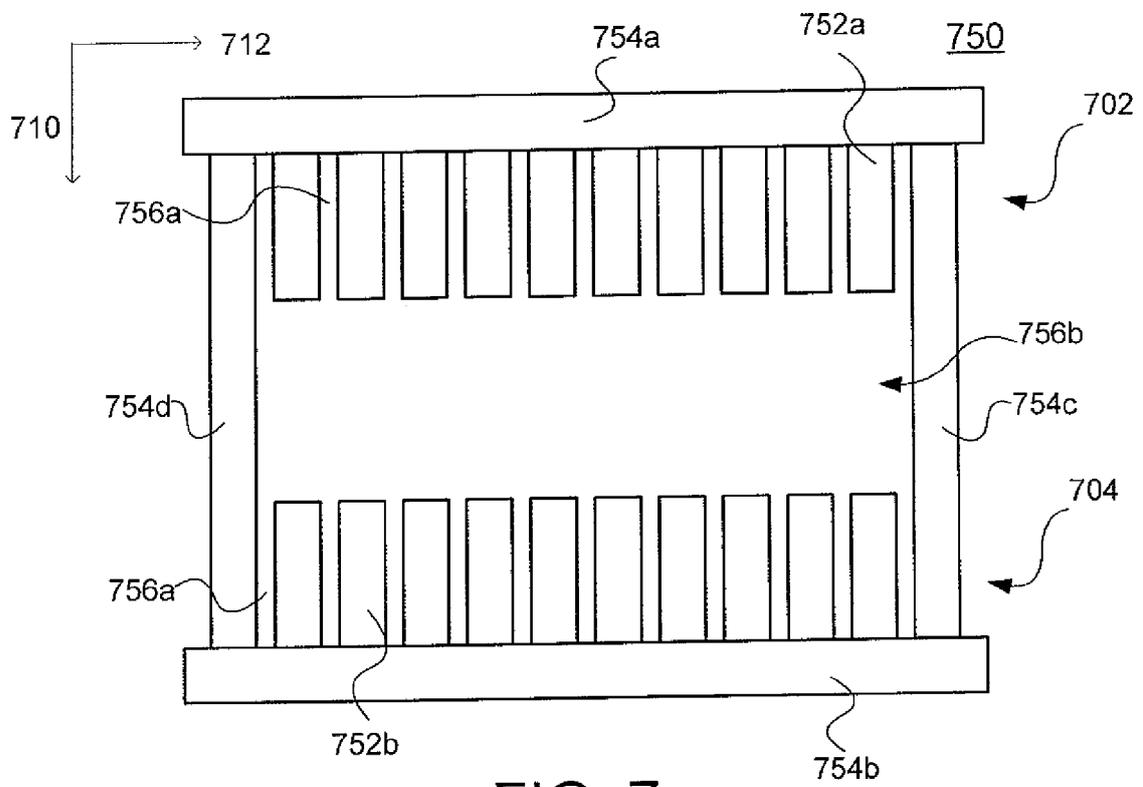
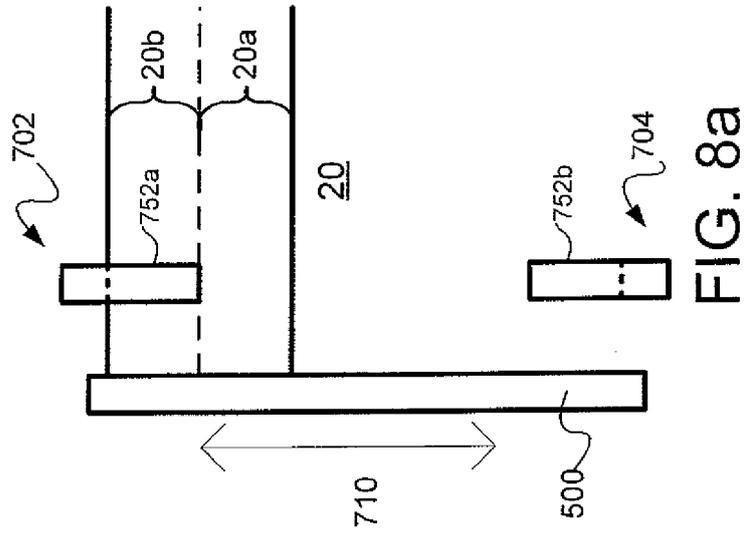
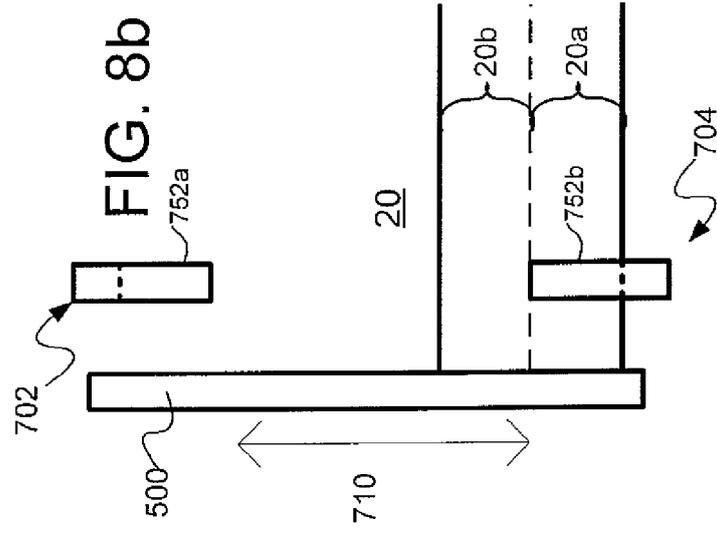


FIG. 7



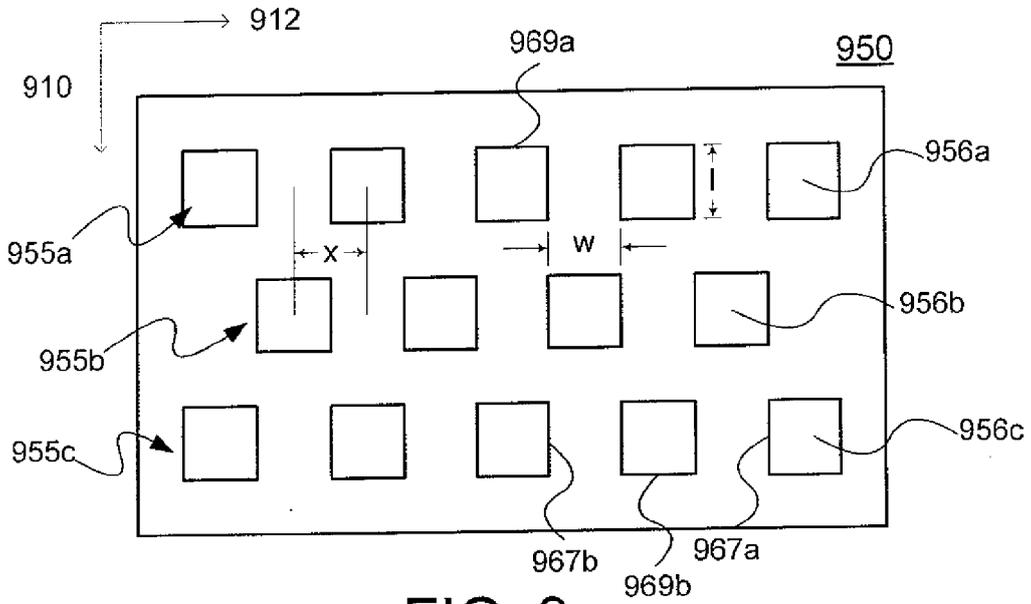


FIG. 9

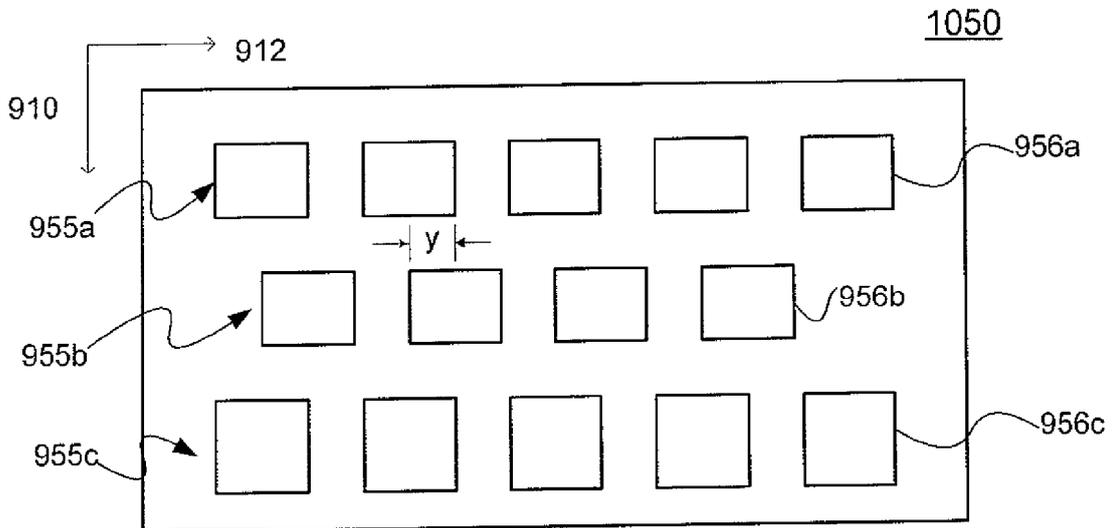


FIG. 10

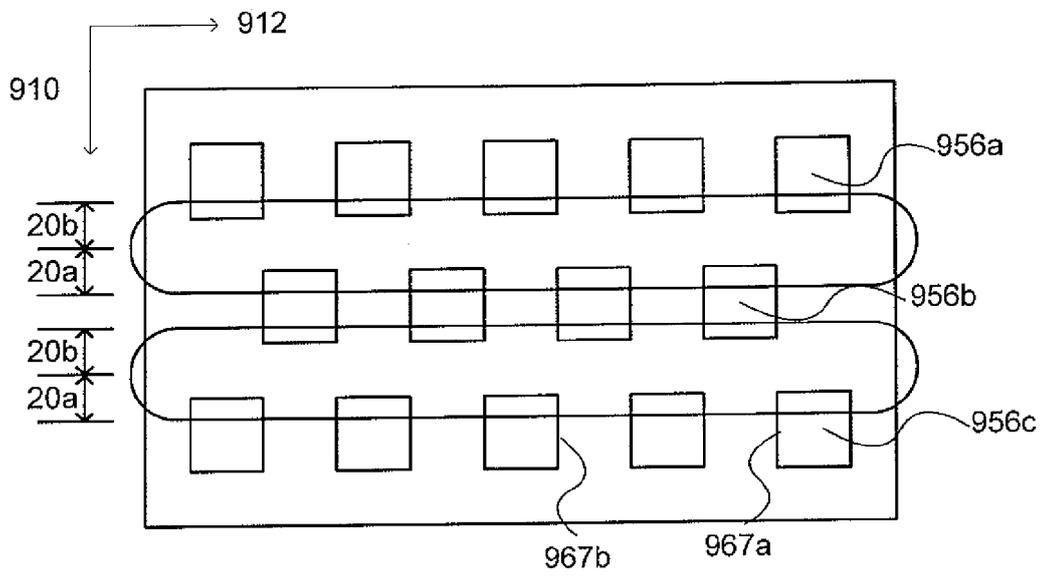


FIG. 11

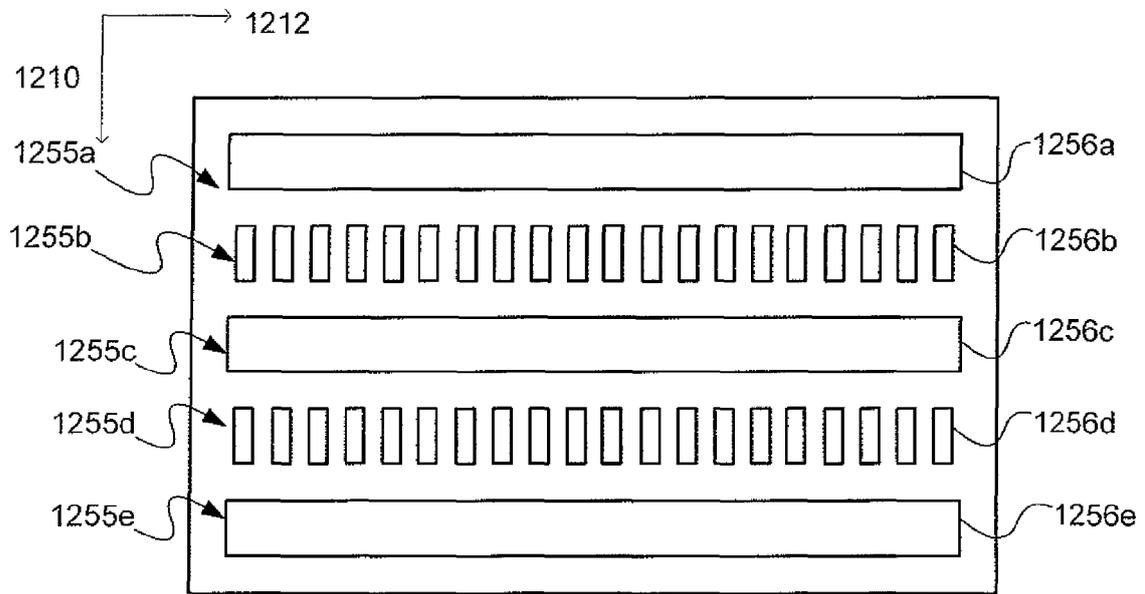


FIG. 12