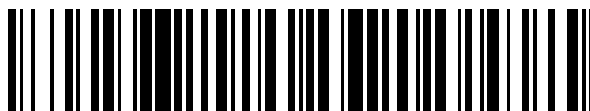


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 446 422**

51 Int. Cl.:

B63B 39/03

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2010** **E 10752943 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013** **EP 2462021**

54 Título: **Dispositivo de amortiguación del movimiento de cabeceo**

30 Prioridad:

06.08.2009 NO 20092940

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

07.03.2014

73 Titular/es:

HELLESVIK, EIRIK (100.0%)

Dalveien 16

8430 Myre, NO

72 Inventor/es:

HELLESVIK, EIRIK

74 Agente/Representante:

GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 446 422 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

Dispositivo de amortiguación del movimiento de cabeceo

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo para reducir el movimiento de cabeceo en buques oceánicos. Por otra parte, la presente invención se refiere a métodos de control del aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo para reducir el movimiento de cabeceo en buques oceánicos. Adicionalmente, la presente invención se refiere a productos de software registrados en soportes de almacenamiento de datos legibles por máquina, en los que los productos de software son ejecutables en un hardware de computación para implementar los métodos.

15 Antecedentes de la invención

Es bien sabido que los buques oceánicos se ven afectados por las olas del mar que actúan sobre los mismos, haciendo que los buques oceánicos experimenten tanto la rotación angular (cabeceo, alabeo, guiñada), así como el desplazamiento lineal (balanceo, oscilación vertical, movimientos lineales en dirección proa-popa). Para el personal de los buques oceánicos, los movimientos de cabeceo y de oscilación vertical son generalmente los más notorios. Los movimientos de cabeceo incluyen movimientos oscilatorios de buques oceánicos alrededor de su eje alargado sustancialmente horizontal, y los movimientos de oscilación vertical incluyen movimientos oscilatorios lineales de buques oceánicos en una dirección vertical.

Se sabe que el movimiento angular puede ser resistido por los dispositivos giroscópicos Coreolis, por ejemplo, tal como se emplea en los barcos propulsados por chorro de agua contemporáneos que incluyen grandes turbinas internas para la generación de los chorros de agua de propulsión; las turbinas son sinérgicamente operables para funcionar como grandes volantes de inercia de rotación. Sin embargo, tales dispositivos giroscópicos no son capaces de resistir desplazamientos lineales (balanceo, oscilación vertical, movimientos lineales de en dirección proa-popa) a cuenta del principio de conservación del momento lineal. Una empresa australiana ShipDynamics Ltd. (Australia) ha informado recientemente de un estabilizador de cabeceo giroscópico para una embarcación de 50 metros, que es capaz de evitar por completo el movimiento de cabeceo de la embarcación. Sin embargo, un dispositivo giroscópico de este tipo requiere aproximadamente 20kW de potencia de entrada para su funcionamiento y, por tanto, es un refinamiento de lujo potencialmente costoso en el mundo en el contexto de la rápida disminución de las reservas de combustibles fósiles mundiales.

En la solicitud de patente japonesa Nº JP 2006219114, se describe el dispositivo de reducción del movimiento de alabeo-cabeceo para un buque oceánico. El dispositivo emplea un sensor de supervisión del movimiento del líquido. Por otra parte, en la solicitud de patente japonesa con Nº de publicación JP 2005291830 (Shinko Engineering & Maintenance Co. Ltd.), se describe un aparato de medición por imagen y un método de medición por imagen correspondiente para detectar el nivel de líquido.

El documento US 3.968.353 se considera como la técnica anterior más próxima y divulga un sistema de amortiguación del movimiento de cabeceo con tanques transversales y una disposición de control para contrarrestar las fases de las olas en los tanques y los cabeceos del buque.

Los aparatos pasivos contemporáneos para reducir el movimiento de cabeceo en buques oceánicos que utilizan tanques de líquido, funcionan a menudo de forma inadecuada porque las características dinámicas de los tanques no se supervisan adecuadamente. En ciertas circunstancias, estos aparatos contemporáneos pueden incluso hacer que los movimientos de cabeceo de buques oceánicos sean más severos de lo que serían en el caso de los buques estuvieran desprovistos del aparato contemporáneo. En ciertas condiciones climáticas adversas, el aparato contemporáneo antes mencionado para reducir el movimiento de cabeceo puede causar un malestar considerable para el personal y/o pasajero, e incluso poner la estabilidad de los buques oceánicos en peligro momentáneo.

55 Sumario de la invención

La presente invención pretende proporcionar un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo que sea capaz de funcionar de forma más fiable y eficaz que los tipos de aparatos de amortiguación del movimiento de cabeceo pasivos conocidos.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta; se proporciona un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo para reducir el movimiento de cabeceo en un buque oceánico, caracterizado por que el aparato incluye un tanque alargado dispuesto transversalmente a través del buque parcialmente cargado con un líquido, una disposición de control para supervisar un ángulo de cabeceo (α) del buque y para controlar dinámicamente una profundidad efectiva (d) del líquido, de modo que una ola que se propaga en una superficie del líquido está al menos parcialmente en oposición de fase al movimiento de cabeceo del buque para reducir una

magnitud del movimiento de cabeceo.

La invención es ventajosa porque controlar dinámicamente la propagación de la ola superficial por medio del control dinámico de la profundidad efectiva del líquido dentro del tanque permite que el movimiento de cabeceo del buque se compense mejor por el aparato.

Opcionalmente, el aparato está adaptado para controlar la profundidad efectiva (d) de forma dinámica durante la operación mediante la extracción de líquido del tanque y/o mediante la carga de líquido en el tanque.

Opcionalmente, el aparato está adaptado para controlar la profundidad efectiva (d) de forma dinámica durante la operación mediante la modulación de una superficie inferior efectiva del tanque mediante el uso de una disposición de deflectores accionados.

Opcionalmente, el aparato incluye al menos uno de los siguientes sensores acoplado a la disposición de control para la medición de la propagación dinámica de la ola en la superficie del líquido:

- (a) una cámara dispuesta para mostrar imágenes de la superficie del líquido para supervisar una posición instantánea de la ola dentro del tanque;
- (b) una disposición de detección del nivel de líquido en la superficie dispuesta en una pluralidad de ubicaciones dentro del tanque para supervisar una posición instantánea de la ola dentro del tanque; y
- (c) una disposición de radar para supervisar la superficie del líquido para supervisar una posición instantánea de la ola dentro del tanque.

Más opcionalmente, el aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo se implementa de modo que la profundidad efectiva (d) del líquido se controla dinámicamente durante la operación extrayendo selectivamente el líquido en un primer extremo del tanque e inyectando selectivamente el líquido en un segundo extremo del tanque.

Más opcionalmente, el aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo se implementa para incluir un depósito en el que el líquido que se ha extraído del tanque se bombea y desde el que el líquido se bombea para ser inyectado en el tanque, de tal manera que el tanque y el depósito forman un sistema cerrado para el líquido.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para controlar un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo de acuerdo con el primer aspecto de la invención, caracterizado por que el método incluye:

- (a) supervisar un ángulo de cabeceo (α) de un buque oceánico equipado con el aparato;
- (b) supervisar las características de propagación de una ola superficial que se propaga en un líquido en un tanque del aparato; y
- (c) ajustar una profundidad efectiva del líquido en el tanque de manera que la propagación de la ola superficial en el tanque se controla a fin de oponerse, al menos parcialmente, a un movimiento de cabeceo del buque, como es evidente en el ángulo de cabeceo (α) del buque.

Opcionalmente, el método incluye controlar la profundidad efectiva (d) de forma dinámica durante la operación mediante la extracción de líquido del tanque y/o la carga de líquido en el tanque.

Opcionalmente, el método incluye controlar la profundidad efectiva (d) de forma dinámica durante la operación por medio de la modulación de una superficie inferior efectiva del tanque mediante el uso de una disposición de deflectores accionados.

Opcionalmente, el método incluye el uso de al menos uno de los siguientes sensores acoplados a una disposición de control del aparato para medir la propagación dinámica de la ola en la superficie del líquido:

- (a) una cámara dispuesta para mostrar imágenes de la superficie del líquido para supervisar una posición instantánea de la ola dentro del tanque;
- (b) una disposición de detección del nivel de la superficie de líquido dispuesta en una pluralidad de ubicaciones dentro del tanque para supervisar una posición instantánea de la ola dentro del tanque; y
- (c) una disposición de radar para supervisar la superficie del líquido para supervisar una posición instantánea de la ola dentro del tanque.

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un buque oceánico que incluye al menos un aparato de acuerdo con el primer aspecto de la invención para reducir un movimiento de cabeceo del buque durante su operación.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un producto de software registrado en un medio de almacenamiento de datos legible por máquina, en el que el producto es ejecutable en un hardware de computación para la implementación de un método de acuerdo con el segundo aspecto de la invención.

Se apreciará que las características de la invención son susceptibles de combinarse en cualquier combinación sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

Descripción de los diagramas

A continuación se describirán las realizaciones de la presente invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los siguientes diagramas en los que:

- La Figura 1 es una ilustración de un tanque alargado que está parcialmente cargado con un líquido, y que puede hacerse funcionar para soportar la propagación de una o más olas superficiales dentro del tanque;
- La Figura 2 es una ilustración de un buque oceánico equipado con un tanque como se ilustra en la Figura 1 dispuesto de manera transversal dentro del buque;
- La Figura 3 es una ilustración de una realización de un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo de acuerdo con la presente invención;
- La Figura 4 es una ilustración de un sensor de nivel de líquido para su uso en el aparato de la Figura 3;
- La Figura 5 es una ilustración de una disposición de deflectores accionados sumergida para modular una profundidad efectiva del tanque de la Figura 1 tal como se emplea en el aparato de la Figura 3; y
- La Figura 6 es una ilustración de un gran buque oceánico equipada con dos aparatos como se ilustra en la Figura 3.

En los diagramas adjuntos, se emplea un número subrayado para representar un elemento sobre el que se coloca el número subrayado o un elemento al que el número subrayado es adyacente. Un número no subrayado se refiere a un elemento identificado por una línea que une el número no definido al elemento. Cuando un número no está subrayado y está acompañado de una flecha asociada, el número no subrayado se utiliza para identificar un elemento general al que apunta la flecha.

Descripción de realizaciones de la invención

Haciendo referencia a la Figura 1, es bien conocido que una cantidad de líquido 10 en un tanque alargado 20 puede proporcionar una guía de olas de líquido en la que una o más olas superficiales 30 son capaces de propagarse. La una o más olas superficiales 30 tienen campos de energía dinámicas que caen de manera exponencial con la profundidad z en el líquido 10, por ejemplo, agua o aceite. Cuando el líquido 10 en el tanque 20 tiene una profundidad d del líquido en el tanque 20 se convierte en un parámetro que influye en las características de propagación de la una o más olas superficiales 20, por ejemplo, su velocidad de propagación v y también amplitud cresta a valle p . Se pueden utilizar diversos mecanismos para estimular la formación de olas superficiales en el tanque alargado 20. Un enfoque, tal como se emplea en tanques de olas experimentales, es el uso de deflectores accionados dentro del tanque 20. Otro enfoque es variar periódicamente un ángulo de inclinación α del tanque 20, estimulando de este modo la propagación de la ola superficial dentro del tanque 20. Una situación de este tipo surgiría si el tanque 20 estuviese dispuesto transversalmente a través de un buque oceánico.

Ventajosamente se considera que el tanque 20 se comporta como una guía de ola unidimensional. Por otra parte, las caras de extremo 40 del tanque 20 se pueden considerar como reflectores de ola, de tal manera que el tanque 20 se comporta después como un único elemento de ajuste dimensional, en concreto, una cavidad de ola. Si el tanque 20 se hace suficientemente corto en longitud con respecto a longitudes de ola λ de la una o más olas superficiales 30, solo unos pocos modos de longitud de ola son susceptibles de mantenerse dentro del tanque 20. Por ejemplo, es posible diseñar las dimensiones físicas del tanque 20, en concreto, su tamaño y forma, de tal manera que solo es capaz de acomodar una sola cresta de la ola que se propaga dentro del tanque 20. La presente invención se refiere a la utilización de una única ola de cresta 30 de este tipo que se propaga dentro del tanque 20. Como se ha mencionado, la velocidad de la única ola 30 que se propaga dentro del tanque 20 se determina por el campo de energía de la única ola 30 que interactúa con un plano de fondo del tanque 20; variando la profundidad d se influencia de este modo la velocidad de propagación de la única ola 30 que se propaga en vaivén entre las caras de extremo 40.

Cuando el tanque 20 se dispone transversalmente a través de un casco 110 de un buque oceánico 100, por ejemplo como se muestra en la Figura 2, y el tanque 20 se proporciona de modo que solo una sola cresta 30 es capaz, durante la operación, de propagarse entre las caras de extremo 40 del tanque 20, un movimiento de cabeceo del buque 100 por un ángulo en aproximadamente un eje alargado principal 120 del casco 110 hace que la ola 30 se transfiera a un centro de gravedad del buque 100 de un lado del buque lateral 100 al otro lado del mismo. Cuando la ola 30 en la Figura 2 se propaga totalmente en fase con el movimiento de cabeceo natural del buque 100, tal propagación de la ola 30 tiene una tendencia a mejorar un movimiento de cabeceo del buque 100, en concreto, a "amplificar" tal movimiento de cabeceo. Por el contrario, cuando la propagación de la ola 30 es sustancialmente en oposición de fase a un movimiento de cabeceo del buque 100, el movimiento de cabeceo del buque 100 se reduce potencialmente de forma significativa.

Se encuentra al observar el movimiento de las olas en un entorno oceánico abierto que las olas del mar tienen una dirección de propagación de ola predominante asociada con una dirección del viento predominante, junto con un cierto grado de movimiento de las olas al azar en otras direcciones. Se ha apreciado por el inventor de la presente invención que la propagación de olas en un entorno oceánico es un movimiento complejo con un elemento aleatorio, es decir, no es un movimiento oscilatorio regular simplista como se solía suponer hasta ahora. Por otra parte, el inventor ha apreciado también que los intentos contemporáneos para reducir el movimiento de cabeceo de los buques oceánicos mediante el uso de tanques de olas transversales pasivas han proporcionado hasta ahora resultados de rendimiento insatisfactorios porque la profundidad d del agua en dichos tanques transversales no ha sido controlada adecuadamente con respecto al movimiento de las olas del mar instantáneas. En realidad, la profundidad d del agua en los tanques transversales necesita regularse dinámicamente para que la ola 30 que se propaga lateralmente de derecha a izquierda y viceversa esté, en gran medida, en oposición de fase al movimiento de cabeceo de los buques oceánicos en los que se instalan los tanques. La presente invención se refiere a métodos de control de tanques parcialmente cargados con líquido dispuestos transversalmente a través de buques oceánicos para proporcionar una compensación estabilizadora mejorada para estos buques.

Haciendo referencia a la Figura 3 y la Figura 4, un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo se indica en general con el número de referencia 200. El aparato 200 está adaptado para su tanque asociado 20 para disponerse transversalmente a través de un buque oceánico, por ejemplo como se ilustra en la Figura 2. El aparato 200 comprende el tanque 20 cargado de manera operativa parcialmente con un líquido, por ejemplo, el líquido es ventajosamente agua, aunque se podría utilizar, como alternativa, un aceite de baja viscosidad que lubrique también las bombas para bombear el líquido. Opcionalmente, el tanque 20 se carga con aceite combustible para impulsar el buque oceánico. El tanque 20 es alargado e incluye caras de extremo 40 que pueden hacerse funcionar para funcionar como reflectores de ola; estos reflectores de ola se pueden implementar como caras de extremo planas del tanque 20 o superficies especialmente conformadas que se adaptan para conservar la energía y el momento de las olas tras la reflexión de la ola desde las caras de extremo 40. El aparato 200 incluye además una unidad de control 210 acoplada a un ordenador 220 para coordinar la operación del aparato 200. El buque oceánico tiene instalado en el mismo un sensor de ángulo de cabeceo 230 para determinar un ángulo de cabeceo α instantáneo del buque y proporcionar una señal indicativa del ángulo de cabeceo correspondiente a la unidad de control 210. Por otra parte, el aparato 200 incluye una disposición de sensor para supervisar la formación de la ola superficial y su propagación dentro del tanque 20; la disposición de sensor se implementa ventajosamente como uno o más de: una cámara óptica 240, una configuración de sensores de flotador 250 dispuestos en diversas posiciones dentro del tanque 20. La disposición de sensor se emplea por el aparato 200 para la medición de una amplitud de la ola 30, su dirección de propagación dentro del tanque 20 a partir de una serie de mediciones de posición instantánea de la ola 30 en diversos instantes de tiempo. La operación de la disposición de sensor se describirá en mayor detalle a continuación.

El aparato 200 incluye una disposición de salida para el tanque 20 dispuesto para extraer el líquido desde un primer extremo del tanque 20. La disposición de salida incluye una válvula 270 en serie con una bomba 260 que puede hacerse funcionar para bombear líquido del tanque 20 a un depósito 300. La válvula 270 y la bomba 260 se controlan durante la operación de la unidad de control 210. Adicionalmente, el aparato 200 incluye una disposición de entrada para el tanque 20 dispuesta para añadir líquido a un segundo extremo del tanque 20. La disposición de entrada incluye una válvula 290 en serie con una bomba 280 que puede hacerse funcionar para bombear líquido del depósito 300 al tanque 20. La válvula 290 y la bomba 300 se controlan durante la operación de la unidad de control 210. Mediante el uso coordinado de las bombas 260, 280 y de las válvulas 270, 290, la unidad de control 210 es por tanto capaz de ajustar dinámicamente una profundidad total (d) del líquido 10 dentro del tanque 20, así como ser capaz de estimular la formación de la ola 30 mediante la extracción de una porción del líquido 10 desde el primer extremo del tanque 20 y la adición de la porción del líquido 10 en el segundo extremo del tanque 20.

El depósito 300 es susceptible de ser implementado en diversas diferentes maneras posibles. Opcionalmente, en una primera forma, el depósito 300 es una configuración de diversos tanques pequeños que son individualmente demasiado pequeños para soportar un movimiento de ola significativo en su interior. Ventajosamente, estos diversos tanques pequeños se disponen a lo largo de un eje alargado del buque 100, es decir, cerca de su centro de gravedad. Tal disposición se conoce como un "sistema de cierre" debido a que el líquido 10 se recircula durante la operación.

Como alternativa, en una segunda forma, el depósito 300 es el propio entorno oceánico y una o más de las bombas 260, 280 y/o válvulas 270, 290 están equipadas con filtros para evitar la acumulación de desechos marinos en el tanque 20, las válvulas 270, 290 y las bombas 260, 280. Un enfoque de este tipo evita la necesidad de que el buque 100 soporte el peso del depósito 300. Opcionalmente, cuando se implementa en una segunda forma de este tipo, una entrada para el agua del océano que se tiene que inyectar en el tanque 20 se implementa de forma ventajosa en un lado inferior del buque 100; por ejemplo, un movimiento hacia adelante del buque 100 puede ayudar a forzar el agua del océano a través de un respiradero sumergido rápidamente en el tanque 20, evitando potencialmente de este modo la necesidad de la bomba 260, mientras que la gravedad se puede utilizar para ayudar a extraer el agua del tanque 20, evitando de este modo la necesidad de la bomba 280. Una segunda forma de este tipo de implementar el aparato 200 se conoce como un "sistema abierto".

La cámara **240** en la Figura 3 se implementa ventajosamente como una cámara óptica con dispositivo de carga acoplada estándar (CCD) o semiconductor de óxido metálico complementario (CMOS) operable para proporcionar datos de secuencia de píxeles a la unidad de control **210**. La unidad de control **210** en combinación con su ordenador **220** puede hacerse funcionar para mostrar imágenes de la superficie del líquido **10** en un ángulo oblicuo, y procesar después una serie de imágenes de la superficie del líquido **10** como una función del tiempo para determinar a partir de las mismas una amplitud de la ola **30**, una velocidad de propagación de la ola **30**, una posición de la ola **30** como una función del tiempo, y una dirección de propagación de la ola **30** en el tanque **20**. El control **210** deriva ventajosamente tales datos mediante la presentación de una serie de imágenes de la superficie del líquido **10** en el tanque **20** a una red neural de la unidad de control **210** y su ordenador asociado **220** que ha sido pre-programado con imágenes del tanque **20** con las diversas posiciones de ola y altura de las olas conocidas de manera que la red neural es capaz de proporcionar una indicación inmediata de la amplitud y de la posición de la ola **30**. Mediante la repetición de tal computación de red neural en diversos intervalos de tiempo conocidos se permite calcular una dirección de propagación y una velocidad de propagación de la ola **30**. La red neural se puede implementar ya sea utilizando un software en combinación con un motor de procesamiento paralelo o por medio de una red neural implementada en el hardware. Como una alternativa o complemento a la utilización de la cámara **240**, el aparato **200** puede estar provisto de un radar Doppler por microondas y/u ultrasonido para determinar la propagación característica de la ola **30** en el tanque **20**.

Haciendo referencia a la Figura 4, el sensor de flotador **250** proporciona una manera simple y robusta para medir la característica de propagación de la ola **30** en el tanque **20** sin necesidad de realizar un sofisticado procesamiento de datos dentro de la unidad de control **210** y su ordenador asociado **220**. El sensor de flotador **250** está diseñado de manera ventajosa para ser pequeño y compacto en relación con el tamaño del tanque **20** y su ola asociada **30** a fin de no influir en la propagación de la ola **30** en el tanque **20** cuando el aparato **200** está en operación. El sensor **250** incluye un flotador **360** que es boyante en el líquido **10** y que puede hacerse funcionar para deslizarse a lo largo de un miembro de detección alargado **350**. El flotador **360** tiene ventajosamente una forma anular y rodea una porción del miembro **350** durante su operación. El flotador **260** incluye una o más cavidades de flotabilidad cargadas con gas **400** y uno o más imanes permanentes **410**; el flotador **260** se fabrica ventajosamente de material plástico con las una o más cavidades **400** y los uno o más imanes permanentes **410** moldeados en su interior. El miembro de detección alargado **350** es ventajosamente un tubo hueco, por ejemplo, fabricado a partir de acero inoxidable o aluminio no magnético, en el que una serie de interruptores magnéticos al vacío encapsulados en vidrio **420** se incluyen a lo largo de una longitud del miembro **350**. La interruptores magnéticos **420** están normalmente abiertos, a menos que los uno o más imanes **410** se encuentren en estrecha proximidad a los mismos, por ejemplo dentro de un intervalo de aproximadamente 3cm, lo que hace que los interruptores **420** se cierren. Opcionalmente, el miembro **350** incluye circuitos integrados digitales a largo del mismo para la codificación de la abertura y cierre de los interruptores magnéticos **420** en una corriente de datos para su comunicación a la unidad de control **210**. Para cada sensor **250**, la unidad de control **210** y su ordenador asociado **220** pueden hacerse funcionar para recibir así rápidamente en tiempo real, a través de un enlace de datos **370**, una indicación de una profundidad instantánea del líquido **10** en la proximidad del sensor de flotador **250**, sin necesidad de que la unidad de control **210** y su ordenador **220** realicen ningún computación computacionalmente exigente. Los sensores de flotador **250** se disponen ventajosamente en una fila en el centro a lo largo del tanque **20** de su primera cara de extremo **40** a su segunda cara de extremo **40**. A partir de la profundidad instantánea medida del líquido **20** en una serie de puntos espacialmente dispuestos a lo largo del tanque **20**, se puede determinar rápidamente las características de amplitud, velocidad de propagación y dirección de propagación de la ola **30** con recursos de computación modestos. Como se ha mencionado, la disposición del flotador se puede emplear opcionalmente en sustitución de, o además de, la cámara **240**, y/o radar antes mencionado.

Las válvulas **270**, **290** se implementan de manera ventajosa como válvulas de mariposa giratorias con aletas giratorias para proporcionar una rápida respuesta de abertura/cierre, así como exhibiendo una baja resistencia al flujo cuando están en un estado abierto. Las bombas **260**, **270** se implementan de manera ventajosa como bombas de turbinas giratorias de etapas múltiples de baja inercia de forma que pueden entrar y salir rápidamente de la operación de bombeo. Se apreciará para un gran buque oceánico que el tanque **20** puede tener un tamaño muy considerable e incluir una cantidad de líquido **10** que ascienda a más de aproximadamente 1000 toneladas. En consecuencia, las bombas **260**, **270** son, entonces, elementos de equipos relativamente potentes. Opcionalmente, para obtener la respuesta dinámica más rápida, las bombas **260**, **270** se implementan cada una como una configuración en paralelo de una pluralidad de bombas más pequeñas.

La presente invención se refiere a un método de operar el aparato **200** que se muestra en la Figura 3. El método incluye:

- (a) supervisar el ángulo de cabeceo α del buque **100** equipado con el aparato **200**;
- (b) supervisar las características de propagación de una ola superficial **30** que se propaga en el tanque **20** del aparato **200**; y
- (c) ajustar una profundidad efectiva del líquido **10** en el tanque de manera que la propagación de la ola **30** en el tanque **20** se controla a fin de oponerse, al menos parcialmente, a un movimiento de cabeceo del buque **100**, como es evidente en el ángulo de cabeceo α del buque **100**.

La profundidad efectiva del líquido **10** en el tanque **20** se puede ver influenciada por la extracción de líquido **10** o por la adición de líquido en el tanque **20** a través de las bombas **260**, **280** y sus válvulas asociadas **270**, **290**, respectivamente. Además, o como alternativa, la profundidad efectiva se puede modular mediante el uso de paletas o deflectores giratorios, por ejemplo, como se ilustra en la Figura 5. En la Figura 5, una región inferior del tanque **20** está equipada con una serie de reflectores giratorios en forma de "L" **500** que pueden girar alrededor de sus ejes **510** respectivos. En una primera posición de los deflectores **500** como se ilustra con la línea continua, la profundidad efectiva del tanque **20** es menos profunda y las partes ortogonales de los deflectores **500** impiden un flujo de líquido por debajo de los deflectores **500**. En una segunda posición de los deflectores **500** como se ilustra con la línea discontinua, una porción importante de los deflectores **500** están en una orientación vertical y tienen relativamente poca influencia en la propagación de la ola **30** de tal manera que el líquido **10** tiene una profundidad efectiva que corresponde a una verdadera profundidad del líquido **10** dentro del tanque **20**. Una ventaja de los deflectores **500** es que se pueden hacer girar con gran rapidez, por ejemplo, 90° en un segundo, con relativamente poco gasto de energía para modular la profundidad efectiva del líquido **10** dentro del tanque **20** y, por lo tanto, una velocidad de propagación de la ola **30** en el tanque **20**. Mediante la adición y/o extracción selectiva de líquido **10** del tanque **20**, y, opcionalmente, mediante el uso de deflectores **500** para modular una profundidad efectiva del tanque **20**, es factible mantener la ola **30** propagándose en vaivén dentro del tanque **20** a fin de oponerse, al menos parcialmente, a un movimiento de cabeceo del buque **100** tal como se detecta por el sensor del movimiento de cabeceo **230**.

Haciendo referencia a la Figura 6, se muestra un gran buque oceánico **100** equipado con dos aparatos **200** de acuerdo con el presente invento con sus respectivos tanques **20** dispuestos transversalmente a través del buque **100** en aproximadamente las posiciones delantera y trasera dentro del buque **100**. Es factible incluir uno o más ejemplos del aparato **200**, en cada buque oceánico **100**. Opcionalmente, un ejemplo del aparato **200** se dispone también a lo largo de una longitud de un buque oceánico **100** para reducir el alabeo del buque **100**. La presente invención proporciona una ventaja cuando se reducen los movimientos de cabeceo en buques oceánicos requiriendo consumo de energía muy reducido en comparación con los correspondientes sistemas de estabilización giroscópicos, mejorando de este modo la eficiencia de combustible en buques. Por otra parte, la presente invención proporciona una reducción del movimiento de cabeceo mejorada en comparación con la proporcionada por los tanques de líquidos pasivos conocidos para reducir el movimiento de cabeceo.

Modificaciones en las realizaciones de la invención descrita en lo que antecede son posibles sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas. Expresiones tales como "incluyendo", "que incluye", "comprendiendo", "que comprende", "incorporando", "que incorpora", "consistiendo en", "que consiste en", "teniendo", "que tiene", "es" utilizadas para describir y reivindicar la presente invención, tienen por objeto interpretarse de manera no exclusiva, en concreto, permitiendo que artículos, componentes o elementos no descritos explícitamente también estén presentes. La referencia a la forma singular se debe interpretar también relacionada con la forma plural. Los números de referencia incluidos en paréntesis en las reivindicaciones adjuntas están destinados a ayudar a la comprensión de las reivindicaciones y no deben interpretarse de ninguna manera como limitativos del objeto reivindicado por estas reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo (200) para reducir el movimiento de cabeceo en un buque oceánico (100), en el que el aparato (200) incluye un tanque alargado (20) dispuesto transversalmente a través de dicho buque (100) parcialmente cargado con un líquido (10), una disposición de control (210, 220) para supervisar de un ángulo de cabeceo (α) del buque (100) y para controlar dinámicamente una profundidad efectiva (d) del líquido (10) de manera que una ola (30) que se propaga en una superficie del líquido (10) está al menos parcialmente en oposición de fase al movimiento de cabeceo del buque (100) para reducir la magnitud de dicho movimiento de cabeceo,
caracterizado por que el aparato (200) incluye un medio (240) dispuesto para mostrar imágenes de la superficie del líquido (10) para supervisar una posición instantánea de la ola (30) dentro del tanque (20);
 permitiendo dicho medio que el aparato (200) mida una amplitud de la ola, su dirección de propagación dentro del tanque (20) desde una serie de mediciones de posición instantáneas de la ola (30) en diferentes instantes de tiempo.
2. Un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo (200) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho medio (240) es una cámara (240).
3. Un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo (200) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el aparato (200) está adaptado para controlar la profundidad efectiva (d) de forma dinámica durante la operación mediante la extracción de líquido (10) del tanque (20) y/o carga de líquido (10) en el tanque (20).
4. Un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo (200) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato (200) está adaptado para controlar la profundidad efectiva (d) de forma dinámica durante la operación por medio de la modulación de una superficie de fondo efectiva del tanque (20) mediante el uso de una disposición de deflectores accionados (500, 510).
5. Un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo (200) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la profundidad efectiva (d) del líquido (10) es controlada dinámicamente durante la operación mediante la extracción selectiva de líquido en un primer extremo del tanque (20) y la inyección selectiva de líquido (10) en un segundo extremo del tanque (20).
6. Un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo (200) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho aparato (200) incluye un depósito (300) en el que el líquido (10) extraído del tanque (20) es bombeado y desde el que el líquido (10) es bombeado para su inyección en el tanque (20), de tal manera que el tanque (20) y el depósito (300) forman un sistema cerrado para el líquido (10).
7. Un método para controlar un aparato de amortiguación del movimiento de cabeceo (200) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** dicho método incluye:
 - (a) supervisar un ángulo de cabeceo (α) de un buque oceánico (100) equipado con el aparato (200);
 - (b) supervisar las características de propagación de una ola superficial (30) que se propaga en un líquido (10) en un tanque (20) del aparato (200); y
 - (c) ajustar una profundidad efectiva del líquido (10) en el tanque (20) de modo que la propagación de la ola superficial (30) en el tanque (20) es controlada con el fin de oponerse, al menos parcialmente, a un movimiento de cabeceo del buque (100), como es evidente en el ángulo de cabeceo (α) del buque (100),
 en el que dicho método incluye la implementación de la etapa (b) mediante el uso de un medio tal como una cámara (240) dispuesta para mostrar imágenes de la superficie del líquido (10) para supervisar una posición instantánea de la ola (30) dentro del tanque (20), en el que la cámara (240) permite que el aparato (200) mida una amplitud de la ola, su dirección de propagación dentro del tanque (20) a partir de una serie de mediciones de posición instantáneas de la ola (30) en diferentes instantes de tiempo.
8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el método incluye controlar la profundidad efectiva (d) de forma dinámica durante la operación mediante la extracción de líquido (10) del tanque (10) y/o carga de líquido en el tanque (20).
9. Un método de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que el método incluye controlar la profundidad efectiva (d) de forma dinámica durante la operación por medio de la modulación de una superficie de fondo efectiva del tanque (20) mediante el uso de una disposición de deflectores accionados (500, 510).
10. Un buque oceánico (100) que incluye al menos un aparato (200) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 para reducir un movimiento de cabeceo del buque (100) durante su operación.
11. Un producto de software registrado en un medio de almacenamiento de datos legible por máquina, en el que dicho producto es ejecutable en un hardware de computación (220) para la implementación de un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9.

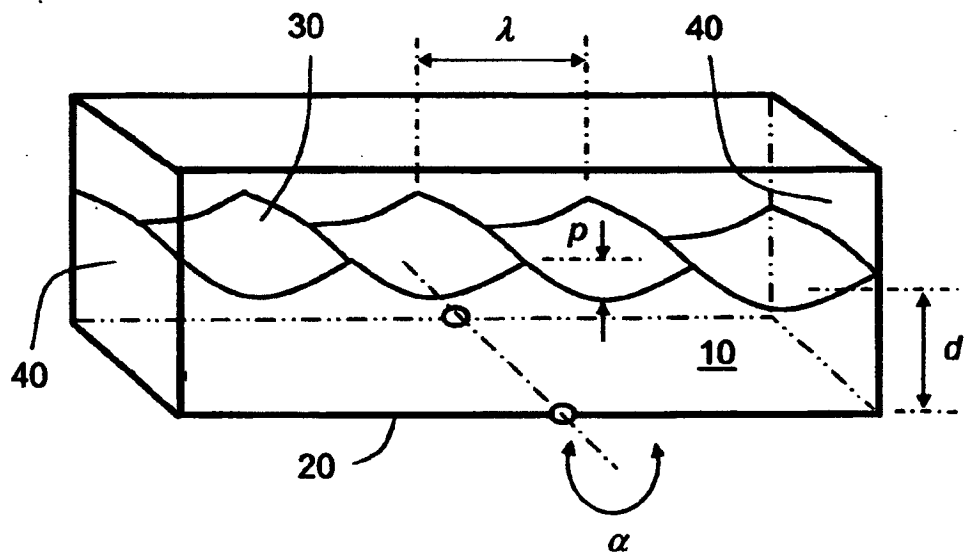


FIG. 1

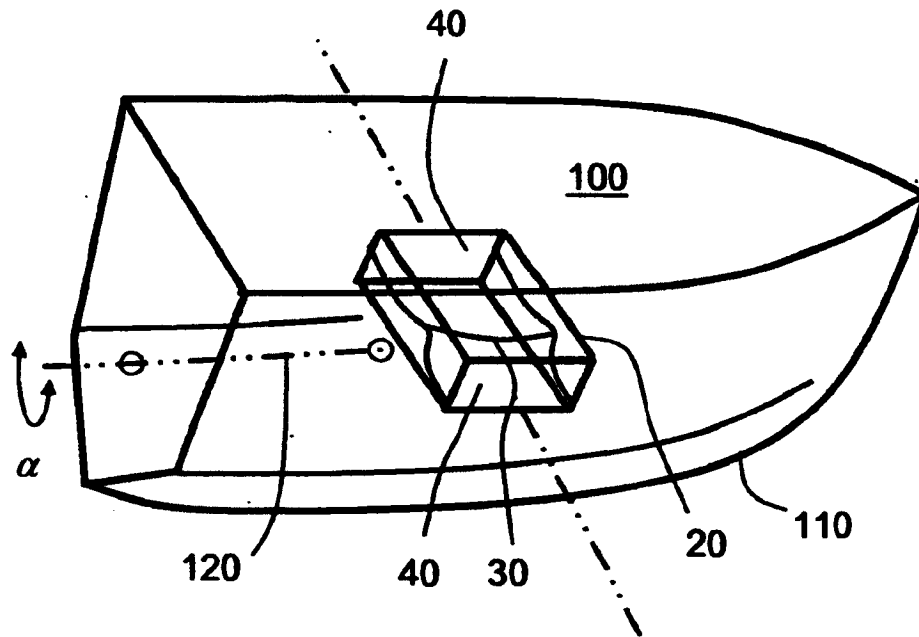


FIG. 2

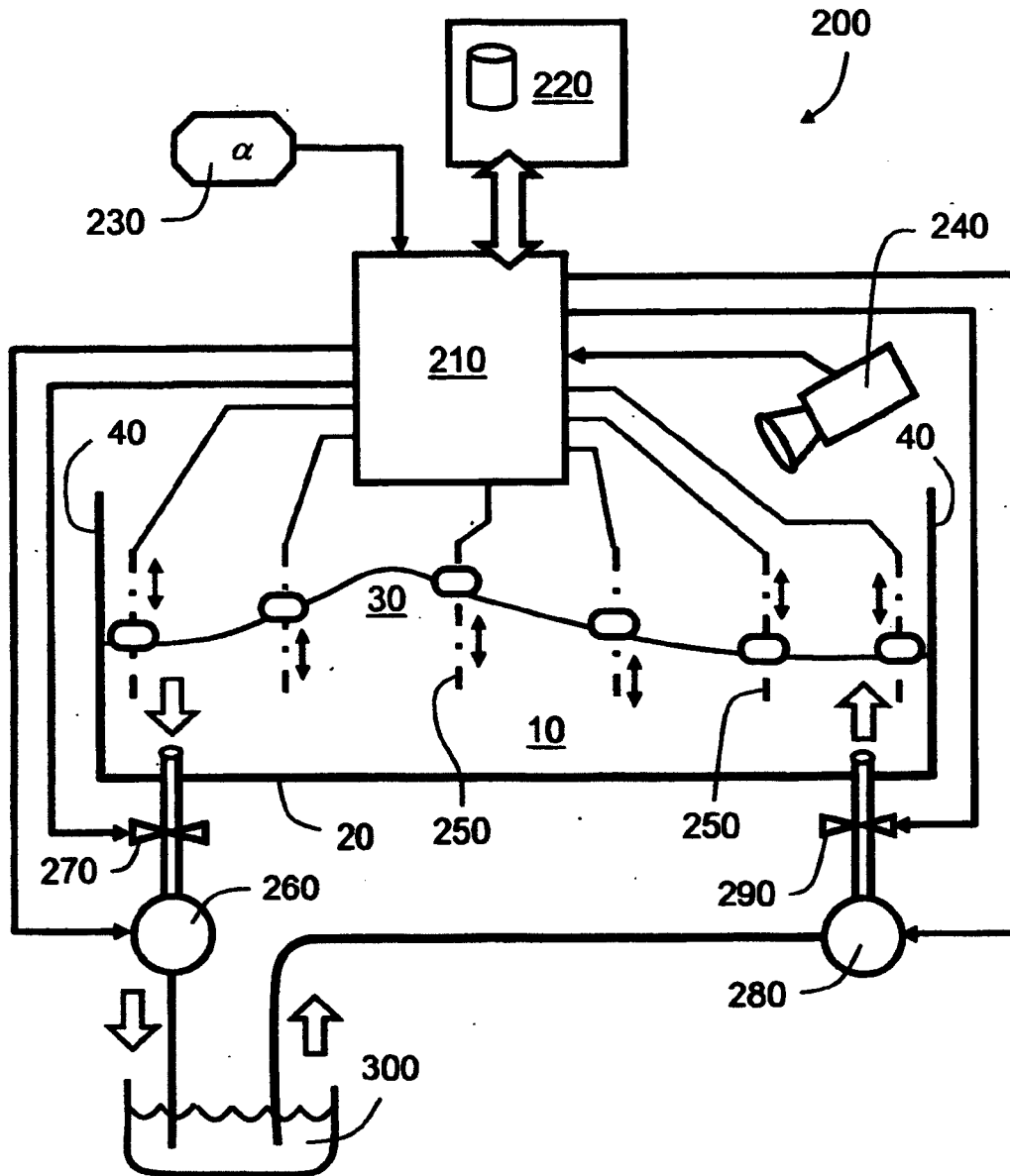


FIG. 3

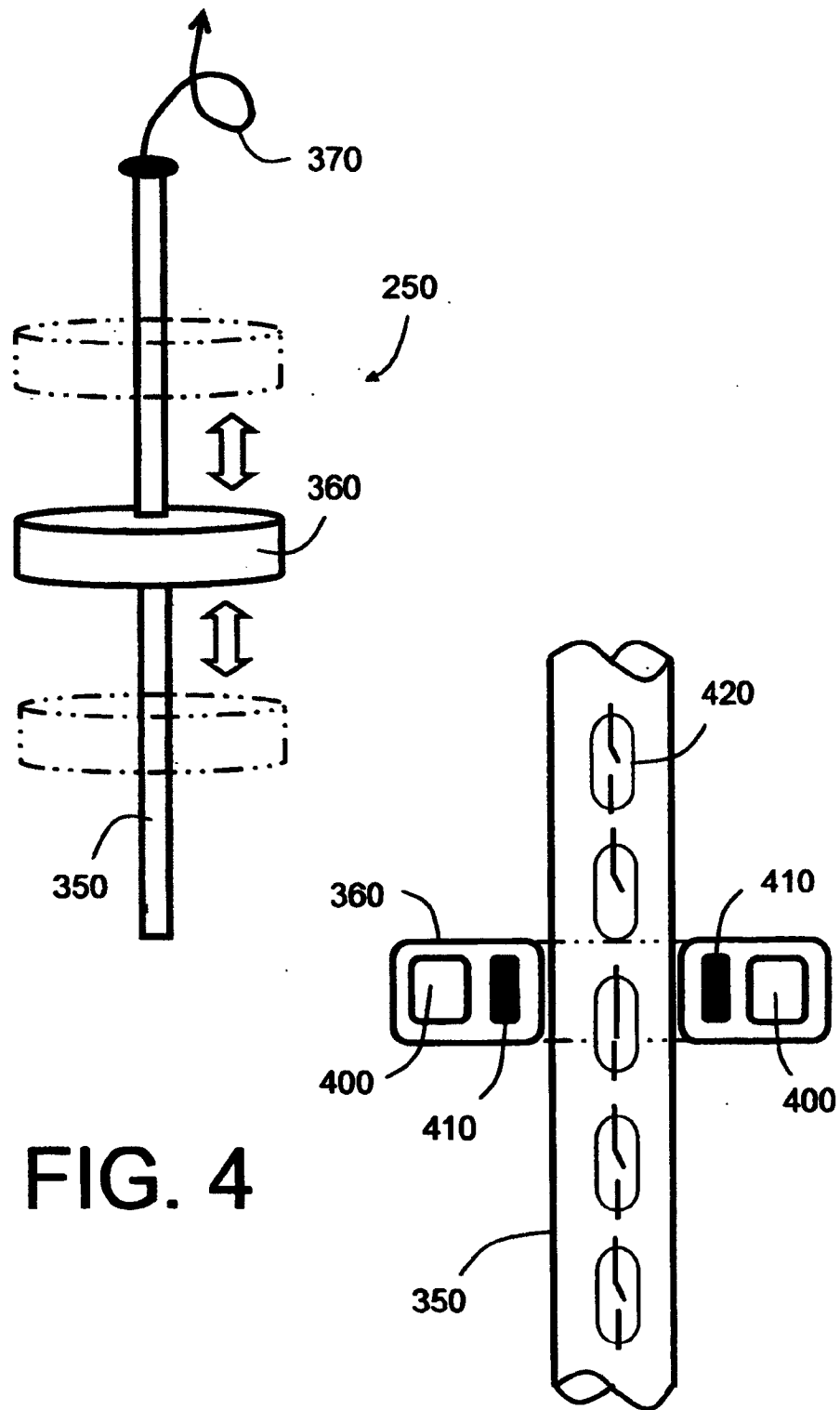


FIG. 4

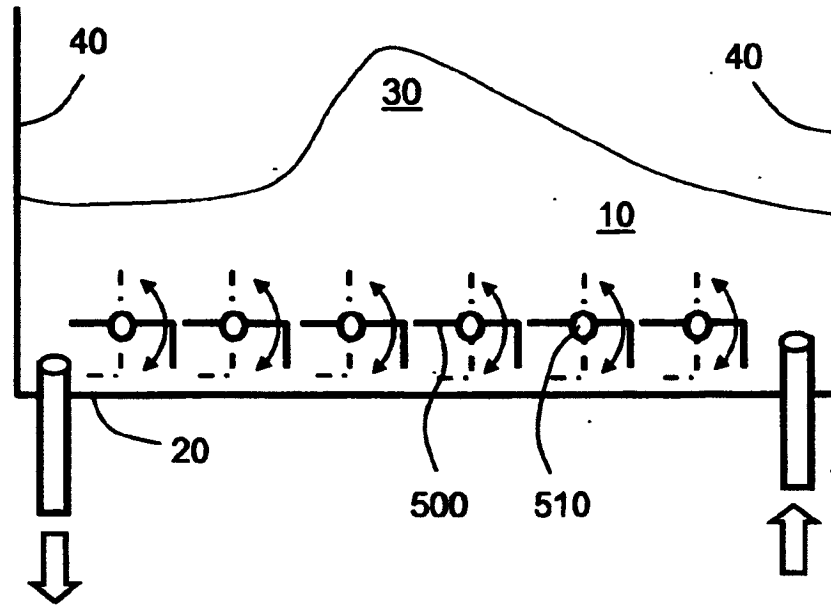


FIG. 5

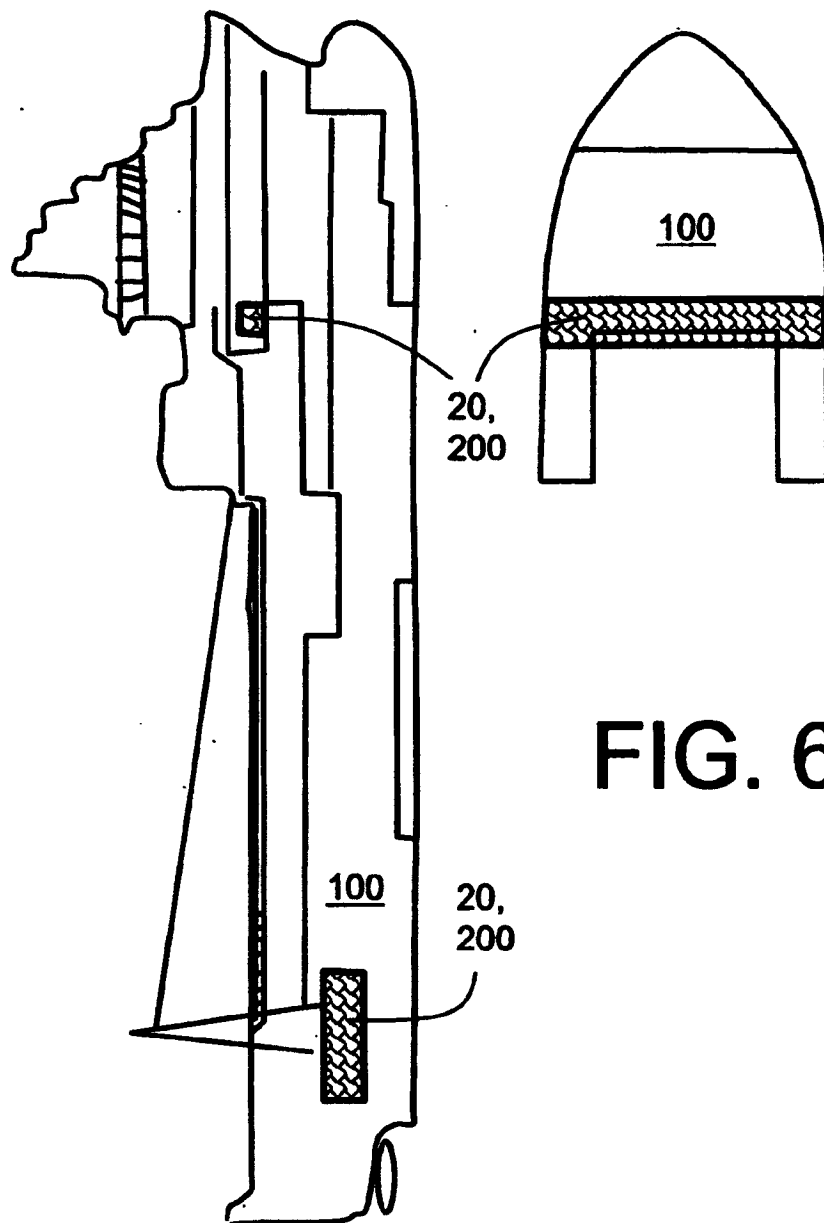


FIG. 6