

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 465**

51 Int. Cl.:

C30B 15/00 (2006.01)

C30B 29/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2008 E 08782387 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2012 EP 2195475**

54 Título: **Oblea/cristal de cinta y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

27.07.2007 US 952435 P

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

01.04.2013

73 Titular/es:

**MAX ERA, INC. (100.0%)
4231 Dant Boulevard
Reno, NV 89509-7020 , US**

72 Inventor/es:

GABOR, ANDREW

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 399 465 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

Oblea/cristal de cinta y procedimiento para su fabricación.

Campo de la invención

5 **[0001]** La invención se refiere de forma general a cristales de cinta y más particularmente la invención se refiere a los contornos de obleas formadas a partir de los cristales de cinta.

Antecedentes de la invención

10 **[0002]** Los cristales de cinta de hilo, tales como los revelados por la Patente EE.UU. número 4.689.109 (editada en 1987 y nombrando a Emanuel M. Sachs como único inventor) puede formar la base de una variedad de dispositivos electrónicos. Por ejemplo Evergreen Solar, Inc. de Marlborough, Massachusetts forma células solares a partir de cristales de cinta de hilo convencionales.

15 **[0003]** Como se discute en gran detalle en la patente indicada, los procedimientos convencionales forman cristales de cinta de hilo, pasando dos o más hilos a través de silicio fundido. Debido a la naturaleza del procedimiento, un cristal de cinta de hilo crece con un ancho irregular. Por consiguiente, más que configurar una forma generalmente plana lisa, los bordes mayores de los cristales se configuran a menudo una forma irregular. Por consiguiente, cuando se procesan en células solares, su separación está habitualmente más alejada de las obleas adyacentes de lo que estarían si los bordes fueran substancialmente planos y lisos, por tanto reduciendo la energía total producida por la célula por unidad de área. Tal resultado es contrario a la meta de maximizar la energía producida por área unitaria de una célula solar.

20 **[0004]** Además, también como resultado de este crecimiento no uniforme, las porciones próximas a los borde de los cristales habitualmente forman una alta densidad de grano y, consecuentemente, una gran densidad de contornos de grano. Como se conoce por dicha técnica anterior, los contornos de grano generalmente reducen la eficacia eléctrica de la oblea actuando como "trampas de electrones". Además, muchos en la técnica anterior consideran que los granos pequeños y los bordes irregulares no son estéticamente agradables.

25 **[0005]** Cuando se usa para formar células solares, las obleas habitualmente tienen electrodos posteriores para transmitir electrones. Debido a la fluctuación y a la relativamente desconocida forma de los bordes, sin embargo, los de la técnica anterior no forman electrodos posteriores en gran parte del área de la oblea. En su lugar, aquellos de la técnica anterior habitualmente forman electrodos posteriores en una pequeña área de la oblea; a saber, separados por una distancia relativamente grande de los bordes de la oblea. De esta forma, esta práctica reduce la eficacia eléctrica total de la oblea.

30 **[0006]** Hahn *et al.* (ver Hahn et al. (2001), 17th E.C. Photovoltaic solar energy conference, Munich, Alemania, 22 a 26 Oct., 2001; [Proceedings of the international photovoltaic solar energy conference] Munich: WIP-Renewable Energies, DE, Vol. Conf. 17,22 Octubre 2001, pp. 1719-1722, ISBN: 978-3-936338-08-9), revelan células solares de cristal de cinta con amplias áreas serigrafiadas con 14% de eficacia y revelan en este contexto, bordes de aislamiento de células de cinta de hilo, donde principalmente los dos lados contienen los hilos de un cristal de cinta
35 de hilo son objeto de un mecanismos de derivación (ver Hahn *et al.*, p. 1719, título y resumen). El procedimiento para aislamiento de borde en Hahn *et al.* (2001) pueden comprender la mecanización láser de ranuras en la parte posterior, ranuras láser en la parte anterior, cortado de los 4 lados, cortado de dos lados cortos (no hilos) y cortado de dos lados largos (hilos)

40 **[0007]** De forma similar, Kaes *et al.* (ver Kaes et al., Photovoltaic specialist conference, Conference Record of the Thirty-First IEEE Lake Buena Vista, FL, EEUU, Enero. 2005, Piscataway, NJ, USA, IEEE, US, 3 enero 2005, pp. 923-926, ISBN: 978-0-7803-8707-2) solo revela el "pasivado" del grueso de silicio de cinta, utilizado una capa PECVD SiN rica en hidrógeno, seguido de activación en lugar de aumento de minorías portadoras de longitudes de difusión en comparación con la hidro-generación utilizando MIRHP aplicado al proceso fotolitográfico (ver Kaes *et al.* (2005), p. 926, columna derecha sección "Summario"). Kaes *et al.* (2005) también muestra el procesamiento de obleas de
45 cinta de hilo por medio de corte por láser. (ver p. 923, columna derecha párrafo. 2).

[0008] El documento JP 62-108797 es un resumen de patente de Japón y simplemente revela la producción de un cristal de tira y un dispositivo para ello. En el documento JP 62-108797 un hilo de carbono 8 es estirado desde un fundido 2 (ver el resumen en inglés del documento JP 62-108797). El documento JP 62-108797, no revela la eliminación de un borde superior.

50 **[0009]** Volviendo al documento EEUU 5.122.504 dicho documento menciona la preparación del material superconductor fuente basado en Bi utilizando dos alambres de soporte de platino paralelos (ver el resumen de del documento EEUU 5.122.504).

[0010] Finalmente, el documento EP 0079567 revela un cristal de cinta pero no un cristal de cinta de hilo. El documento EP 0079567 solo revela una lámina de silicio policristalino, producida aplicando silicio a las dos

superficies principales de una lámina de carbono (ver documento EP 0079567, p. 1, 11. 20 a 31).

[0011] Ninguno de estos documentos revela que la pluralidad de granos grandes con dimensiones exteriores la más pequeña de las cuales serán mayores que alrededor de dos veces la longitud de difusión de los portadores.

Resumen de la invención

5 **[0012]** De acuerdo con una realización de la invención, un procedimiento de tratamiento de un cristal de cinta proporciona un cristal de cinta de hilo, y elimina al menos un borde del cristal de cinta de hilo, donde el cristal de cinta incluye una pluralidad de granos grandes, una pluralidad de granos pequeños y una pluralidad de portadores, teniendo la pluralidad de portadores una longitud de difusión, teniendo la pluralidad de granos grandes dimensiones exteriores las más pequeñas de las cuales son mayores que alrededor de dos veces la longitud de difusión de los portadores, la acción de eliminación comprende dejar la mayoría de los granos grandes en el cristal de cinta, eliminando la mayoría de los granos pequeños del cristal de cinta.

[0013] El procedimiento también puede eliminar el hilo con el borde, o eliminar la porción entre el hilo y el borde. Además, la eliminación del borde puede formar en el cristal un borde substancialmente plano o un borde no plano. El procedimiento también puede eliminar dos o más bordes del cristal de cinta de hilo.

15 **[0014]** Además para eliminar al menos un borde, el procedimiento puede dividir el cristal de cinta en una pluralidad de obleas individuales después de eliminar al menos un borde. Después de formar las obleas, el procedimiento puede formar superficies posteriores de contacto en el cristal de cinta de hilo de, al menos, una de las obleas. Alternativamente, el procedimiento puede primero formar superficies posteriores de contacto en un cristal de cinta de hilo antes de eliminar, al menos, un borde del cristal de cinta de hilo, y luego dividir el cristal de cinta en una pluralidad de obleas individuales. En cualquier caso, la eliminación del borde original forma un nuevo borde, y la superficie posterior de contacto puede extenderse esencialmente hasta el nuevo borde. En otras realizaciones, sin embargo, la superficie posterior de contacto está distanciada del nuevo borde.

20 **[0015]** Entre otras formas, el cristal de cinta puede ser proporcionado haciendo crecer el cristal de cinta a partir de silicio fundido (por ejemplo polisilicio). Cuando se proporciona el cristal mientras crece, la eliminación del borde puede incluir la eliminación de, al menos, un borde en tanto crece el cristal, o eliminar el borde después de que el cristal de cinta ha terminado de crecer.

[0016] El procedimiento de forma preferida elimina el borde el cristal de cinta hasta tal punto que mejora el rendimiento final del dispositivo. Por ejemplo, si el cristal de cinta tiene un contorno de grano, entonces el procedimiento puede eliminar, al menos, una porción de dicho contorno de grano.

30 **[0017]** Algunas realizaciones forman por tanto una oblea de cinta de hilo que tiene un cuerpo con granos grandes. El cuerpo también puede estar exento de hilo en, al menos, un lado y tener un borde que es substancialmente plano o, en algunas realizaciones, tener un patrón irregular y sin hilo.

[0018] De acuerdo con otra realización de la invención, el procedimiento de procesado de un cristal de cinta proporciona un cristal de cinta de hilo, y luego divide el cristal en una pluralidad de obleas. Después de dividir el cristal el procedimiento elimina, al menos, un borde de, al menos, una de la pluralidad de obleas.

35 **[0019]** De acuerdo con otra realización de la invención, una oblea de cinta de hilo tiene un cuerpo con una pluralidad de granos, que incluyen una pluralidad de granos grandes y una pluralidad de granos pequeños. La pluralidad de granos grandes tienen dimensiones exteriores las más pequeñas de las cuales son mayores que alrededor de dos veces la longitud de difusión de los portadores dentro de la oblea. La mayoría de los granos son granos grandes y el cuerpo está exento de hilo.

Breve descripción de los dibujos

[0020] Aquellos versados en la técnica deberían apreciar completamente las ventajas de las diversas realizaciones de la invención a partir de las siguiente "descripción de realizaciones ilustrativas", analizadas con referencia a los dibujos resumidos a continuación.

45 La figura 1 muestra de forma esquemática una vista en sección transversal parcial de un cristal de cinta de silicio de crecimiento en horno que puede participar en la implementación de las realizaciones ilustrativas de la invención.

La figura 2 muestra de forma esquemática un ejemplo del cristal de cinta de hilo sin los bordes eliminados.

La figura 3 muestra de forma esquemática un ejemplo del cristal de cinta de hilo de la figura 2 con los bordes eliminados.

50 La figura 4 muestra de forma esquemática un procedimiento de formación de una oblea de acuerdo con las realizaciones ilustrativas de la invención.

Descripción de realizaciones ilustrativas

- [0021]** En las realizaciones ilustrativas, un procedimiento de fabricación de obleas elimina un borde de un cristal de cinta de hilo, o se corta un borde de la oblea del cristal de cinta de hilo, para mitigar substancialmente los problemas indicados anteriormente. Concretamente, entre otras cosas, este procedimiento puede generalmente tanto aplanar los bordes del cristal/oblea y eliminar, al menos, una porción de los granos más pequeños que actúan como trampas de electrones. Por consiguiente, la oblea resultante: 1) tiene propiedades eléctricas mejoradas, 2) puede ser colocada más próxima a las obleas colindantes, y 3) maximiza el área de una superficie de contacto posterior. Además, la eliminación de los granos más pequeños debería mejorar la apariencia estética para algunos observadores. Los detalles de las realizaciones ilustrativas son analizados a continuación.
- 10 **[0022]** La figura 1 muestra de forma esquemática una vista en sección transversal parcial de un cristal de cinta de silicio de crecimiento en horno 10 que puede implementar las realizaciones ilustrativas de la invención. El horno 10 tiene, entre otras cosas, una carcasa 12 determinante de un interior estanco que está substancialmente exento de oxígeno (para prevenir la combustión). En lugar de oxígeno el interior tiene alguna concentración de otro gas, tal como argón, o una combinación de gases. La carcasa interior también contiene, entre otras cosas, un crisol 14 y otros componentes para hacer crecer esencialmente de manera simultánea cuatro cristales de cinta de silicio 16. Los cristales de cinta 16 pueden ser cualquiera de una amplia variedad de tipos de cristales, tales como multicristalinos, monocristalinos, policristalinos, microcristalinos o semicristalinos. Una entrada de alimentación 18 de la carcasa 12 proporciona medios para dirigir silicio como materia prima al interior del crisol 14, mientras una ventana opcional 16 permite la inspección de los componentes interiores.
- 15 **[0023]** Debe destacarse que los cristales de cinta de silicio 16 analizados son ilustrativos y no pretende limitar todas las realizaciones de la invención. Por ejemplo, el cristal 16 podría estar formado por otro material distinto al silicio o una combinación de silicio y algún otro material.
- [0024]** Una plataforma interior 20 dentro de la carcasa 20 soporta el crisol 14. Esta realización del crisol 14 tiene una forma alargada con una región para hacer crecer los cristales de cinta de silicio 16 en una disposición lado a lado a lo largo de su longitud. En realizaciones alternativas, el crisol 14 está formado a base de grafito y calentado mediante resistencias a una temperatura capaz de mantener el silicio por encima de su punto de fusión. Para mejorar el resultado, la longitud del crisol 14 puede ser tres veces o varias veces más grande de su anchura. Por supuesto, en algunas realizaciones, el crisol 14 no es alargado. Por ejemplo, el crisol 14 puede tener en cierto modo una forma cuadrada, o una forma no rectangular. Orificios de hilo (no mostrados) a través del crisol 14 permiten a los hilos pasar a través de silicio fundido y por tanto formar los cristales 16.
- 30 **[0025]** La figura 2 muestra de forma esquemática un ejemplo del cristal de cinta de hilo 16, fabricado mediante el horno 10 mostrado en la figura 1. El cristal de cinta 16 todavía tiene sus bordes originales 24, que fueron formados en tanto el cristal 16, era lentamente estirado a partir del silicio fundido del crisol 14. Como se muestra, los bordes 24 del cristal de cinta 16, que no están dibujados a escala, están conformados con forma irregular. En algunas realizaciones, sin embargo, los bordes originales 24 no están conformados con forma irregular. En su lugar, los bordes 24 son generalmente planos y generalmente paralelos a los hilos 26 (analizado inmediatamente a continuación) del cristal de cinta 16.
- 35 **[0026]** La figura 2 muestra un par de hilos 26, que normalmente están encapsulados por el silicio. Aunque los dibujos muestran lo que parece ser un área significativa entre los hilos 26 y sus respectivos bordes 24, se anticipa que los hilos 26 estarán muy próximos a sus respectivos bordes 24 y por tanto, forman efectivamente los bordes 24. La figura 2 también muestra líneas de puntos identificando el contorno de las obleas 28 finalmente producidas. Los procedimientos convencionales cortan a lo largo de la línea de puntos para formar cada oblea 28. Cada oblea 28 tiene también una superficie posterior de contacto 30. Como su nombre indica, las superficies posteriores de contacto están formadas en un lado del cristal de cinta 16 que al final será la cara posterior de las obleas 28 (por ejemplo si se utilizan como células solares)
- 45 **[0027]** El inventor descubrió que los bordes 24 de los cristales de cinta de la técnica anterior reducían la movilidad de los portadores dentro de las obleas 28 finalmente formadas a partir del cristal en cinta 16. Como consecuencia de ello, cuando se utilizan para varias aplicaciones que requieren movilidad de portador, tales como células solares, los cristales de cinta de la técnica anterior podrían ser menos eficientes eléctricamente de lo que serían si no tuvieran tales bordes 24. Para superar este y otros problemas, el inventor tomó un enfoque que es contrario a lo que se entiende como conocimiento convencional, el eliminó, al menos, una porción del borde 24. Como resultado de ello, el inventor retiró muchos de los granos más pequeños, que producen una alta concentración de contornos de grano. Durante las pruebas posteriores, el inventor descubrió que eliminando los bordes 24, mejoraban la eficacia eléctrica en células solares (por ejemplo movilidad del portador), que es crítica en la viabilidad de las fotovoltaicas.
- 50 **[0028]** Aquellos versados en la técnica no ven incentivos importantes asociados con la eliminación de los bordes. Entre otras cosas porque, la eliminación de ambos bordes 24, desperdicia una cantidad significativa de polisilicio, que actualmente está en baja oferta y por tanto tiene un alto coste. El inventor sin embargo se sorprendió al descubrir que la mejora de la eficacia resultante compensaba más que el coste asociado a la pérdida de material

causada por la eliminación del borde.

5 **[0029]** Además, la eliminación de cualquier borde 24 requiere una etapa de procedimiento adicional o una pluralidad de etapas adicionales, aumentando adicionalmente el coste de producción. De hecho, las etapas/cortes adicionales requeridos para llevar a cabo este procedimiento, aumentan el riesgo de rotura del cristal lo que reduce el rendimiento. Además, el inventor cree que reducir la anchura del cristal de cinta 16, y/o eliminar el hilo 26, puede llevar a problemas de rotura/rendimiento adicionales. A pesar de estos y otros obstáculos aprendidos a partir de su solución, el inventor eliminó los bordes 24 para descubrir los beneficios mejorados.

10 **[0030]** Después de eliminar el borde 24 (y en algunos casos, el hilo 26), el cristal de cinta restante 16 se dejó con la mayoría de los granos grandes. En particular, se considera que un grano es "grande" cuando tiene una dimensión exterior la menor de las cuales es mayor que alrededor de dos veces a la longitud de difusión del portador (por ejemplo huecos y electrones) dentro del cristal 16. Por ejemplo, deberían bastar granos con una menor dimensión exterior comprendida entre 2 y 5 veces la longitud de difusión del portador. Los granos que tiene una menor dimensión exterior mayor de 3 veces, deberían proporcionar incluso mejores resultados. De hecho, se anticipa que los granos de gran tamaño, incluso cinco o más veces de la longitud de difusión del portador deberían proporcionar incluso mejores resultados.

15 **[0031]** Por consiguiente, en una realización ilustrativa, esencialmente la mayoría de todos los granos que permanecen en el cristal 16 son granos grandes, dejando solo pequeñas cantidades de granos pequeños. Otras realizaciones, sin embargo, pueden contener más que pequeñas cantidades de granos pequeños. En ambos casos, la etapa de eliminación, elimina preferiblemente una mayoría de los granos pequeños que generalmente se concentra alrededor de hilo 26.

20 **[0032]** Para tal fin, la figura 3 muestra de forma esquemática el cristal de cinta 16 de la figura 2 con el borde 24 de ambos lados eliminado. Como se muestra, los (nuevos) bordes (identificados por la referencia numérica 32) del cristal de cinta 16 son substancialmente planos. En realizaciones alternativas, sin embargo, los nuevos bordes 32 pueden tener forma no plana, o estar conformados con forma irregular. En ambos casos, el cristal de cinta 16 de la figura 3, esencialmente no tiene granos pequeños o tiene muy pocos granos pequeños en comparación con el cristal de cinta 16 antes de eliminar los bordes 24. Además, cada una de las superficies posteriores de contacto 30 se extiende hacia los nuevos bordes 32 del cristal de cinta 16.

25 **[0033]** El cristal de cinta 16 de las figuras 2 y 3 son ilustrativas de un gran número de diferentes realizaciones excepto de una. Por ejemplo, la superficie posterior de contacto 30 puede ser añadida después de que las cintas son divididas/cortadas en obleas individuales 28, y/o no extenderse hasta el borde nuevo 32. Como ejemplo adicional, puede ser eliminado solo uno de los bordes 24, y/o el borde 24 puede ser eliminado después de que el cristal de cinta es dividido/cortado en obleas individuales 28. Aquellos versados en la técnica pueden seleccionar las combinaciones de características apropiadas basadas en el procesamiento último y los requisitos y preferencias de las aplicaciones.

30 **[0034]** La figura 4 muestra un procedimiento para formar una oblea 28 de acuerdo con las realizaciones ilustrativas de la invención. Deber destacarse que este procedimiento es un resumen simplificado del proceso total de formar una oblea 28 y por tanto, no incluye una serie de etapas que pueden ser incluidas, tales como prueba de la oblea y preparación de cierto equipamiento y del silicio. Además, alguna etapa puede realizarse en orden diferente o, en algunos casos, omitirse.

35 **[0035]** Para la simplicidad, esta descripción omite una serie de etapas que incluyen detalles del crecimiento del cristal a partir de material fundido. Sin embargo, aquellos versados en la técnica pueden remitirse a los detalles de la solicitud de patente pendiente de concesión EEUU 11/741.372 (publicación de patente EEUU No. 2008/0134964) y a la solicitud de patente pendiente de concesión EEUU No.11/925,169 (publicación de patente EEUU No 2008/0102605) para mayor detalle. Ambas solicitudes publicadas se incorporan aquí, en su totalidad como referencia. Aquellos versados en la técnica también pueden remitirse a varios procesos utilizados por Evergreen Solar, Inc. de Marlboro, MA, para implementar adicionalmente varias realizaciones. Las etapas de la figura 4 pueden ser integradas en el procedimiento analizado en las solicitudes de patente incorporadas, u otros procesos de formación de cristal de cinta de hilo.

40 **[0036]** El procedimiento empieza mientras el cristal de cinta hecho crecer en el horno 10 se estira en un cristal de cinta 16 a partir de un material fundido. Específicamente, en la etapa 400, el procedimiento determina si la superficie posterior de contacto 30 se añade al cristal de cinta 16 antes o después de eliminar uno o ambos bordes 24 (para simplificar, este procedimiento se refiere a uno o ambos bordes 24 en singular; "como borde" 24). En algunos casos, cuando antes de eliminar el borde 24, se forma la superficie posterior de contacto 30 podrá extenderse de forma no deseada alrededor del nuevo borde 32, lo que podría causar un cortocircuito. La consideración de esta posibilidad debe por lo tanto ser utilizada para hacer esta determinación.

45 **[0038]** Si la etapa 400 determina que la superficie posterior de contacto 30 será formada primero, entonces el procedimiento continua en la etapa 402, que añade la superficie posterior de contacto 30 al cristal de cinta 16. Entre

otras formas, los procesos convencionales puede serigrafiar la superficie posterior de contacto 30 en un lado del cristal de cinta 16. Por ejemplo, la superficie posterior de contacto 30 puede ser serigrafiada en el cristal de cinta 16 como una pluralidad de bloques separados, como se muestra en las figuras 2 y 3, o como un bloque único que abarca más de una oblea 28.

- 5 **[0039]** Después de completar la etapa 402, o, si en la etapa 400 la superficie posterior de contacto 30 no es formada en el cristal de cinta 16 antes de que el borde 24 sea eliminado, entonces el procedimiento determina en la etapa 404 si el(los) borde(s) 24 deben ser eliminados mientras se forma el cristal de cinta. En otras palabras, el procedimiento puede eliminar el(los) bordes tanto antes o después de que el cristal de cinta 16 se dividido en obleas individuales 28.
- 10 **[0040]** Si el borde 24 no es eliminado mientras en el cristal de cinta estado/forma, entonces el procedimiento divide el cristal de cinta 16 a lo largo de la línea de puntos de la figura 2 para formar obleas individuales 28 (etapa 406). Para este fin, un corte convencional o proceso de troquelado, puede cortar la cinta a lo largo de la línea de puntos mostrada en la figura 2 y 3. Por ejemplo, un láser puede cortar a lo largo de la línea de puntos como se analizó en las solicitudes de patentes incorporadas anteriormente.
- 15 **[0041]** El procedimiento continua después con la etapa 408, que elimina uno o ambos bordes 24 del cristal de cinta 16 (si se continua desde la etapa 404) o de las obleas 28 (si se continua desde la etapa 406). Para este fin, al eliminar un borde 24 dado, el proceso de troquelado/corte convencional puede eliminar el hilo 26 entero o muchos otros granos más pequeños hacia dentro del hilo (si existe alguno). Procesos experimentales pueden determinar hasta qué punto se elimina el borde 24 hacia dentro del hilo 26.
- 20 **[0042]** Se anticipa que en algunos caso, sin embargo, el dispositivo de eliminación (por ejemplo un láser o una sierra) puede cortar a lo largo de una línea recta, mientras el hilo 26 puede no estar posicionado perfectamente recto de arriba a abajo del cristal 16. De manera correspondiente, el hilo puede ser más recto que el corte. Como resultado de ello, la etapa de eliminación puede dejar una porción del hilo 26 por detrás del cristal 16. Para evitar esto, si se desea, una persona versada en la técnica puede seleccionar una distancia apropiada para cortar el cristal de cinta 16 (o oblea 28, como puede ser el caso) hacia el interior desde el hilo.
- 25 **[0043]** Alternativamente, en una variedad de realizaciones, una persona versada en la técnica puede fijar la anchura del cristal 16 y medir externamente desde un punto generalmente longitudinal del cristal 16. Por ejemplo, para producir un cristal de alrededor de 100 milímetros de ancho, un persona versada en la técnica puede cortar a largo de líneas generalmente paralelas alrededor de 50 milímetros desde una porción longitudinal general del cristal 16.
- 30 **[0044]** Si el cristal de cinta 16 se hace crecer para tener una cantidad significativa de área exterior al hilo 26, entonces algunas realizaciones, puede eliminarse una porción del cristal 16 hacia fuera del hilo 26, manteniendo por tanto el hilo en el cristal 16. No obstante se anticipa que la eliminación del hilo 26 de dicho cristal 16, producirá obleas más eficientes. Deber destacarse que una oblea fabricada por las técnicas analizadas y en las formas descritas es considerada como una oblea de cinta de hilo incluso si el hilo 26 es parcial o completamente eliminado.
- 35 **[0045]** El procedimiento puede llevar a cabo la etapa 408 de varias maneras diferentes. Específicamente, si se elimina(n) el(los) borde(s) 24 mientras se forma el cristal de cinta, el procedimiento puede automatizar el proceso durante el crecimiento del cristal de cinta 16. Por ejemplo, el horno 10 puede ser reequipado para incluir una sierra o láser (no mostrado) para eliminar en el momento el (los) borde (s) 24 del crista de cinta en crecimiento. De forma alternativa, el cristal de cinta 16 puede ser primero manualmente delimitado para eliminarlo a partir del horno 10, y
- 40 luego manual o automáticamente desplazado hasta otra máquina que corte el (los) borde (s) 24 en la manera prescrita. Por supuesto, algunas realizaciones se elimina(n) el (los) borde (s) 24 por medio de un operador delimitando manualmente el (los) borde (s) 24 del cristal de cinta 16. De forma similar, si se encuentra ya en forma de oblea, entonces el procedimiento puede utilizar tanto medios manuales como automáticos para eliminar el (los) borde(s) 24.
- 45 **[0046]** Por consiguiente, eliminar uno o ambos bordes 24, elimina los granos más pequeños (por ejemplo, el área con una gran densidad de grano). Esto debería dejar granos relativamente grandes en la oblea 28 resultante, lo que mejora la eficiencia eléctrica.
- [0047]** El procedimiento concluye añadiendo las superficies posteriores de contacto 30 al cristal de cinta 16 u oblea 28, dependiendo de su forma, si tal prestación no ha sido ya añadida (etapa 410), y separar el cristal de cinta 16 en
- 50 obleas 28 si no se encuentran aún en esta forma (etapa 412)
- [0048]** Debe destacarse que la superficie posterior de contacto 30 puede ser formada en una pluralidad de puntos diferentes durante la fabricación completa de una célula solar. Por ejemplo, el procedimiento puede añadir la superficie posterior de contacto 30 antes de ejecutar etapa de fabricación alguna, o añadir la superficie posterior de contacto 30, después de realizar varias etapas de fabricación de la célula solar que no han sido analizadas.
- 55 **[0049]** Por consiguiente, como se indicó anteriormente, además de mejorar la apariencia estética para algunos observadores, muchas de dichas obleas 28 deberían: 1) tener propiedades eléctricas mejoradas debido a la

eliminación de muchas de las altas concentraciones de grano cerca del borde del cristal, 2) pueden ser dispuestas en una proximidad más estrecha de las obleas colindantes, y 3) maximizar el área de las superficies posteriores de contacto 30.

5 **[0051]** Aunque lo anteriormente analizado revela varias realizaciones ejemplares de la invención, debería ser evidente que aquellos versados en la técnica pueden hacer varias modificaciones que logran alguna ventaja de la invención sin abandonar el verdadero alcance la invención.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para tratamiento de un cristal de cinta, comprendiendo dicho procedimiento:

5 proporcionar un cristal de cinta de hilo, y eliminar al menos un borde del cristal de cinta de hilo, donde el cristal de cinta incluye una pluralidad de granos grandes, una pluralidad de granos pequeños y una pluralidad de portadores, teniendo la pluralidad de portadores una longitud de difusión, teniendo la pluralidad de granos grandes dimensiones exteriores las menores de las cuales son mayores que alrededor de dos veces la longitud de difusión de los portadores, comprendiendo la acción de eliminación dejar la mayoría de los granos grandes en el cristal de cinta eliminando la mayoría de los granos pequeños del cristal de cinta.

10 2. Procedimiento como se define por la reivindicación 1, donde el al menos un borde comprende un hilo, comprendiendo la acción de eliminación, eliminar la mayor parte del hilo del borde.

3. Procedimiento como se define por la reivindicación 1 o 2, que además comprende: dividir el cristal de cinta en una pluralidad de obleas individuales después de eliminar al menos un borde del cristal de cinta de hilo.

4. Procedimiento como se define por la reivindicación 3, que además comprende:

15 formar en el cristal de cinta de hilo una superficie posterior de contacto antes de eliminar, al menos, un borde del cristal de cinta de hilo, dividiendo el cristal de cinta en una pluralidad de obleas individuales después de formar la superficie posterior de contacto.

5. Procedimiento como se define por la reivindicación 3, que además comprende:

formar una superficie posterior de contacto en, al menos, una de las obleas, donde la acción de eliminación forma un nuevo borde, extendiéndose la superficie posterior de contacto esencialmente hasta el nuevo borde.

20 6. Procedimiento como se define por la reivindicación 3, que además comprende:

formar una superficie posterior de contacto en al menos una de las obleas, donde la acción de eliminación forma un nuevo borde, estando la superficie posterior de contacto separada del nuevo borde.

25 7. Procedimiento como se define por la reivindicación 1 o 2 en el que la acción de proporcionar comprende hacer crecer el cristal de cinta a partir de silicio fundido, comprendiendo la acción de eliminación, eliminar el, al menos, un borde durante el crecimiento del cristal.

8. Procedimiento como se define por la reivindicación 1 o 2 en el que la acción de proporcionar comprende hacer crecer el cristal de cinta a partir de silicio fundido, comprendiendo la acción de eliminación, eliminar el, al menos, un borde después de que el crecimiento de cristal termine.

30 9. Procedimiento como se define por la reivindicación 1 donde el, al menos, un borde comprende un hilo, la acción de eliminación comprende eliminar esencialmente todo el hilo del borde.

10. Oblea de cinta de hilo que comprende:

35 un cuerpo que incluye una pluralidad de granos que comprende una pluralidad de granos grandes y una pluralidad de granos pequeños, teniendo también dicho cuerpo una pluralidad de portadores que tienen una longitud de difusión, teniendo la pluralidad de granos grandes dimensiones exteriores las menores de las cuales son mayores que aproximadamente dos veces la longitud de difusión de los portadores, siendo granos grandes la mayoría de la pluralidad de granos, estando el cuerpo esencialmente desprovisto de hilo.

11. Oblea de cinta de hilo como se define por la reivindicación 10, en la que una pluralidad de granos grandes tienen una dimensión exterior de entre alrededor de 2 a 5 veces la longitud de difusión de los portadores.

40 12. Oblea de cinta de hilo como se define por la reivindicación 10 o 11, donde el cuerpo comprende un borde que es substancialmente plano.

13. Oblea de cinta de hilo como se define por la reivindicación 10 o 11, donde el cuerpo comprende un borde que tiene un patrón irregular.

5 14. Oblea de cinta de hilo obtenible por el procedimiento de la reivindicación 1, en la que el cristal de cinta incluye una pluralidad de granos grandes, una pluralidad de granos pequeños y una pluralidad de portadores, teniendo la pluralidad de portadores una longitud de difusión, teniendo la pluralidad de granos grandes dimensiones exteriores las menores de las cuales son mayores que alrededor de dos veces la longitud de difusión de los portadores, comprendiendo la acción de eliminación dejar la mayoría de los granos grandes en el cristal de cinta eliminando la mayoría de los granos pequeños de dicho cristal de cinta.

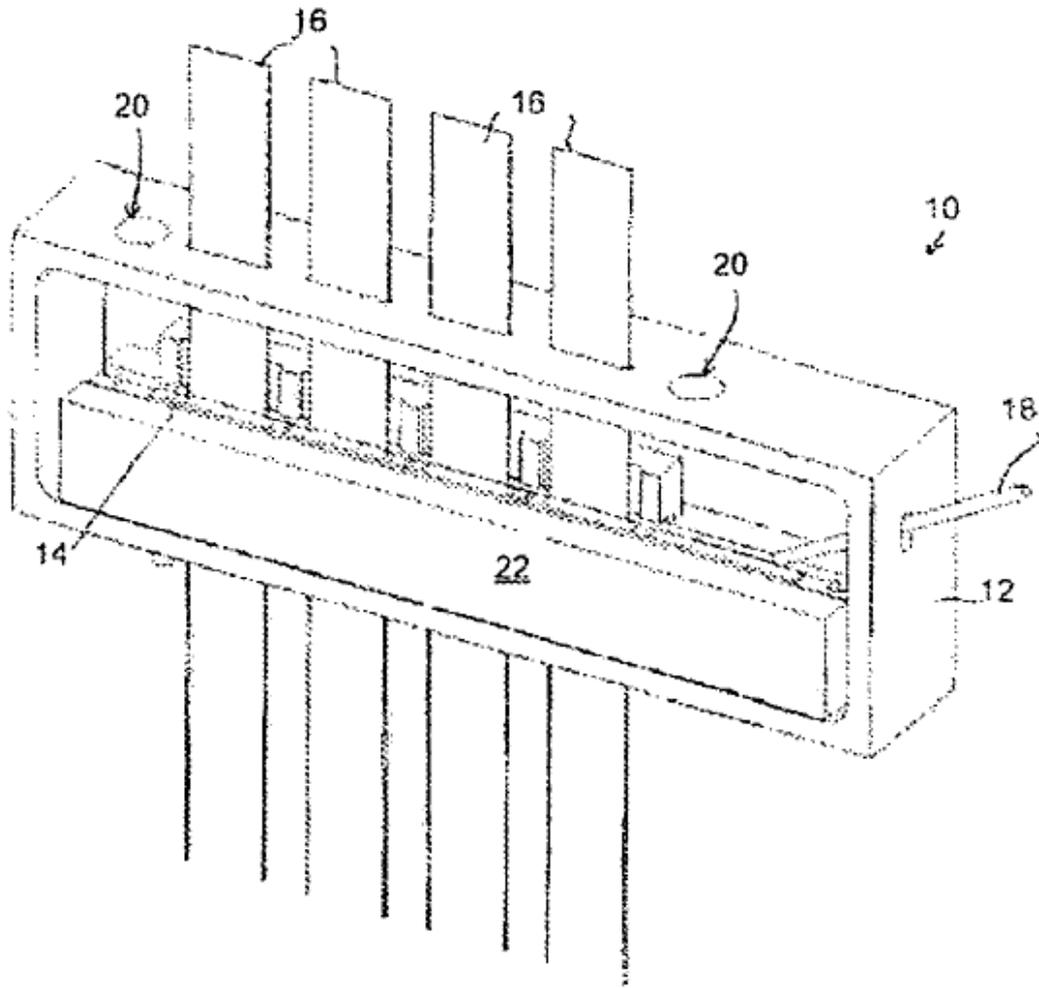


Fig. 1

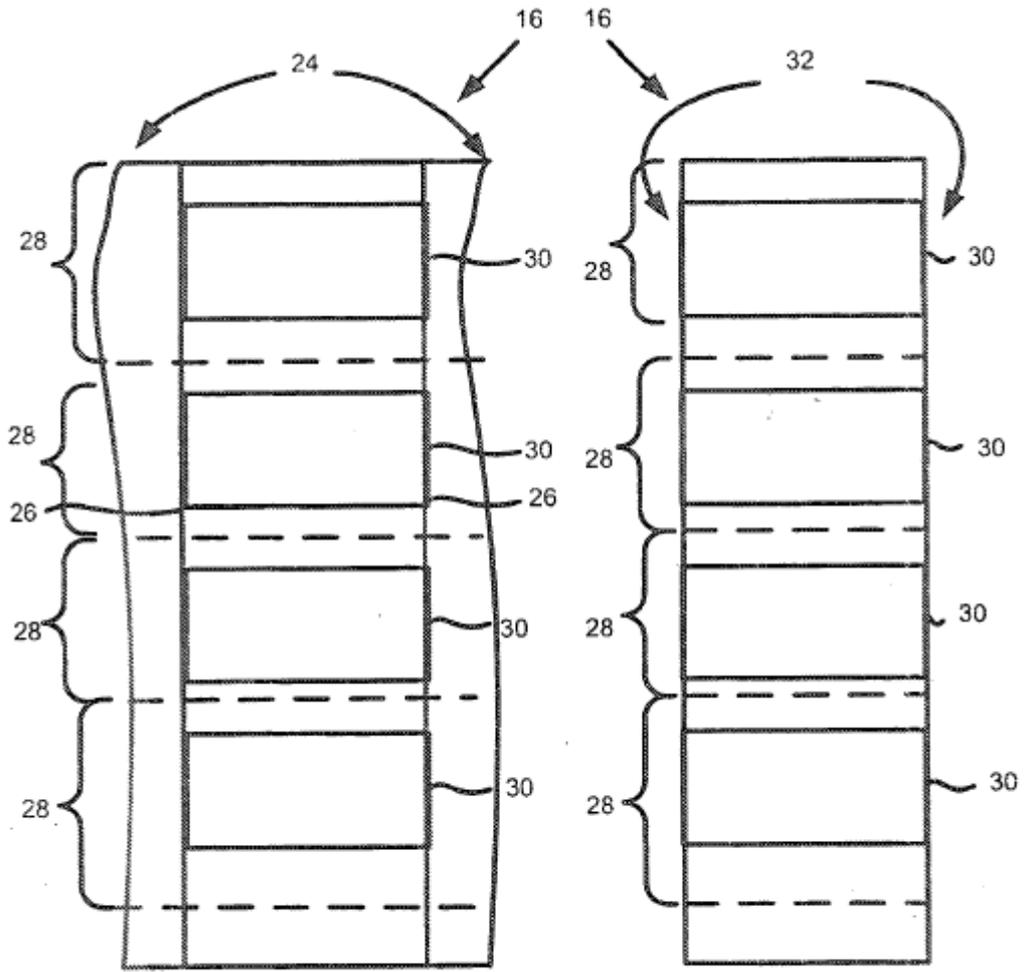


Fig 2

Fig. 3

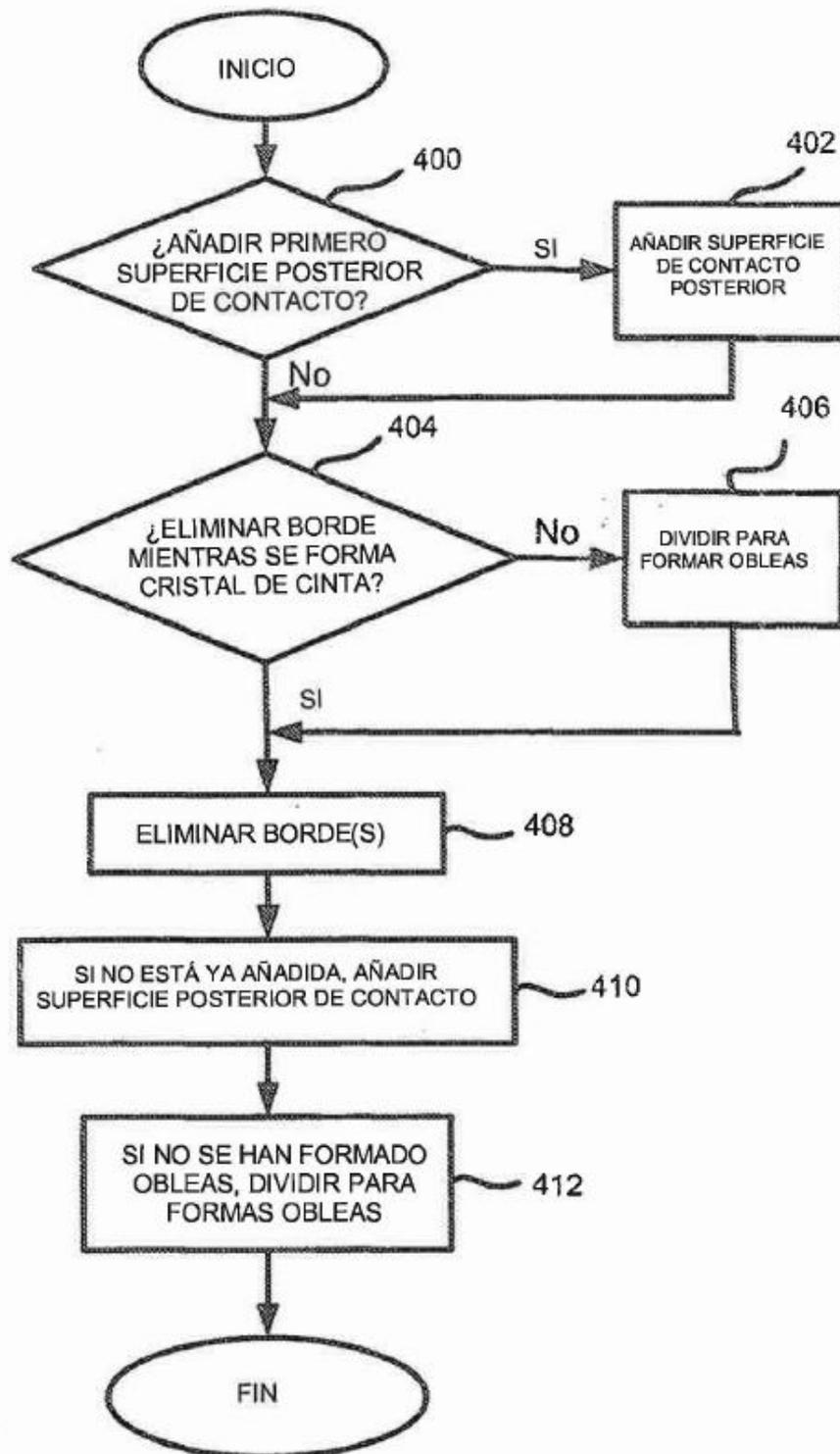


Fig. 4

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

5

Documentos de patente citados en la descripción

- US 4689109 A [0002]
- JP 62108797 A [0008]
- US 5122504 A [0009]
- EP 0079567 A [0010]
- US 11741372 B [0035]
- US 20080134964 A [0035]
- US 11925169 B [0035]
- US 20080102605 A [0035]

Documento de literatura no patente citados en la descripción

10

- **HAHN et al.** *17th E.C. Photovoltaic solar energy conference*, 22 October 2001 [0006]
- *Proceedings of the international photovoltaic solar energy conference* Munich: *WIP-Renewable Energies*, 22 October 2001, vol. Conf. 17, ISBN 978-3-936338-08-9, 1719-1722 [0006]
- **KAES et al.** Photovoltaic specialist conference. *Conference Record of the Thirty-First IEEE Lake Buena Vista*, 03 January 2005, ISBN 978-0-7803-8707-2, 923-926 [0007]