

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 810**

51 Int. Cl.:

F03H 1/00 (2006.01)

H01J 27/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2013 PCT/GB2013/051586**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2013 WO13190285**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2013 E 13733414 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2864633**

54 Título: **Aceleradores de iones**

30 Prioridad:

21.06.2012 GB 201210994

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

16.09.2019

73 Titular/es:

**ASTRIUM SAS (50.0%)
12, rue Pasteur
92150 Suresnes, FR y
ASTRIUM LIMITED (50.0%)**

72 Inventor/es:

KNOLL, AARON KOMBAL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 724 810 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

Aceleradores de iones

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a aceleradores de iones. Su principal aplicación es en propulsores de plasma, por ejemplo, para su uso en el control de satélites y sondas espaciales, aunque también tienen aplicaciones en deposición química de vapor (DQV), en sistemas de iluminación que requieren una fuente de plasma.

10

Antecedentes de la invención

Se conocen propulsores de plasma que comprenden una cámara de plasma con un ánodo y un cátodo que crean un campo eléctrico en la cámara, con el cátodo que actúa como una fuente de electrones. Los imanes proporcionan zonas con alto campo magnético en la cámara. Un propelente, normalmente un gas noble, se introduce en la cámara. Los electrones del cátodo son acelerados a través de la cámara, ionizando el propelente para formar un plasma. Los iones positivos en el plasma son acelerados hacia el cátodo, que se encuentra en un extremo abierto de la cámara, mientras los electrones son desviados y capturados por el campo magnético, debido a su mayor relación carga/masa. A medida que la cámara se alimenta con más propelente, los electrones primarios del cátodo, y los electrones secundarios del proceso de ionización, continúan para ionizar el propelente, proyectándose una corriente continua de iones desde el extremo abierto del propulsor con objeto de producir empuje.

15

20

Se describen propulsores de plasma multietapa en el documento US2003/0048053, y además se conocen propulsores de campo apuntado divergente (DCF, siglas en inglés).

25

El documento US 2010/107596 A1 describe un acelerador de iones de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Resumen de la invención

30

La presente invención proporciona un acelerador de iones que comprende un primer imán, que puede ser un imán interno, y que puede tener un canal que se extienda a través de él, por ejemplo en una dirección axial, y un segundo imán, que puede ser un imán externo, y que puede extenderse alrededor del primer imán, con tales imanes poseyendo polaridades similares a fin de producir un campo magnético que tenga dos ubicaciones de fuerza de campo magnético cero. Las ubicaciones están separadas en la dirección axial. El acelerador comprende además un ánodo y un cátodo dispuestos para generar una diferencia de potencial eléctrico entre las ubicaciones.

35

El canal puede tener un eje central. Por ejemplo puede ser cilíndrico. El eje central puede ser un eje de simetría rotacional. Una de las ubicaciones puede ser una línea que se extiende alrededor del eje central. Una de las ubicaciones es un punto. La ubicación que es un punto puede estar delante de la otra, con lo que los iones tenderán a converger cuando se muevan entre las ubicaciones.

40

Uno de los electrodos, que puede ser el ánodo, puede estar localizado radialmente entre los imanes interno y externo. Este electrodo puede incluir una sección tubular que puede tener un diámetro interno mayor que el diámetro externo del imán interno, y un diámetro externo menor que el diámetro interno del imán externo. Uno de los electrodos, que puede ser el cátodo, puede localizarse radialmente dentro del imán interno y puede localizarse sobre, o alrededor, del eje central.

45

El canal puede tener un extremo de entrada y un extremo de salida. Estos extremos pueden estar en los polos respectivos del imán interno. El imán externo puede extenderse alrededor de al menos una parte del imán interno, y puede tener un extremo interno y un extremo externo, que pueden estar en los polos respectivos del imán externo. Los extremos de entrada de los dos imanes pueden ser de polaridad similar. Los imanes pueden ser de sección transversal anular.

50

El acelerador puede comprender además una carcasa que puede estar dispuesta para proporcionar apoyo tanto a ambos como a uno de los imanes. El acelerador puede comprender además un dissipador térmico que puede estar térmicamente conectado a uno cualquiera o a más de los imanes interno y externo, y a la carcasa.

55

La presente invención además proporciona un propulsor de iones que comprende un acelerador de acuerdo con la invención y una fuente de propelente dispuesta para administrar propelente dentro del acelerador. La fuente de

60

propelente puede estar dispuesta para suministrar propelente al cátodo. Alternativamente, o además, la fuente de propelente puede estar dispuesta para suministrar propelente dentro de un espacio situado entre los imanes interno y externo.

- 5 El acelerador puede incluir una cualquiera o más características, en cualquier combinación, de una cualquiera u otras más realizaciones de la presente invención que pasarán ahora a describirse a modo de ejemplo únicamente como referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

10

La **Figura 1** es una vista en perspectiva parcialmente en sección de un acelerador de iones de acuerdo con una realización de la invención;

la **Figura 2** es un diagrama de un campo magnético en el acelerador de la Figura 1; y

15

la **Figura 3** es un diagrama del campo magnético en un acelerador de una segunda realización de la invención.

Descripción de las realizaciones preferidas

- 20 Con referencia a la Figura 1, un acelerador de iones, que en este caso forma parte de un propulsor de plasma, comprende un imán interno (10) y un imán externo (12). Cada uno de los imanes (10, 12) tiene la forma de un cilindro hueco o tubo, y los imanes están dispuestos coaxialmente con el interno (10) el cual está ubicado dentro del externo (12). Los imanes interno y externo se superponen en dirección axial de forma que el imán externo (12) rodea una parte, y en la realización mostrada, toda la parte del imán interno (10). Una carcasa (14) sostiene los imanes (10, 12)
- 25 y comprende una pared anular externa (16) que cubre el extremo anular (18) del imán externo (12) en el extremo frontal (20) del propulsor, una pared cilíndrica externa (22) que está justo dentro del imán externo (12) y se extiende en longitud más allá de su extremo posterior (24), una pared anular posterior (26) que se extiende hacia dentro desde el extremo posterior de la pared cilíndrica externa (22), una pared cilíndrica intermedia (28) que se extiende hacia adelante a partir del borde interno de la pared anular posterior (26) y se extiende a lo largo de la superficie externa del
- 30 imán interno (10), una pared anular interna (30) que se extiende hacia el interior desde el extremo frontal de la pared cilíndrica intermedia (28), que cubre el extremo frontal del imán interno (10), y una pared cilíndrica interna (32) que se extiende hacia atrás desde el borde interno de la pared anular interna a lo largo de la superficie interna del imán interno (10). La pared cilíndrica interna (32) rodea y define dentro de ella un canal (34) que se extiende a través del centro del imán interno (12), y un cátodo hueco (36) está ubicado en el extremo posterior del canal y dispuesto para generar
- 35 plasma e introducirlo dentro del canal (34). Un ánodo tubular (38) está ubicado en el espacio entre las paredes cilíndricas intermedia y externa (22, 28), con su extremo frontal justo hacia adelante del extremo frontal del imán interno (10), y bien detrás del extremo frontal del imán externo (12). El ánodo, o la sección tubular de él, tiene un diámetro interno mayor que el diámetro externo del imán interno (10), y un diámetro externo menor que el diámetro interno del imán externo (12). El cátodo (36) y el ánodo (38) están dispuestos para formar el campo electrostático necesario para
- 40 que el acelerador funcione tal como se describe a continuación. En otras realizaciones el cátodo que proporciona el campo electrostático puede estar separado de la fuente de plasma.

Los extremos posteriores de los dos imanes (10, 12) están alineados entre ellos en la dirección axial, y el imán externo (12) es más largo que el imán interno (10) y se extiende hacia delante del extremo frontal del imán interno. La zona

45 dentro del extremo frontal del imán externo (12) y que está por delante del imán interno (10) forma una cámara (40) en la cual tiene lugar la generación de plasma y la aceleración de iones, tal como se describirá con más detalle a continuación. La carcasa (14) protege los imanes (10, 12) del canal (34) y la cámara de plasma (40). En el extremo posterior del acelerador, un disipador térmico (42), en este caso con la forma de un bloque de cobre, se sitúa enfrente y en contacto térmico con el extremo posterior de la carcasa (14) y los extremos posteriores de los imanes interno y

50 externo (10, 12). El disipador térmico (42) tiene una abertura a través de la cual el cátodo hueco (36) se puede insertar y a través de la cual se puede suministrar gas al cátodo hueco (36). Se proporcionan cuatro canales de propelente (44) que se extienden radialmente a través del disipador térmico (42) y se conectan a las aberturas (46) en la carcasa, en el extremo posterior de la pared cilíndrica externa (22). Como el ánodo (38) está separado de las paredes cilíndricas intermedia y externa (22, 28), el propelente introducido en estos canales de propelente (44) puede fluir dentro del

55 espacio entre las paredes cilíndricas externa e intermedia (22, 28), y, en consecuencia, entre los imanes interno y externo (10, 12), pasado el ánodo (38), y dentro de la cámara de plasma principal (40).

En funcionamiento, el principio general del acelerador es similar a aceleradores conocidos. El ánodo (38) y el cátodo (36) crean un campo eléctrico que acelera electrones e iones en la cámara de plasma (40). Los electrones acelerados

60 ionizan el propelente introducido en la cámara (40) produciendo iones positivos y más electrones secundarios. Los

electrones, debido a su relativamente alta relación de carga frente a masa, son desviados por el campo magnético en la cámara y tienden a seguir el campo magnético, mientras que los iones positivos no se ven relativamente afectados por el campo magnético y, en consecuencia, tienden a desplazarse en una dirección impuesta por el campo eléctrico.

5 Con referencia a la Figura 2, las polaridades de los imanes interno y externo (10, 12) están en la misma dirección. Por ejemplo, si el extremo frontal del imán exterior (12) es su polo norte y el extremo posterior es su polo sur, entonces el extremo frontal del imán interno (10) es también su polo norte, y el extremo posterior es su polo sur. Las polaridades, en consecuencia, se oponen entre sí, y no son complementarias como serían si las polaridades estuvieran opuestas la una a la otra. Esto crea un campo magnético complejo que tiene un punto (50) de campo magnético cero ubicado
10 en el eje central del acelerador y hacia delante del extremo frontal del imán externo (12), y una línea (52) de campo magnético cero que es circular y se extiende alrededor del eje central justo hacia adelante del extremo frontal del imán interno (10). Se crean un punto cero y una línea cero (56) similares en la parte posterior de los imanes (10, 12), pero estos no son relevantes para el funcionamiento del acelerador.

15 Tal como es bien entendido por aquellos expertos en la técnica, en un plasma, los campos magnéticos actúan como una resistencia a los electrones que intentan moverse perpendicularmente a ellos, ya que los electrones son desviados por el campo magnético; pero las líneas, las cuales no tienen un campo magnético significativo perpendicular a ellas, cuentan con 'resistencia' eléctrica baja y, en consecuencia, puede entenderse que actúan como 'conductores' puesto que los electrones pueden moverse con relativa facilidad a lo largo de ellas. Por lo tanto, se apreciará que el punto
20 cero (50) en el extremo delantero del acelerador tiene lugar con un potencial eléctrico cercano al del cátodo, debido al 'canal' de campo magnético transversal bajo entre él y el cátodo. De forma similar, la línea (52) de campo magnético cero tiene lugar con un potencial eléctrico similar al del ánodo, debido a que hay poco campo magnético transversal en la dirección entre ellos, y puede apreciarse un 'canal' similar de campo transversal bajo entre el extremo frontal del ánodo (38) y la línea cero (52), por lo que los electrones pueden moverse con relativa libertad entre ellos.

25 Otro efecto que es bien conocido para aquellos expertos en la técnica y que resulta relevante para el funcionamiento del acelerador es que tiende a ocurrir, en los puntos de campo magnético cero, un alto grado de ionización y, en consecuencia, una alta densidad de iones. Esto es así porque el campo magnético alrededor de tales puntos tiende a contener los electrones y a impedir que se alejen.

30 En el acelerador que se muestra, cuando está en funcionamiento, el plasma es introducido en el canal (34) desde el cátodo hueco y los electrones e iones son acelerados debido a los campos eléctricos en el canal y la cámara de plasma (40). Los electrones tienden a causar mayor ionización de cualquier propelente que sea añadido dentro de la cámara de plasma (40) reemplazando por lo tanto todo ion y electrón que abandone la cámara. Los iones cargados
35 positivamente se aceleran hacia zonas de potencial eléctrico bajo. Como existe bastante ionización que tiene lugar en la zona de la línea de campo cero (52), un gran número de iones positivos son acelerados desde la zona circundante a esa línea, que tiene la forma de un toro, hacia el punto de campo cero (50). Esto forma una corriente de iones convergente que se mueve hacia el extremo frontal del acelerador. Como la fuerza del campo eléctrico en frente del punto cero (50) es relativamente débil, los iones no se desaceleran significativamente después de pasar el punto cero
40 (50) y forman una corriente continua de iones expulsada hacia adelante desde el extremo frontal del acelerador. Mientras tanto, los electrones se mueven gradualmente hacia el ánodo (38) y allí son recogidos.

Mientras que esta disposición puede usarse para generar haces de iones para muchas aplicaciones, en esta realización como el acelerador forma parte de un propulsor de iones, el propelente puede introducirse dentro de la
45 cámara de plasma (40) a través de los canales de entrada (44) durante el funcionamiento del acelerador para mantener un haz continuo de iones que produzca empuje. Otras configuraciones de suministro de propelente también podrían, por supuesto, usarse. En otras aplicaciones del acelerador de iones, el cátodo hueco puede ser capaz de proporcionar plasma suficiente y puede no ser necesario un suministro separado de gas para ionización. En aún más realizaciones, el cátodo hueco es reemplazado por un cátodo simple y el único suministro de gas es a través de los canales de
50 entrada (44).

Se tendrá en cuenta que el campo magnético por delante del punto cero (50) está aproximadamente en paralelo a la dirección de desplazamiento del haz de iones. Esto ayuda a contener el haz de iones ya que los iones positivos tienden a seguir la dirección del campo magnético, aunque hasta en una mucha menor medida que los electrones debido a la
55 diferencia en la relación de carga frente a masa.

Se apreciará que la geometría del acelerador puede modificarse de muchas formas. Por ejemplo, el punto cero (50) y la línea cero (52), en el extremo frontal del acelerador, se encuentran separados en la dirección (hacia adelante/atrás) axial mucho más que aquellos (54, 56) respecto de la parte posterior del acelerador. Esto es así porque los extremos
60 frontales de los imanes interno y externo (10, 12) no están nivelados, en la dirección axial, con el extremo frontal del

imán externo (12) estando por delante del extremo frontal del imán interno (10), mientras que sus extremos posteriores están nivelados en la dirección axial. Se entenderá que las longitudes relativas y la posición axial de los dos imanes, así como su tamaño relativo, pueden seleccionarse a fin de lograr el espaciado axial de las dos zonas de campo magnético cero y su tamaño relativo, adecuado para una aplicación particular. Por ejemplo, los imanes interno y externo pueden ser en algunos casos de idéntica longitud. En algunos casos sus extremos frontales pueden estar nivelados aproximadamente en la dirección axial. Sin embargo, esto significa que el desplazamiento axial entre las zonas de campo cero será menor que en la realización de la Figura 1.

Con referencia a la Figura 3, en una realización adicional las posiciones de los imanes interno y externo (110, 112) son las mismas que en la primera realización, pero las fuerzas relativas resultan diferentes, siendo en este caso el imán interno más potente que el imán externo. Esto origina un patrón de campo magnético que todavía incluye un punto cero (150) en el eje central del acelerador y una línea cero (152) con la forma de un anillo alrededor del eje, aunque en este caso el anillo se encuentra por delante del punto (150). En consecuencia, para que el acelerador acelere iones positivos en dirección de avance, el electrodo (138) que se encuentra radialmente entre los imanes interno y externo (110, 112) será el cátodo, y un ánodo se situará en o alrededor del eje central y radialmente interior al imán interno (110). El haz de iones resultante es divergente, lo cual puede ser deseable en algunas circunstancias.

REIVINDICACIONES

1. Un acelerador de iones que comprende: una disposición magnética que tiene un imán interno que tiene un canal que se extiende a través de él en una dirección axial y un imán externo que se extiende alrededor del imán interno, con los imanes interno y externo que tienen polaridades similares de forma que la disposición magnética produce un campo magnético que tiene dos ubicaciones de fuerza de campo magnético cero, las ubicaciones estando separadas en la dirección axial; y un ánodo y un cátodo dispuestos para generar una diferencia de potencial eléctrico entre las ubicaciones, **caracterizado porque** una de las ubicaciones es un punto.
- 5
- 10 2. Un acelerador de iones de acuerdo con la reivindicación 1 donde el canal tiene un eje central y una de las ubicaciones es una línea que se extiende alrededor del eje central.
3. Un acelerador de iones de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 donde la ubicación que es un punto está por delante de la otra de forma que los iones tenderán a converger cuando se desplacen entre las
- 15 ubicaciones.
4. Un acelerador de iones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 donde el punto está más adelante del extremo frontal del imán interno de la disposición magnética.
- 20 5. Un acelerador de iones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 donde el punto está más adelante del extremo frontal del imán externo de la disposición magnética.
6. Un acelerador de iones de acuerdo con la reivindicación 2 o cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5 cuando dependen de la reivindicación 2 donde la línea está posterior al extremo frontal del imán externo de la
- 25 disposición magnética.
7. Un acelerador de iones de acuerdo con cualquier reivindicación anterior donde uno de los electrodos está situado radialmente entre los imanes interno y externo de la disposición magnética.
- 30 8. Un acelerador de iones de acuerdo con cualquier reivindicación anterior donde uno de los electrodos está situado radialmente dentro del imán interno de la disposición magnética.
9. Un acelerador de iones de acuerdo con cualquier reivindicación anterior donde el extremo frontal del imán externo de la disposición magnética está por delante del extremo frontal del imán interno de la disposición
- 35 magnética.
10. Un acelerador de iones de acuerdo con cualquier reivindicación anterior donde el extremo frontal del imán externo de la disposición magnética está por delante del extremo frontal del ánodo.
- 40 11. Un propulsor de iones que comprende un acelerador de acuerdo con cualquier reivindicación anterior y una fuente de propelente dispuesta para administrar propelente dentro del acelerador.
12. Un propulsor de iones de acuerdo con la reivindicación 11 donde la fuente de propelente está dispuesta para administrar propelente al cátodo.
- 45 13. Un propulsor de iones de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12 donde la fuente de propelente está dispuesta para administrar propelente dentro de un espacio entre los imanes interno y externo de la disposición magnética.

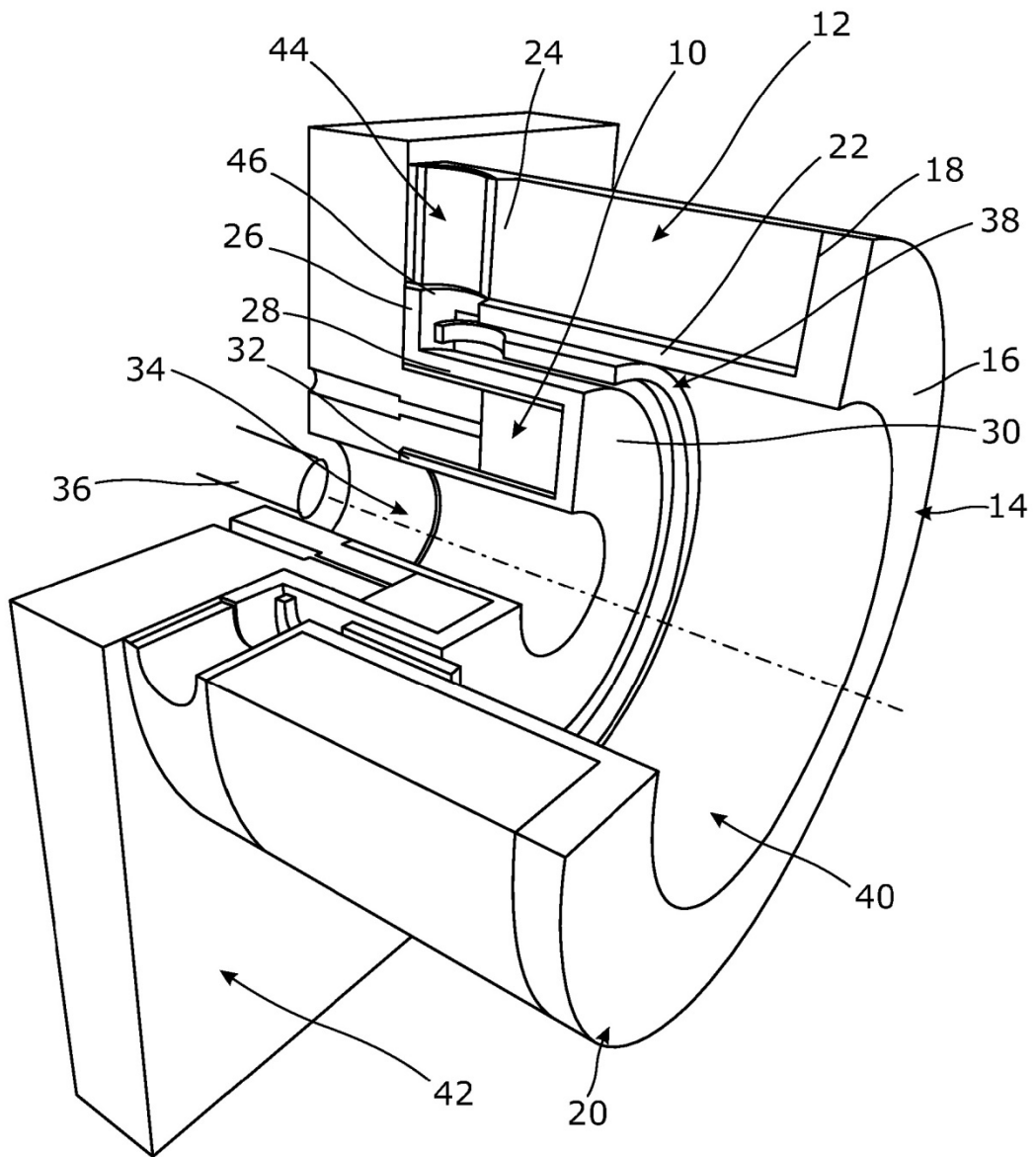


Fig. 1

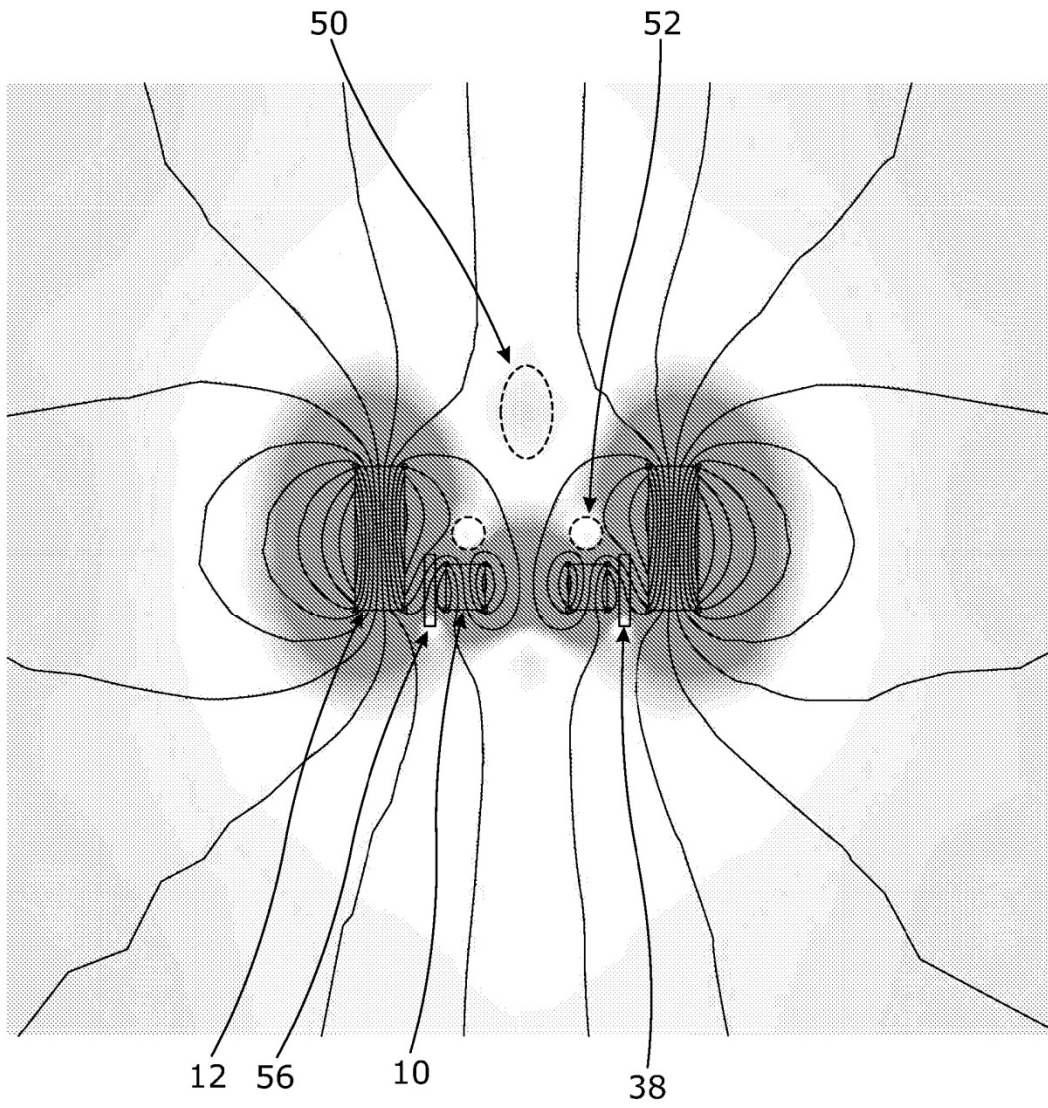


Fig. 2

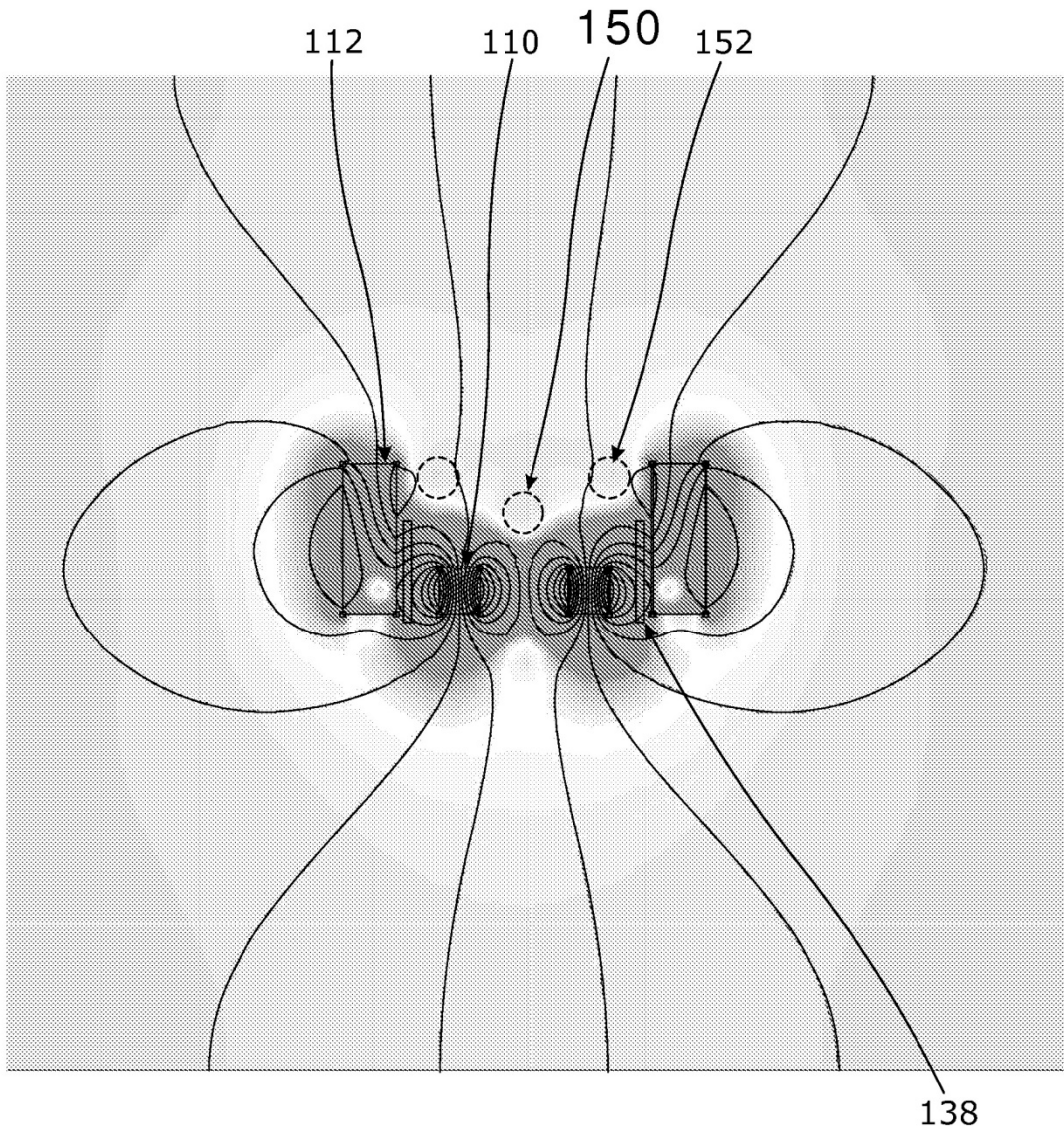


Fig. 3