(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 655 023**

(51) Int. CI.:

B60B 19/00 (2006.01)
B60B 19/12 (2006.01)
B60B 19/04 (2006.01)
B60B 19/14 (2006.01)
B60B 33/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2013 PCT/EP2013/058949**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **07.11.2013 WO13164327**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2013 E 13719838 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2844498**

(54) Título: **Rueda esférica y vehículo que implementa la rueda**

(30) Prioridad:

30.04.2012 FR 1253981

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.02.2018

(73) Titular/es:

ALDEBARAN ROBOTICS (100.0%)
43 rue du Colonel Pierre Avia
75015 Paris, FR

(72) Inventor/es:

CLERC, VINCENT y
MAISONNIER, BRUNO

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

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

Rueda esférica y vehículo que implementa la rueda

La invención se refiere a una rueda esférica destinada a mover un vehículo y un vehículo que implementa la rueda.

Convencionalmente, los vehículos de cuatro ruedas se equipan con ruedas orientables que les permite cambiar de dirección. Las ruedas se conectan al vehículo por medio de conexiones de pivote y, en el caso de las orientables, se añade un grado adicional de libertad de giro. Cuando las ruedas orientables son motrices, unas juntas de cardán permiten accionar las ruedas a la vez que permiten modificar la orientación del eje de la conexión de pivote. Este tipo de configuración no permite realizar radios de giro pequeño. En otras palabras, es imposible hacer pivotar el vehículo en su lugar sin velocidad.

Por otra parte, se ha intentado realizar un vehículo que posee ruedas esféricas que pueden pivotar cada una sobre sí misma. Un ejemplo de una tal realización se describe en la solicitud de patente publicada bajo el número JP 2007-210576. Este documento describe una rueda que comprende dos hemisferios. La rueda se acciona por un árbol motor horizontal que arrastra en rotación un soporte que lleva los dos hemisferios. Estos últimos se montan en el soporte cada uno por medio de una conexión de pivote. Las dos conexiones de pivote están alineadas. Su eje común es perpendicular al eje de rotación del árbol motor. Un vehículo, tal como un robot, puede equiparse con cuatro ruedas tal como se describe en el documento JP 2007-210576. Se dispone, por lo tanto, los ejes de los árboles motores de cuatro ruedas perpendicularmente entre sí. Las ruedas se encuentran, por lo tanto, alineadas por pares. El accionamiento de dos ruedas de un primer par permite mover el vehículo en la dirección perpendicular al eje común de este par de ruedas. Para el segundo par de ruedas, los hemisferios giran libremente alrededor de su conexión de pivote. Un movimiento del robot en una dirección perpendicular se obtiene accionando las ruedas del segundo par. Por supuesto, los movimientos combinados son posibles. Esto permite al vehículo desplazarse en cualquier dirección e incluso girar sobre sí mismo.

Esta realización presenta un inconveniente. En efecto, el árbol motor de una rueda penetra en la rueda por un plano ecuatorial de la rueda, situado entre los dos hemisferios. Se define el plano ecuatorial por analogía a la esfera terrestre. Este plano separa los dos hemisferios que se pueden asemejar a los hemisferios terrestres norte y sur. El árbol motor debe poseer cierta rigidez, lo que le impone un diámetro mínimo. Los dos hemisferios, por lo tanto, están separados en al menos ese diámetro. En la práctica, es necesario añadir al diámetro del árbol un juego funcional que evite que los hemisferios froten contra el árbol motor. Se obtiene, por lo tanto, dos hemisferios limitados cada uno por un plano. Los planos de los dos hemisferios son paralelos y se disponen a una distancia que no podemos reducir sin riesgo de perjudicar la rigidez del árbol motor.

Cuando el plano ecuatorial de la rueda está en posición vertical en relación con el suelo, que suponemos horizontal, una discontinuidad del apoyo de la rueda sobre el suelo aparece. Más particularmente, Cuando la rueda es motriz, el plano ecuatorial de la rueda entra en contacto con cada vuelta de rueda con el suelo y hace un paso de apoyo sobre el suelo de un hemisferio a otro y, por lo tanto, de un plano de un hemisferio al otro. Durante el paso por esta discontinuidad, una parte de adherencia se puede producir, la curvatura de la rueda se pierde momentáneamente e interviene un ruido a gran velocidad en cada paso.

La invención tiene como objetivo una rueda esférica en la que los inconvenientes de la discontinuidad se reducen. Dicho de otro modo, la invención tiene como objetivo permitir el uso de un árbol motor de diámetro más grande sin aumentar la discontinuidad.

A tal efecto, la invención tiene por objeto una rueda esférica destinada a mover un vehículo, motorizándose la rueda en rotación por un árbol que puede girar alrededor de un eje, caracterizada porque comprende dos casquetes cuya superficie sigue la superficie esférica de la rueda y limitadas cada una por un plano, porque los casquetes se articulan cada uno por medio de una conexión de pivote en relación con el árbol, siendo un eje de cada una de las conexiones de pivote perpendiculares al plano del casquete considerado y, porque los planos que limitan los dos casquetes se cruzan.

Dicho de otro modo, los ejes de las dos conexiones de pivote no se alinean.

La invención tiene igualmente por objeto un vehículo que comprende al menos tres ruedas según la invención. Los ejes de los árboles de al menos dos ruedas no se alinean.

La invención se comprenderá mejor y otras ventajas surgirán con la lectura de la descripción detallada de un modo de realización dado a modo de ejemplo, descripción ilustrada por el dibujo adjunto en el que:

las figuras 1 y 2 representan una rueda esférica que implementa el principio de la invención;
las figuras 3 y 4 representan curvas que muestran la optimización de un ángulo de apertura de los casquetes que pertenecen a una rueda según la invención;
las figuras 5 y 6 representan una primera variante de realización de la rueda;
las figuras 7 y 8 representan una segunda variante de realización de la rueda;
las figuras 9, 10 y 11 representan varias formas de superficie de la rueda;

la figura 12 representa un ejemplo de vehículo equipado con varias ruedas.

Para mayor claridad, los mismos elementos llevarán las mismas referencias en las diferentes figuras.

Las figuras 1 y 2 representan una rueda 10 esférica destinada a mover un vehículo 11. La figura 1 se representa de perfil y la figura 2 en perspectiva. La rueda 10 se motoriza en rotación por un árbol 12. El vehículo 11 se representa por la caja y el árbol 12 se conecta a la caja por una conexión 13 de pivote. El eje de rotación del árbol 12 lleva la referencia 14.

Según la invención, la rueda 10 comprende dos casquetes 15 y 16 cuya superficie sigue la superficie esférica de la rueda 10. El casquete 15 se limita por un plano 17 y el casquete 16 se limita por un plano 18. Los casquetes 15 y 16 se articulan cada uno por medio de una conexión de pivote, respectivamente 19 y 20 en relación con el árbol 12. El eje 21 de la conexión 19 de pivote es perpendicular al plano 17 del casquete 15 y el eje 22 de la conexión 20 de pivote es perpendicular al plano 18 del casquete 16. Las dos conexiones 19 y 20 de pivote se disponen en el interior de su casquete respectivo y se detallarán más adelante.

Es posible realizar los casquetes 15 y 16 diferentes, pero ventajosamente, éstos son idénticos y se disponen de manera simétrica en relación con el árbol 12. Dicho de otro modo, los planos 17 y 18 se cruzan según una línea recta que posee un punto 30 de intersección con el eje 14 del árbol 12. En esta configuración, los ejes 21 y 22 de las dos conexiones 19 y 20 de pivote se cruzan y forman un ángulo no cero entre ellos.

La rueda 10 está destinada a rodar sobre el suelo 25 marcado en las figuras 1 y 2. Uno de los dos casquetes 15 y 16 está en contacto con el suelo 25. Cuando el árbol 12 acciona la rueda 10, ésta mantiene un contacto con el suelo 25 según un círculo 26 de la superficie esférica de la rueda 10. En este movimiento, el vehículo posee un vector de velocidad perpendicular al eje 14 al punto 27 de intersección entre el eje 14 y un plano que contiene le círculo 26. Cuando el vector de velocidad del vehículo 11, aplicado al punto 26, no es perpendicular al eje 14, el casquete que está en contacto con el suelo comienza a girar libremente alrededor de su conexión de pivote.

Dicho de otro modo, el casquete en contacto con el suelo puede animarse de dos movimientos: una primera rotación motriz alrededor del eje 14 y una segunda rotación del eje de su conexión de pivote. Las dos rotaciones pueden, por supuesto, combinarse en función de la dirección del vector de velocidad del vehículo en el punto 26.

En el funcionamiento de la rueda 10, aparece una singularidad cuando el casquete entra en contacto con el suelo 25, el casquete 16 en la figura 1, tiene su plano 18 horizontal. En esta configuración, si el vehículo posee un vector aplicado en el punto 27 no perpendicular al eje 14, entonces el casquete 16 no puede girar alrededor de su conexión 20 de pivote y se desliza en el suelo 25. Para evitar este deslizamiento, cada casquete 15 y 16 comprende un rodillo dispuesto en la prolongación de la conexión de pivote del casquete considerando y asegurando un rodamiento al nivel de la superficie esférica. Más particularmente, el casquete 15 se equipa con un rodillo 28 y el casquete 16 con un rodillo 29. Los rodillos 28 y 29 pueden poseer un solo grado de libertad de rotación alrededor de un eje perpendicular al eje 14. Este movimiento de rotación es suficiente para evitar el deslizamiento de la rueda en una configuración de singularidad. Los rodillos poseen cada uno una línea recta de rodamiento que sigue la superficie esférica de la rueda 10.

También es posible dar a cada rodillo 28 y 29 dos grados de libertad de rotación alrededor de un punto situado sobre el eje de la conexión de pivote correspondiente. El rodillo posee siempre un punto de su superficie de rodamiento situado en la prolongación de la conexión de pivote considerada y se alinea con la superficie esférica de la rueda 10. Este rodillo, que podemos asemejar a una bola loca, en un alojamiento es más fácil de colocar que un rodillo con un grado de libertad.

Se ha visto anteriormente que durante la rotación de la rueda 10, el contacto sobre el suelo 25 se realiza sobre un punto del círculo 26 cuyo plano que le contiene es perpendicular al eje 14. Por otra parte, en el ejemplo donde los planos 17 y 18 se cruzan según una línea recta que posee un punto 30 de intersección con el eje 14 del árbol 12, se puede definir una distancia y entre los planos 17 y 18 al nivel del círculo 26 y una distancia de que separa los planos 17 y 18 al nivel de la intersección de los planos 17 y 18 con la superficie esférica, la intersección más alejada del punto 30. Esta distancia d representa el diámetro más grande posible para el árbol 12. En la práctica, para evitar cualquier fricción entre el árbol 12 y los casquetes 15 y 16, se prevé un juego funcional entre el árbol 12 y los casquetes 15 y 16. A continuación, para simplificar la explicación, asemejaremos la distancia d al diámetro del árbol 12. Se constata que el hecho de seleccionar una disposición de los planos 17 y 18 intersectante permite para una distancia y dada aumentar el diámetro d del árbol 12, lo que permite aumentar la rigidez del árbol o, incluso, para un diámetro d dado, se reduce la distancia y que forma una discontinuidad en el rodamiento de la rueda 10. Se trata de la misma discontinuidad que la descrita para la técnica anterior.

Las figuras 3 y 4 representan curvas de optimización de un ángulo formado entre los dos planos 17 y 18. Se define un ángulo α de inclinación del eje 14 en relación con el plano del suelo 25 considerado como una superficie horizontal. Este ángulo α se encuentra entre el círculo 26 y un radio de la esfera perpendicular al plano del suelo 26, es decir, un radio vertical.

En el ejemplo representado, se toma como hipótesis que el plano 18 puede tomar una posición paralela al suelo 25

representado aquí horizontalmente, como se representa en la figura 1. En consecuencia, el eje 22 de la conexión 20 de pivote que pertenece al casquete 16, en la configuración de la figura 1, es un radio vertical de la esfera. El ángulo de apertura de los dos planos 17 y 18 es entonces igual a 2a. Esta hipótesis no es obligatoria para implementar la invención. Ella limita, no obstante, el deslizamiento al nivel de la singularidad tratada por los rodillos.

Las dos curvas dan el valor de la distancia y. Una primera curva 32 representa la evolución de la distancia señalada como y_1 en función de la posición del punto 30. de intersección. Los parámetros de este cálculo son el ángulo a, el radio r de la esfera y la distancia d. La curva se inicia por un punto de intersección situado en el infinito, es decir, según la técnica anterior.

La ecuación general da:

$$y_1 = d - 2r + \tan\alpha\left(\operatorname{sen}\alpha + \sqrt{1 - \frac{d^2}{4r^2}}\right) \qquad (1)$$

Se han dado como valores numéricos: d = 10 mm y r = 70 mm. Se constata que la distancia y_1 disminuye cuando el punto 30 de intersección se acerca a la rueda 10.

Una segunda curva 33 representa la evolución de la distancia señalada como y_2 en función del ángulo de apertura de los dos planos 17 y 18 cuando el punto 30 de intersección se sitúa en la superficie de la esfera.

La ecuación general da:

$$y_2 = 2r(1 - \operatorname{sen}\alpha)\tan\alpha \qquad (2)$$

Se conservan los mismos valores numéricos: d = 10 mm y r = 70 mm. Las dos curvas 32 y 33 se representan en las mismas coordenadas. La figura 2 muestra las dos curvas 32 y 33 en función de un ángulo que varía de 0 a 90 °. Los ángulos de grandes valores solo presentan poco interés. En efecto, parece difícil motorizar un vehículo cuando los ejes 14 de sus ruedas están demasiado inclinadas. Nos interesa esencialmente valores de ángulo inferiores a 10 °. Esta parte de las curvas 32 y 33 se representan en vista ampliada en la figura 4.

Las dos curvas 32 y 33 tienen un punto de intersección 35 que, para los valores numéricos seleccionados, da un ángulo α de 2 ° y un valor de distancia y de 4,84 mm. En la práctica, la parte de la primera curva 32 que se extiende más allá del punto 35 de intersección no es realizable porque el punto 30 estaría en el interior de la esfera. Del mismo modo, la parte de la segunda curva 33 que se extiende por debajo del punto 35 de intersección no se puede realizar porque los casquetes 15 y 16 interferirían con el árbol 12. En consecuencia, el mejor valor se sitúa en el punto 35 de intersección. Este valor es teórico. Es necesario prever juegos funcionales, por una parte, entre los casquetes 15 y 16 cerca del punto 30 y, por otra parte, entre los casquetes y el árbol 12 al nivel de la distancia d.

La figura 5 representa un ejemplo de realización de la rueda 10 en sección quebrada que contiene, por una parte, para el casquete 15, el eje 21 de la conexión 19 de pivote y el eje del rodillo 28 y, por otra parte, para el casquete 16, el eje 22 de la conexión 20 de pivote y el eje del rodillo 29.

La rueda 10 comprende un soporte 40 solidario con el árbol 12. El casquete 15 comprende una estructura 41 de soporte rígido y una capa 42 de material flexible. Asimismo, el casquete 16 comprende una estructura 43 de soporte rígido y una capa 44 de material flexible. Las capas 42 y 44 de material flexible poseen dos características seleccionadas para permitir la adherencia a un suelo 25 sobre el cual la rueda está destinada a rodar. Las capas 42 y 44 forman la superficie esférica de los casquetes 15 y 16. Las capas 42 y 44 se realizan, por ejemplo, de caucho o de silicona.

La conexión 19 de pivote conecta el soporte 40 y la estructura 41 de soporte rígida. La conexión 20 de pivote conecta el soporte 40 y la estructura 43 de soporte rígida. En el ejemplo representado, cada una de las conexiones 19 y 20 de pivote se forma por dos cojinetes: por una parte 46 y 47 para la conexión 19 y, por otra parte 48 y 49 para la conexión 20. Se entiende que es posible implementar otro número de cojinetes por casquete en función de la rigidez deseada para la rueda 10. En este modo de realización, los cojinetes se forman por medio de un espaciador que se interpone entre el soporte 40 y la estructura de soporte correspondiente. El separador se realiza, por ejemplo, de un material que permite obtener un bajo coeficiente de fricción. Se puede usar, por ejemplo, politetrafluoroetileno. Son posibles otros modos de realización de los cojinetes. Se pueden usar, por ejemplo, cojinetes de rodamientos para limitar el par que resiste en la rotación de las conexiones 19 y 20 de pivote.

Para cada casquete 15 y 16, la capa de material flexible correspondiente se interrumpe para permitir el paso del rodillo. Ventajosamente, cada casquete comprende un anillo de contención configurado para limitar la fluencia de la capa al nivel de su interrupción. La fluencia de la capa de material flexible interviene, en particular, con la presión de la rueda 10 sobre el suelo 25 debido al peso del vehículo 11. El hecho de limitar la fluencia alrededor del rodillo

permite reducir las dimensiones de interrupción sin correr el riesgo de una fricción entre el rodillo y la capa de material flexible. Tal fricción podría impedir la rotación del casquete alrededor de su conexión de pivote. De este modo, se puede estar más cerca del borde de la capa de material flexible del rodillo y, de este modo, limitar la discontinuidad del apoyo de la rueda 10 sobre el suelo 25 al nivel del paso de un apoyo entre la capa de material flexible y el rodillo.

Para el casquete 15, el anillo de contención comprende, por ejemplo, una nervadura 51 realizada en la estructura 41 de soporte y que envuelve el rodillo 28. Asimismo, para el casquete 16, una nervadura 52 realizada en la estructura 43 portadora envuelve el rodillo 29. La figura 6 representa una vista parcial ampliada de la rueda 10 al nivel de la nervadura 52. Es posible realizar las estructuras 41 y 43 portadoras por moldeo, moldeándose las nervaduras 51 y 52 con las estructuras de soporte. Los anillos 51 y 52 de contención pueden ser de forma cilíndrica alrededor del eje de la conexión de pivote respectiva, como se representa en la figura 5. Pero, ventajosamente, los anillos 51 y 52 de contenciones son de forma troncocónica alrededor del eje de la conexión de pivote respectiva, cerrándose la forma troncocónica conforme se acerca a la superficie esférica del casquete correspondiente, como se representa en la figura 6. Esto permite reducir aún más las dimensiones de la interrupción, es decir, limitar aún más la distancia entre el borde de la capa de material flexible y el rodillo. El anillo de contención no interfiere con el montaje del rodillo, que se puede realizar por el interior del casquete.

Ventajosamente, cada casquete 15 y 16 comprende una o varias nervaduras 55 rígidas dispuestas en la capa de material flexible y configuradas para hacer evolucionar la flexibilidad de la capa en función de una distancia al plano del casquete considerado. Las nervaduras 55 se realizan ventajosamente en la estructura de soporte del casquete considerado. Las figuras 7 y 8 representan un ejemplo de implementación de las nervaduras 55. La figura 7 representa la rueda 10 en perspectiva y la figura 8 representa la rueda 10 en sección de forma similar a la figura 5. La figura 7 representa un ejemplo de distribución de las nervaduras 55 en cada uno de los casquetes 15 y 16. Las nervaduras 55 se distribuyen como meridianos en la superficie terrestre colocando el rodillo en el polo, representando los planos 17 y 18 paralelos de la superficie terrestre. En la figura 7 se han dispuesto ocho nervaduras 55 sobre cada uno de los casquetes 15 y 16. Otros números de ranuras también son, por supuesto, posibles. En la figura 8, las nervaduras 55 aparecen de perfil. Cerca del rodillo, las nervaduras 55 tienen una altura sustancialmente igual al espesor de la capa 42 o 44 de material flexible. Se puede prever un ligero recubrimiento de la nervadura 55 por la capa de material flexible con el fin de conservar la misma adherencia de la rueda 10, cuando el contacto con el suelo se realiza al nivel de una nervadura o entre dos nervaduras 55. Cerca del plano que limita con el casquete, el plano 17 para el casquete 15 y el plano 18 para el casquete 16, las nervaduras 55 tienen una altura muy baja, incluso nula, respecto con el espesor de la capa de material flexible. Esta evolución de la altura de las nervaduras 55 permite adaptar la flexibilidad de la capa de material flexible.

Es posible realizar una rueda 10 que posee a la vez los anillos de contención y las nervaduras 55.

Ventajosamente, la capa de material flexible se ranura con el fin de mejorar la adherencia de la rueda 10 al suelo 25. Se representan diversos ejemplos de disposiciones de ranuras en las figuras 9 a 11. Estas ranuras permiten una mejor adherencia a los diferentes tipos de suelo. La invención se implementa ventajosamente por un robot que puede usarse en interiores. Las ranuras forman esculturas que mejoran la polivalencia del robot para suelos de tipo moqueta, mármol, parqué, hormigón, alfombra, etc... Las ranuras comprenden bordes afilados que se extienden en todas las direcciones. En efecto, a diferencia de las ruedas conocidas, que solo poseen una única conexión de pivote, una rueda esférica según la invención puede girar según dos grados de libertad de rotación alrededor del centro de su superficie esférica. Por lo tanto, es ventajoso no privilegiar ninguna dirección en el diseño de las ranuras.

Ventajosamente, una densidad de área de ranuras aumenta conforme se alejan del plano 17 o 18 del casquete 15 o 16 considerado. Este aumento de densidad está bien visible en las figuras 9 a 11. Las ranuras están más juntas cerca de la interrupción de la capa de material flexible para el paso del rodillo correspondiente que cerca del plano 17 o 18. Esta disposición permite mejorar la garantía de una transición sin deslizamiento entre la capa de material flexible y el rodillo. Se limita de este modo el riesgo de fricción de la rueda entre la capa de material flexible y el suelo cerca de la transición. Una tal fricción no permitiría o retrasaría el paso de un contacto de la rueda sobre uno de sus rodillos.

Las ranuras permiten igualmente drenar el agua cuando la rueda 10 se utiliza sobre suelo mojado.

La figura 12 representa un vehículo 11 equipado con tres ruedas 10 según la invención. Este vehículo es, por ejemplo, un robot. Se puede implementar igualmente la invención para vehículos que comprenden más de tres ruedas. Por ejemplo, para un vehículo de cuatro ruedas, los ejes de ruedas opuestas se sitúan en un mismo plano vertical en relación con un suelo horizontal, formando de este modo pares de ruedas. Los planos que contienen los ejes de los dos pares de ruedas son perpendiculares. De forma más general, los ejes de los árboles de al menos dos ruedas no se disponen en un mismo plano, lo que permite al vehículo moverse en cualquier dirección conservando sus ruedas 10 sobre el suelo 25 por medio de un control adaptado.

REIVINDICACIONES

1. Rueda esférica destinada a mover un vehículo (11), estando la rueda (10) motorizada en rotación por un árbol (12) que puede girar alrededor de un eje (14), **caracterizada porque** comprende dos casquetes (15, 16) cuya superficie sigue la superficie esférica de la rueda (10) y limitado cada uno por un plano (17, 18), **porque** los casquetes (15, 16) están articulados cada uno por medio de una conexión (19, 20) de pivote en relación con el árbol (12), siendo un eje (21, 22) de cada una de las conexiones (19, 20) de pivote perpendicular al plano (17, 18) del casquete (15, 16) considerado, **y porque** los planos (17, 18) que limitan los dos casquetes (15, 16) se cruzan.

2. Rueda según la reivindicación 1, **caracterizada porque** los planos (17, 18) que limitan los dos casquetes (15, 16) se cruzan según una línea recta que posee un punto (30) de intersección con el eje (14) del árbol (12).

3. Rueda según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** cada casquete (15, 16) comprende un rodillo (28, 29) dispuesto en la prolongación de la conexión (19, 20) de pivote del casquete (15, 16) considerado y asegurando un rodamiento al nivel de la superficie esférica.

4. Rueda según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** cada casquete (15, 16) comprende una estructura (41, 43) de soporte rígida y una capa (42, 44) de material flexible cuyas características se seleccionan para permitir la adherencia a un suelo (25) sobre el que la rueda (10) está destinada a rodar, formando la capa (42, 44) de material flexible la superficie esférica del casquete (15, 16).

5. Rueda según las reivindicaciones 3 y 4, **caracterizada porque** en cada casquete (15, 16), la capa (42, 44) de material flexible está interrumpida para permitir el paso del rodillo (28, 29) y **porque** cada casquete (15, 16) comprende un anillo (51, 52) de contención configurado para limitar la fluencia de la capa (42, 44) de material flexible al nivel de su interrupción para permitir el paso del rodillo (28, 29).

6**.** Rueda según la reivindicación 5, **caracterizada porque** el anillo (51, 52) de contención es de forma troncocónica alrededor del eje de la conexión de pivote correspondiente, cerrándose la forma troncocónica conforme se acerca a la superficie esférica del casquete (15, 16) correspondiente,

7**.** Rueda según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizada porque** cada casquete (15, 16) comprende una o varias nervaduras (55) rígidas dispuestas en la capa (42, 44) de material flexible y configurada para hacer evolucionar la flexibilidad de la capa (42, 44) de material flexible en función de una distancia al plano (17, 18) del casquete (15, 16) considerado.

8. Rueda según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizada porque** la capa (42, 44) de material flexible está ranurada con el fin de mejorar la adherencia de la rueda (10).

9. Rueda según la reivindicación 8, **caracterizada porque** una densidad de área de las ranuras aumenta conforme se alejan del plano (17, 18) del casquete (15, 16) considerado.

10**.** Vehículo **caracterizado porque** comprende, al menos, tres ruedas (10) según una de las reivindicaciones anteriores y **porque** los ejes (14) de los árboles (12) de al menos dos ruedas (10) no están dispuestos en un mismo plano.

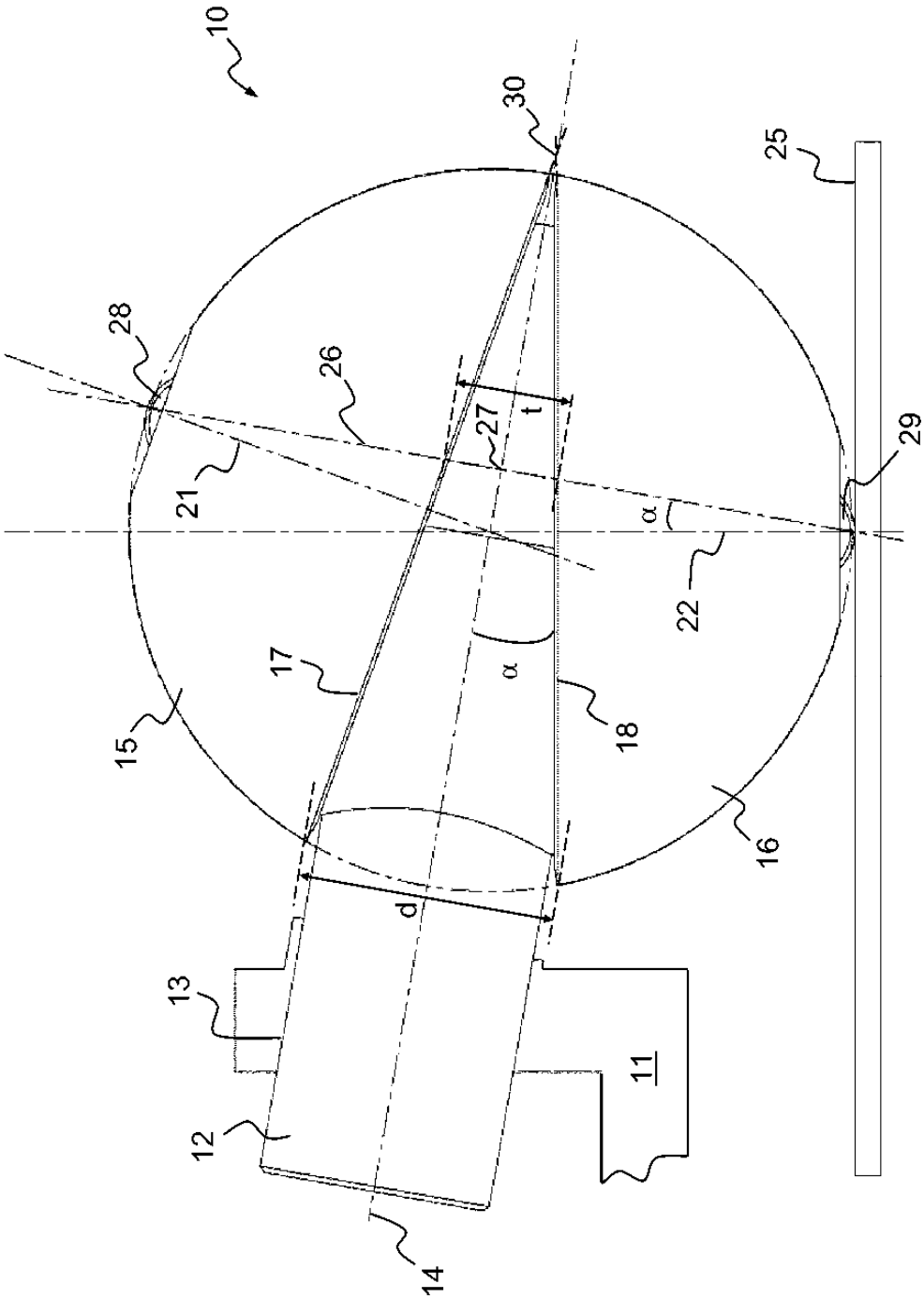

FIG.1

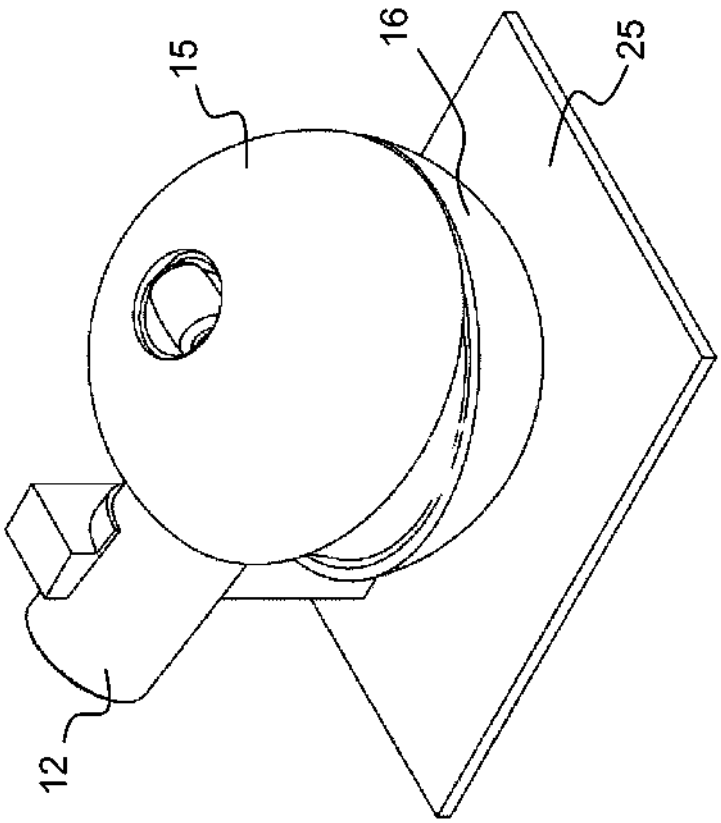

FIG.2

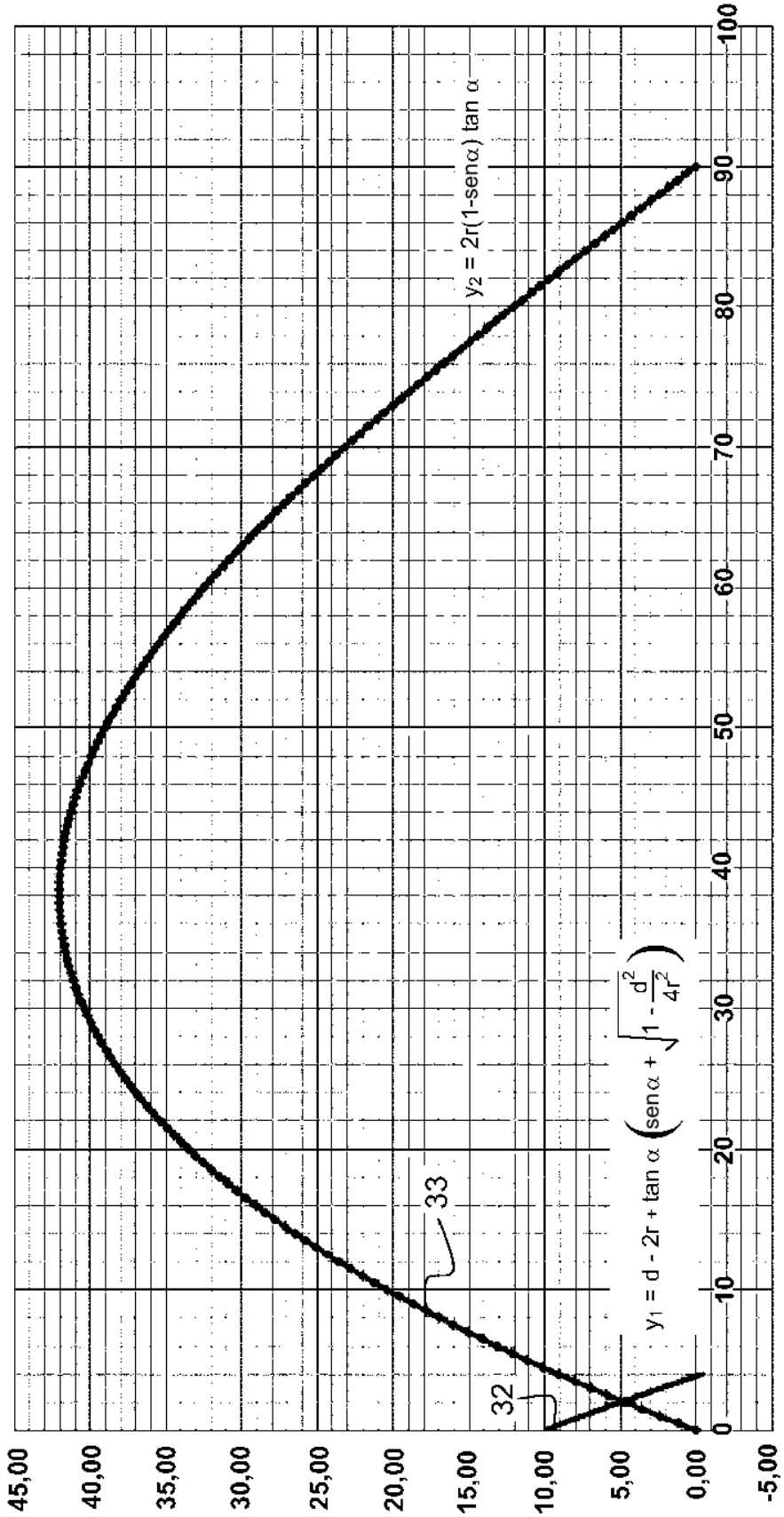
45,00
40,00
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
-5,00
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
$y_2 = 2r(1-\text{sen}\alpha)\tan\alpha$
$y_1 = d - 2r + \tan\alpha\left(\text{sen}\alpha + \sqrt{1 - \frac{d^2}{4r^2}}\right)$
33
32

FIG.3

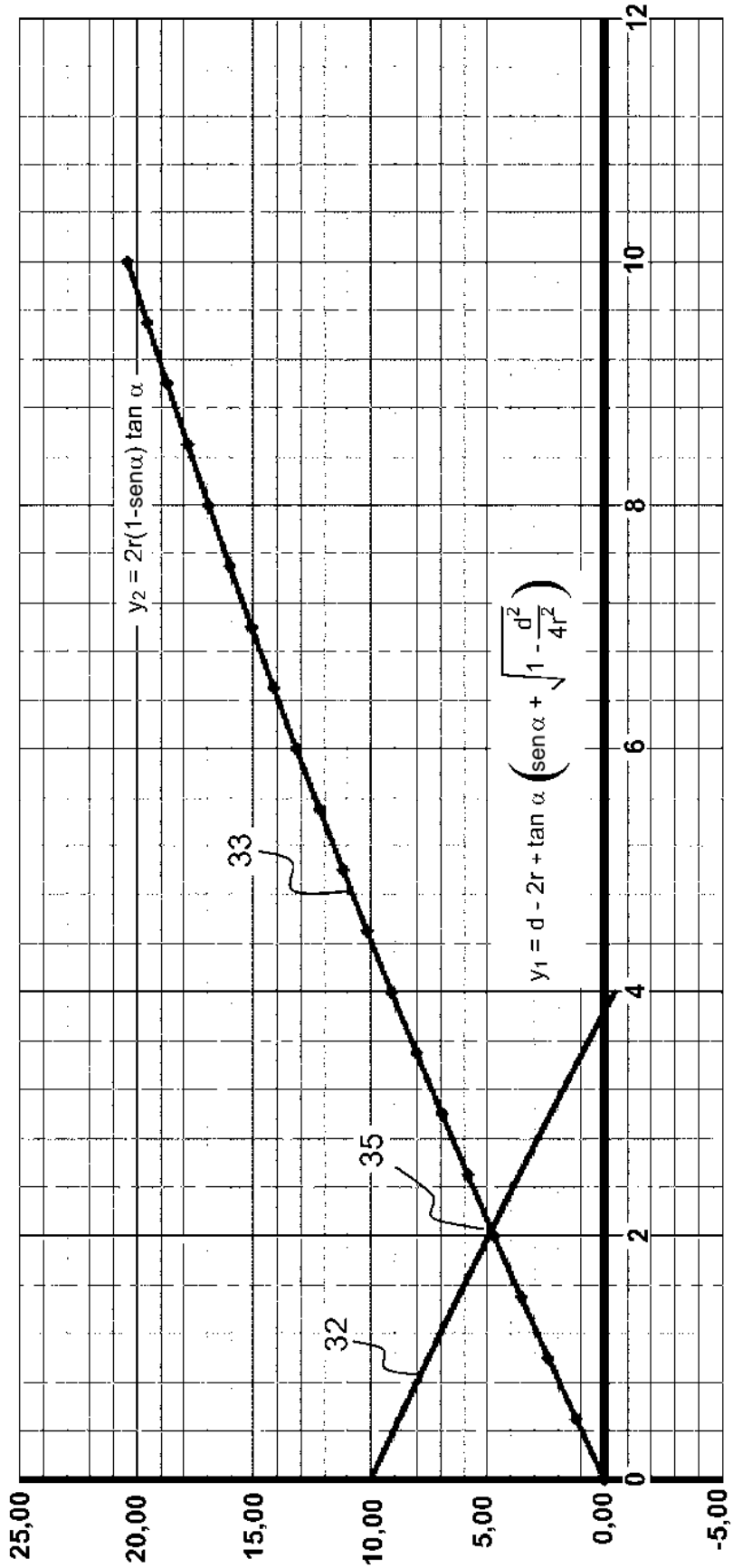
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
-5,00
0
2
4
6
8
10
12
$y_2 = 2r(1-\text{sen}\alpha)\tan\alpha$
$y_1 = d - 2r + \tan\alpha\left(\text{sen}\alpha + \sqrt{1 - \frac{d^2}{4r^2}}\right)$
33
35
32

FIG.4

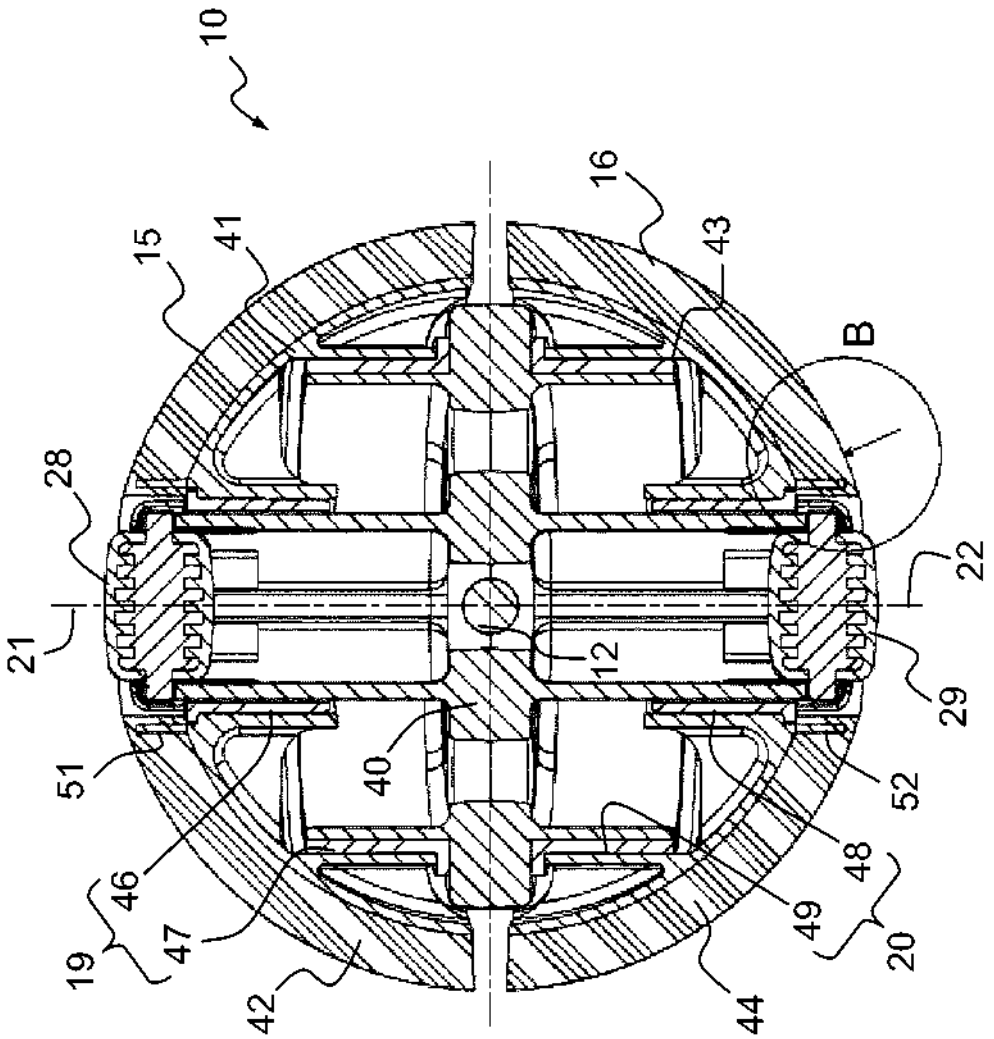

FIG.5

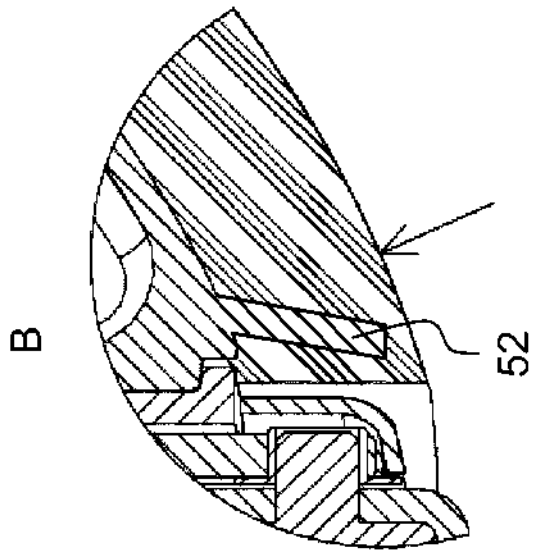

FIG.6

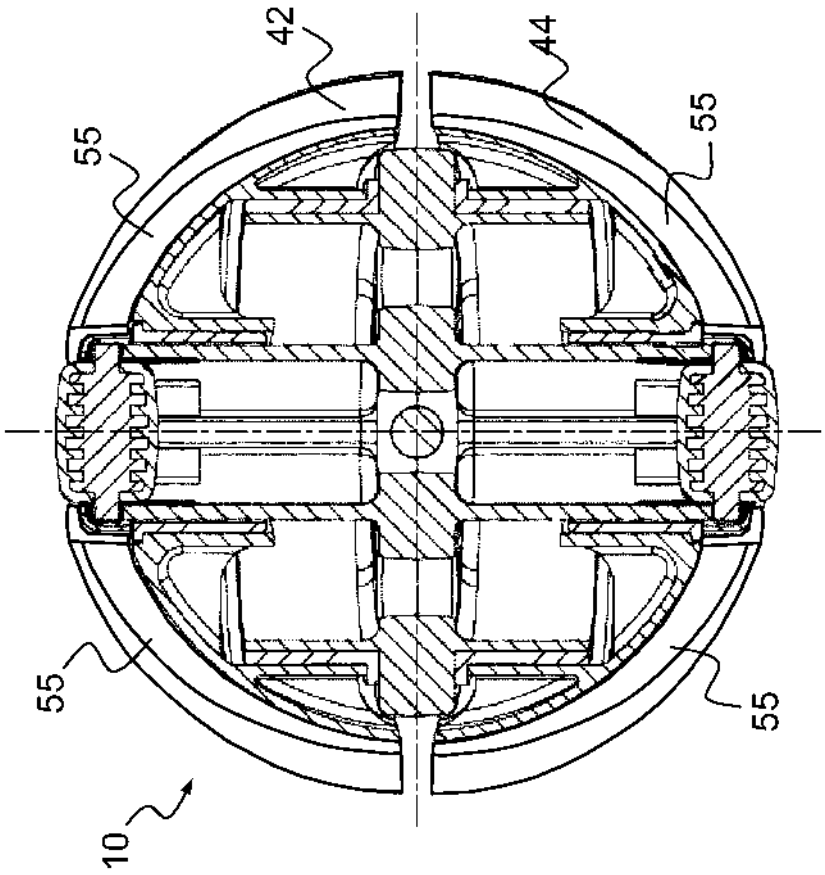

FIG.8

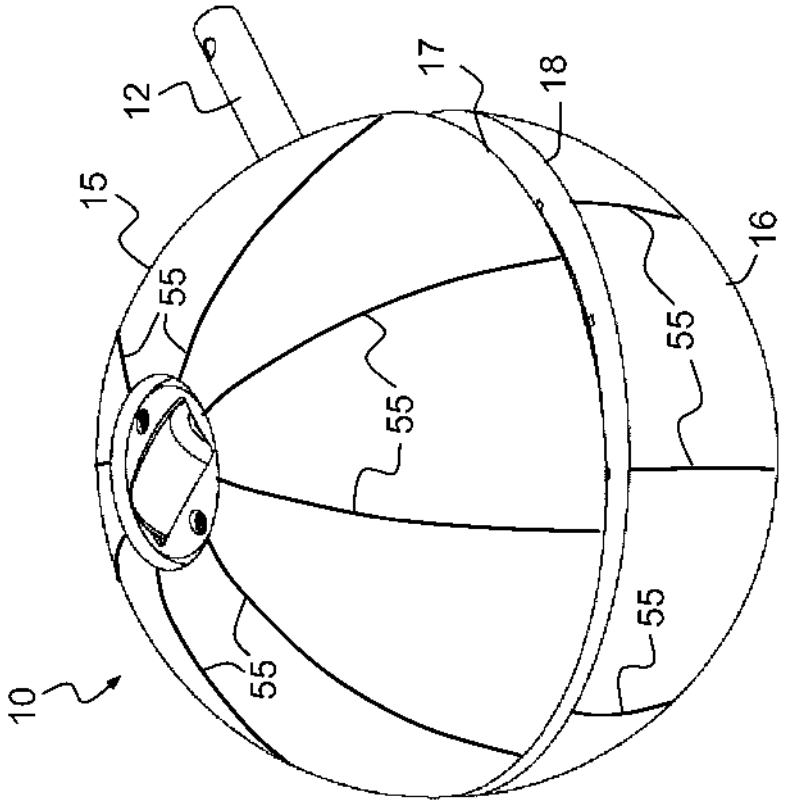

FIG.7

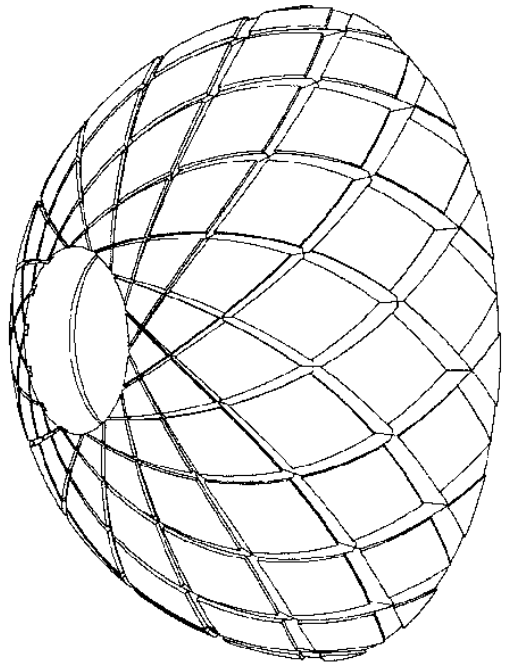

FIG.10

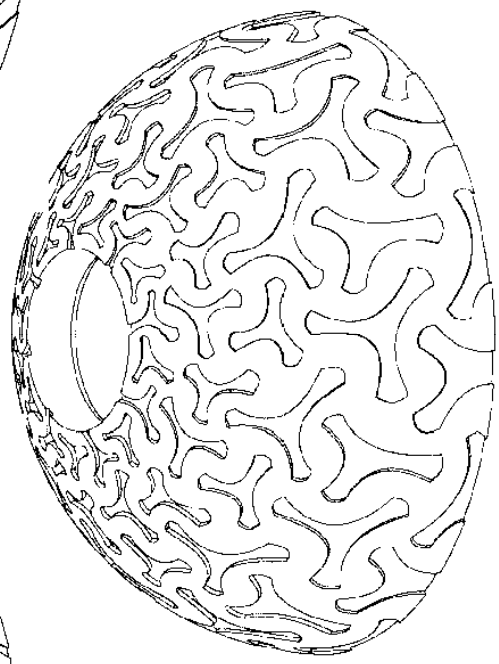

FIG.11

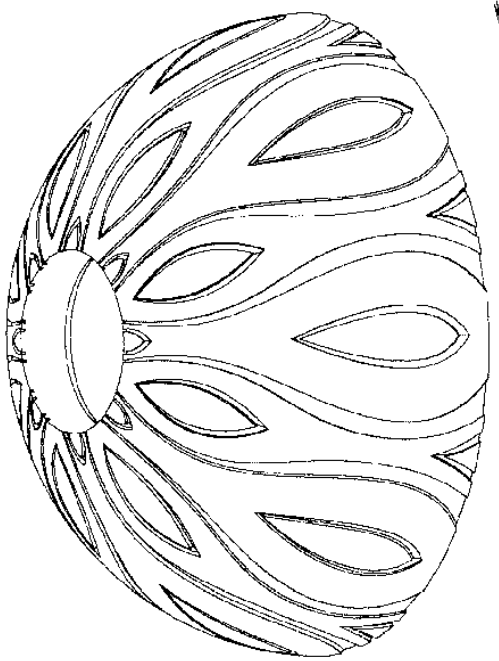

FIG.9

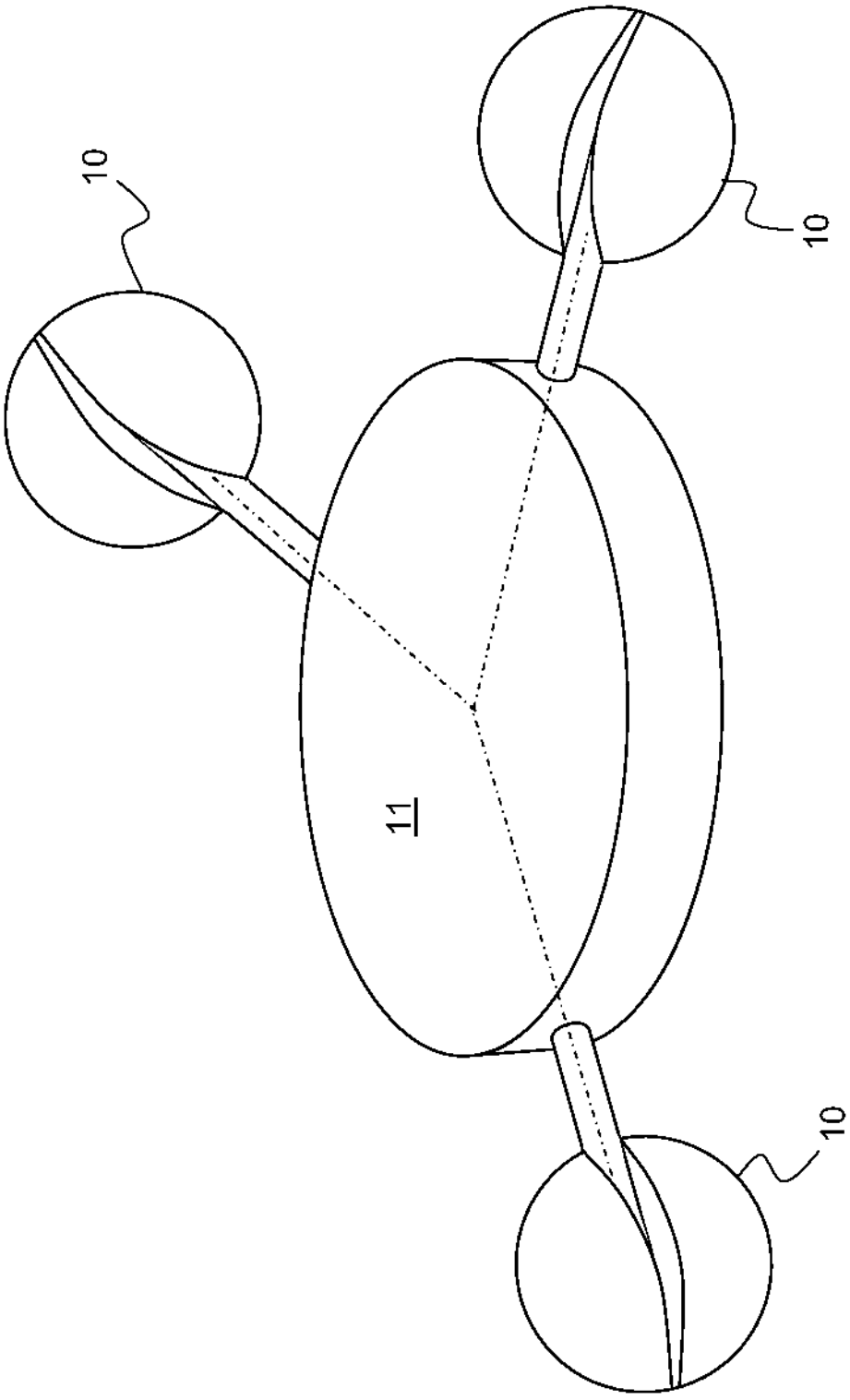

FIG.12