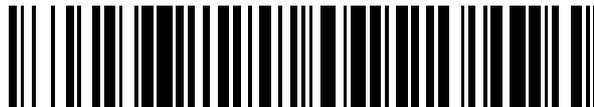


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 800**

51 Int. Cl.:

B63C 11/52 (2006.01)

B63G 8/00 (2006.01)

B65H 51/16 (2006.01)

B65H 75/42 (2006.01)

B65H 75/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.05.2012 PCT/US2012/038423**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.11.2012 WO12158958**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2012 E 12725200 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2709901**

54 Título: **Sistema de cable de fibra óptica para vehículos subacuáticos telemaniobrados**

30 Prioridad:
18.05.2011 US 201113110726

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.10.2019

73 Titular/es:
**BLUEFIN ROBOTICS CORPORATION (100.0%)
553 South Street
Quincy, MA 02169, US**

72 Inventor/es:
**HAWKES, GRAHAM;
CHIAU, CHARLES, S. y
WRIGHT, ADAM**

74 Agente/Representante:
DÍAZ DE BUSTAMANTE TERMINEL, Isidro

ES 2 726 800 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

Sistema de cable de fibra óptica para vehículos subacuáticos telemaniobrados.

5 CAMPO DE LA INVENCIÓN

La aplicación se refiere a un sistema para desplegar una fibra óptica desde un cartucho de fibra óptica en aplicaciones subacuáticas.

ANTECEDENTES

10 Fibras tales como las fibras ópticas se han usado en aplicaciones subacuáticas para transmitir y recibir información. Por ejemplo, un dispositivo subacuático puede tener un sistema de propulsión y un mecanismo de control de dirección. El dispositivo subacuático puede ser desplegado por un barco de soporte y una fibra óptica puede acoplarse entre el dispositivo subacuático y el barco de soporte. El barco de soporte puede transmitir información de control al dispositivo subacuático que se usa para operar el mecanismo de control de dirección.

15 En algunos dispositivos subacuáticos, una fibra óptica puede estar bajo una tensión sustancial debido al movimiento del barco de soporte, el dispositivo subacuático, las corrientes de agua y el contacto con la vida marina y los objetos estacionarios. Para resistir las fuerzas de tensión sin romperse, las fibras ópticas se pueden cubrir con una funda protectora que evita que la fibra óptica se frene. Sin embargo, esta funda protectora añade un peso y volumen sustanciales a la fibra óptica. Lo que se necesita es un sistema mejorado que evite que se apliquen fuerzas de tensión significativas a la fibra óptica, de modo que se pueda usar un cable óptico delgado sin una funda protectora.
20 El documento US 6 167 831 B1 describe un aparato subacuático para realizar operaciones subsuperficiales adaptado para ser operado desde una ubicación remota sobre la superficie de una masa de agua.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Es un objetivo de al menos una realización de la presente invención proporcionar una posibilidad mejorada para almacenar una fibra para aplicaciones subacuáticas.

25 Este objetivo se logra mediante el objeto de las reivindicaciones independientes; otras realizaciones se incorporan en las reivindicaciones dependientes. De este modo, se presenta un aparato que comprende un carrete para almacenar una fibra óptica; un motor para hacer girar el carrete y un transductor de velocidad para detectar una velocidad de movimiento del aparato a través del agua; caracterizado porque el aparato comprende además un controlador acoplado al motor para controlar la retirada de la fibra óptica del carrete a una velocidad igual o mayor
30 que la velocidad detectada de movimiento del aparato a través del agua.

Una fibra óptica de sección transversal delgada que no incluye una funda de alta resistencia se almacena en un carrete almacenado en un sistema de gestión de fibra óptica en un vehículo telemaniobrado (ROV). En una realización preferida, la fibra óptica es biodegradable como se desvela en la patente de EE. UU. US 8 369 673 B2, Ocean Deployable Biodegradable Optical Fiber Cable. La fibra óptica se puede enrollar en un carrete tolerante a la
35 presión, como lo desvela la patente de EE. UU. US 8 556 538 B2, Deployable Optical Fiber Cartridge. A medida que el ROV se mueve a través del agua, un sensor detectará la velocidad del ROV y el sistema de gestión de fibra óptica hará girar el carrete y un sistema de alimentación extraerá la fibra óptica del carrete a una velocidad que sea aproximadamente igual o más rápida que el movimiento del ROV a través del agua. Al emitir la fibra óptica desde el ROV, la fibra óptica es esencialmente estacionaria en el agua y la tensión aplicada a la fibra es mínima.

40 En otra realización, un segundo sistema de gestión de fibra óptica que tiene un segundo carrete de fibra óptica puede montarse en una estructura de superficie en o adyacente a un barco de soporte de superficie. Un sensor puede detectar el movimiento del barco de soporte de superficie y emitir la fibra óptica del segundo carrete a una velocidad que es aproximadamente igual o más rápida que el movimiento del barco de soporte a través del agua. A medida que el barco se mueve, la fibra óptica se puede liberar del segundo carrete para minimizar la tensión en la
45 fibra.

El sistema de gestión de fibra óptica puede incluir un motor que hace girar el carrete de cable óptico, un emisor de fibra óptica que extrae el cable óptico del carrete y un controlador que controla la velocidad del motor y la velocidad de extracción del emisor de cable óptico. El controlador controla la velocidad del ROV o del barco de soporte y ajusta la velocidad de rotación del motor para que el cable óptico se emita a la misma velocidad o ligeramente más
50 rápida.

En una realización, el sistema de gestión de fibra óptica puede controlarse mediante las señales de control transmitidas al ROV. Si el ROV recibe una señal para moverse en cualquier dirección, el sistema de gestión de fibra óptica puede determinar la velocidad de la señal de control y emitir la fibra óptica a la misma velocidad o ligeramente

más rápida. En esta realización, el sistema de gestión de fibra óptica puede responder más rápidamente porque puede emitir la fibra óptica cuando se recibe la señal de control de movimiento. Habrá algún retraso en la respuesta del ROV, por lo que el sistema de gestión de fibra óptica puede emitir el cable óptico justo antes de que se mueva el ROV.

5 El cable óptico se puede retirar del carrete y alimentar a un emisor que aplica una tensión al cable óptico para que se retire del carrete sin enredarse. El emisor puede aplicar una fuerza de tensión que puede ser inferior a aproximadamente 0,4536 kilogramos (1 libra de fuerza). Por ejemplo, en una realización, el emisor puede aplicar una tensión de cable óptico de aproximadamente 14,17 a 28,35 gramos (aproximadamente de ½ a 1 onza) que puede extraer suavemente la fibra óptica del carrete a medida que gira, pero no puede hacer que el carrete de fibra gire más rápido que la rotación del motor.

10 Un dispositivo de comunicaciones en el ROV puede comunicarse con el barco de soporte a través de la fibra óptica en el carrete. Sin embargo, dado que el carrete gira, se puede unir un acoplamiento giratorio a la fibra óptica que permite que las señales se transmitan a medida que el cable óptico gira en el carrete. Un extremo de la fibra óptica se puede acoplar a un acoplamiento giratorio que permite señales ópticas.

15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 ilustra un ROV que tiene un carrete que almacena un cable óptico;

La figura 2 ilustra un ROV alado acoplado a un barco de soporte por un cable óptico;

La figura 3 ilustra una realización de un sistema de gestión de cable;

La figura 4 ilustra una vista en sección transversal de un carrete que almacena un cable óptico;

20 La figura 5 ilustra una vista frontal de un carrete que almacena un cable óptico;

La figura 6 ilustra una realización de un cable óptico;

La figura 7 ilustra una realización de un cable óptico que tiene un recubrimiento biodegradable y una capa opaca;

La figura 8 ilustra una realización de un cable óptico que tiene un recubrimiento biodegradable parcialmente disuelto;

La figura 9 ilustra una fibra óptica después de que el recubrimiento se haya disuelto; y

25 La figura 10 ilustra la fibra óptica después de que se haya roto en pequeños trozos de arena.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente invención se refiere a un carrete para almacenar una fibra para aplicaciones subacuáticas. Con referencia a la figura 1, en una realización, la fibra puede ser una fibra óptica 109 que se almacena en un carrete 107 que se usa para las comunicaciones entre un barco de soporte 103 y un vehículo telemaniobrado (ROV) 101.

30 Un extremo de la fibra óptica 109 se puede acoplar al equipo de comunicaciones en el barco de soporte 103 y el otro extremo de la fibra óptica 109 se puede acoplar al equipo de comunicaciones y control en el ROV 101.

El carrete 107 de la fibra óptica 109 se almacena en el ROV 101. A medida que el ROV 101 se desplaza, el carrete 107 puede girar, lo que hace que la fibra óptica 109 salga del ROV 101. El extremo de la fibra óptica 109 se puede acoplar a un acoplamiento giratorio 111 para que el carrete 107 pueda girar mientras mantiene las comunicaciones entre el ROV 101 y el barco de soporte 103. En una realización, un sensor 303 puede detectar la velocidad relativa del ROV 101 a través del agua y después controlar la velocidad de rotación del carrete 107 para emitir la fibra óptica 109 a una velocidad que sea sustancialmente igual o mayor que la velocidad relativa del ROV 101 a través del agua. En otra realización, un receptor 305 puede detectar señales de control desde el barco de soporte 103. Estas señales de control pueden incluir señales de velocidad que controlan el sistema de propulsión del ROV 101. El receptor 305 puede detectar la señal de velocidad de control desde el barco de soporte 103 al ROV 101 y después controlar la velocidad de rotación del carrete 107 para emitir la fibra óptica 109 a una velocidad que sea sustancialmente igual o mayor que la velocidad de la señal de control del ROV 101 a través del agua.

Con referencia a la figura 2, en una realización, los extremos opuestos de la fibra óptica 109 pueden enrollarse alrededor de dos carretes separados o el sistema puede usar dos fibras ópticas enrolladas en dos carretes diferentes que están conectados. Cada uno de los carretes puede ser similar al carrete que se muestra en la figura 1. Un carrete se puede montar en un ROV 102 que se aleja de un barco de soporte 103 y un segundo carrete se puede montar cerca de la superficie y se puede conectar a un barco de soporte 103. El ROV 102 puede ser un "sumergible alado" que se describe en la patente de EE. UU. N° 7.131.389. Cuando el ROV 102 se aleja del barco de soporte 103, la fibra óptica 109 se retira del carrete en el ROV 102. Análogamente, cuando el barco de soporte 103 se mueve a través del agua debido a la propulsión o la corriente, la fibra óptica 109 se retira del segundo carrete. Por lo tanto, la fibra óptica 109 no se tensa significativamente incluso si el ROV 102 y el barco de soporte 103 se mueven. Una ilustración más detallada de una realización de un sistema de gestión de fibra óptica se ilustra

en la figura 3. En este ejemplo, el sistema de gestión de fibra óptica puede incluir un acoplamiento giratorio 111, el carrete 107, un motor 108 y un mecanismo emisor 301. El carrete 107 puede montarse en un eje 106 que está acoplado a un motor 108 y permite que el carrete 107 gire. El motor 108 se puede acoplar a un controlador 304 que controla la velocidad de rotación del motor 108. El controlador 304 también se puede acoplar a sensores que pueden indicar la velocidad del ROV. Por ejemplo, el controlador 304 se puede acoplar a un sensor de velocidad 303 que detecta la velocidad del ROV 101 a través del agua. El sensor de velocidad 303 puede ser un transductor de velocidad que puede ser un mecanismo mecánico, ultrasónico o cualquier otro mecanismo que detecte la velocidad del ROV a través del agua u otro fluido ambiental.

En otra realización, el sistema de gestión de fibra óptica puede incluir un receptor 305 que está acoplado a un extremo del cable óptico 109. El receptor 305 puede recibir señales de control desde el barco de soporte que controla la velocidad del ROV. En esta realización, el receptor 305 puede detectar señales de control de movimiento y transmitir las señales de control al controlador 304. El controlador puede predecir a continuación la velocidad del ROV a partir de estas señales de control y hacer que el motor 108 gire a la velocidad necesaria para liberar el cable óptico 109 a una velocidad que es igual o mayor que la velocidad predicha del ROV. En otras realizaciones, es posible tener el receptor 305 y el sensor de velocidad 303 acoplados al controlador 304 y que trabajen en combinación. Las señales del receptor 305 pueden indicar que el ROV está a punto de moverse y el controlador 304 puede hacer que el motor 108 comience a girar. Después, el sensor de velocidad 303 puede transmitir una señal de velocidad al controlador 304 de modo que la velocidad del movimiento del cable óptico 109 se corresponda con la velocidad real del ROV.

La rotación del motor puede basarse en la ecuación, velocidad del cable óptico = radio del carrete por la velocidad de rotación del motor. Por lo tanto, si el carrete mide aproximadamente 8,89 centímetros (aproximadamente 3,5 pulgadas o 0,2917 pies), la circunferencia del carrete es 55,86 centímetros (1,8326 pies). Si la velocidad detectada del ROV es 1,524 metros por segundo (5 pies por segundo), la rotación del motor debe ser mayor que 1,524 metros por segundo (5 pies por segundo)/55,86 centímetros (1,8326 pies), 2,728 rotaciones por segundo o 163,7 rotaciones por minuto (RPM). En una realización, el ROV puede viajar a menos de 304,8 centímetros por segundo (10 pies por segundo) y la velocidad de rotación correspondiente puede ser superior a 327,4 RPM.

El sistema de gestión de fibra óptica también puede incluir un mecanismo emisor 301 para retirar el cable óptico 109 del carrete 107. Si el carrete 107 solo gira mediante el motor 108, el cable óptico 109 puede enredarse antes de salir del ROV. Para que la fibra óptica 109 pueda retirarse del ROV sin problemas, el mecanismo emisor 301 puede mantener una tensión constante en la fibra óptica 109 independientemente de la velocidad de rotación del motor 108. En una realización, el mecanismo emisor 301 puede incluir una bomba de agua 321, un motor de bomba de agua 323 y un tubo de alimentación 325. El motor 323 puede accionar la bomba de agua 321 que bombea agua a través del tubo de alimentación 325. El agua puede entrar por el extremo delantero del tubo de alimentación 325 y salir por el extremo trasero del tubo de alimentación 325. El tubo de alimentación 325 puede tener un extremo delantero de diámetro más ancho y un extremo trasero de diámetro más delgado. El cable óptico 109 se coloca en el tubo de alimentación 325 y la velocidad del agua alrededor del cable óptico 109 en el tubo de alimentación 325 tira del cable óptico 109 con una tensión constante. En una realización, el cable óptico 109 puede caber a través de un orificio ajustado en el extremo delantero del tubo de alimentación 325 y salir por un orificio más ancho en el extremo trasero del tubo de alimentación 325. Debido a que el extremo trasero del tubo de alimentación 325 proporciona una ruta de menor resistencia, sustancialmente toda el agua bombeada al tubo de alimentación 325 fluirá hacia el extremo delantero y saldrá por el extremo trasero. El diámetro estrechado en el extremo trasero del tubo de alimentación 325 hará que el caudal de agua aumente al entrar en el extremo trasero del tubo de alimentación 325. Esta velocidad incrementada puede aumentar la tensión en el cable óptico 109. En otras realizaciones, se pueden usar otros tipos de mecanismos de emisión con el sistema de gestión de fibra óptica.

La tensión del cable óptico 109 causada por el mecanismo emisor 301 puede mantener una tensión de menos de aproximadamente 0,4536 kilogramos (aproximadamente 1 libra) de fuerza. En una realización, la tensión en el cable óptico 109 puede ser de aproximadamente 14,17 a 28,35 gramos (½ a 1 onza) de fuerza. Esta fuerza puede mantener la parte del cable óptico 109 entre el carrete 107 y el tubo de alimentación 325 enseñado, pero no es suficiente para hacer que el carrete 107 gire sin la rotación del motor 108. El extremo trasero del tubo de alimentación 325 puede posicionarse fuera del ROV y dirigirse hacia la parte posterior del ROV.

En una realización, el carrete 107 puede incluir una estructura cilíndrica compresible abierta 121. La figura 4 es una vista en sección transversal del carrete 107 y la figura 5 es una vista frontal del carrete 107 que tiene un cable óptico 109 enrollado alrededor de una estructura cilíndrica compresible 121. El carrete 107 puede incluir una parte cilíndrica central rígida 115, rebordes 117 y una estructura cilíndrica compresible elástica 121 que rodea la parte cilíndrica central rígida 115.

En una realización, el diámetro exterior de la estructura cilíndrica compresible 121 puede ser de aproximadamente 12,7 a 22,86 centímetros (5-9 pulgadas) de diámetro. Sin embargo, en otras realizaciones, el diámetro puede ser mayor o menor. La fibra óptica 109 se envuelve alrededor del diámetro exterior de la estructura cilíndrica compresible 121. La fibra óptica 109 se envuelve a una tensión predeterminada alrededor de la estructura cilíndrica compresible 121. En una realización, la tensión puede estar entre aproximadamente 0,4536 y 453,6 gramos (0,001 a

1 libra) de fuerza. Debido a que el carrete 107 se está usando en un entorno subacuático presurizado, la estructura cilíndrica compresible 121 no puede deformarse por el aumento de la presión del agua. La presión ambiental es directamente proporcional a la profundidad del ROV en el agua. Por ejemplo, en agua dulce el aumento de presión es de aproximadamente 2965 Newton por metro cuadrado (0,43 libras por pulgada cuadrada) (PSIG) por pie de profundidad y en agua salada, el aumento de presión es de aproximadamente 3033,69 Newton por metro cuadrado (0,44 PSI) por pie de profundidad. Por lo tanto, una inmersión de 30,48 metros (100 pies) dará como resultado una presión ambiental de 2964,75 a 3033,69 Newton por metro cuadrado (43-44 PSIG) y una inmersión de 1524 metros (5.000 pies) dará como resultado una presión ambiental de 1482,37 a 1516,85 Newton por centímetro cuadrado (2.150-2.200 PSIG). La estructura cilíndrica compresible 121 debe ser capaz de conservar su forma y permanecer compresible a presiones ambientales muy altas. Si la estructura cilíndrica compresible 121 está hecha de un material que se deforma bajo presión y el carrete está sumergido, la fibra óptica 109 se aflojará a una profundidad bastante baja. Esto hará que las fibras ópticas 109 se desorganicen en el carrete 107 y posiblemente se enreden. Cuando la fibra óptica 109 se extrae del carrete 107, la tensión no será uniforme y la fibra óptica 109 se enredará.

Con referencia a la figura 6, en una realización, la fibra óptica puede incluir un núcleo 501 que es un transmisor óptico y un recubrimiento plástico 505. En una realización, el núcleo 501 puede tener un diámetro de aproximadamente 10 μm y puede estar rodeado por un recubrimiento 505 que tiene un diámetro exterior de aproximadamente 125 μm . En otras realizaciones, el núcleo puede tener un diámetro de aproximadamente 5 a 400 μm y el recubrimiento puede tener un diámetro de aproximadamente 50 a 500 μm . El núcleo puede ser de vidrio. Sin embargo, en otras realizaciones, el núcleo puede estar hecho de otros materiales, tales como fluorozirconato, fluoroaluminato y vidrios de calcogenuro, así como materiales cristalinos como el zafiro. Los vidrios de sílice y flúor habitualmente tienen índices de refracción de aproximadamente 1,5 pero algunos materiales como los calcogenuros pueden tener índices de hasta 3. Típicamente, la diferencia de índice entre el núcleo 501 y el recubrimiento 505 es inferior al uno por ciento. En otras realizaciones, el núcleo 501 puede estar hecho de fibras ópticas de plástico (POF) que pueden tener un diámetro de núcleo de 0,5 milímetros o más. La fibra óptica 501 puede tener uno o más recubrimientos. Un recubrimiento primario interno 505 puede actuar como un amortiguador para minimizar la atenuación causada por microflexión. Los recubrimientos de fibra óptica se pueden aplicar en diversos métodos diferentes. En un proceso "húmedo sobre seco", la fibra óptica pasa a través de una aplicación de recubrimiento primario, que luego se cura por UV. El recubrimiento de fibra óptica se aplica de forma concéntrica para evitar daños en la fibra durante la aplicación por estiramiento y para maximizar la resistencia de la fibra y la resistencia a la microflexión.

El núcleo 501 puede estar rodeado por un recubrimiento plástico 505 que tiene un diámetro exterior de aproximadamente 5 a 400 μm y, en una realización preferida, el diámetro puede ser de aproximadamente 125 μm . En otras realizaciones, el núcleo 501 puede tener un diámetro y el recubrimiento 505 puede tener un diámetro de aproximadamente 50 - 500 μm . Como se discutió, el recubrimiento del núcleo de fibra óptica 501 puede ser un recubrimiento plástico externo soluble o biodegradable, especialmente diseñado para cumplir con los requisitos específicos del despliegue en el océano. El recubrimiento plástico externo 505 del núcleo de fibra óptica en bruto 501 se cambia para que sea un plástico soluble en agua, por ejemplo, un plástico que contiene almidón de maíz, que se degradaría en aproximadamente un mes en agua de mar a casi cero grados centígrados descansando sobre el lecho marino o ligeramente incrustado en el sedimento.

Otro material de recubrimiento 505 de fibra óptica potencial es el ácido poliláctico (PLA). El PLA se puede procesar como la mayoría de los termoplásticos. Existen varias formas de PLA que incluyen: poli-L-lactida (PLLA) y poli-D-lactida (PDLA) que forman un estereocomplejo altamente regular con un aumento de la cristalinidad. La biodegradación de PDLA y PLLA es más lenta que la de PLA debido a la mayor cristalinidad.

Con referencia a la figura 7, en diferentes realizaciones, el recubrimiento de fibra óptica 505 puede ser transparente u opaco. En algunos casos, la luz que se transmite a través del núcleo 501 también se puede emitir a través de un recubrimiento de fibra óptica transparente 505. Esta iluminación puede estar en la región óptica infrarroja y puede hacer que el recubrimiento de fibra óptica 505 sea un objetivo potencial para animales y otras criaturas sensibles a la luz que pueden morder o dañar el cable. Además, para aplicaciones de cobertura/defensa que tienen un cable que emite luz, los sensores pueden detectarlos. Para eliminar este problema potencial, el recubrimiento de fibra óptica 505 puede ser opaco. Se puede añadir un aditivo para hacer el recubrimiento 505 opaco. En otras realizaciones, se puede aplicar una capa opaca adicional 515 sobre el recubrimiento 505 para evitar que cualquier luz sea emitida por el recubrimiento de fibra óptica 505. La capa opaca 515 también puede ser biodegradable y puede disolverse en agua como el recubrimiento 505.

Una vez completada la misión de ROV, el ROV puede emerger y recuperarse y el cable óptico puede separarse del ROV y del barco de soporte. Con referencia a la figura 8, como el cable de fibra óptica permanece en el agua, el recubrimiento 505 y posiblemente la capa opaca 515 se disuelven en el agua. Con referencia a la figura 9, eventualmente solo queda el material del núcleo 501. El núcleo de vidrio coaxial 501 puede ser sustancialmente igual a una fibra óptica normal de un cable de fibra óptica monomodo que no tiene un recubrimiento 505 biodegradable. Dado que el núcleo 501 tiene un diámetro de solo 0,0762 milímetros (0,003 pulgadas), será extremadamente frágil sin la cubierta protectora 505. Con referencia a la figura 10, cualquier flexión o contacto físico puede causar que el núcleo óptico 501 se descomponga mecánicamente en el sedimento, volviendo esencialmente

a la "arena". Por lo tanto, la fibra dispuesta compuesta de su recubrimiento de plástico y núcleo de vidrio, es rápidamente degradable y no contaminante.

Otra característica de la presente invención es la capacidad de controlar la flotabilidad del cable óptico. En una realización preferida, la densidad del cable de fibra óptica completo es cercana pero ligeramente mayor que la densidad del agua de mar. Esta densidad retardará el descenso y, por lo tanto, minimizará el riesgo de que el cable de fibra óptica entre en contacto con el fondo del mar durante la duración de la misión. Aunque un cable de fibra óptica con flotabilidad neutra proporcionaría un tiempo de operación ilimitado, ya que el cable flotará efectivamente en el agua ambiente sin que la fibra entre en contacto con el fondo marino. Sin embargo, debido a preocupaciones medioambientales, se prefiere que la densidad sea ligeramente más alta para garantizar que la fibra caiga al fondo de manera oportuna para la asimilación en el sedimento y la biodegradación. Con referencia a la figura 8, durante el proceso de biodegradación, el fondo marino también es menos perjudicial para la vida marina, mientras que el recubrimiento externo 505 se disuelve.

En otra realización, el cable de fibra óptica puede diseñarse para ser flotante de forma neutra durante la misión, pero el recubrimiento plástico 505 puede tener una velocidad de biodegradación más rápida. Por ejemplo, dentro de 24 horas, el recubrimiento 505 puede ganar peso o perder volumen, de modo que después de que la vida útil del cable de fibra óptica se agota, el cable se hunde y se asimila rápidamente en los sedimentos del fondo. Este diseño minimiza aún más el potencial de contacto con la el fondo, lo que reduce el riesgo de rotura prematura del cable de fibra óptica. En otra realización más, el cable de fibra óptica puede tener inicialmente una flotabilidad positiva. Cuando se coloca en agua, el recubrimiento puede absorber parte del agua ambiente y el peso en el agua se puede ajustar para que sea ligeramente negativo o neutro, según lo requiera la aplicación.

Para cambiar la flotabilidad del cable de fibra óptica, se puede cambiar la densidad del recubrimiento o se pueden ajustar los diámetros relativos del núcleo y el recubrimiento. En una realización preferida de esta invención, los cambios mínimos se realizan en el utillaje de producción para la fibra. Por lo tanto, en el caso preferido, el diámetro y la densidad del núcleo 501 monomodo de vidrio no se modifica y permanece estándar. Además, el diámetro exterior del recubrimiento plástico 505 tampoco cambia para permitir el uso de herramientas de producción estándar, y los resultados deseados se obtienen solo al alterar la densidad de la capa protectora de plástico soluble exterior.

Al conocer la densidad y el diámetro del núcleo y el diámetro exterior del recubrimiento, se puede determinar la densidad requerida del recubrimiento y se puede usar un material adecuado para fabricar el cable de fibra óptica. Por ejemplo, un plástico ultra ligero tal como el polietileno de peso molecular ultra alto (UHMW) con un peso específico de 0,89 para el recubrimiento usando herramientas de producción estándar producirá una fibra óptica que está muy cerca de la flotabilidad neutra en el agua de mar. Además, el recubrimiento plástico ultraligero se puede dopar con un componente soluble tal como almidón de maíz para promover aún más la solubilidad en agua.

Como cuestión práctica, nunca se puede lograr una flotabilidad neutra perfecta, ya que la densidad del agua de mar es variable dependiendo de la temperatura, la salinidad y la profundidad. Por lo tanto, puede haber variaciones en la densidad incluso dentro de una sola masa de agua. Por lo tanto, en una realización preferida, el cable de fibra óptica tiene una flotabilidad ligeramente negativa, lo que desvía el resultado a la seguridad ambiental con la fibra dispuesta enredada en el sedimento del fondo.

Por lo tanto, la realización preferida mantendrá los diámetros de producción de fibra estándar existentes y el recubrimiento plástico se diseñará con una gravedad específica ligeramente mayor que 0,89, siendo el intervalo preferido de 0,9 a 0,94 después de las modificaciones de solubilidad.

Los siguientes cálculos son para un cable de fibra óptica con flotabilidad casi neutra. Para fibra monomodo, los núcleos de vidrio coaxial interno y externo de vidrio juntos pueden estandarizarse a un diámetro exterior de aproximadamente 0,0762 milímetros (0,003 pulgadas). Por lo tanto, el volumen de vidrio por unidad de longitud de 304,8 metros (1000 pies) es $\pi \times (\text{Radio})^2 \times \text{longitud}$ o $\pi \times (0,0762 \text{ milímetros } (0,003 \text{ pulgadas})/2)^2 \times 304,8 \text{ metros } (12,000 \text{ pulgadas}) = 1,39 \text{ centímetros cúbicos } (0,0848 \text{ pulgadas cúbicas})$. Para los cálculos de flotabilidad, la gravedad específica combinada de los dos vidrios (tienen un índice de refracción diferente y una gravedad específica ligeramente diferente) que comprende el núcleo monomodo de transmisión de luz se puede tomar como 2,7, por lo tanto, el peso por pulgada cúbica de vidrio es aproximadamente 0,044 kilogramos (0,097 libras) y el peso de 304,8 metros (1.000 pies) de vidrio de 0,0762 milímetros (0,003 pulgadas) de diámetro es de aproximadamente 0,003719 kilogramos (0,0082 libras).

El volumen de plástico por 304,8 metros (1.000 pies) de fibra monomodo con un diámetro exterior estándar tomado como 0,0254 milímetros (0,010 pulgadas) es $\pi \times (\text{Radio}) \times \text{longitud} - \text{volumen de vidrio}$ o $\pi \times (0,0254) \text{ milímetros } (0,01 \text{ pulgada})/2^2 \times 304,8 \text{ metros } (12,000 \text{ pulgadas}) - 1,39 \text{ centímetros cúbicos } (0,0848 \text{ pulgadas cúbicas}) = 14,09 \text{ centímetros cúbicos } (0,86 \text{ pulgadas cúbicas})$. El peso del plástico en un cable de fibra óptica estándar por 304,8 metros (1.000 pies), suponiendo que el peso específico del plástico es de 1,14 o 0,0186 kilogramos (0,041 libras por pulgada cúbica) es 0,01588 kilogramos (0,035 libras). Por lo tanto, un cable de fibra óptica estándar con el núcleo de vidrio y la cubierta de plástico puede tener una gravedad específica mayor que la del agua de mar. El peso total de una fibra estándar por 304,8 metros (1.000 pies) es 3,719 gramos (0,0082 libras) + 15,88 gramos (0,035 libras) = 19,5 gramos (0,043 libras). El volumen de desplazamiento de la fibra es $\pi \times (0,01/2)^2 \times 304,8 \text{ metros } (12,000$

pulgadas cúbicas) = 15,4 centímetros cúbicos (0,94 pulgadas cúbicas). El peso del desplazamiento de agua de mar por 304,8 metros (1.000 pies) de estándar es de 15,4 centímetros cúbicos (0,94 pulgadas cúbicas) x 16,78 gramos (0,037 libras)/pulgada cúbica = 15,88 gramos (0,035 libras). El agua de mar tiene una densidad de 16,87 gramos (0,037 libras) por pulgada cúbica. Por lo tanto, como referencia, la flotabilidad negativa típica de una fibra monomodo estándar es el peso del cable óptico estándar - el peso del agua que es de 19,5 a 15,88 gramos (0,043 libras - 0,035 libras) = 3,629 gramos (0,008 libras) por 304,8 metros (1.000 pies).

En una realización preferida, el utillaje de producción de fibra puede permanecer relativamente sin cambios, pero el material de recubrimiento plástico se sustituye por uno que tiene un peso específico cercano al polietileno UHMW por ejemplo (gravedad específica = 0,89, 0,01451 kilogramos (0,032 libras) por pulgada cúbica). Se puede ver que el peso del plástico por 304,8 metros (1.000 pies) de fibra se reduce a 0,01255 kilogramos (0,027 libras) por 304,8 metros (1.000 pies) y el peso total de fibra óptica con núcleo de vidrio estándar y diámetro exterior estándar es de 0,01225 kilogramos (0,027 libras) de plástico + 0,003719 kilogramos (0,0082 libras) de vidrio = 0,01588 (0,035 libras) de peso por 304,8 metros (1.000 pies) de cable de fibra óptica.

Dado que el desplazamiento del cable de fibra óptica también es de 0,01588 kilogramos (0,035 libras) por 304,8 metros (1.000 pies), esta fibra estaría muy cerca de la flotabilidad neutra con un recubrimiento estándar de 0,0254 centímetros (0,01 pulgadas) de plástico de peso ligero de diámetro exterior con una GE de 0,89. Sin embargo, en una realización preferida, considerar el impacto ambiental es tener la fibra ligeramente negativa, de modo que con el tiempo la fibra desechada llegue al lecho marino de manera segura pero que la migración hacia abajo se desacelere, lo que minimiza el contacto de la fibra con el lecho durante la misión del ROV que puede durar entre 9 y 12 horas.

Los cálculos anteriores suponen que se usan el diámetro de fibra óptica y el diámetro de la cubierta de plástico existentes. En una realización alternativa, el diámetro exterior del cable de fibra óptica se puede cambiar para lograr los resultados deseados. Según los cálculos anteriores, la gravedad específica ideal del recubrimiento plástico soluble en agua alrededor del núcleo de vidrio de la fibra óptica desplegable en el océano es 0,9 - 0,95 con un diámetro exterior estándar de 0,254 milímetros (0,01 pulgada). Esto reduciría el peso en agua de 3,629 gramos (0,008 libras) por 304,8 metros (1.000 pies) a aproximadamente 0,227 a 0,091 gramos (0,0005 - 0,002 libras) por 304,8 metros (1.000 pies), lo cual reduciría la velocidad de migración descendente teórica usando los cálculos estándar de dragado superficial por la raíz cuadrada de 10.

En otras realizaciones, es posible construir un cable de fibra óptica que tenga un diámetro exterior mayor o menor que 0,25 milímetros (0,01 pulgadas). Dado que la densidad del agua de mar es de aproximadamente 1024,156 kilogramos por metro cúbico (0,037 libras/pulgada cúbica), la densidad neta del cable de fibra óptica debe ser ligeramente mayor que 1024,156 kilogramos por metro cúbico (0,037 libras/pulgada cúbica). Un 5% - 10% de mayor densidad puede ser de entre 1,0795 gramos por centímetro cúbico (0,039 libras/pulgada cúbica) y 1,133487 gramos por centímetro cúbico (0,041 libras/pulgada cúbica). Por lo tanto, un cable de fibra óptica que tiene un recubrimiento plástico que tiene una densidad mucho más baja puede ser más delgado que 0,25 milímetros (0,01 pulgadas) y un recubrimiento que tiene una densidad más alta puede tener un diámetro mayor que 0,25 milímetros (0,01 pulgadas). Ambos cables de fibra óptica pueden tener la misma densidad neta. La densidad del cable de fibra óptica se puede representar mediante la ecuación de peso/volumen de densidad general donde peso = densidad del recubrimiento x volumen + el peso del núcleo. Al ajustar el diámetro exterior en función de la densidad del material de recubrimiento, la densidad neta del cable de fibra óptica se puede ajustar para que sea mayor que aproximadamente 1,0795 gramos por centímetro cúbico (0,039 libras/pulgada cúbica) y menor que aproximadamente 1,13487 gramos por centímetro cúbico (0,041 libras/pulgada cúbica).

La menor densidad da como resultado una menor velocidad descendente a través del agua debido a la gravedad. En comparación con un cable de fibra óptica estándar, debe transcurrir aproximadamente tres veces más tiempo para que el cable de fibra óptica entre en contacto con el fondo marino. Sin embargo, debido a otros factores a una escala tan pequeña, los cálculos de dragado estándar pueden ser inexactos. Los experimentos en el agua se realizaron en un cable de fibra óptica estándar que se permitió que se hundiera en el cañón de Monterrey de 2438,4 metros (8.000 pies) de profundidad simulando una misión típica de un vehículo. El tiempo promedio de supervivencia de la fibra estándar fue de tres horas. Después de tres horas, la fibra óptica se terminó hundiéndose en el fondo y enganchando mecánicamente un objeto en el fondo marino causando el fallo de la fibra óptica. Por lo tanto, a partir de los resultados experimentales en el océano, se muestra que la desaceleración de la migración hacia abajo en un factor de tres a cuatro dará como resultado un tiempo de supervivencia del cable de fibra óptica de al menos 9 a 12 horas o más. La velocidad de migración calculada hacia abajo debido a la gravedad, la velocidad puede reducirse en un factor de tres reduciendo la fuerza gravitacional hacia abajo o la flotabilidad negativa en un factor de 10 alcanzado como se ha descrito anteriormente.

Se entenderá que el sistema de la invención se ha descrito con referencia a realizaciones particulares, sin embargo, se podrían realizar adiciones, supresiones y cambios en estas realizaciones sin apartarse del alcance del sistema de la invención. Aunque los sistemas que se han descrito incluyen diversos componentes, se entiende que estos componentes y la configuración descrita se pueden modificar y reorganizar en otras diversas configuraciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato que comprende:
un carrete (107) para almacenar una fibra óptica (109);
5 un motor (108) para hacer girar el carrete (107) y
un transductor de velocidad (303) para detectar una velocidad de movimiento del aparato a través del agua; **caracterizado porque** el aparato comprende además un controlador (304) acoplado al motor (108) para controlar la retirada de la fibra óptica (109) del carrete (107) a una velocidad igual o mayor que la velocidad de movimiento detectada del aparato a través del agua.
- 10 2. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además:
un vehículo telemaniobrado (ROV) (101; 102) acoplado al carrete (107), el motor (108), el transductor de velocidad (303) y el controlador (304).
- 15 3. El aparato de la reivindicación 2, en el que el ROV (101; 102) es un sumergible alado.
4. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además:
un emisor (301) que aplica tensión a la fibra óptica (109) que se retira del carrete (107).
- 20 5. El aparato de la reivindicación 4, en el que el emisor (301) incluye una bomba de agua (321) que transmite el agua a través de un tubo (325) que rodea una parte de la fibra óptica (109).
6. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además:
un acoplamiento giratorio (111) unido a un extremo de la fibra óptica (109).
- 25 7. El aparato de la reivindicación 1, en el que el carrete (107) incluye:
una sección cilíndrica (115) que tiene una pluralidad de orificios de flujo de agua;
un primer reborde (117) acoplado a un extremo de la sección cilíndrica (115);
un segundo reborde (117) acoplado a un segundo extremo de la sección cilíndrica (115); y
30 un cilindro compresible (121) que rodea la sección cilíndrica (115), teniendo el cilindro compresible (121) un volumen abierto.
8. El aparato de la reivindicación 1, en el que la fibra óptica (109) es biodegradable.
- 35 9. Un aparato que comprende:
un carrete (107) para almacenar una fibra óptica (109);
un motor (108) para hacer girar el carrete (107) y
un receptor (305) acoplado a la fibra óptica (109) para recibir señales de velocidad del aparato; **caracterizado porque** el aparato comprende además

un controlador (304) acoplado al motor (108) para controlar la retirada de la fibra óptica (109) del carrete (107) a una velocidad igual o mayor que las señales de velocidad del aparato.

10. El aparato de la reivindicación 9, que comprende además:

5 un vehículo telemaniobrado (ROV) (101; 102) acoplado al carrete (107), el motor (108), el receptor (305) y el controlador (304).

11. El aparato de la reivindicación 10, en el que el ROV (101; 102) es un sumergible alado.

10 12. El aparato de la reivindicación 9, que comprende además:

un emisor (301) que aplica tensión a la fibra óptica (109) que se retira del carrete (107).

13. El aparato de la reivindicación 10, en el que el emisor (301) incluye una bomba de agua (321) que transmite el agua a través de un tubo (325) que rodea una parte de la fibra óptica (107).

15

14. El aparato de la reivindicación 9, que comprende además:

un acoplamiento giratorio (111) unido a un extremo de la fibra óptica (107).

15. El aparato de la reivindicación 9, en el que el carrete (107) incluye:

20

una sección cilíndrica (115) que tiene una pluralidad de orificios de flujo de agua;

una primer reborde (117) acoplado a un extremo de la sección cilíndrica (115);

un segundo reborde (117) acoplado a un segundo extremo de la sección cilíndrica (115); y

un cilindro compresible (121) que rodea la sección cilíndrica (115), teniendo el cilindro compresible (121) un volumen abierto.

25

16. El aparato de la reivindicación 9, en el que la fibra óptica (109) es biodegradable.

17. Un método que comprende:

30

detectar un movimiento de un vehículo telemaniobrado (ROV) (101; 102) con un transductor de velocidad (303), **caracterizado porque** el método comprende además transmitir una señal de velocidad desde el transductor de velocidad (303) a un motor (108);

hacer girar un carrete (107) que almacena una fibra óptica (109) con el motor (108) a una velocidad igual o mayor que la velocidad de un movimiento del ROV (101; 102); y

retirar la fibra óptica (109) del carrete (107) y el ROV (101; 102).

35

18. El método de la reivindicación 17, que comprende además:

colocar la fibra óptica (109) a través de un tubo (325); y

bombear agua a través del tubo (325) a una velocidad mayor que la velocidad de movimiento del ROV (101, 102).

40

19. El método de la reivindicación 18, que comprende además:

mantener una fuerza de tensión en una parte de la fibra óptica (109) entre el carrete (107) y el tubo (325).

5 20. El método de la reivindicación 19, en el que la fuerza de tensión en la porción de la fibra óptica (109) es menor que 56,7 g (2 onzas).

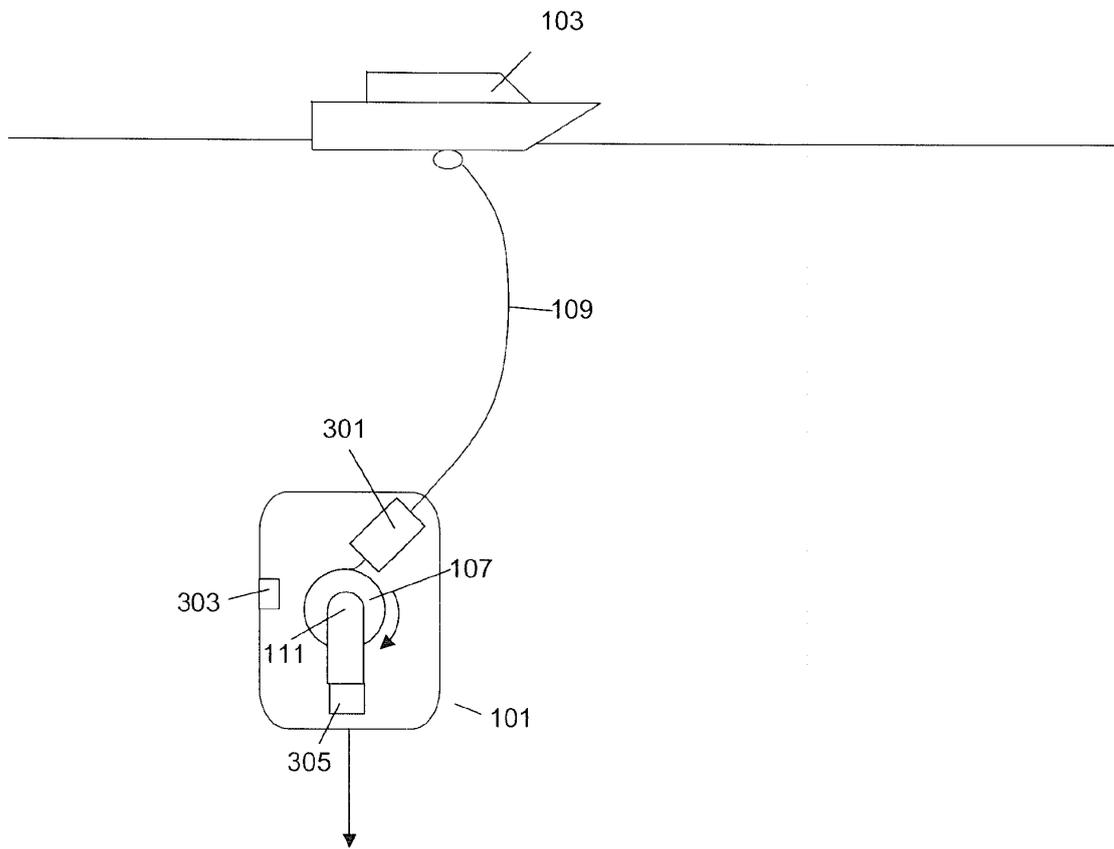


FIG. 1

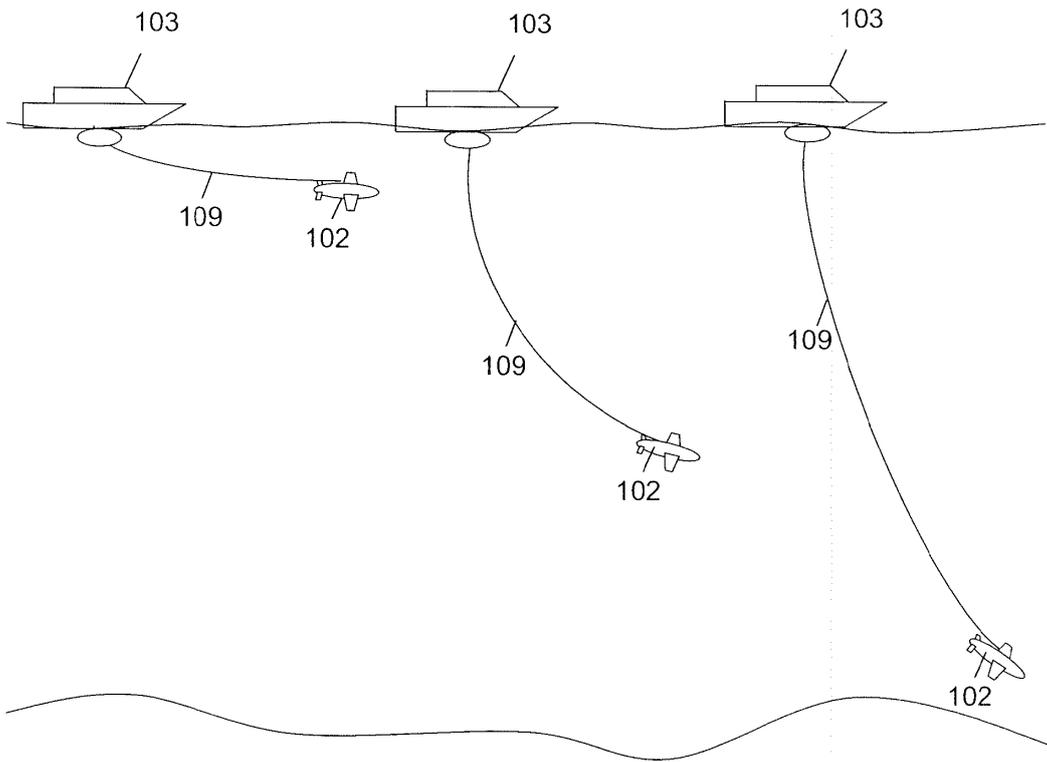


FIG. 2

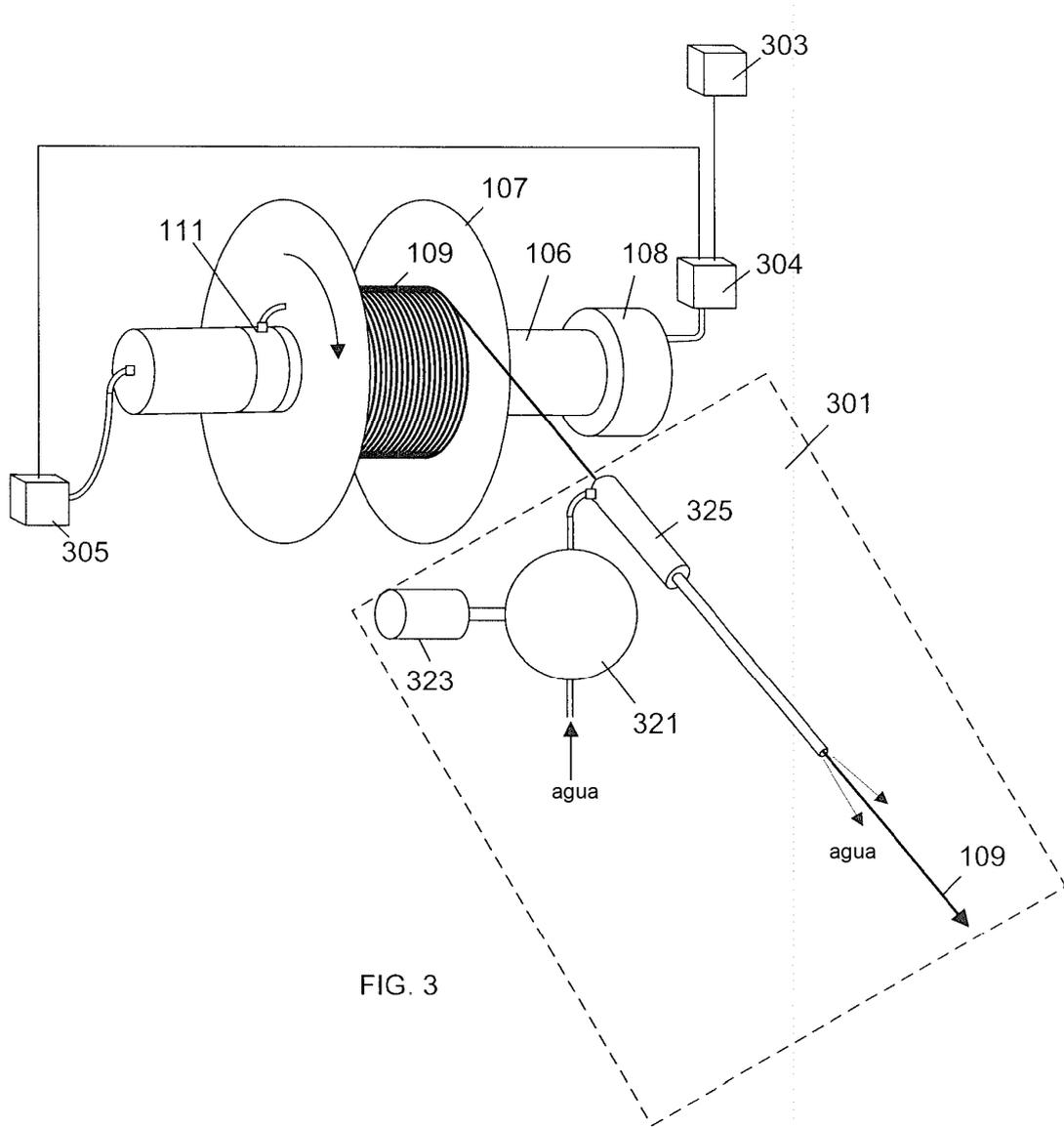


FIG. 3

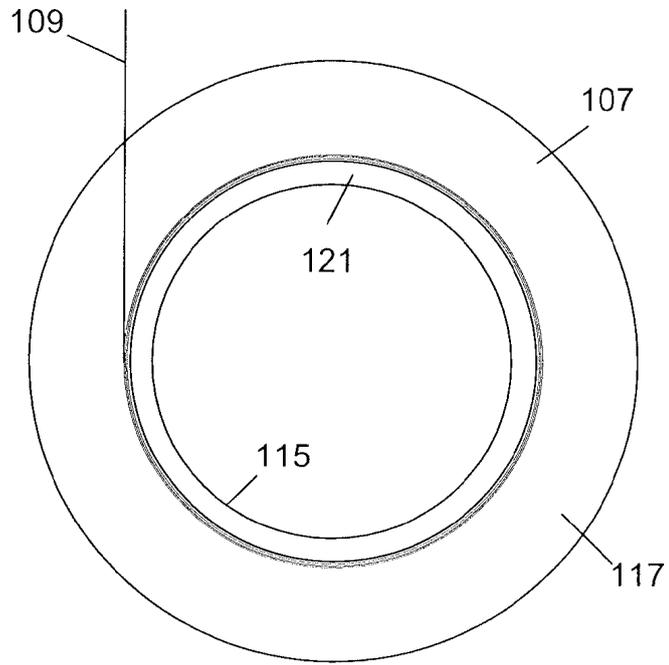


FIG. 4

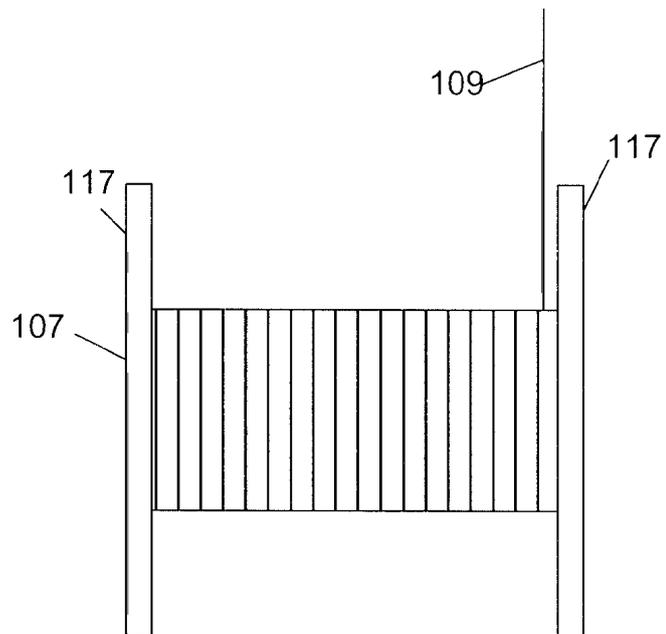


FIG. 5

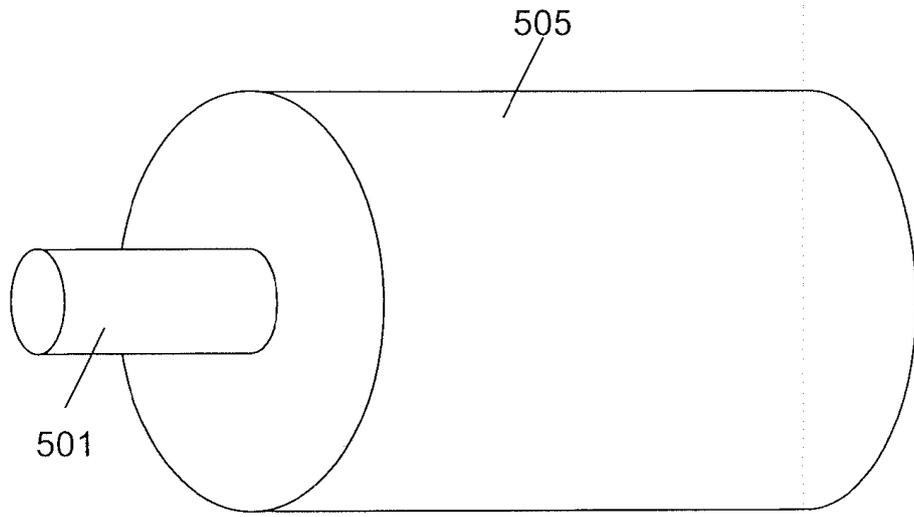


FIG. 6

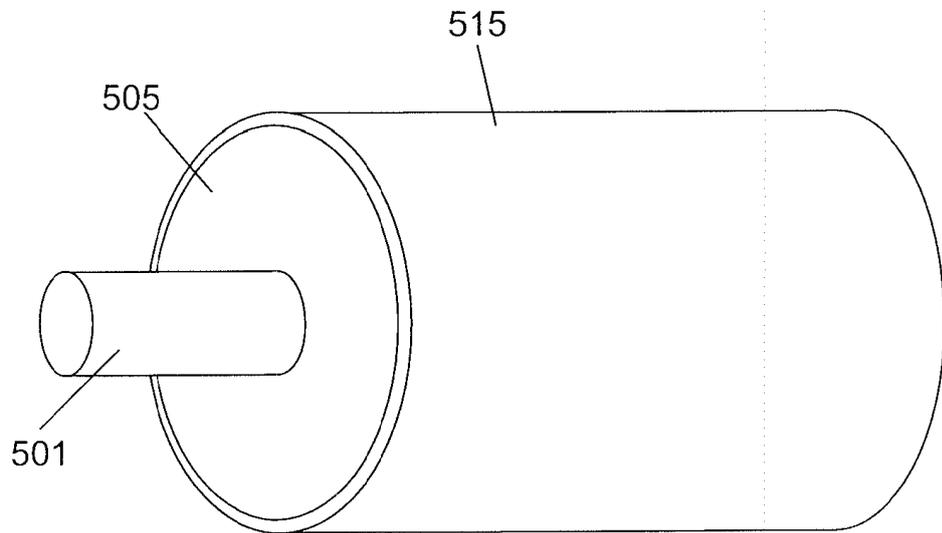


FIG. 7

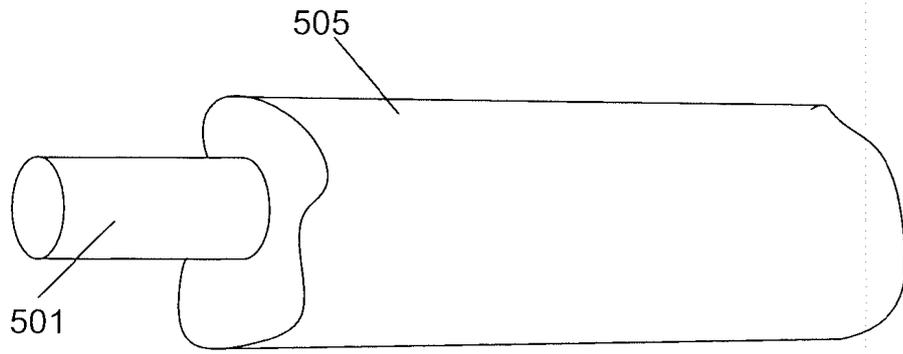


FIG. 8

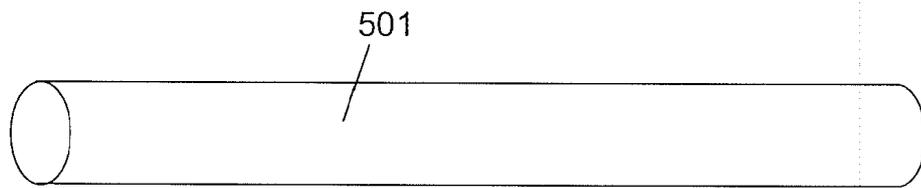


FIG. 9

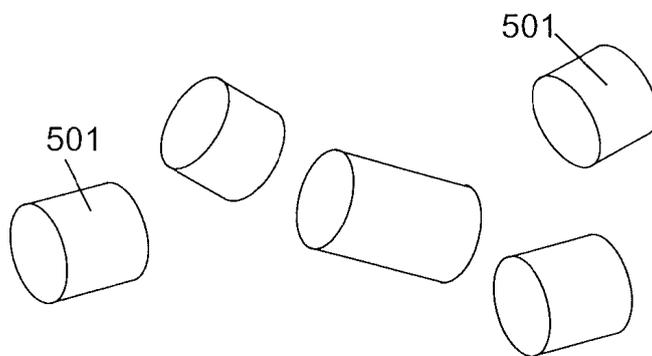


FIG. 10