

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 806 400**

51 Int. Cl.:

**C30B 7/08** (2006.01)

**C30B 29/22** (2006.01)

**C30B 7/14** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2017 PCT/FR2017/051774**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.01.2018 WO18007729**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2017 E 17745412 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 3464686**

54 Título: **Dispositivo de crecimiento de un monocristal plano a partir de un germen cristalino en una solución de cristalización y procedimiento de fabricación de este monocristal**

30 Prioridad:

**04.07.2016 FR 1656379**

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

**17.02.2021**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
Bâtiment le Ponant D 25, rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**VISSIE, PASCAL;  
GROSIL, MAX y  
PINTAULT, BRUNO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 806 400 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

Dispositivo de crecimiento de un monocristal plano a partir de un germen cristalino en una solución de cristalización y procedimiento de fabricación de este monocristal

5

**Campo técnico**

La presente invención se refiere a la producción de monocristales en forma de placas por crecimiento en solución a partir de un germen cristalino.

10

La invención se refiere, en particular, a un dispositivo de crecimiento de un monocristal plano que tiene un sistema de protección del germen cristalino.

**Estado de la técnica anterior**

15

Se puede obtener un monocristal por crecimiento cristalino a partir de un germen colocado en una solución sobresaturada de una sal de la misma naturaleza que el cristal.

20

Este método de crecimiento se puede utilizar, por ejemplo, para producir monocristales de dihidrogenofosfato de potasio (KDP) o de dihidrogenofosfato de potasio deuterado (DKDP) de grandes dimensiones, siendo estos monocristales necesarios para la producción de ciertos elementos ópticos utilizados en los láseres de potencia para la fusión por confinamiento inercial, en concreto interruptores ópticos (en forma de células de Pockels) o convertidores de frecuencias (duplicador (SHG) o triplicador (THG) de frecuencia).

25

Al final del crecimiento, se obtiene un monocristal en el que están recortadas placas cuya orientación con respecto al sistema cristalino depende de la utilización que se desea hacer del cristal (en células de Pockels, en duplicador (SHG) o en triplicador de frecuencia (THG)).

30

La evolución de un cristal sumergido en una solución depende del nivel de saturación de la solución. Si la solución está sobresaturada, es decir si la cantidad de sal disuelta es mayor que la cantidad en el equilibrio, el cristal crece por consumo del exceso de sal en la solución. La velocidad de crecimiento del cristal depende del nivel de sobresaturación de la solución, que puede estar controlado por disminución de la temperatura de la solución o evaporación de disolvente. También depende de la renovación de la capa límite de solución alrededor del cristal. *Por el contrario*, un cristal sumergido en una solución subsaturada se disuelve hasta que la cantidad de sal disuelta en la solución alcance la cantidad en el equilibrio. De este modo, el cristal puede desaparecer completamente.

35

En los dispositivos de crecimiento en solución conocidos, el crecimiento del cristal es libre y sin restricciones. El cristal se desarrolla en la solución sobresaturada en la bandeja inferior de una plataforma de crecimiento, que está en rotación simple o alterna, para formar un prisma tetragonal coronado por una pirámide tetragonal.

40

Para la producción en crecimiento rápido en solución sobresaturada de cristales muy grandes, de KDP o de DKDP por ejemplo, el germen cristalino (es decir el cristal inicial) es un cubo de aproximadamente 1 cm de lado que está sumergido en una solución sobresaturada de varios cientos de litros.

45

Una alteración exterior, tal como vibraciones, puede causar nucleaciones múltiples y la aparición de numerosos parásitos.

50

Para hacer a la solución sobresaturada más estable frente a las alteraciones exteriores, se efectúa previamente al crecimiento un tratamiento de subsaturación durante varios días, elevando la temperatura de la solución por encima de su temperatura de equilibrio. Si el germen está en contacto con la solución es ese momento, se disuelve. Si se espera a que la temperatura de la solución sea cercana a la temperatura de equilibrio para introducir el germen, se pierde el beneficio del tratamiento de subsaturación, ya que la alteración creada por la introducción del germen tiene todas las posibilidades de producir parásitos.

55

Para resolver este problema, se conoce del documento [1] un dispositivo de crecimiento que está equipado con un sistema de protección del germen.

60

En la figura 1, el dispositivo de crecimiento 1 descrito en el documento [1] de la técnica anterior consta de un conjunto (también llamado "plataforma de crecimiento") que está formado por una bandeja inferior 4, que tiene una cara de soporte destinada a soportar el germen 5, una bandeja superior 6 y dos pilares 7 (también llamados tirantes), que conectan las dos bandejas entre sí y las mantienen a una distancia fija una de la otra. La plataforma está suspendida en el tanque 2 por un árbol de rotación 8 hueco, que sirve de eje de rotación a la plataforma. El germen está pegado en el centro de la bandeja inferior 4 de la plataforma. Una barra 9 está montada deslizante en el árbol de rotación 8 y posee, en su base, un rebaje que forma una cavidad 10 destinada a acoger el germen 5.

65

El dispositivo de crecimiento 1 se introduce en un tanque de crecimiento 2 y este tanque se llena a continuación con

una solución de crecimiento 3. Antes del llenado del tanque con la solución de crecimiento 3, la barra 9 se hace descender en contacto con la bandeja inferior 4. El germen 5 está encerrado en la cavidad 10 creada en la base de la barra 9. Por lo tanto, está protegido de la solución 3 durante las etapas de llenado del tanque 2 con la solución 3 y durante las etapas de sobrecalentamiento y de filtración de la solución 3 (tratamiento de subsaturación), previas al crecimiento del germen. Se obtiene, por lo tanto, una solución de crecimiento 3 que está subsaturada.

Para iniciar el crecimiento del germen, la barra 9 se levanta para poner el germen 5 en contacto con la solución de crecimiento 3 subsaturada. El germen se disuelve ligeramente mientras que la temperatura de la solución disminuye hasta alcanzar el nivel de sobresaturación deseado de la solución. Luego, el volumen del germen crece en la solución 3 sobresaturada para alcanzar las dimensiones y la forma del cristal 11 por consumo del compuesto disuelto en el disolvente de la solución 3.

La base de la barra 9 es suficientemente alta para no obstaculizar el crecimiento del cristal 11. Una junta tórica 12, colocada en una ranura de la bandeja superior 6, garantiza la estanqueidad a nivel del juego entre el eje del árbol 8 y la barra 9.

Por otro lado, para mejorar el rendimiento de producción en términos de número de placas recortadas por unidad de volumen de cristal, se ha propuesto realizar el crecimiento a partir de un germen correctamente orientado y restringir el crecimiento del cristal en ciertas direcciones (documento [2]).

La orientación cristalográfica del germen se elige en función del elemento óptico (célula de Pockels, SHG o THG) que se desea recortar en el cristal. En el caso de las células de Pockels, la dirección cristalográfica [001] del germen de KDP es perpendicular a la bandeja inferior a la que está pegado. En el caso de un crecimiento para el recorte de placas para SHG, la dirección [001] forma un ángulo  $\Theta$  de aproximadamente  $41^\circ$  con la normal al plano de la bandeja inferior 4 a la que está pegado y la dirección [110] está en el plano de la bandeja inferior. Por último, para la producción de placas para THG, la dirección [001] forma un ángulo  $\Theta$  de aproximadamente  $59^\circ$  con la normal al plano de la bandeja inferior 4 y la dirección [100] está en el plano de la bandeja inferior.

Es la bandeja superior 6 de la plataforma la que restringe el cristal en un crecimiento en los lados como se ilustra en las figuras 2a a 2c. El cristal 11 en crecimiento se desarrolla entre la bandeja inferior 4 y la bandeja superior 6 de la plataforma en rotación alterna (figure 2a). En contacto con la bandeja superior 6, el cristal no puede crecer en la dirección vertical y continúa su crecimiento lateralmente (figuras 2b y 2c).

En este procedimiento de crecimiento restringido entre la bandeja inferior y la bandeja superior, la bandeja superior debe ser plana. Ahora bien, la utilización de una barra en la que se ha practicado una cavidad para la protección del germen no responde a esta exigencia.

### Exposición de la invención

La invención tiene por objetivo principal resolver los inconvenientes de los dispositivos de la técnica anterior proporcionando un dispositivo de crecimiento que esté equipado con un sistema de protección de germen y que se pueda utilizar en un procedimiento de crecimiento restringido.

A este respecto, la invención propone un dispositivo de crecimiento de un monocristal plano a partir de un germen cristalino en una solución de cristalización, comprendiendo dicho dispositivo de crecimiento:

- un elemento de soporte que tiene una cara de soporte destinada a soportar el germen cristalino; y
- un elemento de bloqueo que comprende una cara de bloqueo, estando la cara de bloqueo dispuesta a una distancia predefinida de la cara de soporte para bloquear el crecimiento del monocristal en una dirección sustancialmente perpendicular a la cara de soporte;

estando el dispositivo de crecimiento caracterizado por que comprende además un órgano de protección del germen cristalino, configurado para proteger dicho germen de la solución de cristalización durante una fase de tratamiento de la solución de cristalización y para liberar una zona de crecimiento dispuesta entre la cara de soporte y la cara de bloqueo durante una puesta en rotación del elemento de soporte;

constando el elemento de bloqueo además de un órgano de sujeción que coopera con el órgano de protección, siendo dicho órgano de sujeción desplazable entre una primera posición en la que sujeta el órgano de protección contra la cara de soporte durante la fase de tratamiento y una segunda posición en la que el órgano de sujeción está separado del órgano de protección y participa en la formación de la cara de bloqueo.

Algunos aspectos preferidos, pero no limitativos, del dispositivo según la invención son los siguientes:

- la cara de soporte y la cara de bloqueo son caras planas;
- el órgano de protección es un cuerpo hueco que define una cavidad abierta destinada a recubrir el germen durante la fase de tratamiento; puede tener, por ejemplo, la forma de una semiesfera o de una campana;
- el elemento de bloqueo consta de un cuerpo plano una superficie del cual define la cara de bloqueo, teniendo este

cuerpo un orificio pasante que delimita una abertura en la cara de bloqueo y en el que el órgano de sujeción se desliza entre las primera y segunda posiciones;

- el órgano de sujeción es una barra un extremo de la cual está provisto de una superficie plana que tiene una forma que corresponde a la de la abertura en la cara de bloqueo; la superficie plana del extremo está destinada a, en la primera posición del órgano de sujeción, apoyarse contra el órgano de protección y, en la segunda posición del órgano de sujeción, tapar la abertura para formar la cara de bloqueo;
- el órgano de protección consta de, en una superficie exterior, una parte plana que forma una superficie de apoyo plana sobre la que se apoya el órgano de sujeción en la primera posición;
- la cara de soporte y la cara de bloqueo son paralelas una con respecto a otra; esto permite obtener un monocristal en forma de placa; el elemento de soporte y el cuerpo del elemento bloqueante son preferentemente bandejas (placas planas).

La invención también se refiere a una instalación para el crecimiento en solución de un monocristal, que comprende un tanque destinado a contener una solución de cristalización, un dispositivo de crecimiento tal como se ha descrito anteriormente, dispuesto en el tanque, y medios de puesta en rotación del dispositivo en el tanque. Los medios de puesta en rotación son bien conocidos por el experto en la materia. La rotación, generalmente alterna en un sentido y después en el otro, está generalmente, garantizada por un motor eléctrico del que se programan las fases de aceleración de velocidad y de deceleración antes de la rotación, con los mismos parámetros en un sentido y en el sentido contrario.

La invención también se refiere a un procedimiento de fabricación de un monocristal por crecimiento en solución a partir de un germen cristalino por implementación de la instalación tal como se ha descrito anteriormente, comprendiendo el procedimiento:

- la fijación del germen cristalino en la cara de soporte del elemento de soporte, estando el germen cristalino orientado según la orientación del monocristal deseado;
- la colocación del órgano de protección alrededor del germen y su sujeción sobre la cara de soporte del elemento de soporte por presión sobre el órgano de protección por medio del órgano de sujeción, que está colocado en su primera posición;
- la puesta en contacto del órgano de protección con la solución de cristalización por inmersión del dispositivo en la solución de cristalización;
- el tratamiento de la solución de cristalización para obtener una solución subsaturada;
- la puesta en contacto del germen con la solución de cristalización subsaturada por desplazamiento del órgano de sujeción de su primera posición hacia su segunda posición y la puesta en rotación del dispositivo alrededor de un eje esencialmente perpendicular a la cara de soporte (pasando este eje preferentemente por el órgano de sujeción), el desplazamiento del elemento de sujeción y la puesta en rotación liberando el órgano de protección;
- la modificación de la temperatura de la solución de crecimiento para obtener una solución sobresaturada;
- el crecimiento del monocristal entre la cara de soporte y la cara de bloqueo a partir de la solución sobresaturada, continuando este crecimiento hasta la obtención de un crecimiento lateral deseado;
- la separación del monocristal de la cara de soporte y de la cara de bloqueo.

La etapa de tratamiento de la solución de cristalización para obtener una solución subsaturada es bien conocida por el experto en la materia y no se describe en el presente documento. Consta generalmente de una etapa de sobrecalentamiento, y opcionalmente una etapa de filtración, de la solución. Permite obtener una solución de subsaturación que, después de la modificación de la temperatura de la solución, estará en condiciones de sobresaturación propicias para el crecimiento del monocristal.

Generalmente, la modificación de la temperatura de la solución de crecimiento para obtener una solución sobresaturada será una disminución de la temperatura si la solubilidad, en el disolvente de la solución de cristalización, del material que forma el cristal aumenta con la temperatura.

Preferentemente, la inmersión del dispositivo en la solución de cristalización se obtiene por introducción de la solución en el tanque que contiene el dispositivo; en otras palabras, el dispositivo se introduce en el tanque antes de la solución.

El procedimiento según la invención es aplicable a cualquier método de crecimiento de un cristal en solución. Ventajosamente, en el procedimiento de fabricación según la invención, el monocristal es un monocristal de dihidrogenofosfato de potasio (KDP) o de dihidrogenofosfato de potasio deuterado (DKDP).

El dispositivo de crecimiento según la invención permite remediar el problema de protección del germen en un sistema de crecimiento entre bandejas planas para producir cristales en forma de placas.

El diseño particular del dispositivo de crecimiento según la invención permite, en concreto:

- la protección del germen evitando el contacto entre el germen y la solución de crecimiento durante la etapa de llenado del tanque de crecimiento y la etapa de tratamiento de la solución de cristalización (durante la cual se prepara la solución para obtener una solución subsaturada; esta etapa de tratamiento puede comprender, de

manera conocida, una operación de sobrecalentamiento y opcionalmente una operación de filtración de la solución);

- la liberación del germen, previamente al inicio de la fase de crecimiento, sin crear alteraciones excesivas de la solución de cristalización subsaturada; y
- 5 - la obtención de una superficie plana a nivel de la cara de bloqueo cuando el órgano de sujeción está en su segunda posición.

### Breve descripción de los dibujos

10 La invención se comprenderá mejor y otras ventajas y particularidades se mostrarán con la lectura de la descripción que va a seguir, dada a modo de ejemplo no limitativo, acompañada de dibujos adjuntos, entre los cuales:

- la figura 1, ya descrita, ilustra un dispositivo de crecimiento conocido utilizado para realizar el crecimiento rápido de un monocristal y que dispone de un sistema conocido de protección del germen;
- 15 - las figuras 2a a 2c, ya descritas, ilustran las etapas de crecimiento restringido de un monocristal en forma de placa con ayuda de un dispositivo de crecimiento restringido conocido;
- las figuras 3a a 3c ilustran etapas del procedimiento de crecimiento según la invención con ayuda del dispositivo de crecimiento según la invención.

### 20 Exposición detallada de modos de realización particulares

Un ejemplo de configuración posible del dispositivo de crecimiento 20 según la invención se ilustra en las figuras 3a a 3c.

25 En el presente documento, el elemento de soporte 22 está en forma de una placa y forma la bandeja inferior de una plataforma de crecimiento.

El elemento de bloqueo 24 está, a su vez también, en forma de una placa, que forma la bandeja superior de la plataforma; el elemento de soporte 22 y el elemento de bloqueo 24 tienen sus caras que son paralelas.

30 El elemento de bloqueo 24 es una placa que consta de un orificio pasante que permite el paso del órgano de sujeción, que en el presente documento es una barra 25 un extremo 26 de la cual con superficie plana está destinado a apoyarse contra el órgano de protección 27. En el presente documento, el elemento de bloqueo 24 en forma de placa está equipado además de un árbol de rotación hueco 28 que sirve de guía a la barra y en el que la barra se desliza de su primera posición hacia su segunda posición y viceversa.

40 El elemento de soporte 22 y el elemento de bloqueo 24 están conectados uno al otro por al menos dos medios de unión, por ejemplo tirantes 17, que permiten integrar estos dos elementos y mantener una distancia predefinida entre la cara de soporte 21 y la cara de bloqueo 23. El elemento de soporte 22, el elemento de bloqueo 24 y los medios de unión forman una plataforma de crecimiento. Estando estos elementos conectados entre sí, cabe destacar que la rotación del elemento de soporte 22 provoca también la rotación del elemento de bloqueo y, en suma, la rotación de la plataforma en su totalidad.

45 El germen 5 para el crecimiento en solución está pegado a la cara de soporte del elemento de soporte 22.

50 El órgano de protección 27 del germen es una envoltura que, en el presente documento, tiene la forma de una campana; se sitúa alrededor del germen antes de que la solución de crecimiento 3 se introduzca en el tanque 2. De este modo, el órgano de protección 27 protege al germen 5 de la solución 3 creando una bolsa de aire 29 alrededor del germen. El órgano de protección 27 del germen es mantenido presionado contra el elemento de soporte 22 por la barra 25.

55 El germen 5 se libera y se pone en contacto con la solución de crecimiento 3 levantando la barra 25. La barra 25, cuyo extremo bajo 26 es plano, forma una superficie plana con el elemento de bloqueo cuando está levantada hasta el nivel del elemento de bloqueo 24; la reunión del elemento de bloqueo y el extremo plano de la barra forma entonces la cara de bloqueo 23. La geometría del dispositivo de crecimiento 20 según la invención es, por lo tanto, compatible con la producción de monocristales en forma de placas obtenidos por el bloqueo del crecimiento por un plano situado por encima del germen que fuerza el crecimiento lateral del cristal.

60 Cuando la barra 25 está levantada, el órgano de protección 27 del germen 5 se levanta también a su vez bajo el efecto del empuje de Arquímedes y es arrastrado hacia arriba durante el ascenso de la barra 25 y libera el germen 5 (figura 3b).

65 Para facilitar el apoyo del órgano de protección 27 del germen 5 sobre el extremo bajo 26 de la barra 25, el órgano de protección (en el presente documento, en forma de una campana) puede tender una parte plana en el ápice de su superficie exterior.

Bajo el efecto de la rotación, simple o alterna, aplicada al elemento de soporte alrededor de su eje de rotación (que pasa por el árbol 28), el órgano de protección del germen bascula. Teniendo en cuenta la forma exterior del órgano de protección del germen (campana), la rotación simple o alterna del elemento de soporte favorece su retorno y su expulsión para caer en el fondo del tanque de crecimiento.

- 5 Este efecto de basculación se puede amplificar descentrando ligeramente el órgano de protección 25 con respecto al eje de rotación del elemento de soporte (que, generalmente, está situado en el centro del elemento de soporte) en el momento de su colocación.
- 10 Una vez expulsado, el empuje de Arquímedes se vuelve menor que las fuerzas de gravedad que se ejercen sobre el órgano de protección 27 del germen y este último se desliza para colocarse en el fondo del tanque de crecimiento 2. Entonces ya no representa un impedimento para el crecimiento del cristal entre el elemento de soporte 22 y el elemento de bloqueo 24 (figura 3c).
- 15 Es más que evidente que, los diferentes elementos que constituyen el dispositivo objeto de la invención están hechos de materiales compatibles con la solución de cristalización, así como con las condiciones de crecimiento del monocristal.

**Referencias citadas**

- 20 [1] US 5,904,772  
[2] FR 2 764 909 B1

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de crecimiento (20) de un monocristal plano a partir de un germen cristalino (5) en una solución de cristalización (3), comprendiendo dicho dispositivo de crecimiento:

- un elemento de soporte (22) que tiene una cara de soporte (21) destinada a soportar el germen cristalino; y
- un elemento de bloqueo (24) que comprende una cara de bloqueo (23), estando la cara de bloqueo dispuesta a una distancia predefinida de la cara de soporte para bloquear el crecimiento del monocristal en una dirección sustancialmente perpendicular a la cara de soporte;

estando el dispositivo de crecimiento **caracterizado por que** comprende además un órgano de protección (27) del germen cristalino, configurado para proteger dicho germen de la solución de cristalización (3) durante una fase de tratamiento de la solución de cristalización y para liberar una zona de crecimiento dispuesta entre la cara de soporte (21) y la cara de bloqueo (23) durante una puesta en rotación del elemento de soporte (22);

constando el elemento de bloqueo (24), además, de un órgano de sujeción (25) que coopera con el órgano de protección (27), siendo dicho órgano de sujeción desplazable entre una primera posición en la que sujeta el órgano de protección (27) contra la cara de soporte (21) durante la fase de tratamiento y una segunda posición en la que el órgano de sujeción (25) está separado del órgano de protección (27) y participa en la formación de la cara de bloqueo (23).

2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el órgano de protección (27) es un cuerpo hueco que define una cavidad abierta destinada a recubrir el germen durante la fase de tratamiento.

3. Dispositivo según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el elemento de bloqueo (24) consta de un cuerpo plano una superficie del cual define la cara de bloqueo, teniendo este cuerpo un orificio pasante que delimita una abertura en la cara de bloqueo y en el que el órgano de sujeción se desliza entre las primera y segunda posiciones.

4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el órgano de sujeción es una barra un extremo de la cual está provisto de una superficie plana que tiene una forma que corresponde a la de la abertura en la cara de bloqueo.

5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el órgano de protección, en una superficie exterior, consta de una parte plana que forma una superficie de apoyo plana sobre la que se apoya el órgano de sujeción en la primera posición.

6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la cara de soporte y la cara de bloqueo son paralelas una con respecto a otra.

7. Instalación para el crecimiento en solución de un monocristal, que comprende un tanque destinado a contener una solución de cristalización, un dispositivo de crecimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, dispuesto en el tanque, y medios de puesta en rotación del dispositivo en el tanque.

8. Procedimiento de fabricación de un monocristal por crecimiento en solución a partir de un germen cristalino implementado con ayuda de una instalación según la reivindicación 7, comprendiendo el procedimiento:

- la fijación del germen cristalino en la cara de soporte del elemento de soporte, estando el germen cristalino orientado según la orientación del monocristal deseado;
- la colocación del órgano de protección alrededor del germen y su sujeción sobre la cara de soporte del elemento de soporte por presión sobre el órgano de protección por medio del órgano de sujeción, que está colocado en su primera posición;
- la puesta en contacto del órgano de protección con la solución de cristalización por inmersión del dispositivo en la solución de cristalización;
- el tratamiento de la solución de cristalización para obtener una solución subsaturada;
- la puesta en contacto del germen con la solución de cristalización subsaturada por desplazamiento del órgano de sujeción de su primera posición hacia su segunda posición y la puesta en rotación del dispositivo alrededor de un eje esencialmente perpendicular a la cara de soporte, el desplazamiento del elemento de sujeción y la puesta en rotación liberando el órgano de protección;
- la modificación de la temperatura de la solución de crecimiento para obtener una solución sobresaturada;
- el crecimiento del monocristal entre la cara de soporte y la cara de bloqueo a partir de la solución sobresaturada, continuando este crecimiento hasta la obtención de un crecimiento lateral deseado;
- la separación del monocristal de la cara de soporte y de la cara de bloqueo.

9. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 8, en el que el monocristal es un monocristal de dihidrogenofosfato de potasio (KDP) o de dihidrogenofosfato de potasio deuterado (DKDP).

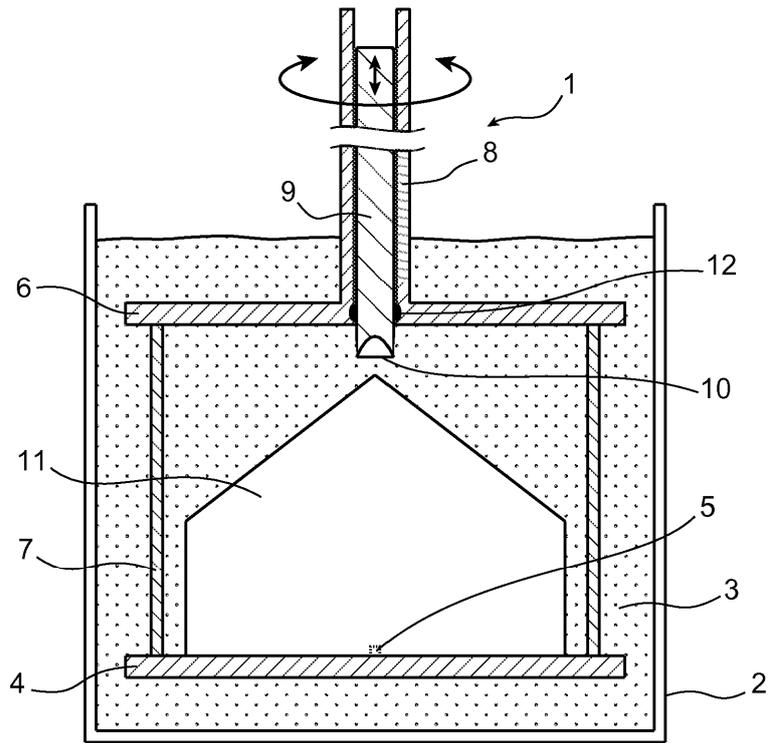
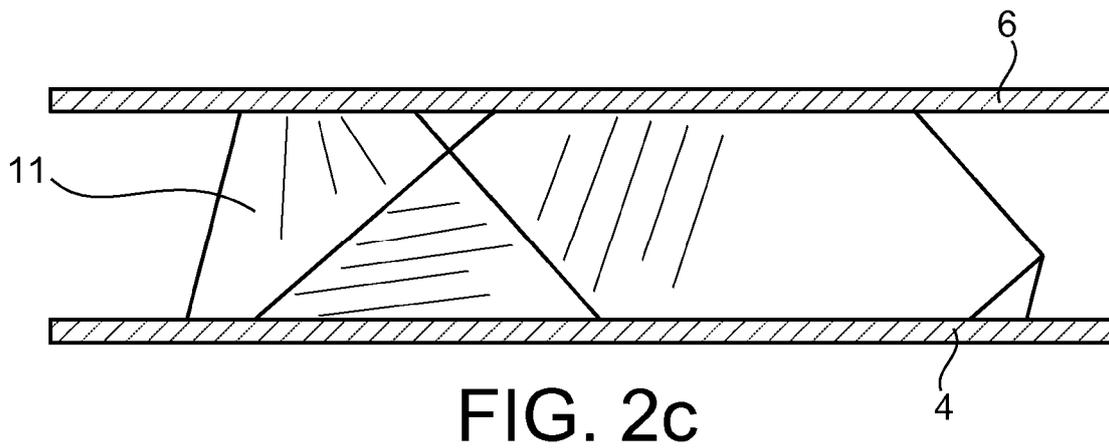
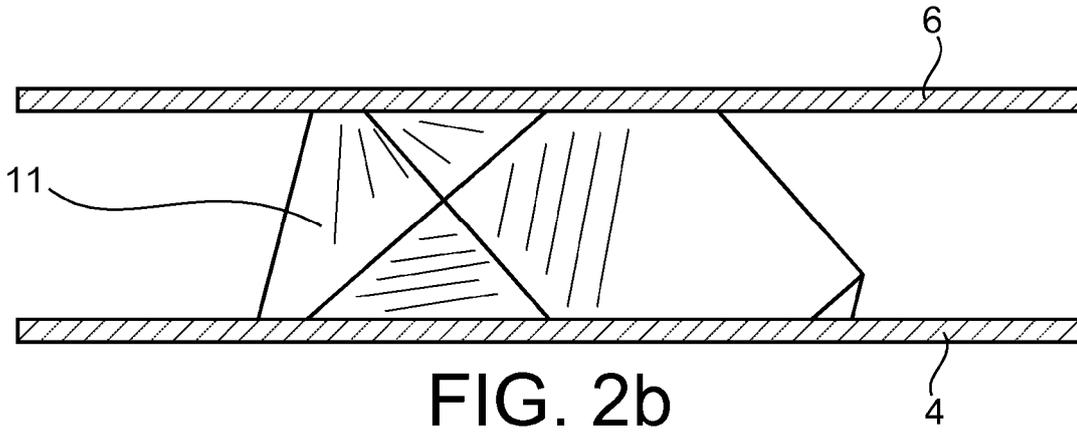
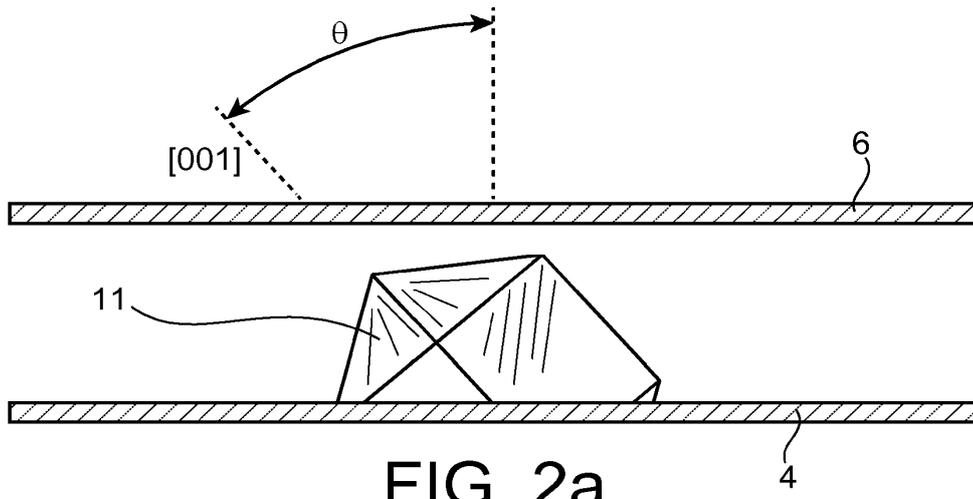


FIG. 1



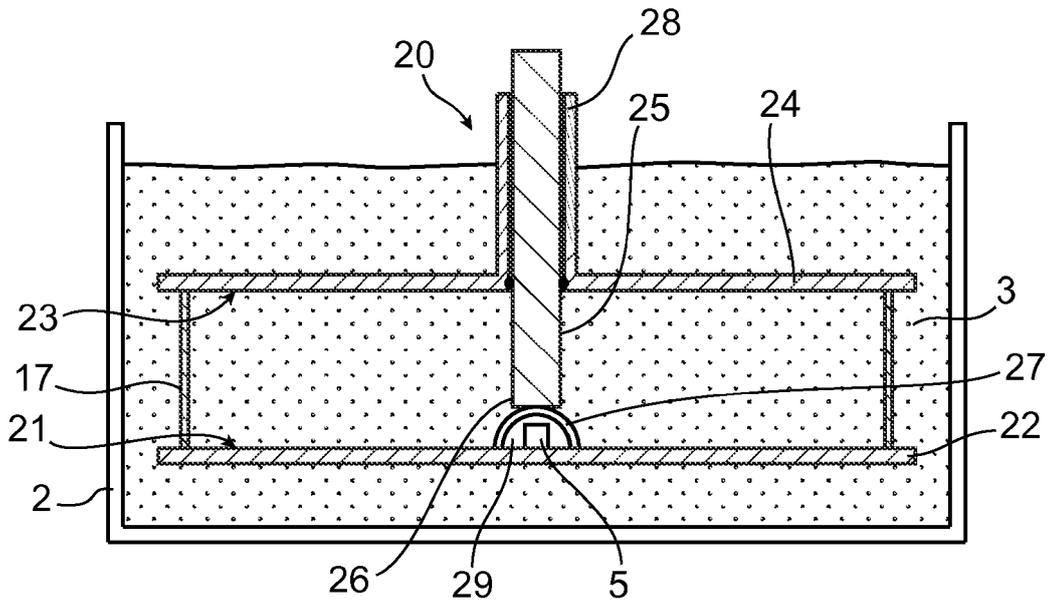


FIG. 3a

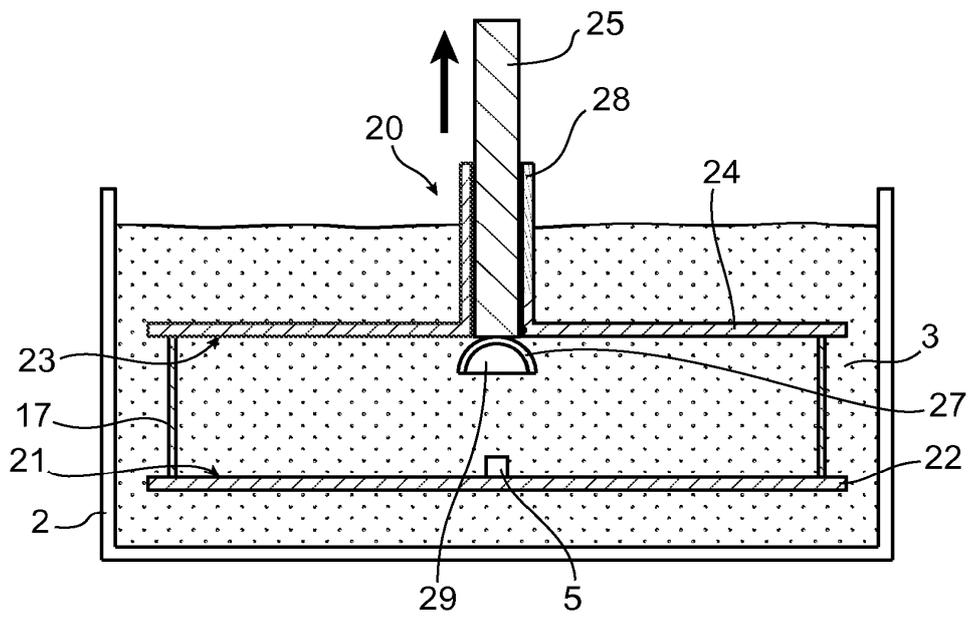


FIG. 3b

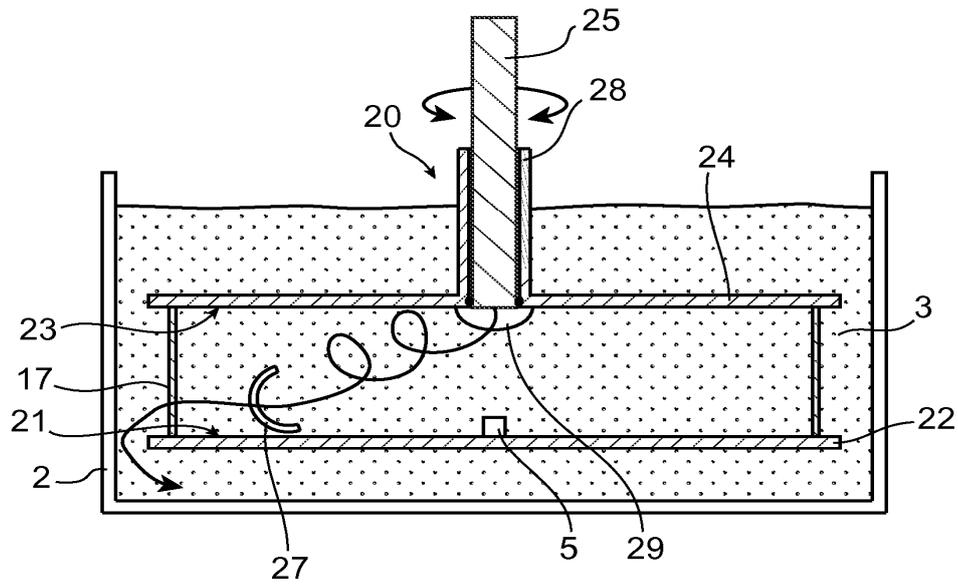


FIG. 3c