

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 740**

51 Int. Cl.:

A61L 27/06 (2006.01)

A61L 27/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2013** **PCT/US2013/030202**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.09.2013** **WO13142118**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2013** **E 13763943 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.05.2018** **EP 2828100**

54 Título: **Superficie de tratamiento para una superficie de implante**

30 Prioridad:

20.03.2012 US 201261613023 P

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

08.06.2018

73 Titular/es:

BIOMET 3I, LLC (100.0%)
4555 Riverside Drive
Palm Beach Gardens, FL 33410, US

72 Inventor/es:

MAYFIELD, ROBERT, L. y
TOWSE, ROSS, W.

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 671 740 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

Superficie de tratamiento para una superficie de implante

Campo de la invención

- 5 Esta invención se refiere en general a implantes y, en particular, a un implante dental que tiene una topografía de superficie a escala nanométrica y a procedimientos para fabricar los mismos.

Antecedentes de la invención

- 10 Cada vez es más común reemplazar un diente perdido con un diente protésico que se coloca sobre un implante dental y se adhiere. Los implantes dentales se componen a menudo de aleaciones metálicas y de metales, que incluyen titanio (Ti) y aleaciones de titanio. El implante dental sirve como una raíz artificial que se integra con la encía y el tejido óseo de la boca.

- 15 Para que el implante dental funcione con éxito, se requiere una oseointegración suficiente. En otras palabras, se debe formar y retener una unión entre el implante y el hueso. La superficie del implante puede ser rugosa para ayudar a mejorar el proceso de oseointegración. Entre los ejemplos no limitantes de procesos para hacer rugosa una superficie de implante se incluyen el grabado ácido, el granallado, o una combinación de los mismos, que imparten rugosidad a la superficie.

- 20 Otras técnicas existentes implican la formación de un revestimiento generalmente fino (por ejemplo, generalmente menos de 10 micras) de materiales de osteointegración, como hidroxiapatita (HA), otros fosfatos de calcio u otros compuestos de oseointegración, para formar un compuesto químico directo entre el implante y el hueso. La pulverización con plasma y la pulverización catódica son dos técnicas principales que se han usado para depositar, por ejemplo, HA, en un implante.

- La Solicitud de Patente de Los Estados Unidos Nos. 2008/02200394, 2007/0110890 y 2007/0112353 describe métodos de deposición discreta de cristales de hidroxiapatita para impartir una topografía a nanoescala. Aunque es efectivo, los procesos que se describen requieren que se deje una sustancia residual (es decir, cristales de HA) en el procesamiento posterior de la superficie con el fin de impartir una topografía a escala nanométrica en la superficie.

- 25 La Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 2011/0233169 describe métodos para crear nanopicaduras en una superficie rugosa a microescala mediante inmersión de la superficie rugosa a microescala en una solución que contiene tanto peróxido de hidrógeno como una solución básica. Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 2011/008753 describe el grabado de una superficie usando un agente grabador alcalino.

- 30 La presente invención se dirige a métodos para fabricar un implante mejorado que tiene una topografía de superficie a modo de red a escala nanométrica que se imparte directamente en la superficie para mejorar la velocidad y el grado de oseointegración. Los métodos que se describen aquí crean la superficie similar a una red a escala nanométrica en una superficie rugosa a microescala mediante la inmersión de la superficie rugosa a microescala en una solución que incluye hidróxido de potasio.

Resumen de la invención

- 35 La presente invención se refiere a un método para formar un implante hecho de titanio para implantarse en un hueso vivo como se describe en las reivindicaciones adjuntas. El método comprende el acto de hacer rugoso al menos una parte de la superficie del implante para producir una superficie rugosa a microescala. El método comprende además el acto de sumergir la superficie rugosa a microescala en una solución de hidróxido de potasio al 12-32% p/p durante 30 a 90 minutos a una temperatura de 30°C a 100°C para producir una superficie rugosa a nanoescala que consiste en una estructura similar a una red que se superpone en la superficie rugosa a microescala. El método puede comprender el acto de eliminar una capa de óxido nativo de al menos una porción de la superficie del implante.

- 40 El método puede comprender además el acto de hacer rugoso al menos la porción de la superficie del implante para producir una superficie rugosa a microescala. El método puede comprender además el acto de enjuagar la superficie rugosa a microescala en agua desionizada. El método puede comprender además el acto de sumergir la superficie rugosa a microescala en una solución que incluye hidróxido de potasio para producir una superficie rugosa a nanoescala que consiste en una estructura similar a una red que se superpone sobre la superficie rugosa a microescala. El método puede comprender además los actos de pasivar la superficie rugosa a nanoescala con ácido nítrico y enjuagar la superficie rugosa a nanoescala en agua desionizada.

- 50 El resumen anterior de la presente invención no pretende representar cada realización, o cada aspecto, de la presente invención. Este es el propósito de las figuras y la descripción detallada que sigue.

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas anteriores y otras de la invención serán evidentes después de leer la siguiente descripción detallada y con referencia a los dibujos.

La Fig. 1 es una vista lateral de un implante.

Las Figs. 2a, 2b y 2c, son una vista lateral, una vista de extremo de inserción y una vista de extremo gingival, respectivamente, de un implante.

5 Las Figs. 3a, 3b y 3c, son una vista lateral, una vista de extremo de inserción y una vista de extremo gingival, respectivamente, de un implante.

Las Figs. 4a y 4b son una vista lateral, una vista extrema y una vista en sección transversal, respectivamente, de un implante.

La Fig. 5 es un diagrama de flujo que detalla un método para formar un implante.

La Fig. 6 es una vista lateral del implante en la Fig. 1 con una superficie externa rugosa.

10 La Fig. 7a es un diagrama de flujo que detalla un método para formar un implante.

La Fig. 7b es un diagrama de flujo que detalla un método para formar un implante.

La Fig. 8a es una imagen de microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) que muestra un implante de titanio puro comercialmente puro grabado en post-ácido a 2 kX.

15 La Fig. 8b es una imagen de microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) que muestra un implante de titanio comercialmente puro grabado en post-ácido a 30 kX.

La Fig. 9 es una imagen de FESEM que muestra un implante de titanio comercialmente puro después del tratamiento con KOH a 30 kX usando un método de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

20 La presente invención se dirige a métodos de fabricación de implantes que tienen una topografía de superficie a escala nanométrica que consiste en una estructura parecida a una red. Un implante en el contexto de la presente invención significa un dispositivo que se pretende colocar dentro de un cuerpo humano para conectar estructuras esqueléticas (por ejemplo, un implante de cadera) o para servir como un accesorio para una parte del cuerpo (por ejemplo, un accesorio para un diente artificial). Aunque el resto de esta solicitud se dirige a un implante dental, se contempla que la presente invención se puede aplicar también a otros implantes (por ejemplo, médicos).

25 La Fig. 1 muestra un implante 10 dental estándar que incluye una porción 12 de cabeza, un extremo 14 inferior y una porción 16 base roscada. El implante 10 se puede hacer, por ejemplo, de titanio o aleaciones del mismo. Las Figs. 2a-c, 3a-c, y 4a-b, que se discuten a continuación, describen diseños de implantes alternativos que se pueden usar también con las realizaciones de la presente invención.

30 En el implante 10 de la Fig. 1, la porción 12 de cabeza incluye una característica de no rotación. En la realización que se muestra, la característica de no rotación incluye un patrón 20 poligonal que se puede acoplar con una herramienta que atornilla el implante 10 en el tejido óseo. En la realización que se ilustra, el patrón 20 poligonal es hexagonal. El patrón 20 poligonal se puede usar también para acoplar a manera de no rotación un casquillo de forma correspondiente en un componente protésico o de restauración que se une al implante 10.

35 El exterior de la porción 16 base roscada facilita la unión con el hueso o la encía. La porción 16 base roscada incluye una rosca 18 que da una pluralidad de vueltas alrededor del implante 10. La porción 16 base roscada puede incluir además una región de autogolpeteo con bordes 17 de corte incrementales que permiten que el implante 10 se instale sin la necesidad de un golpe al hueso. Estos bordes 17 de corte incrementales se describen en detalle en la Patente de los Estados Unidos No. 5.727.943, titulada "Self-Tapping, ScrewType Dental Implant".

40 Las Figs. 2a-c divulgan un implante 36 que difiere del implante 10 de la Fig. 1 en los detalles de los bordes 17' cortantes y los contornos de los hilos que definen el exterior de la porción 16' base roscada. Cuando se ve en la sección transversal (véase la Fig. 1b), la superficie 16' exterior roscada no es circular en la región de los hilos y/o las depresiones entre los hilos. Este tipo de estructura de hilos se describe en detalle en la Patente de los Estados Unidos No. 5.902.109, titulada "Fricción reducida, implante dental de tipo tornillo".

45 En las Figs. 3a-c, se ilustra un implante 41 que tiene un diámetro ancho en la región de la porción 42 base roscada. El diámetro está en el intervalo de aproximadamente 4,5 mm a aproximadamente 6,0 mm, siendo el diámetro de 5,0 mm una dimensión bastante común para un implante de diámetro ancho. Tal implante 41 es útil para acoplar uno o ambos huesos corticales para proporcionar una estabilidad mejorada, especialmente durante el período de tiempo después de la instalación.

50 Las Figs. 4a-b ilustran un implante 110 de acuerdo con otra realización que se puede usar con la presente invención. El implante 110 incluye una sección 114 central que se diseña para extenderse a través de la encía. Preferiblemente, es una superficie lisa que incluye un revestimiento de nitruro de titanio de manera que el titanio subyacente o la

aleación de titanio no se ve fácilmente a través de la encía. El implante 110 incluye también una porción 120 roscada que puede incluir diversas estructuras de rosca y está preferiblemente rugosa para aumentar el proceso de oseointegración. Se contempla que los implantes distintos de los que se ilustran en las Figs. 1-4 se pueden usar con realizaciones de la presente invención.

- 5 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, una superficie rugosa a nanoescala se superpone sobre una superficie rugosa a microescala en al menos una porción (por ejemplo, la porción base inferior roscada) de la superficie de un implante. La superficie rugosa a nanoescala se crea sumergiendo la superficie rugosa microescala en una solución que incluye hidróxido de potasio.

10 Al pasar ahora a la Fig. 5, se expone un método general para producir una superficie rugosa a nanoescala en un implante. En el paso 500, se proporciona un implante. Al menos una porción de la superficie del implante se hace rugosa a una rugosidad a microescala en el paso 501, por ejemplo, mediante agente grabador ácido y/o granallado de la superficie del implante. Como un ejemplo, la Fig. 6 muestra el implante 10 de la Fig. 1 que tiene una superficie 40 rugosa. Se crea entonces una estructura similar a una red a escala nanométrica en la superficie rugosa a microescala sumergiendo la superficie rugosa en una solución que incluye hidróxido de potasio para producir una
15 superficie rugosa a nanoescala sobre el implante en el paso 502.

Con referencia ahora a la Fig. 7a, se ilustra otro método general para formar un implante. En el paso 750 se proporciona un implante que se compone de titanio, una aleación de titanio o similar. En el paso 754, se crea una estructura similar a una red de escala nanométrica en una superficie rugosa a microescala para producir una superficie rugosa a nanoescala en el implante. En el paso 756, el implante se pasiva con ácido nítrico. El implante se puede enjuagar
20 luego con ósmosis inversa/agua desionizada (RO/DI) para eliminar los solventes residuales y la hidroxiapatita en el paso 758. El implante se seca luego en el paso 764 y se esteriliza en el paso 766 usando, por ejemplo, técnicas de esterilización gamma.

Con referencia a la Fig. 7b, se ilustra un método más detallado para producir una superficie rugosa a nanoescala en un implante. En el paso 700 se proporciona un implante dental roscado que se compone de titanio o una aleación de
25 titanio. La superficie del implante es generalmente limpia y seca. Una porción base roscada del implante se ataca con chorro de arena o granalla para eliminar una capa de óxido nativo de la superficie del implante en el paso 701. La capa de óxido nativo se puede eliminar mediante chorro de arena con, por ejemplo, un medio de chorro de arena reabsorbible (como fosfato de calcio) o usando una primera solución ácida, que puede incluir ácido fluorhídrico acuoso. La porción base roscada se trató con chorro de arena y/o agente grabador ácido formando una superficie rugosa a
30 microescala en el paso 702. Se Debe entender que "microescala", como se usa aquí, describe un artículo o característica que se mide generalmente en micrómetros tales como, por ejemplo, 1 micras a 100 micras. El granallado se puede usar para crear distancias de irregularidades de pico a valle en la superficie rugosa a microescala superior a aproximadamente 10 micras. El grabado ácido puede resultar de sumergir el implante (o una porción del mismo) en una mezcla de ácidos sulfúrico y clorhídrico, creando distancias de irregularidades pico a pico y pico a valle de
35 aproximadamente 1 micra a aproximadamente 3 micras en la superficie rugosa a microescala. Este tipo de método de rugosidad que se usa en titanio comercialmente puro (CP) se describe en detalle en la Patente de los Estados Unidos No. 5.876.453, titulada "Preparación de la superficie del implante". Un método de rugosidad adicional que se usa en aleación de titanio 6AL-4V ELI se describe en detalle en la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 2004/0265780, titulada "Proceso de tratamiento de superficie para implantes hechos de aleación de titanio". Se
40 contempla que se pueden usar otras técnicas de rugosidad superficial que incluyen, pero no se limitan a, granallado, pulverización de plasma de titanio y combinaciones de las mismas. El granallado de la parte base roscada para formar una superficie rugosa a microescala da generalmente como resultado distancias de irregularidades de pico a pico y pico a valle de aproximadamente 10 micras a 30 micras. Distancias de irregularidades de aproximadamente 10 micras a 30 micras. El granallado y el grabado ácido de la porción base roscada para formar la superficie rugosa a microescala
45 da generalmente como resultado ambos niveles de topografías, es decir, con distancias de irregularidad de pico a pico de aproximadamente 1 micra a aproximadamente 3 micras y se superponen de pico a valle sobre 10 micras a alrededor de 30 micras de distancias de irregularidades de pico a pico y de pico a valle en la superficie rugosa a microescala. En una realización, la superficie se granalla en primer lugar para proporcionar un primer conjunto de irregularidades que tienen distancias de pico a valle (es decir, alturas de irregularidad) mayores de aproximadamente 10 micras y
50 luego grabado ácido para superponer un segundo conjunto de irregularidades que tienen pico-a distancias del valle (es decir, alturas de irregularidades) menores de 10 micras, con distancias pico a pico de aproximadamente 1 a aproximadamente 3 micras.

En el paso 703, la superficie rugosa a microescala se sumerge en una solución que incluye hidróxido de potasio para producir una superficie rugosa a nanoescala que consiste en una estructura similar a una red a escala nanométrica que
55 se superpone sobre la superficie rugosa a microescala. "Nanoescala", como se usa aquí, se debe entender que describe un artículo o característica que se mide generalmente en nanómetros tales como, por ejemplo, 1 nanómetro menor de 1.000 nanómetros. Generalmente, la inmersión en la solución de hidróxido de potasio da como resultado una topografía de superficie que tiene irregularidades de menos de 1 micra. En algunas realizaciones, la topografía de la superficie incluye irregularidades dentro del intervalo de aproximadamente 1 nanómetro a aproximadamente 100
60 nanómetros.

El tiempo de inmersión y la concentración de hidróxido de potasio se encuentran entre varios factores que afectan la velocidad y la cantidad de nanogolpeteo que se superpone a la rugosidad a microescala de la superficie del implante. La inmersión de un implante de titanio comercialmente puro en una solución de hidróxido de potasio al 12-32% durante 30-90 minutos a 30-100 grados Celsius da normalmente como resultado una rugosidad a nanoescala aceptable de la superficie del implante. Los tiempos de inmersión más largos pueden afectar las topografías a nivel micrométrico, mientras que las concentraciones de hidróxido de potasio de menos de aproximadamente 12% pueden dar como resultado que la nano-topografía no se forme adecuadamente.

Otro factor que afecta la impartición de la estructura similar a una red a escala nanométrica en la rugosidad a microescala de la superficie del implante es la temperatura de procesamiento. A temperaturas superiores a aproximadamente 100 grados Celsius, por ejemplo, el grabado se acelera y puede comenzar a afectar las topografías a nivel micrométrico. Por lo tanto, puede ser deseable que la temperatura de procesamiento se mantenga en o por debajo de aproximadamente 100 grados Celsius.

La temperatura de procesamiento, el tiempo de inmersión, y/o la concentración de hidróxido de potasio se pueden ajustar para compensar que una o más de estas variables se encuentren dentro de un rango que de otro modo sería inaceptable, a fin de producir, sin embargo, una nano-topografía aceptable. Por ejemplo, las concentraciones de hidróxido de potasio inferiores al 12% se pueden ajustar incrementando el tiempo de inmersión y/o la temperatura de procesamiento para producir una estructura similar a una red a escala nanométrica aceptable sobre la rugosidad a microescala de la superficie del implante.

Post-procesamiento, el implante se pasiva con ácido nítrico en el paso 704. En el paso 705, el implante se enjuaga en agua desionizada caliente (por ejemplo, alrededor de 70 grados Celsius a aproximadamente 100 grados Celsius) para eliminar cualquier residuo ácido y mejorar potencialmente los grupos de hidróxido de titanio en la superficie.

Entonces, los nanocristales de hidroxiapatita (HA) se pueden depositar opcionalmente en la superficie rugosa a nanoescala del implante en el paso 706. Los nanocristales de HA pueden estar en forma de un recubrimiento o de nanocristales de HA discretos que se depositan sobre la superficie del implante. Los nanocristales HA se pueden introducir en la superficie rugosa a nanoescala del implante en forma de un coloide. Una cantidad representativa de HA en el coloide está típicamente en el intervalo de aproximadamente 0,01 por ciento en peso a aproximadamente 1 por ciento en peso (por ejemplo, 0,10 por ciento en peso). Para formar el coloide, los nanocristales de HA se pueden combinar en solución con un disolvente de 2-metoxietanol y dispersarse ultrasónicamente y desaglomerarse. El pH de la solución coloidal se puede ajustar con hidróxido de sodio, hidróxido de amonio, o similar en el otro de aproximadamente 7 a aproximadamente 13. Como tal, la solución coloidal puede incluir nanocristales de HA, 2-metoxietanol y un ajustador de pH (por ejemplo, hidróxido de amonio y/o hidróxido de sodio). Este tipo de deposición de HA se describe en detalle en la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos Nos. 2007/0110890 y 2007/0112353, ambos titulados "Deposición de nanopartículas discretas en una superficie de implante". El implante se puede enjuagar luego en ósmosis inversa/agua desionizada (RO/DI) para eliminar el solvente residual y el HA en el paso 708.

Opcionalmente, se puede aplicar un revestimiento de lactato de sodio o residuos discretos de lactato de sodio u otra sal no tóxica adecuada en el paso 709. Este tipo de deposición de sal se describe en detalle en la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 2009/0191507 A1, titulada "Superficie del implante con hidrofilicidad incrementada". El implante se puede secarse luego (por ejemplo, secarse en un horno), en el paso 714, y esterilizarse en el paso 716 usando, por ejemplo, esterilización gamma.

Se contempla que una superficie de implante de acuerdo con las realizaciones que se describen aquí se puede tratar mediante todos los actos siguientes o cualquier combinación de los mismos: (1) granallado de la superficie del implante para crear un primer conjunto de irregularidades que tienen distancias pico a valle mayor de aproximadamente 10 micras; (2) grabado ácido de la superficie para crear un segundo conjunto de irregularidades que tienen distancias pico a valle de menos de diez micras con distancias pico a pico de aproximadamente 1 micra a aproximadamente 3 micras (por ejemplo, superpuestas al primer conjunto de irregularidades); (3) producir una superficie rugosa a nanoescala que consiste en una estructura similar a una red que se superpone en la superficie rugosa a microescala (por ejemplo, sumergiendo la superficie rugosa a microescala en una solución que incluye hidróxido de potasio); (4) depositar nanocristales HA sobre la superficie rugosa; y/o (5) añadir un revestimiento o partículas discretas de una sal no tóxica (por ejemplo, lactato de sodio) para aumentar la hidrofilicidad de la superficie del implante.

La superficie del implante se puede caracterizar usando microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM). Dependiendo de la resolución del instrumento, la estructura similar a una red de escala nanométrica se puede ver típicamente con aumentos de 30 kX o más. Como se discutió anteriormente, la estructura similar a una red de nanómetro tiene generalmente una distribución en el intervalo de aproximadamente 1 nanómetro a aproximadamente 500 nanómetros, y típicamente entre aproximadamente 1 nanómetro y aproximadamente 100 nanómetros.

Ejemplo 1

Las Figs. 8a y 8b son imágenes de microscopía electrónica de barrido que muestran una rugosidad a nivel micrométrico que se imparte mediante un proceso de grabado ácido sobre un implante de titanio comercialmente puro. La imagen de la Fig. 8a se tomó a 2kX usando un FESEM. La imagen de la Fig. 8b se tomó a 30 kX usando un FESEM.

- 5 El implante que se muestra en las Figs. 8a y 8b se mecanizó, se limpió y se grabó con ácido para impartir una rugosidad a microescala sobre la superficie del implante usando un proceso similar al que se describe en la Patente de los Estados Unidos 5,603,338. La Fig. 8a demuestra la topografía a nivel micrométrico que se imparte por este ataque ácido con un aumento de 2 kX. La micropicadura característica pico a pico de 1-3 micras se define claramente. La Fig. 8b es una imagen FESEM de la superficie con un aumento de 30kX.
- 10 El implante se sumergió luego en aproximadamente 12-32% p/p de hidróxido de potasio a una temperatura de inicio de aproximadamente 30-100 grados Celsius durante aproximadamente 30-90 minutos, de acuerdo con la invención. Post-procesamiento, el implante se enjuagó completamente en agua desionizada, se pasivó mediante inmersión en aproximadamente 25% p/p de ácido nítrico durante aproximadamente 30-90 segundos a aproximadamente 50-70 grados Celsius, seguido de enjuague adicional en agua desionizada y horno secado a aproximadamente 200 grados Celsius.
- 15 El procesamiento adicional impartió una topografía a nivel nanométrico, como se demuestra en la imagen FESEM de la FIG. 9. La FIG. 9, que es una imagen FESEM con un aumento de 30kX, demuestra las características de rugosidad a nanoescala de la superficie del implante. Se puede ver con este aumento una estructura similar a una red en el rango de aproximadamente 1-100 nanómetros.
- 20 Mientras la presente invención se ha descrito en general con relación a la parte del implante que entra en contacto con el tejido óseo, se contempla que los actos de grabado químico, grabado con ácido, rugosidad, nanogolpeteo y depósito que se describen aquí se pueden realizar en todo el implante.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un implante hecho de titanio para implantarse en un hueso vivo, el método comprende los actos de:
hacer rugosa al menos una porción de la superficie del implante para producir una superficie rugosa a microescala; y
5 sumergir la superficie rugosa microescala en una solución de hidróxido de potasio al 12-32% p/p durante 30 a 90 minutos a una temperatura de 30°C a 100°C para producir una superficie rugosa a nanoescala que consiste en una estructura similar a una red que se superpone a la superficie rugosa a microescala.
2. El método de la reivindicación 1, en el que el implante es un implante dental.
3. El método de la reivindicación 1, en el que el acto de hacer rugosa la superficie del implante comprende:
10 eliminar una capa de óxido nativo de la superficie del implante; y
 granallar la superficie del implante.
4. El método de la reivindicación 1, en el que el acto de hacer rugosa la superficie del implante comprende:
eliminar una capa de óxido nativo de la superficie del implante; y grabado ácido de la superficie resultante.
5. El método de la reivindicación 4, en el que el acto de hacer rugosa la superficie del implante comprende el grabado
15 ácido de la superficie del implante con una solución que incluye ácido sulfúrico y ácido clorhídrico.
6. El método de la reivindicación 1, en el que el acto de hacer rugosa la superficie del implante comprende:
granallar la superficie para producir un primer conjunto de irregularidades que tienen alturas de pico a valle superiores
a aproximadamente 10 micras; y grabar ácido sobre la superficie para superponer un segundo conjunto de
irregularidades en el primer conjunto de irregularidades, el segundo conjunto de irregularidades que tiene alturas de
20 pico a valle inferiores a aproximadamente 10 micrómetros.
7. El método de la reivindicación 1, que comprende además los actos de:
enjuagar la superficie rugosa a nanoescala en agua desionizada;
pasivar la superficie rugosa a nanoescala con ácido nítrico;
volver a enjuagar la superficie rugosa a nanoescala en agua desionizada y secar la superficie rugosa a nanoescala.
8. El método de la reivindicación 1, que comprende además el acto de depositar nanopartículas discretas en la
25 superficie rugosa a nanoescala.
9. El método de la reivindicación 1, que comprende además depositar al menos una sal no tóxica en la superficie del
implante, en el que la sal no tóxica es lactato de sodio.

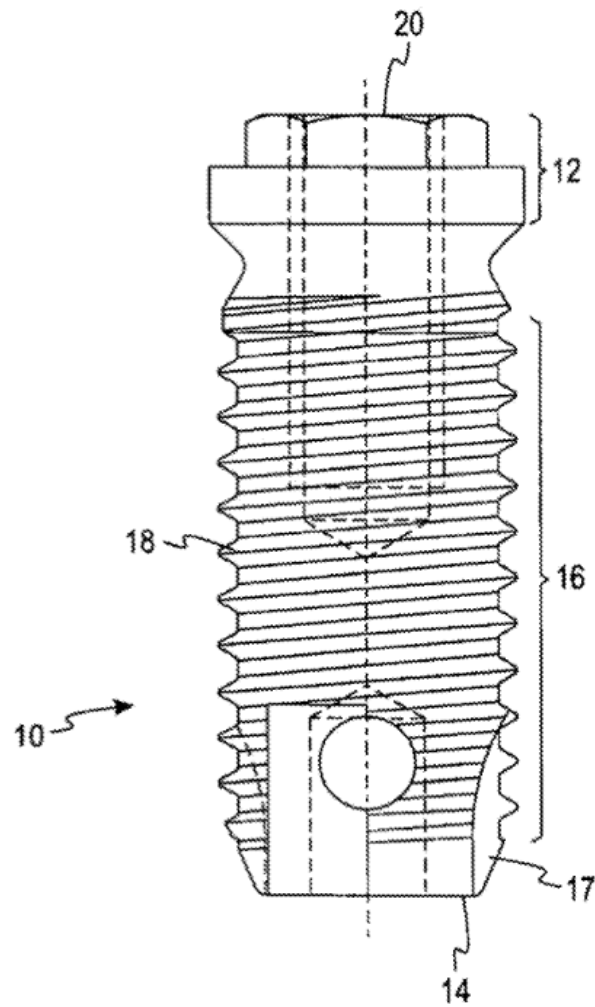


Fig. 1

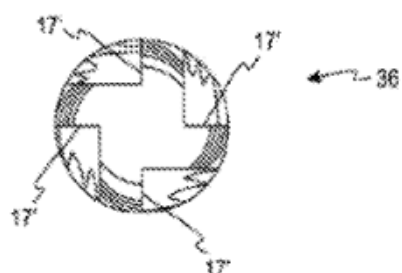


Fig. 2b

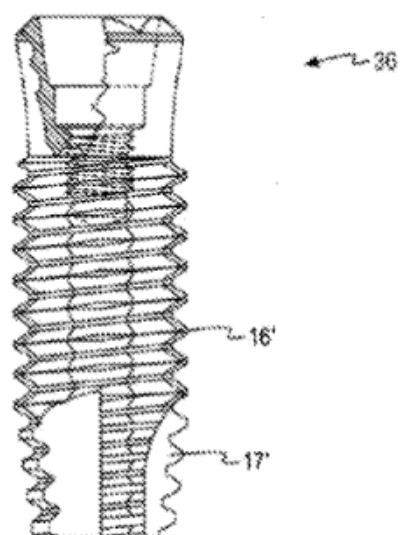


Fig. 2a



Fig. 2c



Fig. 3b

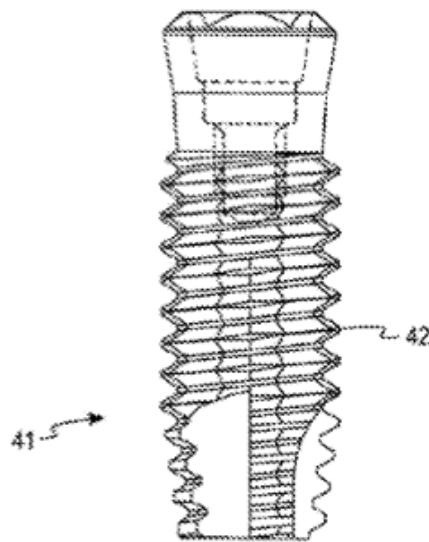


Fig. 3a

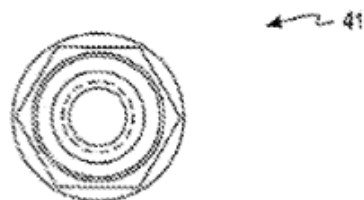


Fig. 3c



Fig. 4b

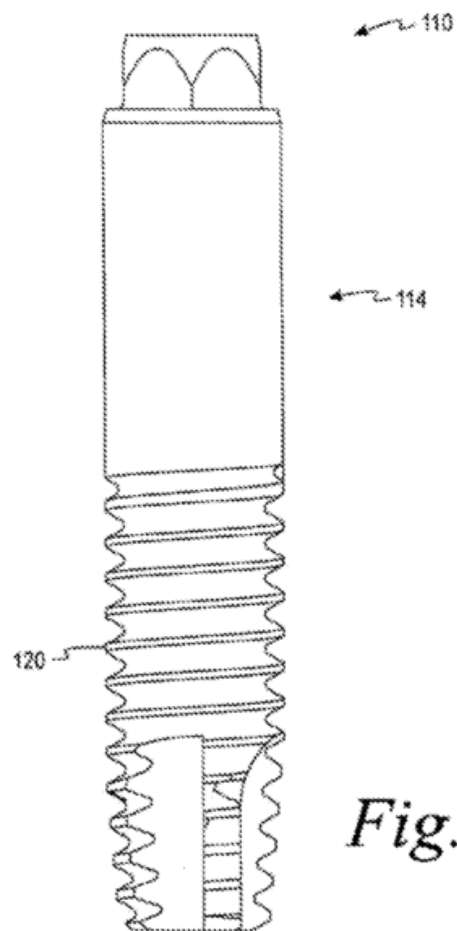
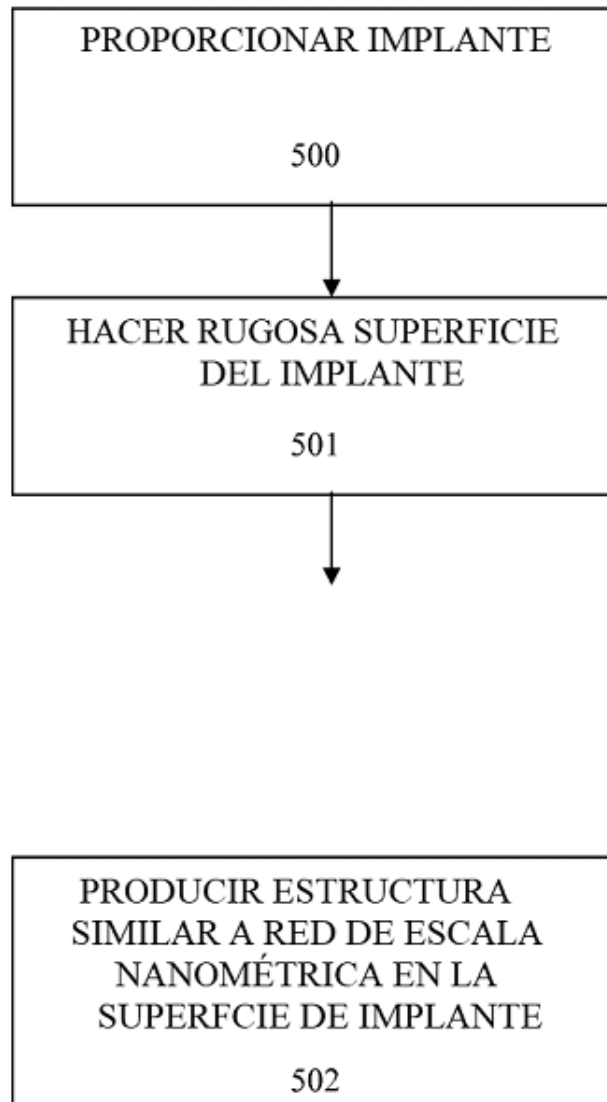


Fig. 4a

Fig. 5



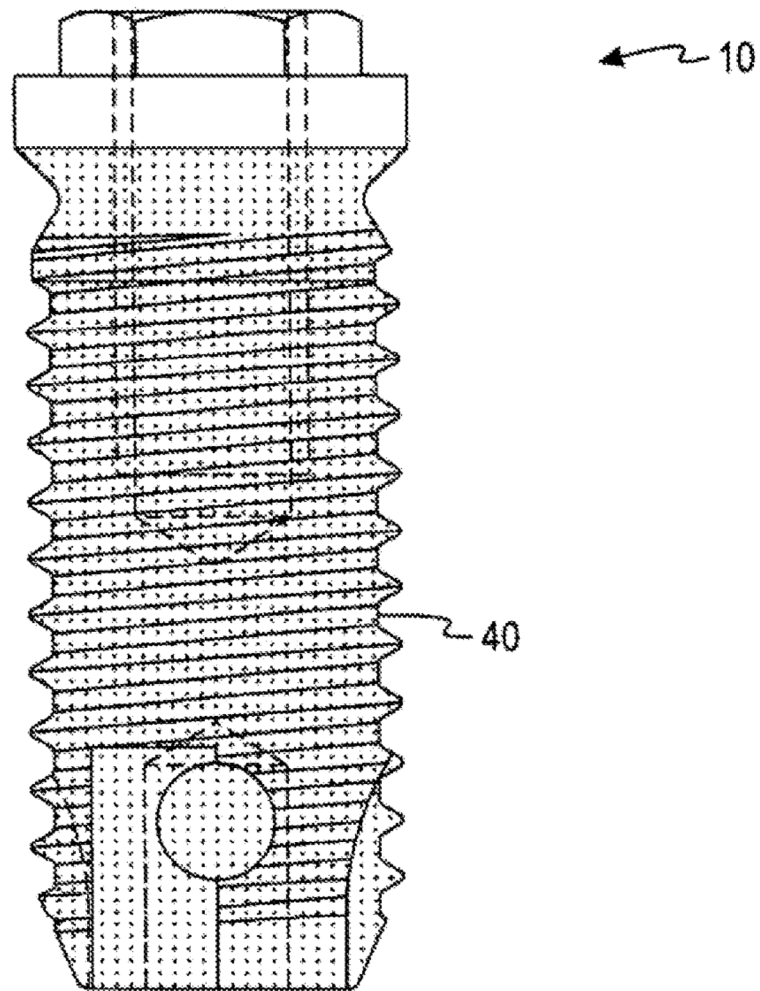


Fig. 6

Fig. 7a

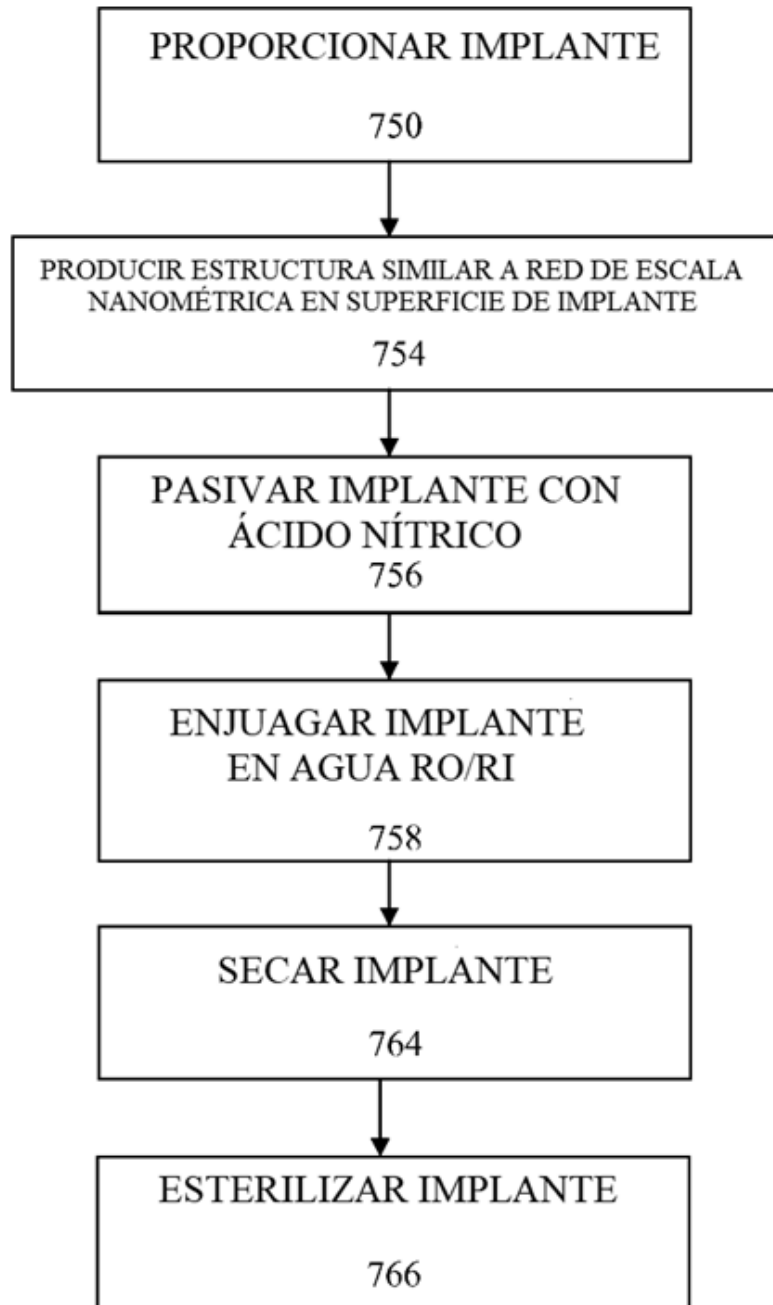


Fig. 7b

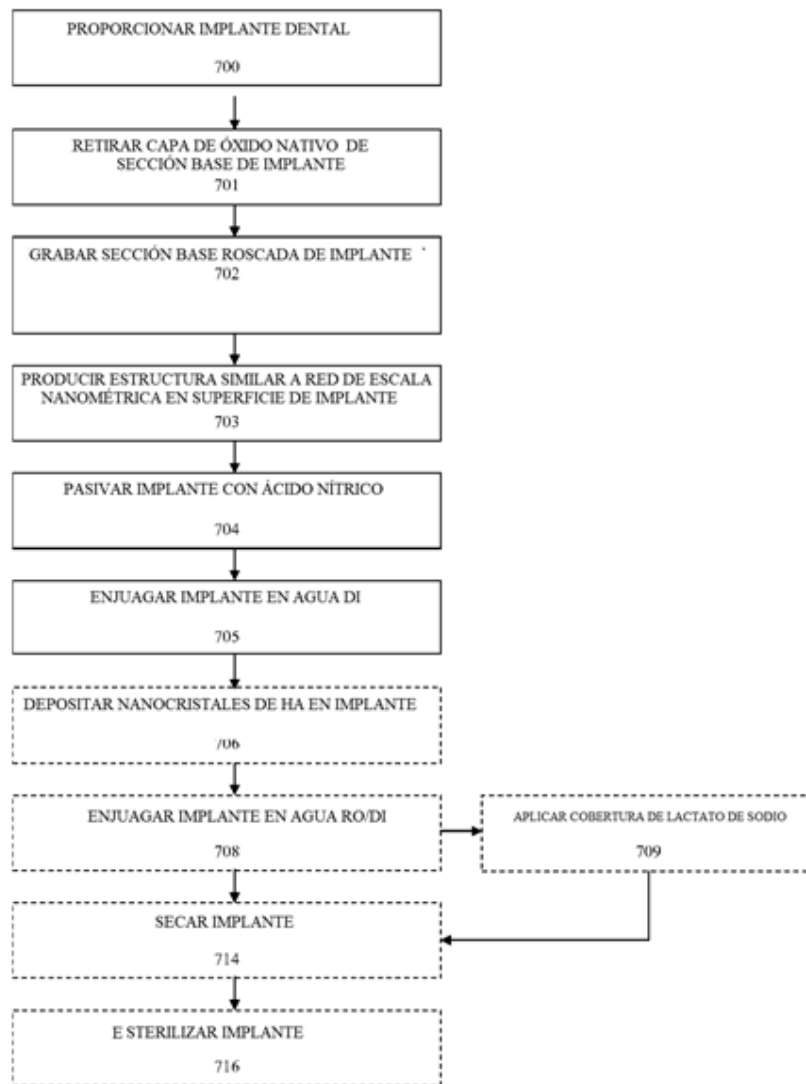


Fig. 8a

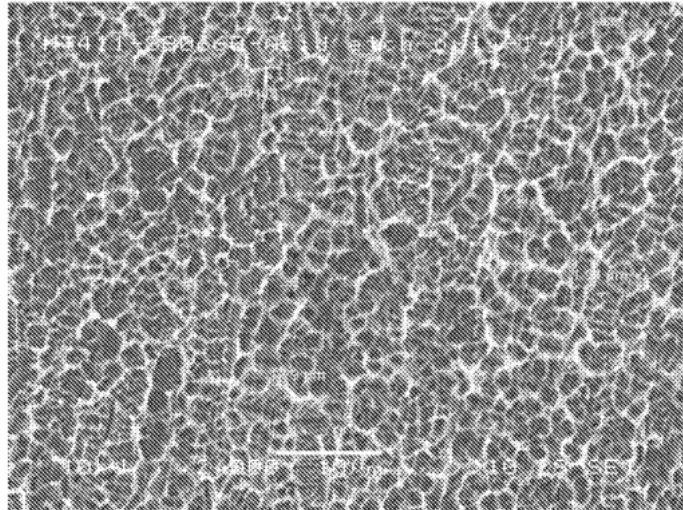


Fig. 8b

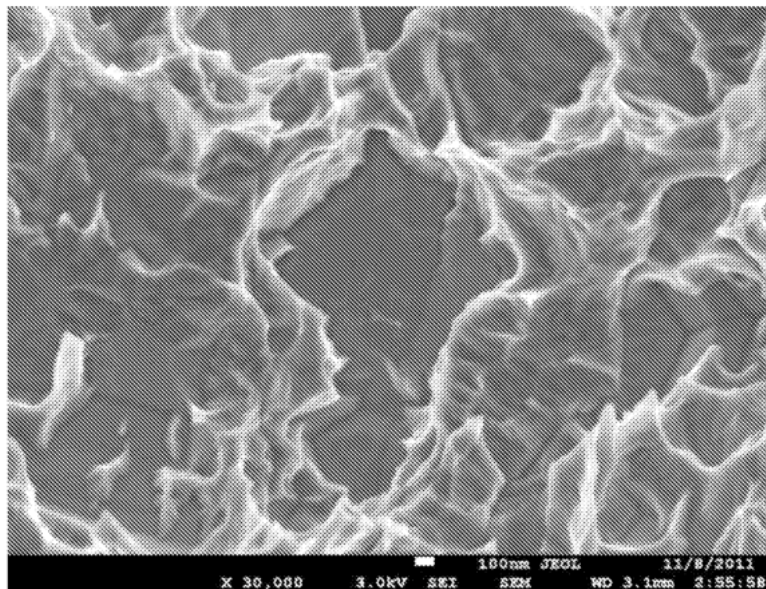


Fig. 9

