

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 773**

21 Número de solicitud: 201830521

51 Int. Cl.:

F03H 1/00 (2006.01)

F02K 9/30 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

31.05.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

02.12.2019

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (100.0%)
Av. Gregorio Peces Barba, 1
28919 Leganés (Madrid) ES

72 Inventor/es:

MERINO MARTÍNEZ, Mario

54 Título: **Motor espacial de plasma sin electrodos con geometría en U**

57 Resumen:

La invención describe un motor (1) espacial de plasma sin electrodos con geometría en U que comprende: una cámara (2) de ionización hecha de un material dieléctrico; y un dispositivo (5) de generación de campo magnético configurado para generar un campo magnético en el interior de la cámara (2) de ionización esencialmente paralelo a las paredes de dicha cámara (2) de ionización, donde la cámara (2) de ionización tiene forma esencialmente de U que comprende un cuerpo central y dos brazos dotados de unos primer y segundo extremos abiertos, estando el dispositivo (5) de generación de campo magnético configurado para generar sendas toberas magnéticas en el primer y segundo extremos de los brazos de dicha cámara (1) de ionización.

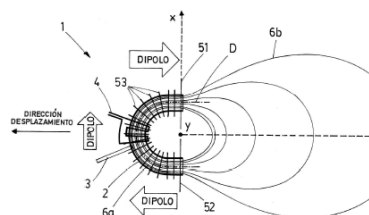


FIG.5

DESCRIPCIÓN

Motor espacial de plasma sin electrodos con geometría en U

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo de la ingeniería aeroespacial, y más concretamente a propulsión espacial eléctrica de vehículos espaciales y satélites.

10 El objeto de la presente invención es un motor espacial de plasma sin electrodos cuya novedosa configuración en U le confiere importantes ventajas con relación a los motores actuales.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

La propulsión espacial eléctrica es una tecnología desarrollada desde los años 60 y firmemente asentada en la industria espacial. Debido a las mayores velocidades de chorro que obtiene, del orden de 10 veces superiores a las de la propulsión química, la propulsión eléctrica presenta importantes ahorros de masa de propulsante, lo cual se traduce en un coste de misión mucho menor. Por ello, actualmente cerca de un tercio de los satélites en órbita emplean este tipo de propulsión, y se espera que su utilización crezca en los próximos años ante la aparición de nuevos nichos de mercado en el campo de la micropropulsión.

20

Dentro de este contexto, los motores iónicos de rejillas, y motores de efecto Hall se encuentran entre los más exitosos comercialmente. Sin embargo, presentan limitaciones y problemas asociados a la presencia de electrodos y a su complejidad como sistema. Una nueva generación de motores en desarrollo consiste en los motores de plasma sin electrodos y con tobera magnética. La Fig. 1 muestra una imagen esquemática representativa de un motor (100) de este tipo. El gas propulsante es introducido, a través de un inyector (103) de propulsante, en una cámara (102) de ionización hecha de un material dieléctrico y que tiene una forma cilíndrica recta con un extremo abierto y otro extremo cerrado. El gas propulsante es ionizado en el interior de la cámara (102) de ionización mediante una descarga de radiofrecuencia emitida por un dispositivo (104) de ionización para crear un plasma. El dispositivo (104) de ionización de este ejemplo es una antena, aunque podría implementarse también mediante una guía de ondas. Unos dispositivos (105) de generación de campo magnético dispuestos alrededor de la cámara (102) de ionización generan un campo magnético que puede dividirse en campo magnético interior (106a) y campo magnético

30

35

exterior (106b). El campo magnético interior (106a) hace referencia al campo magnético esencialmente rectilíneo interior a la cámara (102) de ionización, mientras que el campo magnético exterior (106b) hace referencia al campo magnético que diverge hacia fuera ya en el exterior de la cámara (102) de ionización. A causa de la forma divergente que adoptan las líneas del campo magnético exterior (106b), esta porción del motor (100) es denominada "tobera magnética". Los dispositivos (105) de generación de campo magnético pueden ser bobinas o, alternativamente, pueden utilizarse utilizar imanes permanentes. El uso de imanes permanentes es ventajoso debido a que no consume energía para su funcionamiento, aunque presenta el inconveniente de que la intensidad y geometría del campo magnético no es controlable en vuelo. En cualquier caso, el campo magnético interior (106a) generado posibilita la propagación de ondas electromagnéticas dentro de la cámara (102) de ionización, y protege las paredes laterales de la cámara (102) de ionización. El plasma fluye hacia el extremo abierto de la cámara (102) de ionización, donde es expulsado a alta velocidad a través de la tobera magnética formada por el campo magnético exterior (106b). Como consecuencia de la expulsión de la masa de plasma, se genera una fuerza de empuje sobre el conjunto del motor (100) dirigida en sentido contrario al del plasma expulsado.

Ventajas principales de esta tecnología frente a los motores iónicos de rejillas y los motores de efecto Hall son: su simplicidad a nivel sistema; la capacidad de operar sin utilizar electrodos expuestos al plasma que puedan limitar la vida útil del motor; la flexibilidad que le confiere poder modificar el propulsante, la potencia, el empuje y el impulso específico del motor en un amplio rango, supuestamente sin deteriorar la eficiencia; y la ausencia de electrodos y especialmente de un neutralizador externo, que complica el diseño y la operación. Los motores más importantes dentro de esta familia son el motor de plasma de fuente helicón, que usa radiofrecuencias en el orden de pocos MHz para excitar ondas electromagnéticas de tipo helicón en el plasma, y el motor de resonancia ciclotrónica de electrones, que trabaja en el rango de las microondas y explota la resonancia ciclotrónica de electrones para operar.

Sin embargo, este tipo de motores presentan los siguientes inconvenientes:

- i) Pérdidas de eficiencia por recombinación del plasma en la pared trasera

Debido al propio funcionamiento de este motor, aproximadamente un 50% del plasma generado en la cámara de ionización se desplaza en la dirección del extremo cerrado de la cámara de ionización y se recombina en la pared ubicada en dicho extremo cerrado. Esto implica no solo la pérdida de la mitad de la posible eficiencia de empuje, sino también la erosión de la pared del extremo cerrado del

motor y un mayor flujo de calor hacia dicha pared, lo que hace más complejo el control térmico del motor.

ii) Generación de un dipolo magnético no nulo en el motor

5

El campo magnético aplicado posee un dipolo magnético neto no nulo. Debido a ello, el campo geomagnético de la Tierra ejerce un par de fuerzas sobre el motor (magneto-torque) que, aunque pequeño, es continuo. Cuando el motor está implementado en un satélite en órbita baja, este par de fuerzas afecta al sistema de control de actitud del satélite.

10

Este problema puede mitigarse utilizando como dispositivo de generación de campo magnético unas bobinas de intensidad controlable que permitan invertir, cada cierto tiempo, el sentido de la corriente eléctrica y por tanto también el sentido del dipolo magnético del campo, o apagarlo completamente. Sin embargo, esta solución implica una mayor complejidad en la unidad de potencia eléctrica del motor, y no es realizable con imanes permanentes.

15

Otra alternativa para mitigar este problema es duplicar el sistema mediante la colocación de dos motores en paralelo pero con polaridades magnéticas opuestas, de forma que el dipolo resultante sea nulo.

20

iii) Alta divergencia del chorro de plasma

Los motores de plasma con tobera magnética suelen tener una divergencia de chorro bastante elevada (50° o mayor), bastante superior a la de motores iónicos de rejillas, y algo superior a la de motores de efecto Hall. Una divergencia de chorro elevada implica pérdidas de eficiencia de empuje y dificulta la integración del motor a bordo del satélite.

25

Reducir la divergencia en un motor de plasma sin electrodos y con tobera magnética actual requiere circuitos magnéticos más masivos y voluminosos, para generar una tobera magnética de menor divergencia.

30

iv) Baja utilización de propulsante

Debido a la geometría rectilínea y a la longitud finita de la cámara de ionización,

35

parte del propulsante escapa de la misma sin llegar a ser ionizado, lo cual produce pérdidas de utilización de propulsante.

5 Los intentos de resolver este problema incluyen el aumento de la longitud de la cámara del motor para ofrecer más espacio donde ionizar al propulsante, diafragmas a la salida de la cámara de ionización que reducen la sección de salida para el propulsante neutro, y sistemas de inyección tangencial. Sin embargo, a pesar de estos intentos, los motores sin electrodos y con tobera magnética existentes poseen una eficiencia de utilización de propulsante baja.

10 v) Carencia de una solución sencilla de vectorización de empuje

Este tipo de motores carece de un sistema de vectorización de empuje que permita reorientar el chorro de plasma y crear así un par de fuerzas de control de la actitud del satélite. Es decir, no es posible generar un par de fuerzas sobre el motor, y por tanto sobre el satélite o vehículo espacial en su conjunto, para orientarlo según una dirección deseada. Esta capacidad es necesaria para corregir errores de alineamiento con el centro de masas y ganar flexibilidad operativa. Actualmente, esto se resuelve montando el motor en una plataforma mecánica osculante que aumenta el coste, masa, y complejidad del sistema.

Alternativamente, los motores de plasma sin electrodos con tobera magnética admiten otra solución basada en la patente P201331790. Este documento describe una nueva configuración del dispositivo generador de campo magnético que permite reorientar el chorro de plasma de modo que se genera un par de fuerzas de control sobre centro de masas del satélite. La Fig. 2 muestra un esquema simplificado bidimensional de un motor (200) de este tipo cuya configuración general es idéntica al anterior: una cámara (202) de ionización cilíndrica recta que tiene un extremo cerrado y un extremo abierto, un inyector (203) de propulsante, un dispositivo (204) de ionización, y unos dispositivos (205a, 205b, 205c) de generación de campo magnético. Más concretamente, el dispositivo (205c) de generación de campo magnético interior dispuesto alrededor de la mayor parte de la longitud de la cámara (202) de ionización es responsable principal de la generación del campo magnético interior (206a), mientras que los dispositivos (205a, 205b) de generación de campo magnético exterior dispuestos en una posición adyacente al extremo abierto de la cámara (202) de ionización son responsables principales de la generación del campo magnético exterior (206b) que

constituye la tobera magnética. La particularidad de esta configuración es que los dispositivos (205a, 205b) de generación del campo magnético exterior están formados por dos bobinas alimentadas independientemente cuyos ejes, en este ejemplo simplificado bidimensional, están inclinados en dos direcciones distintas y angularmente equiespaciadas con relación al plano xy. En otras palabras, las bobinas (205a, 205b) no están contenidas en el propio plano xy perpendicular a la dirección del extremo de los brazos de la cámara (202) de ionización. Al estar inclinadas, el campo magnético generado por cada una de las bobinas (205a, 205b) no es simétrico con relación al eje z de simetría de la cámara (202) de ionización.

De este modo cuando, en condiciones normales de funcionamiento, se alimentan ambas bobinas (205a, 205b) con el mismo número de amperiovueltas, el campo magnético generado es esencialmente simétrico con relación al eje z de simetría de la cámara (202) de ionización, y por tanto el empuje generado por el plasma acelerado está orientado según el eje z de simetría. Es decir, en esta situación no se genera ningún par de fuerzas de control respecto al eje de simetría de la cámara (200) de ionización del motor, esto es, el eje z.

Por el contrario, la Fig. 3a muestra un caso en el que únicamente se alimenta la bobina (205a). El campo magnético generado por la bobina (205a) provoca la aceleración del plasma según una dirección esencialmente perpendicular al plano de la propia bobina (205a), generando un par de fuerzas alrededor del eje y en sentido opuesto a las agujas del reloj. Inversamente, la Fig. 3b muestra un caso en que se alimenta únicamente la bobina (205b), apareciendo en este caso un par de fuerzas alrededor del eje y en sentido de las agujas del reloj.

La Fig. 4 muestra una figura representativa de la parte externa de un motor (300) como el descrito en la patente P201331790, que comprende tres bobinas (305a, 305b, 305c) inclinadas en tres direcciones diferentes. Esta configuración tridimensional permite deflectar el vector de la fuerza empuje alrededor de ejes contenidos en el plano xy.

Sin embargo, aun implementando cualquiera de estas dos soluciones en un motor de plasma actual, sigue sin ser posible producir un par de fuerzas de control a lo largo del eje z de simetría del motor, por lo que la vectorización de empuje sigue siendo incompleta.

En definitiva, existe aún en este campo una necesidad de dispositivos de impulsión capaces de resolver estos y otros problemas adicionales.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

5

En primer lugar, se describe el significado de algunos términos que se utilizarán a lo largo de este documento:

10

Línea central de la cámara de ionización: Se refiere a la línea central de la cámara de ionización suponiendo ésta como un prisma de sección transversal no necesariamente circular ni necesariamente constante cuya directriz tiene forma de U. Por tanto, la línea central tiene forma de U contenida en un plano que recorre el centro de la cámara de ionización desde el primer extremo al segundo extremo.

15

Eje z: Eje paralelo a la dirección de desplazamiento del motor que pasa por un punto situado en la recta que une el centro del primer extremo y el centro del segundo extremo de la cámara de ionización y que está a la misma distancia de ambos centros. Se trata del único eje de simetría de la cámara de ionización en forma de U.

20

Eje x: Eje perpendicular al eje z que pasa a través del centro del primer y segundo extremos de la cámara de ionización. El eje x corta al eje z en el punto descrito anteriormente.

25

Eje y: Eje perpendicular al eje x y al eje z que pasa a través del punto descrito anteriormente, de forma que los ejes x, y, z formen un triedro a derechas.

30

Plano xz: Plano que contiene los ejes x y z descritos anteriormente. Se trata de un primer plano de simetría de la cámara de ionización, o plano medio, que contiene completamente la línea central de dicha cámara de ionización.

35

Plano yz: Plano que contiene los ejes z e y descritos anteriormente. Se trata del segundo plano de simetría de la cámara de ionización.

Plano xy: Plano que contiene los ejes x e y descritos anteriormente. Es un plano perpendicular al primer plano de simetría de la cámara de ionización y a la dirección de desplazamiento del motor.

Un primer aspecto de la presente invención está dirigido a un motor de plasma sin electrodos mejorado con una nueva configuración en U que resuelve o mitiga los inconvenientes anteriores y aporta ventajas adicionales.

5 El nuevo motor de plasma principalmente comprende una cámara de ionización hecha de un material dieléctrico y un dispositivo de generación de campo magnético, donde el dispositivo de generación de campo magnético está configurado para generar un campo magnético en el interior de la cámara de ionización esencialmente paralelo a las paredes de dicha cámara de ionización. El motor de plasma de la invención se diferencia principalmente de los motores de la técnica anterior por que la cámara de ionización tiene forma esencialmente de U que
10 comprende un cuerpo central y dos brazos dotados de unos primer y segundo extremos abiertos orientados esencialmente hacia el mismo lado, estando además el dispositivo de generación de campo magnético configurado para generar sendas toberas magnéticas en el primer y segundo extremos de los brazos de dicha cámara de ionización.

15 Esta configuración confiere a este nuevo motor un gran número de ventajas con relación a la configuración rectilínea convencional.

En primer lugar, puesto que la cámara de ionización del motor de la presente invención tiene
20 forma esencialmente de U con ambos extremos abiertos dotados de respectivas toberas magnéticas, se elimina la pared del extremo cerrado existente en la configuración rectilínea de la técnica anterior. En lugar de ello, con esta configuración se generan dos chorros de plasma esencialmente paralelos que contribuyen a la impulsión del motor. Por tanto, se elimina completamente el primer inconveniente i) descrito en el apartado anterior.

25 En segundo lugar, los dipolos magnéticos generados por las porciones de campo magnético de los brazos de la U se cancelan mutuamente en su mayor parte, ya que se trata de campos magnéticos con la misma dirección e intensidad pero con polaridades opuestas. En el motor de la invención quedaría esencialmente el dipolo generado por la porción de campo magnético asociado al cuerpo central de la U, que puede diseñarse para ser menor que el generado por
30 la totalidad del campo magnético generado en el caso de la configuración rectilínea de la técnica anterior. Por tanto, se mitiga parcialmente el segundo inconveniente ii) descrito en el apartado anterior.

35 En tercer lugar, la divergencia del motor de la invención es menor que la de la tobera magnética tradicional de la configuración rectilínea de la técnica anterior. El motivo es que, en el motor de la invención, al menos parte de las líneas magnéticas que salen del extremo de

un brazo de la U conectan con parte de las líneas magnéticas que salen del extremo del otro brazo. Es más, como se describirá con mayor detalle más adelante en este documento, en el motor de la invención es posible orientar los brazos de la U de la cámara de ionización ligeramente hacia dentro para reducir aún más la divergencia. Por tanto, puede mitigarse en gran medida el tercer inconveniente iii) descrito en el apartado anterior.

En cuarto lugar, la forma en U de la cámara de ionización permite ofrecer un mayor tiempo de residencia del propulsante neutro dentro del motor con relación a las cámaras rectilíneas convencionales, aumentando potencialmente la posibilidad de que se produzca su ionización y, por tanto, mejorando la eficiencia en la utilización del propulsante. Por tanto, puede mitigarse en parte el cuarto inconveniente iv) descrito en el apartado anterior.

A continuación, se describen con mayor detalle los elementos principales que componen el motor de plasma según la invención, así como diversas configuraciones opcionales que proporcionan ventajas adicionales.

Cámara de ionización

Se trata de una cámara de ionización hecha de un material dieléctrico similar al empleado para las cámaras de ionización actuales, aunque con forma esencialmente de U con ambos extremos abiertos. Esto significa que la línea central de la cámara de ionización no es rectilínea como en los motores de la técnica anterior, sino que presenta una curva de manera que los dos extremos de los brazos que dimanan del cuerpo central están orientados esencialmente hacia el mismo lado. Esta forma también podría definirse como forma esencialmente semi-toroidal, forma esencialmente de herradura, o forma esencialmente de prisma cuyo eje presenta una curva. También podría interpretarse esta forma como un toro magnético con fugas en uno de sus lados. En cualquier caso, el concepto principal subyacente a esta definición es que la cámara de ionización tiene un cuerpo central y dos brazos, y que los dos extremos de los brazos están orientados esencialmente hacia un mismo lado. En este contexto, cuando se habla de la “*dirección del extremo de un brazo*” se pretende hacer referencia a la dirección de la línea central del brazo correspondiente justo en el extremo de dicho brazo.

De acuerdo con una realización particularmente preferida de la invención, los extremos de los brazos forman un ángulo de entre $+45^\circ$ y -45° , más preferentemente de entre $+30^\circ$ y -30° , con respecto al segundo plano de simetría de la cámara de ionización o plano yz. Diversos motivos podrían justificar una cierta desviación de los extremos de salida de los brazos con relación a

la dirección de desplazamiento del motor, como por ejemplo motivos relacionados con el control de la divergencia del chorro de plasma emitido por las toberas magnéticas.

De acuerdo con una realización aún más preferida de la invención, los extremos de los brazos son esencialmente paralelos al segundo plano de simetría de la cámara de ionización o plano yz. En este contexto, el término “*esencialmente paralelo*” referido a los extremos de los brazos de la cámara de ionización y a las correspondientes toberas magnéticas admite desviaciones del orden de algunos grados, por ejemplo de hasta 5° o 10°. Es decir, no es imprescindible que los extremos de los brazos de la cámara de ionización estén orientados exactamente en paralelo, sino que pueden formar un cierto ángulo con relación al plano de simetría yz de la cámara de ionización.

Por otra parte, es importante señalar que la sección transversal de la cámara de ionización no tiene que ser necesariamente constante, ni necesariamente circular. Sería posible diseñar un motor según la presente invención donde la cámara de ionización tenga una sección variable a lo largo de su longitud, y/o una sección esencialmente elíptica o de cualquier otra forma adecuada.

Dispositivo de generación de campo magnético

El dispositivo de generación de campo magnético puede comprender bobinas, imanes permanentes, o bien una combinación de ambos. Además, en el caso de utilizar bobinas éstas podrían ser convencionales o superconductoras. En cualquier caso, el dispositivo de generación de campo magnético debe ser capaz de generar un campo magnético interior a la cámara de ionización que sea esencialmente paralelo a las paredes de dicha cámara de ionización. Así, durante la operación con plasma, el plasma generado en el interior de la cámara de ionización está confinado por el campo magnético, que limita el flujo de plasma hacia la pared de la cámara y permite el flujo longitudinal de plasma en ambos sentidos a lo largo de la cámara hasta salir a través de los respectivos extremos de los brazos. De ese modo, se reducen los impactos de plasma contra la pared de la cámara de ionización, lo que permite aumentar la eficiencia del motor, facilitar su diseño térmico, e incrementar su vida útil. El campo magnético aplicado también puede jugar un papel en la propagación y absorción de las ondas electromagnéticas usadas para generar y calentar el plasma.

En cuanto al campo magnético exterior, desde las dos salidas de la cámara de ionización el campo magnético aplicado conforma sendas toberas magnéticas en lo que se denominará región cercana. Las líneas de campo magnético de dichas toberas conectan entre sí, al menos

parcialmente, aguas abajo en lo que se denominará región lejana. Esta configuración se denominará tobera magnética tándem. Las toberas magnéticas de la región cercana guían la expansión y aceleración cuasi-neutra del plasma producido durante la operación del motor para formar sendos chorros de plasma en la región cercana. Los chorros entran en contacto e interactúan en la región lejana. El campo magnético aplicado en la región lejana es suficientemente débil para permitir que el plasma ya acelerado se desprenda del mismo y/o para que el plasma estire y arrastre las líneas de campo consigo, emitiéndose al espacio.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el dispositivo de generación de campo magnético comprende un primer elemento de generación de campo magnético para generar principalmente la tobera magnética del primer extremo de la U, un segundo elemento de generación de campo magnético para generar principalmente la tobera magnética del segundo extremo de la U, y un tercer elemento de generación de campo magnético para generar principalmente el campo magnético interior a la cámara de ionización. Esta configuración del dispositivo de generación de campo magnético permite asegurar que la forma del campo magnético es adecuada. Concretamente, los elementos primero y segundo permiten diseñar la forma de las respectivas toberas magnéticas, mientras que el tercer elemento permite asegurar que el campo magnético interior a la cámara de ionización es esencialmente paralelo a sus paredes. En cualquier caso, en principio cada uno de los elementos primero, segundo, y tercero puede estar formado por imanes permanentes o por bobinas.

En una realización particularmente preferida de la invención, el primer elemento de generación de campo magnético y el segundo elemento de generación de campo magnético son bobinas de intensidad controlable independientemente. Una ventaja de esta configuración es que permite generar pares de fuerzas de control alrededor del eje "y". En efecto, variando la intensidad relativa de las bobinas de cada brazo se estrangula diferencialmente el área efectiva de la garganta magnética de las toberas magnéticas del motor de la invención. De ese modo, se regula el flujo de plasma por ellas, lo que resulta en dos chorros de plasma de distinto empuje que generan un par de fuerzas en el eje "y". Por tanto, esta configuración mitiga parcialmente el problema v) descrito en el apartado anterior.

En otra realización particularmente preferida de la invención, el tercer elemento de generación de campo magnético es un imán permanente. En efecto, para generar el par de fuerzas en el eje "y" no es necesario realizar ninguna modificación en el campo magnético interior a la cámara de ionización. Por tanto, es posible utilizar un imán permanente como tercer elemento de generación de campo magnético, reduciéndose así la complejidad de la instalación

eléctrica requerida y reduciendo el consumo del sistema.

En aún otra realización particular alternativa a la anterior, el tercer elemento de generación de campo magnético también es una bobina de intensidad controlable independientemente. Esta configuración es ventajosa porque permite el uso de dichos elementos de generación de campo magnético como magnetotorquers cuando no se está operando con plasma. En efecto, existen satélites en órbita baja que cuentan con magneto-torquers, bobinas magnéticas cuya intensidad de corriente puede controlarse, para así interactuar con el campo geomagnético y generar un par de fuerzas de control para el sistema de control de actitud del vehículo. Actualmente, los magneto-torquers y los motores de plasma son dispositivos diferentes e independientes. Sin embargo, al ser independientemente controlables en esta realización de la invención los elementos de generación de campo magnético primero, segundo y tercero, y al estar los campos magnéticos generados por los mismos dirigidos en direcciones diferentes, es posible generar un dipolo neto contenido en el plano medio xz de la cámara de ionización cuya magnitud y dirección es controlable según la intensidad aplicada a cada uno de dichos elementos. De ese modo, el propio dispositivo de generación de campo magnético unifica las funciones de propulsión y magneto-torquer para el control de actitud en los ejes "x" y "z".

En otra realización aún más preferida de la invención, cada uno de entre el primer elemento de generación de campo magnético y el segundo elemento de generación de campo magnético comprenden sendos pares de bobinas inclinadas un mismo ángulo en direcciones opuestas con relación al primer plano de simetría del motor, siendo la intensidad de la corriente de cada bobina de cada uno de dichos pares de bobinas controlable de manera independiente para orientar selectivamente las respectivas toberas magnéticas.

Es decir, se implementa aquí un sistema similar al de la patente P201331790 aunque únicamente con dos bobinas en cada uno de entre el primer elemento de generación de campo magnético y el segundo elemento de generación de campo magnético. De ese modo, cuando se activan con mayor intensidad en el primer y segundo elementos de generación de campo magnético dos bobinas inclinadas hacia el mismo lado, se consigue deflectar ambos chorros de plasma en la misma dirección y generar un par de fuerzas de control alrededor del eje "x" contenido en el plano medio y perpendicular al eje de simetría de la cámara. Alternativamente, cuando se activa con mayor intensidad en el primer y segundo elementos de generación de campo magnético dos bobinas inclinadas hacia lados opuestos, se consigue deflectar cada chorro de plasma en direcciones distintas y generar un par de fuerzas de control alrededor del eje "z" de simetría de la cámara de ionización. Naturalmente, de una manera equivalente a la descrita con anterioridad, es decir, activando con mayor intensidad uno de

entre el primer y segundo elementos de generación de campo magnético, es posible generar un par de fuerzas de control alrededor del eje "y". De este modo, se consigue una vectorización de empuje completa del motor, en tres ejes.

5 **Elementos adicionales**

Naturalmente, un motor de acuerdo con la presente invención comprende una serie de elementos adicionales para la realización de funciones equivalentes a las realizadas en los motores de la técnica anterior, entre los que cabe señalar los siguientes

10

- Inyector de propulsante

El motor de la invención comprenderá un inyector de propulsante en estado gaseoso en la cámara de ionización. Se trata en general de un inyector de propulsante similar a los empleados en los motores de la técnica anterior, que puede comprender una cabeza inyectora o más para introducir el propulsante en estado gaseoso en la cámara de ionización en la cantidad y forma deseadas. Opcionalmente, la cabeza o cabezas inyectoras están diseñadas para impartir una velocidad azimutal del gas. Nótese que no es necesario que el inyector de propulsante esté ubicado en el eje principal de simetría de la cámara de ionización, es decir, en una posición central simétrica de la cámara en forma esencialmente de U.

15

20

- Dispositivo de ionización

El motor de la invención comprenderá un sistema de ionización para ionizar el propulsante gaseoso presente en el interior de la cámara de ionización. Se trata en general de un sistema de ionización similar a los empleados en los motores de la técnica anterior, que puede comprender una o más antenas emisoras, bien una o más guías de onda emisoras, bien una combinación de ambas, para emitir la potencia eléctrica en forma de radiación electromagnética a la frecuencia y modo deseados sobre el plasma. Nótese que no es necesario que los emisores estén necesariamente ubicados en el eje principal de simetría de la cámara de ionización, es decir, en una posición central simétrica de la cámara en forma esencialmente de U. Por otra parte, la frecuencia de emisión es un parámetro de diseño que puede variar desde fracciones de MHz hasta cientos de GHz para explotar la propagación de distintos tipos de onda, tales como las ondas helicón, y/o distintos tipos de resonancias, tales como la resonancia ciclotrónica de electrones, para generar y calentar el plasma.

25

30

35

Por otra parte, de acuerdo con otra realización de la presente invención, el motor además comprende un dispositivo secundario de generación de campo magnético ubicado esencialmente en paralelo al cuerpo central de la cámara de ionización para anular el dipolo magnético neto causado por el campo magnético generado por el dispositivo de generación de campo magnético. Este dispositivo secundario puede ser una bobina o imán permanente orientado de modo que genera un campo magnético cuyo dipolo tiene la misma magnitud y dirección pero sentido opuesto al dipolo neto generado por el dispositivo de generación de campo magnético. Este dipolo neto está generado fundamentalmente por la porción de campo magnético que recorre el cuerpo central de la cámara de ionización, ya que los dipolos generados por las porciones de campo magnético que recorren los brazos esencialmente se anulan entre sí. De ese modo, se consigue anular sustancialmente el dipolo magnético del campo generado por el dispositivo de generación de campo magnético.

Un segundo aspecto de la presente invención está dirigido al uso como magneto-torquer de un motor de plasma sin electrodos con geometría en U del tipo descrito anteriormente donde el primer, segundo, y tercer elemento de generación de campo magnético están implementados mediante bobinas de intensidad controlable independientemente. Dicho uso del motor comprende, en ausencia de plasma en la cámara de ionización, aplicar una intensidad a uno o varios de entre el primer elemento de generación de campo magnético, el segundo elemento de generación de campo magnético, y el tercer elemento de generación de campo magnético para generar un dipolo magnético de una magnitud e intensidad deseadas con el propósito de controlar la actitud de un vehículo espacial en que está instalado el motor.

25

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Fig. 1 muestra un primer ejemplo de motor de plasma sin electrodos y con tobera magnética de acuerdo con la técnica anterior.

30

La Fig. 2 muestra un segundo ejemplo de motor de plasma de acuerdo con la técnica anterior.

Las Figs. 3a y 3b muestran sendos ejemplos de uso del motor de plasma de la Fig. 2.

La Fig. 4 muestra la parte más externa de un tercer ejemplo de motor de plasma de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 5 muestra una vista según el eje y de un primer ejemplo de motor de plasma de acuerdo con la presente invención que está dotado de un primer y segundo elementos de generación de campo magnético de intensidad controlable independientemente.

5 Las Figs. 6a y 6b muestran cómo se obtiene un par de fuerzas de control alrededor del eje y en el motor de plasma del primer ejemplo mostrado en según la perspectiva de la Fig. 5.

La Fig. 7 muestra una vista según el eje x del primer ejemplo de motor de plasma mostrado en la Fig. 5.

10

Las Figs. 8a y 8b muestran cómo se obtiene un par de fuerzas de control alrededor del eje x en el motor de plasma del primer ejemplo mostrado según la perspectiva de la Fig. 7.

15 La Fig. 9 muestra una vista según el eje z del primer ejemplo de motor de plasma mostrado en la Fig. 5.

Las Figs. 10a y 10b muestran cómo se obtiene un par de fuerzas de control alrededor del eje z en el motor de plasma del primer ejemplo mostrado según la perspectiva de la Fig. 9.

20 La Fig. 11 muestra una vista según el eje y de un segundo ejemplo de motor de plasma de acuerdo con la presente invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

25 Se describen a continuación dos ejemplos de motores (1) de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a las figuras adjuntas. En ambos ejemplos, elementos similares se denotan utilizando los mismos números de referencia, y para evitar repetición innecesaria se omite una descripción completa de dichos elementos en la descripción del segundo ejemplo.

30

Primer ejemplo

35 La Fig. 5 muestra un primer ejemplo de motor (1) según la invención donde la cámara (2) de ionización tiene forma esencialmente de U formada por un cuerpo central esencialmente semi-toroidal del que dimanan un primer brazo y un segundo brazo esencialmente rectos y paralelos entre sí. Esta cámara (2) de ionización tiene una sección transversal circular de sección constante a lo largo de toda su longitud. La línea central (D) en forma de U recorre el centro

de la cámara (2) de ionización desde el extremo del primer brazo, o primer extremo, al extremo del segundo brazo, o segundo extremo.

El dispositivo (5) de generación de campo magnético está formado por tres elementos (51, 52, 53) de generación de campo magnético. Un primer elemento (51) de generación de campo magnético dispuesto en el extremo del primer brazo genera principalmente la tobera magnética del primer brazo y un segundo elemento (52) de generación de campo magnético dispuesto en el extremo del segundo brazo genera principalmente la tobera magnética del segundo brazo. Ambas toberas magnéticas se combinan para dar lugar a un campo magnético exterior (6b) aguas abajo en forma de tobera tándem. El dispositivo (5) de generación de campo magnético comprende además un tercer elemento (53) de generación de campo magnético dispuesto alrededor del cuerpo y los brazos de la cámara (2) de ionización para asegurar un campo magnético interior (6a) esencialmente paralelo a las paredes de dicha cámara (2). Al menos los elementos de generación de campo magnético primero (51) y segundo (52) son bobinas de intensidad controlable independientemente con el propósito de permitir la generación de pares de fuerzas de control alrededor de los tres ejes del motor (1). En función de las necesidades de la aplicación, el tercer elemento (53) de generación de campo magnético podría implementarse como un imán o como una bobina de intensidad controlable independientemente.

20

Como se aprecia en la vista de este ejemplo de motor (1) mostrada en la Fig. 7, cada uno de los elementos (51, 52) de generación de campo magnético primero y segundo está formado a su vez por un respectivo par de bobinas (51a, 51b; 52a, 52b). El eje de una de las bobinas (51a, 52a) de cada par está inclinado en una primera dirección con relación al plano xz, y el eje de la otra bobina (51b, 52b) de cada par está inclinada en una segunda dirección simétrica a la primera dirección con relación al plano xz. Además, la corriente eléctrica por cada una de las bobinas (51a, 51b; 52a, 52b) es controlable de manera independiente.

25

El campo magnético generado por el dispositivo (5) en su conjunto genera un dipolo magnético que puede descomponerse en tres partes, tal como se muestra en la Fig. 5. Las dos partes generadas por el campo magnético que recorre los brazos de la cámara (2) de ionización tienen la misma magnitud y dirección pero sentidos opuestos, y por tanto se cancelan entre sí. La tercera parte, generada por el campo magnético que recorre el cuerpo central de la cámara (2) de ionización, tiene una magnitud mucho menor, por lo que el par de fuerzas que aparece sobre el motor debido al campo geomagnético es mucho menor que en los motores de la técnica anterior.

35

Este motor (1) comprende además los elementos adicionales normales en este tipo de dispositivos, como el inyector (3) de propulsante y el sistema (4) de ionización. Como se comentó con anterioridad en este documento, no es necesario que estos elementos estén situados de manera simétrica en la porción central de la cámara (2) de ionización, sino que en principio podrían estar ubicados en cualquier lugar de la misma incluyendo los brazos.

Durante el funcionamiento normal del motor (1) mostrado según diversas perspectivas en las Fig. 5, 7 y 9, la primera bobina (51) y la segunda bobina (52) se alimentan por igual. Es decir, el par de bobinas (51a, 51b) que constituyen el primer elemento (51) de generación de campo magnético y el par de bobinas (52a, 52b) que constituyen el segundo elemento (52) de generación de campo magnético se alimentan con la misma intensidad. Como consecuencia, las toberas magnéticas que emanan del primer extremo y del segundo extremo de la cámara (2) de ionización son iguales y paralelas, si bien el campo magnético en ellas tiene sentidos contrarios. Como se ha representado con mayor detalle en la Fig. 5, en una región lejana suficientemente alejada de los extremos de los brazos las líneas de campo de las toberas magnéticas conectan entre sí, formando una tobera magnética tándem, y el campo magnético en dicha región es suficientemente débil como para que el plasma se desprenda y de ese modo se emita al espacio. En esta situación, el motor (1) es impulsado hacia adelante según la dirección de desplazamiento y no existe ningún par de fuerzas debido a la emisión del chorro de plasma.

Cuando se desea ejercer un par de fuerzas de control sobre el motor (1) alrededor del eje y, se aplica una mayor intensidad a uno de entre el primer elemento (51) de generación de campo magnético y el segundo elemento (52) de generación de campo magnético. Más concretamente, puede aplicarse una intensidad al primer elemento (51) de generación de campo magnético, es decir, al par de bobinas (51a, 51b), mayor que la intensidad que se aplica al segundo elemento (52) de generación de campo magnético, es decir, al par de bobinas (52a, 52b). Como consecuencia, la primera tobera magnética posee una garganta magnética más estrecha que la segunda tobera magnética, emite una menor cantidad de plasma, y por tanto genera un menor empuje. El resultado, como se aprecia en la Fig. 6a, es que se genera un par de fuerzas de control alrededor del eje y en el sentido de las agujas del reloj.

Inversamente, puede aplicarse una intensidad al segundo elemento (52) de generación de campo magnético, es decir, al par de bobinas (52a, 52b), mayor que la intensidad que se aplica al primer elemento (51) de generación de campo magnético, es decir, al par de bobinas (51a, 51b). Como consecuencia, la segunda tobera magnética posee una garganta magnética

más estrecha que la primera tobera magnética, emite una menor cantidad de plasma, y por tanto genera un menor empuje. El resultado, como se aprecia en la Fig. 6b, es que se genera un par de fuerzas de control alrededor del eje y en el sentido opuesto a las agujas del reloj.

5 Cuando se desea ejercer un par de fuerzas de control sobre el motor alrededor del eje x, se aplica una mayor intensidad a una bobina de cada par de bobinas (51a, 51b; 52a, 52b) de modo que ambas toberas magnéticas estén inclinadas hacia el mismo lado con respecto al plano xz. Nótese que en este caso las intensidades totales, es decir, el número de amperiovueltas, que se aplican al primer y segundo elementos generadores de campo (51,
10 52) son iguales, pero cambia la distribución de dichas amperiovueltas entre las bobinas (51a, 51b; 52a, 52b) de cada par.

Más concretamente, puede aplicarse una intensidad a la bobina (51b) y a la bobina (52b) mayor que la intensidad que se aplica a la bobina (51a) y a la bobina (52a). Puesto que ambas
15 bobinas (51b, 52b) están inclinadas hacia un lado del plano xz según la dirección negativa del eje y, la primera y la segunda toberas magnéticas también estarán inclinadas, deflectando ambos chorros de plasma en la misma dirección, y como consecuencia se genera un par de fuerzas de control alrededor del eje x en el sentido opuesto a las agujas del reloj, como se muestra en la Fig. 8a.

20 Inversamente, puede aplicarse una intensidad a la bobina (51a) y a la bobina (52a) mayor que la intensidad que se aplica a la bobina (51b) y a la bobina (52b). La Fig. 8b muestra cómo, al estar inclinadas las bobinas (51a, 52a) hacia el otro lado del plano xz según la dirección positiva del eje y, la primera y la segunda toberas magnéticas también están inclinadas,
25 deflectando ambos chorros de plasma en la misma dirección, y se genera un par de fuerzas de control alrededor del eje x en el sentido de las agujas del reloj.

30 Cuando se desea ejercer un par de fuerzas sobre el motor (1) alrededor del eje z, es decir, alrededor de su propio eje de simetría, se aplica una mayor intensidad a una bobina de cada par de bobinas (51a, 51b; 52a, 52b) de modo que estén inclinadas hacia lados diferentes con relación al plano xz. También en este caso el número de amperiovueltas totales aplicados al primer y segundo elementos generadores de campo (51, 52) son iguales, pero cambia la distribución entre las bobinas (51a, 51b; 52a, 52b) de cada par.

35 Más concretamente, puede aplicarse una intensidad a la bobina (51a) y a la bobina (52b) mayor que la intensidad que se aplica a la bobina (51b) y a la bobina (52a). Puesto que la bobina (51a), ubicada en el extremo del primer brazo, está inclinada hacia un lado del plano

xz según la dirección positiva del eje y, y la bobina (52b), ubicada en el extremo del segundo brazo, está inclinada hacia el otro lado del plano xz según la dirección negativa del eje y, las respectivas toberas magnéticas también estarán inclinadas respectivamente hacia uno y otro lado del plano xz, es decir, respectivamente según la dirección positiva y negativa del eje y, deflectando los chorros de plasma en direcciones distintas. Como consecuencia, como se aprecia en la Fig. 10a, se genera un par de fuerzas de control alrededor del eje z en el sentido de las agujas del reloj.

Inversamente, puede aplicarse una intensidad a la bobina (52a) y a la bobina (51b) mayor que la intensidad que se aplica a la bobina (52b) y a la bobina (51a). Puesto que la bobina (51b), ubicada en el extremo del primer brazo, está inclinada hacia un lado del plano xz según la dirección negativa del eje y, y la bobina (52a), ubicada en el extremo del segundo brazo, está inclinada hacia el otro lado del plano xz según la dirección positiva del eje y, las respectivas toberas magnéticas también estarán inclinadas respectivamente hacia uno y otro lado del plano zx, es decir, respectivamente según la dirección negativa y positiva del eje y, deflectando los chorros de plasma en direcciones distintas. Como consecuencia, como se aprecia en la Fig. 10b, se genera un par de fuerzas de control alrededor del eje z en el sentido opuesto a las agujas del reloj.

Por tanto, el motor (1) de la presente invención permite generar pares de fuerzas de control en tres ejes.

Segundo ejemplo

La Fig. 11 muestra un segundo ejemplo de motor (1) de acuerdo con la invención que comprende esencialmente los mismos elementos que el motor (1) del primer ejemplo mostrado en la Fig. 5 excepto por tres características.

En primer lugar, el motor (1) de este segundo ejemplo comprende un dispositivo (6) secundario de generación de campo magnético formado por una bobina (6) secundaria esencialmente paralela a la dirección principal del cuerpo central de la cámara (2) de ionización. Esta bobina (6) secundaria genera un campo magnético cuyo dipolo magnético tiene la misma dirección y magnitud pero sentido opuesto con relación al dipolo magnético generado por el campo magnético que recorre la cámara (2) de ionización. Como consecuencia, ambos dipolos se anulan, evitándose así la perturbación en la actitud del satélite provocada por el par de fuerzas generado por el campo geomagnético.

En segundo lugar, los extremos de los brazos de la cámara (2) de ionización del motor (1) de este segundo ejemplo no son paralelos sino que están inclinados hacia dentro de modo que forman con el plano yz de simetría del motor (1) un determinado ángulo θ_0 . Esta inclinación hacia dentro provoca la consecuente inclinación hacia dentro de las respectivas toberas magnéticas, reduciéndose la divergencia del chorro de plasma resultante de la tobera tándem generada por las mismas.

En tercer lugar, la cámara (2) de ionización de este ejemplo no tiene una sección constante a lo largo de toda su longitud, sino que dicha sección se reduce en los tramos finales de los brazos, permitiendo confinar mejor el gas neutro de propulsante, aumentar su tiempo de residencia en la cámara (2) de ionización, y mejorar así la utilización de propulsante del motor (1).

REIVINDICACIONES

1. Motor (1) espacial de plasma sin electrodos con geometría en U que comprende:
- una cámara (2) de ionización hecha de un material dieléctrico; y
5 - un dispositivo (5) de generación de campo magnético configurado para generar un campo magnético en el interior de la cámara (2) de ionización esencialmente paralelo a las paredes de dicha cámara (2) de ionización,
caracterizado por que la cámara (2) de ionización tiene forma esencialmente de U que comprende un cuerpo central y dos brazos dotados de unos primer y segundo extremos
10 abiertos orientados esencialmente hacia el mismo lado, estando el dispositivo (5) de generación de campo magnético configurado para generar sendas toberas magnéticas en el primer y segundo extremos de los brazos de dicha cámara (1) de ionización.
2. Motor (1) espacial de plasma sin electrodos de acuerdo con la reivindicación 1, donde
15 el primer y segundo extremos abiertos de los brazos forman un ángulo (θ) de entre $+45^\circ$ y -45° con respecto a un segundo plano de simetría (yz) de la cámara (2) de ionización perpendicular a un primer plano de simetría (xz) de la cámara (2) de ionización que contiene una línea central (D) de la cámara (2) de ionización en forma de U.
- 20 3. Motor (1) espacial de plasma sin electrodos de acuerdo con la reivindicación 2, donde el ángulo (θ) con respecto al segundo plano de simetría (yz) de la cámara (2) de ionización es de entre $+30^\circ$ y -30° .
4. Motor (1) espacial de plasma sin electrodos de acuerdo con la reivindicación 3, donde
25 el primer y segundo extremos abiertos de los brazos son esencialmente paralelos al segundo plano de simetría (yz) de la cámara (2) de ionización.
5. Motor (1) espacial de plasma de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el dispositivo (5) de generación de campo magnético comprende un primer
30 elemento (51) de generación de campo magnético para generar la tobera magnética del primer extremo, un segundo elemento (52) de generación de campo magnético para generar la tobera magnética del segundo extremo, y un tercer elemento (53) de generación de campo magnético para generar el campo magnético interior a la cámara (2) de ionización.
- 35 6. Motor (1) espacial de plasma de acuerdo con la reivindicación 5, donde el primer elemento (51) de generación de campo magnético y el segundo elemento (52) de generación de campo magnético son bobinas de intensidad controlable independientemente.

7. Motor (1) espacial de plasma de acuerdo con la reivindicación 6, donde el tercer elemento (53) de generación de campo magnético es un imán permanente.
- 5 8. Motor (1) espacial de plasma de acuerdo con la reivindicación 6, donde el tercer elemento (53) de generación de campo magnético es una bobina de intensidad controlable independientemente.
9. Motor (1) espacial de plasma de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6-8,
10 donde el primer elemento (51) de generación de campo magnético y el segundo elemento (52) de generación de campo magnético comprenden sendos pares de bobinas (51a, 51b; 52a, 52b) inclinadas un mismo ángulo en direcciones opuestas con relación al primer plano de simetría (xz) del motor (1), siendo la intensidad de corriente de las bobinas de cada uno de dichos pares de bobinas (51a, 51b; 52a, 52b) controlable de manera independiente para
15 orientar selectivamente las respectivas toberas magnéticas.
10. Motor (1) espacial de plasma de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un dispositivo (6) secundario de generación de campo magnético ubicado en paralelo al cuerpo central de la cámara (2) de ionización para anular el
20 dipolo magnético neto causado por el campo magnético generado por el dispositivo (5) de generación de campo magnético.
11. Uso de un motor (1) espacial de plasma sin electrodos con geometría en U según la reivindicación 8 que comprende, en ausencia de plasma en la cámara (2) de ionización, aplicar
25 una intensidad a uno o varios de entre el primer elemento (51) de generación de campo magnético, el segundo elemento (52) de generación de campo magnético, y el tercer elemento (53) de generación de campo magnético para generar un dipolo magnético de una magnitud e intensidad deseadas con el propósito de controlar la actitud de un vehículo espacial en que
30 está instalado el motor (1).

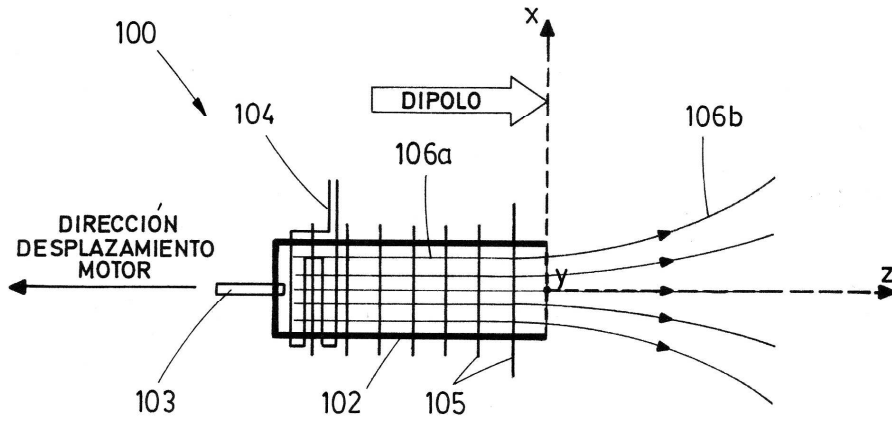


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

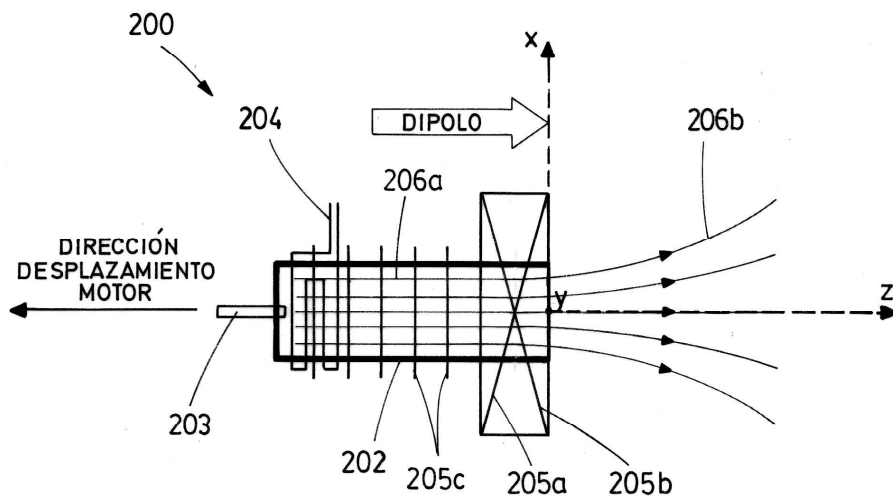


FIG. 2
TÉCNICA ANTERIOR

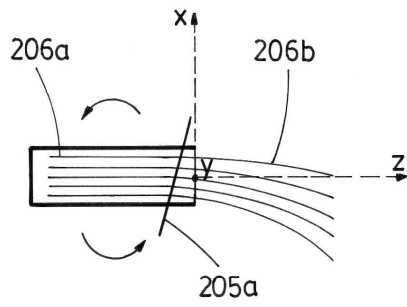


FIG. 3a
TÉCNICA ANTERIOR

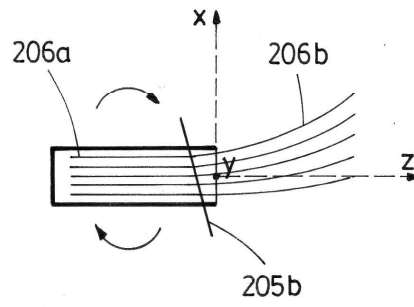


FIG. 3b
TÉCNICA ANTERIOR

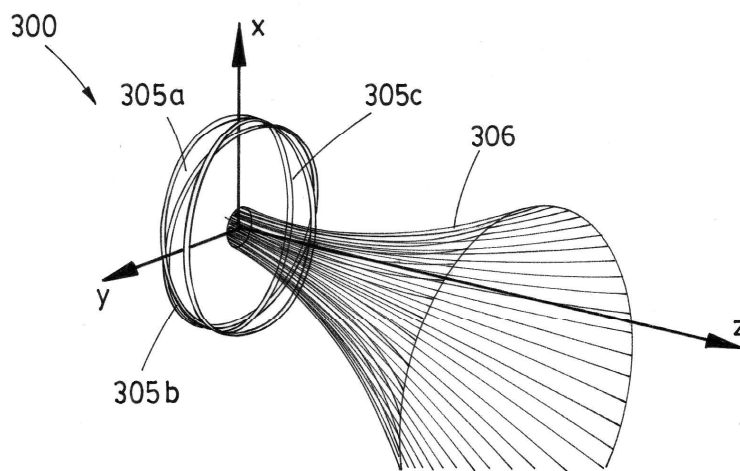


FIG. 4
TÉCNICA ANTERIOR

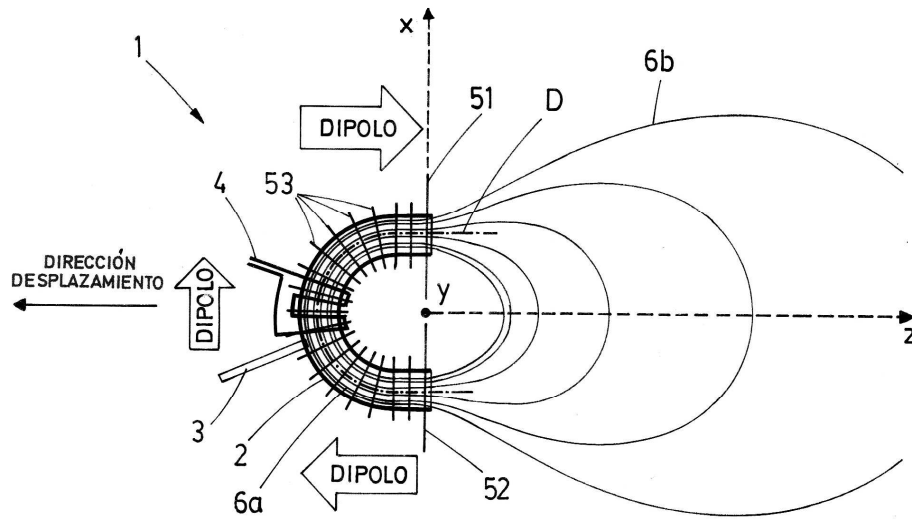


FIG. 5

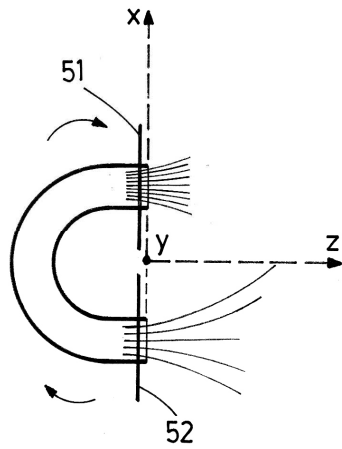


FIG. 6a

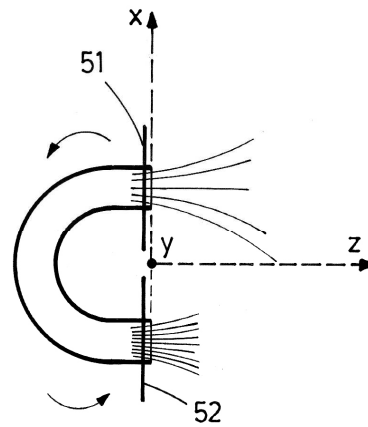


FIG. 6b

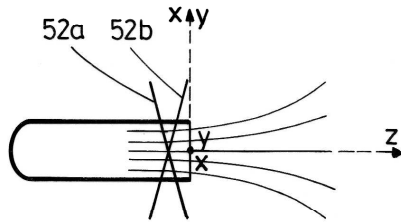


FIG. 7

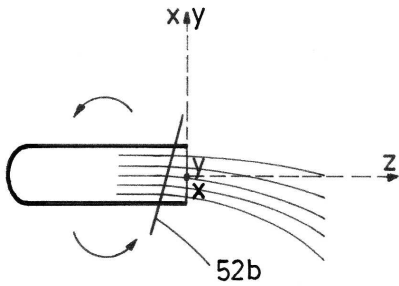


FIG. 8a

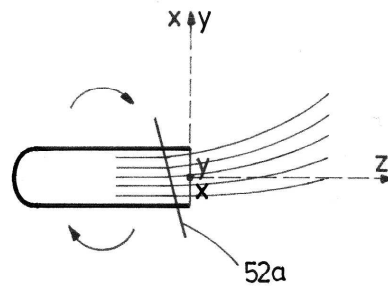


FIG. 8b

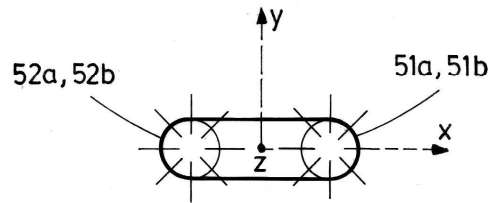


FIG. 9

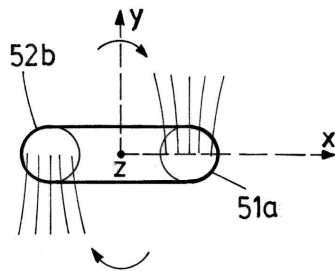


FIG. 10a

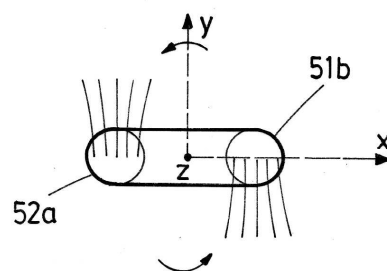


FIG. 10b

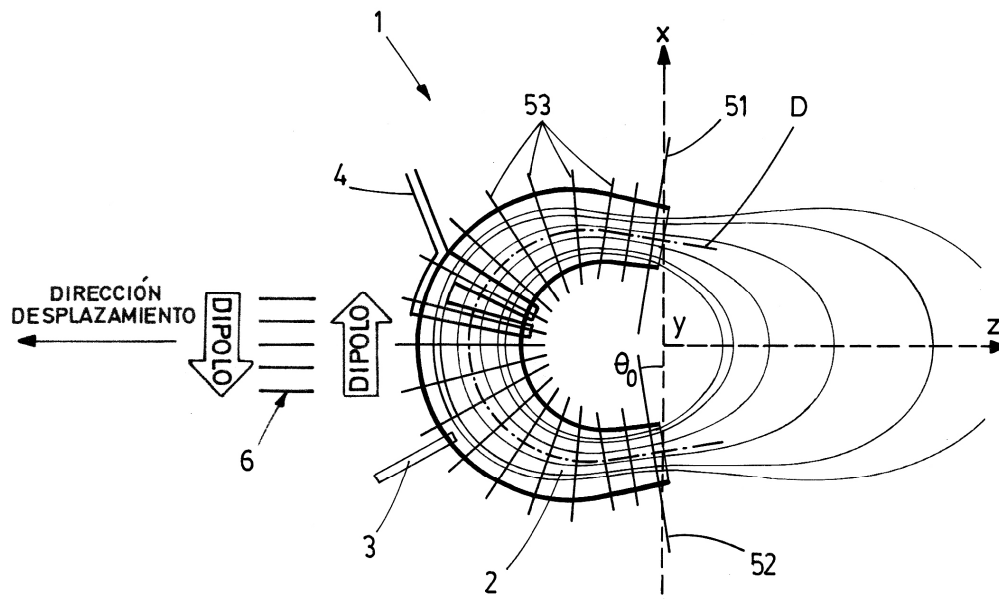


FIG.11



- ②¹ N.º solicitud: 201830521
 ②² Fecha de presentación de la solicitud: 31.05.2018
 ③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤¹ Int. Cl.: **F03H1/00** (2006.01)
F02K9/30 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 4815279 A (CHANG FRANKLIN R) 28/03/1989, columna 1, línea 5 - columna 6, línea 45; figuras 1 - 9.	1-4
A		5-11
A	ES 2540167 A1 (UNIV MADRID POLITECNICA) 08/07/2015, páginas 2 - 11; figuras 1 - 7.	1-11
A	US 3091079 A (KUNEN ALFRED E) 28/05/1963, columna 2, línea 10 - columna 6, línea 48; figuras 1 - 4.	1
A	WO 2017006056 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES) 12/01/2017, párrafos [63 - 150]; figuras 1 - 4.	1
A	US 2017088293 A1 (ZURBACH STÉPHAN JOSEPH et al.) 30/03/2017, párrafos [37 - 80]; figuras 1 - 2.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
03.12.2018

Examinador
O. Fernández Iglesias

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F03H, F02K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC