



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 328 580**

51 Int. Cl.:
H01L 21/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04802641 .3**

96 Fecha de presentación : **25.10.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1676299**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.07.2006**

54 Título: **Instalación de crecimiento de cristales.**

30 Prioridad: **23.10.2003 DE 103 49 339**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.11.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.11.2009

73 Titular/es: **PVA TePla AG.**
Im Westpark 10-12
35435 Wettenberg, DE

72 Inventor/es: **Mühe, Andreas;**
Altekrüger, Burkhard y
Vonhoff, Axel

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 328 580 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

Instalación de crecimiento de cristales.

5 El invento se refiere a una instalación de crecimiento de cristales, en particular instalación de crecimiento de cristales semiconductores, con un crisol que puede ser calentado para una masa fundida y una disposición de bobinas colocada coaxial con el crisol para generar un campo magnético en la masa fundida, comprendiendo la disposición de bobinas tres o más bobinas, que están colocadas unas sobre otras en dirección axial y que en cada caso están atacadas con una tensión alterna, estando la tensión alterna aplicada a una bobina desplazada en fase con respecto a la tensión alterna aplicada a la bobina adyacente.

10 En el crecimiento de cristales semiconductores a partir de una masa fundida el flujo de masa fundida y el transporte convectivo de calor asociado con ello juegan un papel esencial en las distribuciones de temperatura resultantes, la forma del límite de fase, las tensiones térmicas asociadas con ello en el cristal en crecimiento y con ello finalmente en la calidad de cristal alcanzable. Además las fluctuaciones de temperatura en el límite de fase, que pueden producirse por la convección, juegan un papel decisivo en el rendimiento monocristalino que puede obtenerse en el proceso de producción. Así por ejemplo en el crecimiento de monocristales de silicio según el proceso Czochralski (CZ), particularmente en caso de porciones de pesadas de masa fundida crecientes, la convección térmica ascendente lleva a un flujo de masa fundida turbulento, que está asociado con fluctuaciones de temperatura pronunciadas. Para solucionar estos problemas han sido hasta ahora propuestos y realizados técnicamente tanto el empleo de campos magnéticos estáticos, que amortiguan el flujo de masa fundida según el principio de freno de las corrientes parásitas, como el empleo de campos magnéticos dependientes del tiempo, que provocan una convección forzada controlada y contrarrestan la convección ascendente turbulenta.

25 El empleo de campos magnéticos dependientes del tiempo, además de la posibilidad de suprimir la convección turbulenta libre, ofrece la ventaja de que incluso en masas fundidas con convección libre no existente o sólo débilmente pronunciada pueden ser impulsados flujos de masa fundida determinados. Así por ejemplo el apilado térmico estable en el crecimiento de cristales semiconductores compuestos según el proceso de enfriamiento de gradiente vertical (proceso VGF) lleva a que prácticamente no se produce convección ascendente térmica y el transporte de calor en la masa fundida es puramente difusivo. En este caso una convección de la masa fundida forzada mediante campos magnéticos dependientes del tiempo puede elevar el transporte efectivo de calor e influir favorablemente en la distribución de temperatura en la disposición de crecimiento y finalmente en la forma del límite de fase.

30 El documento US 2002/0092461 da a conocer una instalación de crecimiento de cristales con un sistema de bobinas para generar un campo magnético móvil y con un calentador por separado

35 El documento DE 2107646 da a conocer una instalación de crecimiento de cristales con un dispositivo de calentamiento por resistencia para la generación de calor y de un campo magnético rotativo.

40 Los sistemas actuales no podían sin embargo convencer en todos los puntos. En particular la disposición de elementos de calefacción por resistencia del calentador por resistencia para calentar la masa fundida y la disposición de bobinas para generar el campo magnético ocupaban mucho sitio. Además debe tenerse en cuenta lo siguiente: por principio se diferencian en su estructura las instalaciones que trabajan según el proceso de enfriamiento de gradiente vertical (VGF) de las que trabajan según el proceso Czochralski (CZ). Así en el proceso VGF se trabaja bajo alto vacío, de manera que la caldera tiene que estar fabricada de acero, para resistir la alta presión. La caldera de acero sin embargo apantallaría al menos en gran parte un campo magnético generado por una bobina dispuesta por fuera de la caldera, de manera que en el interior del crisol de fusión, que está fabricado de nitrato de boro o de cristal de cuarzo, no se formaría ningún campo magnético móvil suficientemente fuerte para entremezclar la masa fundida. Es decir, la bobina debería disponerse en el interior de la caldera lo más próxima posible al crisol, pero fuera del crisol.

50 Puesto que sin embargo en el interior de la caldera también está prevista la calefacción del crisol y la bobina se refrigera, la bobina reduciría al menos parcialmente el rendimiento de calefacción del calentador. La bobina no puede disponerse en el interior del crisol, puesto que aquí produciría reacciones químicas con la masa fundida o debido a la alta temperatura de la propia masa fundida se fundiría o - si se refrigerara - impediría la fusión del silicio.

55 El invento se basa por eso en el problema de proporcionar con medios sencillos una configuración de campo magnético que sea apropiada para controlar convecciones dentro de la masa fundida en unos límites en que el cristal extraído de la masa fundida resulte lo más homogéneo posible y además caliente la masa fundida.

60 Para solucionar el problema el invento prevé un dispositivo de crecimiento de cristales según el preámbulo de la reivindicación 1, en el cual las bobinas están formadas por un cuerpo cilíndrico hueco de un material eléctricamente conductor, formando éste mediante una ranura múltiples veces circular un camino de corriente circular de una sola capa en forma de espiral, el cual mediante puntos de contacto que pueden conectarse al suministro de tensión está subdividido en secciones, que en cada caso forman una bobina.

65 La idea del invento consiste por lo tanto en emplear una bobina resistente a alta temperatura, que no tenga que ser refrigerada. El siguiente paso del invento es combinar el de todos modos necesario calentador con la bobina deseada,

siendo formada la bobina de barras conductoras de grafito macizas, que con la resistencia adecuada generan el campo magnético correcto y entregan la potencia de calefacción deseada.

En el proceso Czochralski se hace trabajar un crisol por ejemplo de cristal de cuarzo en una caldera de vacío a baja presión y con gas de protección. Son conocidos aquí calentadores de grafito, que están montados alrededor del crisol. Las pletinas colectoras de corriente están aquí dispuestas en forma de meandro de una manera que se forma cuando un cilindro de grafito entero se ranura alternadamente de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba y en cada caso se deja un puente para la unión transversal. Aquí sin embargo las corrientes que circulan hacia arriba y hacia abajo se compensan en cuanto a su efecto generador de campos magnéticos, de manera que no se produce ningún campo magnético significativo en el crisol.

La idea del invento en el caso del proceso CZ es ahora modificar el ya conocido calentador de grafito de manera que las pletinas colectoras de corriente sean llevadas en forma de espiral alrededor del crisol, de manera que el sentido de la corriente siempre sea el mismo. La disposición de bobinas según el invento para el proceso CZ actúa sobre la masa fundida como un motor lineal, en el cual el sentido de movimiento de las zonas exteriores de la masa fundida está dirigido hacia arriba o hacia abajo según el sentido de la corriente. Aquí puede aprovecharse el efecto pelicular, de manera que con la frecuencia de la corriente trifásica en aumento se mueve una zona siempre más delgada en la masa fundida.

Con la disposición de bobinas se puede generar un campo magnético móvil, que penetra en la región de la masa fundida semiconductor y de este modo produce determinados flujos favorables para el proceso de crecimiento de cristal de la masa fundida eléctricamente conductiva. En particular mediante la modificación de la frecuencia de la tensión alterna, así como mediante la modificación del desplazamiento de fase, que a su vez está determinado por el número de bobinas, se puede regular una determinada velocidad con la que el campo magnético se mueve en dirección axial a través de la masa fundida. La masa fundida además debe ser mantenida a una temperatura que por regla general está situada un poco por encima del punto de fusión del respectivo material a fundir. Para ello se disponen calentadores de resistencia alrededor del crisol. Las bobinas pueden tomar adicionalmente la función de calefacción: la corriente que fluye a través de las bobinas, debido a las resistencias eléctricas de éstas genera calor, que sirve tanto para fundir el material en el crisol como para el mantenimiento de la temperatura de fusión.

La solución según el invento tiene en particular la ventaja de que el cuerpo cilíndrico hueco, debido a su superficie interior cerrada en gran parte excepto estrechas ranuras, forma una fuente de radiación de calor especialmente buena, porque irradia uniformemente.

Preferentemente las bobinas se conectan unas con otras eléctricamente conductoras en forma de una conexión en estrella o en triángulo, estando las bobinas conectadas a los polos de una fuente de corriente trifásica en correspondencia a su disposición de conexión. Semejantes fuentes de corriente trifásica por regla general están disponibles en los lugares de establecimiento de los dispositivos de crecimiento de cristales, de manera que sin gastos adicionales está dado un suministro de corriente según el invento para las bobinas.

Para poder regular la potencia de calefacción independientemente de la variación del campo magnético con el tiempo, la cual por sí sola determina la intensidad de las corrientes inducidas, las bobinas se conectan adicionalmente a una fuente de tensión continua, que adicionalmente a la corriente alterna genera una corriente continua en las bobinas, que solamente es responsable de la potencia de calefacción.

De manera particularmente sencilla se puede proveer al cuerpo cilíndrico hueco de una ranura en forma de espiral, si ésta recorre el cuerpo cilíndrico hueco siempre en el mismo sentido de dirección.

Para que las bobinas puedan ser abastecidas de corriente las secciones dispuestas unas sobre otras en dirección axial para formar tres bobinas tienen cada una dos puntos de contacto para las conexiones a las fases de una fuente de corriente trifásica.

Los puntos de contacto están conectados con pletinas eléctricamente conductoras, que se desarrollan en la superficie lateral interior o exterior del cuerpo cilíndrico hueco, y que en un lado frontal del cuerpo cilíndrico hueco terminan en conexiones que están unidas con las fases de una fuente de corriente trifásica. Esto tiene la ventaja de que las conexiones están dispuestas en el fondo de la carcasa del dispositivo de crecimiento de cristales y por eso una envoltura aislante que rodea la bobina o el calentador por resistencia no necesita presentar ninguna abertura para las conexiones. Esto da por resultado una instalación muy compacta y muy bien aislada.

También las pletinas pueden asimismo hacer las veces de elemento de calefacción por resistencia de un calentador por resistencia y se conectan para ello a una fuente de tensión continua.

Teniendo en cuenta todos los elementos de construcción anteriormente mencionados resulta un dispositivo para el calentamiento eléctrico por resistencia de una instalación de crecimiento de cristales semiconductores con generación simultánea de un campo magnético móvil. En particular el invento prevé por lo tanto una disposición de elementos eléctricos de calefacción por resistencia en una instalación para el crecimiento de cristales semiconductores monocristalinos a partir de la masa fundida, que están configurados de manera que la corriente alterna que fluye en los elementos de calefacción por resistencia para el calentamiento al mismo tiempo genera un campo magnético móvil.

ES 2 328 580 T3

El invento por lo tanto se compone en esencia de un dispositivo para el calentamiento eléctrico por resistencia de una instalación de crecimiento de cristales semiconductores, que está definida porque el calentador por resistencia configurado en esencia cilíndrico hueco se compone de tres secciones dispuestas unas sobre otras en dirección axial, en las cuales en cada caso el camino de corriente de una bobina de una sola capa está definido por una ranura en esencia en forma de espiral y que tienen el mismo sentido de revolución de la ranura en forma de espiral, y porque las tres secciones disponen cada una de dos puntos de contacto para la conexión a las tres fases de una fuente de corriente trifásica.

La doble utilización de las bobinas como calentador por resistencia y como generador de campos magnéticos tiene además la ventaja de que éstas, como los calentadores por resistencia actuales, que exclusivamente sirven para el calentamiento de la masa fundida, pueden disponerse directamente junto al crisol dentro de una caldera. Esto contrasta con las disposiciones conocidas hasta ahora, en las cuales las bobinas de campo para generar el campo magnético están dispuestas fuera de la caldera separadas del calentador por resistencia.

En semejantes instalaciones, por ejemplo para el crecimiento de cristales de silicio según el proceso Czochralski, se emplean por esa razón calderas de cristal de cuarzo, que no apantallan sustancialmente los campos magnéticos dependientes del tiempo, que se generan por las disposiciones de bobinas fuera de la caldera. Sin embargo estas calderas de cristal de cuarzo son en extremo costosas y no pueden fabricarse en los diámetros que son relevantes para las mayores instalaciones de extracción de cristales que se encuentran en desarrollo. En el caso de las instalaciones para el crecimiento de cristales semiconductores compuestos según el proceso VGF se añade por lo tanto el problema de que una pared de caldera de cristal de cuarzo para el crecimiento normal en la producción industrial bajo condiciones de alta presión no entra en consideración. Por otra parte el empleo de una disposición de bobinas usual, por ejemplo de alambre de cobre, dentro de la caldera de la instalación refrigerada por agua no es practicable por razones térmicas.

El invento soluciona el problema por lo tanto mediante el empleo de un calentador por resistencia eléctrico, que rodea a la masa fundida en forma de un cuerpo cilíndrico hueco, que cuenta con una disposición de ranuras que fuerza la corriente de calefacción en una vía en esencia en forma de espiral, de manera que el calentador por resistencia al mismo tiempo actúa como bobina de una sola capa para generar un campo magnético. Como material para el calentador por resistencia puede emplearse en particular ventajosamente grafito, por lo que en una atmósfera de gas de protección se alcanza una resistencia a temperatura hasta por encima de 2000°C. El empleo de elementos de calefacción por resistencia cilíndricos de grafito prensado isostáticamente es hoy en día un estándar técnico en la industria de crecimiento de cristales semiconductores. En un funcionamiento del calentador por resistencia con corriente alterna se produce un campo alterno dependiente del tiempo.

El invento aquí presentado consigue por lo tanto la ventaja de que la corriente necesaria para el calentamiento eléctrico de la instalación se utiliza simultáneamente para generar un campo magnético móvil. De este modo no son necesarias ni bobinas de campo por separado ni un suministro de corriente por separado para las bobinas de campo. Además el calentador por resistencia, que a la vez está configurado como disposición de bobinas, es resistente a la alta temperatura y rodea directamente la zona de núcleo caliente de la instalación y con ello la región de fusión. De este modo se minimiza el volumen dentro del cual debe ser generado el campo magnético. Además el campo magnético alterno no tiene que penetrar en la pared de la caldera de la instalación de crecimiento de cristales, por lo que la pared de la caldera puede ser realizada de manera convencional como caldera de acero. De este modo además no se presentan problemas de apantallamiento ninguno para la región por fuera de la instalación. En caso de una instalación de crecimiento de cristales a alta presión mediante el invento se hace posible en absoluto la generación de campos magnéticos móviles en la región de la masa fundida. Otra ventaja esencial del invento aquí presentado consiste en que la geometría cilíndrica hueca de la disposición de calentador- bobinas corresponde a la disposición de calentadores de instalaciones de crecimiento de cristales ya hoy en día extendida en el más amplio grado y por eso sin grandes gastos de construcción puede combinarse con las instalaciones existentes o incluso reacondicionarse, en tanto que esté disponible un número suficiente de boquillas de paso de corriente.

En lo que sigue el invento debe ser explicado en detalle con ayuda de un ejemplo de realización. Para ello muestran:

La Figura 1 un elemento de calefacción por resistencia cilíndrico hueco, que en tres secciones, mediante una ranura en forma de espiral en círculo forma en cada caso una bobina que genera un campo magnético,

la Figura 2 una conexión en triángulo para las bobinas según la Figura 1,

la Figura 3 la disposición de un elemento de calefacción por resistencia según el invento en una instalación VGF de crecimiento de cristales y

la Figura 4 la disposición de un elemento de calefacción por resistencia según el invento en una instalación de crecimiento de cristales según el proceso CZ.

En la Figura 1 está mostrado un ejemplo de una disposición de calentador-bobinas según el invento, en la cual un cuerpo cilíndrico hueco 1, que de manera especialmente ventajosa puede ser fabricado de grafito prensado isostáticamente, está provisto de una ranura 2 que se desarrolla en esencia en forma de espiral. El concepto "en forma de

espiral” incluye sin embargo también un desarrollo escalonado, como el que está mostrado en la Figura 1. Además la disposición cuenta con cuatro puntos de contacto eléctricos 3, 4, 5 y 6, que sirven para la alimentación de corrientes alternas. En el ejemplo mostrado en la Figura 1 se realiza una conexión en triángulo estando conectada la primera fase de una fuente de corriente trifásica por medio de una primera pletina 8 que se extiende sobre la altura del cuerpo cilíndrico hueco 1 a los puntos de contacto primero y cuarto 3, 6 así unidos, la segunda fase por medio de una segunda pletina 7 al segundo punto de contacto 4 y la tercera fase por medio de una tercera pletina 9 al tercer punto de contacto 5. Las pletinas 7, 8, 9 pueden atornillarse con el cuerpo cilíndrico hueco 1 por medio de tornillos resistentes a alta temperatura, que por ejemplo pueden fabricarse de material de fibra de carbono CFC. Para la conexión a una fuente de corriente trifásica las pletinas 7, 8, 9 pueden atornillarse en el fondo de una instalación de crecimiento de cristales con tres boquillas de paso de corriente, en las cuales por fuera de la instalación se pueden apretar los correspondientes cables de alta intensidad.

Mediante la ranura 2 se configura una vía que se desarrolla en forma de espiral, que forma un camino de corriente, la cual mediante los puntos de contacto 3 a 6 está subdividida en tres secciones, que forman respectivamente una bobina A, B, C. Las vías son más altas que anchas y con ello en sección en esencia rectangulares.

La Figura 2 muestra el conexionado de las tres bobinas A, B, C formando una conexión en triángulo, en la cual los extremos respectivamente contiguos entre sí de las bobinas (cíclicamente) adyacentes están unidos y están conectados a las fases de una fuente de corriente trifásica.

Además el calentador por resistencia presentado en este invento se compone de tres secciones dispuestas una sobre otra en dirección axial, que en cada caso están definidas por un par de tomas de corriente y que con ello corresponden a tres bobinas coaxiales dispuestas una sobre otra. Las tomas de corriente pueden configurarse como conexión en triángulo por unión de los puntos de contacto 3 y 6, 4 y 4, 5 y 5 - como está representado en la Figura 1 y en la Figura 2 - y conectarse a las tres fases de una fuente de corriente trifásica. Alternativamente las tres secciones pueden ser separadas unas de otras en los puntos 4 y 5 y entonces ser configuradas como conexión en estrella y conectarse a las tres fases de una fuente de corriente trifásica 17. En ambos casos fluyen en las tres secciones tres corrientes alternas desplazadas en fase 120°, que en el interior de la disposición generan un campo magnético móvil. Este campo móvil, en la región de borde de una masa fundida semiconductora posicionada por dentro del calentador por resistencia, genera una corriente dirigida hacia arriba o hacia abajo, dependiendo del sentido de circulación de la unión de las tres fases con las tres secciones. De este modo, por ejemplo en el caso de una disposición Czochralski, puede ser contrarrestada la convección ascensional térmica, mientras que en el caso de una disposición VGF mediante un entremezclado de la masa fundida puede elevarse el transporte de calor efectivo.

En la Figura 3 está mostrado el empleo de una disposición de calentador-bobinas según el invento, precisamente del cuerpo cilíndrico hueco 1 como se ha descrito arriba, en una instalación de crecimiento de cristales a alta presión para el crecimiento de cristales semiconductores compuestos según el proceso VGF, la cual se compone de una caldera de alta presión 10 de acero refrigerada por agua, en cuyo interior en un crisol 11, que se sujeta por un soporte de crisol 12, una masa fundida, en particular una masa fundida semiconductora 13, está encima del monocristal 14 en crecimiento. Las altas temperaturas necesarias para fundir el material semiconductor se obtienen mediante el cuerpo cilíndrico hueco 1 en combinación con un paquete aislante térmico 15, que está dispuesto radialmente por fuera del cuerpo cilíndrico hueco 1. En la masa fundida semiconductora 13 está representado por flechas un modelo de flujo típico 16, que es generado mediante el campo magnético móvil generado por el cuerpo cilíndrico hueco 1 junto con una fuente de corriente trifásica 17.

La masa fundida semiconductora 13, en una instalación VGF de crecimiento de cristales para el crecimiento de cristales semiconductores compuestos, típicamente está tapada con una masa fundida de cubierta 18 de óxido de boro, la cual en combinación con la elevada presión en la instalación impide la evaporación de los componentes volátiles de los materiales semiconductores compuestos.

En la Figura 4 está mostrado el empleo de un cuerpo cilíndrico hueco 1 según el invento en una instalación Czochralski para el crecimiento de cristales de silicio o germanio, la cual se compone de una caldera 20 de acero refrigerada por agua, en cuyo interior en un crisol 21, que se sujeta por un soporte de crisol 22, está una masa fundida semiconductora 23. De esta masa fundida 23 se extrae un monocristal 24. Las altas temperaturas necesarias para fundir el material semiconductor se obtienen mediante el cuerpo cilíndrico hueco 1 en combinación con un paquete aislante térmico 25. En la masa fundida semiconductora 23 está representado por flechas un modelo de flujo típico 26, que se produce por convección ascendente térmica y puede ser contrarrestado por el campo magnético móvil generado por el cuerpo cilíndrico hueco 1 junto con una fuente de corriente trifásica 17.

El invento puede emplearse por principio en todas las instalaciones en las cuales se preparan masas fundidas eléctricamente conductivas mediante un calentamiento por resistencia y en las que sea de importancia técnica una determinada influencia del flujo de fusión. De manera especialmente ventajosa el invento puede emplearse en todas las instalaciones en las que ya actualmente se emplean elementos de calefacción por resistencia cilíndricos en atmósferas de gas de protección bajo alta presión o presión reducida o en vacío.

ES 2 328 580 T3

Lista de signos de referencia

	1	Cuerpo cilíndrico hueco
5	2	Ranura
	3	Punto de contacto
	4	Punto de contacto
10	5	Punto de contacto
	6	Punto de contacto
15	7	Pletina
	8	Pletina
20	9	Pletina
	10	Caldera de alta presión
25	11	Crisol
	12	Soporte de crisol
	13	Masa fundida semiconductor
30	14	Monocristal
	15	Paquete aislante
35	16	Modelo de flujo
	17	Fuente de corriente trifásica
40	18	Masa fundida de cubierta de óxido de boro
	20	Caldera de acero
45	21	Crisol
	22	Soporte de crisol
50	23	Masa fundida semiconductor
	24	Monocristal
55	25	Paquete aislante
	26	Modelo de flujo
60		
65		

REIVINDICACIONES

1. Instalación de crecimiento de cristales, en particular instalación de crecimiento de cristales semiconductores, con un crisol (11, 21) que puede ser calentado para una masa fundida (13, 23) y una disposición de bobinas colocada coaxial con el crisol para generar un campo magnético en la masa fundida (13, 23), comprendiendo la disposición de bobinas tres o más bobinas, que están colocadas unas sobre otras en dirección axial y que en cada caso están atacadas con una tensión alterna, estando la tensión alterna aplicada a una bobina desplazada en fase con respecto a la tensión alterna aplicada a la bobina adyacente, **caracterizada** porque las bobinas están formadas por un cuerpo cilíndrico hueco (1) de un material eléctricamente conductor, formando éste mediante una ranura múltiples veces circular (2) un camino de corriente circular de una sola capa en forma de espiral, el cual mediante puntos de contacto (3, 4, 5, 6) que pueden conectarse al suministro de tensión está subdividido en secciones, que en cada caso forman una bobina.

2. Instalación de crecimiento de cristales según la reivindicación 1, **caracterizada** porque tres bobinas forman una unidad y están unidas eléctricamente unas con otras en forma de una conexión en estrella o en triángulo, estando las bobinas conectadas a los polos de una fuente de corriente trifásica (17) en correspondencia a su disposición de conexión.

3. Instalación de crecimiento de cristales según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada** porque las bobinas están conectadas adicionalmente a una fuente de tensión continua.

4. Instalación de crecimiento de cristales según la reivindicación 1, **caracterizada** porque la ranura circular (2) recorre el cuerpo cilíndrico hueco (1) siempre en el mismo sentido de dirección.

5. Instalación de crecimiento de cristales según la reivindicación 2, **caracterizada** porque las secciones dispuestas unas sobre otras en dirección axial para formar tres bobinas disponen cada una de dos puntos de contacto (3, 4, 5, 6) para la conexión a las fases de una fuente de corriente trifásica (17).

6. Instalación de crecimiento de cristales según la reivindicación 5, **caracterizada** porque los puntos de contacto (3, 4, 5, 6) están conectados con pletinas eléctricamente conductoras (7, 8, 9) que se desarrollan en la superficie lateral interior o exterior del cuerpo cilíndrico hueco (1), y que en un lado frontal del cuerpo cilíndrico hueco (1) terminan en conexiones que están unidas con las fases de una fuente de corriente trifásica (17).

7. Instalación de crecimiento de cristales según la reivindicación 6, **caracterizada** porque las pletinas (7, 8, 9) se utilizan como elementos de calefacción por resistencia y para ello están conectadas a una fuente de tensión continua.

8. Instalación de crecimiento de cristales según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque las bobinas individuales están unidas unas con otras en una conexión en estrella, en la cual la pletina principal, que se extiende sobre la altura del cuerpo cilíndrico hueco (1) y tiene contacto con todas las bobinas, está conectada a una fuente de tensión continua.

9. Instalación de crecimiento de cristales según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque el cuerpo cilíndrico hueco (1) está dispuesto por fuera del crisol (11, 21) pero dentro de una caldera (10, 20) que rodea al crisol (11, 21).

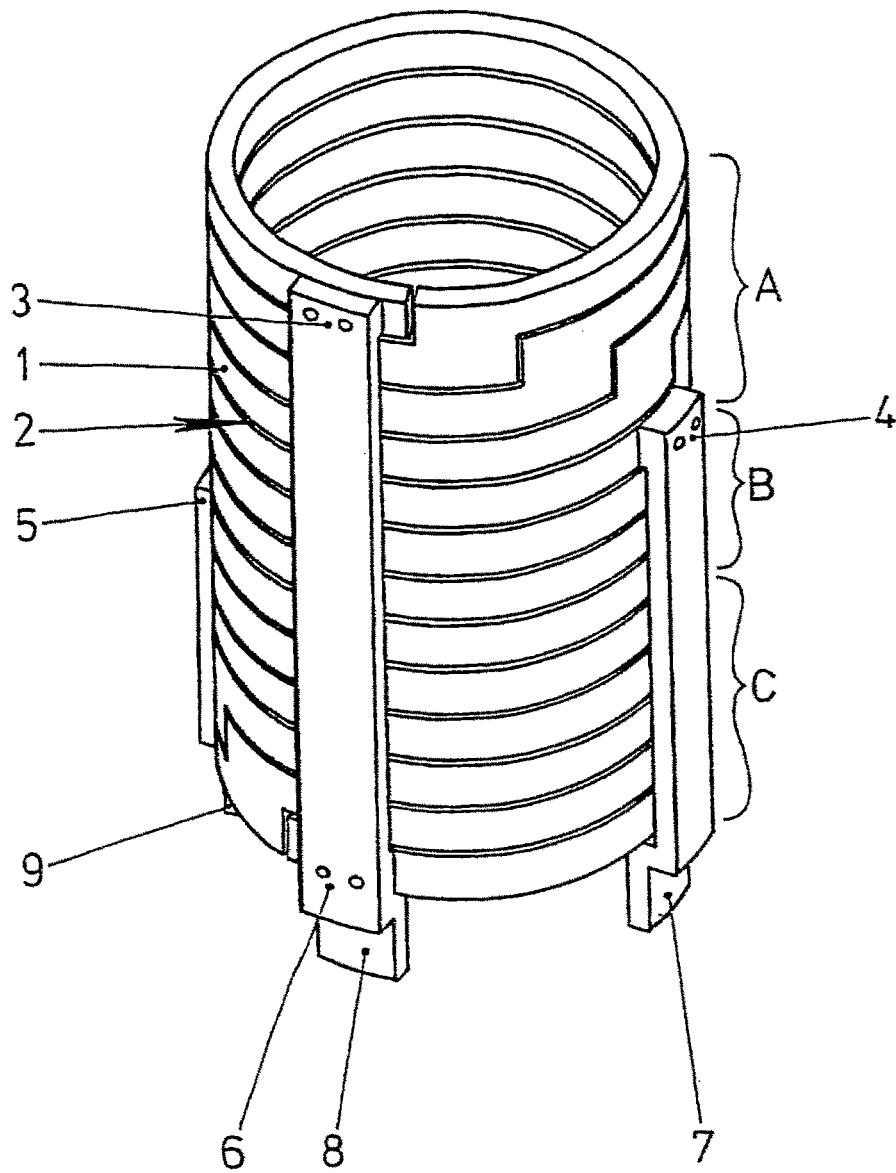


Fig. 1

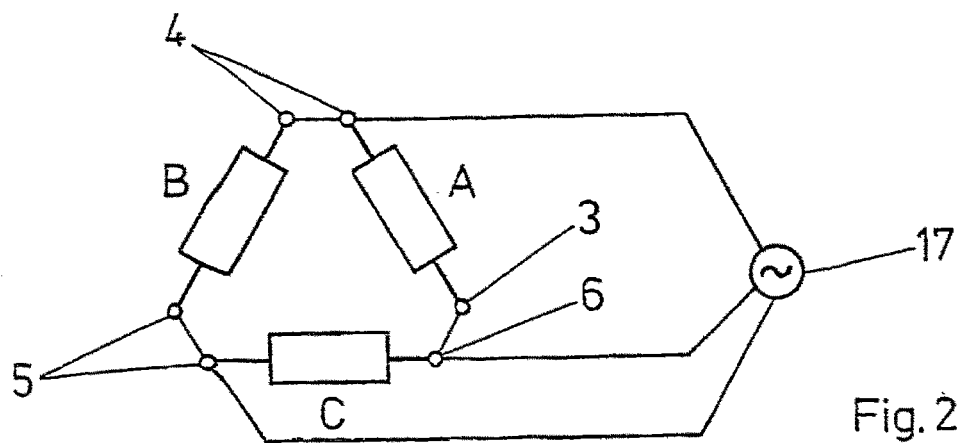


Fig. 2

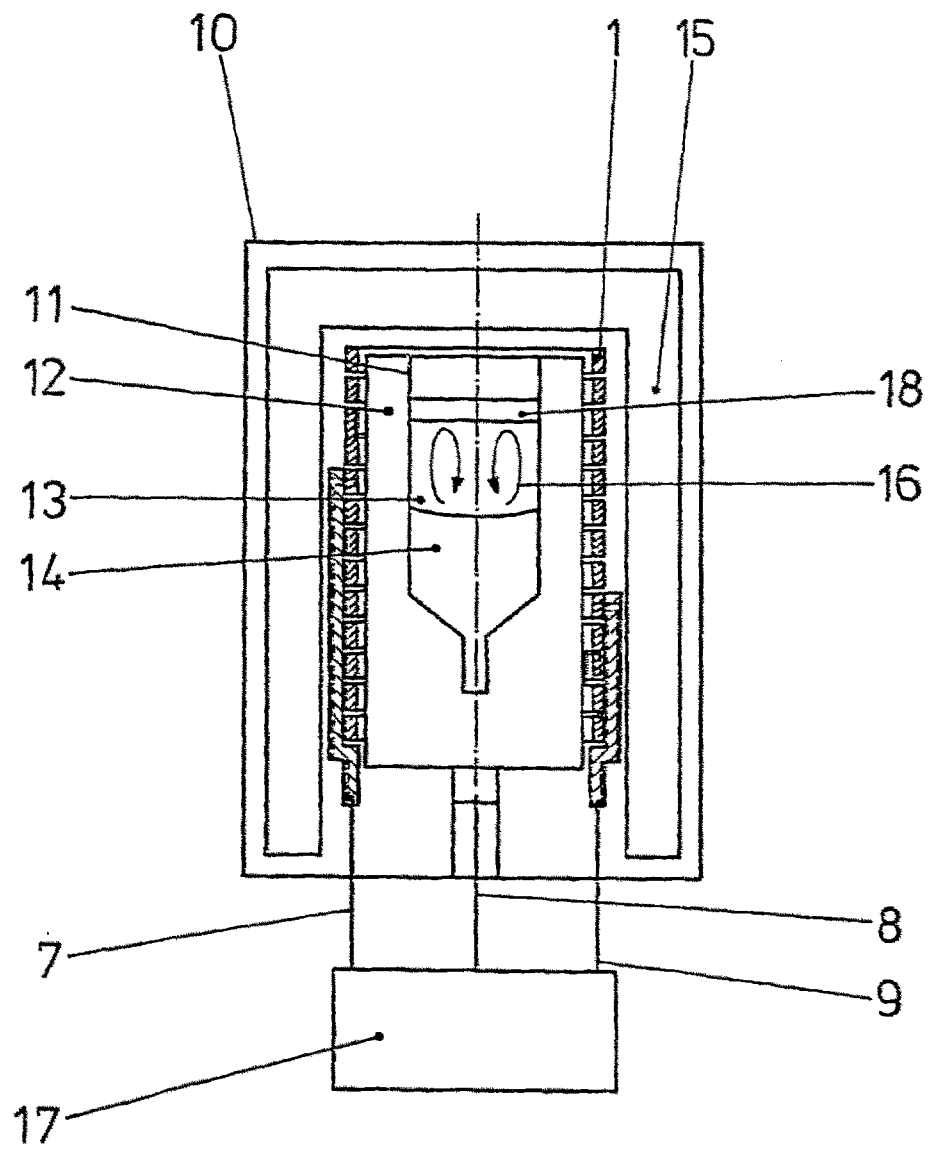


Fig. 3

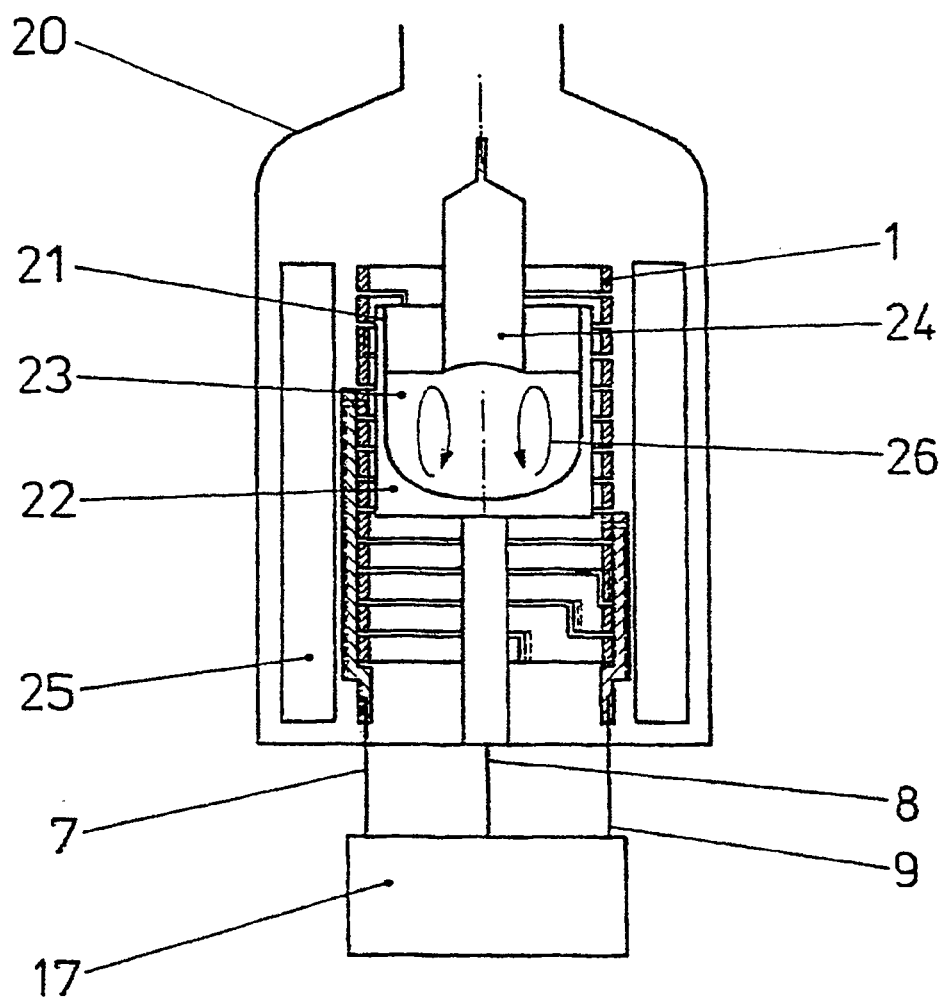


Fig. 4