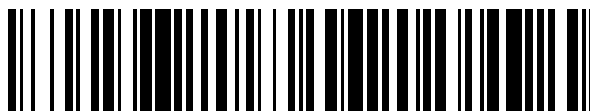


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 432**

51 Int. Cl.:

E04H 4/00 (2006.01)

A63B 69/00 (2006.01)

A63B 69/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2009 E 14000139 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 2754781**

54 Título: **Generador de olas de gravedad superficiales y piscina de olas**

30 Prioridad:

19.11.2008 US 274321

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

03.10.2017

73 Titular/es:

**KELLY SLATER WAVE COMPANY, LLC (100.0%)
3300 La Cienega Place
Los Angeles, CA 90016, US**

72 Inventor/es:

**SLATER, KELLY y
FINCHAM, ADAM**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 635 432 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

Generador de olas de gravedad superficiales y piscina de olas

5 Antecedentes

Las olas oceánicas se han usado recreativamente durante centenares de años. Uno de los deportes más populares en cualquier playa con olas bien formadas, rompientes, es el surf. De hecho, el surf y otros deportes de tabla se han hecho tan populares que el agua próxima a cualquier oleaje rompiente que sea adecuado para el surf está normalmente abarrotada y sobrecargada con surfistas, de modo que cada surfista ha de competir por cada ola y la exposición a la actividad es limitada. Adicionalmente, la mayor parte de la población del planeta no tiene un acceso adecuado a las olas oceánicas que permita disfrutar del surf u otros deportes de olas oceánicas.

Otro problema es que las olas en cualquier punto son variadas e inconsistentes, con “conjuntos” ocasionales de olas agradablemente formadas a las que se desea montar, entremezcladas con olas menos deseables y, en algunos casos, indeseables. Incluso cuando un surfista se las arregla para ser capaz de montar en una ola seleccionada, la duración del recorrido dura sólo unos simples 2-30 segundos de promedio, teniendo la mayoría de los recorridos entre 5 y 10 segundos de duración.

Las olas superficiales oceánicas son olas que se propagan a lo largo de la interfaz entre el agua y el aire, la fuerza de reposición se proporciona por la gravedad y por ello a menudo se denominan olas de gravedad superficiales. La FIG. 1 ilustra los principios que gobiernan las olas de gravedad superficiales que entran en aguas poco profundas. Las olas en el agua profunda tienen generalmente una longitud de ola constante. Cuando la ola interactúa con el fondo, comienza a perder profundidad. Típicamente, esto sucede cuando la profundidad se reduce a más de la mitad de la longitud de la ola, la longitud de la ola se acorta y la amplitud de la ola se incrementa. Cuando se incrementa la amplitud de la ola, la ola se convierte en inestable ya que la cresta de la ola se mueve más rápido que el valle. Cuando la amplitud es aproximadamente el 80% de la profundidad del agua, la ola comienza a “romper” y tenemos el oleaje. Este proceso de elevación y rotura depende del ángulo de la pendiente y contorno de la playa, el ángulo con el que las olas se aproximan a la playa, la profundidad del agua y las propiedades de las olas de agua profunda que se aproximan a la playa. Es posible la refracción y enfoque de estas olas por los cambios en la topografía del fondo.

Las olas oceánicas tienen generalmente cinco etapas: generación, propagación, elevación, rotura y decaimiento. Las etapas de elevación y rotura son las más deseables para que las olas puedan montarse. Al ser el punto de rotura fuertemente dependiente de la relación entre la profundidad del agua y la amplitud de las olas, también depende del contorno, profundidad y forma de la superficie del fondo y de la velocidad, longitud de la ola y altura de la ola, entre otros factores. En general, una ola puede caracterizarse de modo que caiga en uno de cuatro tipos de rotura principales: fofa, hueca o tubera, barra y orillera. De estos tipos de ola, las olas fofas son las preferidas por los surfistas principiantes mientras que las olas huecas son veneradas por los surfistas más experimentados. Estos tipos de rotura se ilustran en la FIG. 2.

Se han ensayado varios sistemas y técnicas para reproducir olas oceánicas en un entorno artificial. Algunos de estos sistemas incluyen el dirigir una lámina de agua de movimiento rápido, relativamente poco profunda, contra una forma de ola esculpida sólida para producir un efecto en el agua que se pueda montar pero que no es realmente una ola. Otros sistemas usan paletas, cajas hidráulicas o neumáticas accionadas linealmente o simplemente grandes inyecciones controladas de agua para generar olas reales. Sin embargo, todos estos sistemas son ineficientes en la transferencia de la energía a la “ola”, y ninguno de estos sistemas, por varias razones e inconvenientes, se han acercado a la generación de una ola que reproduzca el tamaño, forma, velocidad y rotura deseadas de las olas más deseables que se desean montar, es decir olas que entran en aguas poco profundas que se sumergen, rompiendo con un tubo y que tienen una duración relativamente larga y un frente suficiente para que el surfista maniobre.

El documento WO 2008/102035 A1 divulga un aparato para la generación de olas para instalación en un medio acuático y que comprende al menos un perfil alargado que se mueve tangencialmente con respecto a un fondo a profundidad constante por medio de un mecanismo de activación. En consecuencia, se forma una ola sobre el perfil y se mueve al unísono con el perfil. El perfil se dispone para formar un ángulo distinto a 90° con la dirección de movimiento, con la finalidad de generar una ola con una zona de escape, y por lo tanto surfable. Adicionalmente el documento WO 00/05464 A1 divulga una piscina de olas que comprende un canal sin fin para la recepción de agua y que tiene un interior y una periferia exterior. Se coloca una paleta de generación de olas y se acciona a lo largo del canal para generar olas que se propagan a lo largo del canal. Adicionalmente se divulgan piscinas de olas en los documentos WO 2006/060866 A1, US 3.913.332 A, US 6.336.771 B1 y US 2003/198515 A1.

Sumario

El problema técnico subyacente se ha resuelto por la materia objeto de las reivindicaciones independientes. Se definen realizaciones dependientes en las reivindicaciones dependientes.

Este documento presenta un generador de olas y una piscina de olas que genera olas de gravedad superficiales que se pueden montar por un usuario sobre una tabla de surf.

5 En un aspecto, se describe un generador de olas para una piscina de agua definido por un canal que tiene una pared lateral. El generador de olas incluye una o más láminas. Cada lámina se dispone verticalmente a lo largo de al menos una parte mayor de una pared lateral y se adapta para su movimiento en una dirección a lo largo de una longitud de la pared lateral. Cada lámina tiene una geometría de sección transversal curvilínea que define una superficie de ataque que se adapta para generar una ola en el agua a partir de su movimiento y una superficie de salida configurada para la recuperación del flujo, para evitar la separación del flujo de agua en la ola y mitigar el arrastre desde la lámina por el movimiento. El generador de olas incluye adicionalmente un mecanismo de movimiento conectado entre la pared lateral y las una o más láminas para el movimiento de las una o más láminas en la dirección a lo largo de la longitud de la pared lateral para generar una ola de gravedad superficial por cada una de las una o más láminas.

15 En otro aspecto, se describe una piscina de olas. La piscina de olas incluye un canal que contiene agua y que tiene una pared lateral que tiene una altura, y un contorno de fondo que se inclina hacia arriba separándose de la pared lateral hacia un banco o playa. La piscina de olas incluye adicionalmente una o más láminas, como se ha descrito de modo sustancial anteriormente. En algunas implementaciones, la piscina de olas incluye dos o más láminas y, preferentemente, al menos cuatro láminas.

20 En otro aspecto más, se divulga un generador de olas para la generación de una ola de gravedad superficial. El generador de olas incluye una lámina tridimensional que tiene una geometría de sección transversal curvilínea que define una superficie de ataque que se adapta para generar una ola en el agua que se mueve pasando por la superficie de ataque, y una superficie de salida configurada para la recuperación del flujo para evitar la separación del flujo de agua en la ola y para mitigar el arrastre desde la lámina por el agua que se mueve pasando por la superficie de ataque.

25 Los detalles de una o más realizaciones se exponen en los dibujos adjuntos y en la descripción presentada a continuación. Serán evidentes otras características y ventajas a partir de la descripción y los dibujos, y a partir de las reivindicaciones.

30 Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos se describirán ahora en detalle con referencia a los siguientes dibujos.

- 35 La FIG. 1 representa propiedades de las olas que entran en aguas poco profundas.
- La FIG. 2 ilustra cuatro tipos generales de olas rompientes.
- 40 Las FIGS. 3A y 3B son vistas superior y lateral, respectivamente, de una piscina que tiene una forma anular.
- La FIG. 4 muestra un contorno de fondo de una piscina.
- La FIG. 5 ilustra una piscina en una configuración anular, y un generador de olas sobre una pared interior de la piscina.
- 45 La FIG. 6 ilustra una sección de una piscina en una configuración anular, y que tiene un generador de olas dispuesto verticalmente a lo largo de una pared exterior.
- 50 Las FIGS. 7A y 7B son una vista en perspectiva y una vista en sección transversal, respectivamente, para ilustrar una forma de una lámina para una sección lineal de pared.
- La FIG. 8 muestra la geometría relativa de la velocidad de la propagación de la ola con respecto a la velocidad de la lámina.
- 55 La FIG. 9 ilustra una piscina con generador de olas en la que se sitúa una pared interior rotativa dentro de una pared exterior fija.
- La FIG. 10 ilustra un generador de olas en el que se coloca una capa flexible sobre una pared exterior, y la pared exterior incluye un número de actuadores lineales a disponer alrededor de la longitud completa o la circunferencia de la pared exterior.
- 60 La FIG. 11 ilustra un generador de olas que tiene una capa flexible colocada sobre una pared exterior.
- 65 La FIG. 12 ilustra un generador de olas que incluye una capa flexible que presiona una lámina entre ella misma y la pared exterior.

Los símbolos de referencia iguales en los diversos dibujos indican elementos iguales.

Descripción detallada

5 Este documento describe un aparato, método y sistema para generar olas de una capacidad de surfear deseada. La capacidad de surfear depende del ángulo de la ola, la velocidad de la ola, la pendiente de la ola (es decir lo pronunciado), tipo de rotura, pendiente y profundidad del fondo, curvatura, refracción y enfoque. Se ha dedicado mucho detalle a las olas solitarias dado que tienen características que hacen que sean particularmente ventajosas para la generación por el aparato, método y sistema presentado en el presente documento. Como se usa en el presente documento, la expresión "ola solitaria" se usa para describir una ola de agua poco profunda, u "ola de gravedad superficial" que tiene un único desplazamiento de agua por encima de un nivel de agua medio. Una ola solitaria se propaga sin dispersión. Se asemeja mucho al tipo de ola que produce un surfear favorable en el océano. Una ola solitaria teóricamente perfecta surge a partir de un equilibrio entre la dispersión y la no linealidad, de modo que la ola pueda recorrer largas distancias mientras mantiene su configuración y forma, sin obstrucción por olas que la contrarresten. Una forma de ola de una ola solitaria es una función de la distancia x y del tiempo t , y se puede caracterizar por la siguiente ecuación:

$$\eta(x,t) = A \sec h_0^2 \left(\sqrt{\frac{3A}{4h_0^3}} \left(x - t \sqrt{g(h_0 + A)} \right) \right)$$

20 en donde A es la amplitud máxima, o altura, de la ola por encima de la superficie del agua, h_0 es la profundidad del agua, g es la aceleración de la gravedad y $\eta(x,t)$ es la altura del agua por encima de h_0 . La longitud de una ola solitaria, aunque es teóricamente infinita, está limitada por la elevación de la superficie del agua, y se puede definir como:

25
$$L = \frac{2\pi}{k} \quad \text{donde} \quad k = \sqrt{\frac{3A}{4h_0^3}}$$

PISCINAS

30 Los sistemas, aparatos y métodos descritos en el presente documento usan una piscina de agua en la que se generan olas de tipo solitario u otras de gravedad superficial. En algunas implementaciones preferidas, la piscina es circular o anular, estando definida por una pared exterior o borde que tiene un diámetro de 60,96 m a 243,84 m (200 a 800 pies) o más. Alternativamente, se puede usar una piscina redonda o circular que tenga un diámetro de menos de 60,96 m (200 pies), sin embargo, se prefiere un diámetro de 137,16 m a 152,40 m (450 a 500 pies). En una implementación de ejemplo, la piscina es anular con una isla central circular que define un canal o depresión. En esta configuración anular, la piscina tiene un diámetro exterior de 152,40 m (500 pies) y un ancho del canal de al menos 15,24 m (50 pies), aunque el canal pueda tener un ancho de 30,48 m (100 pies) o más, lo que puede producir 9,14 m - 21,34 m (30-70 pies) de longitud de ola que puede montarse.

40 En otra implementación de ejemplo, la piscina puede ser un cuenco contiguo tal como una piscina circular sin una isla central. En la configuración circular, la piscina puede tener un fondo que se inclina hacia arriba en el centro hasta un banco o repisa, y puede incluir una depresión más profunda o conducir a una caída poco profunda o superficie plana. En otras implementaciones más, la piscina puede ser cualquier canal en bucle cerrado, curvilíneo, tal como una forma de circuito (es decir círculo truncado), oval, u otra forma redondeada. En otras realizaciones más, la piscina puede incluir un canal abierto o cerrado en bucle lineal o curvilíneo a través del que fluye el agua, y 45 que puede o no usar un mecanismo de recaptura del agua o recirculación y flujo.

Las FIGS. 3A y 3B son vistas, superior y en sección transversal, respectivamente, de la piscina 100 de acuerdo con una implementación anular. La piscina 100 tiene una forma sustancialmente anular que se define mediante una pared exterior 102, una pared inferior 104 y un canal de agua 106 entre, y definido por, la pared exterior 102 y la pared interior 104. En implementaciones anulares, la pared exterior 102 y la pared interior 104 pueden ser circulares. La pared inferior 104 puede ser una pared que se extiende por encima del nivel medio 101 del agua en el canal de agua 106 y puede formar una isla 108 u otro tipo de plataforma por encima del nivel medio 101 del agua. Como alternativa, la pared inferior 104 puede formar un arrecife o barrera sumergida entre el canal de agua 106 y una segunda piscina. Por ejemplo, la segunda piscina puede ser menos profunda para recibir olas de oleaje resultantes de las olas generadas en el canal de agua 106. La piscina 100 incluye adicionalmente un lateral 110. En algunas implementaciones, el lateral 110 puede incluir un circuito tal como un mono-carril u otro carril para la recepción de un vehículo motorizado y el vehículo puede fijarse al menos a un generador de olas, preferentemente en la forma de una lámina móvil, como se describe adicionalmente a continuación. En otras implementaciones, la pared exterior 102, con o sin cooperación con el lateral 110, puede alojar un generador de olas en la forma de una pared flexible o pared rotativa con láminas integradas, como también se describe adicionalmente a continuación.

GENERADOR DE OLAS

La FIG. 4 ilustra un contorno del fondo de una piscina, tanto si la piscina es lineal, curvilínea, circular o anular, para un diseño de playa con pendiente crítica. El contorno del fondo incluye una pared lateral 200. La pared lateral 200 puede ser una pared lateral interior o una pared lateral exterior. La pared lateral 200 tiene una altura que se extiende al menos más arriba que un nivel medio de agua y, preferentemente, se extiende por encima de una amplitud máxima, o altura, de una ola generada. La pared lateral 200 está adaptada para acomodar un generador de olas, tal como una lámina que se coloque verticalmente sobre la pared lateral 200 y se mueva a lo largo de la pared lateral 200 lateralmente. El contorno del fondo incluye adicionalmente una zona profunda 202, que en algunas configuraciones se extiende al menos con longitud suficiente para acomodar el espesor de la lámina. La zona profunda 202 se puede extender más allá que el espesor de la lámina. La intersección de la pared lateral 200 y la zona profunda pueden tener también una pendiente, escalón u otra característica geométrica, o un mecanismo de pista/carril que participe en el guiado o accione el movimiento de la lámina. Se puede producir un oleaje que tenga una amplitud hasta la misma o incluso mayor que la profundidad de la zona profunda 202, sin embargo, la mayor parte de las olas de gravedad superficiales se convierten teóricamente en inestables con amplitudes del 80% de la profundidad del agua.

El contorno del fondo de la piscina incluye adicionalmente una pendiente 204 que se eleva hacia arriba desde la zona profunda 202. La pendiente 204 puede variar en ángulo desde 1 a 16 grados y, preferentemente desde 5 a 10 grados. La pendiente 204 puede ser lineal o curvada y puede incluir hendiduras, ondulaciones u otras características geométricas. El contorno del fondo incluye adicionalmente un banco 206 o repisa. La superficie desde un punto sobre la pendiente 204 y el banco 206 proporciona la zona de ruptura primaria para la ola generada. El ajuste de la ola en la zona de rotura puede cambiar el nivel medio del agua. El banco 206 puede estar aplanado o curvado y puede variar hacia una zona plana poco profunda 208 aplanada, una fosa poco profunda 210 o una fosa profunda 212 o cualquier combinación alternativa de las mismas. El banco 206 puede ser también una extensión de la pendiente 204 para terminar directamente en una playa. La playa puede ser real o artificial. La playa puede incorporar sistemas de evacuación del agua que en una implementación tomarían la forma de rejillas a través de las que pasa el agua hacia abajo, pudiendo éstas unirse a los sistemas generales de recirculación y/o filtrado del agua. La playa puede incorporar también deflectores amortiguadores que ayudan a minimizar la reflexión de las olas y reducen el transporte y las corrientes a lo largo de la orilla.

El contorno del fondo se forma preferentemente a partir de un material rígido, y se puede recubrir por un revestimiento sintético. En algunas implementaciones, el fondo puede contener secciones de materiales más blandos y más flexibles, por ejemplo se puede introducir un arrecife de espuma que sería más maleable durante la limpieza. El revestimiento puede ser más grueso en el banco 206 o dentro de la zona de rotura. El revestimiento puede formarse con una capa que sea menos rígida que el material rígido y puede incluso ser amortiguador de choques. La pendiente 204, banco 206 y/o otras regiones del contorno del fondo pueden formarse mediante una o más inserciones extraíbles. Adicionalmente, cualquier parte del contorno del fondo puede ser configurable y ajustable dinámicamente, para cambiar la forma y geometría generales del contorno del fondo sobre la marcha, o bien a través de mecanismos motorizados o bien paletas inflables u otros mecanismos de conformado dinámico similares. Por ejemplo, las inserciones o módulos extraíbles se pueden conectar con un suelo sólido. Las inserciones o módulos pueden ser uniformes alrededor del círculo, o variables para la creación de arrecifes recurrentes definidos por ondulaciones en la pendiente 204 o banco 206. En esta forma se pueden introducir módulos con forma particular en localizaciones específicas para crear una sección con una rotura del oleaje deseable.

La FIG. 5 ilustra una piscina 300 en una configuración anular, y un generador de olas 302 sobre una pared interior 304 de la piscina 300. El generador de olas 302 es una lámina dispuesta verticalmente a lo largo de la pared interior 304 y movida en la dirección indicada para generar una ola W. La FIG. 6 ilustra una sección de la piscina 400 en una configuración anular y que tiene un generador de olas 402 dispuesto verticalmente a lo largo de una parte exterior 404. El generador de olas 402 se mueve en la dirección indicada, para generar una ola W, tal como se muestra. La colocación de la parte exterior permite un enfoque mejor y olas más largas que una colocación en la pared interior, mientras que la colocación de la pared interior permite velocidades de olas reducidas y posiblemente una capacidad de surfear mejor. Los generadores de olas 302 y 402 se mueven preferentemente mediante un vehículo energizado u otro mecanismo que se mantenga seco y separado del agua, tal como sobre un carril u otra pista, parte del cual puede estar sumergida.

Los generadores de olas se pueden configurar también para funcionar en el centro del canal, en cuyo caso habría playas tanto en la pared interior como en la exterior y el mecanismo de pista/carril estaría soportado o bien desde una estructura elevada o mediante pilares.

LÁMINAS

En implementaciones preferidas, las piscinas de olas descritas en el presente documento usan una o más láminas para la generación de olas de una capacidad de surfear deseada. Las láminas se conforman para la generación de olas en un flujo supercrítico, es decir, las láminas se mueven más rápido que la velocidad de las olas generadas. La velocidad de una ola en agua poco profunda (cuando la profundidad del agua es comparable a la longitud de la ola)

se puede representar por V_W :

$$V_W = \sqrt{g(h_0 + A)}$$

5 en donde g es la fuerza de gravedad y h_0 es la profundidad del agua y A la amplitud de la ola. La supercriticalidad se puede representar mediante el número de Froude (Fr), donde un número mayor de 1 es supercrítico y un número menor de 1 es subcrítico:

$$Fr = \frac{V_F}{V_W},$$

10 en donde V_F es la velocidad de la lámina con relación al agua.

15 Las láminas se adaptan para propagar la ola separándose de la parte de ataque de la lámina cuando el agua y la lámina se mueven relativamente entre sí y para conseguir la transferencia más directa de energía mecánica a la ola a partir de ese movimiento. De esta forma, se forman oleajes ideales inmediatamente adyacentes a la parte de ataque de la lámina. Las láminas se optimizan normalmente para la generación de la mayor altura de oleaje posible para una profundidad de agua dada, pero en algunas configuraciones puede ser deseable generar oleajes más pequeños.

20 El procedimiento propuesto se basa en la adaptación del desplazamiento impartido por la lámina en cada localización al campo de desplazamiento natural de la ola. Para una localización fija P a través de la que pasará la lámina, si suponemos que la dirección normal a la lámina es x y el espesor de la parte de la lámina actualmente en P es $X(t)$.

25 La tasa de cambio de X en el punto P se puede hacer coincidir con la velocidad promediada con la profundidad de la ola \bar{u} . Esto se expresa en la ecuación (1).

a.

$$\frac{dX}{dt} = \bar{u}(X, t) \quad (1)$$

30 b. Aplicando el cambio de variable desde (x, t) a $(\theta = ct - X, t)$ donde c es la velocidad de la fase de la ola.

c.

$$\frac{dX}{d\theta} = \frac{\bar{u}(\theta(X))}{c - \bar{u}(\theta(X))} \quad (2)$$

35 En la ecuación (2), la velocidad promediada por la profundidad de la ola \bar{u} puede darse mediante muchas teorías diferentes, por ejemplo la solución de onda Solitaria de Rayleigh (Lord Rayleigh, On Waves., Phil. Mag., 1(1876), págs. 257-279), o la de Boussinesq (Boussinesq M.J., Théorie de l'intumescence liquide, appelée onde solitaire ou de translation, se propageant dans un canal rectangulaire, C.-R. Acad. Sci. Paris, 72(1871), pág. 755-59). Para el caso de ondas Solitarias que toman la forma de la ecuación 3 y 4 a continuación, se exploran varios ejemplos. Esta técnica de diseño de láminas se puede aplicar también a cualquier otra forma de ola de gravedad superficial para la que hay una solución conocida, calculada, medida o aproximada.

a.

$$45 \quad \eta(\theta) = A \operatorname{sech}^2(\beta\theta/2) \quad (3)$$

b.

$$\bar{u}(\theta) = \frac{c\eta(\theta)}{h_0 + \eta(\theta)} \quad (4)$$

50 En este caso $\eta(\theta)$ es la elevación de la superficie libre desde el reposo, A es la amplitud de la ola solitaria, h_0 es la profundidad media del agua, β es el coeficiente de decaimiento en la periferia y c es la velocidad de fase. Y $\bar{u}(\theta)$ la velocidad horizontal promediada por la profundidad. C y β diferirán para diferentes olas solitarias.

55 Combinando las ecuaciones (2) y (3) con (4) se obtiene la tasa de cambio del espesor de lámina con el tiempo en una posición fija (5), y se relaciona con la forma de la lámina $X(Y)$, a través de la velocidad de la lámina V_F , mediante la sustitución $t = Y/V_F$

a.

$$X(t) = \frac{2A}{h_0\beta} \tanh[\beta(ct - X(t)/2)] \quad (5)$$

Un espesor máximo de la lámina viene dado desde (5) como:

i.

$$T_F = \frac{4A}{h_0\beta}$$

La longitud de la sección activa de la lámina se puede aproximar entonces como:

i.

$$L_F = \frac{4}{\beta c} \left(\tanh^{-1} \left(0,99 + \frac{A}{h_0} \right) \right)$$

Son valores para C y β correspondientes a la ola solitaria de Rayleigh:

i.

$$\frac{\beta_R}{2} = \sqrt{\frac{3A}{4h_0^2(a+h_0)}} \quad \text{y} \quad c_R = \sqrt{g(A+h_0)}$$

En este ejemplo, para desplazamientos pequeños después de la linealización de las formas de la lámina X(Y), se puede aproximar como.

a.

$$X_R(Y) = \frac{2A}{h_0\beta_R} \frac{h_0 \tanh(\beta_R c_R Y / 2V_F)}{h_0 + A[1 - \tanh^2(\beta_R c_R Y / 2V_F)]}$$

Esta solución se puede aproximar también como una función de tangente hiperbólica.

Como se muestra en la configuración de ejemplo en las FIGS. 7A y 7B, las láminas 500 son geometrías tridimensionales, con forma curvilínea que tienen una superficie de ataque 502, o "sección activa X(Y)", que genera una ola, y una superficie de salida 504 que funciona como una recuperación de flujo para evitar la separación del flujo y la disminución del arrastre de la lámina 500 para conseguir una eficiencia energética mejorada. La lámina 500 se conforma para obtener la mayor parte de la energía en el modo de ola primaria, solitaria y minimiza la energía en olas siguientes oscilatorias. Como tal, la lámina 500 impulsa un entorno inactivo para un generador de las olas y la lámina siguientes, si hay alguna. Cada lámina 500 puede contener actuadores internos que permitan su conformación a morfologías para producir diferentes olas y/o puede articularse de modo que tenga en cuenta cambios en la curvatura de la pared exterior en piscinas no circulares o no lineales. En algunas implementaciones, la morfología de la lámina permitirá la inversión del mecanismo para generar olas mediante la traslación de la lámina en la dirección opuesta.

Las láminas se conforman y forman en una geometría específica en base a una transformación en una función del espacio a partir de una analogía con una ecuación como una función del tiempo de funciones de tangente hiperbólica que definen matemáticamente el recorrido de un pistón en función del tiempo, cuando ese pistón empuja una placa de ola para crear una ola en aguas poco profundas. Estas funciones de tangente hiperbólica consideran la posición de la placa de la ola con relación a la posición de la ola generada en un modelo de generación de olas largas, y produce un perfil aceptable tanto para olas solitarias como cnoidales. Estas técnicas se pueden usar para generar cualquier ola de gravedad superficial en propagación teniendo en cuenta la propagación de la ola separándose en la separación del generador durante la generación (es decir se adapta a cómo está cambiando la ola durante la generación). La compensación del movimiento de generación a lo largo del tiempo ayuda a eliminar las olas oscilatorias siguientes, proporcionando un proceso de generación más compacto y eficiente. Se pueden definir otros tipos de olas distintos de las descritas en el presente documento.

El espesor de la lámina se relaciona con la amplitud (altura) de la ola y la profundidad del agua. En consecuencia, para una profundidad conocida y una amplitud deseada A, se puede determinar un espesor de la lámina, F_T , que es:

Para una ola solitaria de Rayleigh:

$$F_T = 4 \sqrt{\frac{A(A+h_0)}{3}}$$

Para una ola solitaria de Boussenesq:

5
$$F_T = 4 \sqrt{\frac{Ah_0}{3}}$$

Para aguas poco profundas, una ola solitaria de segundo orden:

$$F_T = 4 \sqrt{\frac{A(A+h_0)}{3}} \left(1 + \frac{A}{h_0}\right)$$

10 La FIG. 8 muestra una geometría en sección transversal de una lámina 600. Como un objeto tridimensional, la lámina 600 genera una ola que tiene una velocidad de propagación y un vector V_W , en base a la velocidad del vector de la lámina V_F . Cuando la lámina se mueve en la dirección mostrada, y dependiendo de su velocidad, la ola se propagará hacia afuera con un ángulo α de despegue, dado por $\sin \alpha = Fr^{-1}$, de modo que para una profundidad de agua y una altura de ola dadas, el ángulo de despegue se determina por la velocidad de la lámina, correspondiendo las velocidades mayores a ángulos de despegue más pequeños. Cuánto más pequeño sea el ángulo de despegue, más larga será la longitud de la ola a través de la piscina.

15 La FIG. 9 ilustra un generador de olas 700 en el que se sitúa una pared interior 702 rotativa dentro de una pared exterior 706 fija. La pared interior 702 rotativa está equipada con una o más láminas 704 fijas que son generalmente del mismo tamaño y forma que las láminas descritas anteriormente. Estas láminas embebidas pueden tener actuadores internos 708 para permitirles que conformen y cambien la forma de acuerdo con una variedad de formas de sección transversal descritas anteriormente, adaptando de ese modo "puntos suaves" para diferentes velocidades y profundidades de agua.

20 La FIG. 10 ilustra un generador de olas 800 en el que se coloca una capa flexible 802 sobre una pared exterior 804, y la pared exterior incluye un cierto número de actuadores lineales 806 dispuestos alrededor de la longitud completa o la circunferencia de la parte exterior 804, y fijados también a la pared flexible. La capa flexible 802 se puede hacer de goma o un material similar. Los actuadores lineales 806 son actuadores mecánicos o neumáticos, u otros dispositivos que tienen al menos una dirección de expansión y retracción radial. Los actuadores lineales se accionan para crear una forma móvil en la capa flexible 802 que se aproxime a la forma de las láminas tal como se han descrito anteriormente. La forma de la lámina se propaga a lo largo de la pared a una velocidad V_F de forma similar a la de una ola humana en un estadio de deportes.

25 La FIG. 11 ilustra un generador de olas 900 que incluye una capa flexible 902 colocada sobre una pared exterior 904. El espacio entre la capa flexible 902 y la pared exterior 904 define una lámina móvil 906 sustancialmente como la descrita anteriormente, pero incluye rodillos en pistas 908 que se conectan tanto a la parte exterior como a la pared flexible. Los rodillos en las pistas 908 permiten que la lámina 906 entre suavemente en el espacio. Esta lámina móvil 906 produce un movimiento radial de la pared flexible que se aproxima mucho a la forma de una lámina formada con un material separado, como se ha descrito anteriormente.

30 La FIG. 12 ilustra un generador de olas 1000 que incluye una capa flexible 1002 que se puede elevar separándose de la pared exterior 1004 para definir una lámina 1006. La lámina 1006 tiene actuadores internos 1010 que la permiten conformar su forma, para un movimiento de avance y retroceso. La lámina 1006 definida se mueve a través de rodillos sobre pistas 1008 como se ha indicado anteriormente. En consecuencia, la capa flexible se puede conformar para aproximarse a las láminas descritas anteriormente, mientras protege a los actuadores y a los rodillos/pistas del agua, disminuyendo también al mismo tiempo el riesgo de una lámina móvil separada en la que se pueden enganchar partes del cuerpo.

35 **FLUJO MEDIO**

40 En otras implementaciones, una piscina incluye un sistema para proporcionar un flujo o circulación media. El sistema puede incluir varios de chorros de flujo a través de los que se bombea el agua para contrarrestar o mitigar cualquier flujo de "rio lento" creado por las láminas móviles y/o ayudar a cambiar la forma de la ola rompiente. La circulación media puede tener una variabilidad vertical u horizontal. Se pueden usar otros sistemas de flujo medio, tal como un mecanismo lateral, inferior en oposición contra rotativa, u otro.

FONDO VIRTUAL

5 En algunas implementaciones, se sitúa un sistema de chorros próximos al fondo de la piscina sobre la pendiente que simula que el agua es menos profunda de lo que realmente es, y por ello la ola rompe en aguas más profundas de lo normal. Estos chorros pueden ser posicionales de modo que generen tanto un flujo medio como turbulencias al nivel requerido. La distribución de estos chorros puede cambiar tanto radialmente como cuando uno se mueve desde la pared exterior hacia la playa con más chorros sobre la playa. Puede haber también una variación azimutal en la naturaleza y cantidad de los chorros. Este sistema de chorros puede incorporarse tanto con el sistema de filtrado como con el sistema para proporcionar un flujo medio o mitigación de río lento. Se pueden añadir elementos de rugosidad al fondo para impulsar la generación de turbulencias que puedan impulsar cambios en la forma de la ola rompiente. La distribución y tamaño de los elementos de rugosidad sería función tanto del radio como del azimut. Estos elementos de rugosidad pueden tomar la forma de generadores clásicos y novedosos de vórtices.

10 Aunque se han descrito en detalle anteriormente algunas realizaciones, son posibles otras modificaciones. Otras realizaciones pueden estar dentro del alcance de las reivindicaciones presentadas a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Una piscina de olas (100; 300; 400) que comprende:

5 un canal (106) que contiene agua y que tiene un contorno de fondo que tiene una pendiente (204) que se eleva desde una zona profunda (202), incluyendo adicionalmente el contorno de fondo un banco (206) que es una extensión de la pendiente (204);
 una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006), al menos parcialmente sumergidas en el agua, estando disponible cada lámina (500; 600; 704; 906; 1006) verticalmente próxima a la zona de fondo (202) del canal (106) y
 10 adaptada para su movimiento en una dirección a lo largo de una longitud del canal (106), teniendo cada lámina (500; 600; 704; 906; 1006) una geometría de sección transversal curvilínea que define una superficie de ataque (502) que es cóncava alrededor de un eje vertical para proporcionar arrastre para generar una ola primaria lateralmente en el agua que hace contacto con la superficie de ataque de la lámina (500; 600; 704; 906; 1006) y que está adaptada para generar una ola solitaria hacia el banco (206) en el agua a partir del movimiento, y una superficie de salida (504), en la que la superficie de salida (504) se estrecha desde un ancho máximo de la lámina (500; 600; 704; 906; 1006) adyacente a la superficie de ataque (502) hasta un punto en un extremo de la lámina (500; 600; 704; 906; 1006) de modo que la superficie de salida (504) disminuya el arrastre de la lámina (500; 600; 704; 906; 1006) y minimice las olas oscilatorias que extiende la ola primaria a partir del agua que se mueve pasando por la superficie de ataque (502) de la lámina (500; 600; 704; 906; 1006), y en el que la superficie de salida (504) está configurada para recuperar el flujo para evitar la separación del flujo de agua en la ola y para mitigar el arrastre desde la lámina (500; 600; 704; 906; 1006) en el agua por el movimiento, y un mecanismo de movimiento que tiene una pista lo largo de la longitud del canal próxima a la zona profunda (202) del canal (106), el mecanismo de movimiento para mover las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006) a lo largo de la pista en la dirección a lo largo de la longitud del canal (106) para generar una ola de gravedad superficial a partir de la ola solitaria por cada una de las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006).

2. La piscina de olas (100; 300; 400) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el canal (106) tiene forma anular.

3. La piscina de olas (100; 300; 400) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el canal (106) es lineal.

4. La piscina de olas (100; 300; 400) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el canal (106) es curvilíneo.

5. La piscina de olas (100; 300; 400) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el mecanismo de movimiento incluye adicionalmente:

un vehículo asociado con cada una de las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006) adaptado para un recorrido a lo largo de la pista; y
 un miembro de conexión fijado a cada lámina (500; 600; 704; 906; 1006) desde cada vehículo.

6. La piscina de olas (100; 300; 400) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el canal (106) tiene una pared lateral (200) que tiene una altura, y en la que el contorno del fondo está en pendiente hacia arriba separándose de la pared lateral (200) hacia el banco (206).

7. La piscina de olas (100; 300; 400) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que cada lámina (500; 600; 704; 906; 1006) se dispone verticalmente a lo largo de al menos una parte principal de la pared lateral (200).

8. La piscina de olas (100; 300; 400) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el mecanismo de movimiento se conecta entre la pared lateral (200) y las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006).

9. Un generador de olas (302; 402; 700; 800; 900; 1000) para una piscina (100; 300; 400) de agua y que tiene un contorno de fondo que tiene una pendiente (204) que se eleva hacia arriba desde una zona profunda (202), incluyendo adicionalmente el contorno de fondo un banco (206) que es una extensión de la pendiente (204), comprendiendo el generador de olas (302; 402; 700; 800; 900; 1000):

una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006) al menos parcialmente sumergidas en el agua, disponiéndose verticalmente cada lámina (500; 600; 704; 906; 1006) próxima a la zona profunda (202) de la piscina (100; 200; 400) y adaptada para movimiento en una dirección en la piscina (100; 200; 400), teniendo cada lámina (500; 600; 704; 906; 1006) una geometría de sección transversal curvilínea que define una superficie de ataque (502) que es cóncava alrededor de un eje vertical para proporcionar arrastre para generar lateralmente una ola primaria en el agua que hace contacto con la superficie de ataque de la lámina (500; 600; 704; 906; 1006) y que está adaptada para generar una ola solitaria hacia el banco (206) en el agua a partir del movimiento, y una superficie de salida (504), en la que dicha superficie de salida (504) se estrecha desde un ancho máximo de la lámina (500; 600; 704; 906; 1006) adyacente a la superficie de ataque (502) hasta un punto en un extremo de la lámina (500; 600; 704; 906; 1006) de modo que la superficie de salida (504) disminuya el arrastre de la lámina (500; 600; 704;

906; 1006) y minimice las olas oscilatorias que extienden la ola primaria a partir del movimiento del agua que pasa por la superficie de ataque (502) de la lámina (500; 600; 704; 906; 1006), y en el que la superficie de salida (504) se configura para la recuperación de flujo para evitar la separación del flujo de agua en la ola y para mitigar el arrastre desde la lámina (500; 600; 704; 906; 1006) por el movimiento; y

5 un mecanismo de movimiento que tiene una pista que puede disponerse próxima a la zona profunda (202) de la piscina (100; 200; 400), el mecanismo de movimiento para mover las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006) a lo largo de la pista en la dirección de generación de una ola de gravedad superficial a partir de la ola solitaria por cada una de las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006).

10 10. El generador de olas (302; 402; 700; 800; 900; 1000) de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el mecanismo de movimiento incluye adicionalmente:

un vehículo asociado con cada una de las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006) adaptado para viajar a lo largo de la pista; y

15 un miembro de conexión fijado a cada lámina (500; 600; 704; 906; 1006) desde cada vehículo.

11. El generador de olas (302; 402; 700; 800; 900; 1000) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que una longitud L_F de la superficie de ataque (502) de las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006) es:

20
$$L_F = \frac{4}{\beta c} \left(\tanh^{-1} \left(0,999999 + \frac{A}{h_0} \right) \right)$$

en donde A es una amplitud de la ola de gravedad superficial, h_0 es una profundidad media del agua, β es un coeficiente de decaimiento en la periferia, y c es una velocidad de fase.

25 12. El generador de olas (302; 402; 700; 800; 900; 1000) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que un espesor F_T de las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006) es:

$$F_T = 4 \sqrt{\frac{A(A + h_0)}{3}} .$$

30 13. El generador de olas (302; 402; 700; 800; 900; 1000) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que un espesor F_T de las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006) es:

$$F_T = 4 \sqrt{\frac{Ah_0}{3}} .$$

35 14. El generador de olas (302; 402; 700; 800; 900; 1000) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que un espesor F_T de las una o más láminas (500; 600; 704; 906; 1006) es:

$$F_T = 4 \sqrt{\frac{A(A + h_0)}{3}} \left(1 + \frac{A}{h_0} \right) .$$

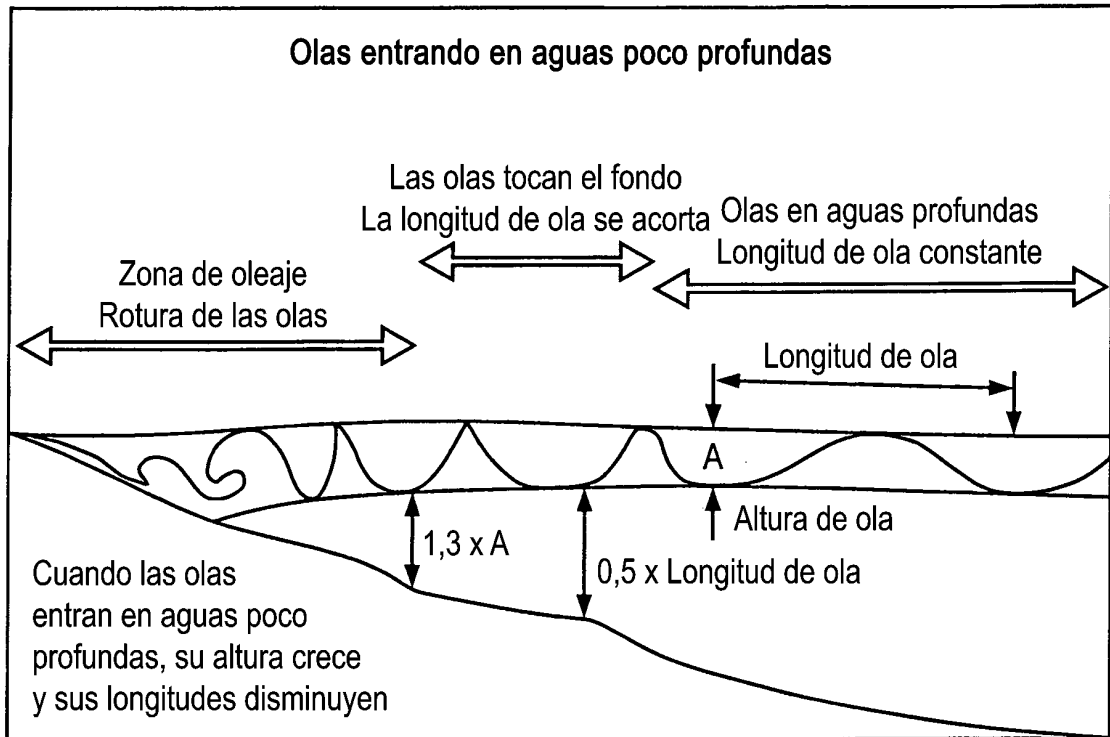


FIG. 1

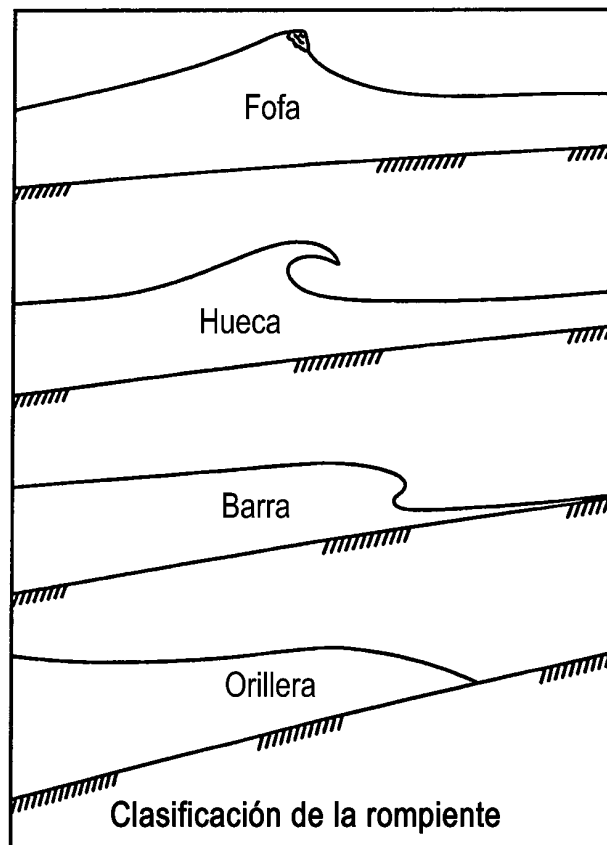
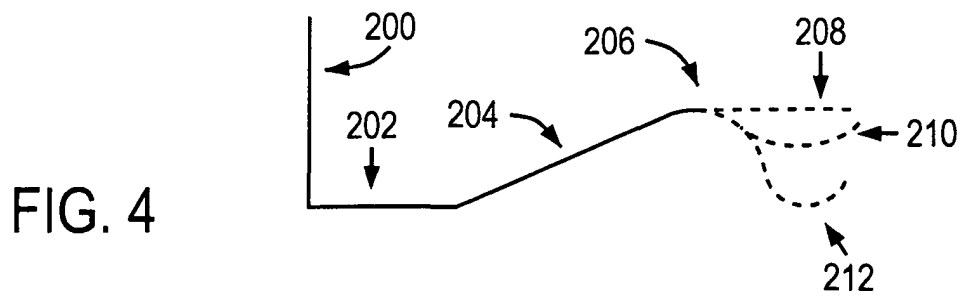
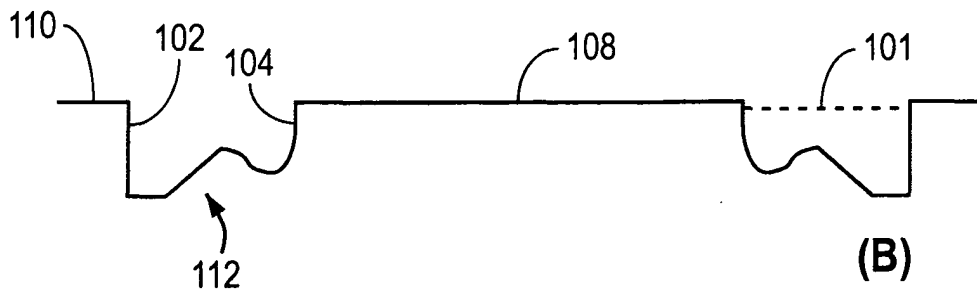
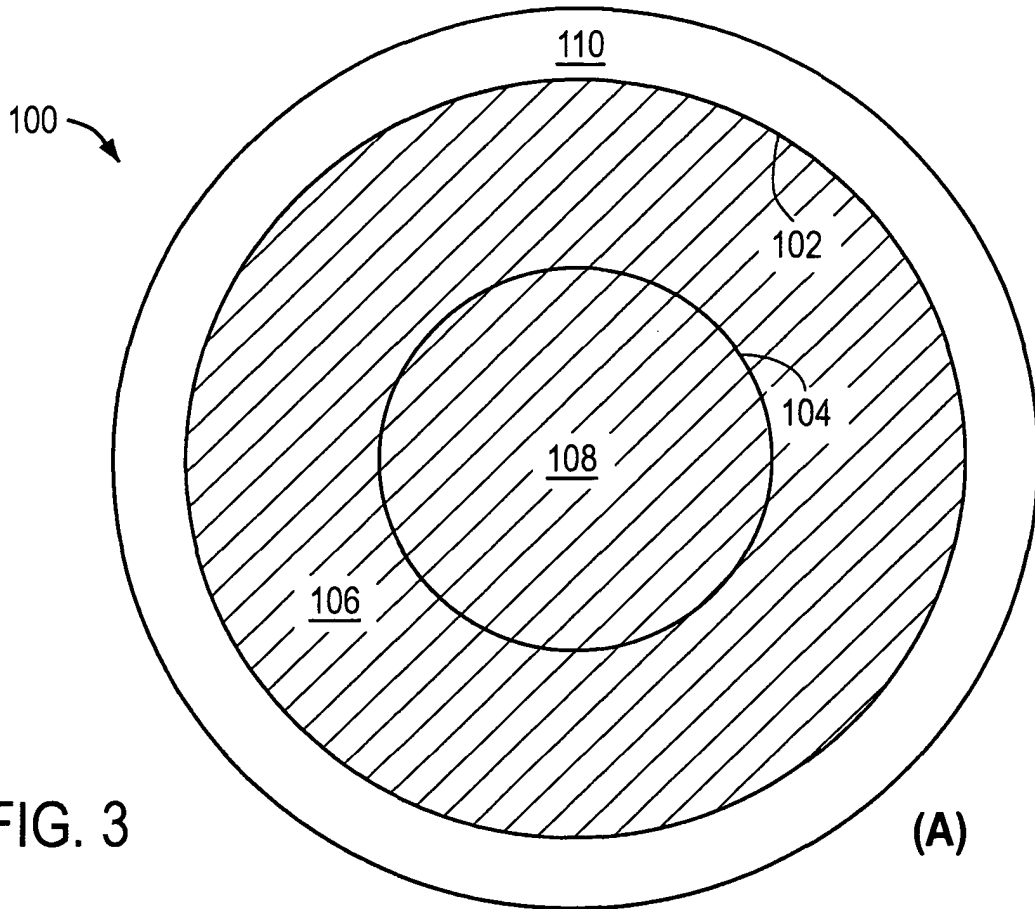


FIG. 2



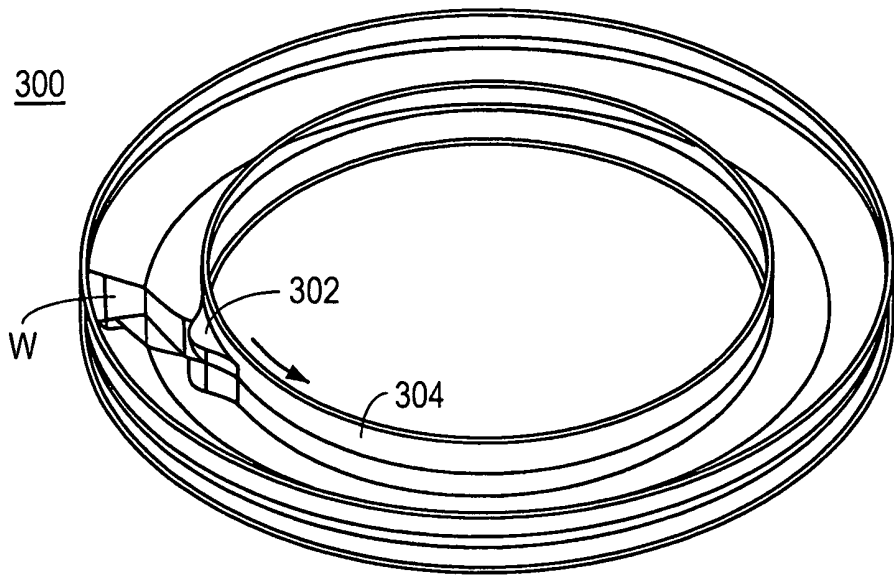


FIG. 5

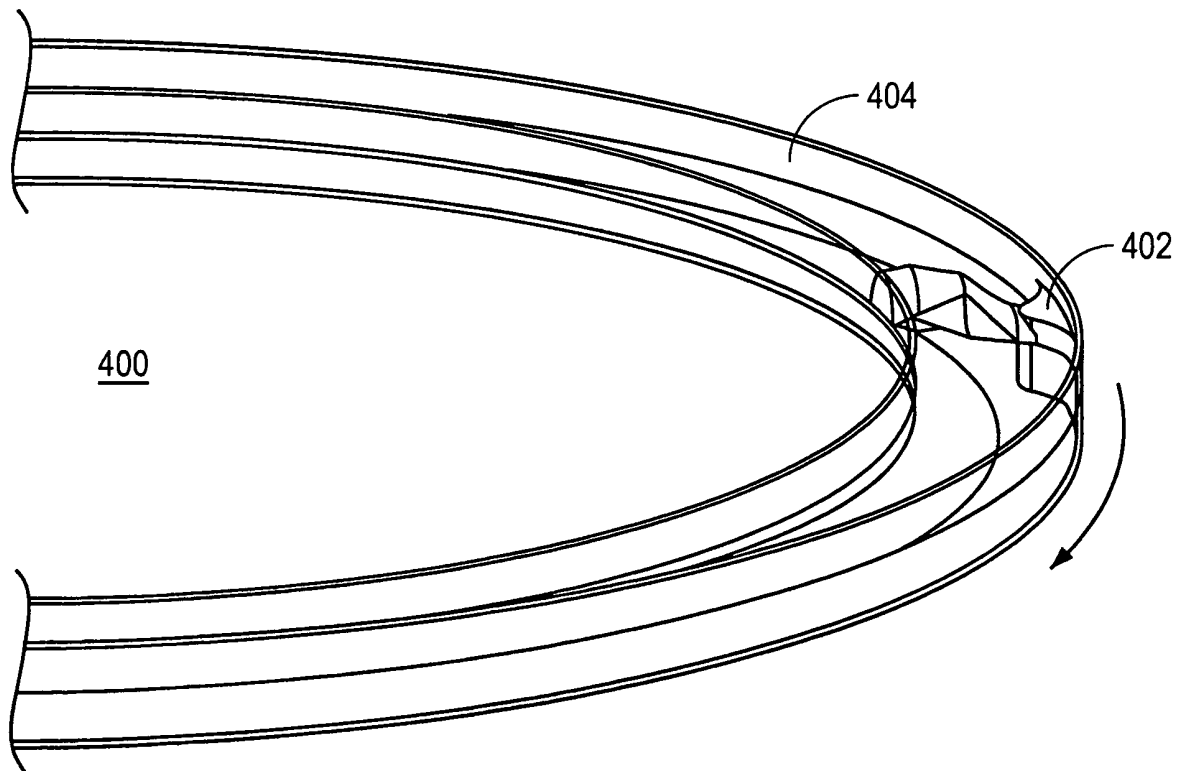


FIG. 6

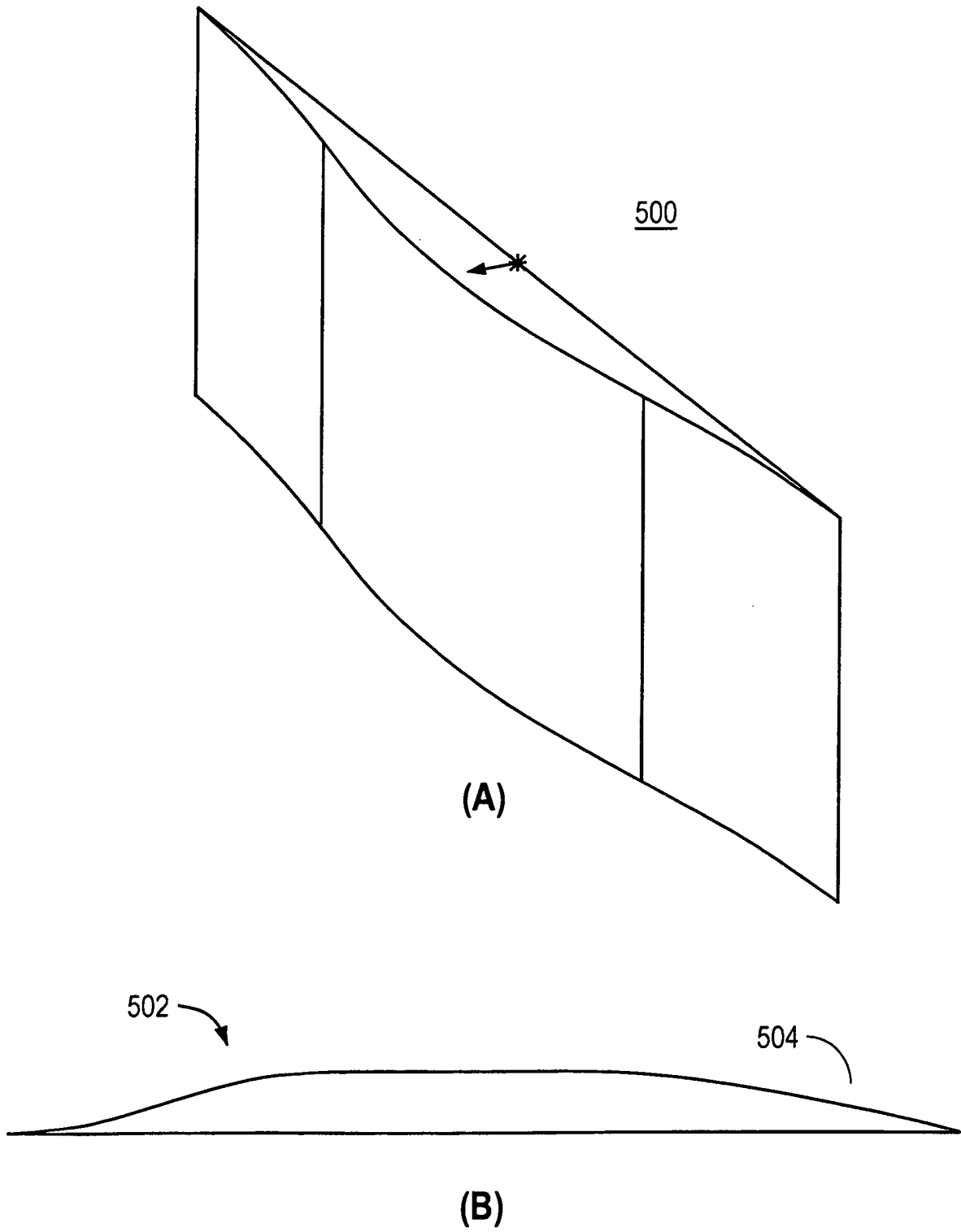


FIG. 7

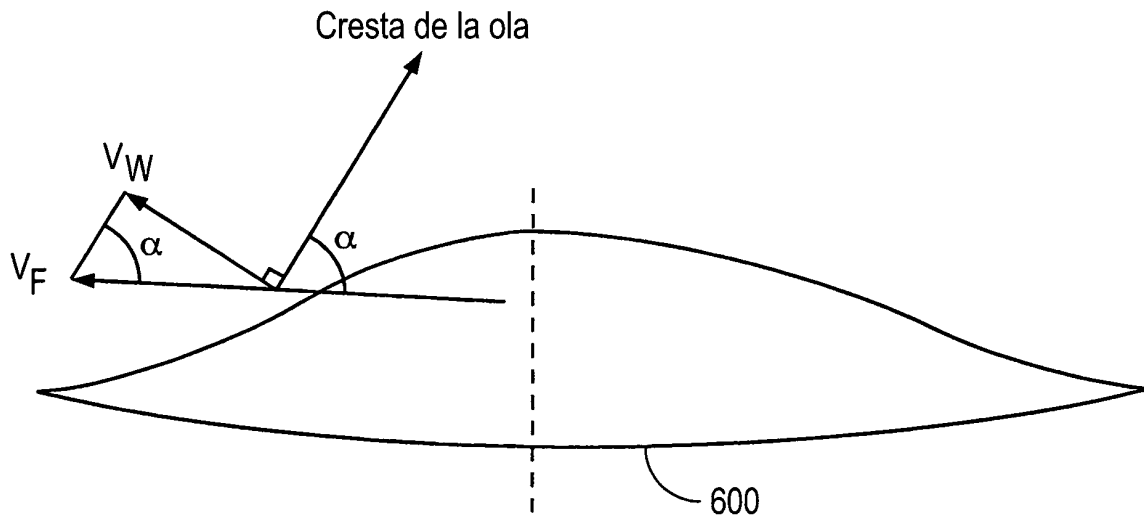


FIG. 8

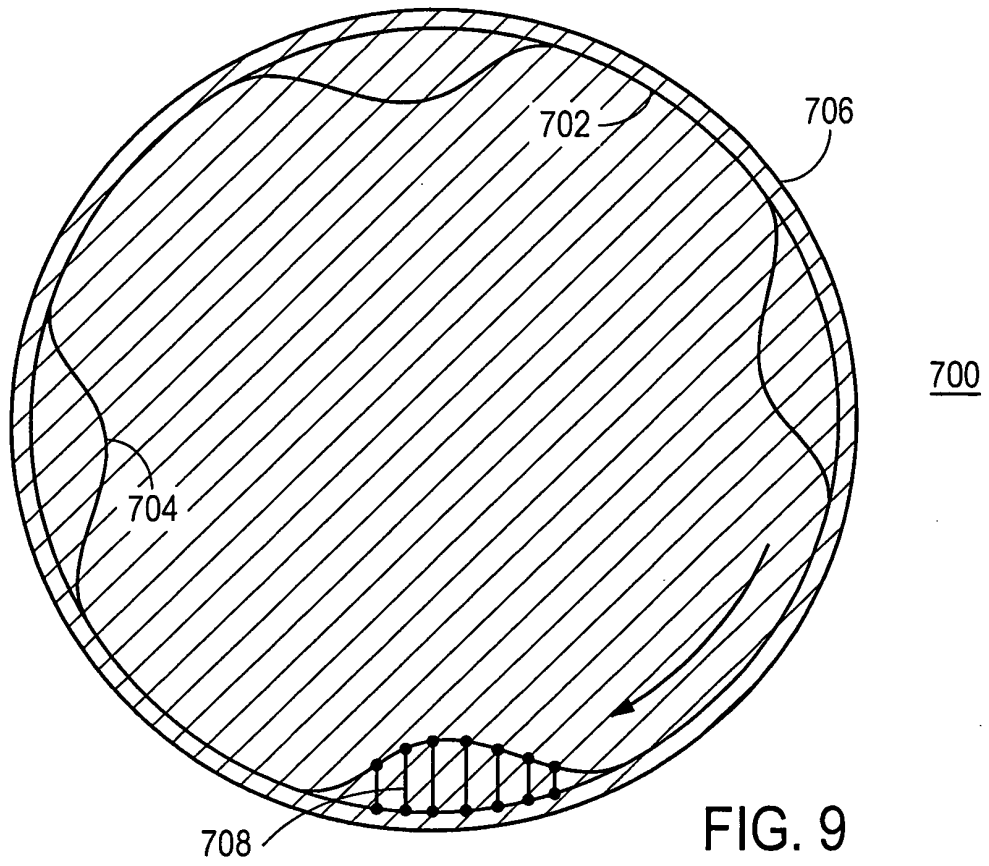


FIG. 9

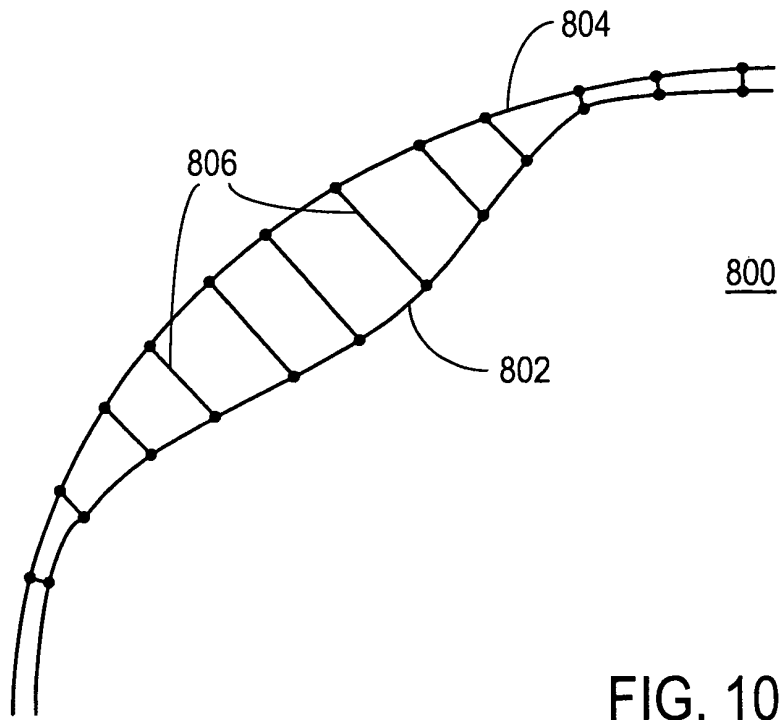


FIG. 10

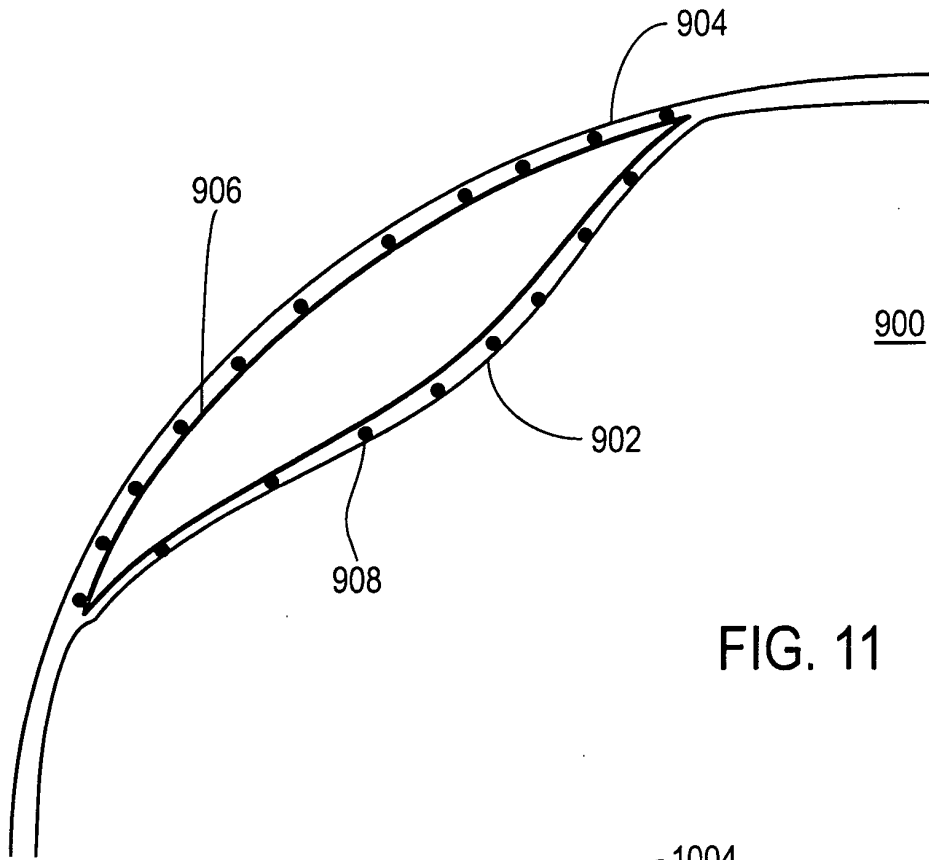


FIG. 11

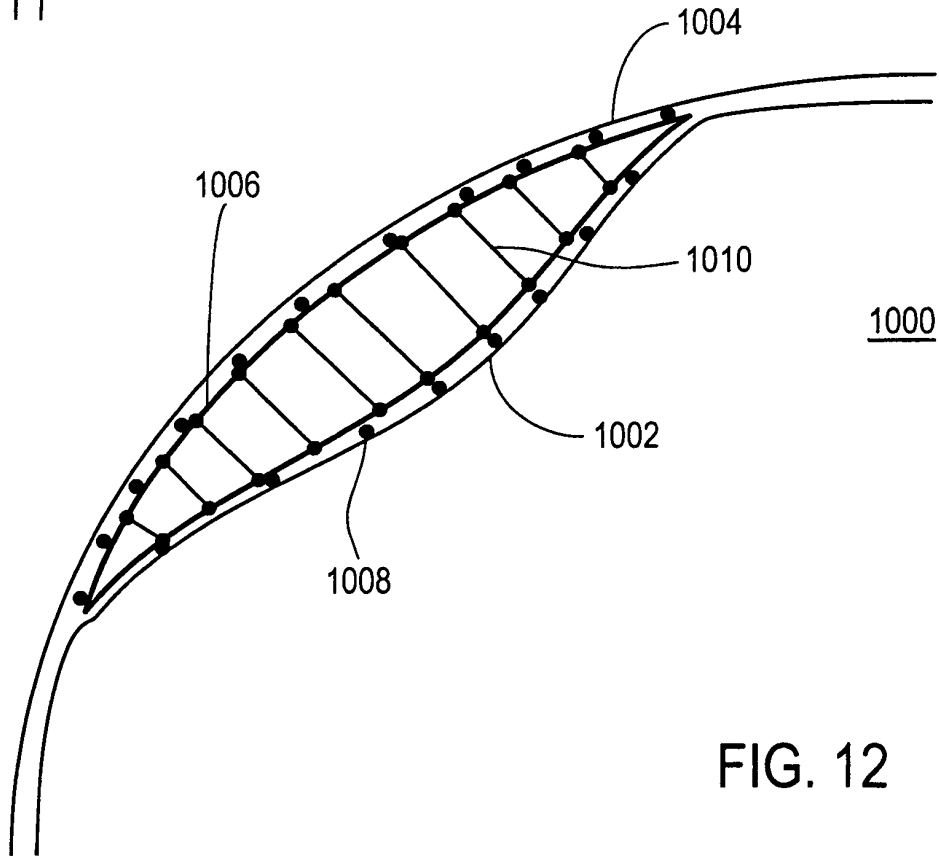


FIG. 12