

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 588**

51 Int. Cl.:

**C03C 3/083** (2006.01)

**C03C 10/04** (2006.01)

**C03C 10/12** (2006.01)

**C03C 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2012** **E 17195708 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020** **EP 3293157**

54 Título: **Composición de vidrio**

30 Prioridad:

**20.04.2011 EP 11003315**

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

**24.03.2021**

73 Titular/es:

**STRAUMANN HOLDING AG (100.0%)  
Peter-Merian-Weg 12  
4002 Basel, CH**

72 Inventor/es:

**BORCZUCH-LACZKA, MARIA;  
CHOLEWA-KOWALSKA, KATHARZYNA y  
LACZKA, KAROLINA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 813 588 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

## Composición de vidrio

La presente invención se refiere a una composición de vidrio y su uso para la preparación de un cuerpo de vidrio-cerámica, y al uso de dicho cuerpo de vidrio-cerámica para una pieza de restauración dental.

5 Los materiales de vidrio-cerámica comprenden una fase amorfa (vidrio) y una o más fases cristalinas (cerámica), incorporadas en el seno de la fase amorfa. Debido a la presencia tanto de una fase amorfa como de una cristalina, los vidrios-cerámicas comparten muchas propiedades tanto con los vidrios como con las cerámicas. Se utilizan en una variedad de campos técnicos diferentes, por ejemplo, como placas de cocina, utensilios de cocina y utensilios de horneado, como sustrato para discos magnéticos o como reflectores de alto rendimiento para proyectores digitales.

Los vidrios-cerámicas son de particular interés en el campo de la odontología reparadora, en la que se ha expresado la necesidad de prótesis que se desempeñen, en términos de capacidad funcional y aspecto, exactamente como sus contrapartidas naturales.

15 Convencionalmente, se han venido preparando piezas de restauración dental de acuerdo con el método de «porcelana fundida con metal» (PPM –“porcelain fused to metal”–), según el cual se utiliza el bastidor de metal de soporte en combinación con una capa de funda de un material cerámico que confiere el color a la prótesis. La preparación de piezas de restauración de acuerdo con este método implica muchas etapas de fabricación y es, por tanto, laboriosa.

20 El método de PPM ha sido desarrollado adicionalmente reemplazando el bastidor metálico por un bastidor no metálico, inorgánico. A este respecto, se ha propuesto un vidrio de feldespato relleno de partículas de alúmina. Un desarrollo adicional ha conducido a sustituir el vidrio reforzado con alúmina por un bastidor cerámico opaco.

25 Las coronas y los puentes dentales se fabrican en la actualidad en su mayoría por medio de tecnologías de CAD/CAM, que están ganando cada vez más importancia. El procedimiento de fabricación comprende dos etapas decisivas: un diseño asistido por computadora de la pieza de restauración, y su fresado asistido por computadora. En la etapa de fresado, la pieza de restauración es mecanizada partiendo de una pieza previa o de partida.

30 El documento DE-A-19750794 ha propuesto un procedimiento para preparar un producto de vidrio de disilicato de litio adecuado para uso como producto dental. El procedimiento está dirigido a obtener una elevada estabilidad química, una alta traslucidez y buenas propiedades mecánicas del producto. Debido a la gran resistencia y dureza obtenidas, el mecanizado del material tiene como resultado, sin embargo, un desgaste muy intenso de las herramientas de mecanizado y tiempos muy largos de tratamiento. Por otra parte, las piezas de restauración preparadas de acuerdo con esta técnica muestran una escasa resistencia únicamente cuando su espesor cae dentro de un intervalo de tan solo unos pocos centenares de micras.

35 El documento US-B-7452836 se refiere a un procedimiento para proporcionar un vidrio-cerámica que tiene metasilicato de vidrio metaestable ( $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ) como fase cristalina principal. Esta vidrio-cerámica de metasilicato de litio tiene propiedades mecánicas que le permiten ser fácilmente mecanizado hasta obtener la forma incluso de piezas de restauración dental complicadas, sin un desgaste indebido de las herramientas. Puede transformarse, por medio de un tratamiento térmico adicional, en un vidrio-cerámica de disilicato de litio con muy buenas propiedades mecánicas y traslucidez.

40 Si bien el documento US-B-7452836 permite la consecución de materiales que tienen una resistencia a la flexión que podría ser suficiente para la restauración de múltiples dientes ausentes en la parte delantera (por ejemplo, puentes de 3 unidades), su resistencia sigue siendo insuficiente para puentes posteriores o grandes piezas de restauración.

Con vistas no solo a una mejora de las propiedades mecánicas, sino también a un aspecto altamente estético, sería muy apreciado un material que tuviera una estructura interna que imitase la estructura de un diente natural.

45 Los dientes naturales consisten en un esmalte duro, inerte y carente de células, soportado por la dentina, de tejido duro, menos mineralizado, más elástico y vital. Debido su contenido de minerales excepcionalmente elevado, el esmalte es un tejido quebradizo incapaz de soportar las fuerzas de la masticación sin fracturarse, a menos que tenga el soporte de la más elástica dentina.

50 El esmalte y la dentina no solo difieren en sus propiedades mecánicas, a saber, su resistencia a la compresión, su módulo elástico y su coeficiente de dilatación térmica, sino también en su aspecto. Mientras que el esmalte es traslúcido y varía en color de amarillo pálido a gris blanquecino, la dentina es amarilla. En un diente natural, el espesor del esmalte varía desde un máximo de aproximadamente 2,5 mm hasta una fracción de este valor. Esta variación influye en el aspecto del diente debido a que la dentina subyacente se ve a través de la región de esmalte más delgada, en tanto que se desvanece gradualmente hacia otras más gruesas.

- 5 En suma, un diente natural tiene, por tanto, una estructura no homogénea diferente de la del vidrio-cerámica del documento US-B-7452835, en la que se hacen crecer cristales a todo lo largo y ancho del volumen sin ningún orden espacial. En contraste con un diente natural, que exhibe una composición y estructura diferentes en partes diferentes, ya sea en la parte de la dentina o en la del esmalte, una pieza de restauración hecha del material de acuerdo con el documento US-B-7452835 es, por lo que respecta a la constitución del material, bastante homogénea y no comprende regiones de diferentes constituciones, como tiene su contrapartida natural. Un diente natural no puede, por lo tanto, ser imitado a la perfección por el material de acuerdo con el documento US-B-7452835.
- 10 Materiales biocompatibles, altamente estéticos y robustos, con una estructura interna que imita la de un diente natural para el reemplazo de un único diente (corona) y para una prótesis formada por dos o más coronas (puentes), soportada por dientes naturales modificados, son, sin embargo, de crucial importancia en el campo de la odontología restauradora. Por otra parte, como cada vez más laboratorios adoptan dispositivos de CAD/CAM, cabe esperar que las prótesis de CAD/CAM generadas en laboratorio aumenten significativamente en las próximas décadas. Esta evolución plantea un requisito añadido a los materiales para la fabricación de piezas de restauración en lo que respecta a la mecanización por CAD/CAM a un coste aceptable.
- 15 En el documento US-B-5939211 se divulga un método para fabricar prótesis a partir de una pieza de partida que comprende al menos una capa de elevada resistencia a la abrasión, al menos una capa de elevada resistencia a la flexión y al menos una capa de menor dureza y resistencia. Durante el fresado de la pieza de restauración, la eliminación de material se lleva a cabo de tal manera que las capas con una alta resistencia constituyen una estructura de refuerzo.
- 20 Basándose en el hallazgo de que un denominado material de calidad funcional puede conllevar una mejora de la resistencia en los daños por contacto, el documento US 2008/0213727 propone un procedimiento para proporcionar un material de calidad funcional, el cual incluye infiltrar superiores cerámicas superior e inferior con vidrio. La estructura resultante comprende una capa de vidrio residual de superficie exterior (estética), una capa de vidrio-cerámica de calidad, y una cerámica interior densa.
- 25 Por otra parte, el documento WO 2010/010082 tiene como objetivo un material que imita los gradientes de color de un diente natural, y se refiere a un material estabilizado en su forma y que comprende un primer componente y un segundo componente, de tal manera que el segundo componente tiene una pigmentación diferente a la del primer componente y se ha dispuesto en el seno del primer componente de un modo tal, que la superficie limítrofe entre los componentes representa una superficie curva en el espacio.
- 30 En particular, por lo que refiere a los documentos US-B-5939211 y WO 2010/010082, la presencia de capas de componentes físicamente distintos y, por tanto, de una interfaz entre diferentes componentes puede tener un impacto en la estabilidad global de la pieza de restauración dental. También, los procedimientos de acuerdo con estos documentos son relativamente laboriosos.
- 35 La técnica de acuerdo con el documento US 2008/0213727 permite tan solo la formación de un gradiente de muy pequeño espesor. Además, el gradiente está confinado al área superficial del material; la formación de un gradiente dentro del volumen del material, en posición distante de la superficie, no es, sin embargo, posible de acuerdo con el documento US 2008/0213727.
- 40 En general, sería altamente deseable proporcionar un cuerpo de vidrio-cerámica cuyas propiedades pudieran ser ajustadas a las necesidades reales de una manera simple e inmediata.
- En particular, para conseguir piezas de restauración dental tanto con una estética cuidada como con propiedades mecánicas superiores, sería deseable un cuerpo de vidrio-cerámica para el que pudieran obtenerse propiedades mecánicas y ópticas diferentes en diferentes regiones de un mismo cuerpo.
- 45 Más particularmente, y a la vista de las desventajas del documento US 2008/0213727, sería deseable un cuerpo de vidrio-cerámica que comprendiese diferentes fases cristalinas que cambiasen de una región a otra de una manera gradual, y que no estuvieran limitadas localmente a zonas específicas del material, de manera que fuese así posible imitar la estructura de un diente natural.
- Asimismo, el documento DE 10 2007 011 337 describe composiciones de vidrio-cerámica para restauraciones dentales.
- 50 El objeto de la presente invención es de ese modo proporcionar una composición de vidrio para la preparación de un cuerpo de vidrio-cerámica de una manera simple e inmediata.
- El propósito se resuelve de conformidad con la materia objeto de las reivindicaciones independientes 1 y 3.
- Realizaciones preferidas se proporcionan en las reivindicaciones dependientes.
- De acuerdo con un primer aspecto, la divulgación se refiere a un procedimiento para preparar un cuerpo de vidrio-

cerámica, el cual comprende las etapas de proporcionar un cuerpo básico de vidrio y someter el cuerpo básico de vidrio a un tratamiento térmico en virtud del cual se forma una fase cristalina incorporada en el seno de una matriz de vidrio.

5 De acuerdo con el procedimiento, el cuerpo de vidrio básico se hace de una composición que comprende del 65 al 72% en peso de SiO<sub>2</sub>, al menos el 10,1% en peso de Li<sub>2</sub>O y al menos el 10,1% en peso de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sobre la base del peso total la composición. Preferiblemente, la proporción entre Li<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es al menos 1:1, más preferiblemente, 3:2 aproximadamente.

De acuerdo con una realización específica, la proporción entre Li<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es entre 1:1 y 1,5:1.

10 El tratamiento térmico implica una etapa de nucleación seguida de una primera etapa de cristalización, dentro de un primer intervalo de temperaturas, y de una segunda etapa de cristalización, dentro de un segundo intervalo de temperaturas diferente del primer intervalo de temperaturas. Con ello, se forman al menos dos fases cristalinas diferentes una de otra.

15 Se ha encontrado, de forma sorprendente, que, mediante el tratamiento térmico de un cuerpo de vidrio, no solo pueden formarse fases cristalinas diferentes, sino que el tipo de fase cristalina, así como su proporción pueden ser controlados y, por tanto, ajustados a las necesidades reales.

En particular, pueden formarse diferentes fases cristalinas de forma individual o conjuntamente por la aplicación del calentamiento necesario para las etapas de cristalización de una manera concentrada. De este modo, pueden formarse diferentes fases cristalinas en regiones diferentes de un mismo cuerpo.

20 En consecuencia, el procedimiento permite conseguir un cuerpo de vidrio-cerámica estructurado, esto es, un cuerpo de vidrio-cerámica que tiene fases cristalinas que difieren de una región a otra. A este respecto, el procedimiento permite, de manera adicional, la consecución de diferentes fases cristalinas que cambian de una región a otra de un modo gradual. Esto tiene aplicaciones importantes, en particular en lo que respecta a las características mecánicas y ópticas del cuerpo de vidrio-cerámica, más particularmente con vistas al uso del cuerpo para una pieza de restauración dental, tal y como se explicará en detalle más adelante.

25 Como se ha mencionado, el tratamiento térmico de acuerdo con el procedimiento comprende una etapa de nucleación previa a las etapas de cristalización. Mediante la etapa de nucleación, se forman núcleos de cristalización. Para la etapa de nucleación, el cuerpo de vidrio básico, esto es, el «vidrio de partida», es calentado a una temperatura de entre 500°C y 570°C, que es ligeramente superior a la temperatura de transición del vidrio, y se observa una permanencia de hasta 3 horas. Tras este tratamiento, el vidrio nucleado no muestra ninguna diferencia significativa en su aspecto con respecto al vidrio de partida. Seguidamente a la etapa de nucleación, el cuerpo de vidrio nucleado es calentado a temperaturas más altas y, de nuevo, se observan permanencias a temperaturas específicas (etapas de cristalización). Este tratamiento conduce a diferencias tanto en las propiedades mecánicas como en el aspecto del cuerpo de vidrio.

35 En suma, el procedimiento comprende, de este modo, una etapa de nucleación dentro de un primer intervalo de temperaturas, tras lo cual no se observan diferencias significativas en las propiedades mecánicas ni en el aspecto con respecto al cuerpo de vidrio básico, seguida de al menos dos etapas de cristalización, cada una de ellas dentro de un intervalo de temperaturas más elevado que el de la etapa de nucleación, de manera que dichas etapas de cristalización conducen a la formación de al menos dos fases cristalinas diferentes y, por tanto, a un cuerpo de vidrio-cerámica que tiene propiedades mecánicas y un aspecto diferentes de los del cuerpo de vidrio básico.

40 Las etapas de cristalización, por lo tanto, difieren de la etapa de nucleación en que se llevan a cabo a temperaturas más elevadas y se producen conjuntamente con un cambio tanto en las propiedades mecánicas como en el aspecto del material.

45 El tratamiento térmico, que conlleva dos etapas de cristalización diferentes, es distinto del que se ha descrito en el documento DE 10 2007 011 337, que se refiere a cerámica de funda para piezas de restauración dental, de manera que el procedimiento de este último comprende meramente una sola etapa de cristalización. Lo mismo se aplica al documento WO 00/34196, el cual se refiere a vidrio-cerámica de utilidad en la fabricación de piezas de restauración dental de una única unidad y de múltiples unidades, y que describe un procedimiento de fabricación que comprende meramente una única etapa de crecimiento de cristal tras la etapa de nucleación. También, el documento US 6.514.890 describe un procedimiento que comprende una única etapa de cristalización tras una etapa de nucleación, siendo dicho documento, por tanto –independientemente– del hecho de que se utiliza una composición de vidrio diferente–, distinto de la presente invención.

55 Específicamente, el cuerpo de vidrio básico es calentado hasta una temperatura comprendida en el intervalo entre 500°C y 570°C, más específicamente, entre 530°C y 570°C, para la etapa de nucleación, a lo que siguen al menos dos etapas de cristalización seleccionadas de entre los intervalos de 620°C a 680°C, de 800°C a 820°C y de 825°C a 830°C, dependiendo de las fases cristalinas deseadas que se van a formar y de sus proporciones las unas con respecto a las otras y a la fase amorfa. La duración para cualquiera de estas etapas varía, por lo común, dentro del intervalo entre 30 minutos y 10 horas, también dependiendo de las fases cristalinas deseadas que se van a formar y

de sus proporciones.

Se entiende que los procedimientos pueden comprender una o más etapas de cristalización, además de la primera y la segunda etapas de cristalización anteriores, lo que conduce a tres o más etapas de cristalización.

5 Además de sus intervalos de temperatura, las etapas de cristalización individuales pueden también diferir en sus tiempos de mantenimiento.

10 Al llevar a cabo las etapas de cristalización dentro de los intervalos de temperatura anteriormente especificados, es posible conseguir un material de vidrio-cerámica que comprende diferentes fases cristalinas, tales como disilicato de litio, metasilicato de litio, fosfato de litio, fosfato de litio, aluminosilicato de litio como solución sólida de beta-espodumeno, y cristobalita, y en el que las proporciones respectivas de las fases cristalinas pueden ser ajustadas a las necesidades reales.

Como se mostrará en detalle más adelante, se prefiere, en particular, que el material de vidrio-cerámica final comprenda, como las dos fases cristalinas principales, una fase de disilicato de litio y una fase de aluminosilicato de litio. Como ya se ha mencionado, la presente invención permite proporcionar diversas proporciones de estas fases mediante el ajuste de la temperatura y de la duración de las etapas de cristalización.

15 Por lo que respecta a la coexistencia de una fase de disilicato de litio y una fase de aluminosilicato de litio, pueden conseguirse nuevas y deseables propiedades. En particular, puede conseguirse un cuerpo de vidrio-cerámica que tiene propiedades mecánicas entre las propiedades del vidrio-cerámica de aluminosilicato de litio, que tiene excelentes propiedades térmicas y propiedades mecánicas relativamente moderadas (con una resistencia a la flexión de entre 75 MPa y 150 MPa, y una dureza a la fractura,  $K_{Ic}$ , de entre 1 y 2  $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ), y las del vidrio-cerámica  
20 de disilicato de litio, que tiene una elevada resistencia (con una resistencia a la flexión de entre 350 y 400 MPa y una dureza a la fractura,  $K_{Ic}$ , de entre 2,3 y 2,9  $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ), y propiedades térmicas relativamente pobres (con un coeficiente de dilatación térmica de entre 80-y  $120\cdot 10^{-7}$  grados<sup>-1</sup>).

25 Para la realización particular especificada en los ejemplos que se dan más adelante, se ha mostrado, por ejemplo, que la formación de metasilicato de litio y disilicato de litio se ve favorecida dentro del intervalo de temperaturas entre 620°C y 820°C, y es posible conseguir materiales de vidrio-cerámica que tienen una resistencia a la flexión de entre 300 MPa y 400 MPa y una dureza a la fractura,  $K_{Ic}$ , de entre 2,0 y 2,6  $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ , con un coeficiente de dilatación térmica de entre 60-y  $90\cdot 10^{-7}$  grados<sup>-1</sup>. Dentro del intervalo de temperaturas entre 825°C y 860°C, la cristalización de las fases de aluminosilicato de litio es dominante y es posible lograr un material de vidrio-cerámica  
30 que tiene una resistencia a la flexión de entre 280 MPa y 330 MPa y una dureza a la fractura,  $K_{Ic}$ , de entre 2,0 y 2,3  $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ , con un coeficiente de dilatación térmica de entre 40-y  $60\cdot 10^{-7}$  grados<sup>-1</sup>.

También es posible ajustar la resistencia química del vidrio-cerámica final. A este respecto, es generalmente preferible una elevada proporción de la fase cristalina de disilicato de litio si ha de conseguirse una alta resistencia química del material de vidrio-cerámica final.

35 De acuerdo con la divulgación, una primera región del cuerpo de vidrio se somete a la primera etapa de cristalización y una segunda región del cuerpo de vidrio, diferente de la primera región, es sometida a la segunda etapa de cristalización, de tal manera que la proporción de la primera fase cristalina (por ejemplo, disilicato de litio) es más alta en la primera región que en la segunda región, y la proporción de la segunda fase cristalina (por ejemplo, aluminosilicatos de litio) es más alta en la segunda región que en la primera región.

40 El término «proporción» de la fase cristalina respectiva ha de entenderse, en el contexto de la presente invención, como porcentaje en volumen sobre la base del volumen total del cuerpo de vidrio-cerámica final.

45 En cuanto a las etapas de cristalización, se abarcan realizaciones en las que la primera región es exclusivamente sometida a la primera etapa de cristalización y la segunda región es exclusivamente sometida a la segunda etapa de cristalización. En particular, si la segunda etapa de cristalización es dentro de un intervalo de temperaturas más alto, puede pensarse también que la segunda región sea también sometida a la primera etapa de cristalización antes de someterse a la segunda etapa de cristalización.

El primer intervalo de temperaturas es, preferiblemente, de 620°C a 820°C. El segundo intervalo de temperaturas comienza, preferiblemente, en 825°C y es, más preferiblemente, de 825°C a aproximadamente 1.000°C, de la forma más preferida de 825°C a aproximadamente 860°C.

50 Más particularmente, se forma predominantemente, en la primera región, una fase cristalina de  $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$  (disilicato de litio) en la primera región, y una fase cristalina adicional que se selecciona de entre el grupo consistente en  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LiAlSiO}_4$ ,  $\text{LiAlSi}_3\text{O}_8$ ,  $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$  (aluminosilicato de litio), se forma, preferiblemente, en la segunda región, por lo que –de acuerdo con una realización particularmente preferida– la proporción de las fases cristalinas cambia de una región a otra de una manera gradual.

55 Esto es de particular relevancia para preparar un material de vidrio-cerámica destinado a ser utilizado para piezas de restauración dental, puesto que las regiones que comprenden una fase cristalina de disilicato de litio son

5 generalmente traslúcidas y se parecen al esmalte, en tanto que las regiones que comprenden una fase cristalina de aluminosilicato de litio son opacas y se parecen a la dentina. Al llevar a cabo un tratamiento térmico controlado, puede obtenerse, de esta forma, un cuerpo de vidrio-cerámica que comprende fases cristalinas distribuidas de forma no homogénea que le confieren una distribución no homogénea del color parecida a la distribución de color de un diente natural.

También por lo que respecta a las propiedades mecánicas, la estructura de un diente natural puede ser imitada con precisión por las fases cristalinas distribuidas de forma no homogénea, ya que la fase de disilicato de litio imparte una resistencia más alta que la fase de aluminosilicato de litio, lo que se corresponde con la situación natural en la que el esmalte tiene una resistencia más alta que la dentina.

10 También, la gran resistencia química de la región de vidrio cerámica de disilicato de litio le confiere su factibilidad para una región similar al esmalte.

Con vistas al mecanizado de CAD/CAM del cuerpo de vidrio-cerámica, el ajuste de la formación de diferentes fases cristalinas en diferentes regiones del cuerpo permite, adicionalmente, una distribución favorable de las tensiones, lo que refuerza el cuerpo y le hace menos propenso a la fractura. En particular, se obtiene una distribución de tensiones favorable si las fases cristalinas cambian de una región a otra de forma gradual. Por lo que respecta, por ejemplo, al coeficiente de dilatación térmica, que es diferente en una región de vidrio-cerámica de disilicato de litio que en una región de vidrio-cerámica de aluminosilicato de litio, puede, por tanto, conseguirse una transición suave. Esto conduce, en última instancia, a un cuerpo que es perfectamente adecuado para el mecanizado de CAD/CAM tanto de piezas de restauración de una única unidad como a puentes de múltiples unidades. Además de ello, la distribución de las fases cristalinas puede ser ajustada de un modo tal, que las zonas que han de ser eliminadas por mecanizado del bloque son, preferiblemente, de forma predominante, de un material más blando que, por ejemplo, las zonas que estarán presentes en la pieza de restauración final.

El procedimiento no está confinado localmente a la zona superficial del cuerpo, sino que permite la formación selectiva y controlada de diferentes fases cristalinas a lo largo y ancho del cuerpo y, en particular, en el interior del cuerpo, lejos de la superficie. Puede llevarse a cabo un tratamiento térmico espacialmente confinado y controlado que conduce a una cristalización selectiva y controlada, por ejemplo, por medio de irradiación con láser, como se muestra por los documentos de Kawasaki et al. (Journal of Non-Crystalline Solids, 325 (2003), 61 a 69), Honma et al. (Applied Physics Letters, 83 (2003), 2796 a 2798), Fujiwara et al. (Chem. Glasses, 43C (2002), 213), Gupta et al. (Optical Materials, 2005) y otros. Son también posibles otros métodos que permiten un calentamiento concentrado y espacialmente limitado del cuerpo de vidrio básico, utilizando, por ejemplo, radiación electromagnética o agentes de susceptión. También pueden llevarse a cabo, de la misma manera, métodos que utilizan una pasta refrigerante para el confinamiento del calor, esto es, por apantallamiento de ciertas zonas del cuerpo de vidrio básico de manera que se evita que se calienten.

Si bien la presente divulgación abarca también la posibilidad de formar diferentes fases cristalinas en regiones separadas espacialmente, el procedimiento se lleva a cabo, preferiblemente, de un modo tal, que se forman diferentes fases cristalinas que cambian de una región a otra de una manera gradual. Esto es también de particular relevancia por lo que se refiere al uso del cuerpo para una pieza de restauración dental, ya que también en un diente natural los diferentes componentes estructurales cambian de una manera gradual. Es también posible evitar cualesquiera problemas de estabilidad que pudieran surgir en la interfaz entre diferentes materiales.

40 De acuerdo con una técnica muy inmediata, puede conseguirse un gradiente de temperaturas en el cuerpo de vidrio básico colocando apropiadamente el cuerpo en un horno de calentamiento en el que esté presente tal gradiente de temperaturas, lo que conduce a un cambio gradual de la composición de las fases cristalinas a lo largo del gradiente.

La presente invención se refiere a una composición de vidrio que comprende del 65% al 72% en peso de  $\text{SiO}_2$ , al menos el 10,1% en peso de  $\text{Li}_2\text{O}$  y al menos el 10,1% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , sobre la base del peso total de la composición. Preferiblemente, la proporción entre  $\text{Li}_2\text{O}$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  es al menos 1:1 y, más preferiblemente, es aproximadamente 3:2. Se entiende que la expresión «proporción entre  $\text{Li}_2\text{O}$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ » quiere decir la relación de la cantidad de  $\text{Li}_2\text{O}$  con respecto a la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

La composición de vidrio es particularmente útil para el procedimiento anteriormente descrito. Basándose en esta composición, el material de vidrio-cerámica deseable puede ser preparado de una manera simple e inmediata, como se ha mencionado en lo anterior. En particular, puede formarse una gran variedad de fases cristalinas diferentes.

Preferiblemente, las composiciones de vidrio de la presente invención comprenden a lo sumo el 15% en peso de  $\text{Li}_2\text{O}$  y a lo sumo el 15% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

De acuerdo con una realización específica, la proporción entre  $\text{Li}_2\text{O}$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  es de 1:1 a 1,5:1.

La composición comprende, de manera adicional, del 0% al 2% en peso de  $\text{K}_2\text{O}$ , del 1% al 4% en peso de  $\text{Na}_2\text{O}$  y del 0% al 1,5% en peso de  $\text{CeO}_2$ . A este respecto, la presente invención también abarca una composición que consiste esencialmente en entre el 0% y el 2% en peso de  $\text{K}_2\text{O}$ , entre el 1% y el 4% en peso de  $\text{Na}_2\text{O}$  y entre el 0% y el 1,5% en peso de  $\text{CeO}_2$ , además de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

5 Dependiendo del cuerpo de vidrio-cerámica final que se haya de conseguir, pueden utilizarse diferentes agentes de cristalización en la composición de vidrio. Por lo común, la composición comprende, de esta forma, adicionalmente, del 0% al 1,5% en peso de CaO, del 0% al 1,0% en peso de MgO, del 0% al 1,5% en peso de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, del 1% al 5% en peso de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del 0% al 3% en peso de CaF<sub>2</sub>, del 0% al 2,0% en peso de AlF<sub>3</sub>, del 0% al 1,0% en peso de Ag, del 0% al 5% en peso de ZrO<sub>2</sub> y del 0% al 4% en peso de TiO<sub>2</sub>, sobre la base del peso total de la composición. A este respecto, la presente invención también abarca una composición que consiste esencialmente en entre el 0% y el 1,5% en peso de CaO, del 0% al 1,0% en peso de MgO, del 0% al 1,5% en peso de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, del 1% al 5% en peso de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del 0% al 3% en peso de CaF<sub>2</sub>, del 0% al 2,0% en peso de AlF<sub>3</sub>, del 0% al 1,0% en peso de Ag, del 0% al 5% en peso de ZrO<sub>2</sub> y del 0% al 4% en peso de TiO<sub>2</sub>, además de SiO<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y, opcionalmente, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O y CeO<sub>2</sub> en las cantidades anteriormente especificadas, por lo que, preferiblemente, la proporción entre Li<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es entre 1:1 y 1,5:1. Resulta particularmente preferida una composición de vidrio que está desprovista de ZrO<sub>2</sub> y de TiO<sub>2</sub> para conseguir un contenido relativamente elevado de una fase cristalina de disilicato de litio, en particular en comparación con fases de aluminosilicato de litio.

15 De acuerdo con una realización preferida alternativa, la composición de vidrio, además de SiO<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, comprende del 0% al 2% en peso, preferiblemente del 0% al 1% en peso, de K<sub>2</sub>O, a lo sumo el 4% en peso, preferiblemente a lo sumo el 2,5% en peso, de Na<sub>2</sub>O, del 0% al 1,5% en peso de CaO, del 0% al 1,5% en peso de CeO<sub>2</sub>, del 1% al 5% en peso, preferiblemente del 3% al 5% en peso, de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del 0% al 0,5% en peso, preferiblemente del 0% al 0,1% en peso, muy preferiblemente del 0% al 0,05% en peso, de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del 0% al 1% en peso de Ag y del 0% al 1% en peso de ZrO<sub>2</sub>, estando la composición desprovista de TiO<sub>2</sub>, Cu<sub>2</sub>O, BaO, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgO, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SnO<sub>2</sub>. Es, por tanto, particularmente preferido que la composición de vidrio consista esencialmente en entre el 0% y el 2% en peso, preferiblemente entre el 0% y el 1% en peso de K<sub>2</sub>O, y a lo sumo el 4% en peso, preferiblemente a lo sumo el 2,5% en peso, de Na<sub>2</sub>O, del 0% al 1,5% en peso de CaO, del 0% al 1,5% en peso de CeO<sub>2</sub>, del 1% al 5% en peso, preferiblemente del 3% al 5% en peso, de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del 0% al 0,5% en peso, preferiblemente del 0% al 0,1% en peso, muy preferiblemente del 0% al 0,05% en peso, de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del 0% al 1% en peso, preferiblemente el 0% en peso, de Ag, y del 0% al 1% en peso de ZrO<sub>2</sub>, además de SiO<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en las cantidades dadas en lo anterior, por lo que, preferiblemente, la proporción entre Li<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es entre 1:1 y 1,5:1. También en esta realización alternativa, la composición de vidrio está, preferiblemente, desprovista de ZrO<sub>2</sub>, a fin de conseguir un contenido relativamente alto de una fase cristalina de disilicato de litio, en particular en comparación con las fases de aluminosilicato de litio.

30 De acuerdo con otra realización preferida alternativa, la composición de vidrio comprende del 65% al 72% en peso de SiO<sub>2</sub>, al menos el 10,1% en peso de Li<sub>2</sub>O, al menos el 10,1% en peso de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, por lo que, preferiblemente, la proporción entre Li<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es entre 1:1 y 1,5:1, del 1% al 5% en peso, preferiblemente del 3% al 5% en peso, de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y, opcionalmente, del 0% al 1,5% en peso de CeO<sub>2</sub>, del 0% al 0,1% en peso, preferiblemente del 0% al 0,05% en peso, de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del 0% al 2% en peso, preferiblemente del 0% al 1% en peso, de K<sub>2</sub>O, a lo sumo el 4% en peso, preferiblemente a lo sumo el 2,5% en peso, de Na<sub>2</sub>O, del 0% al 1,5% en peso de CaO, del 0% al 1% en peso de Ag y del 0% al 1% en peso de ZrO<sub>2</sub>, de manera que la composición está desprovista de TiO<sub>2</sub>, Cu<sub>2</sub>O, BaO, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgO, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SnO<sub>2</sub>. Es, por ello, particularmente preferido que la composición de vidrio consista esencialmente en entre el 65% y el 72% en peso de SiO<sub>2</sub>, al menos el 10,1% en peso de Li<sub>2</sub>O, al menos el 10,1% en peso de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, por lo que, de preferencia, la proporción entre Li<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es de 1:1 a 1,5:1, del 1% al 5% en peso, preferiblemente del 3% al 5% en peso, de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y, opcionalmente, del 0% al 1,5% en peso de CeO<sub>2</sub>, del 0% al 0,1% en peso, preferiblemente del 0% al 0,05% en peso, de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del 0% al 2% en peso, preferiblemente del 0% al 1% en peso, de K<sub>2</sub>O, a lo sumo el 4% en peso, preferiblemente a lo sumo el 2,5% en peso, de Na<sub>2</sub>O, del 0% al 1,5% en peso de CaO, del 0% al 1% en peso de Ag y del 0% al 1% en peso de ZrO<sub>2</sub>. También, en esta realización alternativa, la composición de vidrio está, preferiblemente, desprovista de ZrO<sub>2</sub>, a fin de conseguir un contenido relativamente elevado de una fase cristalina de disilicato de litio, en particular en comparación con las fases de aluminosilicato de litio.

Composiciones de vidrio típicas adecuadas para los propósitos de la presente invención son como sigue:

Composición I

componente	cantidad (% en peso)
SiO <sub>2</sub>	67,3
Li <sub>2</sub> O	10,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,1
K <sub>2</sub> O	0,5
Na <sub>2</sub> O	2,5
ZrO <sub>2</sub>	3,0

## ES 2 813 588 T3

CeO <sub>2</sub>	1,4
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
CaO	1,55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,5

### Composición II

<b>componente</b>	<b>cantidad (% en peso)</b>
SiO <sub>2</sub>	68,7
Li <sub>2</sub> O	10,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,1
K <sub>2</sub> O	0,5
Na <sub>2</sub> O	2,5
ZrO <sub>2</sub>	0,5
CeO <sub>2</sub>	1,5
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
CaO	1,55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,5

### Composición III

<b>componente</b>	<b>cantidad (% en peso)</b>
SiO <sub>2</sub>	68,0
Li <sub>2</sub> O	10,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,5
K <sub>2</sub> O	0,5
Na <sub>2</sub> O	2,5
ZrO <sub>2</sub>	0,5
CeO <sub>2</sub>	1,5
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
CaO	1,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,5



Composición IV

componente	cantidad (% en peso)
SiO <sub>2</sub>	69,5
Li <sub>2</sub> O	10,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,5
K <sub>2</sub> O	0,5
Na <sub>2</sub> O	1,0
ZrO <sub>2</sub>	0,5
CeO <sub>2</sub>	1,5
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
CaO	1,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,5

Composición V

componente	cantidad (% en peso)
SiO <sub>2</sub>	69,5
Li <sub>2</sub> O	15,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,5
CeO <sub>2</sub>	1,45
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,5

5 Todas las características preferidas de la composición de vidrio antes mencionada, y, en particular, todas las composiciones de vidrio específicas son, análogamente, preferidas por lo que respecta al procedimiento descrito para preparar un cuerpo de vidrio. De la misma manera, son preferidas en lo que respecta al cuerpo de vidrio-cerámica, en sí, y a su uso para una pieza de restauración dental, que se describe más adelante.

10 De acuerdo con un aspecto adicional, la presente divulgación se refiere además a un cuerpo de vidrio-cerámica que comprende al menos dos fases cristalinas seleccionadas del grupo que consiste en Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, LiAlSiO<sub>4</sub>, LiAlSiO<sub>4</sub>, LiAlSi<sub>4</sub>O<sub>10</sub> y Li<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

15 Preferiblemente, el cuerpo de vidrio-cerámica comprende cinco fases cristalinas seleccionadas del grupo que consiste en Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, LiAlSiO<sub>4</sub>, LiAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, LiAlSi<sub>4</sub>O<sub>10</sub> y Li<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, permitiendo de ese modo un ajuste casi ilimitado de propiedades del cuerpo al elegir adecuadamente las fases cristalinas y la proporción en la que están presentes.

De acuerdo con una realización particularmente preferida, el cuerpo de vidrio-cerámica comprende:

- a) una primera fase cristalina de Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (disilicato de litio) y
- b) una segunda fase cristalina seleccionada de entre el grupo consistente en LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, LiAlSiO<sub>4</sub>, LiAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> y LiAlSi<sub>4</sub>O<sub>10</sub>.

20 La segunda fase cristalina es, por tanto, un aluminosilicato de litio; de entre el grupo mencionado, se prefieren el LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> y el LiAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

Una combinación particularmente preferida es LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, LiAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> y Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, comprendiendo adicionalmente Li<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

Como se ha mencionado anteriormente, el tipo de fase cristalina, así como su proporción en el cuerpo de vidrio-cerámica de la presente invención, pueden ser controlados ajustando el perfil de temperaturas. Puede conseguirse, por ejemplo, un material de dos fases que tiene una relación de aluminosilicato de litio con respecto al disilicato de litio que oscila entre aproximadamente 30:70 y aproximadamente 60:40.

- 5 Como también se ha mencionado anteriormente, se prefiere que el cuerpo de vidrio-cerámica comprende una primera región y una segunda región, diferente de la primera región, de tal manera que, en la primera región, la proporción de la primera fase cristalina es más alta que en la segunda región y, en la segunda región, la proporción de la segunda fase cristalina es más alta que en la primera región, lo que permite imitar la estructura no homogénea de un diente natural.
- 10 Esto incluye realizaciones que comprenden, en la primera y en la segunda regiones, al menos una fase cristalina adicional, además de la primera fase cristalina y la segunda fase cristalina, respectivamente. En particular, esto abarca realizaciones que comprenden, en la primera región, también la segunda fase de cristalización, en una proporción menor que la de la primera fase cristalina, y/o, en la segunda región, también la primera fase cristalina, en una proporción menor que la de la segunda fase cristalina.
- 15 A este respecto, se prefiere, de manera adicional, que la primera fase cristalina y la segunda fase cristalina cambien gradualmente de región a región. Esto abarca realizaciones en las que la primera fase cristalina se reduce gradualmente con el incremento de la segunda fase cristalina, y viceversa, es decir, sin que se haya dispuesto una fase puramente amorfa entre las regiones, así como realizaciones en las que la primera fase cristalina se reduce en dirección a la segunda región y la segunda fase cristalina se reduce en dirección a la primera región, con una fase puramente amorfa dispuesta entre las regiones.
- 20

De acuerdo con una realización particularmente preferida, el cuerpo de vidrio-cerámica se da en la forma de una pieza de restauración dental que tiene una zona de esmalte y una zona de dentina, correspondientes a las zonas respectivas de un diente natural, de tal manera que la primera región se ha dispuesto en la zona del esmalte y la segunda región se ha dispuesto en la zona de la dentina.

- 25 Puesto que, con respecto a las propiedades del color y mecánicas, la fase de disilicato de litio se parece al esmalte, en tanto que la fase de aluminosilicato de litio se parece a la dentina, de un diente natural, las piezas de restauración superiores pueden conseguirse escogiendo de manera adecuada la distribución de estas fases. También, debido a que el aluminosilicato de litio es opaco, puede apantallarse un tope o implante de metal de manera que no brille a través de la pieza de restauración, al disponer adecuadamente la fase de aluminosilicato de litio dentro del cuerpo.
- 30 De acuerdo con un aspecto adicional, la presente invención se refiere también, por tanto, al uso del cuerpo de vidrio-cerámica para una pieza de restauración dental. Específicamente, la presente invención se refiere al uso del cuerpo de vidrio-cerámica para empastes, recubrimientos, fundas, coronas y puentes, hasta puentes de múltiples unidades.

- En particular, este uso también abarca la utilización del cuerpo de vidrio-cerámica como pieza de partida para un procedimiento de mecanizado de CAD/CAM destinado a preparar una pieza de restauración dental. De la misma manera, el cuerpo de vidrio básico puede ser sometido al procedimiento de mecanizado de CAD/CAM antes del tratamiento térmico que implica las etapas de cristalización, ya que el cambio de volumen del cuerpo al que acompaña la formación de las fases cristalinas es insignificante.
- 35

- Se entiende que el cuerpo de vidrio-cerámica de la presente invención puede, de la misma manera, ser utilizado para otras áreas tecnológicas, en particular, áreas en las que es relevante una buena resistencia al choque térmico y/o resistencia química del material.
- 40

Específicamente, el cuerpo de vidrio-cerámica puede ser utilizado para placas de cocina (placas, en sí, y otros elementos), utensilios de cocina y/o utensilios de horneado. Un uso particularmente interesante es en el campo del equipo de laboratorio (químico), el cual está, en general, sometido tanto a elevadas temperaturas como condiciones químicas severas.

- 45 Otras áreas incluyen aparatos para la generación, la distribución y el uso de energía, en particular, plantas de producción de energía. Un área concreta de interés es el uso de elementos colectores solares térmicos, que comprenden un tubo central de vidrio-cerámica.

La presente invención se ilustra adicionalmente por medio de ejemplos que siguen, en combinación con las figuras que se acompañan, en las cuales:

- 50 La Figura 1 muestra una representación gráfica de la proporción de fases diferentes (en % en volumen) en un material de vidrio-cerámica obtenido sometiendo la composición de vidrio de acuerdo con la presente invención a diferentes tratamientos térmicos; y
- La Figura 2 muestra una representación puramente esquemática de un cuerpo de vidrio-cerámica preferido de acuerdo con la presente invención, destinado a someterse a un procedimiento de CAD/CAM para preparar una pieza de restauración dental, así como un soporte para soportar el cuerpo.
- 55

## Ejemplos

Los siguientes experimentos están basados en la siguiente composición (en bruto) de vidrio:

componente	cantidad (% en peso)
SiO <sub>2</sub>	66,5
Li <sub>2</sub> O	10,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,5
K <sub>2</sub> O	0,45
Na <sub>2</sub> O	4,0
ZrO <sub>2</sub>	3,0
CeO <sub>2</sub>	1,5
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,5

5 La Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC –“Differential Scanning Calorimetry”–) y el Análisis Térmico Diferencial (DTA –“Differential Thermal Analysis”–) de la composición han mostrado tres picos, uno a aproximadamente 655°C, uno a aproximadamente 812°C y uno a aproximadamente 826°C, indicativos de tres etapas de cristalización.

10 Basándose en estos hallazgos, una primera muestra de la composición de vidrio se ha sometido –tras una etapa de nucleación a 550° durante tres horas– a una etapa de cristalización a 660°C durante tres horas (etapa de cristalización I). Una segunda y una tercera muestra se sometieron a una etapa de cristalización a 815°C durante tres horas (etapa de cristalización II), a continuación de la etapa de cristalización I, y a una etapa de cristalización a 830°C durante tres horas (etapa de cristalización III), a continuación de la etapa de cristalización I.

15 El análisis de difracción de rayos X (XRD –“X-ray diffraction”–) ha revelado una formación de Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (metasilicato de litio) y aluminosilicato de litio (LAS –“lithium aluminosilicate”–) en la etapa de cristalización I, y una formación de Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (disilicato de litio) y aluminosilicato de litio en la etapa de cristalización II y en la etapa de cristalización III, con un contenido incrementado de aluminosilicato de litio (en forma de espodumeno) y un contenido reducido de disilicato de litio formados en la etapa de cristalización III, en comparación con la etapa de cristalización II.

20 Se ha determinado, además, el contenido de las diferentes fases en el vidrio-cerámica final, en relación con los diferentes tratamientos térmicos. A este respecto, la composición de vidrio en bruto se ha sometido –después de la etapa de nucleación a 550°C durante tres horas y una primera etapa de cristalización a 660°C durante tres horas– a una segunda etapa de cristalización a una temperatura adicional durante tres horas, concretamente a una temperatura de 760°C (muestra 1), 790°C (muestra 2), 820°C (muestra 3) y 850°C (muestra 4). Los resultados se muestran en la Figura 1.

25 Como se muestra en la Figura 1, el contenido de las diferentes fases en el material de vidrio-cerámica final es altamente dependiente de la temperatura de la segunda etapa de cristalización. Se ha detectado, por ejemplo, una disminución de la fase amorfa con un aumento de la temperatura de la segunda etapa de cristalización. Para la fase de disilicato de litio, el contenido más elevado se ha detectado en las muestras 2 y 3, para las que la segunda etapa de cristalización se ha producido a una temperatura de 790°C y 820°C, respectivamente. El aluminosilicato de litio se encuentra, en la muestra 1, predominantemente presente como petalita y, en la muestra 2, presente casi exclusivamente como virgilita. En la muestra 3, está presente tanto como virgilita cuanto como espodumeno, en tanto que, en la muestra 4, está presente exclusivamente como espodumeno.

30 Los resultados dados en la Figura 1 ilustran tanto que pueden formarse diversas fases cristalinas en un mismo material de vidrio-cerámica, como que el tipo de fase cristalina y su contenido pueden ser controlados ajustando el tratamiento de temperaturas.

35 Se ha mostrado que pueden conseguirse en un mismo cuerpo de vidrio-cerámica diferentes fases cristalinas que resultan en propiedades mecánicas y ópticas diferentes, aplicando un gradiente de temperaturas para el tratamiento térmico. Por ejemplo, puede proporcionarse un gradiente de temperaturas dentro de un horno, en el que la temperatura disminuye gradualmente al aumentar la distancia desde la fuente de calentamiento del horno (situada, por ejemplo, en el medio del horno). Colocando apropiadamente el cuerpo en cuestión en el interior del horno, se establece el gradiente de temperaturas en el material, lo que conduce a fases cristalinas gradualmente cambiantes de una región a otra.

40

- 5 Específicamente, se ha demostrado que, sometiendo la composición de vidrio del presente ejemplo a un gradiente de temperaturas que se inicia a aproximadamente 550°C, la opalescencia comienza a formarse a aproximadamente 570°C. A aproximadamente 620°C, pueden detectarse una sombra violeta en la luz de reflectancia y una sombra amarilla en la luz de transmitancia, y aproximadamente a 670°C se marca la opalescencia. Se consigue un material opaco a partir de aproximadamente 700°C.
- Mediante la composición de vidrio del presente ejemplo, puede, por tanto, demostrarse que la invención no solo permite la formación de diferentes fases cristalinas en diferentes regiones de un mismo cuerpo, sino también un cambio gradual de las fases cristalinas de una región a otra.
- 10 Como se muestra esquemática en la Figura 2, el cuerpo de vidrio-cerámica 2 de la presente invención comprende una primera región 4 que comprende una elevada proporción de una primera fase cristalina, y una segunda región 6 que comprende una elevada proporción de una segunda fase cristalina. Dependiendo de las propiedades locales que se han de conseguir en las piezas de restauración finales 8, se determinan las porciones que se han de retirar y el cuerpo se dispone en correspondencia. Un soporte 10 garantiza que el cuerpo se mantenga en su lugar durante el mecanizado asistido por computadora.
- 15 Dada la distribución de las fases cristalinas, puede conseguirse una pieza de restauración final de un modo tal, que las superficies de apoyo de carga 12 tienen una dureza mayor que, por ejemplo, la zona volumétrica 14 del cuerpo 2 que se ha de retirar. Puede conseguirse de esta manera una pieza de restauración dental con una elevada dureza en, por ejemplo, los púnticos, las zonas de soporte de cúspide o los bordes de una manera relativamente fácil, sin un desgaste indebido de las herramientas de mecanizado.

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** Composición de vidrio que comprende 65 a 72 % en peso de  $\text{SiO}_2$ , al menos 10,1 % en peso de  $\text{Li}_2\text{O}$  y al menos 10,1 % en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basado en el peso total de la composición, siendo la proporción de  $\text{Li}_2\text{O}$  a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de 1:1 a 1.5:1, en donde la composición de vidrio además comprende 0 a 2 % en peso de  $\text{K}_2\text{O}$ , 1 a 4 % en peso de  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0 a 1,5 % en peso de  $\text{CaO}$ , 0 a 1,0 % en peso de  $\text{MgO}$ , 0 a 1,5 % en peso de  $\text{B}_2\text{O}_3$ , 0 a 1,5 % en peso de  $\text{CeO}_2$ , 1 a 5 % en peso de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0 a 3 % en peso de  $\text{CaF}_2$ , 0 a 2,0 % en peso de  $\text{AlF}_3$ , 0 a 1,0 % en peso de  $\text{Ag}$ , 0 a 5 % en peso de  $\text{ZrO}_2$  y 0 a 4 % en peso de  $\text{TiO}_2$  basado en el peso total de la composición.
- 2.** Composición de vidrio según la reivindicación 1, que comprende como máximo 15 % en peso de  $\text{Li}_2\text{O}$  y/o como máximo 15 % en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
- 10 **3.** Uso de una composición de vidrio según las reivindicaciones 1 o 2 para la preparación de un cuerpo de vidrio-cerámica.
- 4.** Uso de una composición de vidrio según la reivindicación 3, en donde el cuerpo de vidrio-cerámica se usa para una restauración dental.

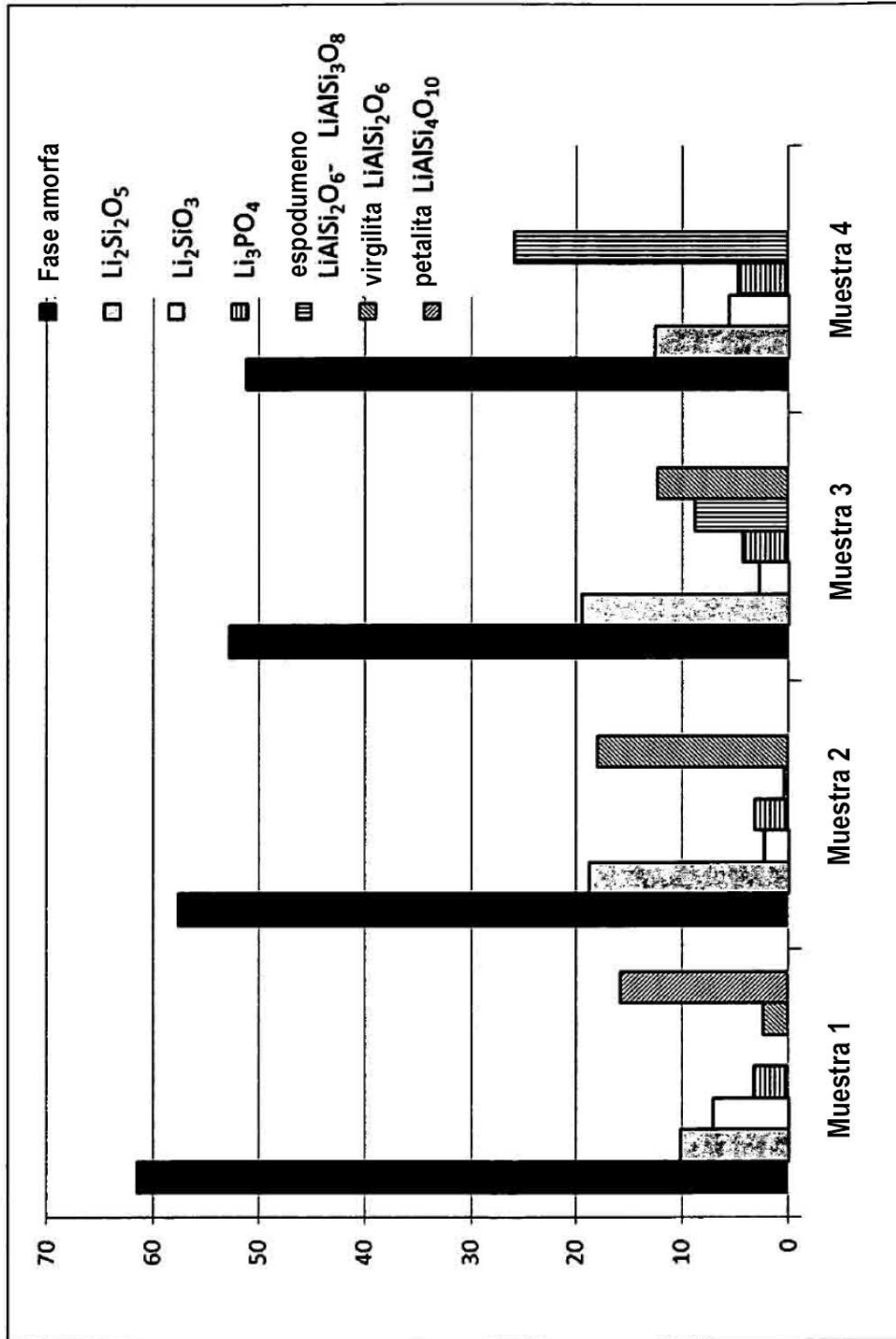


Fig. 1

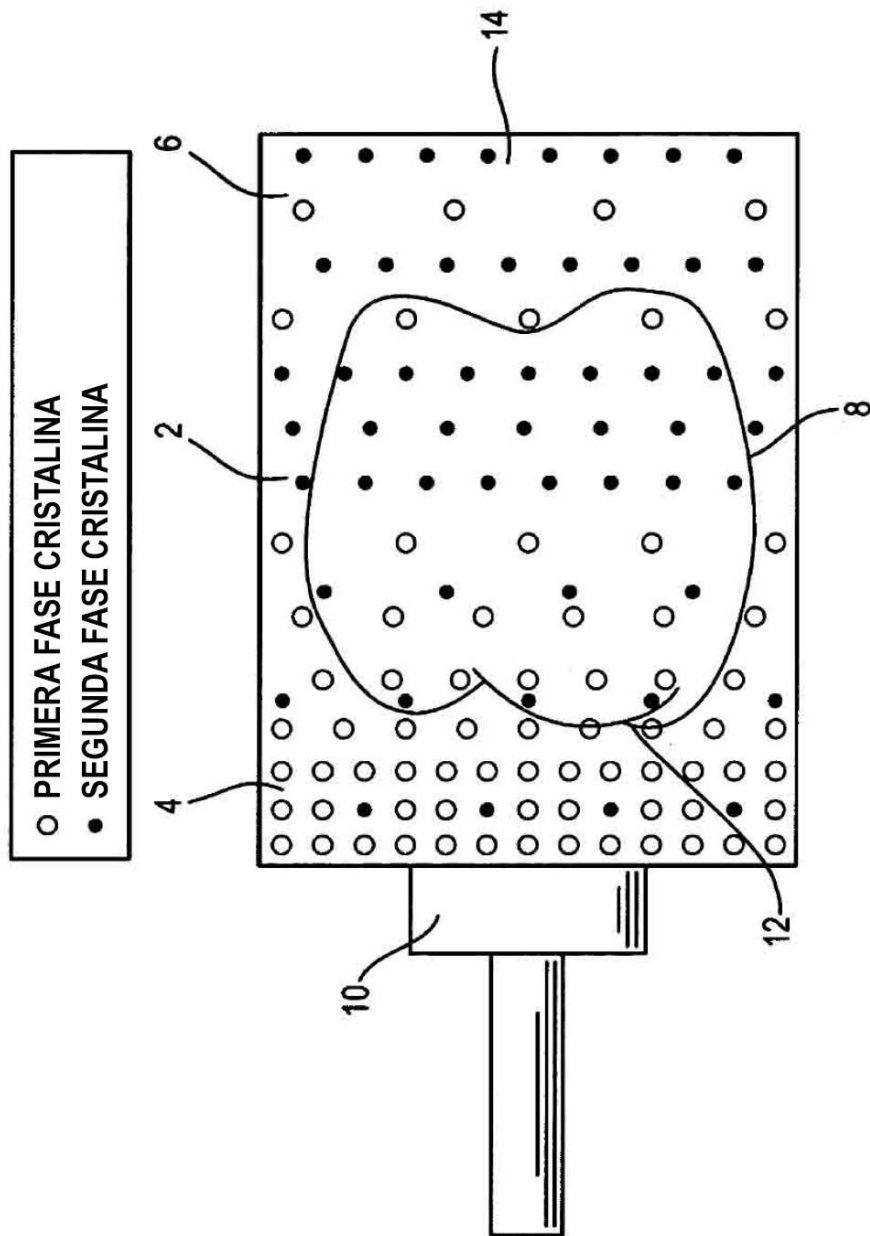


Fig. 2