

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 665**

51 Int. Cl.:

B64G 1/00	(2006.01) F42C 11/04	(2006.01)
F41B 6/00	(2006.01) F41F 3/04	(2006.01)
B64G 1/40	(2006.01)	
F02K 9/95	(2006.01)	
F42B 6/00	(2006.01)	
F41A 1/04	(2006.01)	
F42B 15/12	(2006.01)	
F42B 15/10	(2006.01)	
F42C 11/00	(2006.01)	
F41F 1/00	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2014** **PCT/US2014/027721**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014** **WO14152778**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2014** **E 14721639 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018** **EP 2969773**

54 Título: **Vehículo de lanzamiento y sistema y procedimiento para un lanzamiento económicamente eficiente del mismo**

30 Prioridad:

15.03.2013 US 201361799931 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.10.2018

73 Titular/es:

8 RIVERS CAPITAL, LLC (100.0%)
406 Blackwell Street, 4th Floor
Durham, North Carolina 27701, US

72 Inventor/es:

PALMER, MILES R. y
BROWN, JR., GLENN WILLIAM

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 685 665 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Vehículo de lanzamiento y sistema y procedimiento para un lanzamiento económicamente eficiente del mismo

Campo de la descripción

- 5 La presente descripción se refiere a sistemas, a procedimientos y a aparatos para el lanzamiento de una carga útil. La carga útil puede estar destinada a un lanzamiento espacial o un suministro a una ubicación terrestre, y la presente descripción puede permitir la aceleración de la carga útil desde un tubo de lanzamiento a su ubicación deseada.

Antecedentes

- 10 Se conocen muchos medios para acelerar un objeto. Los proyectiles relativamente pequeños son acelerados de manera eficiente mediante cargas explosivas controladas, tal como con pólvora. Sin embargo, a medida que la masa del objeto que se está acelerando aumenta, la fuerza explosiva requerida aumenta enormemente. Por ejemplo, en la actualidad, los cohetes de combustión química son los únicos medios que se ha demostrado que son efectivos para lanzar cargas útiles al espacio. Aunque se ha realizado mucho trabajo intentando desarrollar tecnologías alternativas para la aceleración rápida de grandes cargas útiles, tales como cañones electromagnéticos, cañones térmicos y aceleración por arco de plasma, hasta la fecha ninguna tecnología alternativa ha demostrado ser útil y fiable, particularmente en el lanzamiento de
- 15 vehículos espaciales. El documento US 5024137 describe un lanzador electromagnético asistido por combustible en el que un vehículo de lanzamiento que comprende un contenedor de carga útil y un combustible sólido para cohetes es acelerado en un tubo de lanzamiento electromagnético mientras se quema el combustible sólido para cohetes.

- 20 El documento US 5183956 describe un dispositivo de lanzamiento de proyectiles, en el que el proyectil comprende dos electrodos móviles o desplazables en contacto deslizante con ralles eléctricamente conductores, de manera que se produzca un arco de plasma entre los electrodos, que vaporiza un propelente sólido. Con relación al lanzamiento espacial, aunque la propulsión con cohetes es una tecnología contrastada en muchas ocasiones, la dependencia únicamente del lanzamiento con cohetes convencional es problemática en el sentido de que sigue siendo costosa, peligrosa y está dominada por la financiación gubernamental. Dichos problemas se ilustran por la retirada y la falta de un sustituto adecuado para el programa del transbordador espacial (Space Shuttle) de la administración nacional aeronáutica y del
- 25 espacio (National Aeronautic and Space Administration). El tiempo de espera para un nuevo lanzamiento espacial usando propulsión con cohetes es típicamente de tres a diez años. Los lanzamientos espaciales son infrecuentes, produciéndose típicamente menos de una vez al año o varias veces al año por cada cliente. Esto ha obstaculizado los avances en ciertas tecnologías, tales como las comunicaciones. Por ejemplo, el desarrollo de las tecnologías de satélite ha sido lento y costoso y, frecuentemente, éstas quedan desfasadas rápidamente después del lanzamiento y de la colocación en órbita
- 30 del satélite. Estos factores y la continua implicación gubernamental han impuesto altos costos y bajas ganancias. En particular, en general, se entiende que la actual tecnología de lanzamiento con cohetes puede costar de \$ 2.000 a \$ 10.000 o más por kilogramo de material para su colocación en una órbita terrestre.

- 35 Se han propuesto muchos tipos de sistemas de lanzamiento de tipo cañón como alternativas a los cohetes. Los cañones térmicos son una alternativa propuesta anteriormente. Los cañones térmicos convencionales incluyen cañones de propelente en polvo, líquido y cañones térmicos de carga de desplazamiento. Los cañones electrotérmicos incluyen cañones electrotérmicos puros y cañones electrotérmicos-químicos. Los cañones térmicos de gas ligero incluyen versiones de una etapa y de dos etapas. Se han propuesto también cañones térmicos para cañones de carro de combate. Los cañones electromagnéticos son otra alternativa propuesta anteriormente. Las versiones con bobina o de Gauss de los cañones electromagnéticos incluyen las de tipo superconductor (por ejemplo, "quench" o síncrono CC), de tipo escobilla
- 40 (por ejemplo, onda progresiva, frente expansivo y frente colapsable) y de tipo inductivo (por ejemplo, monofásico y multifásico). Las versiones con ralles de los cañones electromagnéticos han incluido los tipos DES y los tipos alimentados con recámara (por ejemplo, aumentados y simples).

- 45 Los sistemas de cañón térmico propuestos comparten la característica común de que están limitados por la velocidad del sonido del gas propelente. De esta manera, por razones prácticas de ingeniería, estos sistemas de cañón están limitados a aproximadamente la velocidad del sonido del gas propelente. Los sistemas de cohetes no están limitados en este sentido. Teóricamente, los cañones electromagnéticos no están limitados por la velocidad del sonido de un gas propelente, pero los resultados experimentales con lanzadores electromagnéticos han indicado que el rendimiento del lanzador no sigue las predicciones teóricas debido a inestabilidades en las armaduras de plasma que se forman a velocidades superiores a 2.000 y 4.000 m/s. Por encima de esas velocidades, las inestabilidades en las armaduras de
- 50 plasma excitadas por los elevados campos magnéticos en los lanzadores causan que las corrientes eléctricas fluyan en sitios no deseados, y la energía en el lanzador se disipa en lugar de ser aplicada de manera efectiva para acelerar el proyectil. La intratable física de este fenómeno es similar, en algunos aspectos, a la de la fusión por confinamiento magnético, que es bien conocida por ofrecer muchas barreras para la aplicación práctica debido a diversas inestabilidades del plasma en presencia de campos magnéticos elevados.

- 55 Todos los enfoques de lanzamiento con cañón anteriores, tanto térmicos como electromagnéticos, comparten una

característica común en el sentido de que imponen fuerzas de aceleración excesivamente grandes sobre la carga útil. Típicamente, las aceleraciones son decenas de miles de Gs. Estas aceleraciones son una consecuencia fundamental de la física de las operaciones de los sistemas de lanzamiento con cañón en un intento de alcanzar altas velocidades. La velocidad máxima que pueden conseguir los sistemas de cañón es proporcional a la raíz cuadrada de la aceleración. Por consiguiente, la aceleración debe aumentar como el cuadrado de la velocidad de lanzamiento creciente. Estas aceleraciones imponen enormes desafíos sobre el diseño de las cargas útiles que puedan sobrevivir al lanzamiento y aun así puedan realizar tareas complejas después del lanzamiento. A pesar de estos desafíos, los retornos percibidos eran tan altos que el gobierno de EE. UU. invirtió cientos de millones de dólares en la investigación y el desarrollo de los diversos tipos de lanzadores de tipo cañón en los años setenta hasta principios de los años noventa.

Una ventaja principal de la propulsión con cohetes frente a la propulsión con cañones es que la velocidad máxima que puede conseguirse es independiente de la aceleración, en lugar de estar limitada a una proporción de la raíz cuadrada de la aceleración. Sin embargo, una limitación principal de la propulsión con cohetes es que la fracción de masa de la masa total del vehículo representada por la masa de la carga útil está limitada por la física de la ecuación del cohete, bien conocida. Esta física causa que la fracción de carga útil se reduzca exponencialmente con la relación de la velocidad máxima alcanzada con relación a la velocidad de eyección de gases del cohete. Los cohetes químicos están limitados a velocidades de eyección de gases de aproximadamente 2.000 a aproximadamente 4.800 m/s debido a las limitaciones de las energías de las reacciones químicas. De esta manera, a medida que la velocidad total requerida para la misión aumenta mucho más allá de los 4.800 m/s, la fracción de carga útil total se reduce. Para alcanzar la órbita terrestre, incluyendo las pérdidas aerodinámicas y debidas a la gravedad, el incremento de velocidad total requerido es de aproximadamente 8.000 m/s. Siendo sustancialmente más alta que las velocidades de eyección de gases de los cohetes químicos disponibles de 4.800 m/s, a partir de la ecuación del cohete se calcula que la fracción de carga útil es relativamente baja. Este problema se ve agravado por la masa parasitaria del equipo necesario para que el cohete funcione, tal como, pero sin limitarse a, un motor y los contenedores de propelente. Cuando se incluyen estas masas parasitarias, se hace necesario limitar sus efectos para el lanzamiento a la órbita terrestre dividiendo la velocidad total en incrementos o etapas, de manera que la masa parasitaria de cada etapa pueda ser descartada con el fin de no afectar negativamente al rendimiento de las etapas sucesivas. Históricamente, se han empleado vehículos con cohetes de dos, tres y cuatro etapas para lanzar cargas útiles desde la superficie de la Tierra a la órbita terrestre. Históricamente, las fracciones de carga útil total a poner en órbita para dichos vehículos han variado desde aproximadamente el 0,5% para cohetes más pequeños, hasta aproximadamente el 2,5% para sistemas con cohetes muy grandes. Esto significa que la otra parte, que oscila entre el 97,5% y el 99,5%, o bien se desecha por completo o bien se vuelve a usar en mayor o menor medida. La experiencia histórica reciente con el transbordador espacial de los EE. UU. en comparación con los lanzadores no reutilizables anteriores y coexistentes ha indicado que los lanzadores no reutilizables son más rentables. Los ahorros de coste esperados debidos a la reutilización no se materializaron para el transbordador espacial debido a los altos costos de las reparaciones y de las restauraciones de las diversas partes del sistema de transbordador espacial debido a las elevadísimas tensiones de lanzamiento sobre sus diversos componentes.

Las entidades comerciales han intentado entrar en el mercado de los lanzamientos espaciales con cohetes, pero todavía no se han demostrado medios de lanzamiento eficientes, rentables y fiables, particularmente aquellos adecuados para lanzamientos frecuentes. Estos esfuerzos se han visto limitados por las bajas fracciones de carga útil que pueden conseguirse con los cohetes químicos, y por la necesidad de múltiples etapas que no son reutilizables o que requieren costosas reparaciones o reacondicionamientos entre lanzamientos. Los altos costos de los lanzamientos espaciales significan que el gasto del gobierno continuará siendo un factor importante en las tecnologías de lanzamiento espacial, y la rentabilidad seguirá siendo baja. Sigue existiendo la necesidad en la técnica de sistemas, procedimientos y aparatos para un lanzamiento fiable y eficiente de proyectiles, incluyendo vehículos espaciales. Las características deseables de dichos sistemas son aceleraciones bajas a moderadas, fracciones de carga útil a colocar en órbita y velocidades de eyección de gases altas, y capacidad de conseguir la velocidad deseada con una única etapa.

Sumario de la descripción

La presente descripción se refiere a vehículos de lanzamiento (reivindicaciones 1 a 12), a sistemas de lanzamiento (reivindicaciones 13 a 21) y a procedimientos de lanzamiento de una carga útil (reivindicaciones 22 a 32). Los vehículos, los sistemas y los procedimientos pueden adaptarse para conseguir aceleraciones bajas a moderadas, fracciones de carga útil a colocar en órbita y velocidades de eyección de gases altas, y la capacidad de conseguir la velocidad orbital y de escape con una única etapa. La descripción permite la entrega de la carga útil a cualquier ubicación deseada en la Tierra, en la órbita terrestre o en el espacio en general. La carga útil puede comprender una diversidad de objetos, incluyendo satélites, materias primas o recursos, elementos balísticos y similares. La carga puede incluir además pasajeros humanos.

Los vehículos, los sistemas y los procedimientos descritos en la presente memoria se benefician de uno o más de entre: 1) fuente de energía pulsada, de alta corriente, de bajo costo por unidad de energía; 2) conducción eficiente de la energía eléctrica desde una fuente de energía fija a través de un tubo de lanzamiento evacuado o de vacío a una carga útil propulsada por un cohete eléctrico móvil de manera que se produzcan campos magnéticos mínimos o casi nulos; 3)

conducción estable y eficiente de potencia y energía desde los conductores de la pared del tubo de lanzamiento al vehículo en movimiento; y 4) propulsor de cohete eléctrico con una relación empuje a peso elevada con elevado impulso específico.

En un aspecto, la presente descripción proporciona un vehículo de lanzamiento según la reivindicación 1. Preferiblemente, el vehículo de lanzamiento está adaptado para la entrega a alta velocidad de una carga útil. En ciertas realizaciones, el vehículo de lanzamiento puede comprender los siguientes elementos: un contenedor de carga útil; un tanque de propelente que contiene un propelente; un calentador eléctrico en conexión de fluido con el tanque de propelente y adaptado para el calentamiento eléctrico del propelente para formar una eyección de gases de salida; y uno o más contactos eléctricos adaptados para dirigir el flujo de corriente eléctrica a través del calentador eléctrico. En realizaciones adicionales, el vehículo de lanzamiento puede comprender también una tobera de expansión en comunicación de fluido con la eyección de gases de salida desde el calentador eléctrico. En algunas realizaciones, el calentador eléctrico puede ser un calentador resistivo. En particular, el calentador resistivo puede comprender un cilindro poroso calentado eléctricamente en el interior de un recipiente de contención. Específicamente, el cilindro poroso calentado eléctricamente puede comprender paredes de tungsteno. En realizaciones adicionales, el calentador eléctrico puede ser un calentador de arco. Preferiblemente, el arco puede ser un arco vorticial estabilizado por torbellino. Además, el calentador de arco puede comprender una cámara de torbellino en el interior de un recipiente de contención. En algunas realizaciones, el calentador de arco puede comprender terminales eléctricos coaxiales separados por la cámara de torbellino. En otras realizaciones, los contactos eléctricos pueden ser contactos eléctricos deslizantes.

En un aspecto adicional, la presente descripción proporciona un sistema de lanzamiento según la reivindicación 13. En varias realizaciones, el sistema de lanzamiento puede comprender los siguientes elementos: un vehículo de lanzamiento según se describe en la presente memoria; un tubo de lanzamiento que comprende dos o más tubos eléctricamente conductores, concéntricos, separados por un aislante, en el que el tubo de lanzamiento está adaptado para la propulsión del vehículo de lanzamiento a través del mismo; y una fuente de energía eléctrica. En algunas realizaciones, la fuente de energía eléctrica puede comprender un banco de baterías. En realizaciones adicionales, la fuente de energía eléctrica puede comprender además un inductor.

En todavía otro aspecto, la presente descripción proporciona un procedimiento para el lanzamiento de una carga útil. En ciertas realizaciones, el procedimiento puede comprender las siguientes etapas: proporcionar la carga útil en un contenedor de carga útil de un vehículo de lanzamiento incluido en el sistema de lanzamiento, tal como se describe en la presente memoria; y calentar eléctricamente el propelente en el calentador eléctrico para formar la eyección de gases de salida a una velocidad suficiente para impulsar la carga útil fuera del tubo de lanzamiento.

En realizaciones adicionales, la presente descripción puede estar caracterizada por una serie de realizaciones diferentes. En particular, el vehículo de lanzamiento, el sistema de lanzamiento y el procedimiento para lanzar una carga útil, descritos actualmente, puede estar definida por uno o más de los siguientes.

La descripción abarca un lanzador en el que un paquete de lanzamiento es acelerado desde un tubo de lanzamiento usando material eyectado o expulsado desde el paquete de lanzamiento en el que la eyección se forma calentando un elemento de bajo peso atómico contenido en el interior (o frente a y en contacto con) del paquete de lanzamiento, en el que la energía usada para dicho calentamiento es proporcionada eléctricamente al paquete de lanzamiento desde las paredes del tubo de lanzamiento. En algunas realizaciones, el lanzador puede estar situado en la tierra. En otras realizaciones, el lanzador puede estar situado en el espacio libre o en otro cuerpo celeste.

Los sistemas y los procedimientos de la presente descripción pueden estar configurados para conseguir una velocidad de salida comprendida en el intervalo de aproximadamente 2.000 a aproximadamente 50.000 m/s, de aproximadamente 4.000 a aproximadamente 30.000 m/s, de aproximadamente 6.000 a aproximadamente 15.000 m/s, o de aproximadamente 8.000 a aproximadamente 12.000 m/s. En algunas realizaciones, el paquete de lanzamiento puede ser acelerado primero hasta una velocidad inicial de aproximadamente 100 a aproximadamente 5.000 m/s usando un cañón de gas ligero, de una única etapa. En realizaciones adicionales, la velocidad conseguida con el cañón de gas ligero, de una única etapa, puede ser de aproximadamente 500 a aproximadamente 3.000 m/s o de aproximadamente 1.500 a aproximadamente 2.500 m/s. El gas ligero para el cañón de gas ligero, de una única etapa, puede ser precalentado. Por ejemplo, el gas para el cañón de gas ligero, de una única etapa, puede ser calentado eléctricamente. En algunas realizaciones, el calentamiento eléctrico puede derivarse de la misma fuente de energía que el lanzador.

El tubo puede ser construido con dos conductores concéntricos, uno en el interior del otro, con un espesor mínimo de aislamiento entre los mismos para minimizar el volumen del campo magnético "cargado" por las elevadas corrientes de accionamiento que bajan y vuelven hacia arriba a lo largo del tubo para accionar el calentador del paquete de lanzamiento. Esta energía del campo magnético tiene varios efectos perjudiciales. Un campo magnético no deseado requiere energía que no ayuda a propulsar el paquete de lanzamiento. La energía magnética no deseada puede ser descargada inmediatamente después del lanzamiento y puede causar un daño catastrófico si el nivel de energía no se minimiza (tal como se consigue mediante la presente descripción). Esto ha causado que los lanzadores de la técnica anterior, tales

como los cañones de raíles, no consigan velocidades elevadas. El campo magnético produce altas fuerzas y tensiones mecánicas que causan roturas o costos o desgastes más elevados. Esto ha causado también que los lanzadores de la técnica anterior, tales como los cañones con raíles, no consigan velocidades elevadas. El campo magnético produce elevados voltajes inducidos que pueden causar la formación de arcos en sitios en los que no se desea y pueden causar desgaste o daños o fallos catastróficos. El campo magnético produce una fuerza sobre cualquier arco formado entre los conductores del tubo de lanzamiento y los contactos deslizantes que transmiten corriente eléctrica y energía al paquete de lanzamiento. Normalmente, estas fuerzas causan que el arco avance a aceleraciones y velocidades mucho más altas que las del paquete de lanzamiento. Entonces, la corriente eléctrica se desvía desde el sitio donde se desea y es necesaria para impulsar el paquete de lanzamiento a una zona diferente donde no se desea, causando pérdida de energía, retraso del paquete de lanzamiento, desgaste y/o daños y/o fallos catastróficos. Esto ha causado además que los lanzadores de la técnica anterior, tales como los cañones con raíles, no consigan velocidades elevadas.

La presente descripción proporciona un lanzador "electroantimagnético". Los cañones con raíles y los cañones con bobinas de la técnica anterior inducían activamente la formación de fuerzas magnéticas para impulsar el paquete de lanzamiento. La generación requerida de campos magnéticos muy elevados conducía a los efectos perjudiciales indicados anteriormente. De manera beneficiosa, los sistemas y los procedimientos de la presente descripción pueden estar configurados para minimizar los campos magnéticos.

La presente descripción usa la fuerza de un gas caliente en expansión formado mediante calentamiento eléctrico facilitado por la energía eléctrica conducida por un tubo. En algunas realizaciones, la presente descripción utiliza la expansión de un gas ligero, caliente. Por ejemplo, el hidrógeno puede calentarse por encima de 5.000°K y puede resultar en un gas expulsado que consiste en átomos individuales de hidrógeno. En algunas realizaciones, el calentamiento puede ser de hasta 100.000°K, lo que puede resultar en una velocidad de eyección de gases de hasta 77.000 m/s. La velocidad de lanzamiento puede ser de hasta 150.000 m/s o de aproximadamente dos veces la velocidad de eyección de gases. Las velocidades máximas pueden limitarse a su uso en el espacio, ya que el límite práctico para el lanzamiento desde la superficie de la Tierra es de aproximadamente 100.000 m/s debido a las fuerzas aerodinámicas a esa velocidad, que pueden alcanzar aproximadamente 1.000.000 PSI.

Las velocidades con lanzamiento desde la Tierra pueden alcanzar prácticamente 50.000 m/s que producen 250.000 PSI, que pueden mitigarse usando una construcción apropiada, tal como la adición de puntas de metal refrigeradas por transpiración o similares. Las velocidades con lanzamiento desde la Tierra pueden alcanzar prácticamente 18.000 m/s, lo que produce aproximadamente 30.000 PSI, que pueden mitigarse usando construcciones apropiadas, tal como mediante la adición de puntas de carbono ablativas o similares. Otro límite lo impone la longitud del lanzador cuando se lanzan personas. Las velocidades para los lanzadores que transportan pasajeros humanos pueden limitarse a una aceleración no superior a aproximadamente 20 Gs. El uso de un tubo de lanzamiento con una longitud de hasta aproximadamente 1.000 km puede conducir de manera segura a velocidades de hasta aproximadamente 20.000 m/s.

El gas ligero para la expansión puede ser calentado, por ejemplo, en un calentador eléctrico. En otras realizaciones, el calentador puede ser un calentador resistivo, o el calentador puede ser un calentador de arco. En algunas realizaciones, el elemento calentador puede ser un elemento de tubo transpirante, y/o la pared del calentador puede ser refrigerada por transpiración.

El gas ligero puede ser sembrado con un elemento ionizable para promover la estabilidad y la conductividad y la ionización del arco. Los ejemplos no limitativos de elementos ionizables adecuados incluyen cesio, rubidio, potasio, sodio y litio.

Los contactos deslizantes conductores pueden estar configurados para estar en una disposición mecánicamente deslizante con las paredes del tubo y pueden exhibir una baja caída de voltaje. En algunas realizaciones, la disposición deslizante puede incluir contacto físico entre los contactos y las paredes del tubo. En realizaciones específicas, los contactos deslizantes conductores pueden estar configurados para crear un contacto deslizante formador de arco con las paredes del tubo con una caída de voltaje minimizada. El arco puede ser contenido mediante contención mecánica usando, por ejemplo, un perímetro aislante deslizante. En algunas realizaciones, el arco puede ser contenido mediante fuerzas magnéticas. Por ejemplo, las fuerzas magnéticas pueden ser generadas por la corriente transferida a través del contacto a través de un bucle de corriente conformado de manera especial. En otros ejemplos, las fuerzas magnéticas pueden ser generadas por una fuente de alimentación autónoma en el paquete de lanzamiento. En ejemplos adicionales, las fuerzas magnéticas pueden ser generadas por un imán, tal como un imán permanente o un imán superconductor. En algunas realizaciones, el contacto deslizante puede ser refrigerado mediante fluido transpirante. Por ejemplo, el fluido transpirante puede ser un gas ligero, que puede ser generado a partir del tanque de propelente del vehículo de lanzamiento o puede ser a partir de una fuente independiente. En otras realizaciones, el contacto deslizante puede ser refrigerado mediante la fusión o vaporización de un material en el contacto deslizante. Cuando se utiliza, el fluido transpirante puede ser conductor. En particular, el fluido transpirante puede ser un metal de bajo punto de fusión que tiene un bajo potencial de ionización. Por ejemplo, el metal de bajo punto de fusión puede ser cesio, aluminio, litio o metales blandos de bajo punto de fusión, análogos, con bajos potenciales de ionización. Los contactos deslizantes pueden incluir

un perímetro aislante, que puede ser refrigerado por transpiración. El fluido de transpiración para dicha refrigeración puede ser un material aislante tal como hidrógeno, hexafluoruro de azufre u otro líquido o gas. Al menos una parte del contacto deslizante puede estar adaptada para exhibir una o más transiciones de estado. Por ejemplo, el contacto deslizante puede definir una interacción sólido-sólido deslizante con una pared sólida del tubo que experimenta una interacción líquido-sólido cuando al menos una parte del contacto deslizante que interactúa con la pared del tubo experimenta una transición a una masa fundida de metal líquido. Dicha transición de estado puede ocurrir en algunas realizaciones a una velocidad del lanzador de aproximadamente 1.000 a aproximadamente 2.000 m/s. Por ejemplo, el estado puede experimentar una transición a un contacto formador de arco a una velocidad de aproximadamente 1.500 a aproximadamente 3.000 m/s. El voltaje del arco puede ser de aproximadamente 100 a aproximadamente 300 V. El arco puede ser posicionado de manera estable en el contacto y puede no moverse sustancialmente fuera de la región de contacto deseada.

Las paredes conductoras del tubo pueden tener pistas ranuradas en cantidades y geometrías variables para que los contactos deslizantes hagan contacto con las bandas conductoras. Las pistas pueden estar configuradas para prevenir sustancialmente la formación de arcos entre los conductores del tubo y pueden estar configuradas para alinear el paquete de lanzamiento y para prevenir sustancialmente que gire en el tubo. En algunas realizaciones, las bandas conductoras pueden definir pistas longitudinales que se extienden a lo largo de al menos una parte de la longitud del tubo conductor. En particular, las bandas conductoras pueden ser coaxiales con el tubo conductor. En algunas realizaciones, las paredes conductoras del tubo pueden tener capas de diferentes materiales. Por ejemplo, los materiales pueden ser predominantemente de acero o de aluminio. En algunas realizaciones, la capa más interior puede ser un material conductor resistente al desgaste a alta temperatura, tal como tungsteno o renio o cobre endurecido. Además, puede proporcionarse una capa intermedia de material entre la capa exterior predominante y la capa más interior. En realizaciones ejemplares, la capa intermedia puede ser de cobre o de molibdeno. En algunas realizaciones, la mayor parte de la superficie interior de las paredes conductoras del tubo puede estar revestida con un aislante. Por ejemplo, sustancialmente toda la superficie interior de las paredes conductoras del tubo, aparte de las secciones definidas por las bandas conductoras, puede estar revestida con un aislante. El aislante sobre la pared interior del conductor puede ser, por ejemplo, una cerámica o un compuesto. En algunas realizaciones, puede haber una ruta de salida de corriente en serie con una ruta de corriente de retorno. En otras realizaciones, puede haber múltiples rutas de salida de corriente en paralelo, y todas ellas pueden estar en serie con múltiples rutas de corriente de retorno. La inductancia del lanzador puede reducirse proporcionalmente al número de rutas de corriente paralelas. De manera beneficiosa, una inductancia más baja puede reducir la energía del campo magnético y, de esta manera, los efectos perjudiciales del campo magnético.

En algunas realizaciones, los aislantes de las pistas ranuradas pueden ser refrigerados por transpiración y/o las bandas conductoras pueden ser refrigeradas por transpiración. El fluido de transpiración puede ser, por ejemplo, un material conductor. Puede usarse también cualquier otro medio para refrigerar las bandas conductoras que evite sustancialmente la dispersión de los materiales detrás del vehículo de lanzamiento en movimiento (y, de esta manera, evita una formación de arco no deseada).

El tanque de propelente puede tener un diámetro exterior que es sustancialmente idéntico al diámetro interior del tubo de lanzamiento. El tanque de propelente puede incluir bandas de contacto deslizantes sobre al menos una parte de su superficie exterior. Las bandas de contacto deslizante pueden estar configuradas para vaporizarse a medida que la velocidad del vehículo de lanzamiento aumenta. Dichas bandas vaporizadas pueden proporcionar un cojinete de gas de baja fricción para minimizar la resistencia por fricción. Dichas bandas vaporizadas pueden producir un vapor que es aislante, de manera que inhiba, en lugar de promover, cualquier formación de arco. En algunas realizaciones, las bandas de contacto deslizante pueden comprender poros llenos de hexafluoruro de azufre líquido u otro material adecuado.

Puede insertarse un dispositivo en el tubo de lanzamiento conductor para su inspección, alineación y reparación. En algunas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede ser alineado mediante dispositivos de alineación activos.

El tubo de lanzamiento puede ser sustancialmente horizontal excepto cerca del extremo de salida, donde se curva hacia arriba (es decir, en la dirección de lanzamiento). En algunas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede seguir la curvatura de la Tierra. En otras realizaciones, el tubo de lanzamiento puede tener un ángulo de inclinación constante. Si se desea, el lecho del tubo puede ser adaptado según el ángulo de inclinación constante del tubo.

El tubo de lanzamiento puede ser evacuado y rellenado a baja presión con un gas ligero para minimizar la resistencia aerodinámica durante la aceleración mientras se proporciona una mayor resistencia a la formación de arcos disruptivos delante del paquete de lanzamiento. En algunas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede ser evacuado, y puede introducirse un impulso de gas a alta velocidad secuencialmente en el tiempo a lo largo del tubo (por ejemplo, mediante transpiración) para revestir las paredes con una capa de gas que aísla las paredes, pero no tiene tiempo para expandirse a la mayor parte del diámetro del tubo y aumentar de esta manera la resistencia aerodinámica. En algunas realizaciones, una sección inicial del tubo de lanzamiento puede estar configurada de manera que no sea eléctricamente conductora. El vehículo de lanzamiento puede ser acelerado a través de dicha sección inicial del tubo de lanzamiento utilizando un gas en expansión que no es calentado eléctricamente o que es pre-calentado mediante medios eléctricos o de otro tipo antes

del inicio del lanzamiento.

La salida del tubo de lanzamiento puede estar sellada con un dispositivo de salida para prevenir la entrada de aire hasta que llegue el paquete de lanzamiento. En algunas realizaciones, el dispositivo de salida puede ser un obturador mecánico de alta velocidad, puede ser una o una serie de cortinas aerodinámicas, o puede ser una membrana delgada o membranas delgadas a través de las cuales vuela el paquete de lanzamiento. En algunas realizaciones, el dispositivo de salida puede ser una membrana delgada o membranas delgadas, con una o varias pequeñas cargas explosivas que destruyen el paquete de lanzamiento si no se detonan antes de la llegada del paquete de lanzamiento y que permiten el paso del paquete de lanzamiento si se detonan antes de la llegada del paquete de lanzamiento.

En algunas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede ser móvil. Por ejemplo, el tubo de lanzamiento puede ser móvil en una dimensión para cambiar la elevación del lanzamiento o el acimut del lanzamiento. Además, el tubo de lanzamiento puede ser móvil en dos dimensiones para permitir un cambio tanto en la elevación como en el acimut. En algunas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede estar montado sobre un vehículo móvil, tal como un barco o un submarino. De manera alternativa, el tubo de lanzamiento puede estar instalado en un túnel inclinado bajo tierra o puede estar instalado en un terreno con una inclinación natural. En algunas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede estar instalado bajo el agua en ángulos fijos o móviles.

El paquete de lanzamiento puede tener detectores y actuadores inerciales que mantienen activamente su alineación y orientación mientras es acelerado en el tubo de lanzamiento. En algunas realizaciones, el paquete de lanzamiento puede ser supervisado durante el intervalo de aceleración del lanzamiento para determinar la integridad y el rendimiento nominal. Pueden implementarse procedimientos de emergencia en base a los resultados de la supervisión para optimizar el lanzamiento y proteger el tubo de lanzamiento. Por ejemplo, el lanzamiento puede ser abortado destruyendo el paquete de lanzamiento inmediatamente o poco después de su salida desde el tubo de lanzamiento. Como un ejemplo adicional, el paquete de lanzamiento puede ser separado durante o inmediatamente después del lanzamiento en una parte no reutilizable y una parte de carga útil en el despegue. La carga útil en el despegue puede tener un escudo térmico con una barra extrusora o una punta refrigerada por transpiración para mantener la integridad, la forma, la nitidez, la baja fricción y el momento de baja presión de la punta durante la salida de la atmósfera. La carga útil en el despegue puede tener una pequeña estabilidad positiva, una estabilidad neutra o una estabilidad aerodinámica negativa en base a la ubicación de su centro de presión con relación a la ubicación de su centro de masas. La carga útil en el despegue puede maniobrar a altos niveles de aceleración lateral para optimizar la trayectoria de vuelo a través de la atmósfera y para cambiar el acimut del lanzamiento. La carga útil en el despegue puede tener una relación sustentación/resistencia elevada y puede tener un diseño de cuerpo sustentador. Por ejemplo, la carga útil en el despegue puede tener superficies de control aerodinámicas con una velocidad de respuesta muy alta y baja resistencia. En algunas realizaciones, las superficies de control pueden ser aletas divididas en la base y/o pueden ser accionadas con actuadores piezoeléctricos.

En algunas realizaciones, la atmósfera (por ejemplo, aire) delante de la carga útil (es decir, el volumen del tubo de lanzamiento hacia delante del lanzador móvil) puede ser calentada para crear un vacío parcial y, de esta manera, disminuir la resistencia aerodinámica sobre la carga útil. Por ejemplo, un sistema láser de alta energía puede proyectar un foco de un haz láser delante de la carga útil para calentar explosivamente el aire.

En algunas realizaciones, la carga útil en el despegue puede ser un satélite orbital o puede ser una carga útil suborbital. En realizaciones ejemplares, un satélite de carga útil puede ser un satélite de comunicaciones, un satélite de detección, un vehículo de reabastecimiento o un arma. En una realización, la carga útil es un paquete comercial a ser entregado rápidamente a largas distancias. En otra realización, la carga útil es una carga útil de detector o un UAV u otro vehículo no tripulado. En una realización adicional, la carga útil es un arma. En todavía otra realización, la carga útil contiene partes secundarias que se dispersan antes del impacto. En otras realizaciones, la carga útil permanece intacta hasta el impacto. Si se desea, múltiples cargas útiles pueden impactar en o cerca de la misma ubicación para una penetración profunda. Un satélite de carga útil puede contener un panel solar inflable para la energía, y dicho panel puede endurecerse hasta la rigidez después del despliegue. Un satélite de carga útil puede contener un panel de imán inflable para permitir un control de la altitud en órbita, y dicho panel puede endurecerse hasta la rigidez después del despliegue. Un satélite de carga útil puede contener un panel de antena inflable para efectuar comunicaciones en órbita, y dicho panel puede endurecerse hasta la rigidez después del despliegue. Un satélite de carga útil puede contener estructuras inflables para llevar a cabo misiones en órbita, y dichas estructuras pueden endurecerse hasta la rigidez después del despliegue.

La vida útil del diseño de un satélite de carga útil puede ser menor de 10 años, menor de 5 años, menor de 2 años o menor de 1 año. La altitud orbital del satélite puede ser tal que la vida orbital debido a la resistencia aerodinámica sea menor de 5 años, menor de 2 años, menor de 1 año, menor de 6 meses, menor de 3 meses o menor de 1 mes. El satélite puede estar configurado para conseguir una vida orbital más larga mediante empuje magnético contra el campo magnético de la Tierra usando un panel magnético inflable. El satélite puede estar configurado para conseguir una vida orbital más larga mediante una presión inducida por la luz solar y el viento solar sobre una vela solar inflable. El satélite puede estar configurado para conseguir una vida orbital más larga mediante una propulsión magnetohidrodinámica (MHD) contra las moléculas ionizadas de la atmósfera superior. El coste de la carga puede reducirse usando piezas de

calidad comercial con altas tasas de fallos iniciales y a continuación iterando rápidamente a través de ciclos de lanzamiento, fallo y rediseño para conseguir una fiabilidad cada vez mayor con el tiempo.

En algunas realizaciones, un lanzador según la presente descripción y una pluralidad de cargas útiles (por ejemplo, miles) pueden ser diseñadas simultáneamente para un único propósito. Por ejemplo, las cargas útiles pueden ser todas ellas satélites de comunicaciones, tales como satélites de comunicaciones de radiofrecuencia o satélites de comunicaciones ópticas. En algunas realizaciones, las cargas útiles pueden ser retransmisores reflectantes para ondas milimétricas o rayos ópticos. En otras realizaciones, las cargas útiles pueden ser contenedores de residuos nucleares.

El propelente de gas ligero para el paquete de lanzamiento y/o el pre-acelerador del cañón de gas ligero de una única etapa puede ser, por ejemplo, hidrógeno. En algunas realizaciones, el gas ligero puede ser calentado a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 1.000 a aproximadamente 100.000°K, de aproximadamente 2.000°K a aproximadamente 50.000°K, de aproximadamente 2.500°K a aproximadamente 20.000°K, de aproximadamente 3.000°K a aproximadamente 15.000°K, de aproximadamente 3.500°K a aproximadamente 10.000°K o aproximadamente 3.500 a 5.000°K.

El gas eyectado puede diferir en diversas realizaciones. Por ejemplo, el gas eyectado puede ser hidrógeno molecular (0,002 kg/mol), hidrógeno atómico (0,001 kg/mol) y/o plasma de hidrógeno (0,0005 kg/mol).

El dispositivo de eyección de gases del paquete de lanzamiento puede contener una garganta de tobera, que opcionalmente puede ser refrigerada por transpiración con un gas ligero (por ejemplo, hidrógeno). El dispositivo de eyección de gases puede contener también una tobera, que opcionalmente puede ser refrigerada por transpiración con un gas ligero (por ejemplo, hidrógeno). El dispositivo de eyección de gases puede contener una garganta de tobera porosa y, en algunas realizaciones, los poros pueden llenarse con un material que absorbe el calor por fusión y/o vaporización y/o disociación (por ejemplo, hidrógeno sólido o litio o hielo). El dispositivo de eyección de gases puede contener también una tobera porosa y, en algunas realizaciones, los poros pueden llenarse con un material que absorbe el calor por fusión y/o vaporización y/o disociación (por ejemplo, hidrógeno sólido o litio o hielo).

La carga útil en el despegue puede tener un escudo térmico con una punta porosa llena de un material (por ejemplo, hidrógeno sólido o litio o hielo) que absorbe el calor por fusión y/o vaporización y/o disociación para mantener la integridad, la forma, la nitidez, la baja resistencia y el bajo momento de presión de la punta durante la salida de la atmósfera. La punta de la carga útil en el despegue puede incluir una barra extrusora, que puede ser forzada hacia afuera a medida que la barra experimenta ablación.

La energía eléctrica para el sistema de lanzamiento puede ser suministrada por un banco de baterías. En diversas realizaciones, las baterías pueden ser baterías de plomo-ácido. En algunas realizaciones pueden usarse baterías de automoción. Puede interponerse un inductor entre el banco de baterías y el lanzador, de manera que el banco de baterías cargue el inductor y a continuación el inductor es conmutado y se descarga al tubo del lanzador. La descarga al lanzador puede iniciarse mediante conmutadores activados de manera explosiva. La conmutación de descarga puede conseguirse con conmutadores convencionales con control de arco mediado por condensadores. El inductor puede tener un núcleo compuesto de un material de alta permeabilidad. El núcleo puede estar diseñado para altas tasas de descarga y bajas pérdidas por corrientes parásitas. El inductor puede ser refrigerado activamente y/o el núcleo puede ser refrigerado activamente. En algunas realizaciones, los conductores pueden ser refrigerados activamente.

En algunos aspectos, la presente descripción proporciona un vehículo de lanzamiento que puede estar configurado para la entrega de una carga útil. El vehículo de lanzamiento puede estar adaptado para la entrega a alta velocidad de una carga útil. En algunas realizaciones, el vehículo de lanzamiento puede comprender: un contenedor de carga útil; un tanque de propelente que contiene un propelente; un calentador eléctrico en conexión de fluido con el tanque de propelente y adaptado para el calentamiento eléctrico del propelente para formar una eyección de gases de salida; y uno o más conductores eléctricos configurados para dirigir el flujo de corriente eléctrica desde una fuente externa al calentador eléctrico. En diversas realizaciones, uno o más de los siguientes pueden describir un vehículo de lanzamiento según la presente descripción.

El vehículo de lanzamiento puede comprender una tobera de expansión en comunicación de fluido con la eyección de gases de salida desde el calentador eléctrico.

El calentador eléctrico puede ser un calentador resistivo.

El calentador resistivo puede comprender un cilindro poroso calentado eléctricamente en el interior de un recipiente de contención.

El cilindro poroso calentado eléctricamente puede comprender paredes de carbono.

Las paredes de carbono pueden incluir un material de revestimiento seleccionado de entre el grupo que consiste en

diamante, tungsteno, carburo de hafnio y combinaciones de los mismos.

El cilindro poroso calentado eléctricamente puede ser un cilindro transpirante que contiene tungsteno.

El calentador resistivo puede comprender un puerto de descarga en comunicación de fluido con una cámara que puede ser interna al recipiente de contención y externa al cilindro poroso calentado eléctricamente.

- 5 El calentador eléctrico puede ser un calentador de arco.

El calentador de arco puede comprender una cámara de torbellino en el interior de un recipiente de contención.

El recipiente de contención puede comprender paredes refrigeradas por transpiración.

La cámara de torbellino puede estar configurada para establecer un arco vorticial eléctrico estabilizado por torbellino.

El calentador de arco puede comprender terminales eléctricos coaxiales separados por la cámara de torbellino.

- 10 Los conductores eléctricos pueden comprender contactos eléctricos deslizantes.

Los contactos eléctricos deslizantes pueden comprender un conductor interior rodeado al menos parcialmente por un reborde exterior.

El reborde exterior puede estar configurado para una refrigeración por transpiración.

El reborde exterior puede ser poroso.

- 15 Los poros en el reborde exterior poroso pueden ser llenados al menos parcialmente con un material de refrigeración.

El material de refrigeración puede ser seleccionado de entre el grupo que consiste en hidrógeno, hexafluoruro de azufre y combinaciones de los mismos.

Los contactos eléctricos deslizantes pueden comprender además uno o más de entre un reborde magnético, un escudo ablativo, un reborde interior refrigerado y un reborde ablativo entre el conductor interior y el reborde exterior.

- 20 Los contactos eléctricos deslizantes pueden estar configurados para recibir la corriente eléctrica desde un arco de plasma.

Los conductores eléctricos pueden comprender además brazos de alineación que se extienden entre los contactos eléctricos deslizantes y el calentador eléctrico.

Los conductores eléctricos pueden comprender elementos conductores alargados fijados a, o integrales con, uno o ambos de entre el contenedor de carga útil y el tanque de propelente.

- 25 Los elementos conductores alargados pueden estar configurados para recibir la corriente eléctrica desde un arco de plasma.

El tanque de propelente puede comprender una o más bandas de contacto deslizantes sobre al menos una parte de una superficie exterior del tanque de propelente.

Las bandas de contacto deslizantes pueden estar configuradas para ser vaporizables.

- 30 El contenedor de carga útil puede comprender uno o más de entre un pasajero humano o animal, un satélite, un vehículo, una mercancía y un arma.

Uno o todos de entre el contenedor de carga útil, el tanque de propelente y el calentador eléctrico pueden ser reutilizables.

El propelente puede ser seleccionado de entre el grupo que consiste en hidrógeno, diborano, amoníaco, metano y combinaciones de los mismos.

- 35 El vehículo puede estar configurado para proporcionar un impulso específico (Isp) de al menos 500 segundos.

El calentador eléctrico puede estar configurado para calentar el propelente a una temperatura de aproximadamente 1.000°K a aproximadamente 100.000°K.

La eyección de gases de salida puede ser seleccionada de entre el grupo que consiste en hidrógeno molecular, hidrógeno atómico, plasma de hidrógeno y combinaciones de los mismos.

- 40 El contenedor de carga útil puede comprender un escudo térmico.

Al menos una parte del escudo térmico puede estar configurada para la refrigeración por transpiración.

El vehículo puede estar configurado para proporcionar una relación de empuje a peso mayor de 10:1.

El vehículo de lanzamiento puede comprender además una bomba de propelente en comunicación de fluido con el tanque de propelente y el calentador eléctrico.

- 5 La bomba de propelente puede ser una bomba accionada pirotécnicamente o puede ser una bomba accionada eléctricamente.

En algunos aspectos, la presente descripción proporciona un sistema de lanzamiento. En algunas realizaciones, el sistema de lanzamiento puede comprender un tubo de lanzamiento que puede incluir al menos un tubo configurado para la transmisión de energía a través del mismo. El sistema de lanzamiento puede comprender un vehículo de lanzamiento según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria. Por ejemplo, el vehículo de lanzamiento puede comprender un contenedor de carga útil, un tanque de propelente que contiene un propelente, un calentador eléctrico en conexión de fluido con el tanque de propelente y adaptado para el calentamiento eléctrico del propelente para formar una eyección de gases de salida, una bomba de propelente opcional en comunicación de fluido con el tanque de propelente y el calentador eléctrico, y uno o más conductores eléctricos configurados para dirigir el flujo de corriente eléctrica al calentador eléctrico. El sistema de lanzamiento puede comprender además una fuente de energía eléctrica. El tubo de lanzamiento en particular puede estar configurado para la propulsión del vehículo de lanzamiento a través del mismo. En diversas realizaciones, uno o más de los siguientes pueden describir un sistema de lanzamiento según la presente descripción.

- 10 El tubo de lanzamiento puede comprender un tubo interior eléctricamente conductor y un tubo exterior eléctricamente conductor separados por un tubo aislante coaxial.

El tubo interior eléctricamente conductor puede comprender una o más pistas ranuradas que se extienden al menos parcialmente a lo largo de la longitud del mismo.

Las una o más pistas ranuradas pueden estar configuradas para recibir los conductores eléctricos del vehículo de lanzamiento.

- 15 La relación del radio del tubo exterior eléctricamente conductor al radio del tubo interior eléctricamente conductor puede ser 2.

El tubo de lanzamiento puede estar configurado para limitar cualquier campo magnético formado por el paso a través del mismo de una corriente eléctrica de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 2 millones de amperios, de manera que el campo magnético pueda tener una intensidad menor de aproximadamente 1,25 Tesla.

- 20 El tubo de lanzamiento puede ser evacuado de aire ambiental.

El tubo de lanzamiento puede comprender un orificio de tubo rodeado por un tubo aislante y un tubo eléctricamente conductor, y el tubo de lanzamiento puede estar configurado para el paso de corriente eléctrica a través de un arco de plasma inducido en el interior del orificio del tubo de lanzamiento.

- 25 El tubo eléctricamente conductor puede estar separado del orificio del tubo de lanzamiento a lo largo de la longitud del mismo por el tubo aislante, pero puede estar en conexión eléctrica con el orificio del tubo de lanzamiento cerca de un extremo terminal del tubo de lanzamiento.

El sistema de lanzamiento puede comprender además un elemento posterior eléctricamente conductor en un extremo inicial opuesto del tubo de lanzamiento.

- 30 El sistema puede estar configurado para el paso de corriente eléctrica hacia adelante a través del tubo eléctricamente conductor y hacia atrás a través del orificio del tubo de lanzamiento y los uno o más conductores eléctricos del vehículo de lanzamiento hacia el elemento posterior eléctricamente conductor.

El arco de plasma inducido puede estar presente delante del vehículo de lanzamiento y detrás del vehículo de lanzamiento.

El tubo de lanzamiento puede comprender dos tubos eléctricamente conductores y dos tubos aislantes.

- 35 El tubo de lanzamiento puede comprender un orificio de tubo rodeado por un tubo interior aislante y un tubo exterior aislante separados por un tubo interior eléctricamente conductor y puede comprender también un tubo exterior eléctricamente conductor externo al tubo aislante exterior.

El tubo interior aislante y el tubo interior eléctricamente conductor pueden estar segmentados a lo largo de al menos una

parte de la longitud de los mismos.

Cada uno de los segmentos puede incluir al menos un conmutador configurado para pasar una corriente eléctrica desde el orificio de lanzamiento al tubo interior eléctricamente conductor.

5 El tubo exterior eléctricamente conductor puede estar en conexión eléctrica con el orificio del tubo de lanzamiento cerca de un extremo terminal del tubo de lanzamiento.

El tubo de lanzamiento puede estar configurado para el paso de la corriente eléctrica a través de un arco de plasma inducido en el interior del orificio del tubo de lanzamiento.

10 El sistema puede estar configurado para el paso de corriente eléctrica hacia adelante a través del tubo exterior eléctricamente conductor y hacia atrás a través del orificio del tubo de lanzamiento y los uno o más conductores eléctricos del vehículo de lanzamiento.

El sistema puede estar configurado para el paso de la corriente eléctrica desde los uno o más conductores eléctricos del vehículo de lanzamiento a través de uno o más conmutadores posicionados a lo largo de la longitud del tubo interior aislante y al interior del tubo interior eléctricamente conductor.

El sistema de lanzamiento puede estar configurado para ser electroantimagnético.

15 La fuente de energía eléctrica puede comprender un banco de baterías.

La fuente de energía eléctrica puede comprender además un inductor.

La fuente de energía eléctrica puede comprender un elemento de emisión de haz configurado para suministrar un haz de energía.

20 La fuente de energía eléctrica puede comprender un elemento de seguimiento configurado para realizar un seguimiento del vehículo de lanzamiento en movimiento a través del tubo de lanzamiento.

El tubo de lanzamiento puede comprender uno o más conductos a lo largo de al menos una parte de la longitud del mismo, en el que los uno o más conductos están configurados para permitir la transmisión del haz de energía a través de los mismos.

El haz de energía puede comprender un haz láser, un haz de microondas o un haz de ondas milimétricas.

25 En algunos aspectos, la presente descripción proporciona procedimientos para lanzar una carga útil según la reivindicación 22. En algunas realizaciones, un procedimiento de lanzamiento de una carga útil puede comprender proporcionar un sistema de lanzamiento según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria y calentar eléctricamente el propelente en un calentador eléctrico de un vehículo de lanzamiento desde el sistema de lanzamiento para formar una eyección de gases de salida a una velocidad suficiente para acelerar la carga útil a través y fuera de un tubo de lanzamiento desde el sistema de lanzamiento. En diversas realizaciones, uno o más de los siguientes pueden describir un procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la presente descripción.

30 El procedimiento puede comprender calentar eléctricamente el propelente en el calentador eléctrico del vehículo de lanzamiento para formar un gas en expansión que acelera el vehículo de lanzamiento a través del tubo de lanzamiento a una velocidad de al menos aproximadamente 2.000 metros por segundo (m/s) con una fuerza de aceleración de aproximadamente 2 a aproximadamente 2.000 Gs mientras se limita un campo magnético en el interior del tubo a no más de aproximadamente 2 Tesla.

35 El procedimiento puede comprender proporcionar una corriente eléctrica de aproximadamente 0,2 amperios a aproximadamente 2 millones de amperios a través del al menos un tubo eléctricamente conductor del tubo de lanzamiento.

40 La corriente eléctrica puede ser proporcionada a un primer tubo eléctricamente conductor, puede pasar desde el primer tubo eléctricamente conductor a través de un primer contacto deslizante al calentador eléctrico del vehículo de lanzamiento, y puede pasar desde el calentador eléctrico a través de un segundo contacto deslizante a un segundo tubo eléctricamente conductor.

45 La corriente eléctrica puede pasar desde el primer tubo eléctricamente conductor al primer contacto deslizante y puede pasar desde el segundo contacto deslizante al segundo tubo eléctricamente conductor a través de un arco de plasma.

La corriente eléctrica puede ser proporcionada a al menos un tubo eléctricamente conductor y puede pasar hacia adelante a través del tubo eléctricamente conductor hacia un extremo terminal del tubo de lanzamiento.

La corriente eléctrica puede pasar desde el al menos un tubo eléctricamente conductor y al interior de un orificio abierto del tubo de lanzamiento a través del cual la corriente eléctrica puede pasar a un primer conductor eléctrico del vehículo de lanzamiento.

La corriente eléctrica puede pasar a través del orificio abierto del tubo de lanzamiento a través de un arco de plasma.

- 5 La corriente eléctrica puede pasar desde el primer conductor eléctrico del vehículo de lanzamiento al calentador eléctrico y puede salir del vehículo de lanzamiento a través de un segundo conductor eléctrico del vehículo de lanzamiento.

La corriente eléctrica que sale desde el vehículo de lanzamiento puede moverse hacia atrás a través del orificio abierto del tubo de lanzamiento a un elemento posterior eléctricamente conductor.

- 10 La corriente eléctrica puede ser proporcionada a un primer tubo eléctricamente conductor y puede pasar hacia adelante a través del primer tubo eléctricamente conductor hacia un extremo terminal del tubo de lanzamiento.

La corriente eléctrica puede pasar desde el primer tubo eléctricamente conductor y al interior de un orificio abierto del tubo de lanzamiento a través del cual la corriente eléctrica puede pasar a un primer conductor eléctrico del vehículo de lanzamiento a través de un arco de plasma.

- 15 La corriente eléctrica puede pasar desde el primer conductor eléctrico del vehículo de lanzamiento al calentador eléctrico y puede salir del vehículo de lanzamiento a través de un segundo conductor eléctrico del vehículo de lanzamiento.

La corriente eléctrica que sale del vehículo de lanzamiento puede pasar a través de uno o más conmutadores a un segundo tubo eléctricamente conductor y puede pasar hacia atrás a través del mismo.

- 20 La fuente de energía eléctrica puede comprender un elemento de emisión de haz configurado para suministrar un haz de energía, y el procedimiento puede comprender dirigir el haz de energía desde el elemento de emisión de haz al calentador eléctrico del vehículo de lanzamiento a través de uno o más conductos en el tubo de lanzamiento.

El procedimiento puede comprender hacer que el haz de energía siga la posición del vehículo de lanzamiento a media que el vehículo de lanzamiento acelera a través del tubo de lanzamiento de manera que el haz de energía pueda ser entregado al vehículo de lanzamiento en una pluralidad de posiciones a lo largo del tubo de lanzamiento.

El haz de energía puede ser un haz láser, un haz de microondas o un haz milimétrico.

- 25 El procedimiento puede comprender calentar la atmósfera delante del vehículo de lanzamiento.

La atmósfera puede ser calentada explosivamente con un haz láser.

Breve descripción de las figuras

Habiéndose proporcionado de esta manera la descripción en los términos generales anteriores, a continuación, se hará referencia a los dibujos adjuntos, que no están necesariamente dibujados a escala, y en los que:

- 30 La Fig. 1 es una vista en sección lateral de un sistema de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción, en la que un vehículo de lanzamiento está posicionado en el interior de un tubo de lanzamiento eléctricamente conductor;

La Fig. 2 es un esquema de un tubo de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción en comparación con un tubo de lanzamiento de un cañón con raíles típico de la técnica anterior;

- 35 La Fig. 3 es un gráfico que muestra la eficiencia de conversión de energía eléctrica a cinética como una función de la intensidad del campo magnético del lanzador para un lanzador según una realización ejemplar de la presente descripción y un lanzador electromagnético de la técnica conocida;

- 40 La Fig. 4 es un gráfico que muestra la eficiencia de conversión de energía eléctrica a cinética como una función de la intensidad del campo magnético del lanzador para un lanzador según una realización ejemplar de la presente descripción en un intervalo preferido de intensidad de campo magnético minimizada;

La Fig. 5 es un gráfico que muestra la eficiencia como una función de la inductancia para un lanzador según una realización ejemplar de la presente descripción y un lanzador electromagnético de la técnica conocida;

La Fig. 6 es un gráfico que muestra la inductancia por unidad de longitud frente a la geometría del lanzador para un lanzador según una realización ejemplar de la presente descripción;

- 45 La Fig. 7 es un gráfico que muestra la eficiencia frente a la geometría del lanzador para un lanzador según una realización ejemplar de la presente descripción;

La Fig. 8a ilustra un contacto deslizante según una realización ejemplar de la presente descripción;

La Fig. 8b ilustra una transferencia de corriente desde el conductor del tubo de lanzamiento a través de una capa de plasma al contacto deslizante según una realización ejemplar de la presente descripción;

5 La Fig. 9 es una vista posterior de un sistema de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción en la que un vehículo de lanzamiento está posicionado en el interior de un tubo de lanzamiento eléctricamente conductor;

La Fig. 10 es una vista en sección lateral de un sistema de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción en la que un vehículo de lanzamiento está posicionado en el interior de un tubo de lanzamiento formado por tubos concéntricos eléctricamente conductores separados por un tubo aislante coaxial;

10 La Fig. 11 es una vista en sección lateral de un sistema de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción en la que un vehículo de lanzamiento está posicionado en el interior de un tubo de lanzamiento formado por un tubo eléctricamente conductor y un tubo aislante, y en la que el tubo de lanzamiento está configurado para proporcionar el paso de corriente eléctrica a través de un orificio abierto del tubo de lanzamiento a través de un arco de plasma;

15 La Fig. 12 es una vista en sección lateral de un sistema de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción en la que un vehículo de lanzamiento está posicionado en el interior de un tubo de lanzamiento formado por dos tubos eléctricamente conductores y dos tubos aislantes, y en la que el tubo de lanzamiento está configurado para proporcionar el paso de corriente eléctrica a través de un orificio abierto del tubo de lanzamiento a través de un arco de plasma y de regreso a uno de los tubos eléctricamente conductores;

20 La Fig. 13 es una vista en sección lateral de un sistema de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción en la que un vehículo de lanzamiento está posicionado en el interior de un tubo de lanzamiento que incluye un conducto para la entrada de un haz de energía como fuente de energía eléctrica para el calentador eléctrico del lanzador;

La Fig. 14 es un esquema de un sistema de lanzamiento según la realización ejemplar de la presente descripción que muestra un tubo de lanzamiento en conexión con una fuente de energía eléctrica;

25 La Fig. 15 es una sección transversal de un calentador eléctrico según una realización ejemplar de la presente descripción que comprende elementos útiles para el calentamiento resistivo;

La Fig. 16 es una sección transversal de un calentador eléctrico según una realización ejemplar de la presente descripción que comprende elementos útiles para el calentamiento con arco vorticial estabilizado por torbellino;

30 La Fig. 17 es una vista lateral de un sistema de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción en la que un vehículo de lanzamiento está posicionado en el interior de un tubo de lanzamiento eléctricamente conductor que incluye presurización diferencial;

La Fig. 18 es una ilustración de un componente de carga útil de un vehículo de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción que muestra una vista exterior del componente de carga útil y una vista interior del componente de carga útil que revela diversos elementos de la realización ejemplificada, en la que el componente de carga útil está en una configuración de tránsito atmosférico; y

35 La Fig. 19 es el componente de carga útil de un vehículo de lanzamiento según una realización ejemplar de la presente descripción, en la que el componente de carga útil está en una configuración en órbita u otra configuración desplegada en el vacío del espacio, fuera de cualquier atmósfera significativa.

Descripción detallada de las realizaciones descritas

40 A continuación, la presente descripción se describirá más completamente con referencia a realizaciones ejemplares de la misma. Estas realizaciones ejemplares se describen de manera que esta descripción será minuciosa y completa, y que transmita completamente el alcance de la descripción a los expertos en la materia. De hecho, la presente descripción puede ser llevada a la práctica en muchas formas diferentes y no debería interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en la presente memoria; por el contrario, estas realizaciones se proporcionan de manera que esta descripción satisfaga los requisitos legales aplicables. Tal como se usa en la memoria descriptiva, y en las reivindicaciones adjuntas, 45 las formas singulares "un", "una", "el", "la", incluyen referencias plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

La presente descripción proporciona medios para la aceleración rápida de un proyectil. En una realización particular, el proyectil puede comprender la totalidad o parte de un lanzador espacial. Así, la descripción puede centrarse en esta 50 realización, por simplicidad, en la descripción de las diversas características del presente objeto. Sin embargo, el objeto descrito no pretende limitarse a un lanzamiento espacial o a realizaciones específicas adicionales descritas en la presente

memoria. Por el contrario, cualquier descripción con relación a una realización específica pretende ser un ejemplo del objeto con el fin de proporcionar una descripción suficiente para extender la descripción ejemplar a otras realizaciones.

La presente descripción proporciona un sistema de lanzamiento, uno o más aparatos que pueden ser utilizados en el sistema de lanzamiento, y uno o más procedimientos de lanzamiento de un objeto, en particular a una alta velocidad a una aceleración rápida, pero no excesiva. En ciertas realizaciones, estos y otros aspectos de la descripción pueden conseguirse mediante el uso de un lanzador electroantimagnético ("EAM") que utiliza elementos de bajo peso atómico como propelente de propulsión.

Los lanzadores electromagnéticos ("EM") han tenido un desarrollo activo por parte del gobierno de EE. UU. y otras entidades durante aproximadamente 30 años. Los lanzadores EM (por ejemplo, cañones con raíles) dependen de campos magnéticos inducidos creados por una corriente eléctrica que fluye por dos raíles paralelos y a través de un aparato de lanzamiento que es acelerado por el efecto electromagnético. De manera similar, los lanzadores EM aumentados pueden utilizar una corriente de accionamiento que es canalizada a través de pares adicionales de conductores paralelos que están dispuestos para aumentar o magnificar el campo magnético experimentado por el aparato de lanzamiento. Sin embargo, la investigación hasta la fecha indica que los lanzadores EM adolecen de graves problemas que les impiden conseguir las condiciones necesarias para el lanzamiento espacial. A altas velocidades, los efectos magnéticos absorben una enorme potencia y energía. Esto puede destruir efectivamente la capacidad de conseguir una conducción eléctrica estable entre un paquete de lanzamiento en movimiento y los conductores de alimentación estacionarios. En lugar de usar energía eléctrica para crear fuerzas magnéticas para propulsar el paquete de lanzamiento, el lanzador EAM según la presente descripción puede minimizar sustancialmente las fuerzas magnéticas inducidas y puede minimizar también, de esta manera, el consumo de energía y los efectos de distorsión de las mismas. Más particularmente, la propulsión según la presente descripción es proporcionada por la expansión de un gas calentado eléctricamente en lugar de debido a una fuerza magnética.

Un sistema de lanzamiento según la presente descripción puede comprender una serie de componentes que pueden proporcionar, de manera independiente, mejoras útiles con relación a las tecnologías conocidas, así como en una serie de combinaciones de los componentes descritos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un sistema de lanzamiento según la presente descripción puede comprender un tubo de lanzamiento en conexión eléctrica con una fuente de energía eléctrica para proporcionar energía eléctrica a un lanzador que puede comprender una o más de entre una fuente de propelente, un calentador eléctrico para calentar el propelente desde la fuente de propelente, contactos deslizantes en contacto eléctrico con el calentador eléctrico y en contacto eléctrico con el tubo de lanzamiento, una tobera de expansión en comunicación de fluido con el calentador eléctrico y adaptada para la descarga de uno o más propelentes calentados o un componente del mismo, y una carga útil en conexión mecánica con uno o más de los componentes adicionales del lanzador. En algunas realizaciones, un sistema de lanzamiento según la presente descripción puede estar configurado para proporcionar energía a un cohete eléctrico desde una fuente de energía estacionaria a través de uno o más conductores en un tubo evacuado. El sistema puede utilizar un motor relativamente ligero con una alta relación empuje a peso que solo requiere cortas duraciones de empuje para conseguir el lanzamiento.

Una vista lateral de los componentes de un sistema 20 de lanzamiento según una realización de la presente descripción se muestra en la Fig. 1. Tal como se ilustra en la presente memoria, un lanzador 200 está posicionado en el interior de un tubo 100 de lanzamiento. El tubo 100 de lanzamiento puede comprender una pluralidad de tubos eléctricamente conductores, concéntricos, que pueden estar separados por una o más capas aislantes. De manera alternativa, el tubo de lanzamiento puede comprender un único tubo multicapa que comprende una pluralidad de capas conductoras separadas por una o más capas aislantes. Tal como se muestra en la realización de la Fig. 1, el tubo 100 de lanzamiento puede comprender un tubo 110 conductor exterior separado de un tubo 130 conductor interior y separado por un aislante 120. El tubo 110 conductor exterior y el tubo 130 conductor interior pueden estar formados de cualquier material conductor adecuado, tal como un metal o una aleación de metal. En algunas realizaciones, las paredes conductoras de los tubos pueden comprender capas de dos o más materiales diferentes. Como realizaciones ejemplares, uno o ambos de entre el tubo conductor interior y el tubo conductor exterior pueden comprender acero, aluminio o una aleación de aluminio. En realizaciones preferidas, la capa más interior de uno o ambos de entre el tubo conductor interior y el tubo conductor exterior puede comprender un material conductor resistente al desgaste a alta temperatura, tal como tungsteno, renio o cobre endurecido. Así, uno o ambos de entre los tubos conductores interior y exterior pueden comprender una capa exterior formada en acero o aluminio y una capa interior formada en el material conductor resistente al desgaste a alta temperatura (en el que interior se refiere a cerca del interior del tubo y exterior se refiere a cerca del exterior del tubo). En algunas realizaciones, puede formarse un material de capa intermedia entre la capa exterior y la capa interior predominantes. Por ejemplo, una capa intermedia puede comprender cobre o molibdeno. El tamaño del orificio a través del cual se acelera el lanzador puede variar en función del tamaño de la carga útil que se está lanzando. En algunas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede tener un tamaño de orificio de al menos 0,5 m, al menos 1 m, al menos 2 m, al menos 5 m, o al menos 10 m. En ciertas realizaciones, el tamaño de orificio puede ser de aproximadamente 1 m a aproximadamente 1 m.

El aislante 120 puede estar presente en un espacio anular entre el tubo 130 conductor interior y el tubo 110 conductor

exterior y puede comprender cualquier material eficaz para prevenir sustancialmente el flujo de corriente eléctrica entre los dos tubos conductores. En realizaciones preferidas, pueden minimizarse el espesor del aislante 120 y el espacio anular entre los dos tubos conductores. Dicha minimización puede ser útil para minimizar el volumen y la intensidad de un campo magnético formado por el flujo de corriente eléctrica a través de los tubos conductores. Por ejemplo, en diversas realizaciones, la corriente eléctrica pasa a través de uno de entre los tubos conductores interior y exterior, a través de un calentador eléctrico, tal como se describe adicionalmente más adelante, y de vuelta a lo largo del otro de entre los tubos conductores interior y exterior. El espesor del aislante y/o el espacio anular entre el tubo conductor exterior y el tubo conductor interior pueden ser de aproximadamente 0,5 cm a aproximadamente 30 cm, de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 20 cm, de aproximadamente 1,5 cm a aproximadamente 15 cm, o de aproximadamente 2 cm a aproximadamente 10 cm.

Las ventajas del presente lanzador EAM son evidentes en comparación con la tecnología de cañón con raíles. La geometría del tubo de lanzamiento en particular para el presente lanzador EAM puede reducir o eliminar significativamente los efectos adversos de los grandes campos magnéticos. El concepto clave en el que se ha basado la técnica conocida de los lanzadores EM, tales como los cañones con raíles, ha sido el de maximizar las fuerzas magnéticas que empujan el proyectil. En los intentos de conseguir la mayor fuerza de lanzamiento, se usan campos magnéticos muy grandes con los lanzadores EM. Esto implica un requisito de corriente eléctrica significativamente grande y resulta en presiones mecánicas excesivas desde los campos magnéticos intensos. Resulta también en pérdidas resistivas y pérdidas de arco muy grandes. Como ejemplo, un cañón con raíles típico diseñado para lanzar una carga útil de una tonelada usa de 10 millones a aproximadamente 50 millones de amperios de corriente eléctrica y campos magnéticos de aproximadamente 10 a aproximadamente 25 Tesla, con presiones resultantes de aproximadamente 15.000 a aproximadamente 100.000 PSI. Las pérdidas en el sistema conducen a un cañón con raíles que tiene aproximadamente un 10% de eficiencia cuando se evalúa a velocidades orbitales, y esto solo si puede mantenerse de manera efectiva la integridad estructural de la armadura de plasma. Esa hazaña nunca se ha conseguido hasta ahora, a pesar de las extensas inversiones de investigación y desarrollo del gobierno. La velocidad más alta registrada y repetible jamás conseguida con la tecnología de cañón con raíles es de aproximadamente 6.000 metros por segundo, y las eficiencias más altas de dichos lanzamientos de alta velocidad fueron solo un pequeño porcentaje.

La cantidad de corriente eléctrica requerida para lanzar un vehículo mediante un tubo de lanzamiento según los procedimientos de la presente descripción puede variar y puede ser escalada en relación con la masa lanzada. Como una realización ejemplar, el lanzamiento de una carga útil de una tonelada utilizando un lanzador EAM según la presente descripción puede requerir la aplicación de una corriente eléctrica de aproximadamente 0,2 mega-amperios a aproximadamente 5 mega-amperios, es decir, una reducción de 10 a 200 veces en comparación con la tecnología de lanzador EM típica si se usa para lanzar la misma masa. Esto es particularmente relevante, ya que las pérdidas y las presiones se escalan como el cuadrado de la corriente eléctrica aplicada y, de esta manera, pueden reducirse de 100 a 40.000 veces. Con esa base, un lanzador EAM según las realizaciones de la presente descripción puede proporcionar incrementos dramáticos en eficiencia en comparación con la tecnología de lanzador EM. En algunas realizaciones, los sistemas y los procedimientos de lanzamiento según la presente descripción pueden utilizar corrientes eléctricas comprendidas en el intervalo de aproximadamente 0,2 mega-amperios a aproximadamente 200 mega-amperios. Para cargas útiles de tamaño más práctico, la corriente puede ser de hasta 100 mega-amperios o de hasta aproximadamente 50 mega-amperios. Las corrientes eléctricas específicas requeridas para el lanzamiento de una masa deseada pueden identificarse dentro de este intervalo a la luz de la descripción adicional proporcionada en la presente memoria.

Se sabe que los requisitos de corriente eléctrica para los cañones con raíles de la técnica anterior se escalan como la raíz cuadrada de la masa lanzada para mantener las aceleraciones, ya que esto es necesario para conseguir la misma velocidad. Sin embargo, los sistemas y los procedimientos según la presente descripción no están limitados por ningún requisito para aumentar las corrientes de accionamiento para mantener las aceleraciones. Para mantener las fracciones de masa de refuerzo estructural constantes para la masa lanzada, la aceleración debe ser reducida a medida que la carga útil aumenta. Generalmente, se desearía reducir la aceleración de manera proporcional a la longitud de la masa lanzada, o generalmente de manera proporcional a la raíz cúbica de la masa lanzada. Estos efectos se muestran en la siguiente tabla. Puede verse que las ventajas de esta descripción en la reducción de la corriente de accionamiento aumentan a medida que aumenta la masa lanzada. Esto es especialmente importante para masas grandes, tal como puede idearse para los sistemas de lanzamiento de seres humanos. En dichos sistemas, debido a la necesidad de bajas aceleraciones para los pasajeros humanos, las corrientes de accionamiento tenderán hacia el extremo inferior del intervalo ejemplificado. La siguiente tabla proporciona específicamente realizaciones ejemplares que ilustran los cambios en la corriente de accionamiento requerida relacionados con los cambios en la masa del lanzador. Tal como puede observarse a partir de la tabla, aunque la corriente de accionamiento requerida según la presente descripción aumenta con la masa del lanzador, la corriente de accionamiento relativa es sorprendentemente baja en comparación con la corriente que se esperaría que fuera necesaria para lanzar la misma masa usando un cañón con raíles de la técnica anterior. Debido a la escala relativamente grande de un lanzador configurado para cargas útiles de gran masa (por ejemplo, un tamaño de diámetro de 10 metros para un lanzador de 1.000.000 kg que usa una corriente de 50 mega-amperios), las grandes corrientes no presentan limitaciones a los sistemas y a los procedimientos descritos en la presente memoria.

Tabla

Masa del lanzador (kg)	Corriente (mega-amp.) de un cañón con raíles de la técnica anterior	Corriente (mega-amp.) para los sistemas y los procedimientos actuales
1.000	20 - 50	0,2 - 5
4.000	40 - 100	0,3 - 8
16.000	80 - 200	0,5 - 13
64.000	160 - 400	0,8 - 20
256.000	320 - 800	1,3 - 32
1.024.000	640 - 1.600	2 - 50

Las ventajas del lanzador EAM descrito en la presente memoria son más evidentes en las diversas figuras adjuntas. Por ejemplo, la Fig. 2 muestra una comparación directa de una realización ejemplar de un tubo de lanzamiento para un lanzador EAM y un tubo de lanzamiento para un cañón con raíles EM típico, conocido. Son evidentes varias diferencias. Por ejemplo, en el lanzador EAM, los conductores (110 y 130) pueden rodear por completo el tubo de lanzamiento, mientras que, en el lanzador EM, los conductores (310a y 310b) forman significativamente menos del 50% del área superficial de la pared interior del tubo de lanzamiento. Por el contrario, los aislantes (320a y 320b) forman la parte principal y significativa de la superficie de la pared interior del tubo de lanzamiento del lanzador EM. El efecto del espacio de gran tamaño que separa los conductores eléctricos en el tubo de lanzamiento EM es un campo magnético de gran volumen y alta intensidad, y esto es deseable en los cañones con raíles típicos para impulsar el proyectil. Por el contrario, en el tubo de un lanzador EAM según la presente descripción, los conductores (110 y 130) concéntricos están separados solo por un pequeño aislante 120 de espacio anular. Así, se minimiza el volumen total de espacio anular entre los conductores y se reduce la intensidad del campo magnético inducido. La diferencia significativa en la intensidad del campo magnético se ilustra en la Fig. 3.

La eficiencia de conversión de energía eléctrica a cinética de un lanzador de alta velocidad puede ser una función de, al menos en parte, la intensidad del campo magnético en el interior del tubo de lanzamiento. Los lanzadores EM típicos conocidos requieren campos magnéticos comprendidos en el intervalo de 10 Tesla a más de 20 Tesla. Tal como se ilustra en la Fig. 3, la eficiencia de conversión de energía eléctrica a cinética del lanzador EM aumenta a medida que aumenta la intensidad del campo magnético; sin embargo, la eficiencia más alta (a una intensidad de campo de aproximadamente 25 Tesla está solo en el intervalo de aproximadamente el 12% (aunque las eficiencias a velocidades superiores a aproximadamente 6.000 m/s pueden reducirse significativamente, tal como al intervalo de aproximadamente el 0,02% a aproximadamente el 1%). Se observa el efecto completamente opuesto con el lanzador EAM de la presente descripción. Específicamente, la eficiencia del lanzador EAM cae dramáticamente a medida que aumenta la fuerza magnética. Sin embargo, el presente lanzador EAM puede conseguir sorprendentemente una eficiencia de conversión de energía eléctrica a cinética de más del 51% en diversas realizaciones cuando la intensidad del campo magnético es sustancialmente 0 Tesla. Por consiguiente, en ciertas realizaciones de la presente descripción, el lanzador EAM, y particularmente el tubo de lanzamiento, pueden estar adaptados para transmitir los intervalos necesarios de corriente eléctrica mientras generan o inducen un campo magnético a una intensidad de menos de aproximadamente 1,25 Tesla, menos de aproximadamente 1 Tesla, menos de aproximadamente 0,5 Tesla, menos de aproximadamente 0,25 Tesla o menos de aproximadamente 0,2 Tesla. En alguna realización, el campo magnético puede estar limitado a una intensidad de aproximadamente 0,2 Tesla a aproximadamente 1,2 Tesla. Esto se ilustra gráficamente en la Fig. 4. En algunas realizaciones, la intensidad del campo magnético puede ser minimizada suficientemente mediante una minimización apropiada del volumen del aislante en el espacio anular entre los tubos concéntricos eléctricamente conductores. En otras realizaciones, sin embargo, pueden utilizarse otros medios para limitar, reducir o eliminar cualquier campo magnético.

La eficiencia para un lanzador EAM según la presente descripción puede ser mejorada significativamente con respecto a la tecnología de lanzador EM de la técnica conocida con relación a otras propiedades. Por ejemplo, la Fig. 5 ilustra las ventajas del lanzador EAM descrito actualmente con respecto a los lanzadores EM típicos de la técnica anterior con relación a la inductancia. Tal como se observa en la Fig. 5, un lanzador EM típico busca aumentar la inductancia por unidad de longitud para incrementar la eficiencia. Por otra parte, la eficiencia para un lanzador EAM según la presente descripción puede ser maximizada cuando se minimiza la inductancia.

Con el fin de minimizar la inductancia según ciertas realizaciones de la presente descripción, puede ser deseable proporcionar una geometría deseada al tubo de lanzamiento para el lanzador EAM. Tal como se muestra en la Fig. 6, la inductancia por unidad de longitud puede variar en función de la relación entre el radio exterior y el radio interior para el tubo de lanzamiento (es decir, la relación del radio del tubo exterior y el radio del tubo interior). La inductancia puede disminuir a medida que disminuye la relación. De esta manera, puede ser deseable proporcionar al tubo de lanzamiento

una relación baja, es decir, un espesor total minimizado para cualquier espacio existente entre las paredes del tubo de lanzamiento conductor. En ciertas realizaciones, la relación del radio exterior y el radio interior para un tubo de lanzamiento según la presente descripción puede ser menor de 2, menor de aproximadamente 1,5, menor de aproximadamente 1,25, menor de aproximadamente 1,15 o menor de aproximadamente 1,1. En realizaciones adicionales, la relación del radio exterior y el radio interior puede ser de aproximadamente 1,4 a aproximadamente 10, de aproximadamente 1,5 a aproximadamente 7,5, de aproximadamente 1,6 a aproximadamente 5, de aproximadamente 1,65 a aproximadamente 4, o de aproximadamente 1,7 a aproximadamente 2,5.

La geometría del lanzador puede afectar también a la eficiencia de un lanzador EAM según la presente descripción. Tal como se observa en la Fig. 7, la eficiencia de un lanzador EAM puede aumentar a medida que disminuye la relación entre el radio exterior y el radio interior del tubo de lanzamiento. De esta manera, puede ser deseable además conseguir las relaciones ya indicadas anteriormente. Específicamente, puede ser deseable aproximarse a una relación que sea lo más cercana posible a 1 (limitada solo por el espesor necesario de los conductores para transportar corriente y el espesor de los aislantes presentes para prevenir una alta descarga disruptiva entre los tubos conductores).

Las paredes de los tubos conductores exterior e interior pueden tener una o más pistas ranuradas de geometrías variables que están adaptadas para recibir uno o más contactos deslizantes. La sección transversal de la Fig. 1 pasa a través de una pista 112 ranurada en el tubo 130 conductor interior y el aislante 120 (con una parte del tubo interior y el aislante recortada para revelar el contacto deslizante en la pista ranurada). La pista 112 ranurada permite una conexión eléctrica del tubo 110 conductor exterior y un contacto 115 deslizante exterior. Se ilustra también un contacto 135 deslizante interior en conexión eléctrica con el tubo 130 conductor interior. Las pistas ranuradas pueden ser efectivas para facilitar el contacto apropiado entre los tubos y los contactos deslizantes, para prevenir o reducir sustancialmente la formación de arcos entre los conductores del tubo, y sirven también para alinear el lanzador 200 y prevenir sustancialmente la rotación del mismo en el interior del tubo 100 de lanzamiento. Los brazos 113a y 113b de alineación pueden estar en contacto físico con los contactos 115 y 135 deslizantes, respectivamente, y pueden estar también en contacto físico con el calentador eléctrico. Los brazos de alineación pueden comprender un material conductor rígido, de alta resistencia, tal como acero, aluminio u otro metal o aleación de metal que puede incluir una capa aislante, si se desea.

Los contactos deslizantes pueden formarse en un material conductor adecuado y pueden asumir estructuras particulares, tal como se describe más detalladamente a continuación. En algunas realizaciones, los contactos deslizantes conductores pueden ser posicionados de manera que definan un contacto deslizante mecánico con las paredes del tubo mientras exhiben solo una baja caída de voltaje. En algunas realizaciones, los contactos pueden no estar en un acoplamiento físico real con las paredes del tubo durante el uso. En algunas realizaciones, los contactos deslizantes conductores pueden definir un contacto deslizante formador de arco (por ejemplo, una escobilla de plasma) con las paredes conductoras del tubo con solo una caída de voltaje mínima. El arco puede ser contenido mediante una contención mecánica, tal como usando un perímetro aislante deslizante. En otras realizaciones, el arco puede ser contenido mediante fuerzas magnéticas, que pueden ser generadas mediante la transferencia de corriente desde el contacto. En particular, los contactos pueden definir un bucle de corriente adaptado para generar las fuerzas magnéticas. En algunas realizaciones, las fuerzas magnéticas pueden ser generadas por una fuente de energía o un objeto autónomo que puede estar presente en el lanzador. Como ejemplo, las fuerzas magnéticas pueden ser generadas por un imán, que puede ser un imán superconductor.

En realizaciones particulares, las almohadillas de contacto deslizante pueden estar configuradas para funcionar como escobillas de plasma. De manera beneficiosa, cualquier campo magnético presente en la región de las escobillas de plasma puede ser sustancialmente cerca de cero. En algunas realizaciones, la presión magnética en o alrededor de las escobillas de plasma puede estar comprendida en el intervalo de 1-10 psi. Así, en algunas realizaciones, los devanados de baja corriente o los imanes permanentes pueden ser útiles para contener el plasma. Además, las escobillas de plasma pueden estar configuradas de manera que pueda aplicarse la física de contacto de plasma de campo nulo conocida. En algunas realizaciones, las almohadillas de contacto deslizantes que funcionan como escobillas de plasma según la presente descripción pueden estar configuradas para proporcionar una velocidad a $0,1 \text{ kA/cm}^2$ de al menos 3.000 m/s , al menos 4.000 m/s , al menos 6.000 m/s , al menos 8.000 m/s , al menos 10.000 m/s o al menos 12.000 m/s . Una ilustración de una realización de un diseño de colector de corriente de escobilla de plasma se ilustra en la Fig. 8b, que se describe a continuación.

Además de los contactos deslizantes, pueden incluirse elementos adicionales para ayudar al movimiento del vehículo de lanzamiento a través del tubo de lanzamiento. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el vehículo puede incluir cojinetes magnéticos y/o cojinetes de gas que pueden ayudar a centrar el vehículo en el interior del tubo y prevenir sustancialmente el contacto físico entre los mismos. Así, el vehículo puede estar caracterizado por no tener contacto con el tubo de lanzamiento, con la excepción de los contactos deslizantes que, por ejemplo, pueden abarcar realizaciones de escobillas de plasma o similares.

En algunas realizaciones, los contactos deslizantes y/o los aislantes de las pistas ranuradas pueden ser refrigeradas. Dicha refrigeración puede ser, por ejemplo, mediante el uso de un fluido transpirante, que opcionalmente puede ser un

material conductor, tal como un metal de bajo punto de fusión que tiene un bajo potencial de ionización (por ejemplo, cesio, aluminio, litio o metal blando análogo de bajo punto de fusión). En ciertas realizaciones, la refrigeración puede ser mediante medios conductivos y/o convectivos, que pueden incluir el uso de uno o más materiales configurados para fundirse y/o vaporizarse durante el uso mientras se evita sustancialmente la dispersión de los materiales detrás del vehículo de lanzamiento en movimiento y evitando, de esta manera, la formación de arco no deseable. De manera similar, un perímetro aislante de los contactos y/o de los brazos de alineación puede ser refrigerado, tal como mediante refrigeración por transpiración. Por ejemplo, el fluido de transpiración puede ser un material aislante, tal como hidrógeno, hexafluoruro de azufre, o un líquido o gas similar.

En ciertas realizaciones, los contactos deslizantes según la presente descripción pueden estar adaptados para exhibir una o más transiciones de estado. Por ejemplo, inicialmente, los contactos deslizantes pueden estar configurados de manera que sean sustancialmente sólidos y pueden estar en contacto con la pared sólida del tubo o separados de la misma mediante una separación eléctricamente conductora. El contacto deslizante, o una parte del mismo (por ejemplo, una almohadilla de contacto) puede estar configurado para hacer la transición a una masa fundida de metal líquido. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando el vehículo de lanzamiento alcanza una velocidad de aproximadamente 1.000 a aproximadamente 2.000 m/s. En algunas realizaciones, el contacto deslizante puede estar inicialmente en contacto físico con la pared del tubo y puede hacer la transición a un contacto formador de arco durante el uso (por ejemplo, estableciendo una separación de plasma). Dicha transición puede ocurrir, en ciertas realizaciones, a una velocidad de aproximadamente 1.500 a aproximadamente 3.000 m/s. Una mayoría de la transferencia de corriente eléctrica al contacto deslizante puede ocurrir durante la fase de formación de arco. Los contactos deslizantes pueden incluir características mecánicas, de dinámica de fluidos, de siembra de arco y electromagnéticas para minimizar el voltaje de arco y, de esta manera, la pérdida de energía en el contacto. En algunas realizaciones, el voltaje del arco puede ser de aproximadamente 50 a aproximadamente 500 V. Preferiblemente, el arco está posicionado de manera estable en el contacto y no se mueve sustancialmente fuera de la región de contacto deseada.

Una almohadilla de contacto deslizante ejemplar se muestra en la Fig. 8a. La almohadilla 500 de contacto deslizante incluye un reborde 503 exterior, que opcionalmente puede estar refrigerado, tal como mediante refrigeración por transpiración. Por ejemplo, el reborde exterior puede ser poroso, y un refrigerante, tal como hidrógeno o hexafluoruro de azufre, puede ser congelado en los poros del reborde exterior. En una realización, el material poroso con SF₆ líquido puede ser refrigerado con hidrógeno líquido para congelar el SF₆ en los poros. De manera alternativa, el SF₆ líquido puede ser sellado bajo presión y puede ser liberado a medida que se derrite la superficie. Moviéndose hacia el interior en la Fig. 8a, el contacto 500 deslizante incluye además un reborde 505 magnético, un escudo 507 ablativo, un reborde 509 interior (que opcionalmente puede estar refrigerado y, por ejemplo, puede comprender el mismo material de refrigeración descrito anteriormente con relación al reborde 503 exterior o puede comprender un material diferente), un reborde 511 ablativo y el conductor 513. En algunas realizaciones, el conductor 513 opcionalmente puede estar refrigerado. Preferiblemente, los refrigerantes para el conductor 513 son materiales que exhiben bajos potenciales de ionización y que no inhibirán la función de una configuración de escobilla de plasma durante la volatilización de los mismos. Preferiblemente, la refrigeración del conductor 513 se lleva a cabo de manera que la descarga de materiales desde la región de la escobilla de plasma conductor en la zona del conductor 513 a las regiones (511, 509, 507, 505 y 503) exteriores no contrarreste las propiedades de extinción del plasma de cualquier material liberado por cualquiera de las regiones de reborde respectivas.

El contacto deslizante puede estar en un contacto no físico con el tubo conductor, tal como mediante una realización de escobilla de plasma, tal como se ilustra en la Fig. 8b, que muestra una sección parcial de una parte de un tubo 530 conductor y un contacto 515 deslizante con una almohadilla 500 de contacto configurada para establecer un contacto 517 de arco de plasma (es decir, una escobilla de plasma) con el tubo conductor. Tal como se observa en la misma, a medida que el contacto 515 deslizante se mueve a lo largo del tubo 530 conductor, la almohadilla 500 de contacto no está en contacto físico directo con el tubo conductor, sino que el paso de corriente eléctrica (ilustrado por las flechas curvas) desde el tubo a través de la almohadilla de contacto al contacto deslizante establece un arco 517 de plasma que separa físicamente la almohadilla de contacto y el tubo conductor. Tal como se ha indicado anteriormente, la presión magnética en o alrededor del arco de plasma puede ser suficientemente baja para permitir la contención del campo de plasma con medios conocidos.

Una almohadilla de contacto, tal como se ilustra en la Fig. 8a, puede estar caracterizada como un colector de corriente de escobilla de plasma que utiliza conducción de plasma de baja densidad y bajo campo. El colector puede incluir, por ejemplo, elementos que siembran el plasma, elementos que refrigeran las superficies del colector, elementos que extinguen los restos de plasma que puede formarse detrás de la escobilla en movimiento, elementos que detienen el flujo de salida de plasma y elementos que previenen la formación de arcos secundarios detrás del motor del lanzador.

El tubo conductor exterior y el tubo conductor interior pueden definir una trayectoria de salida de corriente en serie con una trayectoria de retorno de corriente. En algunas realizaciones, puede haber múltiples trayectorias de salida de corriente en paralelo. Si se desea, todas las trayectorias de salida pueden estar en serie con múltiples trayectorias de corriente de retorno. La inductancia del lanzador puede reducirse de manera proporcional al número de trayectorias de corriente paralelas. De manera beneficiosa, la inductancia más baja puede reducir la energía del campo magnético y, de esta

manera, los efectos no deseados del campo magnético.

La disposición del vehículo 200 de lanzamiento y el tubo 100 de lanzamiento según algunas realizaciones se ilustra adicionalmente en la Fig. 9, que muestra una vista extrema posterior de la misma. Una vez más, el tubo 100 de lanzamiento incluye un tubo 110 conductor exterior y un tubo 130 conductor interior separados por un aislante 120. Los contactos (135a, 135b y 135c) deslizantes están en conexión eléctrica con la pared interior del tubo 130 conductor interior, y los contactos (115a, 115b y 115c) deslizantes están en conexión eléctrica con la pared interior del tubo 110 conductor exterior. En la realización ilustrada, los contactos 115a, 115b y 115c deslizantes exteriores están en conexión eléctrica con las bandas 117a, 117b y 117c conductoras exteriores, y los contactos 135a, 135b y 135c deslizantes interiores están en conexión eléctrica con las bandas 137a, 137b y 137c conductoras interiores. Las bandas conductoras respectivas pueden extenderse sustancialmente a lo largo de toda la longitud del tubo de lanzamiento o pueden extenderse a lo largo de solo una parte del tubo de lanzamiento. Los contactos deslizantes están interconectados con el calentador 220 eléctrico mediante brazos (113a - 113f) de alineación. La tobera 210 de escape se muestra parcialmente transparente para revelar los componentes descritos anteriormente.

Un sistema de lanzamiento según la presente descripción puede materializarse en una diversidad de realizaciones que pueden incorporar una diversidad de los elementos individuales descritos en la presente memoria en una diversidad de conformaciones diferentes. Así, la presente descripción debe interpretarse como indicativa de que los componentes individuales pueden combinarse en cualquier combinación útil para conseguir un sistema de lanzamiento abarcado por la presente descripción.

Una realización de un sistema de lanzamiento según la descripción se muestra en la Fig. 10. Tal como se observa en la presente memoria, un lanzador 200 está posicionado en el interior de un tubo 100 de lanzamiento. El tubo 100 de lanzamiento comprende un tubo 110 conductor exterior separado de un tubo 130 conductor interior y separados por un aislante 120. En las realizaciones ilustradas, se forma una pista 112 ranurada en el tubo 130 conductor interior y el aislante 120. El lanzador 200 comprende una carga 240 útil, un tanque 230 de propelente y un calentador 220 eléctrico, y una tobera 210 de expansión. El lanzador 200 está alineado en el interior del tubo 100 de lanzamiento mediante una pluralidad de brazos 113a y 113b de alineación. Aunque solo se ilustran dos brazos de alineación en la Fig. 10, se entiende que puede haber presentes más de dos brazos de alineación. Los brazos 113a y 113b de alineación están fijados en un primer extremo al lanzador 200, por ejemplo, al calentador 220 eléctrico, e incluyen contactos 115 y 135 deslizantes en los extremos opuestos de los mismos. El contacto 135 deslizante en el brazo 113a de alineación está configurado para proporcionar interacción eléctrica con el tubo 130 conductor interior. El contacto 115 deslizante en el brazo 113b de alineación está configurado para proporcionar interacción eléctrica con el tubo 110 conductor exterior (por ejemplo, en el interior de la pista 112 ranurada). En cada caso, los contactos 115 y 135 deslizantes están configurados para proporcionar un contacto 517 de arco de plasma con los tubos 110 y 130 conductores respectivos. Durante el uso, tal como se muestra en la Fig. 10, la energía eléctrica pasa desde una fuente de energía eléctrica (véase el elemento 300 en la Fig. 13) a través de las líneas 170 eléctricas. Tal como se ilustra, la energía eléctrica pasa desde las líneas 170 eléctricas al tubo 110 conductor exterior, pasa al contacto 115 deslizante a través del contacto 517 de arco de plasma y a través del brazo 113b de alineación al calentador 220 eléctrico. La trayectoria eléctrica es completada por el paso desde el calentador 220 eléctrico a través del brazo 113a de alineación y el contacto 135 deslizante al tubo 130 conductor interior a través del contacto 517 de arco de plasma. El propelente desde el tanque 230 de propelente es calentado en el calentador 220 eléctrico y se expande a través de la tobera 210 para acelerar el lanzador 200 a través del tubo 100 de lanzamiento. En dichas realizaciones, la propulsión puede caracterizarse como realizándose mediante propulsión con cohetes eléctricos alimentados por conducción de corriente eléctrica mediada por plasma. Específicamente, la conducción mediada por plasma ocurre en el contacto 517 de arco de plasma entre los tubos 110 y 130 conductores y los contactos 115 y 135 deslizantes.

Una realización adicional de un sistema de lanzamiento descrito en la presente memoria se muestra en la Fig. 11. El sistema comprende una vez más un lanzador 200 posicionado en el interior de un tubo 100 de lanzamiento. En esta realización, el lanzador 200 y el tubo 100 de lanzamiento están configurados para el paso de la corriente de accionamiento eléctrico a través del orificio 101 del tubo 100 de lanzamiento en lugar de a través de contactos deslizantes y brazos de alineación. El lanzador 200 comprende una vez más una carga 240 útil, un tanque 230 de propelente, un calentador 220 eléctrico y una tobera 210 de expansión. Además, el lanzador 200 comprende conductores 201a y 201b de accionamiento. Opcionalmente, el lanzador 200 puede incluir uno o más cojinetes 207a y 207b que están configurados para ayudar en la alineación del lanzador en el interior del tubo 100 de lanzamiento. En algunas realizaciones, el tubo 100 de lanzamiento comprende un único tubo 101 conductor y un aislante 120 en el interior de al menos una parte del mismo y que separa el lanzador 200 del mismo. Tal como se observa en la Fig. 11, el tubo 100 de lanzamiento incluye además un conductor 111 posterior. Durante el uso, según dichas realizaciones, la energía eléctrica (mostrada como líneas discontinuas) pasa desde las líneas 170 eléctricas a través del tubo 110 conductor a un extremo 110a terminal del mismo y al orificio 101 del tubo 100 de lanzamiento. Aunque la energía eléctrica se ilustra como pasando al orificio 101 del tubo en el extremo 110a terminal del tubo 110 conductor, se entiende que el paso al orificio del tubo puede ocurrir aguas arriba del extremo terminal y/o puede ocurrir en una pluralidad de puntos a lo largo del tubo de lanzamiento. La energía eléctrica

en el orificio 101 del tubo 100 de lanzamiento crea un campo 617 de arco de plasma, y la energía eléctrica pasa a través del mismo al lanzador 200. En algunas realizaciones, la energía eléctrica pasa desde el campo 617 de arco de plasma a un conductor 201a de accionamiento delantero que está fijado a, o es integral con, la carga 240 útil y el tanque 230 de propelente. Aunque el conductor 201a de accionamiento delantero se ilustra como un único elemento, el conductor de accionamiento delantero puede comprender una pluralidad de elementos en contacto eléctrico unos con los otros. La energía eléctrica pasa desde el conductor 201a de accionamiento delantero y al calentador 220 eléctrico donde el propelente desde el tanque 230 de propelente es calentado y expandido fuera de la tobera 210 para acelerar el lanzador 200 a través del tubo 100 de lanzamiento. La energía eléctrica pasa desde el calentador 220 a través de un conductor 201b de accionamiento posterior (que puede comprender también una pluralidad de elementos) que termina en o cerca del extremo posterior del lanzador 200 (por ejemplo, en el extremo posterior de la tobera 210 de expansión). La energía eléctrica que sale del lanzador 200 crea una vez más un campo 617 de arco de plasma detrás del lanzador y pasa a través del mismo al conductor 111 posterior, donde la energía eléctrica sale del tubo 100 de lanzamiento para completar el circuito. Los sistemas según dichas realizaciones pueden ser ventajosos para eliminar sustancialmente los problemas o los daños que surgen de las escobillas de arco de plasma y/o de la formación de arcos entre los tubos conductores.

Todavía una realización adicional de un sistema según la presente descripción se muestra en la Fig. 12. Tal como se observa en la presente memoria, el sistema comprende un lanzador 200 posicionado en el interior de un tubo 100 de lanzamiento. En esta realización, el lanzador 200 y el tubo 100 de lanzamiento están configurados una vez más para el paso de la corriente de accionamiento eléctrico a través del orificio 101 del tubo 100 de lanzamiento, pero el paso a través del orificio está limitado a la parte delantera del tubo de lanzamiento con relación al lanzador. La energía eléctrica que sale del lanzador 200 pasa de nuevo al tubo 100 de lanzamiento en lugar de al orificio 101. El lanzador 200 comprende una vez más una carga 240 útil, un tanque 230 de propelente, un calentador 220 eléctrico y una tobera 210 de expansión. Además, el lanzador 200 comprende conductores 201a, 201b y 201c de accionamiento. En algunas realizaciones, el tubo 100 de lanzamiento comprende dos tubos 110 y 130 conductores, así como dos aislantes 120a y 120b. Además, el tubo 100 de lanzamiento comprende una pluralidad de conmutadores 132 de tubo conductor (por ejemplo, conmutadores de estado sólido) que están configurados para recibir la energía eléctrica que sale desde el lanzador 200. Durante el uso, según dichas realizaciones, la energía eléctrica (mostrada como líneas discontinuas) pasa desde las líneas 170 eléctricas a través del tubo 110 conductor exterior a un extremo 110a terminal del mismo y al orificio 101 del tubo 100 de lanzamiento. La energía eléctrica en el orificio 101 del tubo 100 de lanzamiento crea un campo 617 de arco de plasma, y la energía eléctrica pasa a través del mismo al lanzador 200. En algunas realizaciones, la energía eléctrica pasa desde el campo 617 de arco de plasma a un conductor 201a de accionamiento delantero que está fijado a, o es integral con, la carga 240 útil y el tanque 230 de propelente. Aunque el conductor 201a de accionamiento delantero se ilustra como un único elemento, el conductor de accionamiento delantero puede comprender una pluralidad de elementos en el circuito eléctrico unos con los otros. La energía eléctrica pasa desde el conductor 201a de accionamiento delantero y al calentador 220 eléctrico donde el propelente desde el tanque 230 de propelente es calentado y a continuación se expande fuera de la tobera 210 para acelerar el lanzador 200 a través del tubo 100 de lanzamiento. La energía eléctrica pasa desde el calentador 220 eléctrico a través de una pluralidad de conductores 201b y 201c de accionamiento posteriores (aunque pueden usarse más de dos conductores de accionamiento posteriores) que terminan en o cerca del extremo posterior del lanzador 200 (por ejemplo, en el extremo posterior de la tobera 210 de expansión). La energía eléctrica que sale desde el lanzador 200 pasa al conmutador 132 de tubo conductor más cercano, que a su vez pasa la energía eléctrica al tubo 130 conductor interior desde el que sale del tubo 100 de lanzamiento para completar el circuito. De esta manera, la trayectoria de conducción de retorno en el tubo de lanzamiento puede ser segmentada en una pluralidad de secciones que incluyen los conmutadores, tales como conmutadores de estado sólido, conmutadores de hueco de arco, o elementos similares. La trayectoria de retorno conmuta continuamente al segmento más cercano al extremo posterior del lanzador a medida que acelera en el tubo de lanzamiento. En sistemas tales como los mostrados en la Fig. 11 y la Fig. 12, las bobinas de campo (véase el elemento 190 en la Fig. 12) pueden estar incluidas a lo largo de la totalidad o de una parte del tubo de lanzamiento para reducir o eliminar sustancialmente los campos magnéticos producidos por el flujo de corriente en el orificio del tubo de lanzamiento. Por ejemplo, las bobinas 190 de campo pueden ser posicionadas en el exterior del tubo 110 conductor exterior o pueden ser asociadas con una capa aislante (por ejemplo, el tubo 120a o 120b aislante en la Fig. 12). Dichos sistemas pueden ser ventajosos para eliminar sustancialmente los problemas o los daños que surgen de la formación de arcos entre los tubos conductores.

Otra realización de un sistema según la presente descripción se muestra en la Fig. 13. Tal como se observa en la presente memoria, el sistema comprende un lanzador 200 posicionado en el interior del orificio 101 de un tubo 100 de lanzamiento. En esta realización, el tubo 100 de lanzamiento puede estar formado por un tubo 180 que puede incluir un paso 180a a lo largo de al menos una parte de la longitud del mismo. La sección transversal de la Fig. 13 es a través del paso 180a, y dicho paso (o una pluralidad de dichos pasos) pueden ser posicionados en cualquier posición alrededor de la circunferencia del tubo 100 de lanzamiento. El paso 180a puede estar configurado para permitir el paso de un haz 360a de energía a través del mismo y de esta manera puede comprender, por ejemplo, una ranura abierta, un material ópticamente transparente o un material configurado sino para permitir el paso del haz 360a de energía. El lanzador 200 comprende una carga 240 útil, un tanque 230 de propelente, un calentador 220 eléctrico y una tobera 210 de expansión. El calentador 220 eléctrico incluye una abertura 220a de pared que está configurada para permitir el paso del haz 360a de

energía reflejado desde un reflector 370 de seguimiento o un elemento de seguimiento similar. El reflector 370 de seguimiento puede incluir los componentes electrónicos necesarios adaptados para realizar un seguimiento computarizado del lanzador de manera que el haz 360a de energía siga la posición del lanzador, de manera continua o pulsada, a medida que el lanzador es acelerado a través del tubo de lanzamiento de manera que el haz de energía sea entregado al calentador 220 eléctrico del lanzador de manera continua, o de manera pulsada, a medida que el lanzador pasa a través del tubo de lanzamiento. Durante el uso, la energía eléctrica desde una fuente 300 de energía eléctrica (por ejemplo, una batería) pasa a través de un inductor 350 y a un elemento 360 de emisión de haz que está configurado para suministrar un haz 360a de energía al calentador 220 eléctrico y de esta manera obtener la energía eléctrica requerida para calentar el propelente desde el tanque 230 de propelente y para causar que se expanda fuera de la tobera 210 y acelere el lanzador 200 a través del tubo 100 de lanzamiento. En algunas realizaciones, el elemento 360 de emisión de haz puede comprender un láser, y de esta manera el haz 360a de energía puede ser un haz láser. En otras realizaciones, el elemento 360 de emisión de haz puede comprender un generador de microondas u otro generador de ondas de radio, y de esta manera el haz 360a de energía puede comprender microondas u otras ondas de radio. En todavía otras realizaciones, el haz de energía puede ser un haz de ondas milimétricas. Opcionalmente, el calentador 220 eléctrico puede comprender uno o más elementos adaptados para convertir energía láser, microondas u otras ondas de radio en corriente eléctrica.

En algunas realizaciones, pueden utilizarse un reflector de seguimiento y un elemento de emisión de haz para dirigir la energía de calentamiento a la atmósfera delante de la carga útil en el despegue. Por ejemplo, el elemento de emisión de haz puede comprender un láser, y el haz láser puede seguir el movimiento del vehículo de lanzamiento de manera que el láser se proyecte directamente delante (o hacia adelante) de la carga útil en el despegue. En dichas realizaciones, el haz láser puede ser utilizado para calentar explosivamente la atmósfera directamente delante de la carga útil en el despegue. Esto puede crear un vacío parcial frente a la carga útil en el despegue y, de esta manera, puede reducir la resistencia aerodinámica que reduce la velocidad de la carga útil en el despegue después de salir del tubo de lanzamiento.

En algunas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede ser alineado mediante dispositivos de alineación activos. Además, el tubo puede ser definido como sustancialmente horizontal con la excepción de una sección que define la salida del tubo, donde el tubo puede curvarse hacia arriba. El tubo puede caracterizarse también como siguiendo sustancialmente la curvatura de la Tierra. El tubo puede tener un ángulo de inclinación constante, y el lecho del tubo puede estar adaptado al ángulo de inclinación constante del tubo. Además, el tubo de lanzamiento puede ser instalado en un terreno con una inclinación natural. De manera alternativa, el tubo de lanzamiento puede ser instalado en un túnel inclinado bajo tierra. En ciertas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede ser móvil. Por ejemplo, el tubo de lanzamiento puede ser móvil en una dimensión para cambiar la elevación del lanzamiento o el acimut del lanzamiento. Preferiblemente, el tubo de lanzamiento puede ser móvil en dos dimensiones, ya que esto puede ser beneficioso para permitir un cambio tanto en la elevación como en el acimut. Si se desea, el tubo de lanzamiento puede ser montado en un vehículo móvil, tal como un barco o un submarino. En ciertas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede estar definido por una sección de lanzamiento inicial y una sección de lanzamiento principal. La sección de lanzamiento inicial puede ser, por ejemplo, de al menos 100 metros de longitud, hasta aproximadamente 1.000 metros de longitud, o de aproximadamente 100 a aproximadamente 1.000 metros de longitud, y la sección de lanzamiento principal puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 1.000 metros o más de longitud.

El tubo de lanzamiento puede ser evacuado. Además, el tubo de lanzamiento puede rellenarse con un gas ligero, preferiblemente a baja presión. Esto puede ser beneficioso para minimizar la resistencia aerodinámica durante la aceleración mientras se proporciona una mayor resistencia a la formación de arcos disruptivos delante del paquete de lanzamiento. En algunas realizaciones, el tubo de lanzamiento puede ser evacuado, y puede introducirse un pulso de gas de alta velocidad secuencialmente en el tiempo a lo largo del tubo con el fin de revestir las paredes del tubo con una capa de gas. Esto puede aislar las paredes del tubo y puede configurarse de manera que no haya tiempo suficiente para que el gas se expanda desde la pared a la mayor parte del diámetro del tubo y, de esta manera, incrementa la resistencia aerodinámica. Dicha introducción de gas puede ser mediante transpiración o puertos a través de las paredes del tubo.

La salida del tubo de lanzamiento puede ser sellada con un dispositivo para prevenir de manera sustancial o completa la entrada de aire hasta que llegue el paquete de lanzamiento. En diversas realizaciones, el sello de salida puede ser, por ejemplo, un obturador mecánico de alta velocidad, una o una serie de cortinas aerodinámicas, o una membrana relativamente delgada o una combinación de múltiples membranas a través de las cuales puede volar de manera segura el paquete de lanzamiento. Cuando el dispositivo de salida es una membrana o unas membranas delgadas, pueden proporcionarse una o varias cargas explosivas pequeñas para destruir la membrana antes de la llegada del vehículo de lanzamiento a la salida. Dichas cargas pueden funcionar particularmente como un mecanismo a prueba de fallos. Por ejemplo, las cargas explosivas pueden ser usadas para dañar intencionalmente un proyectil antes de dejarlo salir del tubo de lanzamiento de manera que el proyectil se desintegre casi inmediatamente después de salir del tubo de lanzamiento con el fin de abortar un lanzamiento que no cumple los requisitos especificados.

El presente sistema es beneficioso en el sentido de que pueden conseguirse relaciones de empuje a peso similares a las de los cohetes sólidos en parte eliminando la fuente de energía del paquete móvil. Al alimentar el lanzador desde una

fuelle estacionaria, es posible eliminar una cantidad significativa del peso en movimiento del lanzador. Con referencia a la Fig. 14, puede proporcionarse una fuente 300 de energía eléctrica para suministrar energía eléctrica al tubo 100 de lanzamiento, que comprende una sección 103 de tubo de lanzamiento inicial, una sección 105 de tubo de lanzamiento principal y una salida 107 de tubo de lanzamiento. La fuente 300 de energía puede ser recargada periódicamente según sea necesario, tal como desde la red eléctrica o desde un sistema 375 de generación dedicado. En ciertas realizaciones, la fuente 300 de energía eléctrica puede comprender un banco de baterías. Por ejemplo, puede usarse una combinación en serie o paralelo de baterías de plomo-ácido (por ejemplo, baterías de automóvil). Puede usarse también cualquier batería adicional o conjunto de baterías adecuadas para proporcionar energía eléctrica bajo demanda. En realizaciones particulares, puede interponerse un inductor 350 entre el banco de baterías y el tubo de lanzamiento de manera que el banco de baterías cargue el inductor mientras el inductor está en un estado de carga. Posteriormente, el inductor 350 puede ser conmutado a un estado de descarga en el que el inductor se descarga al tubo de lanzamiento. La descarga al tubo de lanzamiento puede ser iniciada mediante conmutadores activados de manera explosiva. De manera alternativa, la conmutación de descarga puede comprender el uso de conmutadores convencionales con control de formación de arcos mediado por condensadores. Preferiblemente, el inductor puede tener un núcleo que comprende un material de alta permeabilidad. El núcleo puede estar adaptado para altas tasas de descarga y bajas pérdidas por corrientes parásitas. Además, el inductor puede ser refrigerado de manera activa, el núcleo puede ser refrigerado de manera activa y/o los conductores pueden ser refrigerados de manera activa. Los inductores según la presente descripción pueden estar configurados particularmente para proporcionar una corriente de accionamiento de al menos 0,2 mega-amperios, al menos 1 mega-amperio, al menos 2 mega-amperios, al menos 3 mega-amperios, al menos 5 mega-amperios o al menos 10 mega-amperios.

Cualquier fuente de energía adaptada para proporcionar los requisitos de corriente de accionamiento eléctrico según se describe en el presente documento puede ser usada como la fuente de energía eléctrica según la presente descripción. Los ejemplos no limitativos de fuentes de energía eléctrica que pueden ser usados incluyen condensadores, generadores de plantas de energía estándar, turbogeneradores accionados por turbinas de cohetes y similares. Con relación al coste y a la fiabilidad, pueden ser preferibles las baterías (por ejemplo, baterías de plomo-ácido) que accionan un inductor, tal como se ha descrito anteriormente.

En algunas realizaciones, un sistema inductor cargado por batería puede ser útil. Por ejemplo, el banco de baterías puede almacenar aproximadamente 800 GJ y puede cargar un inductor a aproximadamente 500 voltios a cinco millones de amperios. El inductor puede descargar al tubo de lanzamiento hasta aproximadamente 10.000 voltios a cinco millones de amperios (o 50 gigavatios). El inductor puede almacenar aproximadamente 270 GJ y puede suministrar aproximadamente 90 GJ al tubo de lanzamiento. De los 90 GJ suministrados al tubo de lanzamiento, aproximadamente 32 GJ pueden ser suministrados al lanzador o al paquete de lanzamiento. Como ejemplo, un lanzador en el tubo de lanzamiento puede tener un peso inicial de aproximadamente 1.000 kg. Debido a que el tanque de propelente, el calentador eléctrico y la tobera de expansión pueden permanecer en el tubo de lanzamiento, el paquete que sale del tubo de lanzamiento puede tener un peso de aproximadamente 330 kg. Por ejemplo, la relación de la masa del paquete que sale del tubo de lanzamiento con relación a la masa del vehículo de lanzamiento al comienzo del lanzamiento puede ser de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,8, de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 0,6, o de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 0,5.

Durante el uso, el vehículo 200 de lanzamiento es posicionado inicialmente en el interior del tubo 100 de lanzamiento cerca de la estación 109 de carga en la sección 103 de tubo de lanzamiento inicial. El sistema 20 de lanzamiento puede comprender elementos adicionales tal como se ilustra en la Fig. 14, tal como el edificio 400 para las operaciones de preparación y de lanzamiento de la carga útil y el sistema 375 de conexión a la red eléctrica o de generación de energía. Brevemente, durante el uso, la energía eléctrica es transferida desde la fuente 300 de energía eléctrica precargada a través del conducto 301 al inductor 350 y a continuación a través del conducto 351 al tubo 100 de lanzamiento. El conducto 351 puede estar correlacionado con o puede estar interconectado con las líneas 170 eléctricas mostradas en las Figs. 10 - 12. La energía eléctrica pasa a través del tubo de lanzamiento conductor al calentador 220 eléctrico a través de un mecanismo según se describe en la presente memoria (por ejemplo, usando contactos deslizantes, transferencia de arco de plasma, paso a través de los tubos conductores y paso a través del orificio del tubo de lanzamiento). El propelente desde el tanque 230 de propelente es calentado en el calentador 220 eléctrico y sale de la tobera 210 de expansión a una velocidad comprendida en el intervalo de aproximadamente 5 a aproximadamente 20 km/s, de aproximadamente 6 a aproximadamente 18 km/s, o de aproximadamente 7 a aproximadamente 16 km/s para impulsar el vehículo 200 de lanzamiento a través del tubo 100 de lanzamiento.

Los vehículos de lanzamiento proporcionados según la presente descripción pueden estar configurados para conseguir una propulsión con una elevada relación de empuje a peso. En algunas realizaciones, la relación de empuje a peso puede ser mayor de 1:1, mayor de 10:1, mayor de 30:1, mayor de 50:1, mayor de 100:1, mayor de 500:1 o mayor de 1.000:1.

El propelente que es calentado en el calentador 220 eléctrico puede comprender un gas ligero, y preferiblemente es un gas que es ionizable a altas temperaturas. En algunas realizaciones, el gas ligero usado como propelente puede ser hidrógeno. Preferiblemente, el calentador 220 eléctrico está adaptado para calentar el hidrógeno u otro propelente a una

temperatura elevada, tal como en el intervalo de aproximadamente 1.000°K a aproximadamente 100.000°K, de aproximadamente 2.000°K a aproximadamente 50.000°K, de aproximadamente 2.500°K a aproximadamente 20.000°K, de aproximadamente 3.000°K a aproximadamente 15.000°K, de aproximadamente 3.500°K a aproximadamente 10.000°K o de aproximadamente 3.500°K a aproximadamente 5.000°K. En algunas realizaciones, el gas eyectado que sale de la tobera 210 de expansión puede ser hidrógeno molecular (es decir, con un peso molecular de 0,002 kg/mol). Así, el orificio del tubo de lanzamiento en la parte posterior del lanzador puede llenarse sustancialmente con gas hidrógeno. En realizaciones adicionales, el gas eyectado que sale de la tobera 210 de expansión puede ser hidrógeno atómico (es decir, con un peso molecular de 0,001 kg/mol). En todavía otras realizaciones, el gas eyectado que sale de la tobera 210 de expansión puede ser plasma de hidrógeno (por ejemplo, con un peso molecular de 0,0005 kg/mol).

Aunque anteriormente se ha puesto como ejemplo el hidrógeno, pueden utilizarse otros materiales que tengan un peso molecular relativamente bajo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, pueden usarse diborano, amoníaco, metano y agua como propelente. Pueden usarse diversas combinaciones de propelentes.

En algunas realizaciones, el calentador eléctrico puede comprender un cohete "arcjet" o similar. Específicamente, el calentador puede tener cualquier diseño adecuado adaptado para proporcionar una descarga eléctrica, o arco, en un flujo del propelente y, de esta manera, proporcionar propulsión.

Un motor de cohete de lanzador (es decir, un calentador eléctrico combinado con una tobera de expansión) según la presente descripción puede estar configurado para proporcionar un elevado impulso específico (Isp). En algunas realizaciones, el Isp del cohete de lanzador puede ser de al menos 500 segundos, al menos 600 segundos, al menos 700 segundos, al menos 1.000 segundos, al menos 1.500 segundos o al menos 2.000 segundos (por ejemplo, en el intervalo de 500 a 2.000 segundos).

En una realización ejemplar, el calentador 220 eléctrico puede comprender un calentador resistivo, tal como se ilustra en la Fig. 15. El calentador 1200 resistivo puede comprender una carcasa 1210 de calentador resistivo que encierra un intercambiador 1220 de calor que es calentado eléctricamente. Aunque se ilustra un único intercambiador de calor (o elemento calentador), se entiende que pueden proporcionarse una pluralidad de elementos calentadores en el interior de una sola carcasa de calentador, y las ventajas de dichas realizaciones se describen adicionalmente a continuación. La carcasa de calentador resistivo puede definir un recipiente de contención. El cilindro de calor (intercambiador de calor) puede formarse en una diversidad de materiales y estructuras compuestas. Por ejemplo, puede usarse un material de baja densidad y alto punto de fusión, tal como carbono. En algunas realizaciones, el cilindro de intercambio de calor puede comprender carbono revestido con un material adicional, tal como diamante, tungsteno, carburo de hafnio o múltiples capas de uno o más materiales diferentes. Esto puede ser beneficioso para mejorar el rendimiento de transferencia de calor, la resistencia y la fiabilidad. El cilindro de calor puede ser un elemento de tubo de transpiración. Por ejemplo, puede usarse un cilindro de calor de tungsteno poroso. La carcasa 1210 de calentador resistivo puede comprender cualquier material adecuado para contener el gas caliente en expansión que sale del cilindro 1220 de calor poroso para una descarga controlada a través de un puerto 1215 de descarga de gas. El gas 5 propelente entra al calentador 1200 resistivo a través del puerto 1213 de entrada de gas a través del cual pasa al núcleo 1223 abierto. En el interior del cilindro 1220 de calor poroso, el gas 5 propelente es calentado a una temperatura según se describe en la presente memoria mediante calentamiento con resistencia eléctrica a partir de la corriente eléctrica que pasa a través de los terminales (1203, 1205) eléctricos. El gas calentado se expande (o transpira) hacia fuera a través de los poros en las paredes 1221 del cilindro de calor poroso y llena la cámara 1230 de expansión del calentador 1200 resistivo antes de salir del calentador 1200 resistivo a través del puerto 1215 de descarga. En algunas realizaciones, un calentador eléctrico puede comprender una cámara de calentamiento, un intercambiador de calor y una tobera o puerto de descarga. En particular, uno o la totalidad de entre la cámara de calentamiento, el intercambiador de calor y la tobera pueden ser refrigerados, por ejemplo, con refrigeración por transpiración.

En otra realización ejemplar, el calentador 220 eléctrico puede comprender un calentador de arco, tal como se ilustra en la Fig. 16. El calentador 2200 de arco puede comprender una carcasa 2210 de calentador de arco que encierra una cámara 2230 de torbellino. La carcasa del calentador de arco puede definir un recipiente de contención y puede comprender paredes refrigeradas por transpiración. El gas 5 propelente entra al calentador 2200 de arco a través del puerto 2213 de entrada de gas a través del cual pasa a la cámara 2230 de torbellino en la que el gas propelente es calentado a una temperatura según se describe en la presente memoria mediante un arco eléctrico que pasa entre los terminales (2203, 2205) eléctricos. Tal como se ilustra, los terminales (2203, 2205) eléctricos del calentador 2200 de arco pueden ser coaxiales y pueden estar separados por la cámara 2230 de torbellino. En algunas realizaciones, los terminales eléctricos pueden ser refrigerados por transpiración. El vórtice de arco en el interior de la cámara 2230 de torbellino puede ser estabilizado por vórtice. En particular, el gas 5 propelente es inyectado tangencialmente a la cámara de torbellino a través del puerto 2213 de entrada de gas en lugar de coaxialmente con el puerto 2215 de descarga de gas. Esto puede formar un vórtice helicoidal a medida que el fluido es calentado por la descarga de arco antes de expandirse a través del puerto 2215 de descarga de gas. La estabilidad del arco, la transferencia de calor y la fiabilidad pueden mejorarse mediante la estabilización del torbellino, así como la transpiración, la siembra y medios similares.

En algunas realizaciones de la presente descripción, puede ser preferible minimizar la corriente de accionamiento requerida. Por consiguiente, en algunas realizaciones, la geometría de un calentador eléctrico puede estar configurada para maximizar la resistencia del calentador, lo que puede permitir entonces un requisito de corriente relativamente bajo con una salida de energía relativamente alta simultánea. Como una realización ejemplar, con relación a un calentador resistivo o a un calentador de arco, puede aumentarse la longitud del elemento calentador, y puede reducirse el diámetro del elemento calentador. En particular, puede usarse un elemento calentador continuo, delgado, largo. En algunas realizaciones, el elemento calentador puede estar configurado como una estructura de serpentín en el interior del calentador global. En otras realizaciones, puede proporcionarse una combinación de elementos calentadores en el interior de una sola carcasa de calentador, y el flujo de propelente a cada elemento puede ser alimentado en paralelo. El flujo de corriente eléctrica en dichas realizaciones puede ser proporcionado en serie a través de los múltiples elementos calentadores. Pueden utilizarse dos, tres, cuatro o incluso más elementos calentadores en el interior de una sola carcasa de calentador, y el número total de elementos calentadores utilizados puede adaptarse a la resistencia deseada. En realizaciones en las que es deseable conseguir una alta resistencia del calentador por unidad de volumen, puede usarse un solo elemento calentador (véanse las Figs. 15 y 16), y la geometría puede ser alterada de manera que el calentador sea más ancho y más corto con el fin de disminuir la resistencia del calentador.

Aunque el gas hidrógeno es un propelente preferido, pueden usarse otros propulsores, y pueden combinarse diversos materiales. Por ejemplo, el gas propelente puede ser sembrado con un elemento ionizable y/o un elemento reactivo y/o un elemento inerte adicionales. Los ejemplos no limitativos incluyen cesio, rubidio, potasio, sodio, litio, hidruro de litio, argón, oxígeno y helio. La presencia de dichos elementos adicionales puede ser útil para promover la estabilidad del arco, la conductividad y la ionización. En algunas realizaciones, los elementos sembrados pueden estar presentes solo como una pequeña fracción de la masa total de propelente, tal como menos de aproximadamente el 5%, menos de aproximadamente el 4%, menos de aproximadamente el 3%, menos de aproximadamente el 2% o menos de aproximadamente el 1% en masa.

En algunas realizaciones, puede incluirse un presurizador adicional y puede ser proporcionado en el interior del tanque de propelente o en el interior de un componente interconectado. El presurizador puede ser útil para mantener un flujo sustancialmente constante de propelente al calentador eléctrico. Como un ejemplo no limitativo, puede utilizarse helio o un gas no reactivo adicional como el presurizador. Pueden usarse otros medios, tales como una bomba. Una bomba 250 se muestra en la Fig. 17 entre el tanque 230 de propelente y el calentador 220 eléctrico. La bomba 250 puede ser accionada pirotécnicamente o, de manera beneficiosa, puede ser accionada eléctricamente debido a la disponibilidad del elevado flujo de energía eléctrica desde el tubo de lanzamiento.

La tobera de expansión puede adoptar cualquier forma adecuada para la expansión del gas caliente que sale del calentador eléctrico para acelerar el vehículo de lanzamiento de la manera descrita en la presente memoria. En algunas realizaciones, la tobera de escape puede comprender una garganta de tobera porosa. Preferiblemente, los poros pueden llenarse con un material que absorbe el calor, tal como mediante uno o más de entre fusión, vaporización y disociación. En ciertas realizaciones, el material absorbente de calor puede comprender hidrógeno sólido, litio sólido o agua helada. En realizaciones adicionales, la tobera de escape puede incluir una garganta de tobera que está refrigerada por transpiración, tal como con un gas ligero, que incluye gas hidrógeno.

El tanque 230 de propelente utilizado con el vehículo 200 de lanzamiento puede ser reutilizable. Preferiblemente, el tanque de propelente está dimensionado para incluir un volumen de propelente suficiente (por ejemplo, gas a alta presión; líquido, hidrógeno pastoso semisólido en el punto triple ("slush hydrogen"), hidruro de litio, agua u otros materiales que producen gases de bajo peso molecular y altas velocidades de eyección de gases tras ser calentados a altas temperaturas) para conseguir la salida de la atmósfera de la Tierra o para salir sustancialmente del empuje de la atracción gravitacional de la Tierra. En algunas realizaciones, el tanque de propelente puede tener una forma sustancialmente cilíndrica. En algunas realizaciones, el tanque de propelente puede estar formado en materiales compuestos de carbono. Particularmente, el tanque de propelente puede estar adaptado para soportar la carga mecánica de la carga útil posicionada delante del tanque, menos la presurización entre el tanque y la carga útil, tal como se describe a continuación.

El tanque de propelente puede estar dimensionado de manera que tenga un diámetro exterior que sea sustancialmente idéntico al diámetro interior del tubo de lanzamiento. En algunas realizaciones, el tanque de propelente está en contacto físico con la pared interior del tubo de lanzamiento sobre una parte de la superficie exterior del tanque. En realizaciones específicas, el tanque de propelente puede incluir bandas de contacto deslizantes sobre al menos una parte de la superficie exterior. Así, la mayor parte de la estructura del tanque está posicionada ligeramente alejada de la superficie interior del tubo. Las bandas de contacto deslizantes pueden estar adaptadas para vaporizarse a medida que aumenta la velocidad del vehículo de lanzamiento y para proporcionar un cojinete de gas de baja fricción para minimizar la resistencia por fricción. Las bandas pueden estar diseñadas para producir un vapor que es aislante, de manera que inhiba, en lugar de promover, cualquier formación de arco. Por ejemplo, las bandas de contacto deslizantes pueden comprender poros llenos de hexafluoruro de azufre líquido. En algunas realizaciones, pueden utilizarse cojinetes o elementos similares entre el tanque de propelente y la pared interior del tubo de lanzamiento.

La ubicación de un sistema de lanzamiento según la presente descripción puede variar. En algunas realizaciones, el sistema de lanzamiento puede estar situado sobre la Tierra. En otras realizaciones, el sistema de lanzamiento puede estar en una ubicación no terrestre, incluso en el espacio libre o en otro cuerpo celeste.

Durante el lanzamiento del vehículo de lanzamiento, la velocidad de salida puede estar comprendida en el intervalo de aproximadamente 2.000 a aproximadamente 50.000 m/s, de aproximadamente 4.000 a aproximadamente 30.000 m/s, de aproximadamente 6.000 a aproximadamente 15.000 m/s o de aproximadamente 8.000 a aproximadamente 12.000 m/s. En algunas realizaciones, el vehículo de lanzamiento puede ser acelerado inicialmente a una velocidad de aproximadamente 100 a aproximadamente 5.000 m/s usando unos medios de aceleración alternativos. Por ejemplo, la velocidad de lanzamiento inicial puede ser conseguida usando un cañón de gas ligero de una única etapa. En dichas realizaciones, el gas ligero (por ejemplo, hidrógeno) puede ser precalentado, particularmente precalentado eléctricamente, y más particularmente precalentado usando calentamiento eléctrico que se deriva de la misma fuente de energía que el vehículo de lanzamiento. En realizaciones alternativas, la velocidad inicial conseguida por dichos medios puede ser de aproximadamente 250 a aproximadamente 4.000 m/s o de aproximadamente de 1.500 a aproximadamente 2.500 m/s.

Tal como se ha descrito anteriormente con relación al tanque de propelente, el vehículo de lanzamiento puede ser estabilizado de una o más maneras durante el paso a través del tubo de lanzamiento. Un procedimiento ejemplar es el uso de las bandas de contacto deslizantes sobre el tanque de propelente. En otras realizaciones, el procedimiento de lanzamiento puede ser particularmente importante. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, el calentamiento eléctrico no se utiliza durante la etapa de lanzamiento inicial. Tal como se observa en la Fig. 14, el tubo 100 de lanzamiento puede comprender una sección 103 de tubo de lanzamiento inicial. En esta sección, el vehículo de lanzamiento puede ser acelerado a través de un gas de expansión caliente (por ejemplo, hidrógeno). La utilización de un modelo de cañón de gas ligero en la etapa de lanzamiento inicial puede ser útil para acelerar el vehículo de lanzamiento a la velocidad más alta posible antes del inicio del empuje por energía eléctrica. Esto puede conservar el propelente del tanque de propelente del vehículo de lanzamiento y puede conservar también la energía eléctrica. Esto puede asegurar también que los contactos eléctricos deslizantes ya estén moviéndose a alta velocidad antes de que empiecen a conducir corriente. Esto puede ser particularmente relevante cuando los contactos deslizantes están adaptados para realizar transiciones de estado. La sección de tubo de lanzamiento inicial (es decir, el lanzador de la primera etapa) típicamente no está alimentada y está eléctricamente aislada del tubo de lanzamiento de la segunda etapa. Esto puede ser beneficioso para evitar la conducción a baja velocidad donde puede ocurrir un sobrecalentamiento debido a una duración de contacto excesiva de los contactos deslizantes en cualquier punto determinado sobre la pared del tubo de lanzamiento conductor.

En algunas realizaciones, el vehículo de lanzamiento puede ser estabilizado adicionalmente en el interior del tubo de lanzamiento mediante presurización diferencial. Tal como se observa en la Fig. 17, las zonas 150 sombreadas alrededor del vehículo de lanzamiento posicionado en el interior del tubo de lanzamiento pueden ser presurizadas diferencialmente para minimizar la tensión mecánica, inducida por la aceleración sobre las estructuras, particularmente la tobera, el calentador, el tanque de propelente y la carga útil.

El calentamiento eléctrico de un gas de bajo peso molecular, tal como hidrógeno, puede proporcionar una eyección de gases del cohete a una velocidad especialmente alta, tal como se ha indicado anteriormente, que hasta ahora no se ha podido conseguir con la tecnología de cohete químico conocida. A su vez, esto puede conducir a diseños que pueden conseguir, en realizaciones ejemplares, fracciones de carga útil del 10% al 70% en órbita. Por consiguiente, en lugar de requerir el uso de un cohete que tenga una masa del orden de 50 a 500 toneladas, los sistemas de lanzamiento de la presente descripción pueden lanzar paquetes de una manera rentable, siendo los paquetes de órdenes de magnitud menores que los sistemas basados en cohetes (por ejemplo, de 0,05 a 1 tonelada o de 0,2 a 2 toneladas).

El vehículo de lanzamiento puede estar configurado específicamente para ser acelerado en el interior de un tubo evacuado en lugar de en vuelo libre. Preferiblemente, puede deshabilitarse que el vehículo de lanzamiento salga del tubo de lanzamiento a menos que el sistema confirme que existen condiciones de lanzamiento seguras. Después de salir del tubo de lanzamiento, el vehículo de lanzamiento puede maniobrar a través de la atmósfera hacia la órbita o hacia un destino específico (por ejemplo, un sitio extra-orbital con relación al vuelo espacial o una ubicación terrestre definida con relación a los lanzamientos intra-atmosféricos).

Tal como se observa en la Fig. 17, el vehículo 200 de lanzamiento puede comprender una carga 240 útil. La carga 240 útil puede estar conectada, de manera desmontable, al tanque 230 de propelente. Tal como se ilustra, puede usarse un elemento 250 de conexión de carga útil para proporcionar la conexión, y puede usarse cualquier medio adecuado para conectar, de manera desmontable, la carga 240 útil a un componente adicional del vehículo 200 de lanzamiento. El sistema 20 de lanzamiento puede incluir además un estabilizador 260 de carga útil, que puede comprender uno o más brazos o elementos similares que están posicionados entre la carga 240 útil y la pared 130 del tubo interior (preferiblemente cerca de la punta delantera de la carga útil) y estabiliza la carga útil contra un movimiento radial mientras pasa a través del tubo 100. Preferiblemente, el estabilizador 260 de carga útil se desacopla de la carga útil en o cerca de la salida 107 del tubo 100 de lanzamiento.

La carga útil puede ser un contenedor que aloja varios tipos de carga, incluyendo, pero sin limitarse a, pasajeros humanos, recursos consumibles, equipos de comunicación, componentes de potencia, armas, municiones, materias primas y similares. En algunas realizaciones, la naturaleza de la carga puede definir ciertos parámetros del sistema de lanzamiento. Por ejemplo, las dimensiones del tubo de lanzamiento y la aceleración del vehículo de lanzamiento para pasajeros humanos pueden ser diferentes de las de una carga sometida a los efectos adversos de experimentar fuerzas G excesivas. En algunas realizaciones, la longitud del tubo 100 de lanzamiento en metros, tal como se muestra en la Fig. 14 (particularmente la sección 105 principal del tubo de lanzamiento), puede aumentar como la raíz cúbica de la masa lanzada en kilogramos. En algunas realizaciones, un tubo de lanzamiento puede tener una longitud de hasta aproximadamente 80,46 km (50 millas), hasta aproximadamente 160,9 km (100 millas), hasta aproximadamente 402,33 km (250 millas), hasta aproximadamente 804,67 km (500 millas) o hasta aproximadamente 1.608,34 km (1.000 millas). Además, las condiciones de lanzamiento para seres humanos, etc. pueden ser limitadas, por ejemplo, a una aceleración de aproximadamente 2 G y no mayor de 60 G. En ciertas realizaciones, la longitud del tubo 100 de lanzamiento en metros puede ser igual al cuadrado de la velocidad de lanzamiento dividido por el doble de la aceleración media del lanzamiento.

A continuación, se describen otras consideraciones con relación al paquete de lanzamiento. En algunas realizaciones, el paquete de lanzamiento puede tener detectores y actuadores inerciales que mantienen de manera activa su alineación y orientación mientras es acelerado en el tubo de lanzamiento. En algunas realizaciones, el paquete de lanzamiento puede ser supervisado durante el intervalo de aceleración de lanzamiento para determinar la integridad y el rendimiento nominal. Preferiblemente, los procedimientos de emergencia pueden ser implementados en base a los resultados de la supervisión para optimizar el lanzamiento y para proteger el tubo de lanzamiento. Además, el lanzamiento puede ser abortado destruyendo el paquete de lanzamiento inmediatamente o poco después de su salida desde el tubo de lanzamiento. En algunas realizaciones, el paquete de lanzamiento puede ser separado de los componentes restantes del vehículo de lanzamiento durante o inmediatamente después del lanzamiento. Estos componentes separados pueden definirse como una parte de carga útil en el despegue y una parte desechada o reciclada. La separación de los componentes puede ser significativamente rápida y puede utilizar, por ejemplo, desconexiones por descarga de bolsa de gas o por perno explosivo. La separación puede verse ayudada por las fuerzas aerodinámicas después de la salida. En realizaciones particulares, la carga útil en el despegue puede tener una pantalla térmica con una punta refrigerada por transpiración o de extrusión para mantener la integridad, la forma, la nitidez, la baja fricción y el momento de baja presión de la punta durante la salida de la atmósfera. Un escudo térmico de alto rendimiento usado según la presente descripción puede estar configurado para prevenir sustancialmente daños a una velocidad (medida a nivel del mar) de al menos 6 km/s, al menos 8 km/s, al menos 10 km/s, a menos 12 km/s o al menos 14 km/s.

En algunas realizaciones, la carga útil en el despegue puede tener una pequeña estabilidad positiva, una estabilidad neutra o una estabilidad aerodinámica negativa en función de la ubicación de su centro de presión con relación a la ubicación de su centro de masas. En algunas realizaciones, la carga útil en el despegue puede maniobrar a altos niveles de aceleración lateral para optimizar la trayectoria de vuelo a través de la atmósfera y puede cambiar el acimut de lanzamiento. En algunas realizaciones, la carga útil en el despegue puede tener una alta relación de sustentación a resistencia. En algunas realizaciones, la carga útil puede tener un diseño de cuerpo sustentador. En algunas realizaciones, la carga útil en el despegue puede tener superficies de control aerodinámico con velocidad de respuesta muy alta y baja resistencia. En particular, las superficies pueden ser aletas divididas en la base o las superficies pueden ser accionadas con actuadores piezoeléctricos.

En algunas realizaciones, la carga útil en el despegue puede ser un satélite orbital. Por ejemplo, el satélite puede ser un satélite de comunicaciones, un satélite detector, un vehículo de reabastecimiento o un arma. En algunas realizaciones, la carga útil en el despegue puede ser una carga útil suborbital. Por ejemplo, la carga útil puede ser un paquete comercial a ser entregado rápidamente a largas distancias, la carga útil puede ser una carga útil de detector, la carga útil puede ser un UAV u otro vehículo no tripulado, o la carga útil puede ser un arma. En dichas realizaciones, la carga útil puede contener sub-partes que pueden ser dispersadas antes del impacto, la carga útil puede permanecer intacta hasta el impacto, o múltiples cargas útiles pueden impactar en o cerca de la misma ubicación para una penetración profunda. En algunas realizaciones, el satélite puede contener un panel solar inflable para captar energía. En algunas realizaciones, el satélite puede contener un panel de imanes inflable para proporcionar un control de altitud en órbita. En algunas realizaciones, el satélite puede contener un panel de antena inflable para efectuar comunicaciones en órbita. En algunas realizaciones, el satélite contiene estructuras inflables para efectuar misiones en órbita. Las estructuras inflables pueden endurecerse hasta la rigidez después del despliegue.

En algunas realizaciones, la vida útil del diseño del satélite puede ser menor de aproximadamente 10 años, menor de aproximadamente 5 años, menor de aproximadamente 2 años o menor de aproximadamente 1 año. En algunas realizaciones, la altitud orbital del satélite puede ser tal que la vida orbital debida a la resistencia aerodinámica pueda ser menor de aproximadamente 5 años, menor de aproximadamente 2 años, menor de aproximadamente 1 año, menor de aproximadamente 6 meses, menor de aproximadamente 3 meses o menor de aproximadamente 1 mes. En algunas realizaciones, el satélite puede conseguir una vida orbital más larga mediante un empuje magnético contra el campo magnético de la Tierra usando un panel magnético inflable, mediante presión inducida por la luz solar y el viento solar

sobre una vela solar inflable o mediante propulsión magnetohidrodinámica (MHD) contra las moléculas ionizadas de la atmósfera superior.

El sistema de lanzamiento de la presente descripción puede proporcionar ciertas ventajas sobre los sistemas de lanzamiento espacial conocidos. En algunas realizaciones, el coste de la carga útil puede reducirse mediante el uso de piezas de calidad comercial con altas tasas de fallo iniciales y a continuación iterando rápidamente a través de ciclos de lanzamiento, fallo y rediseño para conseguir rápidamente una fiabilidad cada vez mayor con el tiempo. Además, el lanzador y hasta miles de cargas útiles pueden ser diseñadas simultáneamente para un único propósito, si se desea. En algunas realizaciones, las cargas útiles pueden ser, todas ellas, satélites de comunicación. En algunas realizaciones, los satélites pueden ser satélites de comunicación de radiofrecuencia. En algunas realizaciones, los satélites pueden ser satélites de comunicaciones ópticas. En algunas realizaciones, las cargas útiles pueden ser retransmisores reflectantes para ondas milimétricas o haces ópticos. En algunas realizaciones, las cargas útiles pueden ser contenedores de residuos nucleares. En algunas realizaciones, la carga útil en el despegue puede tener una pantalla térmica con una punta porosa llena de un material que absorbe calor por fusión y/o vaporización y/o disociación para mantener la integridad, la forma, la nitidez, la baja fricción y el momento de baja presión de la punta durante la salida desde la atmósfera. En particular, el material puede ser hidrógeno sólido o litio o hielo.

Una realización de una carga útil para un vehículo de lanzamiento según la presente descripción se proporciona en la Fig. 18 (en una configuración de tránsito atmosférico) y la Fig. 19 (en una configuración desplegada en órbita). La realización ilustra un ejemplo que integra capacidades de lanzamiento, estructura de satélite y servicios de comunicaciones. Específicamente, la Fig. 18 muestra una vista exterior del componente de carga útil del vehículo de lanzamiento ejemplar, así como una vista recortada que revela una compartimentación ejemplar de los múltiples elementos del componente de carga útil. En la vista exterior, el componente 1700 de carga útil tiene una forma cónica para proporcionar una aerodinámica favorable, pero otras formas están también incluidas. El componente de carga útil se muestra específicamente con aletas 1710 aero-maniobrables y un escudo 1720 térmico de cono de punta. En algunas realizaciones, puede incluirse una barra 1725 ablativa en la punta del componente 1700 de carga útil. La barra 1725 ablativa puede estar configurada para extruirse hacia adelante desde la punta cuando el extremo delantero de la barra es eliminado por ablación. En la vista interior, el componente de carga útil aloja (desde la base hasta la punta) un motor 1730 de inserción orbital, propelentes 1740 de inserción orbital, un panel 1750 de células solares, un control 1760 de altitud, una carga 1770 útil de comunicaciones y elementos de aviónica 1780. La ilustración de la Fig. 19 muestra el resto del cuerpo aerodinámico del componente 1700 de carga útil en conexión con sus paneles 1810 solares inflados, su sistema 1820 de control de altitud inflado y la antena 1830 de comunicaciones inflada. Se proporcionan ejemplos adicionales de una carga útil que tiene una diversidad de elementos útiles para la entrega orbital en la patente US N° 6.921.051, cuya descripción se incorpora a la presente memoria, por referencia, en su totalidad.

En realizaciones adicionales, la presente descripción puede proporcionar procedimientos para lanzar una carga útil. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, la presente descripción puede proporcionar un procedimiento de lanzamiento electroantimagnético para acelerar un vehículo de lanzamiento. El procedimiento puede comprender calentar eléctricamente un propelente para formar un gas en expansión que acelera el vehículo de lanzamiento a través de un tubo de lanzamiento a una velocidad de al menos aproximadamente 5.000 m/s con una fuerza de aceleración de aproximadamente 2 a aproximadamente 2.000 G mientras se limita un campo magnético en el interior del tubo a no más de aproximadamente 2 Tesla. El procedimiento de lanzamiento puede definirse mediante una diversidad de combinaciones de los diversos elementos del sistema de lanzamiento EAM, tal como se describe en la presente memoria.

En una realización ejemplar, un tubo de lanzamiento según la presente descripción puede tener un diámetro de aproximadamente 1,2 metros y una longitud de aproximadamente 16.000 metros. El tubo puede ser evacuado. La aceleración de lanzamiento puede ser de aproximadamente 225 G, y el ciclo de lanzamiento puede ser de aproximadamente 4 segundos.

Ejemplo

Se llevó a cabo un modelado matemático de los sistemas de lanzamiento para ejemplificar las ventajas del lanzador EAM descrito actualmente, particularmente con relación a los lanzadores EM típicos de la técnica anterior. El modelado del lanzador de EM de la técnica anterior se basó en la ecuación: $F = MA = 0,5 \times L' \times I^2$, en la que F es fuerza en Newtons, M es masa en kg, A es aceleración en metros por segundo al cuadrado, L' es el aumento en la inductancia por metro de recorrido en el tubo de lanzamiento en microhenrios por metro, e I es corriente en amperios.

Modelado de un cañón con raíles típico de la técnica conocida (para una carga útil de 1 tonelada)

El modelado para un cañón con raíles de la técnica anterior se llevó a cabo como se indica a continuación:

$$L' = 5 \times 10^7 \text{ H/m};$$

$$I = 20 \times 10^6 \text{ A};$$

$$M = 1.000 \text{ kg};$$

$$F = 0,5 \times (5 \times 10^{-7}) \times (20 \times 10^6)^2 = 0,5 \times (5 \times 10^{-7}) \times (400 \times 10^{12}) = 1 \times 10^8 \text{ N}$$

$$A = F/M = 1 \times 10^5 \text{ m/s}^2 = 10.000 \text{ Gs.}$$

5 La eficiencia típica demostrada históricamente por los cañones EM con raíles para solo unos pocos gramos a 6.000 m/s ha sido de aproximadamente el 0,1% al 1%. La eficiencia típica demostrada por los cañones EM con raíles para unos pocos cientos de gramos a 3.000 m/s ha sido de aproximadamente el 10-15%.

Modelado de un cañón de bobina típico de la técnica conocida (para una carga útil de 1 tonelada)

El modelado para un cañón de bobina de la técnica anterior se llevó a cabo como se indica a continuación:

$$L' = 125 \times 10^{-7} \text{ H/m};$$

$$10 \quad I = 4 \times 10^6 \text{ A};$$

$$M = 1.000 \text{ kg};$$

$$F = 0,5 \times (125 \times 10^{-7}) \times (4 \times 10^6)^2 = 0,5 \times (125 \times 10^{-7}) \times (16 \times 10^{12}) = 1 \times 10^8 \text{ N};$$

$$A = F/M = 1 \times 10^5 \text{ m/s}^2 = 10.000 \text{ Gs.}$$

La velocidad más alta alcanzada por un cañón de bobina fue de aproximadamente 1.000 m/s.

15 El problema clave es que los voltajes de accionamiento requeridos son:

$$\text{Voltaje de accionamiento} = V = L' \times I \times \text{Velocidad}$$

$$= (125 \times 10^{-7}) \times (4 \times 10^6) \times 8.000 = 400.000 \text{ voltios.}$$

20 Se cree que ningún trabajo anterior hasta la fecha ha conseguido voltajes superiores a aproximadamente 50.000 voltios en un lanzador de bobina, y esto, entre otros factores, ha limitado las velocidades que pueden conseguirse. Además, los condensadores son la única fuente de energía conocida para impulsar un cañón de bobina. Considerando una eficiencia del 20%, una tonelada a 8.800 m/s requiere 194 Gigajulios de condensadores. Debido a que las fuentes de energía de condensador actualmente cuestan aproximadamente \$ 1/Joule, este modelo requeriría \$ 194B solo para la fuente de energía.

Lanzador EAM según la descripción actual (para una carga útil de 1 tonelada)

25 El modelado para un lanzador EAM según la presente descripción se llevó a cabo como se indica a continuación:

$$L' = 1 \times 10^{-8} \text{ H/m}$$

$$I = 2 \times 10^6 \text{ A}$$

30 Fuerza magnética (F) = $[0,5 \times (1 \times 10^{-8}) \times (2 \times 10^6)^2] = [0,5 \times (1 \times 10^{-8}) \times (4 \times 10^{12})] = [2 \times 10^4 \text{ N}]$ A = F/M = 20 m/s² = 2 Gs (de manera que el "empuje" magnético es de 2 Gs, frente al "empuje de la tobera de gas" de aproximadamente 225 Gs). El empuje de la tobera de gas se calculó como se indica a continuación:

$$\text{Caudal de propelente} = dM/dt = 180 \text{ kg/s};$$

$$\text{Velocidad de eyección de gases} = V_{\text{eyección}} = 12.500 \text{ m/s};$$

$$\text{Empuje} = \text{Newtons} = dM/dt \times V_{\text{eyección}} = 180 \times 12.500 = 2,25 \times 10^6;$$

y

$$35 \quad A = F/M = 2.250 \text{ m/s} = 225 \text{ Gs.}$$

Tal como se ha observado anteriormente, el presente lanzador EAM puede reducir la corriente eléctrica requerida 10 veces frente al cañón con raíles y 2 veces frente al cañón de bobina, reduciendo de esta manera las pérdidas resistivas y de arco y de almacenamiento de energía magnética en 100 veces y en 4 veces, respectivamente. La menor corriente de lanzador lo hace compatible con las fuentes de energía de bajo costo.

40 Se ha demostrado que el efecto de propulsión de cohete consigue velocidades de más de 20.000 m/s en el espacio. El presente lanzador EAM es particularmente ventajoso a la luz de la combinación de un cohete alimentado eléctricamente

en un tubo conductor diseñado para maximizar la fuerza de propulsión por unidad de corriente mientras elimina los campos magnéticos y las fuerzas en la mayor medida posible. Esto reduce las pérdidas debidas a las pérdidas por calentamiento resistivo, las pérdidas de arco y las pérdidas de energía magnética almacenada.

- 5 Una persona con conocimientos en la materia ideará muchas modificaciones y otras realizaciones de la descripción a la que pertenece la presente descripción, con el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Por lo tanto, debe entenderse que la descripción no está limitada a las realizaciones específicas descritas en la presente memoria y que las modificaciones y otras realizaciones están destinadas a ser incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Aunque en la presente memoria se emplean términos específicos, estos se usan solo en un sentido genérico y descriptivo y no con propósitos de limitación.

10

REIVINDICACIONES

1. Vehículo (200) de lanzamiento adaptado para la entrega a gran velocidad de una carga útil, en el que el vehículo (200) de lanzamiento comprende:

un contenedor (240) de carga útil;

5 un tanque (230) de propelente que contiene un propelente;

un calentador (220) eléctrico que está en conexión de fluido con el tanque (230) de propelente y que está adaptado para el calentamiento eléctrico del propelente recibido desde el tanque (230) de propelente para formar una eyección de gases de salida;

10 uno o más conductores eléctricos en forma de contactos (115, 135) eléctricos deslizantes configurados para dirigir el flujo de corriente eléctrica desde una fuente exterior al calentador (220) eléctrico; y

opcionalmente, una tobera (210) de expansión en comunicación de fluido con la eyección de gases de salida del calentador (220) eléctrico.

2. Vehículo (200) de lanzamiento según la reivindicación 1, en el que el calentador (220) eléctrico es un calentador (1200) resistivo.

15 3. Vehículo (200) de lanzamiento según la reivindicación 2, en el que el calentador (1200) resistivo comprende al menos un cilindro (1220) poroso calentado eléctricamente en el interior de un recipiente (1210) de contención; en el que el vehículo (200) de lanzamiento comprende particularmente una o más de las siguientes características:

20 el cilindro (1220) poroso calentado eléctricamente comprende paredes de carbono que opcionalmente incluyen un material de revestimiento seleccionado de entre el grupo que consiste en diamante, tungsteno, carburo de hafnio y combinaciones de los mismos;

el cilindro poroso calentado eléctricamente es un cilindro transpirante que contiene tungsteno; y

el calentador resistivo comprende un puerto (1215) de descarga en comunicación de fluido con una cámara (1230) que es interior al recipiente (1210) de contención y exterior al cilindro (1220) poroso calentado eléctricamente.

25 4. Vehículo (200) de lanzamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el calentador (220) eléctrico es un calentador (2200) de arco.

5. Vehículo (200) de lanzamiento según la reivindicación 4, en el que el calentador (2200) de arco comprende una cámara (2230) de torbellino en el interior de un recipiente (2210) de contención; particularmente en el que:

el recipiente (2210) de contención comprende paredes refrigeradas por transpiración;

30 la cámara (2230) de torbellino está configurada para establecer un arco vorticial eléctrico estabilizado por torbellino; o

el calentador (2200) de arco comprende terminales (2203, 2205) eléctricos coaxiales separados por la cámara (2230) de torbellino.

35 6. Vehículo (200) de lanzamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que los contactos eléctricos deslizantes comprenden un conductor (513) interior rodeado al menos parcialmente por un reborde (503) exterior.

7. Vehículo (200) de lanzamiento según la reivindicación 6, en el que:

los contactos eléctricos deslizantes comprenden además uno o más de entre un reborde (505) magnético, un escudo (507) ablativo, un reborde (509) refrigerado interior y un reborde (511) ablativo entre el conductor (513) interior y el reborde (503) exterior; o

40 el reborde (503) exterior está configurado para la refrigeración por transpiración; particularmente en el que el reborde (503) exterior es poroso; más particularmente en el que los poros en el reborde (503) exterior poroso están al menos parcialmente rellenos con un material de refrigeración que opcionalmente se selecciona de entre el grupo que consiste en hidrógeno, hexafluoruro de azufre y combinaciones de los mismos.

45 8. Vehículo (200) de lanzamiento según la reivindicación 6, en el que los contactos eléctricos deslizantes están configurados para recibir la corriente eléctrica desde un arco de plasma; o

en el que los conductores eléctricos comprenden además brazos (113a, 113b) de alineación que se extienden entre los contactos (115, 135) eléctricos deslizantes y el calentador (220) eléctrico.

5 9. Vehículo (200) de lanzamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que los conductores eléctricos comprenden elementos conductores alargados fijados a, o integrados con, uno o ambos de entre el contenedor (240) de carga útil y el tanque (230) de propelente; particularmente en el que los elementos conductores alargados están configurados para recibir la corriente eléctrica desde un arco de plasma.

10 10. Vehículo (200) de lanzamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el tanque (230) de propelente comprende una o más bandas de contacto deslizante sobre al menos una parte de una superficie exterior del tanque (230) de propelente, opcionalmente en el que las bandas de contacto deslizantes están configuradas para ser vaporizables.

11. Vehículo (200) de lanzamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende una o más de las siguientes características:

el contenedor (240) de carga útil comprende uno o más de entre un pasajero humano o animal, un satélite, un vehículo, una mercancía y un arma;

15 uno o todos de entre el contenedor (240) de carga útil, el tanque (230) de propelente y el calentador (220) eléctrico son reutilizables;

el propelente se selecciona de entre el grupo que consiste en hidrógeno, diborano, amoníaco, metano y combinaciones de los mismos;

20 el vehículo (200) de lanzamiento está configurado para proporcionar un impulso (Isp) específico de al menos 500 segundos;

el calentador (220) eléctrico está configurado para calentar el propelente a una temperatura de aproximadamente 1.000°K a aproximadamente 100.000°K;

la eyección de gases de salida se selecciona de entre el grupo que consiste en hidrógeno molecular, hidrógeno atómico, plasma de hidrógeno y combinaciones de los mismos;

25 el contenedor (240) de carga útil comprende un escudo térmico, opcionalmente en el que al menos una parte del escudo térmico está configurada para la refrigeración por transpiración; y

el vehículo (200) de lanzamiento está configurado para proporcionar una relación de empuje a peso superior a 10:1.

30 12. Vehículo (200) de lanzamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende además una bomba (250) de propelente en comunicación de fluido con el tanque (230) de propelente y el calentador (220) eléctrico, opcionalmente en el que la bomba (250) de propelente es una bomba accionada pirotécnicamente o es una bomba accionada eléctricamente.

13. Sistema (20) de lanzamiento que comprende:

35 1) un tubo (100) de lanzamiento que comprende al menos un tubo configurado para la transmisión de energía a través del mismo

2) un vehículo (200) de lanzamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12; y

3) una fuente (300) de energía eléctrica;

en el que el tubo (100) de lanzamiento está configurado para la propulsión del vehículo (200) de lanzamiento a través del mismo, y el sistema (20) de lanzamiento está configurado para ser electroantimagnético.

40 14. Sistema (20) de lanzamiento según la reivindicación 13, en el que el tubo (100) de lanzamiento comprende un tubo (130) interior eléctricamente conductor y un tubo (110) exterior eléctricamente conductor separados por un tubo (120) aislante coaxial; que comprende particularmente una o ambas de las siguientes características:

45 el tubo (130) interior eléctricamente conductor comprende una o más pistas (112) ranuradas que se extienden al menos parcialmente a lo largo de la longitud del mismo, opcionalmente en el que las una o más pistas (112) ranuradas están configuradas para recibir los conductores eléctricos del vehículo (200) de lanzamiento; y

la relación del radio del tubo (110) exterior eléctricamente conductor al radio del tubo (130) interior eléctricamente

conductor es 2.

- 5 15. Sistema (20) de lanzamiento según la reivindicación 13, en el que el tubo (100) de lanzamiento está configurado para limitar cualquier campo magnético formado por el paso a través del mismo de una corriente eléctrica de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 2 millones de amperios, de manera que el campo magnético tenga una intensidad de menos de aproximadamente 1,25 Tesla; o en el que el tubo (100) de lanzamiento está evacuado de aire ambiente.
- 10 16. Sistema (20) de lanzamiento según la reivindicación 13, en el que el tubo (100) de lanzamiento comprende un orificio (101) de tubo rodeado por un tubo aislante y un tubo eléctricamente conductor, y en el que el tubo (100) de lanzamiento está configurado para el paso de corriente eléctrica a través de un arco de plasma inducido en el interior del orificio (101) del tubo de lanzamiento.
- 15 17. Sistema (20) de lanzamiento según la reivindicación 16, en el que el arco de plasma inducido está presente delante del vehículo (200) de lanzamiento y detrás del vehículo (200) de lanzamiento; o
en el que el tubo eléctricamente conductor está separado del orificio del tubo de lanzamiento a lo largo de la longitud del mismo por el tubo aislante, pero está en conexión eléctrica con el orificio del tubo de lanzamiento cerca de un extremo (110a) terminal del tubo (100) de lanzamiento, que comprende además particularmente un elemento (201b) eléctricamente conductor posterior en un extremo inicial opuesto del tubo (100) de lanzamiento, más particularmente en el que el sistema está configurado para el paso de corriente eléctrica hacia adelante a través del tubo eléctricamente conductor y hacia atrás a través del orificio (101) del tubo de lanzamiento y los uno o más conductores eléctricos del vehículo (200) de lanzamiento al elemento (201b) eléctricamente conductor posterior.
- 20 18. Sistema (20) de lanzamiento según la reivindicación 13, en el que el tubo (100) de lanzamiento comprende dos tubos (110, 130) eléctricamente conductores y dos tubos (120a, 120b) aislantes.
- 25 19. Sistema (20) de lanzamiento según la reivindicación 18, en el que el tubo (100) de lanzamiento comprende un orificio (101) de tubo rodeado por un tubo interior aislante y un tubo exterior aislante separados por un tubo interior eléctricamente conductor y comprende también un tubo exterior eléctricamente conductor exterior al tubo aislante exterior; particularmente en el que el sistema (20) de lanzamiento comprende una o más de las siguientes características:
el tubo interior aislante y el tubo interior eléctricamente conductor están segmentados a lo largo de al menos una parte de la longitud de los mismos, opcionalmente en los que cada uno de los segmentos incluye al menos un conmutador (132) configurado para hacer pasar una corriente eléctrica desde el orificio (101) de lanzamiento al tubo (130) interior eléctricamente conductor;
- 30 el tubo exterior eléctricamente conductor está en conexión eléctrica con el orificio (101) del tubo de lanzamiento cerca de un extremo (110a) terminal del tubo (100) de lanzamiento; y
el tubo (100) de lanzamiento está configurado para el paso de corriente eléctrica a través de un arco de plasma inducido en el interior del orificio (101) del tubo de lanzamiento, particularmente en el que el sistema está configurado para el paso de corriente eléctrica hacia adelante a través del tubo (110) exterior eléctricamente conductor y hacia atrás a través del orificio (101) del tubo de lanzamiento y los uno o más conductores eléctricos del vehículo (200) de lanzamiento, y más particularmente en el que el sistema está configurado para el paso de la corriente eléctrica desde los uno o más conductores eléctricos del vehículo (200) de lanzamiento a través de uno o más conmutadores (132) posicionados a lo largo de la longitud del tubo (102b) interior aislante y al tubo (130) interior eléctricamente conductor.
- 35 20. Sistema (20) de lanzamiento según la reivindicación 13, en el que la fuente (300) de energía eléctrica comprende un banco de baterías, opcionalmente en el que la fuente (300) de energía eléctrica comprende además un inductor.
- 40 21. Sistema (20) de lanzamiento según la reivindicación 13, en el que la fuente (300) de energía eléctrica comprende un elemento (360) de emisión de haz configurado para suministrar un haz (360a) de energía, particularmente en el que el sistema (20) de lanzamiento comprende una o más de las siguientes características:
la fuente (300) de energía eléctrica comprende un elemento (370) de seguimiento configurado para realizar un seguimiento del vehículo (200) de lanzamiento en movimiento a través del tubo (100) de lanzamiento;
- 50 el tubo (100) de lanzamiento comprende uno o más pasos (180a) a lo largo de al menos una parte de la longitud del mismo, en el que los uno o más pasos (180a) están configurados para permitir la transmisión del haz (360a) de energía a través de los mismos; y

el haz (360a) de energía comprende un haz láser, un haz de microondas o un haz de ondas milimétricas.

22. Procedimiento para lanzar una carga útil, en el que el procedimiento comprende:

proporcionar un sistema (20) de lanzamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 21; y

5 calentar eléctricamente el propelente en el calentador (220) eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento para formar la eyección de gases de salida a una velocidad suficiente para acelerar la carga útil a través y fuera del tubo (100) de lanzamiento.

10 23. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 22, en el que el procedimiento comprende calentar eléctricamente el propelente en el calentador (220) eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento para formar un gas en expansión que acelera el vehículo (200) de lanzamiento a través del tubo (100) de lanzamiento a una velocidad de al menos aproximadamente 2.000 metros por segundo (m/s) con una fuerza de aceleración de aproximadamente 2 a aproximadamente 2.000 Gs mientras limita un campo magnético en el interior del tubo a no más de aproximadamente 2 Tesla.

15 24. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 22, que comprende proporcionar una corriente eléctrica de aproximadamente 0,2 amperios a aproximadamente 50 mega-amperios a través del al menos un tubo eléctricamente conductor del tubo (100) de lanzamiento.

20 25. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 24, en el que la corriente eléctrica es proporcionada a un primer tubo eléctricamente conductor, pasa desde el primer tubo eléctricamente conductor a través de un primer contacto deslizante al calentador (220) eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento, y pasa desde el calentador (220) eléctrico a través de un segundo contacto deslizante a un segundo tubo eléctricamente conductor; particularmente en el que la corriente eléctrica pasa desde el primer tubo eléctricamente conductor al primer contacto deslizante y pasa desde el segundo contacto deslizante al segundo tubo eléctricamente conductor a través de un arco de plasma.

25 26. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 24, en el que la corriente eléctrica es proporcionada a al menos un tubo eléctricamente conductor y pasa hacia adelante a través del tubo eléctricamente conductor hacia un extremo (110a) terminal del tubo (100) de lanzamiento; particularmente en el que la corriente eléctrica pasa desde el al menos un tubo eléctricamente conductor y al orificio (101) abierto del tubo (100) de lanzamiento a través del cual la corriente eléctrica pasa a un primer conductor eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento.

30 27. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 26, en el que la corriente eléctrica pasa a través del orificio (101) abierto del tubo (100) de lanzamiento a través de un arco de plasma; o

35 en el que la corriente eléctrica pasa desde el primer conductor eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento al calentador (220) eléctrico y sale del vehículo (200) de lanzamiento a través de un segundo conductor eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento, particularmente en el que la corriente eléctrica que sale del vehículo (200) de lanzamiento se mueve hacia atrás a través del orificio (101) abierto del tubo (100) de lanzamiento a un elemento (617) eléctricamente conductor posterior.

28. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 24, en el que la corriente eléctrica es proporcionada a un primer tubo eléctricamente conductor y pasa hacia adelante a través del primer tubo eléctricamente conductor hacia un extremo (110a) terminal del tubo (100) de lanzamiento.

40 29. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 28, en el que la corriente eléctrica pasa desde el primer tubo eléctricamente conductor y a un orificio (101) abierto del tubo (100) de lanzamiento a través del cual la corriente eléctrica pasa a un primer conductor eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento a través de un arco de plasma; particularmente en el que la corriente eléctrica pasa desde el primer conductor eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento al calentador (220) eléctrico y sale del vehículo (200) de lanzamiento a través de un segundo conductor eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento; y más particularmente en el que la corriente eléctrica que sale del vehículo (200) de lanzamiento pasa a través de uno o más conmutadores (132) a un segundo tubo eléctricamente conductor y pasa hacia atrás a través del mismo.

50 30. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 22, en el que la fuente (300) de energía eléctrica comprende un elemento (360) de emisión de haz configurado para suministrar un haz (360a) de energía, y en el que el procedimiento comprende dirigir el haz (360a) de energía desde el elemento (360) de emisión de haz al calentador (220) eléctrico del vehículo (200) de lanzamiento a través de uno o más pasos (180a) en el tubo (100) de lanzamiento.

31. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 30, en el que el procedimiento

comprende realizar un seguimiento del haz (360a) de energía a la posición del vehículo (200) de lanzamiento a medida que el vehículo (200) de lanzamiento acelera a través del tubo (100) de lanzamiento de manera que el haz (360a) de energía sea suministrado al vehículo (200) de lanzamiento en una pluralidad de posiciones a lo largo de la longitud del tubo (100) de lanzamiento; o

5 en el que el haz (360a) de energía es un haz láser, un haz de microondas o un haz milimétrico.

32. Procedimiento de lanzamiento de una carga útil según la reivindicación 22, que comprende dirigir un haz de energía a la atmósfera delante del contenedor (240) de carga útil después de salir del tubo (100) de lanzamiento de manera que el haz de energía caliente la atmósfera delante del contenedor (240) de carga útil, opcionalmente en el que el haz de energía es un haz láser.

10

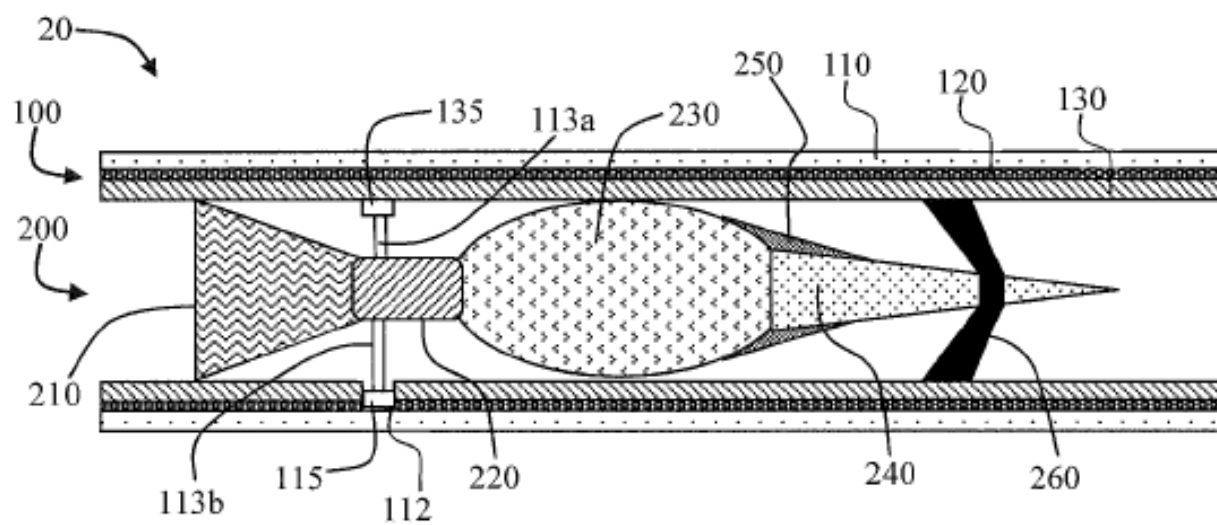
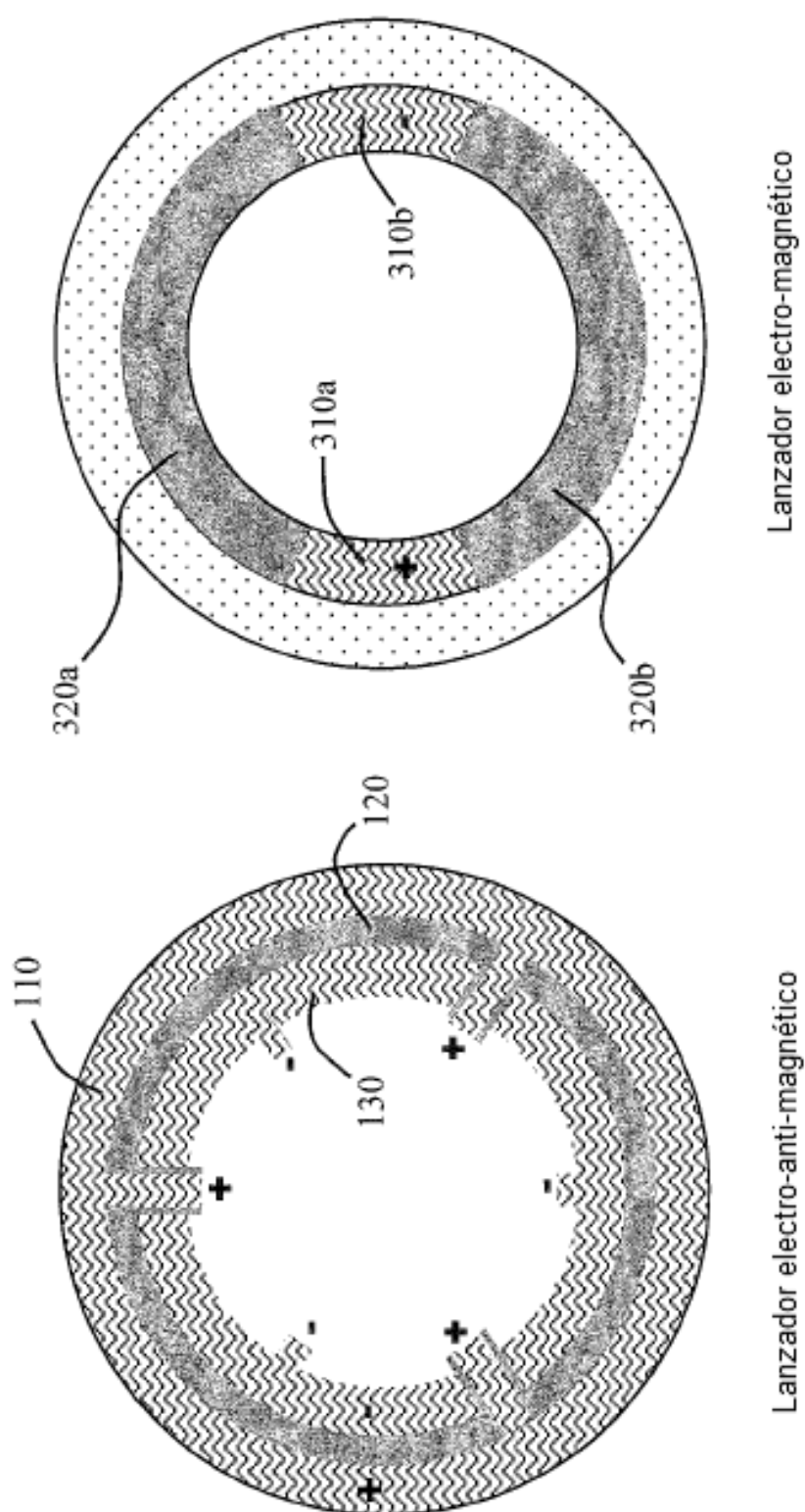


FIG. 1



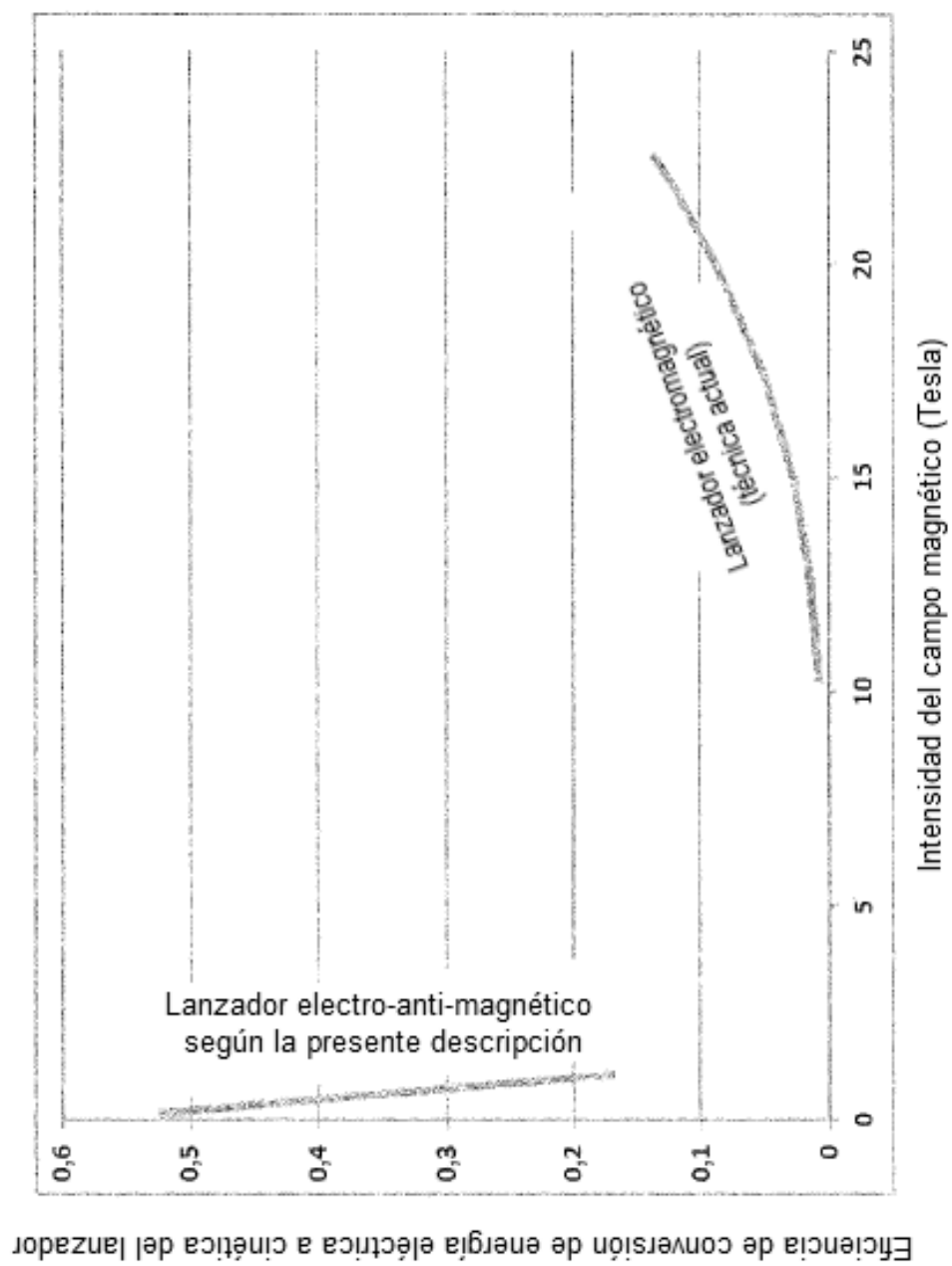


FIG. 3

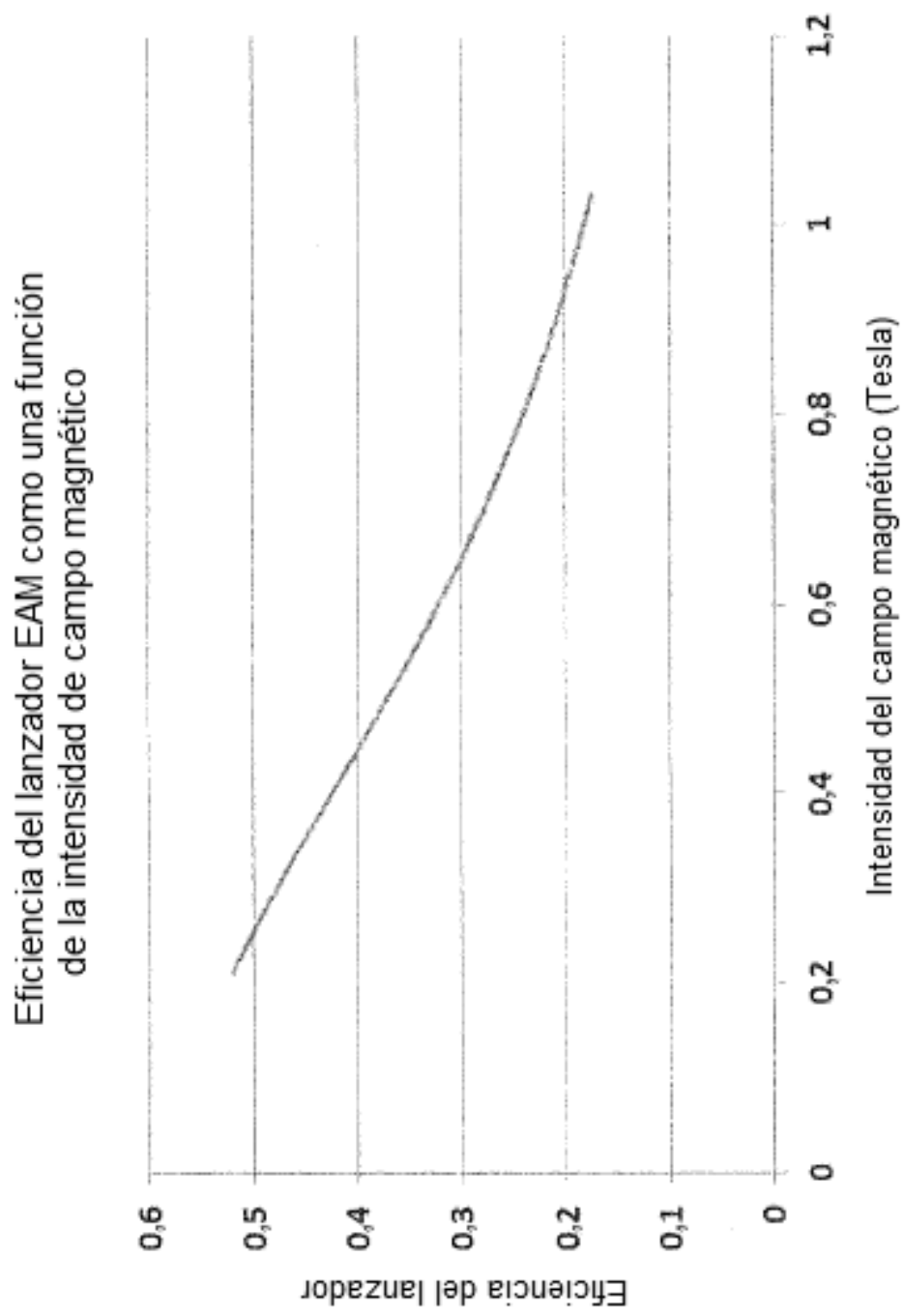


FIG. 4

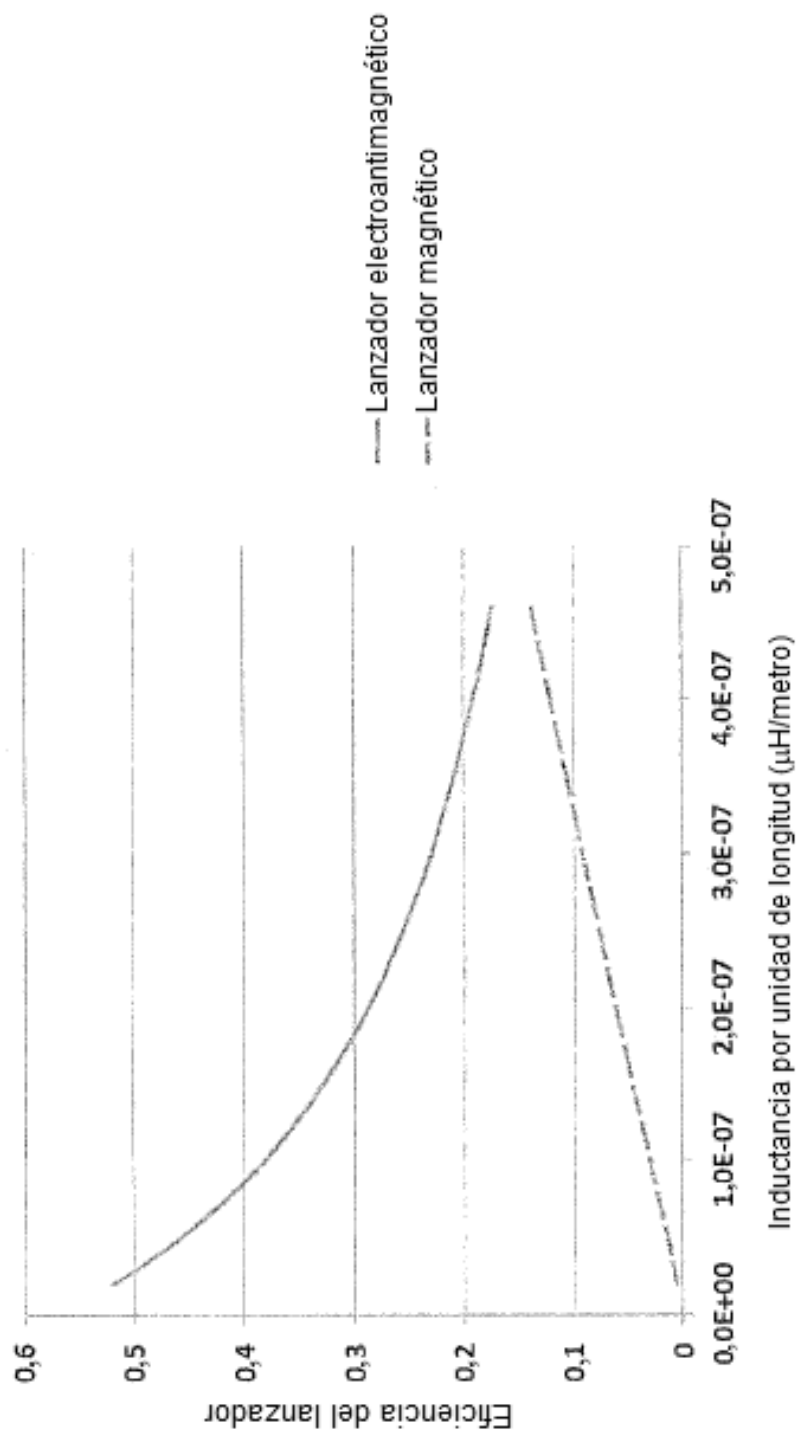


FIG. 5

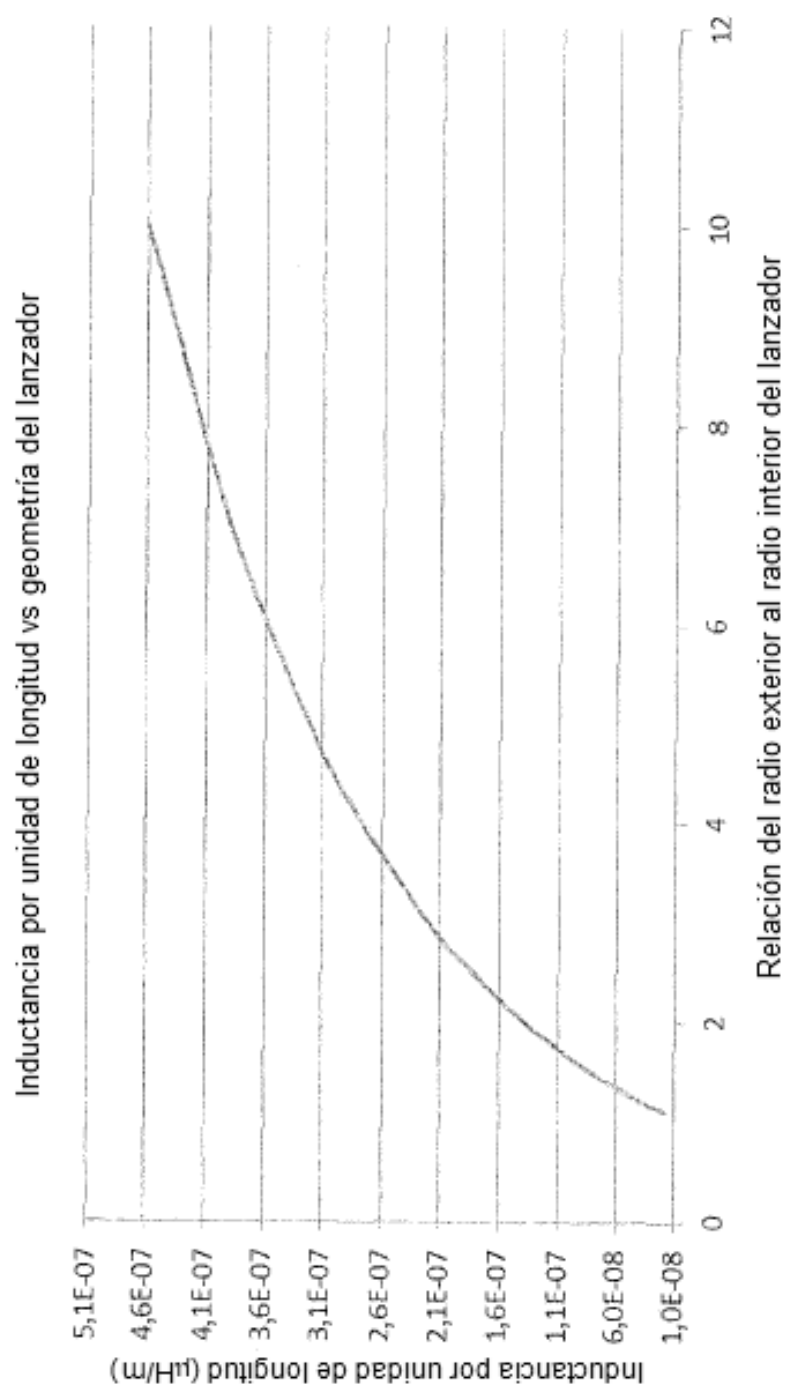


FIG. 6

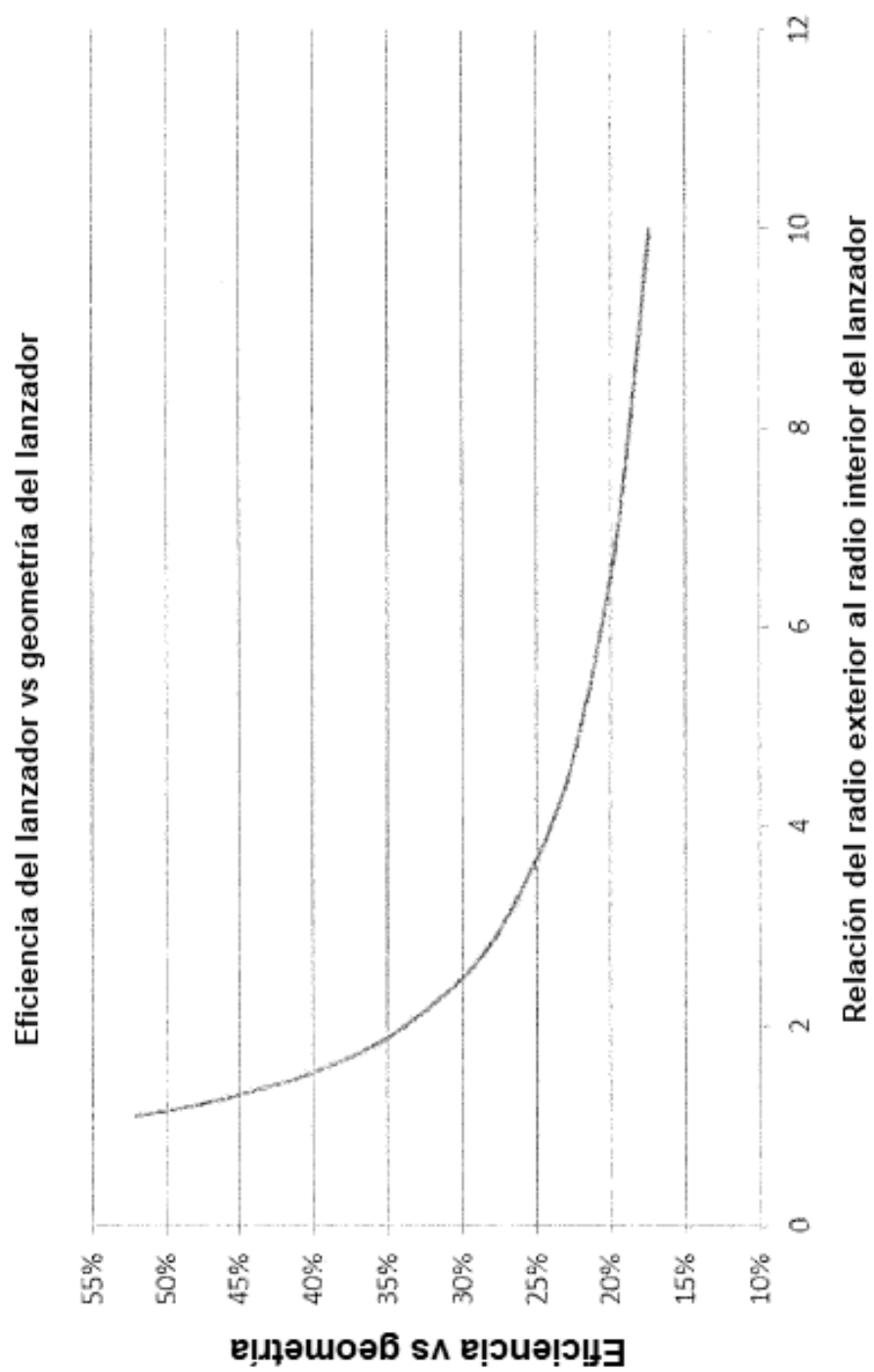


FIG. 7

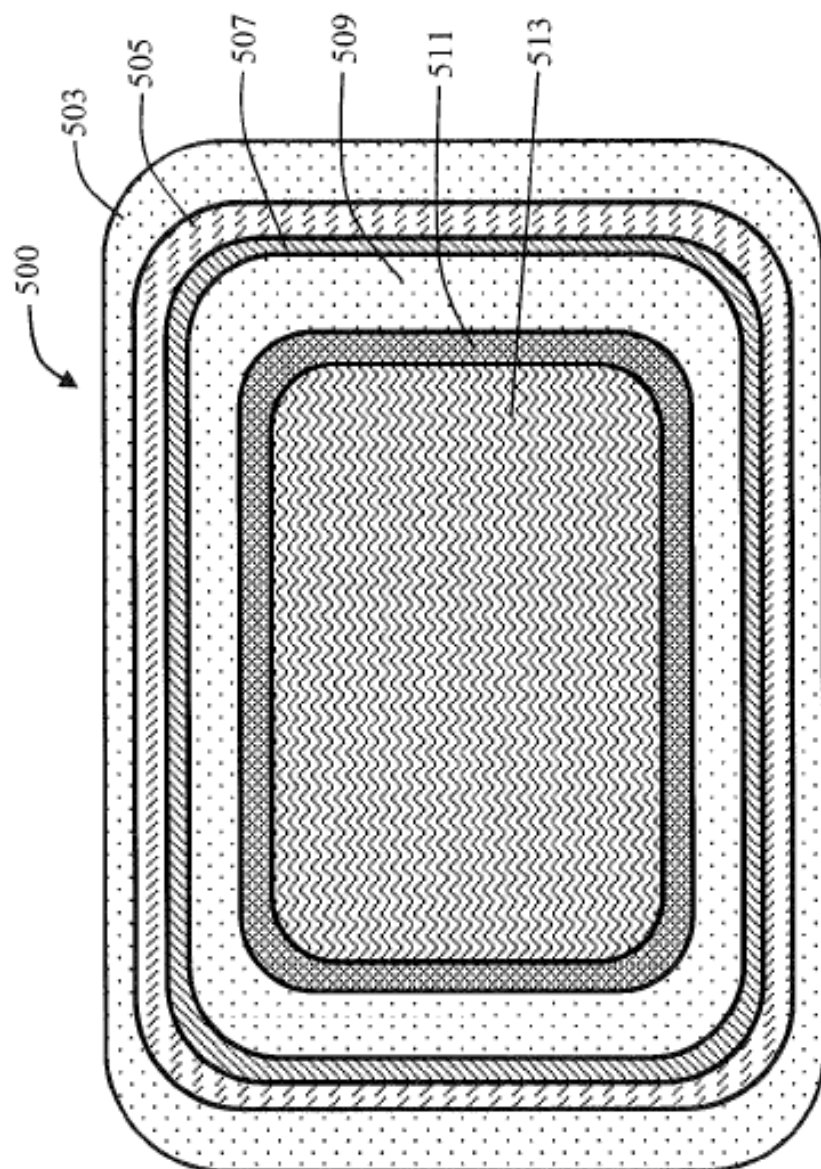


FIG. 8a

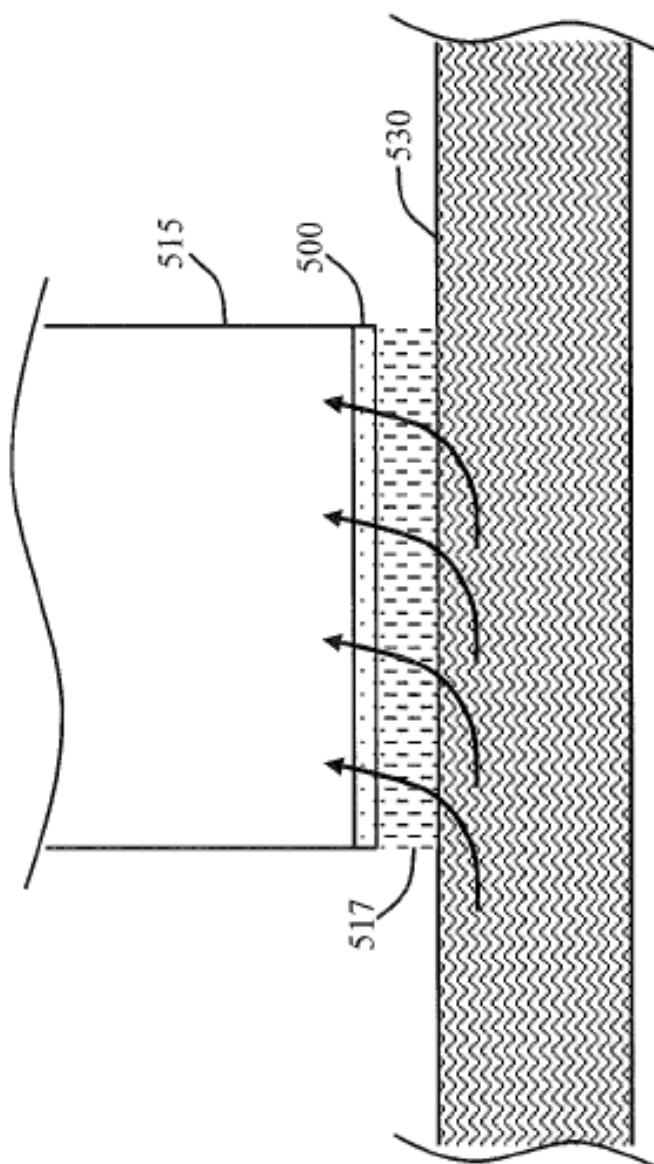


FIG. 8b

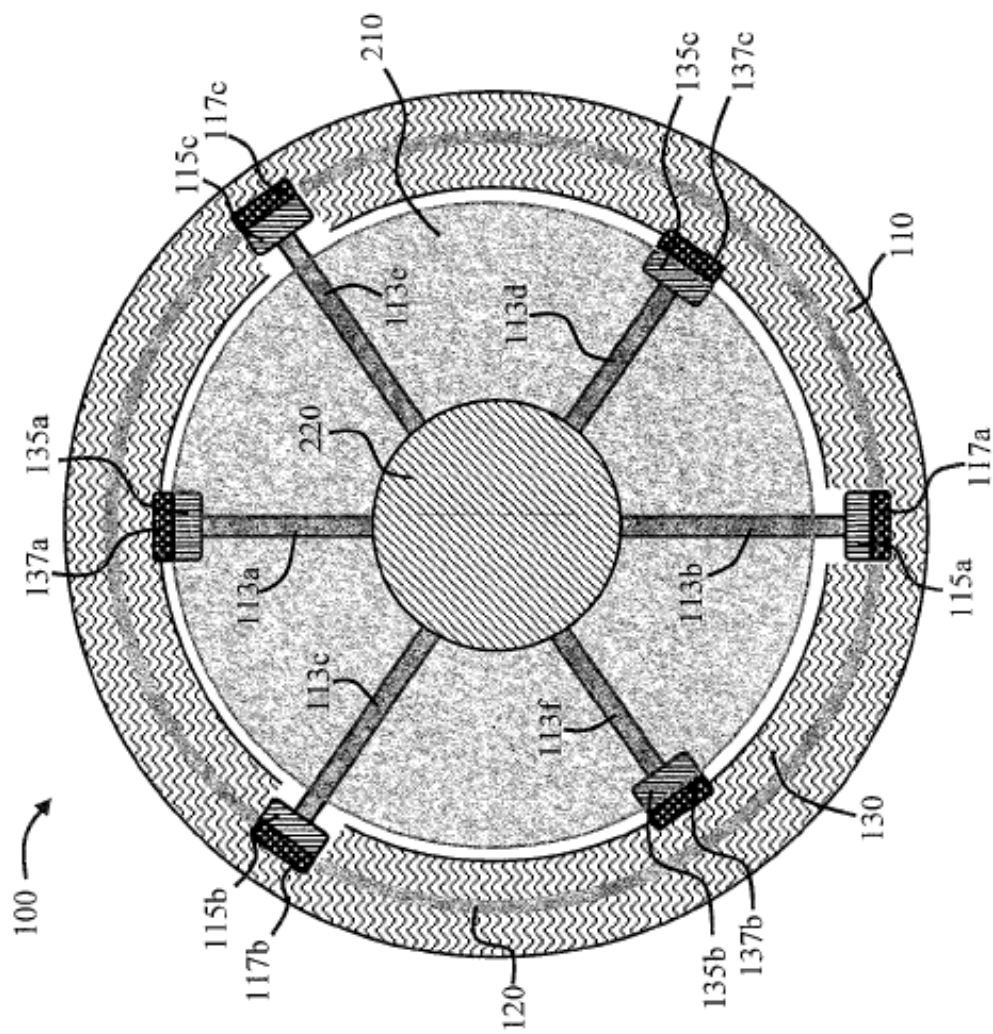


FIG. 9

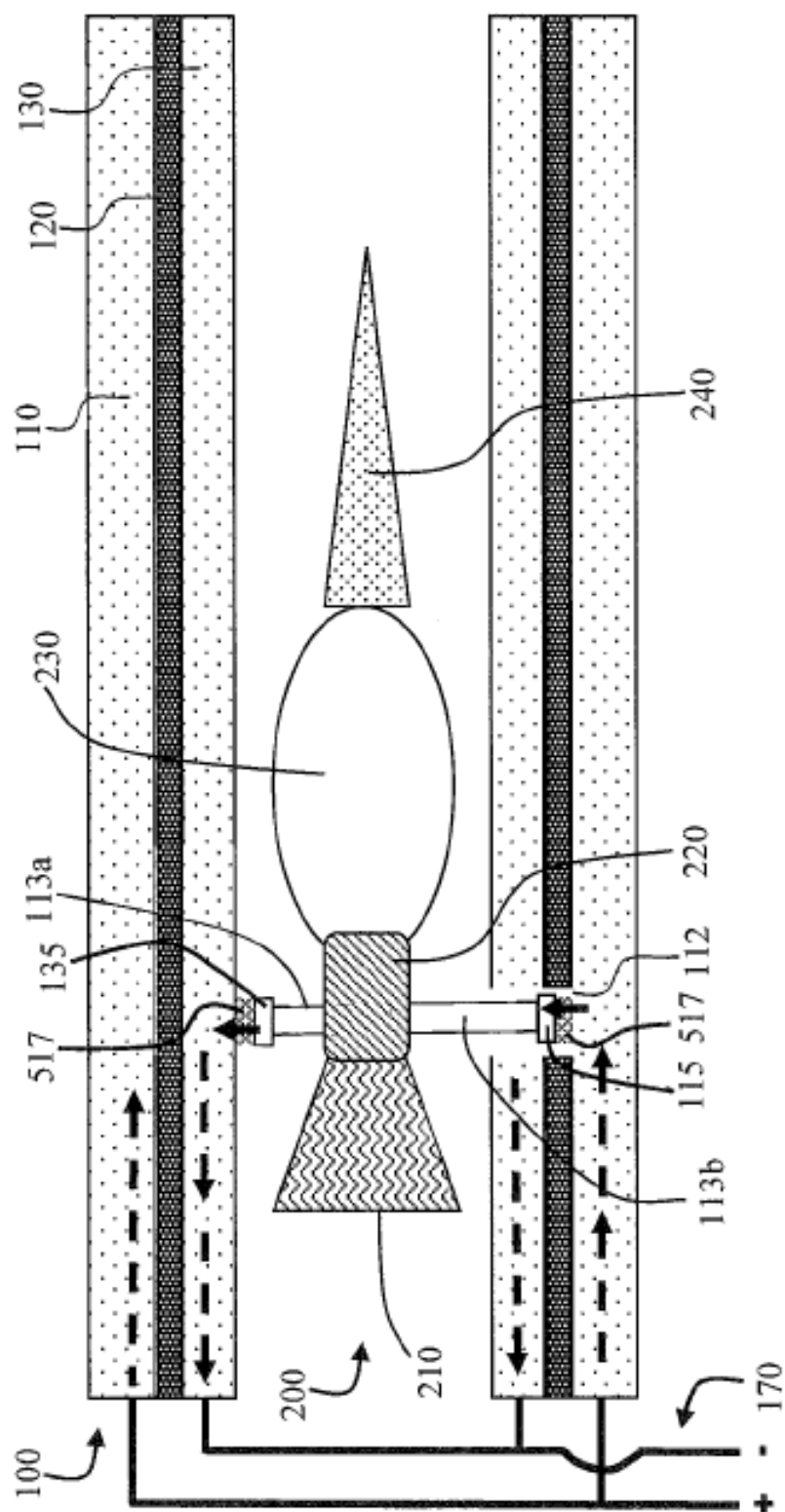


FIG. 10

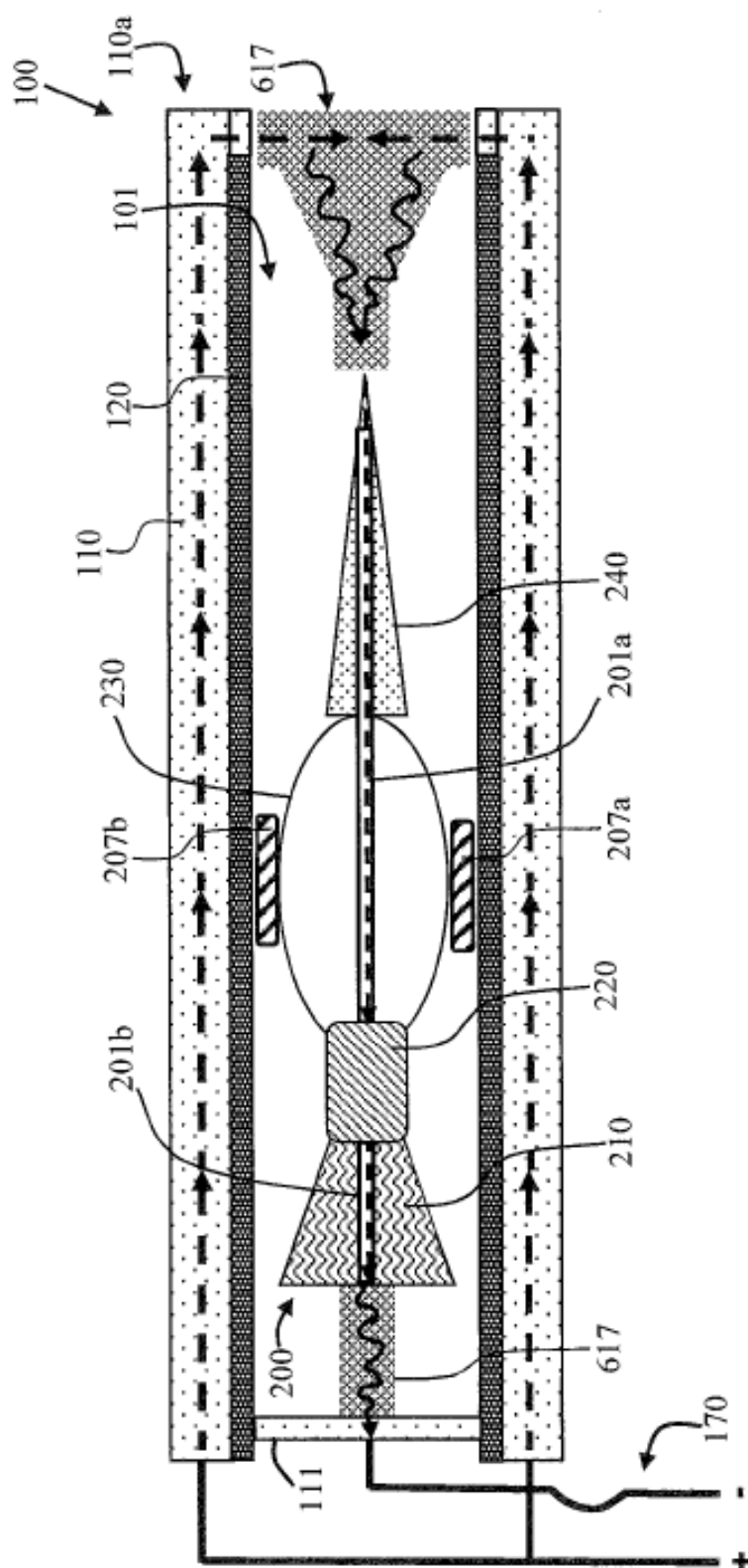


FIG. 11

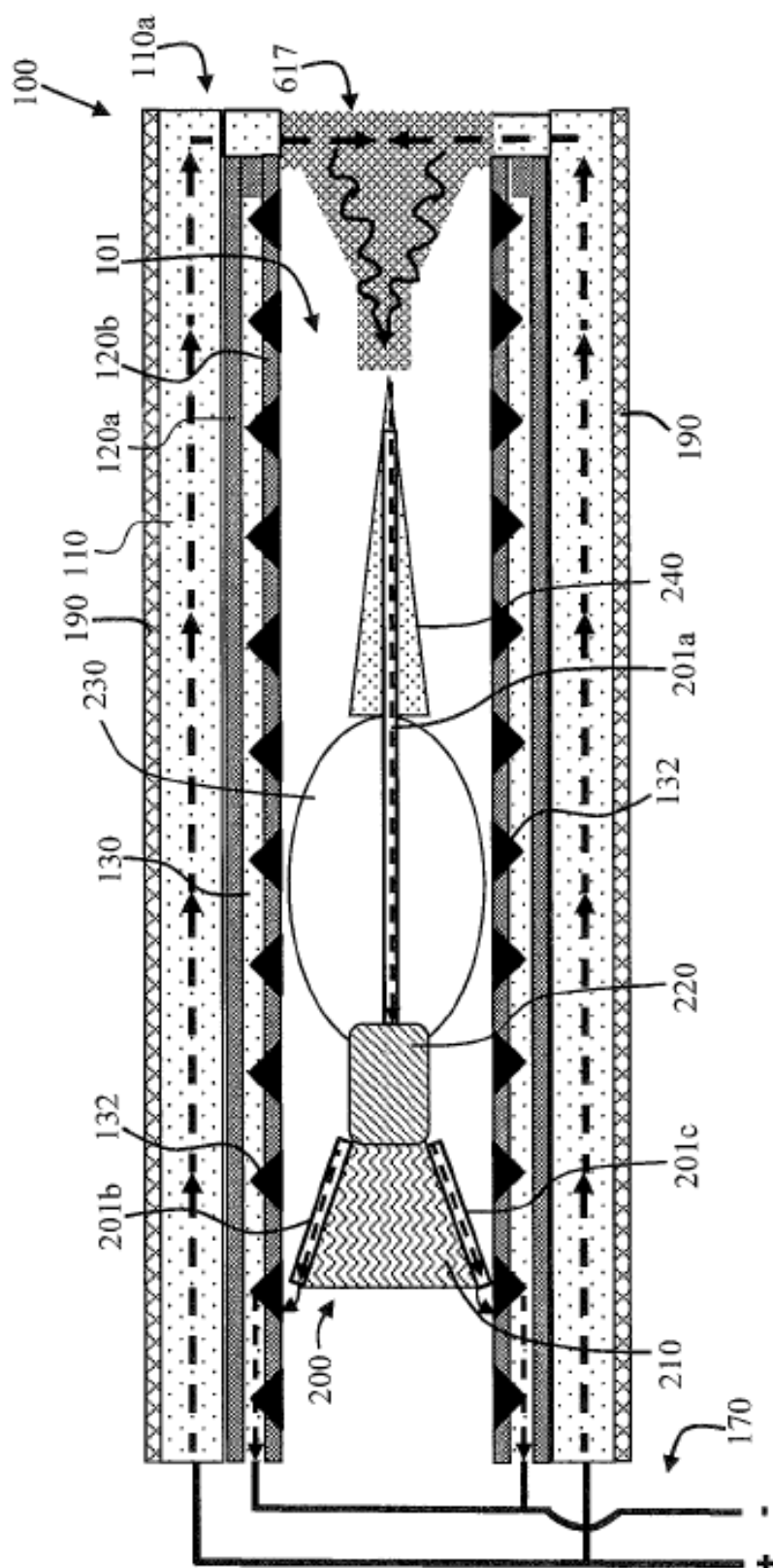


FIG. 12

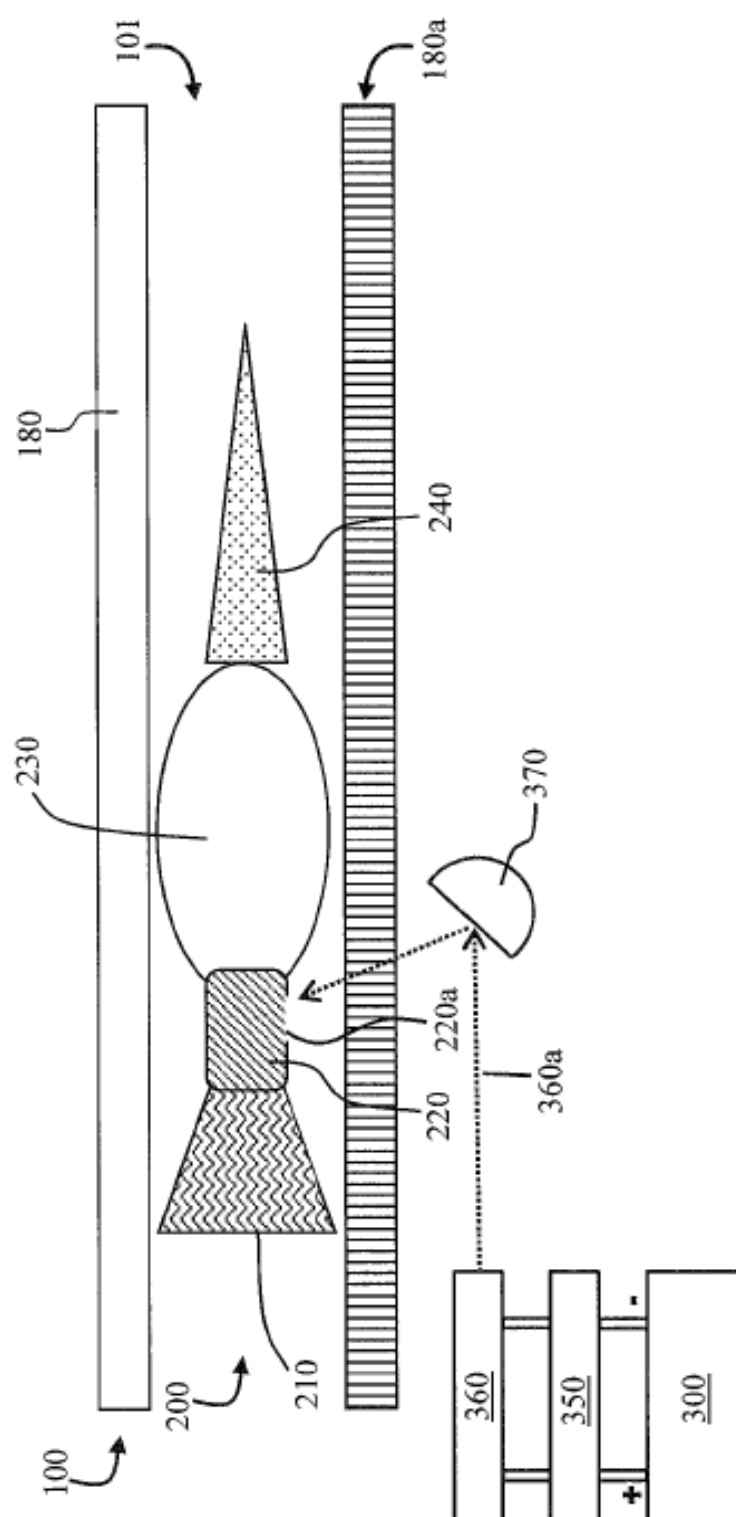


FIG. 13

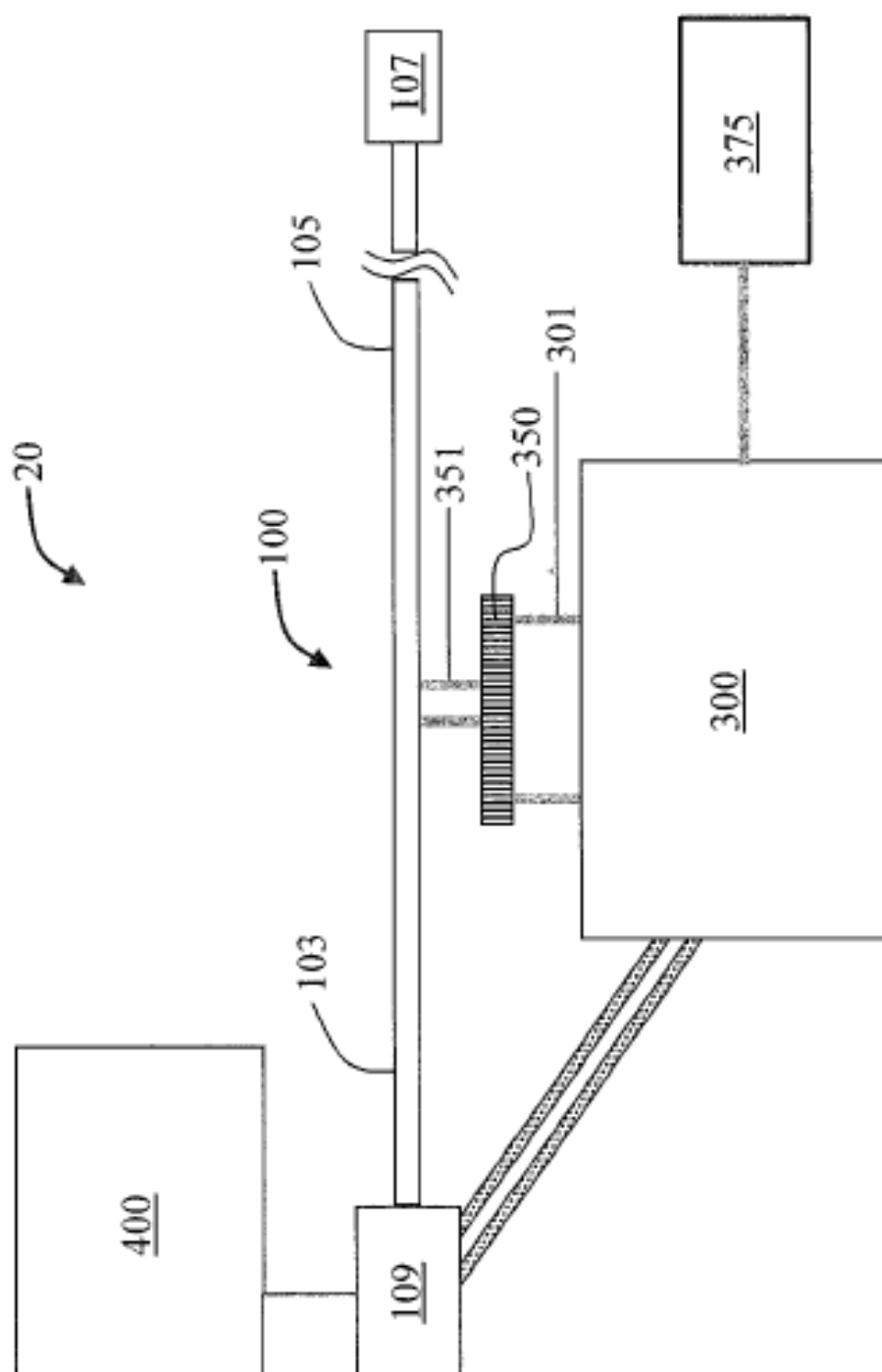


FIG. 14

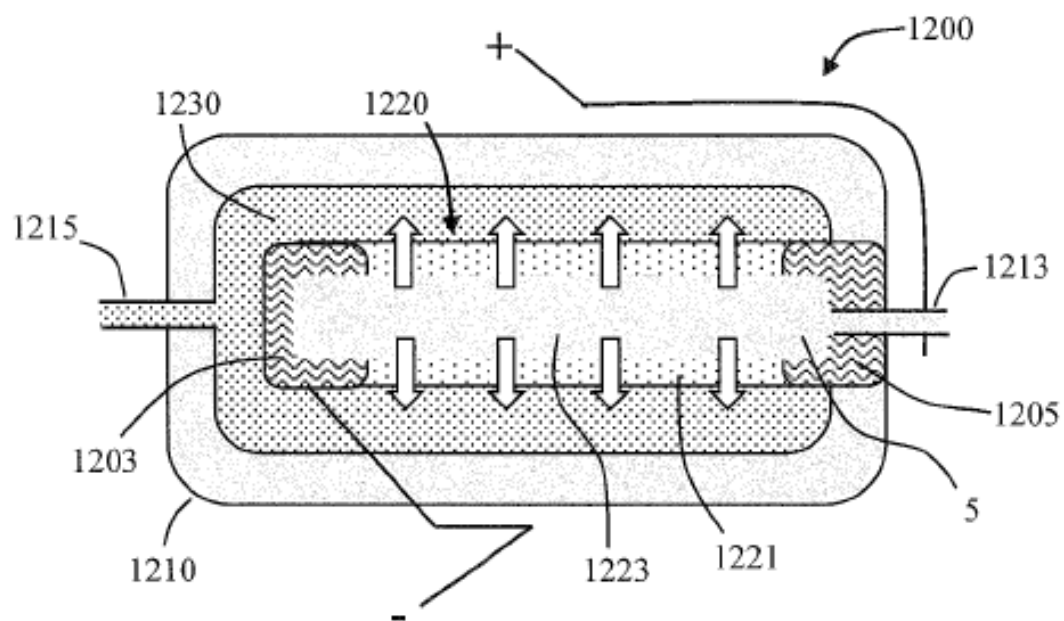


FIG. 15

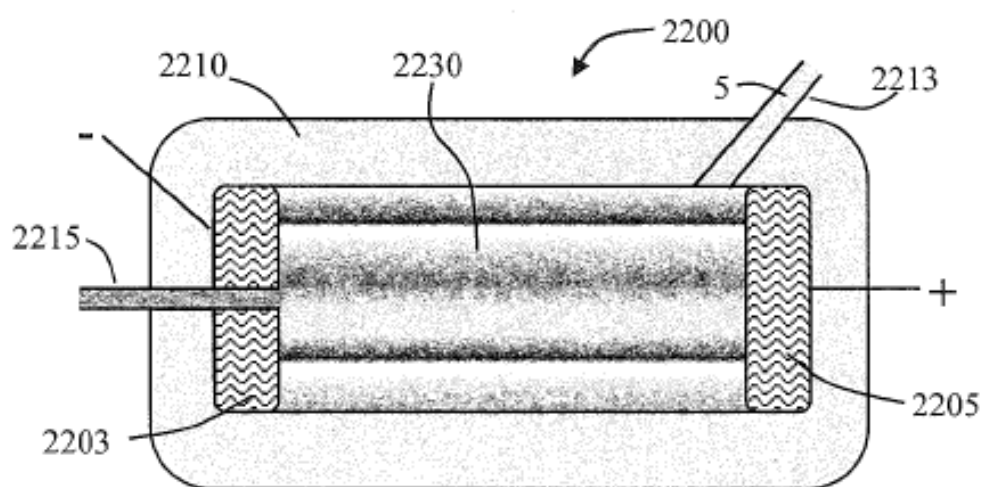


FIG. 16

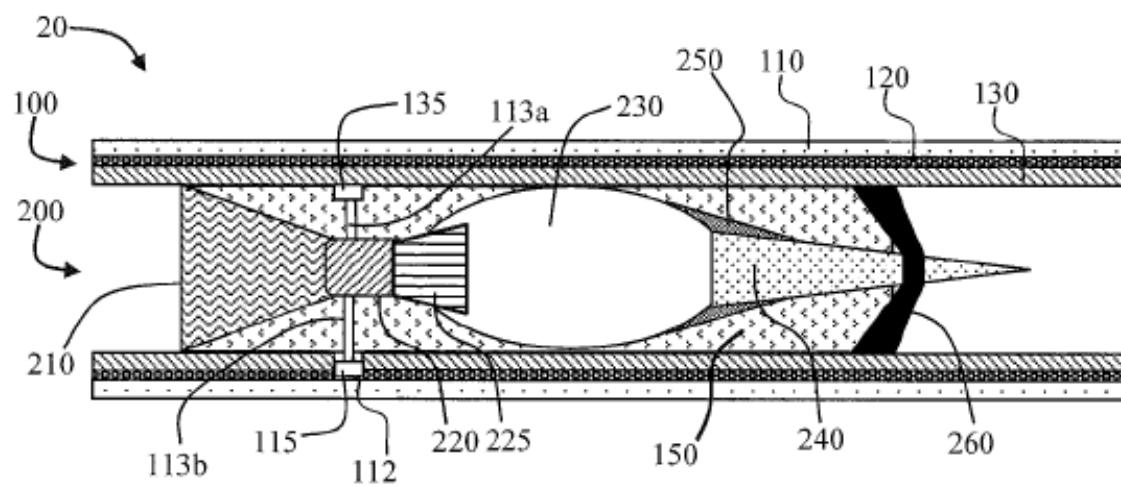


FIG. 17

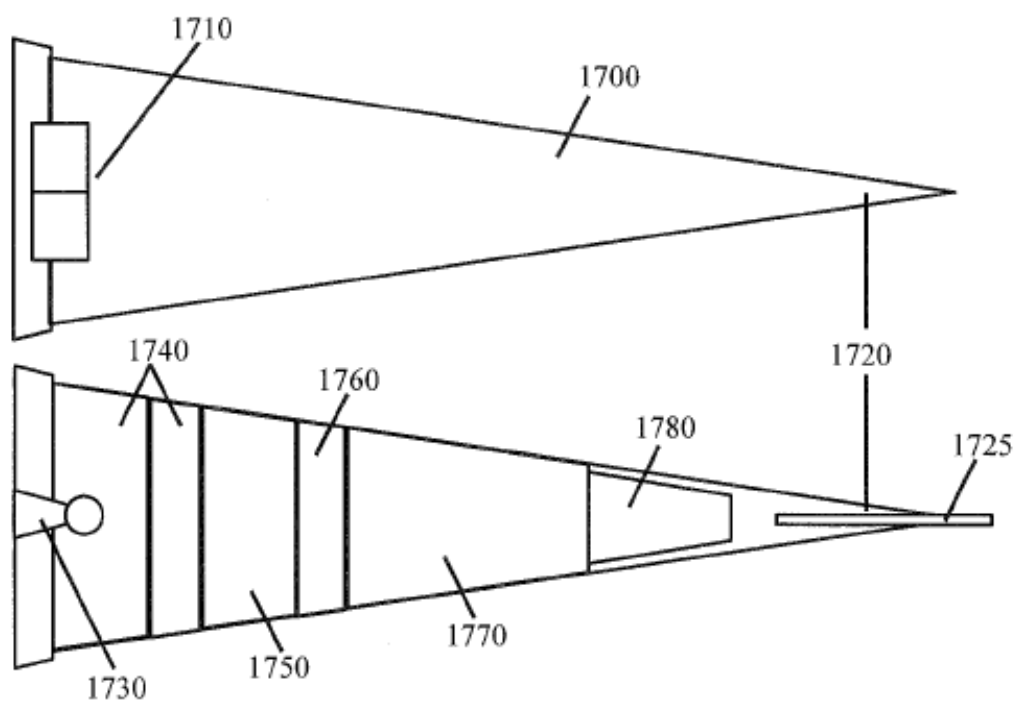


FIG. 18

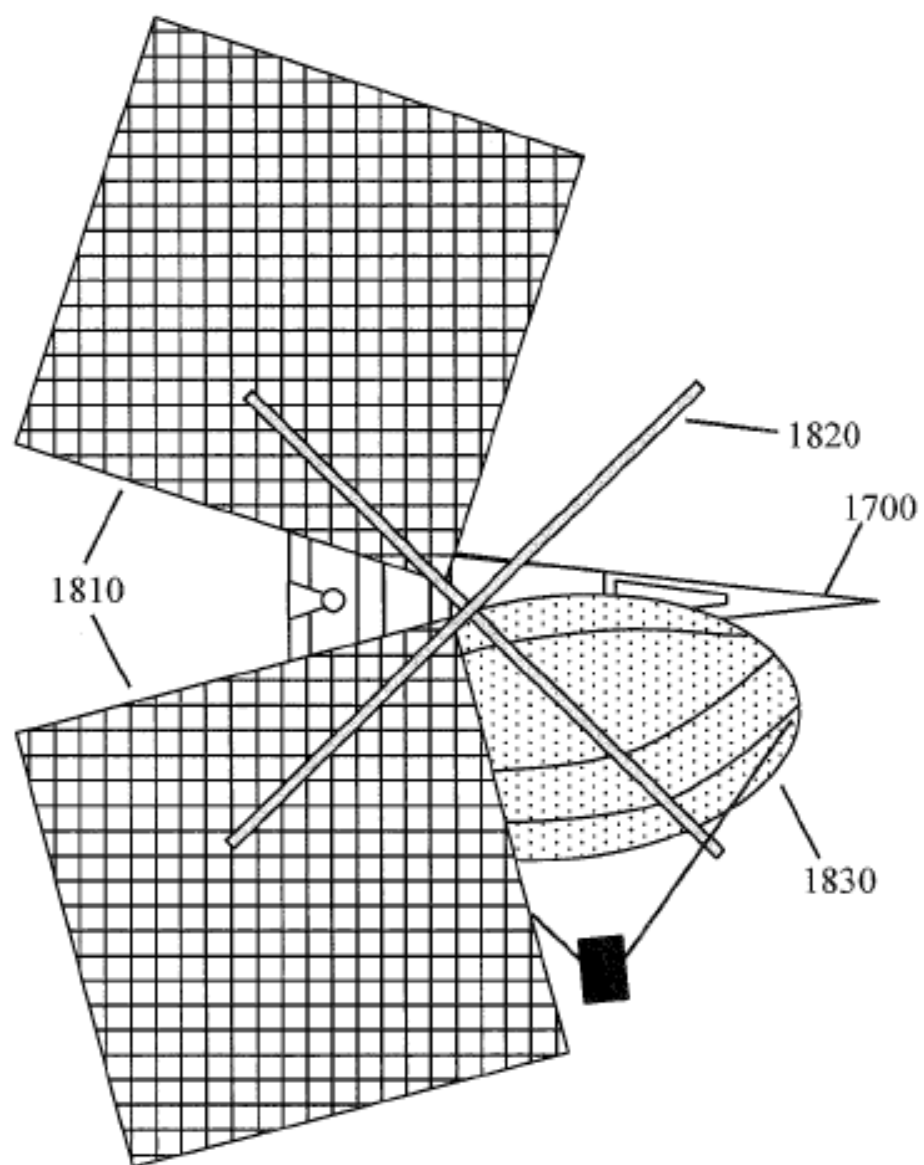


FIG. 19