

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 147**

51 Int. Cl.:  
**H01L 31/032** (2006.01)  
**H01L 31/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07716584 .3**  
96 Fecha de presentación: **12.01.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1974392**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.10.2008**

54 Título: **APARATO PARA FABRICAR ESTRUCTURAS DE DOMINIOS DE FASE SEGREGADOS, DE MANERA CONTROLADA.**

30 Prioridad:  
**12.01.2006 US 331422**  
**12.01.2006 US 331431**  
**12.01.2006 US 330905**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**31.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**31.01.2012**

73 Titular/es:  
**HELIOVOLT CORPORATION**  
**8201 E. RIVERSIDE DRIVE, SUITE 600**  
**AUSTIN, TX 78744-1604, US**

72 Inventor/es:  
**STANBERY, Billy, J.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 373 147 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

Aparato para fabricar estructuras de dominios de fase segregados, de manera controlada

**Información sobre antecedentes****Campo de la invención**

5 Las realizaciones de la invención se refieren, en general, al campo de los materiales. Más particularmente, las realizaciones de la invención se refieren a procedimientos para controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados dentro de un producto de reacción química, a composiciones de materia que incluyen dicha estructura de dominios de fase segregados y a maquinaria que tiene un relieve de herramienta compleja para fabricar dichas composiciones

**10 Análisis de la técnica relacionada**

Los dispositivos fotovoltaicos basados en seleniuro de indio y cobre de la técnica anterior, en ocasiones denominados PV basados en CIS, son conocidos por los expertos en la materia de las células solares. El CulnSe es el material más fiable y que mayor rendimiento da como película fina para generar electricidad a partir de la luz del sol. Una cuestión con esta tecnología es que van a surgir restricciones de suministro de materia prima en el futuro, a medida que aumente la producción de PV CIS. Por ejemplo, el indio no se da de forma natural en menas de alta concentración. Típicamente, el indio se obtiene a partir de las colas desechadas de las menas de cinc. A medida que la producción de PV CIS se aproxime al intervalo de gran escala entre aproximadamente 10 gigavatios/año a aproximadamente 100 gigavatios/año, se manifestarán las restricciones de suministro de indio. Estas restricciones de suministro conducirán a un aumento de los costes. Adicionalmente, a medida que aumente la producción de PV CIS, surgirán también otras restricciones de suministro de materia prima. Lo que se requiere es una solución que reduzca la cantidad de materias primas necesarias por vatio de capacidad de generación en películas finas de PV CIS.

Un enfoque para reducir la cantidad de materias primas necesarias es reducir el espesor del material de película fina de PV CIS. El coeficiente de absorción inherente de CIS es muy alto (es decir, aproximadamente  $10^5 \text{ cm}^{-1}$ ). Esto significa que la mayor parte de la energía de la luz incidente puede absorberse con una película muy fina de CIS. El uso de un reflector en la cara trasera puede reducir adicionalmente el espesor necesario para absorber la mayor parte de la energía de la luz incidente. Aunque los productos de PV CIS de la técnica anterior típicamente son de al menos aproximadamente 2 micrómetros de espesor, es importante apreciar que 0,25 micrómetros son teóricamente suficientes para una película fina de PV CIS localizada en un reflector en la cara trasera para absorber la mayor parte de la energía de la luz incidente. Lo que se requiere también es una solución que produzca películas finas de PV CIS más finas.

Mientras tanto, se ha desarrollado la tecnología simultánea de síntesis y transferencia asistida por campo, que es directamente aplicable a la fabricación de películas de PV CIS más finas. Diversos aspectos de esta tecnología simultánea de síntesis y transferencia asistida por campo (aspectos que pueden o no usarse conjuntamente en combinación) se describen en las Patentes de EE.UU. N° 6.736.986; 6.881.647; 6.787.012; 6.559.372; 6.500.733; 6.797.874; 6.720.239; y 6.593.213.

Una ventaja de la tecnología simultánea de síntesis y transferencia asistida por campo es que funciona mejor a medida que el apilamiento precursor se hace más fino. Por ejemplo, la presión de vapor de selenio en una capa de producto de reacción basado en CIS es función de la temperatura. La presión necesaria para contener el selenio es una función de la temperatura requerida para el procedimiento de reacción. Es importante apreciar que la tensión, si se utiliza, para conseguir una presión deseada baja a medida que baja el espesor. A medida que se reduce la tensión requerida, las demandas físicas sobre el sistema (por ejemplo, esfuerzo sobre el dieléctrico) disminuyen. Por lo tanto, a medida que el apilamiento precursor se hace más fino, la tensión necesaria para generar una presión dada disminuye; lo que reduce el esfuerzo sobre el material dieléctrico (por ejemplo, una capa liberable), expandiendo de esta manera el cupo de materiales que pueden utilizarse como material dieléctrico.

Otra ventaja de la tecnología simultánea de síntesis y transferencia asistida por campo es que permite un menor consumo térmico. El menor consumo térmico es un resultado de la mayor velocidad de la tecnología simultánea de síntesis y transferencia asistida por campo en comparación con enfoques alternativos, tales como deposición en fase vapor (física o química). Además de los ahorros de tiempo y energía proporcionados por la tecnología simultánea de síntesis y transferencia asistida por campo, la calidad de los productos resultantes también pueden mejorarse. Por ejemplo, en el caso de fabricación de PV basado en CIS, el menor consumo térmico permitido por el uso de la tecnología simultánea de síntesis y transferencia asistida por campo conduce a la reducción de reacciones indeseables, tales como entre selenio y molibdeno en la interfaz entre el absorbedor de CIS y el contacto metálico del lado trasero. La reducción de esta reacción indeseable da como resultado una reducción de la pérdida de brillo, que a su vez da como resultado una mayor reflectancia de la cara trasera.

Recientemente, se ha demostrado que las películas finas de CIS fabricadas por técnicas convencionales contienen dominios resultantes de fluctuaciones en la composición química <sup>(1-2, 5)</sup>. La precombinación indeseable de los

portadores de carga tiene lugar en los límites entre los nanodominios dentro dicho absorbedor de PV basado en CIS. Por lo tanto, lo que se requiere también es una solución para controlar e, idealmente, optimizar los límites entre estos nanodominios con composiciones químicas variables.

- 5 Otra técnica anterior también es conocida. Por ejemplo, el documento EP 1.385.364 (Seiko Epson) desvela que un sustrato está diseñado formando una región rebajada en la superficie de un sustrato y depositando un material líquido sobre la superficie en localizaciones seleccionadas, adyacentes a la región rebajada. El material líquido se dispersa sobre la superficie hasta un borde de la región rebajada, punto en el cual la dispersión adicional está controlada por la potenciación eficaz del ángulo de contacto del material líquido respecto a la superficie, como se proporciona por la región rebajada.
- 10 En el documento US 2003/201010 una célula fotovoltaica incluye un primer sustrato, que tiene sobre su superficie una primera capa de electrodo, que tiene sobre su superficie una película semiconductora sobre la cual está adsorbido un fotosensibilizador, y un segundo sustrato, que tiene sobre su superficie una segunda capa de electrodo. El primer y segundo sustratos están dispuestos de manera que la primera capa de electrodo está situada por encima de la película semiconductora, y la segunda capa de electrodos son opuestas entre sí, con un electrolito dispuesto entre ellas. Las partículas espaciadoras están interpuestas entre la película semiconductora y la segunda capa de electrodo, y al menos uno de los sustratos que tiene una capa de electrodo es transparente. Un líquido de revestimiento para formar la película semiconductora incluye tanto un componente para formar la película semiconductora así como las partículas espaciadoras, dispersadas en un medio de dispersión.
- 15 Finalmente, en el documento US 6500733, se describen sistemas y procedimientos para la síntesis de películas, revestimientos o capas usando contención de la presión ejercida por el precursor. Un procedimiento incluye ejercer una presión entre una primera capa de precursor, que está acoplada a un primer sustrato, y segunda capa de precursor, que está acoplada a un segundo sustrato; formar una capa de composición y mover el primer sustrato respecto del segundo sustrato, permaneciendo la capa de composición acoplada al segundo sustrato.
- 20 Hasta ahora, los requisitos de materias primas reducidas, espesor reducido y límites controlados entre nanodominios mencionados anteriormente no se han satisfecho completamente. Es decir, es necesaria por lo tanto una solución que resuelva simultáneamente todos estos problemas.

### **Sumario de la invención**

Hay necesidad de las realizaciones de la invención como se cita en las reivindicaciones 1 a 6.

- 30 De acuerdo con un ejemplo de esta solicitud, un procedimiento comprende: proporcionar un primer precursor sobre un primer sustrato; proporcionar un segundo precursor sobre un segundo sustrato; poner en contacto el primer precursor y el segundo precursor; hacer reaccionar el primer precursor y el segundo precursor para formar un producto de reacción química; mover el primer sustrato y el segundo sustrato uno respecto del otro para separar el producto de reacción química de al menos un miembro seleccionado entre el grupo que consiste en el primer sustrato y el segundo sustrato, caracterizado porque, para controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados dentro del producto de reacción química, un constituyente de al menos un miembro seleccionado entre el grupo que consiste en el primer precursor y el segundo precursor se proporciona en una cantidad que varía periódicamente, de forma sustancialmente regular, de una cantidad media con respecto a la localización espacial inicial.

- 40 De acuerdo con otro ejemplo de esta solicitud, una máquina comprende: un primer sustrato y un segundo sustrato, acoplado al primer sustrato, caracterizado porque, para controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados dentro de un producto de reacción química controlando una cantidad de un constituyente de un precursor que está presente por área superficial unitaria, al menos un miembro seleccionado entre el grupo que consiste en el primer sustrato y el segundo sustrato define un relieve periódicamente variable, de forma sustancialmente regular, con respecto a la localización espacial inicial.

- 45 De acuerdo con otro ejemplo de esta solicitud, una composición de materia comprende: un producto de reacción química que define una primera superficie y una segunda superficie, caracterizada porque el producto de reacción química incluye una estructura de dominios de fase segregados que incluye una pluralidad de estructuras de dominio, en la que al menos una de la pluralidad de estructuras de dominio incluye, al menos, un dominio que se extiende desde una primera superficie del producto de reacción química hasta una segunda superficie del producto de reacción química.

- 50 Estos y otros aspectos de la invención se apreciarán y entenderán mejor cuando se consideren junto con la siguiente descripción y los dibujos adjuntos. Deberían entenderse, sin embargo, que la siguiente descripción, aunque indicativa de las diversas realizaciones de la invención y de los numerosos detalles específicos de la misma, se da a modo de ilustración y no de limitación. Muchas sustituciones, modificaciones, adiciones y/o disposiciones pueden hacerse dentro del alcance de una realización de la invención y las realizaciones de la invención incluyen todas estas sustituciones, modificaciones, adiciones y/o redistribuciones.

**Breve descripción de los dibujos**

- Los dibujos adjuntos y que forman parte de esta memoria descriptiva se incluyen para describir ciertas realizaciones de la invención. Una concepción más clara de las realizaciones de la invención y de los componentes combinables con, y el funcionamiento de los sistemas provistos de, realizaciones de la invención, resultará más fácilmente evidente por referencia a las realizaciones ejemplares y, por lo tanto, no limitantes, ilustradas en los dibujos, en las que los números de referencia idénticos (si aparecen en más de una vista) designan los mismos elementos. Las realizaciones de la invención pueden entenderse mejor por referencia a uno o más de estos dibujos, en combinación con la descripción presentada en el presente documento. Debe observarse que los elementos ilustrados en los dibujos no necesariamente están dibujados a escala.
- 5 Las Figuras 1A - 1C son vistas en alzado de pares de sustratos en los que al menos uno de cada par define un relieve periódicamente variable, de forma sustancialmente regular, con respecto a la localización espacial inicial, que representa una realización de la invención.
- Las Figuras 2A - 2C son vistas en alzado de pares de sustratos en los que al menos uno de cada par lleva un constituyente de un precursor en una cantidad que varía periódicamente, de forma sustancialmente regular, de una cantidad media con respecto a una localización espacial inicial.
- 15 Las Figuras 3A - 3D son vistas en planta de estructuras de dominios de fase segregados que incluyen una matriz hexagonal de dominios de fase segregados, que representa una realización de la invención.
- Las Figuras 3E - 3H son vistas en planta de estructuras de dominios de fase segregados que incluyen una matriz ortogonal de dominios de fase segregados, que representa una realización de la invención.
- 20 Las Figuras 4A - 4C son vistas en alzado esquemáticas de un procedimiento para controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados usando un contacto en la cara trasera que define un relieve periódicamente variable, de forma sustancialmente regular, (y potencia de campo eléctrico) con respecto a la localización espacial inicial, que representa una realización de la invención.
- 25 Las Figuras 5A - 5C son vistas en alzado esquemáticas de un procedimiento para controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados usando una herramienta que define una potencia de campo eléctrico periódicamente variable, de forma sustancialmente regular, con respecto a la localización espacial inicial, que representa una realización de la invención.
- Las Figuras 6A - 6C son vistas en alzado esquemáticas de un procedimiento para controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados usando una herramienta y un contacto en la cara trasera, ambos de los cuales definen un relieve periódicamente variable, de forma sustancialmente regular, con respecto a la localización espacial inicial, que representa una realización de la invención.
- 30 Las Figuras 6D - 6F son vistas en alzado esquemáticas de un procedimiento para controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados usando un contacto en la cara trasera que define un relieve periódicamente variable, de forma sustancialmente regular, con respecto a una localización espacial basal, que representa una realización de la invención.
- 35 Las Figuras 7A - 7C son vistas esquemáticas de una estructura de dominio hexagonal, que representa una realización de la invención.

**Descripción de las realizaciones preferidas**

- 40 Las realizaciones de la invención, y las diversas características y detalles ventajosos de la misma, se explican más completamente con referencia a las realizaciones no limitantes que se ilustran en los dibujos adjuntos y se detallan en la siguiente descripción. Las descripciones de materiales de partida, técnicas de procesamiento, componentes y equipos bien conocidos se omiten para no complicar innecesariamente las realizaciones de la invención en detalle. Debe entenderse, sin embargo, que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican realizaciones preferidas de la invención, se dan a modo de ilustración únicamente y no a modo de limitación. Las diversas sustituciones, modificaciones, adiciones y/o redistribuciones dentro del espíritu y/o alcance del concepto inventivo subyacente resultarán evidentes para los expertos en la materia a partir de esta divulgación.
- 45 Dentro de esta solicitud se hace referencia a diversas publicaciones, con números arábigos, o el nombre del autor principal seguido del año de publicación entre paréntesis o corchetes. Las citas completas para estas y otras publicaciones pueden encontrarse al final de la memoria descriptiva, inmediatamente antes de las reivindicaciones y después de la sección con el encabezado de referencias. Las divulgaciones de todas estas publicaciones en su totalidad se incorporan expresamente en el presente documento por referencia, con el fin de indicar los antecedentes de las realizaciones de la invención e ilustrar el estado de la técnica.
- 50

La presente solicitud contiene una divulgación que también está contenida en la Patente de Estados Unidos en trámite junto con la presente con N° de serie 11 /331.442 (N° de expediente del agente HELE 1180), presentada el

12 de enero de 2006; y la Patente de Estados Unidos con N° de serie 11/330.905 (N° de expediente del agente HELE 1180 - 2), presentada el 12 de enero de 2006.

5 Las patentes de Estados Unidos a las que se hace referencia a continuación desvelan realizaciones que son útiles para los fines para los que están destinadas. En esta solicitud, se hace referencia a los contenidos completos de las patentes de Estados Unidos N° 6.736.986; 6.881.647; 6.787.012; 6.559.372; 6.500.733; 6.797.874; 6.720.239; 6.593.213; y 6.313.479.

10 El contexto de la invención puede incluir controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados dentro de un producto de reacción química. El contexto de la invención puede incluir maquinaria para controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados controlando la cantidad de un constituyente de un precursor que está presente por área superficial unitaria. El contexto de la invención puede incluir un producto de reacción química que incluya una estructura de dominios de fase segregados, incluyendo una pluralidad de estructuras de dominio.

15 La estructura de dominios de fase segregados incluye una pluralidad de estructuras de dominio. La invención puede incluir estructuras de dominio que definan redes de percolación. La invención puede incluir estructuras de dominio que minimicen la longitud de la trayectoria requerida para la recogida del portador de carga (por ejemplo, dominios columnares). Al menos una de la pluralidad de estructuras de dominio puede incluir, al menos, un dominio que se extienda desde una primera superficie del producto de reacción química hasta una segunda superficie del producto de reacción química. La invención puede incluir estructuras de dominio que minimicen el área superficial del límite (por ejemplo, dominios columnares circulares) y/o minimicen la superficie del límite a lo largo de direcciones de trayectoria preferidas (por ejemplo, dominios columnares circulares acanalados). La invención puede incluir el uso de sodio para crear límites entre estructuras de dominio menos difusos (es decir, más discretos).

20 La invención puede incluir una escala de longitud característica para el tamaño (intradominio) de los dominios (por ejemplo, "r" para el radio interno). La invención puede incluir una escala de longitud característica para el tamaño (interdominio) de la separación o separaciones entre dominios (por ejemplo, "d" para la distancia centro a centro). Variando la proporción del tamaño de dominio característico a separación de dominio característica, la invención permite controlar un volumen relativo de dos (o más) dominios. Variando los valores característicos absolutos la invención permite controlar la proporción de un volumen de unión del volumen libre de campo volumétrico en dos (o más) dominios de fase. La invención puede incluir controlar la separación de los dominios para controlar una proporción de dominios y/o fases con respecto al volumen u otro parámetro.

30 La invención puede incluir una distribución de tamaño característica de los dominios. Las realizaciones de la invención pueden estar caracterizadas por una distribución de tamaño estrecha de "r" (es decir, monomodal). Por ejemplo, las realizaciones de la invención pueden estar caracterizadas por una distribución de tamaño en la que el 80% de los casos de un dominio está caracterizado por un tamaño que está dentro del 20% (más o menos) de un valor escalar r. Puede ser ventajoso si el 90 % de los casos de un dominio están caracterizados por un tamaño que está dentro del 10 % (más o menos) de un valor escalar "r". Como alternativa, las realizaciones de la invención pueden estar caracterizadas por una pluralidad de distribuciones de tamaño estrechas de "r" (es decir, multimodal). Las realizaciones preferidas de la invención evitan distribuciones de tamaño aleatorias (por ejemplo, de "r").

40 La invención puede incluir estructuras de dominio de un tamaño que son de aproximadamente 1 nm aproximadamente un 1 um, preferentemente de aproximadamente 5 nm a aproximadamente 100 nm. La invención puede incluir estructuras de dominio que se repiten en múltiplos de un parámetro de la celdilla unitaria cristalográfica de aproximadamente 1 nm a aproximadamente 200 nm, preferentemente de aproximadamente 5 nm a aproximadamente 50 nm. Independientemente de ello, es importante apreciar que el tamaño exacto (magnitud) de los dominios no es importante.

45 La invención puede incluir una distribución de tamaño característica de las separaciones de dominio. Las realizaciones de la invención pueden estar caracterizadas por una disminución de tamaño estrecha de "d" (es decir, monomodal). Por ejemplo, las realizaciones de la invención pueden estar caracterizadas por una distribución de separación en la que el 80 % de los casos de un dominio están caracterizados por una separación que está dentro del 20 % (más o menos) de un múltiplo entero de un valor escalar d. Puede ser ventajoso si el 90 % de los casos de un dominio está caracterizado por una separación que está dentro del 10 % (más o menos) de un múltiplo entero de un valor escalar "d". Como alternativa, las realizaciones de la invención pueden estar caracterizadas por una pluralidad de distribuciones de separación estrecha de "r" (es decir, multimodal). Las realizaciones preferidas de la invención evitan las distribuciones de separación aleatoria (por ejemplo, de "d").

55 La invención puede incluir estructuras de dominio que se repiten (están separadas) en un periodo de aproximadamente 1 nm a aproximadamente 1 um, preferentemente de aproximadamente 5 nm a aproximadamente a 100 nm. La invención puede incluir estructuras de dominio que se repiten en múltiplos de un periodo de aproximadamente 1 nm a aproximadamente 200 nm, preferentemente de aproximadamente 5 nm a aproximadamente 50 nm. No obstante, es importante apreciar que el tamaño exacto (magnitud) de las separaciones de dominio no es importante.

La invención puede incluir estructuras de dominio que definen 6 pliegues, 4 pliegues u otra simetría en dos o tres dimensiones. Sin embargo, es importante apreciar que la simetría exacta no es importante. La invención puede incluir estructuras de dominio que definen un orden de intervalo corto. La invención puede incluir estructuras de dominio que definen un orden de intervalo largo.

5 Haciendo referencia a las Figuras 7A - 7C, no se describirá la optimización de una estructura de dominios hexagonales con respecto a minimizar la recombinación total R. Las Figuras 7A - 7B se refieren a una aproximación de primer orden para minimizar la recombinación total R para una matriz de estructura de dominios hexagonales que tiene columnas circulares, suponiendo que la región de unión entre absorbedores es estrecha, en comparación con las dimensiones escalares r y d. Haciendo referencia a las Figuras 7A - 7B, un producto de reacción química 710 que define una primera superficie 712 y una segunda superficie 714 está acoplado a un contacto trasero 720. El producto de reacción química 710 incluye una estructura de dominios de fase segregados, que incluye una estructura de dominios cilíndricos 701 y una estructura de dominios matriciales 702. En este caso, la estructura de dominios matriciales se extiende desde la primera superficie 712 del producto de reacción química 710 hasta la segunda superficie 714 del producto de reacción química 710.

15 El volumen total de cada celdilla hexagonal de altura  $\tau_0$  se da mediante

$$((3)^{1/2} d^2 \tau_0) / 2$$

en la que d es la distancia célula a célula hexagonal. La recombinación total R (por célula) es igual a la recombinación en la región de dominio cilíndrico uno  $R_1$  más la recombinación de dominio de matriz hexagonal dos  $R_2$  más la recombinación en la interfaz de las regiones uno y la región dos  $R_i$ .

20 
$$R = R_1 + R_2 + R_i$$

La recombinación en la región de dominios cilíndricos uno se da mediante

$$R_1 = \rho_1 (\text{volumen 1}) = \rho_1((\tau_0 - \tau_1) \pi r^2)$$

en la que  $\rho_1$  es la tasa de recombinación volumétrica en la región de dominios cilíndricos uno.

La recombinación en la región de dominio de matriz hexagonal dos se da mediante

25 
$$R_2 = \rho_2 (((3)^{1/2} d^2 \tau_0) / 2 - (\tau_0 - \tau_1) \pi r^2)$$

en la que  $\rho_2$  es la tasa de recombinación volumétrica en la región de dominio de matriz hexagonal dos.

La recombinación en la interfaz entre la región cilíndrica uno y la región de dominio de matriz dos se da mediante

$$R_i = \sigma_i(2\pi r(\tau_0 - \tau_1) + \pi r^2)$$

30 en la que  $\sigma_i$  es la velocidad de recombinación superficial en la interfaz (unión). Las tasas de recombinación  $\rho_1$  y  $\rho_2$  y la velocidad de recombinación  $\sigma_i$  son propiedades de los materiales, que dependen de las composiciones y los historiales de procesamiento.

La Figura 7C se refiere a una aproximación de segundo orden para minimizar la recombinación total R para una matriz de estructura de dominios hexagonales que tiene columnas circulares, cuando la anchura de unión no es pequeña, en comparación con r y/o d. Haciendo referencia a la Figura 7C, la anchura de unión total es igual a la anchura de unión del dominio cilíndrico más la anchura de la unión del dominio de la matriz

35 
$$w_j = r_j + d_j$$

La recombinación total R (por celdilla) es igual a la recombinación en la región de dominio libre de campo cilíndrico uno  $R_1$  más la recombinación en la región de dominio libre de campo de matriz hexagonal dos  $R_2$  más la recombinación en la región de recombinación de carga en el espacio anular uno  $R_{1j}$  más la recombinación en la región de recombinación de carga en el espacio anular dos  $R_{2j}$ .

40 
$$R = R_1 + R_2 + R_{1j} + R_{2j}$$

Las siguientes cuatro ecuaciones para los términos  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_{1j}$  y  $R_{2j}$  son válidas cuando  $\tau_1 \geq d_j$ . Si  $\tau_1 < d_j$ , entonces hay que ajustar  $\tau_1 = 0$ . La recombinación en la región de dominio libre de campo cilíndrico uno está dada por

$$R_1 = \rho_1((\tau_0 - \tau_1 - r_j)\pi(r - r_j)^2)$$

45 en la que  $\rho_1$  es la velocidad de recombinación volumétrica en la región de dominio libre de campo cilíndrico uno.

La recombinación en la región de dominio libre de campo de matriz hexagonal dos se da mediante

$$R_2 = \rho_2(((3)^{1/2}d^2\tau_0)/2 - (\tau_0 - \tau_1 + d_j)\pi(r + d_j)^2)$$

en la que  $\rho_2$  es la velocidad de recombinación volumétrica en la región de dominio libre de campo de matriz hexagonal dos.

La recombinación en la región de recombinación de carga espacial anular uno se da mediante

$$5 \quad R_{1j} = \rho_{1j}(\tau_0 - \tau_1)\pi r^2 - (\tau_0 - \tau_1 + r_j)\pi(r - r_j)^2$$

en la que  $\rho_{1j}$  es la tasa de recombinación volumétrica en la región de recombinación de carga espacial anular uno. La recombinación en la región de recombinación de carga del espacio anular uno se da mediante

$$R_{2j} = \rho_{2j}(\tau_0 - \tau_1 + d_j)\pi(r + d_j)\pi(r + d_j)^2 - (\tau_0 - \tau_1)\pi r^2$$

10 en la que  $\rho_{2j}$  es la tasa de recombinación volumétrica en la región de recombinación de carga del espacio anular dos. Las velocidades de recombinación  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\rho_{1j}$  y  $\rho_{2j}$  son propiedades de los materiales, que dependen de las composiciones y de las historias de procesamiento.

Haciendo referencia a las Figuras 1A-1C, la invención puede incluir aumentar periódicamente, de forma sustancialmente regular, una cantidad de un precursor revistiendo de forma plana una superficie periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Haciendo referencia a la Figura 1A, un primer sustrato 102 incluye una superficie 104 periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Un primer precursor 106 está acoplado a la superficie 104 periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Puede apreciarse que hay relativamente más del primer precursor 106, correspondiente a una localización espacial inicial centrado en una posición 108 en el centro de la celdilla con relieve, en comparación con una posición 110 del borde de la celdilla con relieve. Un segundo precursor 114 está acoplado a un segundo sustrato 112. El primer sustrato 102 y el segundo sustrato 112 pueden moverse uno respecto al otro. Cuando el primer precursor 106 y el segundo precursor 114 se ponen en contacto y se calientan (opcionalmente bajo la influencia de un campo eléctrico) el producto de reacción resultante puede ser composicionalmente rico en los constituyentes del primer precursor en una localización correspondiente a la posición 108 del centro de la celdilla con relieve, especialmente si la velocidad de difusión inicial es mucho menor que la velocidad de difusión perpendicular.

25 Haciendo referencia a la Figura 1B, un primer precursor 126 está acoplado a un primer sustrato 122. Un segundo sustrato 132 incluye una superficie 124 periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Un segundo precursor 134 está acoplado a la superficie 124 periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Puede apreciarse que hay relativamente más del segundo precursor 134 en una posición 138 del centro de la celdilla con relieve, en comparación con una posición 130 del borde de la celdilla con relieve. El primer sustrato 122 y el segundo sustrato 132 pueden moverse uno respecto al otro. Cuando el primer precursor 126 y el segundo precursor 134 se ponen en contacto y se calientan (opcionalmente bajo la influencia de un campo eléctrico) el producto de reacción resultante será composicionalmente rico en los constituyentes del segundo precursor en una localización correspondiente a la posición 138 del centro de la celdilla con relieve.

35 Haciendo referencia a la Figura 1C, un primer sustrato 142 incluye una superficie 144 periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Un primer precursor 146 está acoplado a la superficie 144 periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Puede apreciarse que hay relativamente más del primer precursor 146 en la posición 158 del centro de la celdilla con relieve, en comparación con una posición 150 del borde de la celdilla con relieve. Un segundo sustrato 152 incluye una superficie 145 periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Un segundo precursor 154 está acoplado a la superficie 145 periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Puede apreciarse que hay relativamente más del segundo precursor 154 en la posición 159 del centro de la celdilla con relieve, en comparación con una posición 151 del borde de la celdilla con relieve. El primer sustrato 142 y el segundo sustrato 152 pueden moverse uno respecto al otro. Cuando el primer precursor 146 y el segundo precursor 154 se ponen en contacto y se calientan (opcionalmente bajo la influencia de un campo eléctrico), el producto de reacción resultante será composicionalmente rico en los constituyentes del primer precursor en una localización correspondiente a la posición 158 del centro de la celdilla con relieve y será composicionalmente rico en los constituyentes del segundo precursor en una localización correspondiente a la posición 159 del centro de la celdilla con relieve.

50 Haciendo referencia a las Figuras 2A-2C, la invención puede incluir una cantidad periódicamente en aumento, de forma sustancialmente regular, de un precursor depositando previamente una pluralidad de fuentes constitutivas que incluyen un exceso del constituyente respecto a una cantidad media. Haciendo referencia a la Figura 2A, un primer sustrato 202 incluye una pluralidad de fuentes constitutivas 204 periódicamente localizadas, de forma sustancialmente regular. Un primer precursor 206 está acoplado a las fuentes 204. Puede apreciarse que hay relativamente más del primer precursor 206 en las posiciones 208 sin las fuentes 204, en comparación con las posiciones 210 con las fuentes 204. Un segundo precursor 214 está acoplado a un segundo sustrato 212. El primer sustrato 202 y el segundo sustrato 212 pueden moverse uno con respecto al otro. Cuando el primer precursor 206 y el segundo precursor 214 se ponen en contacto y se calientan (opcionalmente bajo la influencia de un campo eléctrico), el producto de reacción resultante será composicionalmente rico en los constituyentes del primer

precursor en localizaciones correspondientes a la posición 208 del centro de la celdilla con relieve.

Haciendo referencia a la Figura 2B, Un primer precursor 226 está acoplado a un primer sustrato 222. Un segundo sustrato 232 incluye una pluralidad de fuentes constitutivas 224 periódicamente localizadas, de forma sustancialmente regular. Un segundo precursor 234 está acoplado a las fuentes 224. Puede apreciarse que hay relativamente más del segundo precursor 234 en una posición 238 del centro, en comparación con las posiciones 230 del borde. El primer sustrato 222 y el segundo sustrato 232 pueden moverse relativamente uno respecto al otro. Cuando el primer precursor 226 y el segundo precursor 234 se ponen en contacto y se calientan (opcionalmente bajo la influencia de un campo eléctrico) el producto de reacción resultante será composicionalmente rico en los constituyentes del segundo precursor en una localización correspondiente a la posición 238 del centro de la celdilla con relieve.

Haciendo referencia a la Figura 2C, un primer sustrato 242 incluye una pluralidad de fuentes constitutivas 244 periódicamente localizadas, de forma sustancialmente regular. Un primer precursor 246 está acoplado a la pluralidad de fuentes 244 periódicamente localizadas, de forma sustancialmente regular. Puede apreciarse que hay relativamente más del primer precursor 246 en una posición 258 del centro, en comparación con una posición 250 del borde. Un segundo sustrato 252 incluye una pluralidad de fuentes 245 periódicamente localizadas, de forma sustancialmente regular. Un segundo precursor 254 está acoplado a la pluralidad de fuentes 245 periódicamente localizadas, de forma sustancialmente regular. Puede apreciarse que hay relativamente más del segundo precursor 254 en la posición 259 del centro, en comparación con una posición del borde 251. El primer sustrato 242 y el segundo sustrato 252 pueden moverse uno respecto al otro. Cuando el primer precursor 246 y el segundo precursor 254 se ponen en contacto y se calientan (opcionalmente bajo la influencia de un campo eléctrico), el producto de reacción resultante será composicionalmente rico en los constituyentes del primer precursor en una localización correspondiente a la posición 258 del centro, y será composicionalmente rico en los constituyentes del segundo precursor en una localización correspondiente a la posición 259 del centro.

Haciendo referencia a las Figuras 3A-3H, la superficie con relieve y/o las fuentes constitutivas pueden estar localizadas a través de una superficie para definir una simetría hexagonal, una simetría ortogonal u otra simetría y/o grupo espacial. Haciendo referencia a la Figura 3A, el relieve de la superficie o las fuentes pueden definir una cuadrícula hexagonal 310. Haciendo referencia a la Figura 3B, los productos de reacción 320, cuya localización corresponde a la cuadrícula 310, pueden ser columnares (para facilitar el transporte del portador de carga), con una circunferencia circular. Haciendo referencia a la Figura 3C, la proporción del área de dominio de la matriz al área de dominio columnar puede controlarse localizando las columnas 330 del producto de reacción más cerca entre sí (por ejemplo, de manera que las columnas estén justo tocándose). Haciendo referencia a la Figura 3D, la proporción de dominio de matriz a dominio columnar puede reducirse aún más localizando las columnas 340 del producto de reacción de manera que solapen. Haciendo referencia a la Figura 3E, el relieve de la superficie o las fuentes pueden definir una cuadrícula ortogonal 350. Haciendo referencia a la Figura 3F, los productos de reacción 360 cuya localización corresponde a la cuadrícula 350 puede ser columnar (para facilitar el transporte del portador de carga) con una circunferencia circular. Haciendo referencia a la Figura 3G, la proporción de dominio de matriz a dominio columnar puede controlarse localizando las columnas 370 del producto de reacción más cerca entre sí (por ejemplo, de manera que las columnas estén justo tocándose). Haciendo referencia a la Figura 3H, la proporción de dominio de matriz a dominio columnar puede reducirse aún más localizando las columnas 380 del producto de reacción de manera que solapen.

### Ejemplos

Las realizaciones específicas de la invención se describirán ahora adicionalmente mediante los siguientes ejemplos no limitantes, que servirán para ilustrar con cierto detalle diversas características. Los siguientes ejemplos se incluyen para facilitar la comprensión de las maneras en las que una realización de la invención puede realizarse de forma práctica. Debe apreciarse que los ejemplos que siguen representan realizaciones que se ha descubierto que funcionan bien en la práctica de la invención y, de esta manera, puede considerarse que constituyen modos preferidos para la realización práctica de las realizaciones de la invención. Sin embargo, debe apreciarse que pueden hacerse muchos cambios en las realizaciones ejemplares que se desvelan, obteniendo aún un resultado análogo o similar sin alejarse del espíritu y alcance de una realización de la invención. Por consiguiente, los ejemplos no deberían considerarse como limitantes del alcance de la invención.

#### Ejemplo 1

Haciendo referencia a las Figuras 4A-4C, este ejemplo se refiere a una realización de la invención, incluyendo un revestimiento plano de un primer precursor 410 sobre una superficie de una herramienta 416, en el que un primer constituyente precursor aumenta periódicamente, de forma sustancialmente regular, depositando previamente una pluralidad de fuentes constitutivas 412, que incluye un exceso del constituyente respecto a una cantidad media. Esta realización también incluye el uso de un campo eléctrico conmutable (por ejemplo, conectado-desconectado), modulable (por ejemplo, potencia de campo), reversible, (por ejemplo, polaridad).

Haciendo referencia a la Figura 4A, un primer precursor 410 incluye fuentes 412. Un segundo precursor 420 está proporcionado en un contacto trasero 422. Haciendo referencia a la Figura 4B, el primer precursor 410 y el segundo

precursor 420 se ponen en contacto y se calientan y se aplica un campo eléctrico. Con la polarización del campo aplicada como se representa en la Figura 4B, el campo eléctrico tiende a dirigir, al menos, algunos iones de cobre lejos de la herramienta. El campo como se describe ejerce una fuerza sobre el cobre que es opuesta a la dirección del impulso químico sobre el cobre, y puede denominarse polarización inversa (en oposición a la polarización directa). Por supuesto, la dirección del campo puede seleccionarse, la magnitud del campo puede controlarse y el campo puede conectarse y/o desconectarse. Mientras tanto, las fuentes 412 forman dominios beta ricos en indio-galio. Haciendo referencia a la Figura 4C, después de que el campo eléctrico se haya retirado, la herramienta se separa y los dominios permanecen intactos.

### Ejemplo 2

Haciendo referencia a las Figuras 5A-5C, este ejemplo se refiere a una realización de la invención, incluyendo un revestimiento plano de un primer precursor sobre una superficie de una herramienta donde el primer constituyente precursor aumenta periódicamente, de forma sustancialmente regular, depositando previamente una pluralidad de fuentes constitutivas que incluyen un exceso del constituyente respecto a una cantidad media. Esta realización de la invención incluye también un contacto en la cara trasera que es plano, revestido con un segundo precursor. Esta realización incluye el uso de una potencia de campo eléctrico conmutable (por ejemplo, conectado-desconectado), modulable (por ejemplo, potencia de campo), reversible, (por ejemplo, polaridad), que varía periódicamente, de forma sustancialmente regular, con respecto a la localización espacial inicial.

Haciendo referencia a la Figura 5A, un primer precursor 510 incluye las fuentes  $(\text{In/Ga})_y(\text{Se})_{1-y}$  y In/Ga 512. El primer precursor 510 está acoplado a una capa 514 liberable, planarizada, que está acoplada a una superficie periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular, de una herramienta 516. Las fuentes 512 pueden estar autoensambladas en localizaciones correspondientes a la superficie aliviada por fotoionización de partículas de In/Ga y aplicando una polarización negativa a la herramienta o ionizando con pistola de flujo estacionario las partículas de In/Ga y aplicando una polarización positiva a la herramienta. El uso de fotoionización y/o ionización con pistola de flujo estacionario para posibilitar la ubicación de puntos cuánticos se describe en la Patente de Estados Unidos N° 6.313.476. Por supuesto, pueden usarse otros procedimientos de autoensamblaje y/o deposición para localizar las fuentes 512, tal como epitaxia autoorganizada (por ejemplo, en GaAs) y/o técnicas de captación y ubicación molecular. Un segundo precursor 520 incluye  $\text{Cu}_x\text{Se}_{1-x}$ . Haciendo referencia a la Figura 5B, el primer precursor 510 y el segundo precursor 520 se ponen en contacto y se calientan, y se aplica un campo eléctrico. El campo eléctrico representado tiende a dirigir algunos de los iones de cobre lejos de las proyecciones de la herramienta con relieve, formando de esta manera dominios alfa ricos en cobre. Dirigir el cobre lejos de la herramienta ayuda a evitar la soldadura del producto de reacción a la herramienta. Mientras tanto, las fuentes 512 forman dominios beta ricos en indio-galio. Haciendo referencia a la Figura 5C, después de que el campo eléctrico se retira, la herramienta se separa y los dominios permanecen intactos.

### Ejemplo 3

Haciendo referencia a las Figuras 6A-6C, este ejemplo se refiere a una realización de la invención que incluye una herramienta 610 en la que la cantidad de un primer precursor 612 aumenta periódicamente, de forma sustancialmente regular, mediante revestimiento plano de una superficie periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular. Esta realización de la invención incluye también un contacto en la cara trasera 614 donde un segundo precursor 616 está sustancialmente planarizado.

Haciendo referencia a la Figura 6A, pueden verse las localizaciones del primer precursor adicional. Haciendo referencia a la Figura 6B, los dominios resultantes son columnares y se extienden desde una primera superficie 620 del producto de reacción hasta una segunda superficie 622. Haciendo referencia a la Figura 6C, un emisor 649 está acoplado al producto de reacción.

### Ejemplo 4

Haciendo referencia a las Figuras 6D-6F, este ejemplo se refiere a una realización de la invención que incluye una herramienta 660, que está revestida en plano con un primer precursor 662. Esta realización de la invención incluye también un contacto en la cara trasera 664 en el que la cantidad de un segundo precursor 668 aumenta periódicamente, de forma sustancialmente regular, mediante un revestimiento plano de una superficie periódicamente rebajada, de forma sustancialmente regular.

Haciendo referencia a la Figura 6D, las localizaciones del segundo precursor adicional corresponden a localizaciones donde los dominios ricos en el segundo precursor estarán localizados, adyacentes al segundo sustrato. Haciendo referencia a la Figura 6E, solo uno de los dominios resultantes se extiende desde una primera superficie 670 del producto de reacción hasta una segunda superficie 672. Haciendo referencia a la Figura 6F, un emisor 699 está acoplado al producto de reacción.

### Ejemplo 5

Haciendo referencia a las Figuras 8A-8C, este ejemplo se refiere a una realización de la invención, incluyendo revestimiento plano de un primer precursor sobre una superficie de una herramienta, donde un primer constituyente

precursor aumenta periódicamente, de forma sustancialmente regular, con respecto a un plano inicial utilizando un sustrato con relieve. El resultado es un exceso del constituyente respecto a una cantidad media en localizaciones que corresponden al relieve individual de la superficie con relieve de la herramienta. Esta realización incluye también el uso de una potencia de campo eléctrico conmutable (por ejemplo, conectado-desconectado), modulable (por ejemplo, potencia de campo), reversible, (por ejemplo, polaridad), que varía periódicamente, de forma sustancialmente regular, con respecto a la localización espacial inicial.

Haciendo referencia a la Figura 8A, se proporciona un primer precursor 810 sobre una superficie de la herramienta 815. Se proporciona un segundo precursor 820 sobre un contacto trasero 822. Haciendo referencia a la Figura 5B, el primer precursor 810 y el segundo precursor 820 se ponen en contacto y se calientan, y se aplica un campo eléctrico. Con la polarización del campo aplicada como se describe en la Figura 8B, el campo eléctrico tiende a dirigir, al menos parte de los iones cobre, lejos de la herramienta. Es importante apreciar que la potencia de campo es mayor en aquellas localizaciones de la superficie de la herramienta que no tienen relieve. De esta manera, la fuerza impulsora electrostática también aumenta periódicamente de forma sustancialmente regular con respecto a un plano inicial. El campo como se ha descrito ejerce una fuerza sobre el cobre que es opuesta a la dirección del impulso químico sobre el cobre, y puede denominarse polarización inversa (en oposición a la polarización directa). Por supuesto, la dirección del campo puede seleccionarse, la magnitud del campo puede controlarse y el campo puede conectarse y/o desconectarse. Mientras tanto, los dominios beta ricos en indio-galio tienden a formarse en localizaciones que corresponden a los relieves individuales de la superficie con relieve de la herramienta. Haciendo referencia a la Figura 8C, después de que el campo eléctrico se haya retirado, la herramienta se separa y los dominios permanecen intactos.

#### Ejemplo 6

Haciendo referencia a las Figuras 9A-9C, este ejemplo se refiere a una realización de la invención que incluye un primer precursor sobre una superficie de una herramienta, en la que un primer constituyente precursor aumenta periódicamente, de forma sustancialmente regular, con respecto a un plano inicial, utilizando un sustrato con relieve, en combinación con un revestimiento líquido que contiene el primer constituyente precursor. El revestimiento líquido se seca y después el resto del primer precursor se deposita. El resultado es un exceso del constituyente respecto a una cantidad media en localizaciones que corresponden a los relieves individuales de la superficie con relieve de la herramienta. Esta realización incluye de nuevo el uso de una potencia de campo eléctrico conmutable (por ejemplo, conectado-desconectado), modulable (por ejemplo, potencia de campo), reversible, (por ejemplo, polaridad) que varía periódicamente, de forma sustancialmente regular, con respecto a una localización espacial inicial.

Haciendo referencia a la Figura 9A, el revestimiento líquido 905 que contiene el primer constituyente del precursor se aplica a una superficie de la herramienta 515. Haciendo referencia a la Figura 9B, el revestimiento líquido 905 se seca y las fuerzas capilares provocan que el primer constituyente del precursor se recoja en las porciones más profundas de los relieves individuales. Haciendo referencia a la Figura 9C, el resto 910 del primer precursor se deposita en plano. Un segundo precursor 920 se proporciona sobre un contacto trasero 522. Haciendo referencia a la Figura 9D, el primer precursor 910 y el segundo precursor 920 se ponen en contacto y se calientan y se aplica un campo eléctrico. Con la polarización del campo eléctrico aplicada como se representa en la Figura 9D, el campo eléctrico tiende a dirigir al menos algunos de los iones de cobre lejos del sustrato con relieve. Es importante apreciar que la potencia del campo es mayor en aquellas localizaciones de la superficie de la herramienta que no tienen relieve. De esta manera, la fuerza impulsora electrostática aumenta también periódicamente, de forma sustancialmente regular, con respecto al plano inicial. De nuevo, la dirección del campo puede seleccionarse, la magnitud del campo puede controlarse y el campo puede conectarse y/o desconectarse. Haciendo referencia a la Figura 9E, los dominios beta ricos en indio-galio tienden a formarse en localizaciones que corresponden a los relieves individuales de la superficie con relieve de la herramienta. Después de que el campo eléctrico se haya retirado, la herramienta se separa y los dominios permanecen intactos.

#### Ejemplo 7

Haciendo referencia a las Figuras 10A-10D, este ejemplo se refiere a una realización de la invención, incluyendo un segundo precursor 1000 sobre una superficie de un contacto trasero 1020, donde un segundo constituyente precursor aumenta periódicamente, de forma sustancialmente regular, depositando previamente una pluralidad de fuentes constitutivas 1010, que incluyen un exceso del constituyente respecto a una cantidad media. De nuevo, esta realización incluye el uso de un campo eléctrico conmutable (por ejemplo, conectado-desconectado), modulable (por ejemplo, potencia de campo), reversible (por ejemplo, polaridad).

Haciendo referencia a la Figura 10A, las fuentes 1010 se forman en el contacto trasero 1020 por epitaxia. Haciendo referencia a la Figura 10B, se proporciona un primer precursor 1030 sobre la superficie de una herramienta. El primer precursor 1030 y el segundo precursor 1000 se ponen en contacto y se calientan, y se aplica el campo eléctrico. Con la polarización del campo aplicada como se representa en la Figura 10C, el campo eléctrico tiende a dirigir al menos algunos de los iones de cobre lejos de la superficie de la herramienta. El campo como se describe ejerce una fuerza sobre el cobre que es opuesta a la dirección del impulso químico sobre el cobre, y puede denominarse polarización inversa. Como en los ejemplos anteriores, la dirección del campo puede seleccionarse, la magnitud del campo puede controlarse y el campo puede conectarse y/o desconectarse. Mientras tanto, las fuentes

1010 forman dominios alfa ricos en cobre. Haciendo referencia a la Figura 10D, después de que el campo eléctrico se haya retirado, la herramienta se separa y los dominios permanecen intactos.

### Aplicaciones prácticas

5 Una aplicación práctica de la invención, que tiene un valor dentro de las técnicas tecnológicas, es la fabricación de dispositivos fotovoltaicos, tales como películas absorbedoras o fósforo electroluminiscente. Adicionalmente, la invención es útil junto con la fabricación de semiconductores (tales como los usados con el fin de transistores) o junto con la fabricación de superconductores (tal como los usados con el fin de imanes o detectores) o similares. Hay usos prácticamente innumerables para una realización de la invención, todos los cuales no se detallan necesariamente aquí.

### 10 Ventajas

Las realizaciones de la invención pueden ser rentables y ventajosas por al menos las siguientes razones. Las realizaciones de la invención pueden mejorar el control de la formación de una estructura de dominios de fase segregados dentro de un producto de reacción química. Las realizaciones de la invención pueden mejorar las propiedades de límite de una pluralidad de estructuras de dominio dentro de una estructura de dominios de fase segregados. 15 Las realizaciones de la invención pueden mejorar el rendimiento de los productos de reacción química que incluyen una estructura de dominios de fase segregados. Las realizaciones de la invención mejoran la calidad y/o reducen los costes, en comparación con los enfoques previos.

### Definiciones

20 El término capa pretende significar de forma genérica películas, revestimientos y estructuras más gruesas. El término revestimiento pretende significar de forma subgenérica películas finas, películas gruesas y estructuras más gruesas. El término composición pretende significar de forma genérica sustancias orgánicas e inorgánicas tales como, aunque sin limitación, productos de reacción química y/o productos de reacción física. El término seleniuro pretende significar un material que incluye el elemento selenio y no incluye suficiente oxígeno para precipitar una base de selenato separada; el oxígeno puede estar presente en el seleniuro. El término herramienta pretende significar un 25 sustrato destinado a la reutilización o usos múltiples.

El término programa y/o la frase programa informático pretenden significar una secuencia de instrucciones diseñadas para la ejecución en un sistema informático (por ejemplo, un programa y/o programa informático puede incluir una subrutina, una función, un procedimiento, un procedimiento de objeto, una implementación de objeto, una aplicación ejecutable, una aplicación, un servlet (programa que se ejecuta en un servidor), un código fuente, un código objeto, una biblioteca compartida/biblioteca de carga dinámica y/u otra secuencia de instrucciones diseñadas para su ejecución en un ordenador o sistema informático). La expresión radiofrecuencia pretende significar 30 frecuencias menores de o iguales a aproximadamente 300 GHz, así como el espectro infrarrojo. Los números de grupo correspondientes a las columnas dentro de la tabla periódica de los elementos usan el convenio "Nueva Notación" como puede verse en CRC Handbook of Chemistry and Physics, 81 Edición (2000).

35 El término sustancialmente pretende significar en gran medida, pero no necesariamente completamente, lo que se especifica. El término aproximadamente pretende significar al menos cerca de un valor dado (por ejemplo, dentro del 10% del mismo). El término generalmente pretende significar al menos aproximación a un estado dado. El término acoplado pretende significar conectado, aunque no necesariamente de forma directa, y no necesariamente de forma mecánica. El término próximo, como se usa en el presente documento, pretende significar cercano, casi adyacente 40 y/o coincidente; e incluye situaciones espaciales en las que las funciones especificadas y/o resultados (si los hubiera) pueden realizarse y/o conseguirse. El término despliegue pretende significar diseñar, construir, transportar, instalar y/u operar.

Los términos primero o uno y las expresiones al menos un primer y al menos uno pretenden significar el singular o el plural, a menos que quede claro a partir del texto intrínseco del presente documento que significa otra cosa. Los 45 términos segundo u otro, y las expresiones al menos un segundo o al menos otro pretenden significar el singular o el plural, a menos que quede claro del texto intrínseco del presente documento que significa otra cosa. A menos que se indique expresamente lo contrario en el texto intrínseco del presente documento, el término o pretende significar una o inclusiva y no una o exclusiva. Específicamente, una condición A o B se satisface por uno cualquiera de los siguientes: A es cierto (o está presente) y B (es falso) o no está presente. A es falso (o no está presente) y B es cierto (o está presente) y tanto A como B son ciertos (o están presentes). Los términos un o una se emplean para 50 estilo gramatical y meramente por conveniencia.

El término pluralidad pretende significar dos o más de dos. El término cualquiera pretende significar todos los miembros aplicables de un conjunto o al menos un subconjunto de todos los miembros aplicables del conjunto. La expresión cualquier número entero derivable del mismo pretende significar un número entero entre los números 55 correspondientes citados en la memoria descriptiva. La expresión cualquier intervalo derivable del mismo pretende significar cualquier intervalo dentro de dichos números correspondientes. El término significa, cuando va seguido del término "para" pretende significar soporte físico, soporte lógico inalterable y/o soporte lógico para conseguir un

resultado. El término etapa, cuando va seguido del término "para" pretende significar un (sub)procedimiento, (sub)proceso y/o (sub)rutina para conseguir el resultado citado.

- 5 Los términos "comprende", "que comprende", "incluye", "que incluye", "tiene" o "que tiene" o cualquier otra variación de los mismos pretenden cubrir una inclusión no exclusiva. Por ejemplo, un procedimiento, proceso, artículo o aparato que comprende una lista de elementos no está limitado necesariamente solo a aquellos elementos, sino que puede incluir otros elementos no enumerados expresamente o inherentes a dicho procedimiento, proceso, artículo o aparato. Los términos "que consiste" (consiste, consistía) y/o "que comprende" (comprende, comprendía) pretenden significar lenguaje cerrado que no permite al procedimiento, aparato o composición citados la inclusión de procedimientos, estructuras y/o ingredientes distintos de aquellos citados, excepto auxiliares, adjuntos y/o impurezas asociadas habitualmente con los mismos. La cita del término "básicamente" junto con el término "que consiste" (consiste, consistía) y/o que comprende (comprende, comprendía) pretende significar lenguaje cerrado modificado, que deja al procedimiento, aparato y/o composición citados abrirse solo para la inclusión de procedimientos, estructuras y/o ingredientes no especificados, que no afectan materialmente a las características novedosas básicas del procedimiento, aparato y/o composición citados.
- 10
- 15 A menos que se definan de otra manera, todos los términos técnicos y científicos usados en el presente documento tienen el mismo significado que el entendido habitualmente por un experto en la materia a la que pertenece la presente invención. En caso de conflicto, prevalecerá la presente memoria descriptiva, incluyendo sus definiciones.

### Conclusión

- 20 Las realizaciones y ejemplos descritos son ilustrativos únicamente y no pretenden ser limitantes. Aunque las realizaciones de la invención pueden implementarse por separado, las realizaciones de la invención pueden integrarse en el sistema o sistemas con el que están asociadas. Todas las realizaciones de la invención desveladas en el presente documento pueden realizarse y usarse sin experimentación excesiva a la luz de la divulgación. Aunque se desvela el mejor modo de la invención contemplado por los inventores, las realizaciones de la invención no están limitadas al mismo. Las realizaciones de la invención no están limitadas por exposiciones teóricas (si las hubiera) citadas en el presente documento. No es necesario realizar las etapas individuales de las realizaciones de la invención de la manera desvelada, o combinadas en las secuencias desveladas, sino que pueden realizarse en todas y cada una de las maneras y/o combinarse en todas y cada una de las secuencias. No es necesario que los componentes individuales de las realizaciones de la invención se formen con las formas desveladas, o que se combinen en las configuraciones desveladas, sino que podrían proporcionarse en todas y cada una de las formas y/o combinarse en todas y cada una de las configuraciones. No es necesario fabricar los componentes individuales a partir de los materiales desvelados, sino que podrían fabricarse a partir de todos y cada uno de los materiales adecuados. Los reemplazos homólogos pueden sustituirse por las sustancias descritas en el presente documento.
- 25
- 30

- 35 Los expertos en la materia a la que pertenecen las realizaciones de la invención pueden apreciar que pueden hacerse diversas sustituciones, modificaciones, adiciones y/o redistribuciones de las características de las realizaciones de la invención, sin desviarse del alcance del concepto inventivo subyacente. Todos los elementos desvelados y las características de cada una de las realizaciones desveladas pueden combinarse con o sustituirse por los elementos y características desvelados de cada una de las realizaciones desveladas, excepto cuando dichos elementos o características son mutuamente exclusivos. El alcance del concepto inventivo subyacente, como se define por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes cubre todas estas sustituciones, modificaciones, adiciones y/o redistribuciones.
- 40

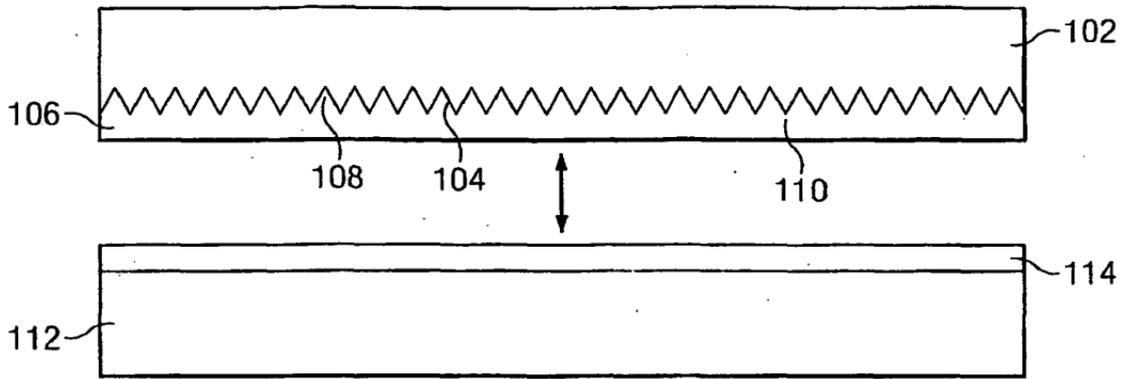
- 45 No debe interpretarse que las reivindicaciones adjuntas incluyen limitaciones de la función menos-más, a menos que dicha limitación se cite explícitamente en una reivindicación dada usando la expresión "significa" y/o "etapa para". Las realizaciones subgenéricas de la invención están delimitadas por las reivindicaciones independientes adjuntas y sus equivalentes. Las realizaciones específicas de la invención están diferenciadas por las reivindicaciones dependientes adjuntas y sus equivalentes.

### REFERENCIAS

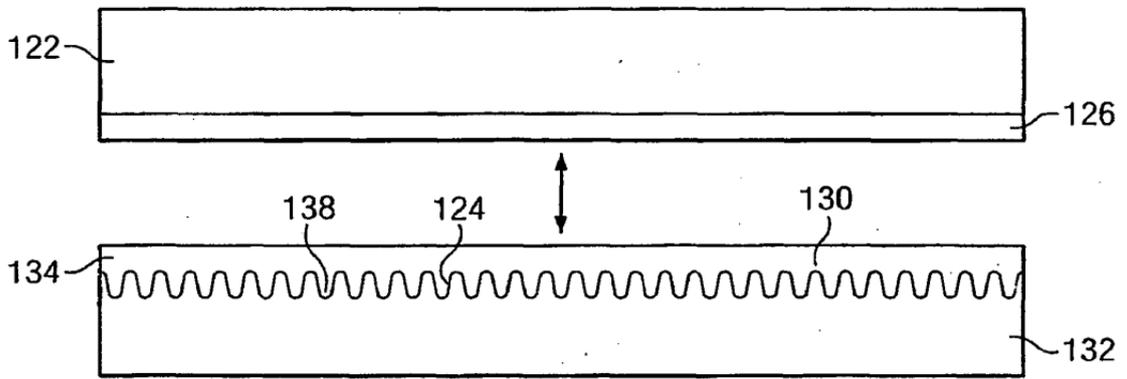
- (1) B. J. Stanbery, "The intra-absorber junction (IAJ) model for the device physics of copper indium selenide-based photovoltaics," 0-7803-8707-4/05 IEEE, presentado el 5 de enero de 2005, páginas 355-358.
- 50 (2) Y. Yan, R. Noufi, K. M. Jones, K. Ramanathan, M. M. Al-Jassim y B. J. Stanbery, "Chemical fluctuation-induced nanodomains in Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> films," Applied Physics Letters 87, 121904 American Institute of Physics, 12 de septiembre de 2005.
- (3) Billy J. Stanbery, "Copper indium selenides and related materials for photovoltaic devices," 1040-8436/02 CRC Press, Inc., 2002, páginas 73-117.
- 55 (4) B. J. Stanbery, S. Kincal, L. Kim, T. J. Anderson, O. D. Crisalle, S. P. Ahrenkiel y G. Lippold "Role of Sodium in the Control of Defect Structures in CIS," 0-7803-5772-8/00 IEEE, 2000, páginas 440-445.
- (5) 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 6-10 de junio de 2005, Barcelona, Spain, páginas 1744-1747.

**REIVINDICACIONES**

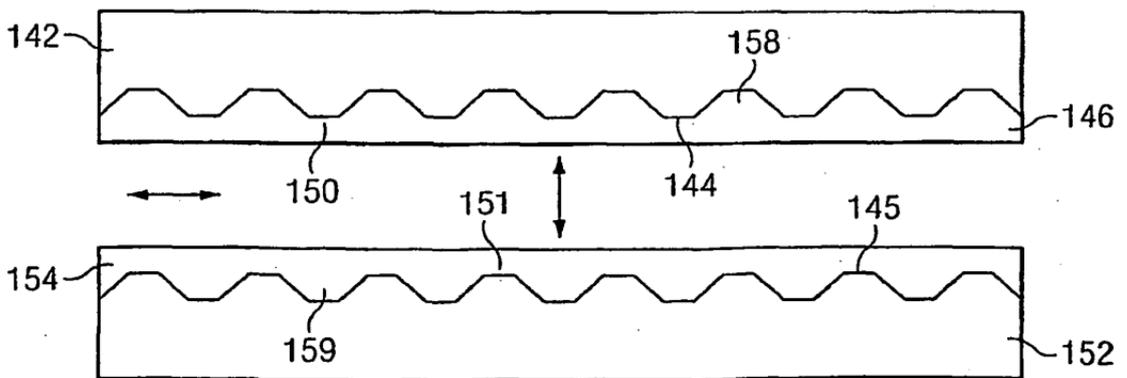
1. Un aparato, **caracterizado porque** comprende:
- una herramienta (416; 516; 610; 660; 815); y
- 5 un contacto en la cara trasera (422; 614; 664; 822; 522; 1020) acoplado a la herramienta con un producto de reacción química entre ellos formado a partir de un primer precursor (410; 510; 612; 662; 810; 910; 1030) y un segundo precursor (420; 520; 616; 668; 820; 920; 1000), pudiendo la herramienta (416; 516; 610; 660; 815) y el contacto en la cara trasera (422; 614; 664; 822; 522; 1020) moverse uno respecto al otro, permaneciendo el producto de reacción química con una de dicha herramienta y contacto en la cara trasera,
- 10 en el que, para controlar la formación de una estructura de dominios de fase segregados dentro del producto de reacción química, controlando una cantidad de un constituyente de un precursor que está presente por área superficial unitaria, al menos un miembro seleccionado entre el grupo que consiste en la herramienta (416; 516; 610; 660; 815) y el contacto en la cara trasera (422; 614; 664; 822; 522; 1020) define un relieve periódicamente variable, de forma sustancialmente regular, con respecto a la localización espacial del plano inicial.
- 15 2. El aparato de la reivindicación 1, en el que la herramienta y el contacto en la cara trasera pueden moverse uno respecto al otro para poner en contacto el primer precursor, localizado en la herramienta, con un segundo precursor, localizado en el contacto en la cara trasera.
- 20 3. El aparato de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una fuente de tensión acoplada a la herramienta y el contacto en la cara trasera para generar un campo eléctrico entre la herramienta y el contacto en la cara trasera, variando periódicamente y espacialmente de forma sustancialmente regular la potencia del campo eléctrico con respecto a la localización espacial del plano inicial.
4. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato es para fabricar dispositivos fotovoltaicos.
5. El aparato de la reivindicación 4, en el que los componentes fotovoltaicos son dispositivos fotovoltaicos basados en CIS.
- 25 6. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el aparato es para la fabricación de semiconductores o para la fabricación de superconductores.



*FIG. 1A*



*FIG. 1B*



*FIG. 1C*

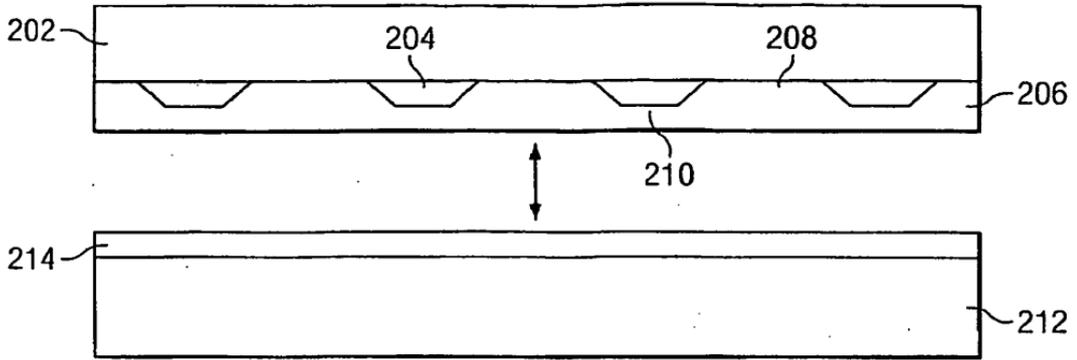


FIG. 2A

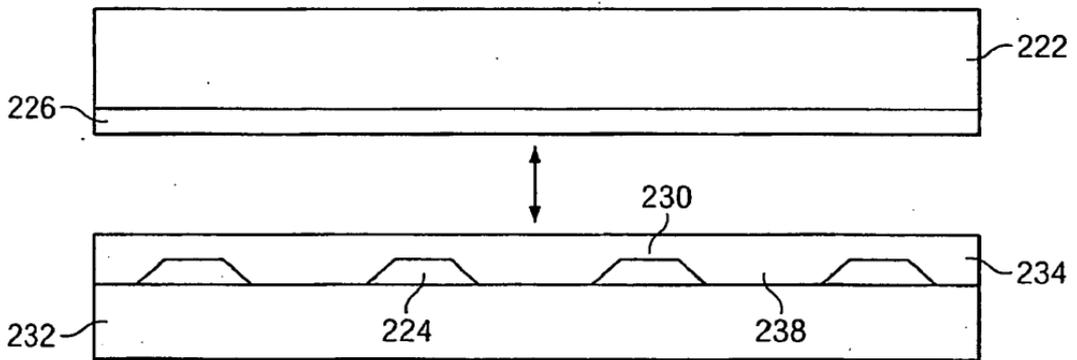


FIG. 2B

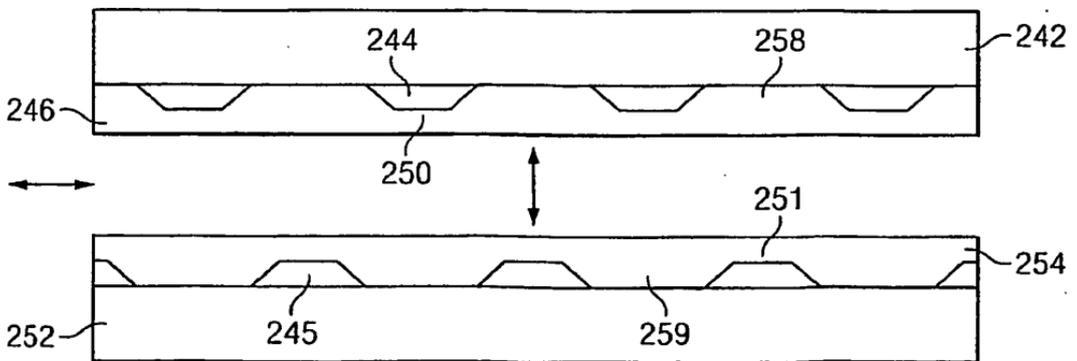


FIG. 2C

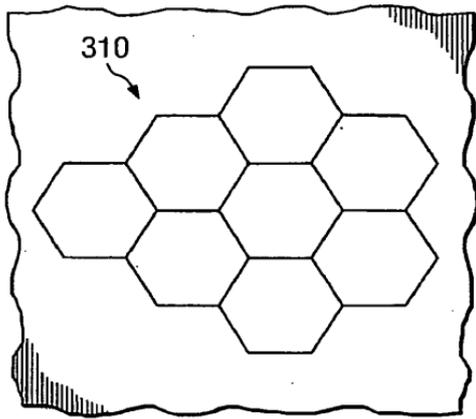


FIG. 3A

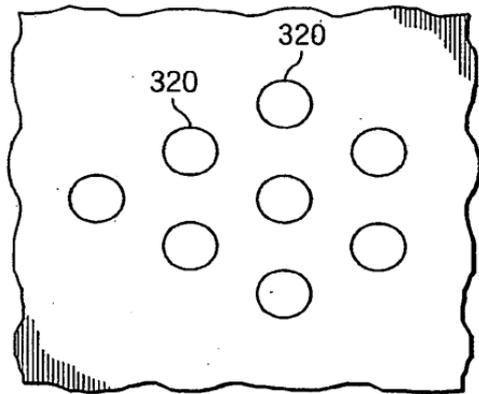


FIG. 3B

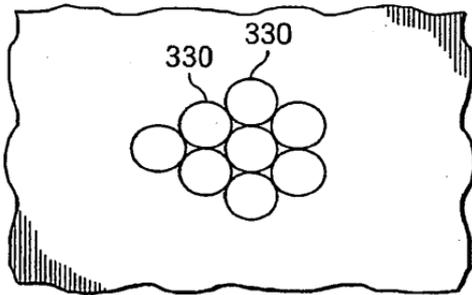


FIG. 3C

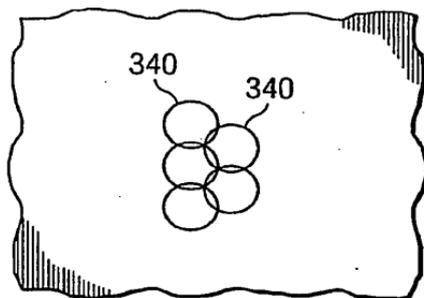
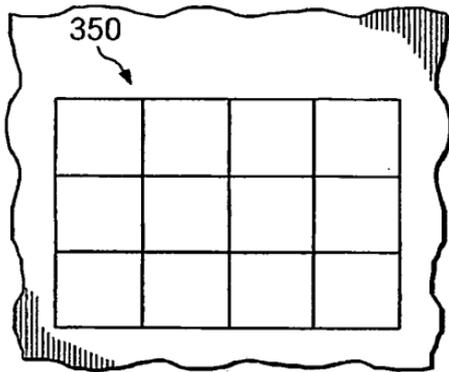
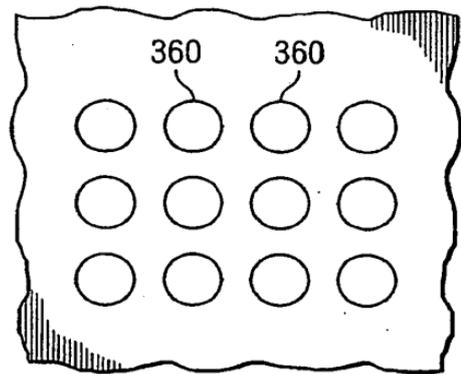


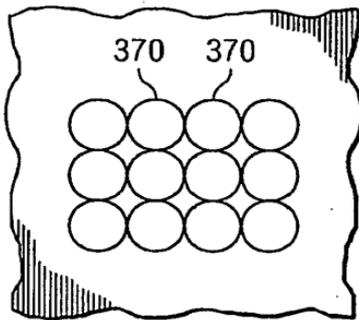
FIG. 3D



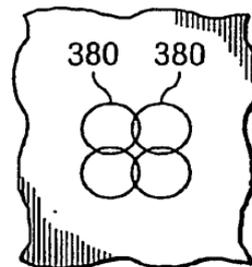
*FIG. 3E*



*FIG. 3F*



*FIG. 3G*



*FIG. 3H*

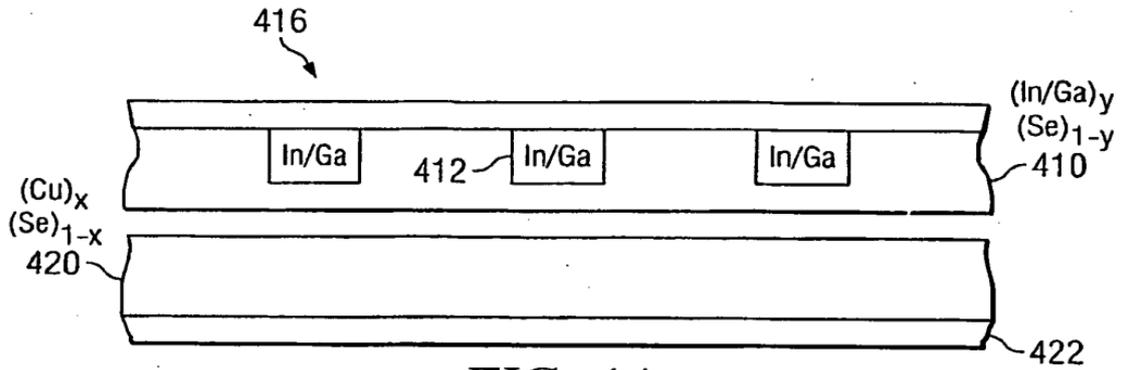


FIG. 4A

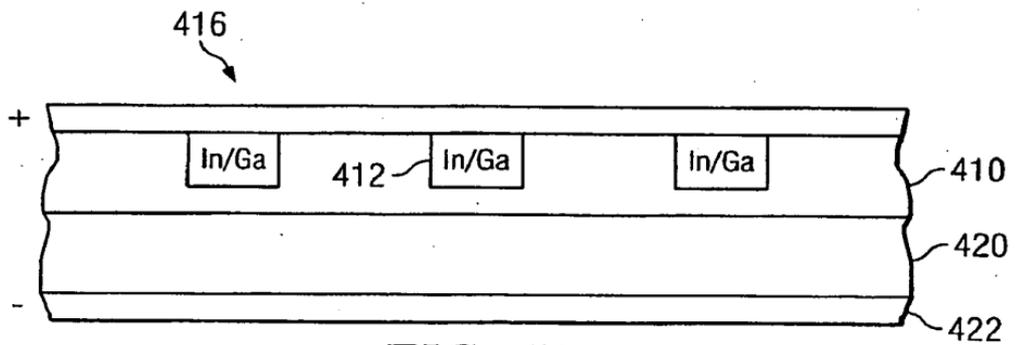


FIG. 4B

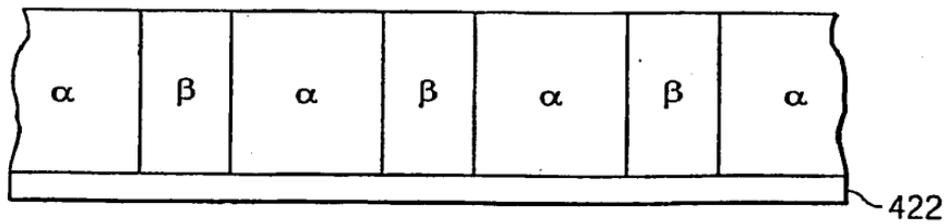
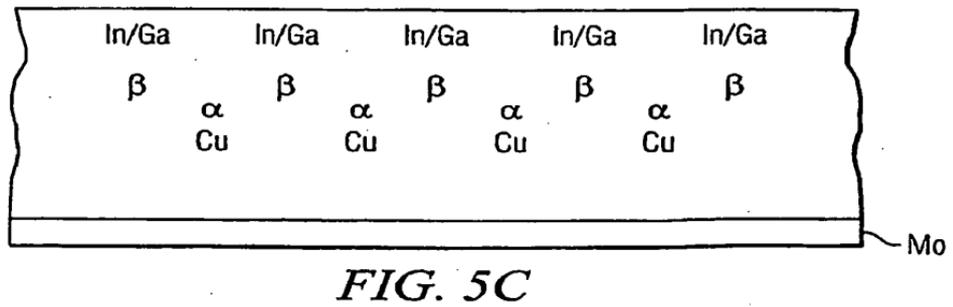
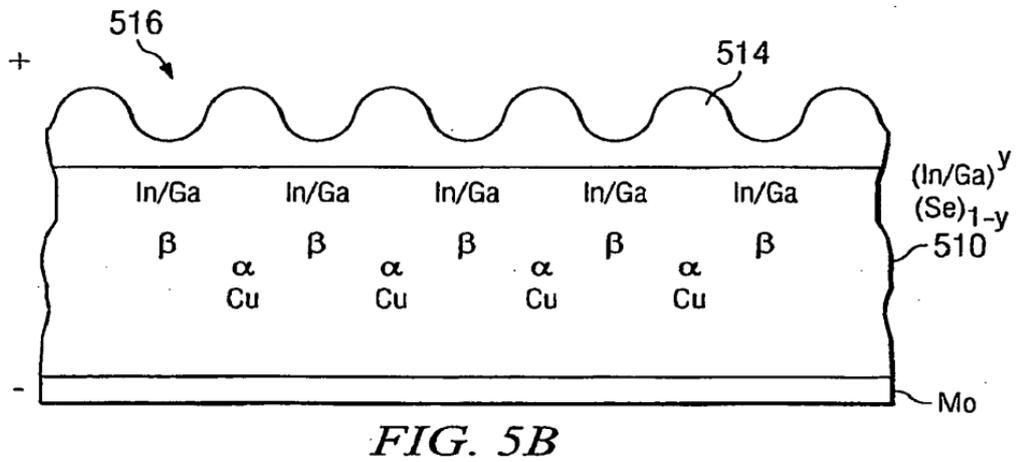
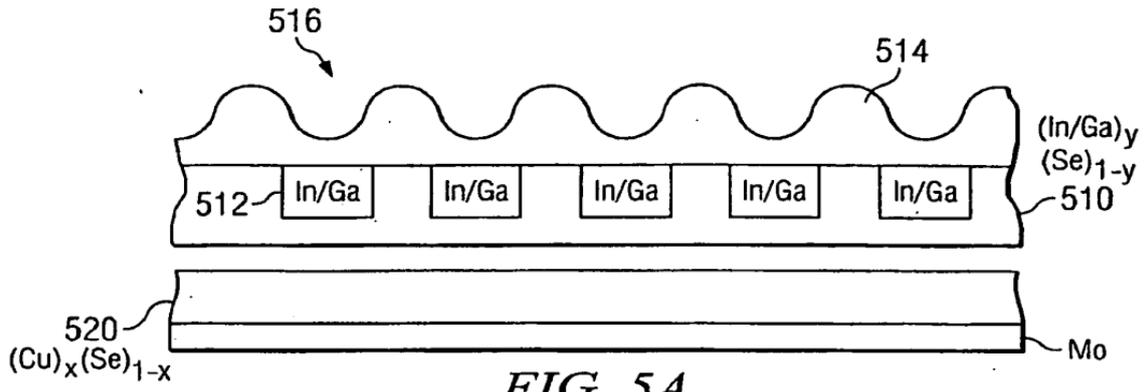


FIG. 4C



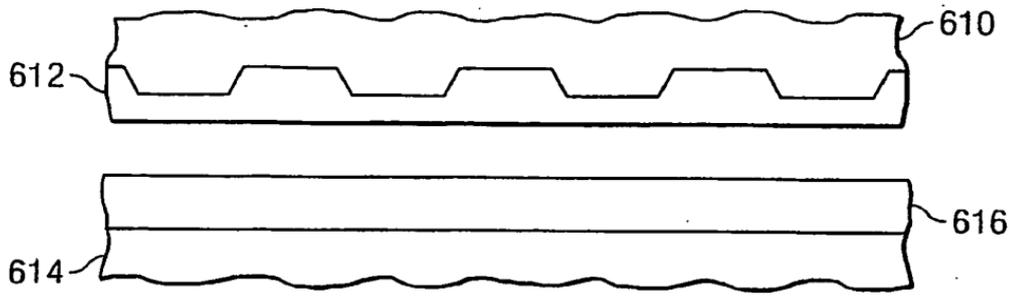


FIG. 6A

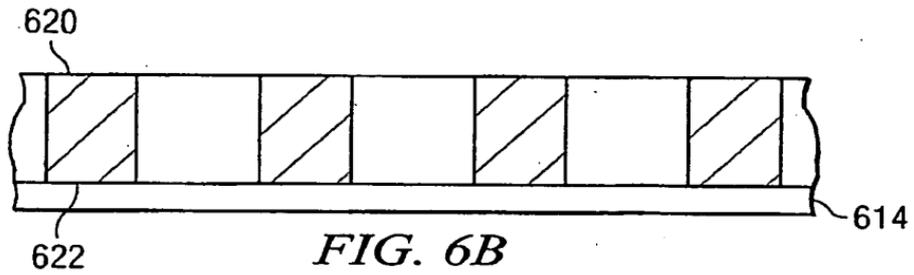


FIG. 6B

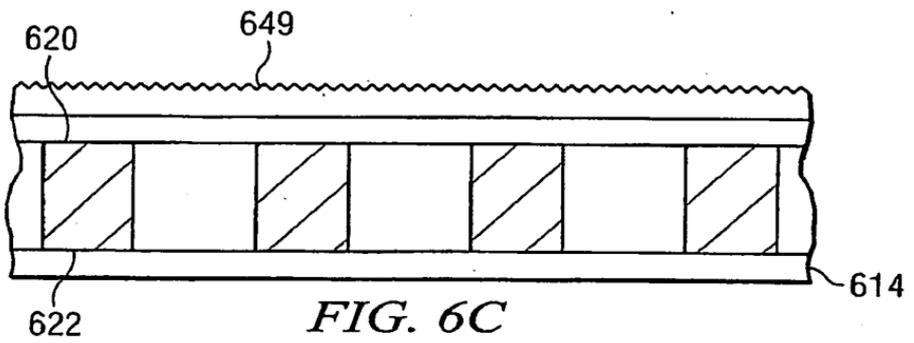


FIG. 6C

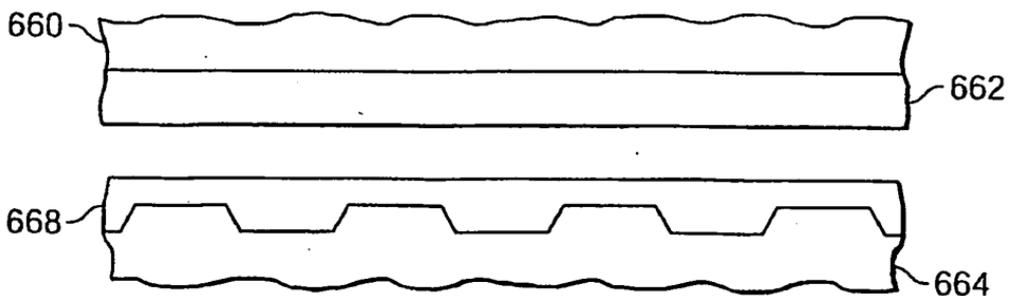
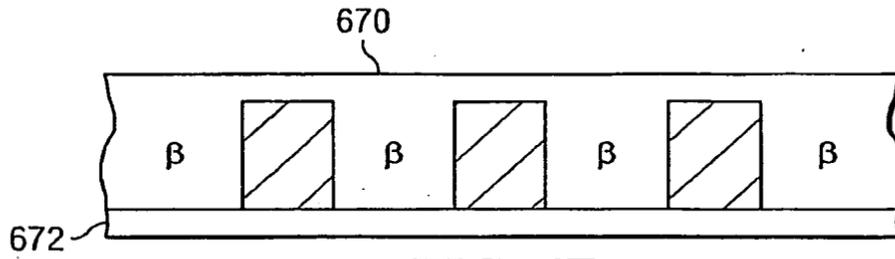
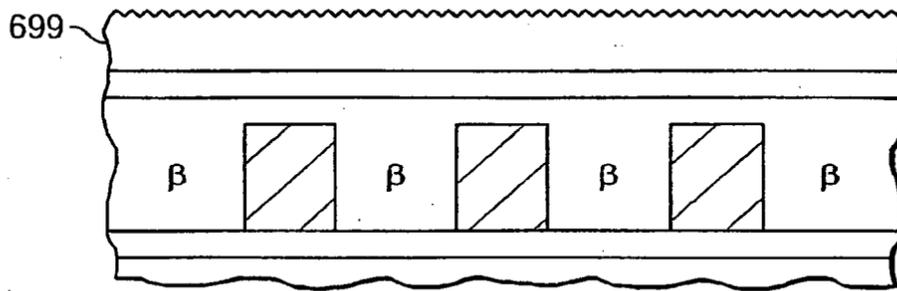


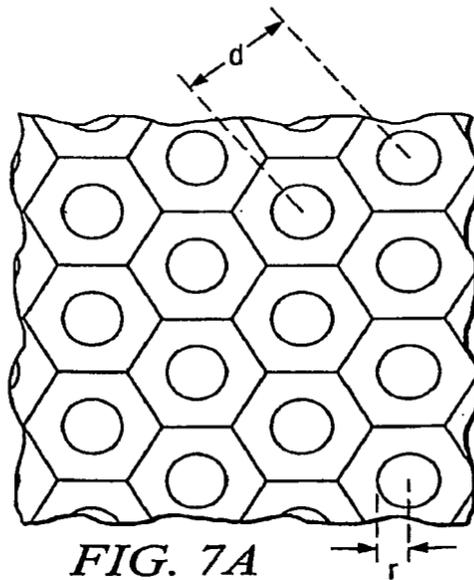
FIG. 6D



*FIG. 6E*



*FIG. 6F*



*FIG. 7A*

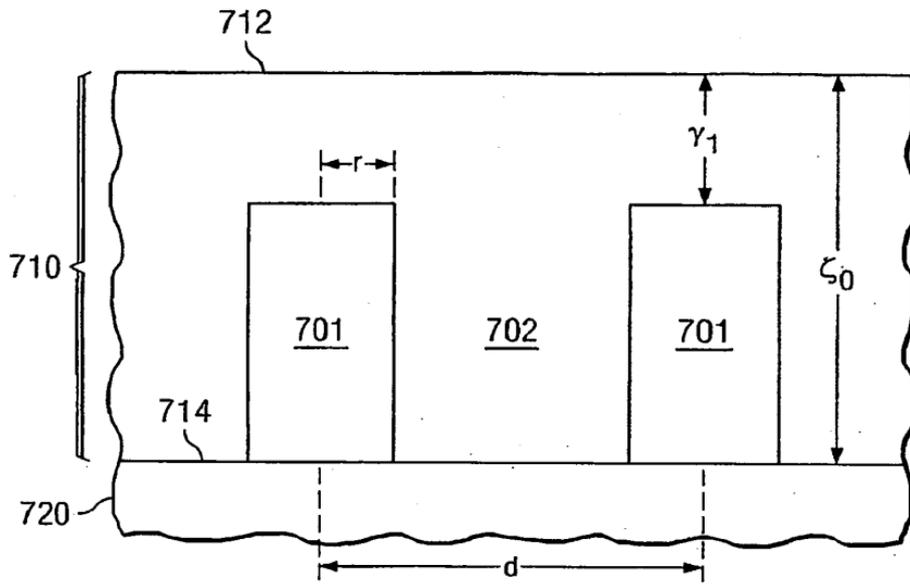


FIG. 7B

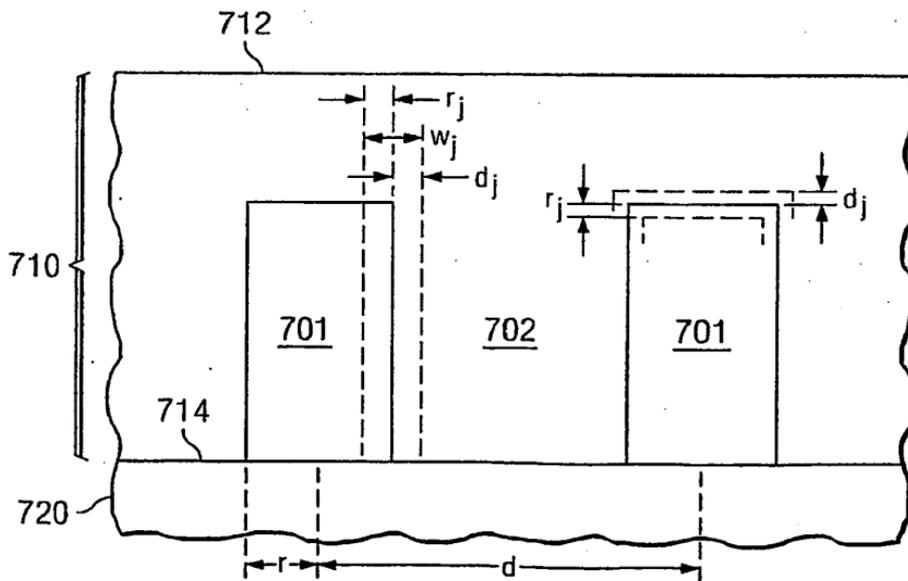
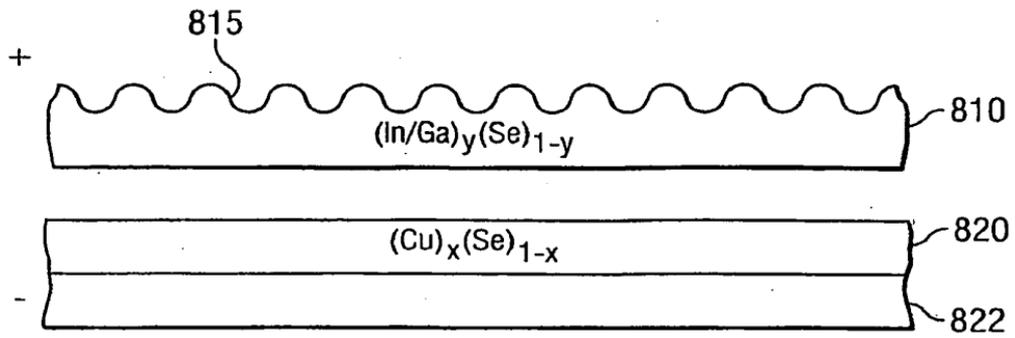
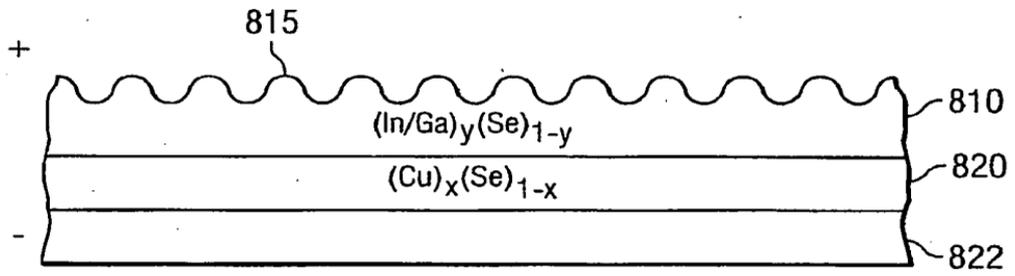


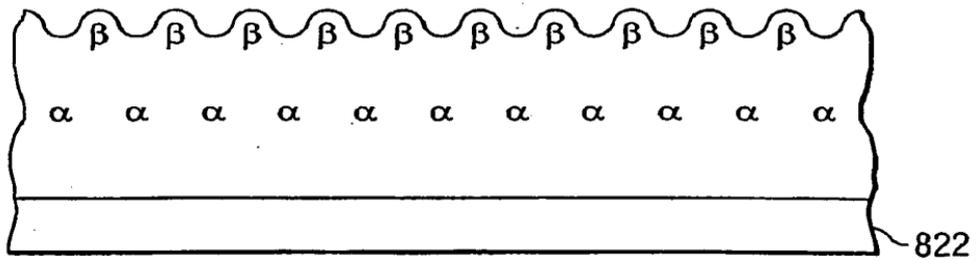
FIG. 7C



*FIG. 8A*



*FIG. 8B*



*FIG. 8C*

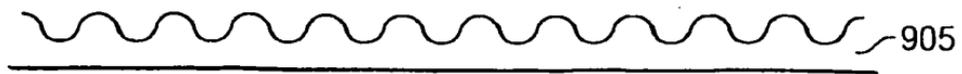


FIG. 9A



FIG. 9B

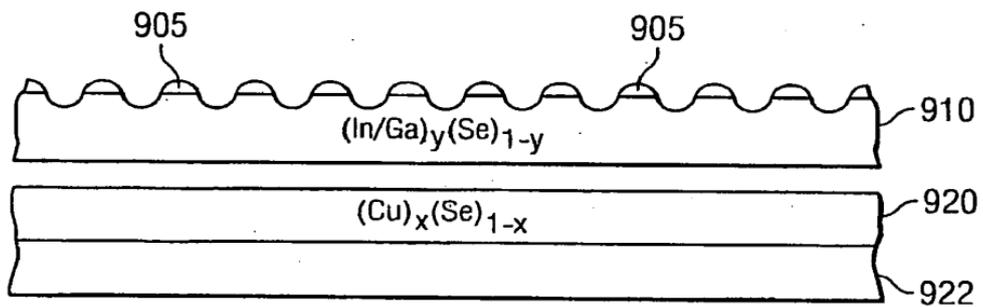


FIG. 9C

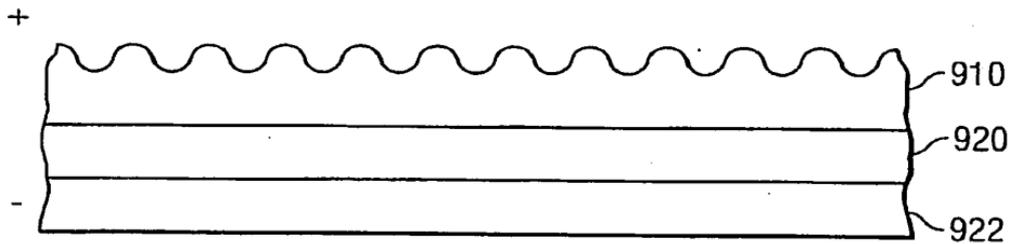


FIG. 9D

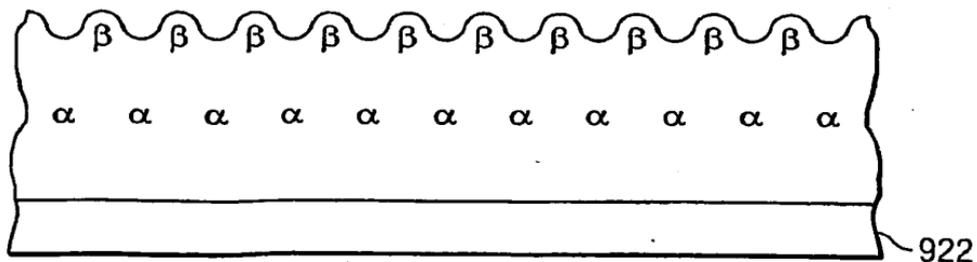


FIG. 9E

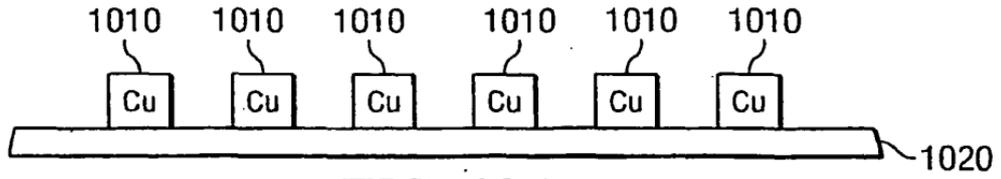


FIG. 10A

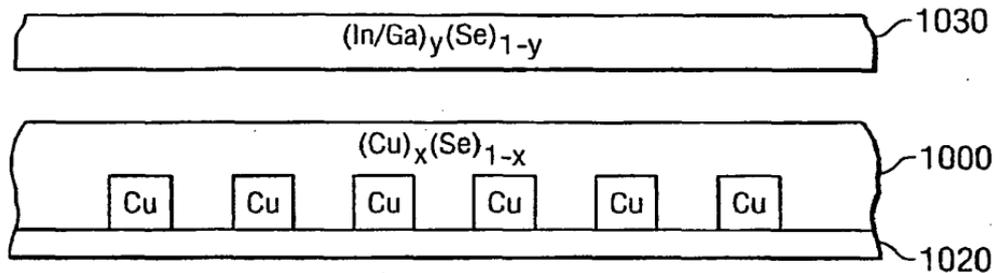


FIG. 10B

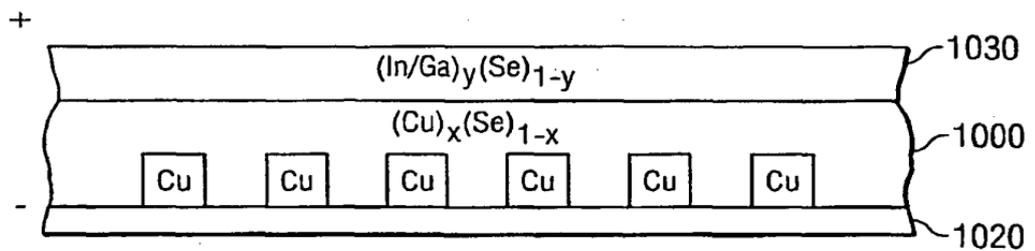


FIG. 10C

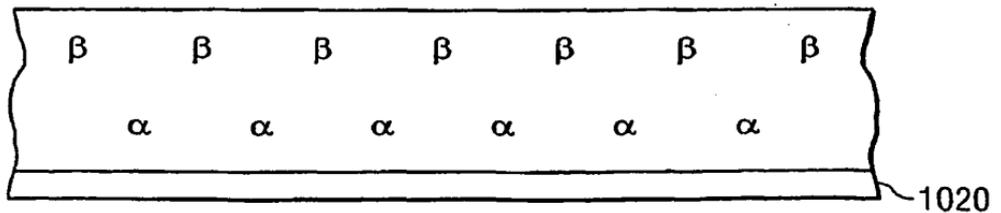


FIG. 10D