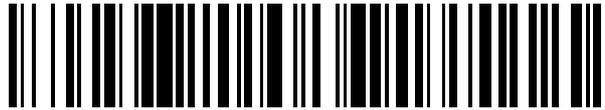


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 721**

21 Número de solicitud: 201630030

51 Int. Cl.:

F03H 1/00 (2006.01)

B64G 1/40 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

15.01.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.01.2017

Fecha de concesión:

27.10.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

06.11.2017

73 Titular/es:

**SÁNCHEZ TORRES, Antonio (100.0%)
C/ Urumea 2
28670 Villaviciosa de Odón (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

SÁNCHEZ TORRES, Antonio

54 Título: **Tobera eléctrica pulsante para aumentar el empuje en motores espaciales de plasma**

57 Resumen:

Tobera eléctrica pulsante para aumentar el empuje en motores espaciales de plasma. La invención comprende un motor de plasma (1) que eyecta un flujo de plasma cuasi-neutro hacia el exterior de una tobera cónica (2), formada por una red de cables conductores (4) sin recubrimiento aislante, a los que se suministran pulsos de potencial por medio de una fuente de alimentación (3) generadora de pulsos y un dispositivo eyector (6) que expulsa las partículas recolectadas por los cables (4). Parte del flujo de partículas generado por el motor de plasma (1) es repelido, por medio de fuerzas de Coulomb, con los pulsos producidos a lo largo de los cables conductores (4), creando un empuje en la misma dirección que la generada por el motor de plasma (1), aumentando el empuje neto del sistema formado por el motor de plasma (1) y la tobera (2).

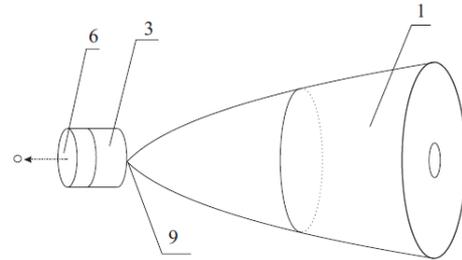


FIG. 5

ES 2 596 721 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

DESCRIPCIÓN**Tobera eléctrica pulsante para aumentar el empuje en motores espaciales de plasma****5 Campo técnico de la invención**

La presente invención se enmarca dentro del campo de la ingeniería aeroespacial, dentro de los sistemas de propulsión espacial primaria o secundaria para vehículos espaciales y satélites. En particular, la invención pertenece a los sistemas que utilizan el plasma para producir un empuje propulsor por reacción.

Estado de la técnica

Los motores espaciales de plasma, también denominados propulsores eléctricos, son capaces de producir un bajo empuje y un alto impulso específico bastante mayor al proporcionado por los sistemas de propulsión química convencionales. Estos motores de plasma permiten reducir el consumo de combustible. Se puede definir la propulsión eléctrica como la aceleración de gases por medio de la propulsión generada por calentamiento eléctrico y/o por procedimientos eléctricos y magnéticos. Los diferentes tipos de propulsores eléctricos espaciales se pueden dividir en tres grandes tipos de sistemas: propulsión electro-térmica, en el que el combustible en estado de gas es calentado eléctricamente y posteriormente se procede a su expansión por medio de una tobera de característica no eléctrica; propulsión electrostática, donde el combustible es acelerado por la aplicación directa de fuerzas eléctricas para ionizar las partículas; propulsión electromagnética, donde un combustible ionizado es acelerado por medio de las interacciones de campos magnéticos externos e internos con corrientes eléctricas producidas en el plasma.

Existen diferentes tipos de propulsores, dependiendo de sus características propulsivas. Uno de los mayores problemas que tienen en común todos los motores de plasma espaciales existentes es la elevada potencia eléctrica que requieren para conseguir empujes altos, lo que exige sistemas de potencia inasumibles en el espacio. Normalmente la potencia eléctrica se consigue por medio de paneles solares o sistemas de generación eléctrica por radioisótopos, de manera que no es posible generar una potencia eléctrica excesivamente elevada (< 100 kW), a menos que se utilicen reactores nucleares de fisión, algo que las Agencias Espaciales desean evitar, por su coste y su elevado peso y tamaño, además de las implicaciones que esto conllevaría en lo referente a la opinión pública.

A baja potencia los propulsores eléctricos generan empujes muy pequeños. Un motor tipo Hall como el SMART-1 genera 68 mN a 1.2 kW y un motor helicón de 0.65 kW generaría 2.8 mN. Motores iónicos como NSTAR y NEXT producen empujes de 92 y 236 mN para potencias de 2.3 kW y 6.9 kW, respectivamente.

5

Existen también otros grupos de motores de plasma experimentales como el pulsante inductivo (PIT), que alcanzaría valores entre 1 y 5 Newtons de empuje para una potencia entre 40 y 200 kW. El motor PIT consiste en un conjunto de cables con recubrimiento aislante dispuestos en espiral, una tobera que inyecta el combustible y una fuente de alimentación pulsante. La tobera inyecta el combustible cubriendo la superficie de cables y la fuente de alimentación genera pulsos de alta corriente en los cables, generando un campo magnético que varía con el tiempo, induciendo un intenso campo eléctrico en dirección acimutal en la región cercana a los cables. El intenso campo eléctrico permite que el combustible se transforme en plasma con corrientes acimutales que dependen del aumento de corriente que se suministre a los cables. Finalmente, la interacción de la corriente desarrollada en el plasma y el campo magnético producido por los cables genera una fuerza de Lorentz que acelera el plasma axialmente desde los cables, produciendo el empuje deseado.

El motor VASIMIR es una combinación de un motor helicón, junto con un sistema de calentamiento por radiofrecuencia y finalmente el plasma es expulsado por una tobera magnética, en el que el campo magnético de la tobera guía el flujo del plasma. El propulsor VASIMIR consigue fuerzas propulsivas de 1.5 y 5 N consumiendo una potencia de 100 y 200 kW, respectivamente. El motor iónico Dual-Stage 4-Grid (DS4G) que actualmente está siendo desarrollado por la Agencia Espacial Europea puede producir 2.5 N con una potencia de 250 kW. Los potentes motores magnetoplasmadínamicos (MPD) pueden generar un empuje de 25 N considerando una potencia de 500 kW.

También, se ha considerado la agrupación de motores de plasma semejantes ("cluster") para que todos ellos produzcan un empuje más elevado en una determinada dirección, pero plantea problemas de dimensionamiento del sistema completo y sigue manteniéndose el problema de la elevada potencia que requeriría el conjunto de propulsores.

35

En resumen, para superar estas importantes limitaciones es necesario un sistema ligero que pueda generar el mayor empuje con la mínima potencia eléctrica que permita todo el sistema propulsivo.

5

Breve descripción de la invención

La invención se refiere a una tobera formada por un conjunto de cables conductores que se acoplarán a la salida de un motor de plasma. A los cables conductores se les suministran pulsos de potencial positivos o negativos por medio de una fuente de alimentación generadora de pulsos, o simplemente, por un generador de pulsos. El flujo de plasma cuasi-neutro (igual densidad de carga de electrones e iones) conformado por iones y electrones es eyectado a la salida del motor de plasma con un ángulo de divergencia α . Parte de los electrones e iones del flujo serán, respectivamente, recolectados y repelidos por los cables conductores de la tobera si se producen pulsos de potencial positivo. Por el contrario, parte de los iones y electrones del flujo serán, respectivamente, recolectados y repelidos por los cables conductores de la tobera si se producen pulsos de potencial negativos. Para mantener el correcto signo (positivo/negativo) de los pulsos en los cables conductores se deberán eyectar las partículas (electrones/iones) recogidas por los cables por medio de un dispositivo eyector. De esta forma, si se producen pulsos de potencial positivos en los cables, el dispositivo eyector expulsará electrones, mientras que si se producen pulsos de potencial negativos en los cables, el dispositivo eyector deberá expulsar iones.

A diferencia del motor de plasma PIT, la presente invención considera cables conductores sin recubrimiento aislante; esencial para producir la fuerza repulsiva de Coulomb de las partículas repelidas en vez de la fuerza de Lorentz, que se produce en el propio plasma, y que utiliza el motor de plasma PIT.

En la presente invención, la disposición de los cables será simétrica rodeando la estructura cónica de la tobera de diámetro R_n . Para obtener un empuje efectivo, la tobera tendrá una apertura cónica con un ángulo γ , que será inferior al ángulo de divergencia α del flujo del plasma cuasi-neutro. Debido a la simetría de la tobera, las partículas desviadas por la acción repulsiva de los pulsos de potencial producirán un empuje sobre el sistema en el sentido contrario a la dirección del flujo de plasma cuasi-neutro expulsado por el motor de plasma. Adicionalmente, las partículas repelidas sufrirán una aceleración debido a los pulsos de potencial y saldrán por el exterior de la tobera a una velocidad mayor que cuando entraron en la región de influencia del potencial del cable.

En la presente invención se proponen dos casos de pulsos de potencial a lo largo de los cables conductores: positivos y negativos. A los cables conductores se aplicarán pulsos de potencial pico a pico, siendo el potencial inferior del pulso, ϕ_{pb} , aproximadamente igual (aunque ligeramente superior) al que proviene del flujo de plasma producido por el motor de plasma; $\phi_{pb} \approx E_p/e = 0.5 m_p v_p^2/e$, donde E_p es la energía del flujo de partículas, e es la carga del electrón, m_p y v_p son, respectivamente, la masa y la velocidad de la partícula que se considere para ser repelida por los cables conductores. Se pueden considerar iones como el Xenón, Argón, Neón, Kriptón u otro tipo de ión en el flujo de plasma producido por el motor de plasma. Los iones serán repelidos cuando aparezcan pulsos de potencial positivos en el conjunto de cables, bien los electrones serán las partículas repelidas cuando se generen pulsos de potencial negativos. Los pulsos se generarán por medio de una fuente de alimentación generadora de pulsos.

En el pulso de potencial suministrado en los cables, el nivel inferior del potencial, ϕ_{pb} , se polariza positiva o negativamente con respecto del flujo del plasma. Hay que realizar una distinción entre polarización positiva o negativa de los cables con respecto del plasma producido por el motor de plasma para saber cuál será la especie de partícula atraída y repelida por los cables conductores. Para polarización positiva de los cables conductores, los iones y electrones son, respectivamente, repelidos y recolectados por los cables. En el caso de polarización negativa (ver Sanchez-Torres, A., Drag and propulsive forces in electric sails with negative polarity, Advances in Space Research, Vol. 57, No. 4, pp. 1065-1071, 2016), los electrones son repelidos y existe una población de iones repelida y otra población recolectada por los cables conductores.

En la presente patente, se considerará, en particular, la incidencia de la repulsión de electrones por pulsos de potencial negativos, aunque también una parte de la población de iones, -que se estima pequeña-, puede ser repelida por el nivel alto del pulso, $|\phi_{pa}|$. En el caso de pulsos de potencial positivos la masa y velocidad de la partícula a considerar en $|\phi_{pb}| \approx E_p/e$ será la masa del ión y el flujo de iones. Sin embargo, para pulsos de potencial negativos se considerará la masa del electrón, m_e , y la velocidad térmica del electrón, $v_p \approx v_{te} = \sqrt{k_B T_e / m_e}$, de manera que se tiene $|\phi_{pb}| \approx k_B T_e / (2e)$.

Es fundamental resaltar que la red de cables conductores no tiene nada que ver con el sistema de rejillas ("grids") que se suelen utilizar en los motores de plasma, como el del tipo de propulsor iónico. Las rejillas de estos motores que son utilizados para acelerar los iones del plasma son superficies con agujeros de pequeños diámetros del orden de 0.55 mm. En lo referente a la invención aquí presentada, la tobera está formada por una red de cables conductores (no por el

tipo de rejillas de superficie con agujeros). En la presente invención, cada cable conductor está separado por su inmediato cable vecino a una distancia que debe ser estudiada en función de las condiciones del plasma ambiente (temperatura, densidad) y las características del cable (longitud, diámetro) y al potencial al que se somete el cable. En una primera aproximación, se puede considerar esa distancia equivalente al radio, r_{sb} , de la vaina eléctrica creada por el pulso de potencial bajo ϕ_{pb} , determinada por la siguiente ecuación (ver referencia: Sanmartin J.R., et al., Bare-Tether Sheath and Current: Comparison of Asymptotic Theory and Kinetic Simulations in Stationary Plasma, IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 36, no. 5, pp. 2851-2858, 2008),

$$1.53 \left[1 - 2.56 \left(\frac{\lambda_D}{r_{sb}} \right)^{4/5} \right] \left(\frac{r_{sb}}{\lambda_D} \right)^{4/3} \ln \left(\frac{r_{sb}}{R} \right) = \frac{e |\phi_{pb}|}{kT_e}, \quad (A)$$

donde $\lambda_D \left(\equiv \sqrt{k_B T_e / (4\pi n_p)} \right)$ es la longitud de Debye, R es el radio del cable, k_B es la constante de Boltzmann, n_p es la densidad de partículas, e es la carga del electrón y T_e es la temperatura de electrones en el plasma, que se considera igual que la de los iones en este caso.

El objeto de la presente patente se refiere a una tobera eléctrica pulsante para aumentar el empuje en motores espaciales de plasma y reducir la potencia eléctrica del sistema total. La patente incluye varios modos de realización. Los elementos comunes de la invención según los diferentes modos de realización estarían caracterizados por:

- un motor de plasma que eyecta un flujo de plasma cuasi-neutro hacia el exterior de una tobera cónica, formada por una estructura de cables conductores sin recubrimiento aislante, a los que se someterán pulsos de potencial;
- una fuente de alimentación generadora de pulsos;
- un dispositivo eyector que expulsa las partículas recolectadas por la tobera formada por la estructura de cables a la que se somete pulsos de potencial;
- una estructura anular al final de la tobera para mantener tensos a los cables conductores que conforman la tobera.

En lo que se refiere a los elementos particulares según modo de realización principal:

- una red de cables conductores sometidos a pulsos de potencial negativos.

En lo que se refiere a los elementos particulares según otro modo de realización:

- una red de cables conductores sometidos a pulsos de potencial positivos.

Se propone transmitir un empuje por medio de un intercambio de momento del flujo de las partículas que, eyectadas por el motor de plasma, son repelidas por la superficie virtual producida por pulsos de potencial generados en los cables conductores que conforman la tobera. El procedimiento que se considera en este invento es similar al propuesto en las patentes del mismo autor de la presente invención (patente P 201431740 y solicitud adición de patente P201531029). En las anteriores patentes se consideró la repulsión de los iones. Sin embargo, en la presente invención se considerará también la repulsión de los electrones producida por los pulsos de potencial negativos, que es el caso principal que se estudia en la presente patente. Se utiliza un pulso de potencial que se suministra a los cables conductores, donde el potencial inferior es $|\phi_{pb}| \approx E_p/e = k_B T_e / (2e)$ y el potencial superior es $|\phi_{pa}| \approx |\phi_{pb}| + |\Delta\phi|$, donde $|\Delta\phi|$ es la diferencia de potencial pico a pico que puede ser del orden de 1 kV o mayor. El radio de la vaina, r_{sa} , generado por el potencial superior del pulso $|\phi_{pa}|$ se puede calcular sustituyendo r_{sb} por r_{sa} , y ϕ_{pb} por ϕ_{pa} en la ecuación (A). Los electrones que llegan del motor de plasma a la tobera son frenados por el potencial inferior del pulso, $|\phi_{pb}|$, hasta alcanzar una posición de máximo acercamiento, r_0 , donde comienzan a ser repelidos. Una vez que el electrón alcanza esa posición, r_0 , el potencial superior del pulso, $|\phi_{pa}|$, produce una repulsión sobre el electrón; acelerándose en dirección contraria a la inicial hasta que recorra toda la distancia de la nueva vaina, desde r_0 hasta r_{sa} , generada por ese potencial alto del pulso $|\phi_{pa}|$.

Otra diferencia con respecto a la solicitud de adición de patente P201531029 es: las partículas repelidas por los cables conductores son enviadas hacia el exterior de la tobera, alejándose del motor de plasma.

La fuerza repulsiva de Coulomb que repele a los electrones hacia el exterior de la tobera también transfiere una fuerza sobre la estructura eléctrica pulsante de la tobera, y por ello, produce una fuerza propulsiva en el sentido contrario con el que se mueven los electrones repelidos por la tobera eléctrica pulsante, que se puede estimar como

$$F_N = n_p m_p v_f^2 \times \pi L R_N \times \cos(\alpha - \gamma), \quad (B)$$

donde L es la longitud de cada cable de la tobera, R_N es el radio final de la tobera; n_p es la densidad de partículas repelidas; m_p es la masa de la partícula repelida. En el caso de pulsos de potencial negativos, la partícula repelida es el electrón, mientras que en el caso de pulsos positivos la partícula repelida es el ión. La partícula repelida expulsada por el potencial adquiere una velocidad mucho más alta, v_f , cuando sale de la vaina producida por el potencial superior del pulso, ϕ_{pa} , que cuando entra en la vaina producida por el potencial inferior de pulso, ϕ_{pb} .

Para la presente invención, el material de los cables conductores debe ser un buen conductor eléctrico, soportar altas temperaturas y disponer de una baja densidad. Se puede considerar aluminio, molibdeno, o también incluir algún tipo de fibra de carbono, aleaciones de acero o kevlar.

5 La potencia eléctrica máxima que consumen los cables conductores que conforman la tobera es

$$P_{el} = |\phi_{pa}| I_{av} \quad (C)$$

donde el voltaje máximo producido en el pulso es $|\phi_{pu}|$ y la corriente I_{av} que el dispositivo eyector de partículas debe expulsar es

10

$$I_{av} \approx N_c e R L n_p \sqrt{\frac{2e |\phi_{pa}|}{m_p}}, \quad (D)$$

donde N_c es el número de cables. Se deben utilizar cables muy finos; del orden de pocas micras de diámetro. Suponiendo una red de cables a la que se suministra pulsos negativos con $N_c = 2600$,
 15 $R = 20 \mu\text{m}$, $L = 0.3\text{m}$, $R_N = 0.19\text{m}$, $|\phi_{pu}| = 590\text{V}$, y considerando el xenón como ión utilizado ($m_p = 2.2 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$), un promedio de densidad de partículas de $n_p = 2.4 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ a lo largo de superficie que rodea a la tobera, y una temperatura de $T_e = 2 \text{ eV}$ con un ángulo de divergencia $\alpha = 40^\circ$ y $\gamma = 39^\circ$, la corriente necesaria para eyectar los iones de xenón, que se obtiene según la ecuación (D), es $I_{av} = 1.76 \text{ A}$, y la potencia, según la ecuación (C), es $P_{el} = 1 \text{ kW}$. Con estos parámetros
 20 los electrones aceleran a velocidades que alcanzan $v_f = 14420 \text{ km/s}$, de manera que se obtiene una fuerza, F_N , dada la ecuación (B), de 0.80 N . Asumiendo que la potencia utilizada por el motor de plasma que genere unas condiciones como las descritas es de unos 200 W y un empuje del motor de plasma, $F_p = 1 \text{ mN}$, tendríamos una potencia total del sistema de 1.2 kW y una
 25 fuerza neta $F_N + F_p = 0.80 \text{ N}$ de fuerza total, que es muy superior a la producida por cualquier tipo de motor de plasma espacial con esa potencia. Con esa misma potencia, el motor Hall PPS-1350 de SMART-1 generaría 0.068 N ; una fuerza propulsiva unas 12 veces menor. Si aumentáramos el potencial a $|\phi_{pu}| = 910 \text{ V}$ los electrones acelerarían a velocidades $v_f = 17900 \text{ km/s}$, de manera que se obtendría una fuerza de 1.25 N , para una corriente $I_{av} = 2.19 \text{ A}$ y una
 30 potencia de 2 kW . La presente invención, permite generar fuerzas de 1 N a baja potencia eléctrica; actualmente no existe ningún motor de plasma que pueda conseguir esa fuerza a tan baja potencia eléctrica. Normalmente, conseguir esa fuerza en motores de plasma actuales exige potencias superiores a 100 kW , es decir, más de cien veces la potencia que requeriría la presente
 35 invención con forma de tobera. Esto supone un gran avance en términos de generación de empuje moderadamente alto a baja potencia eléctrica. Además, si aumentáramos ampliamente la longitud de los cables y el radio final de la tobera ($L = 3.17 \text{ m}$, $R_N = 2 \text{ m}$) y redujéramos

considerablemente el potencial ($|\phi_{pu}| = 190\text{V}$) se obtendrían empujes importantes ($F_N = 3.11\text{ N}$) a baja potencia ($P_{el} = 0.76\text{ kW}$). Esto permite elegir entre un gran rango de longitudes y potenciales dependiendo del tipo de misión espacial que se requiera, permitiendo incluso que se pueda variar la longitud y el potencial según requerimientos específicos de la misión.

5 A potencias altas y longitudes de la tobera algo grandes se podrían conseguir fuerzas bastante elevadas. Suponiendo una red polarizada negativa con $N_c = 5000$, $R = 20\ \mu\text{m}$, $L = 1\text{ m}$, $R_N = 0.63\text{m}$, $|\phi_{pu}| = 7.57\text{ kV}$, y considerando un promedio de densidad de partículas $n_p = 7.8 \cdot 10^9\text{ cm}^{-3}$ a lo largo de la superficie que rodea a la tobera con esa longitud de cables, y una temperatura de $T_e = 2\text{ eV}$, con un ángulo de divergencia $\alpha = 40^\circ$ y $\gamma = 39^\circ$, la corriente que se obtiene es $I_{av} = 13.2\text{ A}$, y la potencia es $P_{el} = 100\text{ kW}$. Con estos parámetros los electrones aceleran a velocidades $v_f = 51620\text{ km/s}$, de manera que se obtiene una fuerza de 37.7 N . Si aumentáramos el potencial a $|\phi_{pu}| = 20\text{ kV}$ los electrones acelerarían a velocidades $v_f = 83880\text{ km/s}$, de manera que se obtendría una fuerza de 100 N , para una corriente $I_{av} = 21.5\text{ A}$ y una potencia de 430 kW , muy superior a la fuerza conseguida por cualquier motor de plasma a esa potencia. Además, si aumentáramos aún más la longitud de los cables y el radio final de la tobera ($L = 7.94\text{ m}$, $R_N = 5\text{ m}$), con un potencial elevado ($|\phi_{pu}| = 16.44\text{ kV}$) se obtendrían empujes bastante elevados ($F_N = 692\text{ N}$) a una potencia muy elevada ($P_{el} = 1\text{ MW}$). Por lo anteriormente mencionado, la presente invención es un sistema escalable en longitud y potencial que generaría un empuje mucho mayor que cualquier motor de plasma por sí solo, tanto a baja como alta potencia.

Para el modo alternativo de pulsos de potencial positivos suministrados a los cables conductores de la tobera, la corriente de electrones recolectada por los cables será bastante elevada ya que según la ecuación (D), $I_{av} \propto \sqrt{1/m_e}$. Como la masa del electrón es $m_e = 9.109 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$ (4 ó 5 órdenes de magnitud inferior a la de los iones) la potencia requerida, dada la ecuación (C), será varios órdenes de magnitud superior que la del modo principal de pulsos negativos. De esta forma, la opción de pulsos de potencial negativos suministrados en los cables será más efectiva en términos de reducción de potencia que la de pulsos positivos.

Es importante resaltar que el número de cables conductores necesarios puede ser mucho menor, ya que se pueden producir fenómenos de interferencia entre los cables resultando una recolección de corriente efectiva mucho menor. De esta forma, por efectos de interferencia se espera que se pueda reducir la recolección de corriente en un 50%, y por tanto la potencia

requerida sea, también, un 50% menor para obtener la misma fuerza propulsiva; aumentando aún más las prestaciones de la tobera eléctrica pulsante.

5 La utilización de la tobera no incide de forma importante en la masa de todo el sistema a pesar de la gran cantidad de cables necesarios. Los cables conductores son muy finos ($R=20\ \mu\text{m}$) y si consideramos el uso de aluminio (densidad, $\rho=2700\ \text{kg/m}^3$), para 5000 cables de 1 m de longitud supone una masa de 0.017 kg para toda la tobera. Si el material de los cables fuera molibdeno (densidad, $\rho=10280\ \text{kg/m}^3$) la masa total de la tobera sería tan solo de 0.065 kg.

10

La presente invención aumentará la fuerza propulsiva inicial del motor de plasma. La reducción de potencia de todo el sistema propulsivo se consigue reduciendo al mínimo la potencia exigida al motor de plasma (alrededor de 200 W) y aumentando la potencia P_{el} que requerirá la fuente de alimentación generadora de pulsos y el dispositivo eyector de partículas. De esta forma el cociente entre la fuerza y la potencia (F_N/P_{el}) del sistema completo es mucho mayor que en el caso de un motor de plasma por sí solo; es decir, el sistema propulsor completo (motor de plasma y tobera eléctrica pulsante) necesitará una potencia eléctrica menor para generar la misma fuerza que un motor de plasma por sí solo. Por tanto, *la presente invención de la tobera eléctrica pulsante que se acopla a la salida de un motor de plasma permite un mayor empuje con una menor potencia eléctrica en relación con el estado de la técnica anterior.*

20

Una vez definidos los límites tecnológicos del sistema de empuje se puede pasar a la descripción detallada de la invención según los modos de realización.

25

Descripción de las figuras

30

Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña la presente memoria descriptiva de las figuras 1 a 6, como parte integrante de la misma.

35

La invención se describirá en lo que sigue con más detalle haciendo referencia a varios modos de realización de la misma representado en dichas figuras.

5 **La figura 1** representa la estructura de la tobera (2) que se sujeta al motor de plasma (1) con una red de cables conductores muy finos y sin recubrimiento aislante (4). El diseño de la red de cables conductores (4) tiene una disposición simétrica y termina cada cable (4) en un cable anular (7). Desde el cable anular (7) salen varios cables conductores auxiliares (8) de mayor sección que contactan en un punto en común (9). En ese punto (9) se colocará un dispositivo eyector de partículas (6) que eyectará iones (electrones) si en los cables conductores (4) se mantienen pulsos de potencial negativos (positivos). La tobera tiene una estructura anular (5) que confiere tensión en los cables conductores (4).

10 **La figura 2** representa otro tipo de diseño de la estructura de la tobera (2) que se sujeta al motor de plasma (1) con una red de cables conductores muy finos y sin recubrimiento aislante (4). El diseño de la red de cables conductores (1) tiene una disposición simétrica y termina cada cable (4) en un punto en común (9). Desde ese punto (9) se colocará un dispositivo eyector de partículas (6) que eyectará iones (electrones) si en los cables conductores (4) se mantienen pulsos de potencial negativos (positivos). La tobera tiene una estructura anular (5) que confiere tensión en los cables conductores (4).

20 **La figura 3** representa el modo de operación de la tobera (2) acoplado al motor de plasma (1), que eyecta un flujo de plasma cuasi-neutro (prácticamente igual densidad de iones y electrones) con un ángulo de divergencia α con respecto de la horizontal. La disposición de la tobera (2) cónica tiene un ángulo γ con respecto de la horizontal. El ángulo de divergencia α debe ser mayor o aproximadamente igual que el ángulo γ . La distancia entre el motor de plasma (1) y el final de la tobera (2) es d , y el radio final de la tobera (2) es R_N . La longitud de cada cable es L .
 25 El motor de plasma (1) genera una fuerza propulsiva F_p en la dirección contraria a la del flujo de plasma cuasi-neutro eyectado. La fuerza F_N producida por los cables (4) que forman la tobera (2) tiene la misma dirección que F_p .

30 **La figura 4** representa el dispositivo eyector (6) de partículas hacia el interior. El dispositivo eyector (6) está acoplado a la fuente de alimentación generadora de pulsos (3), que se encuentra conectado al punto en común (9) donde se une a los cables conductores (4) o bien a los cables auxiliares (8). El dispositivo eyector (6) debe de estar localizado de tal forma que no perjudique al motor de plasma (1) y puede mejorar, si cabe, la generación de partículas en el plasma que se produzca en el motor de plasma (1).

La figura 5 representa el dispositivo eyector (6) de partículas hacia el exterior. El dispositivo eyector (6) está acoplado a la fuente de alimentación generadora de pulsos (3), que se encuentra conectado al punto en común (9) donde se une a los cables conductores (4) o bien a los cables auxiliares (8).

5

La figura 6 representa un diagrama de la invención según el modo de realización principal, en la que el módulo de control de misión (11) permite suministrar más o menos potencia eléctrica al sistema de potencia (10) para mantener en funcionamiento al motor de plasma (1), a la estructura eléctrica pulsante de la red de cables conductores (4) y al dispositivo eyector (6) de iones por medio de una fuente de alimentación variable por pulsos (3). Un dispositivo optativo como es el acelerómetro (12) muestra al módulo de control de misión (11) cuál es el empuje real que necesita el vehículo para llevar a cabo la maniobra orbital.

La figura 7 representa un pulso de potencial de onda cuadrada en función del tiempo t que se considerará como modo de realización principal. Se muestran tanto el nivel inferior $|\phi_{pb}|$ como superior $|\phi_{pa}|$ del pulso, la amplitud del pulso $|\Delta\phi|$, el periodo del pulso T , y el tiempo τ que se mantiene el pulso en su nivel superior $|\phi_{pa}|$. El rango del ciclo de trabajo (τ/T) de la invención puede estar entre el 0 y el 100 %. Los dos valores extremos (0 y 100%) en el ciclo de trabajo del pulso dan lugar a situaciones puramente electrostáticas (no existen pulsos); es decir, en el caso de ciclo de trabajo del 0 % el espectro de potencial se mantiene durante todo el tiempo en $|\phi_{pb}| \approx E_p/e$, mientras que un ciclo de trabajo del 100 % el potencial se mantiene durante todo tiempo a nivel alto $|\phi_{pa}|$. Cabe resaltar que se puede considerar otro tipo de pulso: triangular, rampa, seno, u otra función de onda arbitraria. Además, se deberá analizar experimentalmente cuáles serán los valores óptimos de todos los parámetros (temperatura, densidad, velocidad del flujo del plasma, longitud y radio de los cables conductores, además de los valores del nivel inferior y superior del pulso de potencial, y ciclo de trabajo) que permita maximizar la fuerza propulsiva con la menor potencia eléctrica consumida. El tiempo que tardarían las partículas que provienen del motor de plasma en recorrer la distancia $r_{sa} - r_0$ sería del orden de $T - \tau$ para que el tiempo en el que el pulso se encuentra inactivo, en su nivel bajo, permita que las partículas se acerquen a la posición r_0 .

Descripción detallada de la invención

Los parámetros de entrada conocidos son la distancia d desde el motor de plasma (1) hasta el final de la tobera (2), la longitud L y radio R de los cables conductores (4), el ángulo de divergencia del flujo α , un ángulo γ con respecto de la horizontal, y el radio final, R_M , de la

tobera (2). Por lo que se refiere a los parámetros de salida, tenemos la fuerza F_p que es proporcionada por el motor de plasma y F_N la fuerza producida por la transferencia de momento en la repulsión de las partículas por medio de la red de cables conductores (4), que conforman la tobera (2), sometidos a pulsos de potencial.

5

A continuación se explica el funcionamiento de la invención según varios modos de realización de la misma. Para ello se enumeran todos los dispositivos comunes involucrados en el diseño de la invención que, según los diferentes modos de realización son:

10

Motor de plasma (1): es cualquier tipo de propulsor eléctrico que produce un flujo de iones hacia el exterior de la tobera (2). Puede ser un motor iónico, Hall, MPD, helicón, VASIMIR, PIT, o cualquiera de sus variantes. Cuanto mayor sea el ángulo de divergencia proporcionado por el motor las prestaciones propulsivas pueden mejorar además de reducir el tamaño de la tobera (2).

15 El motor de plasma genera por sí solo una fuerza F_p en sentido contrario a la de eyección del plasma cuasi-neutro.

20 *Tobera* (2): conformada por una red de cables conductores (4) desprovistos de recubrimiento aislante, que rodean al motor de plasma (1). La red de cables conductores (4) se disponen siguiendo una simetría cónica con un ángulo γ desde la posición central del flujo de plasma producido por el motor de plasma (1). La red de cables conductores (4) genera una superficie eléctrica pulsante que produce un intercambio de momento con el flujo de las partículas dirigidas por el motor de plasma (1), generando una fuerza F_N adicional, que por condiciones de simetría, lleva la misma dirección que la fuerza F_p producida por el motor de plasma (1). Dada la característica pulsante de la red de cables (4) y para evitar la modificación del flujo de las partículas en direcciones perpendiculares al flujo inicial se utiliza una disposición de los cables conductores (4) totalmente simétrica. La red de cables conductores (4) será alimentada por una fuente de alimentación generadora de pulsos (3).

30

35 *Dispositivo eyector de partículas* (6): para mantener el adecuado signo de los pulsos en los cables conductores (4). Con la puesta en funcionamiento de la invención los iones (electrones) que se encuentran en el plasma generado por el motor eléctrico (1) son recogidos por la red de cables conductores (4) sometidos a pulsos de potencial negativo (positivo). Estos iones (electrones) recolectados por los cables conductores (4) deben ser eyectados hacia el exterior o al interior como se describe en las figuras 3 y 4 para evitar que los cables conductores (4) se carguen eléctricamente con el signo de las partículas que recogen. De esta manera, si los cables

conductores (4) son sometidos a pulsos de potencial positivos por medio del generador de pulsos (3), los electrones recogidos por los cables conductores serán expulsados por el dispositivo eyector (6). Por el contrario, si los cables conductores (4) son sometidos a pulsos de potencial negativos por medio del generador de pulsos (3), los iones recogidos por los cables conductores serán expulsados por el dispositivo eyector (6). En lo referente a la expulsión de partículas, se considera como caso principal la eyección de partículas hacia el interior proveyendo al motor de plasma (1) mayor densidad de iones (electrones). Se puede considerar cualquier tipo de método para mantener los pulsos de potencial; para el caso de pulsos de potencial positivos se puede elegir entre un contactor de plasma, cátodo por emisión termoiónica y redes de emisión por efecto campo. Para el caso de pulsos de potencial negativos se utilizarán eyectores de iones ("ion gun"), también denominados como fuentes de iones ("ion source"). Los elementos estructurales de ambos eyectores de electrones e iones son parecidos, exceptuando que los eyectores de iones consiguen generar iones directamente desde la ionización de la superficie de un metal alcalino o bien indirectamente generando electrones que posteriormente ionizarán un gas - que puede ser xenón, argón, kriptón, etc. En este último caso - de generación de electrones para la posterior ionización de un gas- se pueden producir electrones por medio de un contactor de plasma, cátodo por emisión termoiónica o por redes de emisión por efecto campo.

Sistema de potencia (10): Proporciona la potencia necesaria para alimentar al motor de plasma (1), la red de cables conductores (4), dispositivo eyector de partículas (6), la fuente de alimentación generadora de pulsos (3), y a los instrumentos de medida a bordo del vehículo. Puede ser cualquiera: paneles solares, amarras electrodinámicas, sistema nuclear, fuentes de alimentación de alto voltaje, etc. Debe de incluirse también un regulador de control para suministrar la potencia eléctrica que requiere el motor de plasma (1), y la red de cables conductores (4) junto con el dispositivo eyector de partículas (6).

Dispositivos opcionales:

Acelerómetro (12): para medir la aceleración que produce la tobera de la presente invención, cuando se modifica el potencial suministrado a los cables conductores (4) o la potencia eléctrica del motor de plasma (1).

Solenoides, que pueden direccionar las partículas que salen del motor de plasma (1), en ángulos γ diferentes a los que inicialmente produce el flujo de plasma generado por el motor de plasma (1). Esto permitiría modificar el ángulo con el que las partículas entran en contacto con los pulsos de potencial generados a lo largo de los cables conductores (4), y modificar de esta forma la fuerza propulsiva dada por la ecuación (B).

Optativamente, se podría incluir en la parte inicial de cada cable conductor (4), que conforma la tobera (2), un *segmento de cable con recubrimiento aislante* para evitar algún daño sobre el motor de plasma (1) por partículas repelidas cerca de él.

5

Modo de realización principal:

La invención, que se implanta en un vehículo espacial, posee un sistema de generación de potencia (10), un motor de plasma (1) que produce plasma cuasi-neutro con un flujo de partículas dirigido hacia una tobera (2) conformada por una red de cables (4) a los que se
 10 suministra pulsos de potencial negativos, que repelen a los electrones del plasma hacia el exterior de la tobera (2) para generar una transferencia de momento que propulsa todo el sistema. El motor de plasma (1) produce un empuje F_p en la dirección descrita por la Figura 3. La transferencia de momento de los electrones sobre la estructura cónica de la tobera (2) a la que se
 15 suministra pulsos de potencial proporciona, por simetría, un empuje F_N en la misma dirección que F_p . Como el empuje generado por la estructura de cables conductores (4) que conforman la tobera (2), es mucho mayor que el conseguido por un motor de plasma (1), se produce una aceleración en la dirección de F_N mucho mayor que la proporcionada por el propio motor de plasma (1). El regulador en el sistema de potencia (10) controla la velocidad de eyección del flujo de plasma cuasi-neutro y el potencial con el que se mantiene los pulsos en la red de cables
 20 conductores (4). Los cables conductores (4) polarizados negativos recolectan iones a lo largo de su longitud, que deben ser expulsados por un dispositivo de eyección de partículas (7) para mantener los pulsos negativos de dichos cables conductores (4). La fuente de alimentación generadora de pulsos (3) se conecta al dispositivo de eyección (6) de iones y a los cables conductores (4) que conforman la tobera (2). Las figuras 3 y 4 muestran dos posibles usos del dispositivo de eyección (6) de iones, con eyección hacia el interior del motor de plasma (1) o
 25 bien la eyección se realiza hacia el exterior del sistema. Para este caso de realización principal se elige la expulsión de iones por medio del dispositivo de eyección (6) de iones hacia el interior, proveyendo al motor de plasma (1) mayor densidad de iones. Se utilizará para este caso de realización principal un dispositivo de eyección (6) de iones por medio de la ionización del gas xenón considerando un cátodo por emisión termoiónica.

30

Para un modo de realización de la invención secundario, la tobera (2) formada por cables conductores (4) sometidos a pulsos de voltaje positivos, producirá una fuerza F_N similar a la del modo de realización principal de la invención, pero la potencia que requiere será más elevada, ya
 35 que $P_{el} \propto 1/\sqrt{m_e}$, y los electrones poseen una masa mucho más pequeña que la de los iones.

Se pueden utilizar uno o más motores de plasma (1) como sistemas redundantes para cualquiera de los modos de realización de la invención.

5

10

15

20

25

30

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tobera eléctrica pulsante para aumentar el empuje en motores espaciales de plasma por medio de la repulsión de un flujo de partículas dirigido desde un motor de plasma que eyecta un plasma cuasi-neutro hacia una tobera cónica conformada por una red de cables sometida a pulsos de potencial, **caracterizado** porque comprende:
- 10 - un motor de plasma (1) con eyección de un flujo de iones y electrones con un ángulo de divergencia α , dirigido hacia una red de cables (4) dispuestos simétrica y cónicamente en forma de tobera (2) con un ángulo γ algo menor que el ángulo de divergencia α ;
- una red de cables conductores sin recubrimiento aislante (4) sometida a pulsos de potencial que repelen partículas hacia el exterior de la tobera (2);
- un dispositivo eyector (6) que eyecta partículas para mantener el signo de los pulsos de potencial en la red de cables conductores (4);
- 15 - un módulo de control de misión (11) configurado para activar el generador de potencia eléctrica (10) y regular la potencia eléctrica que suministra pulsos de potencial a los cables conductores (4) a través de una fuente de alimentación generadora de pulsos (3), al motor de plasma (1) y al dispositivo eyector (6) de partículas;
- una estructura anular (5) localizada al final de la tobera (2) que mantiene la tensión de la red de cables conductores (4)
- 20
2. Sistema según reivindicación 1, **caracterizado** porque la fuente de alimentación generadora de pulsos (3) suministra pulsos de potencial negativo a los cables conductores (4) y el dispositivo eyector (6) expulsa iones.
- 25
3. Sistema según reivindicación 1, **caracterizado** porque la fuente de alimentación generadora de pulsos (3) suministra pulsos de potencial positivo a los cables conductores (4) y el dispositivo eyector (6) expulsa electrones.
- 30
4. Sistema según reivindicación 1, 2, ó 3, **caracterizado** porque la red de cables conductores (4) que conforman la tobera (2) se encuentran enlazados a una estructura anular (7) que se acopla a la salida del motor de plasma (1). De esa estructura anular (7) salen varios cables auxiliares (8) que se juntan en un punto (9), donde se conecta a la fuente de alimentación generadora de pulsos (3). La fuente de alimentación generadora de pulsos (3) se conecta también al dispositivo de eyección de partículas (6).
- 35

5. Sistema según reivindicación 1, 2, ó 3, **caracterizado** porque la red de cables conductores (4) que conforman la tobera (2) se juntan en un punto (9), donde se conecta a la fuente de alimentación generadora de pulsos (3). La fuente de alimentación generadora de pulsos (3) se conecta también al dispositivo de eyección de partículas (6).

5

6. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el dispositivo eyector de partículas (6) eyecta las partículas hacia el interior del motor de plasma (1).

10

7. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el dispositivo eyector de partículas (6) eyecta las partículas hacia el exterior del sistema.

15

8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el pulso de potencial tiene forma de onda rectangular, triangular, rampa, seno u otra forma de onda arbitraria. El sistema funciona con un ciclo de trabajo dentro del rango 0-100 %.

20

9. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el motor de plasma (1) es un motor iónico, Hall, MPD, helicón, PIT, VASIMIR, o cualquiera de sus variedades.

25

10. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el sistema formado por el motor de plasma (1) es redundante.

30

11. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el sistema formado por el módulo de control de misión (11) utilice el acelerómetro (12) como elemento de medida para suministrar potencia eléctrica desde el sistema de potencia (10).

35

12. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque al sistema se incorpora algún tipo de solenoide o un grupo de solenoides que modifique la dirección inicial de las partículas expulsadas por el motor de plasma (1), cambiando el ángulo con el que estas partículas interaccionan con el potencial de los cables conductores (4), y alterando, de esta forma, la fuerza propulsiva.

13. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque un pequeño segmento de cada cable conductor (4) posea recubrimiento aislante para evitar algún daño sobre el motor de plasma (1) por partículas repelidas cerca de él.

5 14. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el motor de plasma (1) eyecta un flujo de iones de neón, argón, kriptón, xenón, mercurio.

10 15. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el dispositivo eyector de partículas (6) eyecta dichas partículas por medio de un sistema de emisión termoiónica.

15 16. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el dispositivo eyector de partículas (6) eyecta dichas partículas por medio de un contactor de plasma.

20 17. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el dispositivo eyector de partículas (6) eyecta dichas partículas por medio de un sistema de redes de emisión por efecto campo.

25

30

35

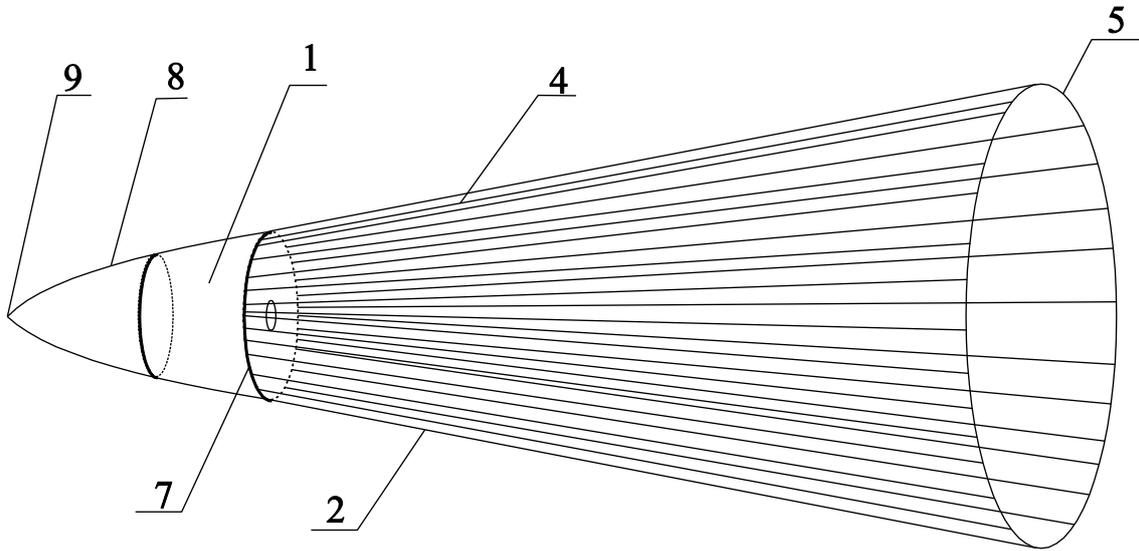


FIG. 1

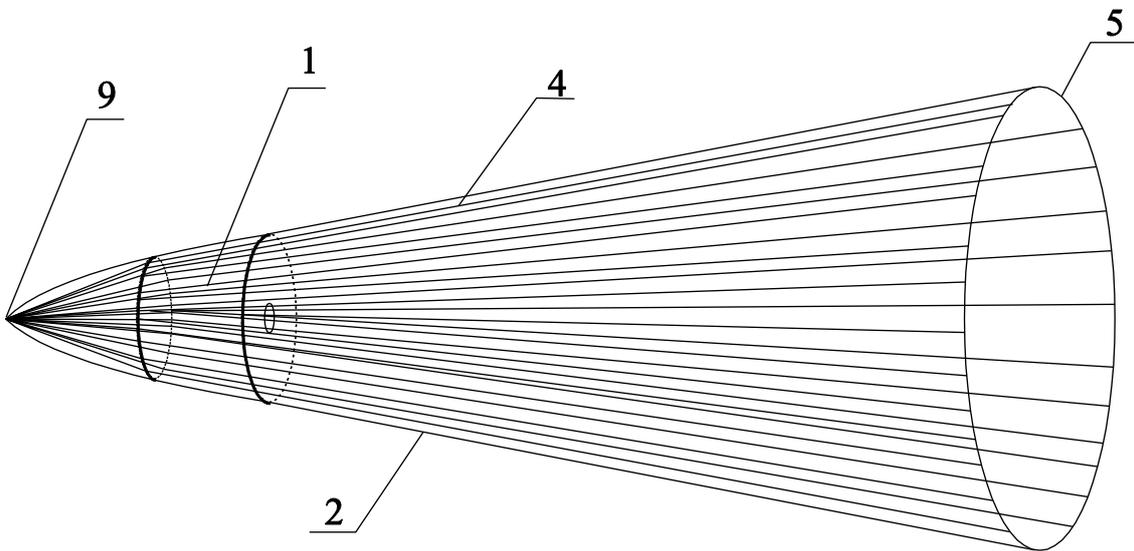


FIG. 2

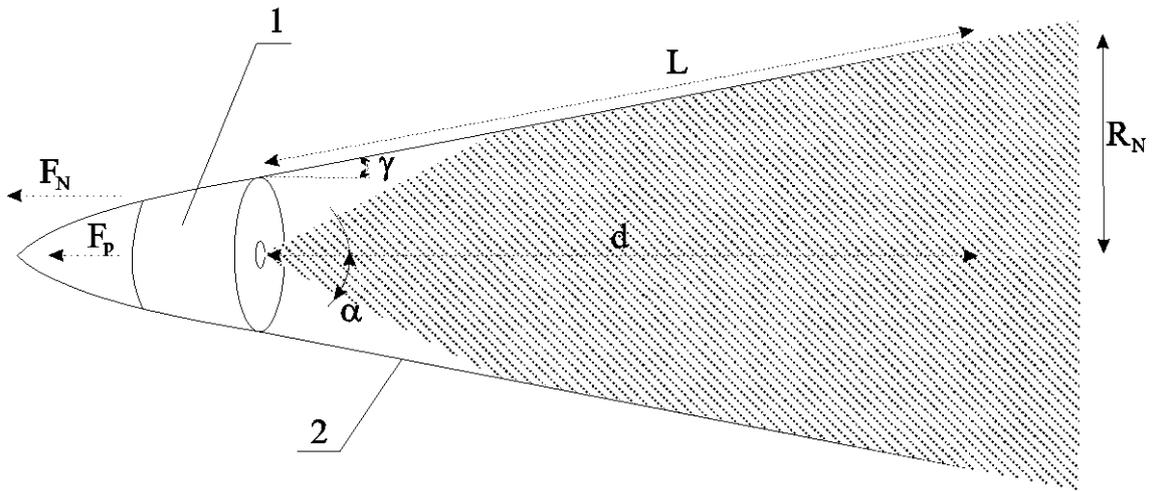


FIG. 3

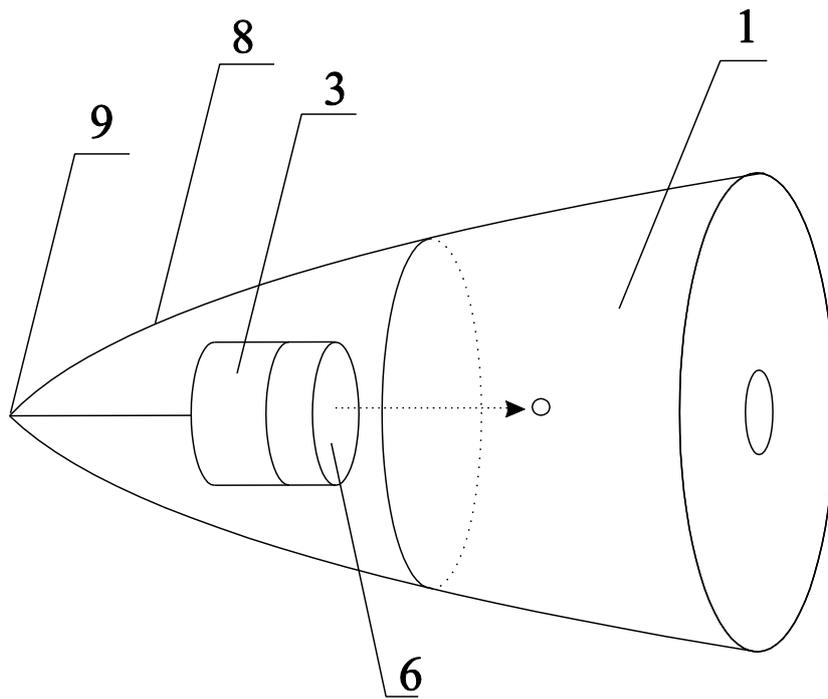


FIG. 4

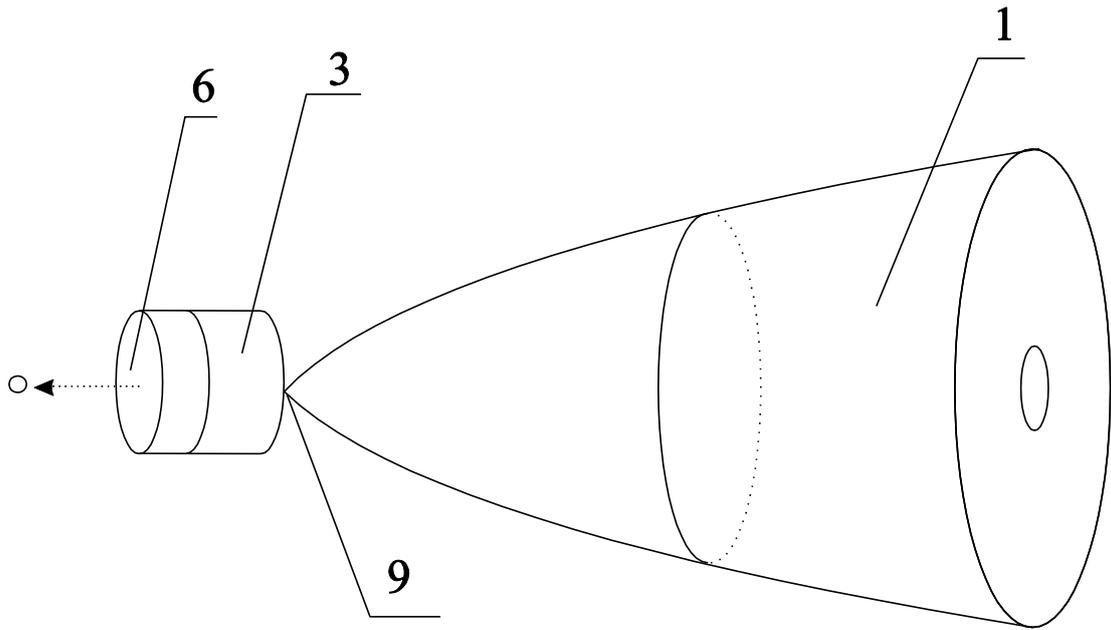


FIG. 5

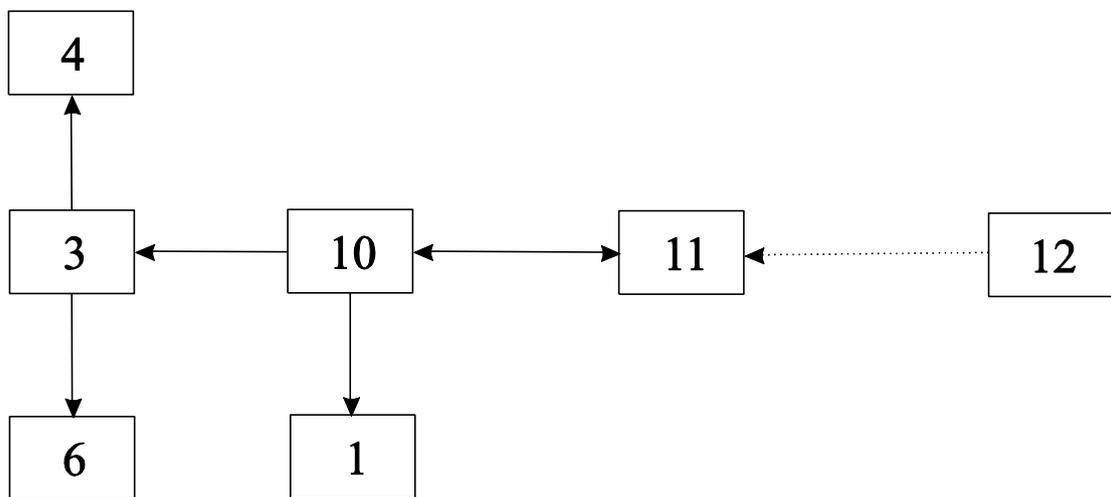


FIG. 6

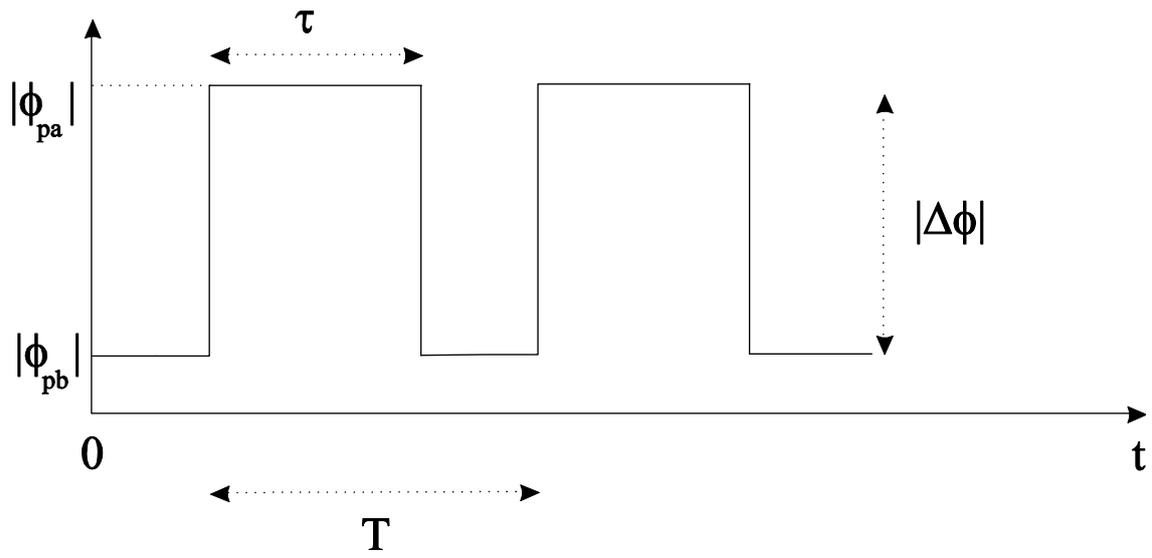


FIG. 7



- ②① N.º solicitud: 201630030
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 15.01.2016
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **F03H1/00** (2006.01)
B64G1/40 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2015031447 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN) 05/03/2015, figura 3.	1-17
A	US 20150307214 A1 (AMALRIC) 29/10/2015, todo el documento.	1-17
A	US 5924278 A (BURTON et alii) 20/07/1999, columna 2, líneas 55-67.	1-17
A	ES 2498716 A1 (SANCHEZ TORRES) 25/09/2014, resumen, figura 1.	1-17
A	US 7530219 B1 (BURTON et alii) 12/05/2009, resumen, figura 1.	1-17

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
29.12.2016

Examinador
Manuel Fluvià Rodríguez

Página
1/4

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

F03H, B64G

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

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.12.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-17	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-17	SI
	Reivindicaciones	NO
Aplicación industrial (Art. 9 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-17	SI
	Reivindicaciones	NO

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D1	WO 2015031447 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN)	05.03.2015
D2	US 20150307214 A1 (AMALRIC)	29.10.2015
D3	US 5924278 A (BURTON et alii)	20.07.1999
D4	ES 2498716 A1 (SANCHEZ TORRES)	25.09.2014
D5	US 7530219 B1 (BURTON et alii)	12.05.2009

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

NOTA: Ley de Patentes, artículo 4.1: Son patentables las invenciones nuevas, que impliquen actividad inventiva y sean susceptibles de aplicación industrial,....
Ley de Patentes, artículo 6.1. Se considera que una invención es nueva cuando no está comprendida en el estado de la técnica.
Ley de Patentes, artículo 8.1. Se considera que una invención implica una actividad inventiva si aquella no resulta del estado de la técnica de una manera evidente para un experto en la materia.
(Reglamento de Patentes Artículo 29.6. El informe sobre el estado de la técnica incluirá una opinión escrita, preliminar y sin compromiso, acerca de si la invención objeto de la solicitud de patente cumple aparentemente los requisitos de patentabilidad establecidos en la Ley, y en particular, con referencia a los resultados de la búsqueda, si la invención puede considerarse nueva, implica actividad inventiva y es susceptible de aplicación industrial. Real Decreto 1431/2008, de 29 de agosto, BOE núm. 223 de 15 de septiembre de 2008.)

Las características técnicas reivindicadas en la solicitud están agrupadas en 17 reivindicaciones, sobre cuya novedad, actividad inventiva y aplicación industrial se va a opinar, según el Reglamento de Patentes.

Según el contenido de la solicitud, y en especial de sus reivindicaciones, la invención aparentemente puede considerarse que es susceptible de aplicación industrial, ya que al ser su objeto una tobera de motor de plasma ionizado, puede ser utilizado en la industria aeroespacial (la expresión "industria" entendida en su más amplio sentido, como en el Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial).

Son conocidos en el estado de la técnica (ver como ejemplos D1 a D5) sistemas de propulsión electromagnética de aceleración de partículas ionizadas en forma de plasma que al ser aceleradas por los campos eléctricos, generan un empuje de reacción capaz de impulsar un ingenio aeroespacial y en especial centrándose en la tobera acondicionadora del fluido plasma. En particular, el documento D1, el más próximo al objeto de la solicitud de patente, divulgó una tobera magnética convergente-divergente (título) que usa campos magnéticos para dirigir las partículas causantes del impulso cinético del motor, a partir de la energía térmica previa del combustible formando un plasma cargado. El documento D2 divulgó un sistema de toberas localizadas alrededor de un satélite geoestacionario del que pretende estabilizar en sus perturbaciones, usando para ello la propulsión eléctrica de sus motores. El documento D3 divulgó un motor de pulsos de plasma con una tobera eléctricamente aislada (título) hecha de nitruro de boro, de forma divergente (figura 1) que acelera el plasma generado por arco eléctrico entre electrodos (columna 2, líneas 55-67). El documento D4 divulgó un sistema de propulsión espacial por modificación electrostática (título) en el que se acelera un plasma mediante una pantalla de hilos en disposición radial tras la cámara generadora del plasma (resumen y figura 1) pero sin disposición de tobera aceleradora. El documento D5 divulgó un motor electromagnético de pulsos de plasma con un electrodo tobera divergente (resumen y figura 1) sin más detalles constructivos de la misma.

Sin embargo, no se ha encontrado divulgado en el Estado de la Técnica una tobera cónica formada por finos hilos metálicos en forma de generatriz terminados en anillo final que las une, para acelerar electromagnéticamente un plasma generado en el motor iónico del correspondiente ingenio espacial., ni se hizo evidente mediante la combinación de los anteriores citados documentos, para un experto en la materia aeroespacial.

Por tanto, las 17 reivindicaciones de la solicitud de patente, aparentemente no están comprendidas en los documentos citados del estado de la técnica más próximo informado, ni resultan de una manera evidente de él, de acuerdo con los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes 11/86. En consecuencia, dichas reivindicaciones, podrían considerarse nuevas (ley de patentes, art. 6), al confrontarse con el estado de la técnica representado por D1 a D5 y por lo tanto (no evidencia) también con actividad inventiva (ley patentes artículo 8).