

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 182**

51 Int. Cl.:

H02J 17/00 (2006.01)
G01R 33/022 (2006.01)
G01V 3/10 (2006.01)
G01R 33/10 (2006.01)
H01F 27/28 (2006.01)
H01F 38/14 (2006.01)
H02J 5/00 (2006.01)
H04B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2012 E 12830255 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2015 EP 2754222**

54 Título: **Detección de objetos extraños en sistemas de transferencia de energía inalámbricos**

30 Prioridad:

09.09.2011 US 201161532785 P

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

02.02.2016

73 Titular/es:

**WITRICITY CORPORATION (100.0%)
57 Water Street
Watertown, MA 02472, US**

72 Inventor/es:

**VERGHESE, SIMON;
KESLER, MORRIS, P.;
HALL, KATHERINE y
LOU, HERBERT, TOBY**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 558 182 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

Detección de objetos extraños en sistemas de transferencia de energía inalámbricos

Antecedentes

Campo:

- 5 Esta divulgación se relaciona con la transferencia de energía inalámbrica y los métodos para detectar escombros de objetos extraños (FOD) en sistemas de transmisión de energía.

Descripción de la técnica relacionada:

- 10 La energía o la potencia se puede transferir inalámbricamente utilizando una diversidad de técnicas radiativas, o de campo lejano, y no radiativas, o de campo cercano como se detalla, por ejemplo, en la solicitud de patente de U.S. de propiedad común 12/613,686 publicada el 6 de mayo de 2010 como 2010/010909445 y titulada "Sistemas de transferencia de energía inalámbricos", la solicitud de patente de Estados Unidos: 12/860,375 publicada el 9 de Diciembre de 2010 como 2010/0308939 y titulada "Estructuras de escudo resonador integrado", la solicitud de patente de Estados Unidos. 13/222,915 publicada el 15 de marzo de 2012 como 2012/0062345 y titulada "Conductor eléctrico de baja resistencia", la solicitud de patente 13/283,811 publicada como y titulada "Multi resonador de transferencia de energía inalámbrica para iluminación".

El modelo de utilidad Alemán No. 20 2009 009693 U1 divulga un dispositivo para transferir inductivamente energía eléctrica a partir una unidad estacionaria que tiene al menos un dispositivo inductivo primario a un vehículo cercano que tiene al menos un dispositivo inductivo secundario con un detector para detectar la presencia de un objeto conductivo dentro de un espacio predeterminado adyacente a la unidad inductiva primaria.

- 20 La aplicación de patente de Estados Unidos. No. 2011/074346 A1 divulga sistemas y métodos de seguridad de un cargador de vehículo inalámbrico utilizando un subsistema de detección, un subsistema de notificación y un subsistema de manejo. El subsistema de detección identifica una condición de seguridad. El subsistema de notificación proporciona una indicación de la condición de seguridad. El subsistema de manejo direcciona la condición de seguridad. En particular, las condiciones térmicas indeseables ocasionadas por los objetos extraños entre un resonador de fuente y un resonador de vehículo son direccionadas detectando temperaturas elevadas, proporcionando una advertencia y cortando la corriente del cargador de vehículo, como apropiado para el ambiente en el cual se despliega el cargador.

- 30 Los sistemas de carga inalámbricos que confían en un campo magnético oscilatorio entre dos resonadores acoplados pueden ser eficientes, no radiativos y seguros. Los objetos no magnéticos y/o no metálicos que son insertados entre los resonadores puede no interactuar sustancialmente con el campo magnético utilizado para la transferencia de energía inalámbrica. En algunas realizaciones, los usuarios de los sistemas de transferencia de energía inalámbrica desean detectar la presencia de estos "objetos extraños" y pueden desear controlar, rechazar, apagar, alarmar, y similares, el sistema de transferencia de energía inalámbrica. Los objetos metálicos y/u otros objetos insertados entre los resonadores pueden interactuar con el campo magnético del sistema de transferencia de energía inalámbrica de una manera que ocasione que los objetos metálicos y/u otros objetos perturben la transferencia de energía inalámbrica y/o calentarla sustancialmente. En algunas realizaciones, los usuarios de los sistemas de transferencia de energía inalámbrica pueden desear detectar la presencia de estos "objetos extraños" y pueden desear controlar, rechazar, apagar, alarmar, y similares, el sistema de transferencia de energía inalámbrica.

- 40 Los Escombros de Objetos Extraños (FOD) posicionados en la vecindad de los sistemas de transmisión de energía inalámbrica pueden ser benignos y/o pueden interactuar con los campos utilizados para la transferencia de energía de una forma benéfica. Los ejemplos de FOD benéfico pueden incluir suciedad, arena, hojas, palillos, nieve, grasa, aceite, agua, y otras sustancias que no pueden interactuar significativamente con un campo magnético de baja frecuencia. En las realizaciones, el FOD puede incluir objetos que pueden interactuar con los campos utilizados para la transferencia de energía inalámbrica de una forma benéfica, pero que pueden estar restringidos de una región muy cercana a los resonadores de los sistemas de transferencia inalámbrica debido al peligro percibido, o fuera de una preponderancia por precaución. Un ejemplo común de este tipo de FOD es un gato que puede desear dormir entre las bobinas de un sistema de carga EV inalámbrico por ejemplo. En las realizaciones, algún FOD puede interactuar con el campo magnético de una manera que pueda perturbar las características de los resonadores utilizados para la transferencia de energía, puede bloquear o reducir lo campos magnéticos utilizados para transferencia de energía, o puede crear un incendio y o riesgo inflamable. En algunas aplicaciones las precauciones especiales pueden ser necesarias para impedir que los objetos metálicos combustibles se vuelvan lo suficientemente calientes para encenderse durante la carga de alta potencia. Algunos objetos metálicos pueden calentarse y tener suficiente capacidad calorífica para ocasionar una quemadura o malestar a una persona que

podría recogerlos a la vez que estos están aún calientes. Los ejemplos incluyen herramientas, bobinas, piezas de metal, latas de refrescos, virutas de acero, envolturas de comida (chicles, hamburguesas, etc.), paquetes de cigarrillos con láminas de metal, y similares.

5 Por lo tanto son necesarios métodos y diseños para detectar y mitigar los efectos del FOD en la vecindad del sistema de transferencia de energía inalámbrica.

Resumen

10 De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, un sistema de detección de desechos de objetos extraños puede medir las perturbaciones en el campo magnético alrededor de los resonadores de un sistema de transferencia de energía inalámbrica utilizando gradiómetros de campo magnético. Los gradiómetros están posicionados dentro del campo magnético de un sistema de transferencia de energía inalámbrica. Los gradiómetros pueden comprender bucles de cable y/o rastros que forman bucles, bucles en figura de 8, y/o estructuras que comprenden un bucle o múltiples bucles que generan una señal eléctrica proporcional a la cantidad de flujo magnético que cruza su superficie. El bucle y/o los bucles pueden estar conectados a un circuito de lectura de impedancia de entrada superior. El circuito de lectura puede medir el voltaje y/o la corriente y/o la fase relativa de los voltajes y/o corrientes en los bucles. En las realizaciones el sistema puede incluir múltiples capas de bucles para aumentar la probabilidad de detección de FOD. En las realizaciones, los bucles pueden estar diseñados para operar sin afectar significativamente las características del sistema de transferencia de energía inalámbrica como los factores de calidad perturbados de los resonadores, la eficiencia de la transferencia de energía, la cantidad de energía transferida, la cantidad de calor generado por el sistema, y similares.

20 De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, se proporciona un sistema de transferencia inalámbrica que comprende un sistema de detección de escombros de objetos extraños. El sistema puede incluir al menos una fuente de transferencia de energía inalámbrica configurada para generar un campo magnético oscilatorio. Los escombros de objetos extraños son detectados por un gradiómetro de campo magnético posicionado en el campo magnético oscilatorio. Los voltajes y/o corrientes de los gradiómetros del campo magnético se pueden medir utilizando la lectura de los circuitos y un bucle de retroalimentación con base en las lecturas de los gradiómetros que pueden ser utilizados para controlar los parámetros de la fuente de energía inalámbrica.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una vista lateral de un resonador con una cubierta de resonador que proporciona una mitigación de FOD pasiva.

30 La Figura 2 muestra dos bucles de alambre que pueden ser utilizados como sensores de campo individual y que pueden estar modelados dentro de un gradiómetro que detecta la diferencia en el flujo magnético capturado por dos sensores de campo individuales.

35 La Figura 3 muestra una configuración de dos lóbulos de dos bucles conductivos pequeños dispuestos para tener dipolos magnéticos opuestos, (tal estructura puede ser denominada cuadrupolo magnético); la 3B muestra una configuración de 4 lóbulos de cuadrupolos magnéticos alineados; la 3C muestra una configuración de 4 lóbulos de cuadrupolos opuestos, algunas veces referidos como un octupolo; y la 3D muestra una configuración de 4 lóbulos que se extienden en una dimensión lineal. Los signos "+" y "-" indican la dirección del dipolo magnético de cada bucle, en un cuadro de referencia relativo.

40 La Figura 4A muestra una formación de detector de FOD que comprende bucles con una forma de cuadrado para lograr un factor de llenado de área; y la 4B muestra una realización con dos formaciones compensadas, una disposición que puede ser usada para eliminar los puntos ciegos.

La Figura 5 muestra un detector de FOD conectado a un circuito de lectura.

La Figura 6 muestra una formación de detectores de FOD conectados al circuito de lectura.

45 La Figura 7 muestra una formación de detectores de FOD conectados al circuito de lectura y a un bucle de sincronización.

La Figura 8 muestra un ejemplo de realización de los bucles detectores de FOD.

La Figura 9A-9C muestra un ejemplo de curvas de medición de voltaje del sensor de gradiómetro de la Figura 8.

La Figura 10 muestra un diagrama de bloques de un sistema de cargador EV de ejemplo.

Descripción detallada

Los métodos para mitigar los riesgos de FOD puede ser categorizados como técnicas de mitigación pasivas y técnicas de mitigación activas. Las técnicas de mitigación pasivas puede ser usadas para impedir que el FOD entre o se quede en las regiones de campo magnético superior. Las técnicas de mitigación pasivas pueden ser menores que las probabilidades del FOD de interactuar peligrosamente con los campos magnéticos. Las técnicas de mitigación activas puede ser utilizadas para detectar y reaccionar a la presencia de FOD.

Técnicas de mitigación pasivas

Las técnicas de mitigación pasivas pueden ser utilizadas para mantener el FOD de entrar en las regiones entre los resonadores o las regiones específicas de campo magnético superior, impidiendo de este modo la interacción del FOD con los campos magnéticos.

A través de realizaciones de ejemplo adicionales, el diseño de una cubierta de resonador en un sistema de transferencia de energía inalámbrico puede proporcionar una técnica de mitigación de FOD pasiva. En las realizaciones el encierro de una fuente y/o un dispositivo y/o un resonador repetidor puede tener la forma para prevenir que el FOD se acerque al área de los resonadores y/o las bobinas de resonador donde el campo magnético puede ser grande. Un encierro de resonador puede estar diseñado para estar curvado, angulado o tener la forma para forzar cualquier FOD en la cubierta para rodar fuera de la cubierta y lejos del resonador y/o de los campos magnéticos superiores. El encierro del resonador puede tener la forma o estar posicionado para permitir que la gravedad tire los objetos lejos de los resonadores. En otras realizaciones los encierros y la posiciones de los resonadores pueden estar diseñados para utilizar otras fuerzas naturales u omnipresentes para mover lejos los FOD. Por ejemplo, la fuerza de las corrientes de agua, el viento, la vibración, y similares pueden ser utilizadas para impedir que el FOD se acumule o permanezca en regiones no deseadas alrededor de los resonadores. En las realizaciones, los resonadores pueden estar dispuestos para ser perpendiculares sustancialmente al suelo así que los objetos no pueden descansar naturalmente y acumularse en los resonadores. En las realizaciones, el encierro del resonador puede incluir una zona de exclusión que proporciona una distancia mínima entre el FOD y los componentes del resonador. La zona de exclusión puede ser suficientemente grande para asegurar que los campos en el exterior de la zona de exclusión sean lo suficientemente pequeños para no ocasionar preocupaciones de seguridad o desempeño.

Un ejemplo de cubierta de resonador que proporciona un grado de protección de FOD pasiva se muestra en la Fig. 1. Un resonador 104 magnético de un sistema de transferencia de energía inalámbrico puede estar rodeado con o encerrado por o ubicado bajo una cubierta 102 conformada. La cubierta 102 puede estar conformada para forzar al FOD 106 de rodar hacia abajo la cubierta 102 debido a la fuerza de gravedad. La forma de la cubierta 102 puede impedir que el FOD 106 se acumule en la parte superior de la cubierta 102 y/o en la vecindad del resonador 104 forzando cualquier FOD a los lados del resonador y/o lejos de la regiones que rodean el resonador donde la magnitud de los campos magnéticos es suficientemente alta para generar una condición peligrosa debido al calentamiento del FOD. En las realizaciones, el FOD puede estar forzado suficientemente lejos de las regiones del campo superior ya que no representa un riesgo de ser calentado y/o encendido por los campos.

En otras realizaciones de ejemplo y no limitantes, una técnica de FOD pasiva puede incluir el dimensionamiento de los resonadores y/o los componentes del resonador para reducir la densidad del campo magnético máximo en cualquier lugar de la región del intercambio de energía inalámbrica por debajo de un límite deseado. En las realizaciones, las bobinas de resonador relativamente grandes pueden ser usadas para mitigar un subconjunto de riesgos de FOD. Para un nivel definido de transferencia de energía el uso de bobinas de resonador grandes puede ser utilizado para reducir la fuerza del campo magnético por unidad de área requerida para transferir una cierta cantidad de energía inalámbricamente. Por ejemplo, la fuerza del campo magnético máxima generada por una fuente puede ser reducida por debajo de un límite donde pueden ser conocido que se produzcan calentamiento u otros riesgos. Las técnicas de mitigación pasivas pueden no siempre ser posibles o prácticas o suficientes. Por ejemplo, la reducción de un peligro de FOD aumentando el tamaño de un resonador puede no ser práctica debido a las restricciones de coste del sistema o al deseo de integrar un resonador dentro de un sistema de un volumen específico. Sin embargo, incluso en aplicaciones donde una técnica pasiva completa puede no ser posible, práctica y/o suficiente, se pueden usar las técnicas de mitigación pasivas, para al menos reducir parcialmente el riesgo FOD y puede ser complementaria a las técnicas de mitigación activas.

Técnicas de mitigación activas

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, una técnica de mitigación activa para el FOD puede incluir un sistema detector que puede detectar objetos metálicos, objetos calientes, perturbaciones en los parámetros del resonador, y/o perturbaciones en las distribuciones del campo magnético.

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, los objetos FOD, tal como objetos metálicos, pueden ser de tamaños, grados, y/o composiciones de material suficientes para perturbar la eficiencia o las capacidades de transferencia de energía de un sistema de transferencia de energía inalámbrico. En tales casos, la presencia de dichos objetos FOD puede ser determinada examinando el cambio en uno o más del voltaje, la corriente, y/o la energía asociada con el resonador de fuente y/o el resonador del dispositivo y/o el resonador repetidor de un sistema de energía inalámbrico. Algunos objetos FOD pueden perturbar los parámetros de los resonadores usados para la transferencia de energía y/o pueden perturbar las características de la transferencia de energía. Un objeto FOD puede cambiar la impedancia de un resonador por ejemplo. De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, estas perturbaciones pueden ser detectadas midiendo el voltaje, la corriente, la energía, la fase, la frecuencia, y similares de los resonadores y la transferencia de energía inalámbrica. Los cambios o desviaciones de los valores esperados o predichos pueden ser utilizados para detectar la presencia de FOD. En una realización de ejemplo, los sensores de FOD dedicados pueden no ser necesarios para detectar y reaccionar al FOD en un sistema de energía inalámbrica. De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, los objetos FOD pueden solo perturbar débilmente la transferencia de energía inalámbrica y pueden no ser detectables sustancialmente monitorizando los parámetros eléctricos de los resonadores y/o las características de la transferencia de energía inalámbrica. Sin embargo, dichos objetos pueden aún crear un peligro. Por ejemplo, un objeto FOD que solo interactúa débilmente con el campo magnético puede aún calentarse sustancialmente. Un ejemplo de un objeto FOD que solo puede interactuar débilmente con el campo magnético pero que puede experimentar un calentamiento significativo es la envoltura de metal de aluminio y papel tal como a menudo se encuentra en la goma de mascar y los paquetes de cigarrillos y como a menudo se usa para envolver la comida de establecimientos de comida rápida tal como Burger King y Kentucky Fried Chicken. Cuando se ubica entre los resonadores de un sistema de carga de vehículo de energía inalámbrica de 3.3-kW, la envoltura de una goma de mascar puede no ser detectable examinando los parámetros asociados con los resonadores y/o el sistema de transferencia de energía. Sin embargo, dicha envoltura puede aún absorber suficiente energía para calentarse rápido y para que el papel eventualmente se queme.

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, un sistema de mitigación activo para el FOD puede comprender sensores de temperatura para detectar puntos calientes, áreas calientes, y/o objetos calientes cerca por el sistema de transferencia de energía inalámbrica. Un sistema puede comprender cualquier número de sensores de temperatura, detectores infrarrojos, cámaras, y similares para detectar una fuente de calor, un gradiente de calor y similares alrededor del sistema de transferencia de energía. En las realizaciones, la detección de un objeto caliente puede ser usada sola o en adición a otras técnicas de mitigación activas y pasivas y puede ser utilizada para mejorar aún más la detección del FOD caliente y/o reducir el régimen de falsa alarma de otros sistemas FOD activos.

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, un sistema de mitigación activo para los objetos FOD que solo perturban débilmente el campo magnético entre dos resonadores puede comprender sensores para medir pequeños cambios en el campo magnético en la proximidad de los objetos FOD. Por ejemplo, una envoltura de goma de mascar de metal de aluminio y papel puede no alterar sustancialmente el flujo magnético entre dos resonadores, pero que podría alterar sustancialmente el flujo magnético a través de una bobina o bucle del sensor mucho más pequeña si este cubre y/o bloquea cualquier porción de la bobina o el área de bucle. En las realizaciones, los disturbios locales en el campo magnético generados por la presencia del FOD pueden ser detectados midiendo los cambios, variaciones, gradientes, y similares del campo magnético, en la vecindad del FOD.

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, un sensor FOD puede hacerse realidad utilizando dos bucles 202, 204 de alambre pequeños como se muestra en la Fig. 2. Tal sensor puede estar ubicado en o cerca de los resonadores utilizados para la transferencia de energía inalámbrica. Durante la operación el sistema de transferencia de energía inalámbrica genera un campo magnético que pasa a través de los dos bucles. Cada bucle individual desarrolla un voltaje proporcional a la cantidad de flujo magnético ensartado dentro de cada bucle 206, 208. La diferencia entre los voltajes desarrollados por los dos bucles es, de primer orden, proporcional al gradiente del campo magnético en proximidad a los bucles. Si los dos bucles están ubicados en una región de campo uniforme y los bucles son sustancialmente similares, entonces la diferencia entre los voltajes desarrollados por los dos bucles puede ser muy pequeña. Si, por ejemplo, una envoltura de goma de mascar está ubicada de manera que cubre parcialmente uno de los bucles pero no el otro, entonces la diferencia en el voltaje desarrollado por los dos bucles será más grande que cuando la envoltura no estaba presente debido a que el papel de aluminio metálico de la envoltura de goma de mascar puede cambiar o absorber algo del flujo magnético que tendría que pasar normalmente a través de ese bucle. En las realizaciones, la salida de los dos bucles puede ser sustraída de cada uno de manera que la combinación de bucles produce una señal pequeña cuando el campo detectado es uniforme sustancialmente, y una señal grande hasta cierto grado cuando hay una gradiente en el campo entre los dos bucles. Cuando los bucles y/o las bobinas están configuradas para generar una señal en la presencia de un gradiente de campo, estos puede estar referidos como están dispuestos como un gradiómetro. Teniendo en cuenta que las señales de los bucles pueden ser sustraídas utilizando un circuito análogo, un circuito digital y/o conectando los

bucles a la vez en una condición específica. La sensibilidad del gradiómetro puede estar relacionada a la magnitud y/o la fase de la diferencia del voltaje entre los dos bucles.

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, la sensibilidad del gradiómetro puede ser ajustada para detectar preferencialmente objetos de un tamaño dado, o por encima de un tamaño dado. La sensibilidad puede ser ajustada para reducir tasas de proporción falsas, para reducir el ruido del sistema de detección, y/o para operar sobre un rango de frecuencias. En las realizaciones el tamaño y la forma de los bucles pueden estar ajustados para ajustar la sensibilidad del gradiómetro. Los bucles pueden estar ajustados para comprender más giros y o para comprender bucles adicionales, tale como cuatro bucles, u ocho bucles por ejemplo. En las realizaciones, los bucles pueden estar posicionados para tener una simetría rotacional o pueden estar dispuestos en una disposición lineal o pueden tener la forma para llenar una región de cualquier tamaño y forma.

En las realizaciones donde la densidad del campo puede no ser uniforme en las ubicaciones donde los gradiómetros pueden estar ubicados y/o donde pueden estar implementados otros gradiómetros y/o diseños de bucles, la presencia de objetos metálicos puede resultar en cambios de amplitud y/o de fase en forma de onda correspondiente a la diferencia entre los dos voltajes de bucle. En las realizaciones, los bucles pueden tener una diversidad de giros. De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, las áreas 206, 208 de bucle pueden ser de un tamaño de acuerdo con la fuerza del campo magnético del sistema de transferencia de energía inalámbrica, la complejidad del sistema y similares. Si el FOD metálico es sustancialmente más pequeño que el área del bucle, solo puede surgir una señal débil cuando el FOD está presente. Esta señal débil puede correr el riesgo de ser abrumada por el ruido o las señales de interferencia. Si el bucle está dimensionado para ser del orden de (por ejemplo dentro de un factor de 3) el tamaño de FOD mínimo a ser detectado, entonces la señal puede ser lo suficientemente grande para la detección con una tasa baja de falsa alarma. En las realizaciones, un gradiómetro de FOD puede comprender uno o más bucles de diferentes tamaños, formas y/o disposiciones. En las realizaciones, un gradiómetro de FOD puede comprender las regiones con un gradiómetro, más de un gradiómetro, o sin gradiómetro.

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, otra forma de medir una gradiente del campo en la vecindad de un objeto metálico puede ser crear una bobina (también referida como un bucle) de una manera que produzca directamente un voltaje que sea proporcional al gradiente local en el campo magnético. Dicha bobina sirve al propósito de dos bobinas representadas en la Fig. 2, pero requiere solo una medida del voltaje. Si, por ejemplo, se fuera a duplicar el área de uno de los bucles representados en la Fig. 2 y luego girarla dentro de una forma de figura de 8 donde cada lóbulo de la figura de 8 tiene aproximadamente un área igual, pero la corriente inducida en cada bucle por el campo magnético recorrido en las direcciones opuestas, entonces el voltaje desarrollado a través de sus dos terminales sería proporcional a la diferencia en el flujo magnético entre los dos lóbulos. La Fig. 3A-3D representa algunas configuraciones de ejemplo de bucles girados que pueden ser capaces de producir directamente un voltaje que sea proporcional al gradiente local en el campo magnético.

Los dos bucles que se muestran en la Fig. 2 puede estar referidos como dipolos magnéticos y los bucles en la Fig. 3A pueden estar referidos como gradiómetros y/o cuadrupolos magnéticos y los bucles en la Fig. 3B como gradiómetros y/o octupolos, respectivamente. La configuración de cuadrupolo puede desarrollar un voltaje proporcional al gradiente del campo magnético en la orientación de izquierda a derecha. Las configuraciones de 4 lóbulos pueden estar configuradas para medir las gradientes del campo (Fig. 3B), y las gradientes de gradientes del campo (Fig. 3C). La Fig. 3D es representativa de las realizaciones donde pueden extenderse múltiples lóbulos a lo largo de una dimensión lineal. En las realizaciones, los multipolos de orden superior con un número par de lóbulos pueden también estar configurados para medir las perturbaciones espaciales al campo magnético. En las realizaciones, los lóbulos representados en la Fig.3A-3D pueden usar múltiples vueltas del conductor.

Cada una de estas configuraciones puede cumplir el objetivo de medir las perturbaciones del campo magnético debido a la presencia de FOD metálico. Las configuraciones con múltiples lóbulos pueden tener una ventaja en cubrir más área sin reducir sustancialmente la probabilidad de detectar FOD de tamaño característico similar a los lóbulos.

Las configuraciones de bucle representadas en la Fig. 2 y la Fig. 3A-3D están representadas como circulares para ilustrar la dirección de la corriente inducida en la presencia de un campo magnético oscilatorio. Los signos de más y de menos indican si la corriente inducida fluye principalmente en el sentido contrario al horario o en el sentido horario. Las formas diferentes a los círculos pueden ser más adecuadas para las formaciones con un factor de llenado de área superior. Los ejemplos incluyen cuadrados, rectángulos, hexágonos, y otras formas que encajen con un espacio intersticial pequeño entre ellas. La Fig. 4A muestra un ejemplo de bobinas con forma de cuadrado donde la formación se asume que se extiende aún más que los que se muestran y que tiene un número igual de bucles más y menos. Los cables de las bobinas pueden estar conectados de manera que las corrientes inducidas fluyan en las direcciones indicadas por los signos más y menos.

Para la configuración que se muestra en la Fig. 4A una pieza simétrica de FOD puede estar ubicada en una posición entre los bucles adyacentes de manera que la perturbación del campo no puede generar una gradiente de campo magnético detectable. Tal "punto ciego" está representado en la Fig. 4A de acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, una segunda capa de bucles formados pueden estar ubicados por encima de una primera capa y puede estar compensada lateralmente como se muestra en la Fig. 4B. La compensación puede ser elegida de manera que los "puntos ciegos" de la primera capa de sensores corresponden a las ubicaciones de detección máxima para la segunda capa. En las realizaciones, la compensación puede ser cualquier compensación que mejore la probabilidad de la detección del FOD relativo a una probabilidad de detección de una sola formación. De esta manera, la probabilidad puede ser reducida de tener puntos ciegos sustanciales donde una pieza de FOD puede no ser detectable. Los esquemas similares de una o más formaciones compensadas pueden lograr aproximadamente la misma ventaja en reducir los puntos ciegos. Las orientaciones de los bucles en múltiples formaciones puede también cambiarse para manejar los campos magnéticos no uniformes.

En las realizaciones los bucles individuales o lóbulos de dipolos, cuadrupolos, octupolos, y similares pueden ser de múltiples tamaños o de tamaños no uniformes. En las realizaciones donde el gradiómetro puede cubrir áreas de campo magnético no uniforme los bucles pueden tener el tamaño para asegurar un voltaje mínimo en la salida de los bucles de gradiómetro cuando no hay FOD presente. Los bucles pueden tener el tamaño de tal manera que un bucle mayor está posicionado en un área de campo magnético débil y los bucles más pequeños están posicionados en las áreas de campo magnético superior. En las realizaciones los bucles pueden tener un tamaño de tal manera que un bucle mayor está posicionado en un área de un campo magnético más uniforme y un bucle más pequeño está posicionado en un área de un campo magnético menos uniforme.

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, una formación de sensores de FOD, puede comprender múltiples tipos de sensores. En las realizaciones, un sensor de FOD puede comprender gradiómetros de dipolo y/o gradiómetros de cuadrupolo y/o gradiómetros de octupolo y así sucesivamente. Algunas áreas del sensor de FOD pueden no comprender gradiómetros. Un sensor de FOD puede comprender sensores de temperatura, sensores de material orgánico, sensores de campo eléctrico, sensores de campo magnético, sensores capacitivos, sensores magnéticos, sensores de movimiento, sensores de peso, sensores de presión, sensores de agua, sensores de vibración, sensores ópticos, o cualquier combinación de sensores.

Procesamiento de detección de FOD activo

Las configuraciones de bobina descritas anteriormente (Fig. 2 a la Fig. 4) pueden desarrollar un voltaje oscilatorio en la presencia de un campo magnético oscilatorio que no es uniforme, debido a, por ejemplo, la presencia de FOD. De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, una lectura de amplificador conectado a una bobina dada puede tener una impedancia de entrada alta. Esta disposición puede impedir que una corriente circulatoria sustancial se desarrolle en la bobina del sensor lo cual podría, sucesivamente, estropear el factor Q de los resonadores usados para la transferencia de energía inalámbrica. En las realizaciones, los bucles, bobinas, gradiómetros y similares pueden estar conectados a los amplificadores y/o filtros y/o convertidores análogo-digitales y/o amplificadores operacionales, y/o cualquier componente electrónico que pueda estar dispuesto para tener una impedancia de entrada alta. En las realizaciones, un sensor de FOD puede comprender un gradiómetro con un componente electrónico de impedancia de entrada alta.

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes, cada par de conductor de cada bobina (gradiómetro) en una formación, puede estar conectado a un amplificador de lectura y/o un convertidor análogo a digital como se muestra en la Fig. 5. Cada conductor 502 de bucle puede estar conectado a un amplificador 506 y/o un convertidor 508 análogo a digital y puede producir una salida 504 que puede ser usada por otros elementos de un sistema de transferencia de energía inalámbrica o como una entrada para un elemento de procesamiento (no se muestra) tal como un microprocesador para almacenar y analizar la salida del gradiómetro.

En otras realizaciones, el voltaje de cada bobina en una formación se puede medir en secuencia o puede ser multiplexado de una forma que permita que menos amplificadores de lectura o convertidores análogo a digital, muestreen la formación como se muestra en la Fig. 6. Una formación de bucles de gradiómetros 602, 604, 606 puede estar conectada a uno o más convertidores 610 digital a análogo. La salida del convertidor 610 digital a análogo puede ser usada por otros elementos del sistema de transferencia de energía inalámbrica o como una entrada para un elemento de procesamiento (no se muestra) tal como un microprocesador para almacenar y analizar la salida del gradiómetro. En las realizaciones, cada par de conductores de un bucle de gradiómetro puede estar conectado a un circuito de filtro activo o pasivo para proporcionar una impedancia de terminación superior a frecuencias muy altas o muy bajas.

El voltaje en una bobina dada puede ser muestreado en incrementos que permitan a un procesador determinar la amplitud y la fase de una forma de onda inducida con respecto a una forma de onda de referencia. En las realizaciones, el voltaje en una bobina dada puede ser muestreado al menos dos veces por período de oscilación

(por ejemplo, a o por encima de la tasa Nyquist). En las realizaciones, el voltaje en una bobina dada puede ser muestreado con menos frecuencia (por ejemplo, en un orden superior de bandas Nyquist). El voltaje de la forma de onda puede ser análogo filtrado o condicionado antes de ser muestreado para mejorar la proporción señal a ruido o para reducir el contenido armónico de las señales de son muestreadas. El voltaje de la forma de onda puede ser filtrado digitalmente o condicionado después del muestreo.

La señal eléctrica de tiempo muestreado de las bobinas de detección de FOD puede ser procesada para determinar la amplitud y la fase con respecto a una señal de referencia. La señal de referencia puede ser derivada del mismo reloj utilizado para excitar los resonadores utilizados para la transferencia de energía inalámbrica.

En algunas realizaciones el sistema de detección de FOD puede incluir una frecuencia, magnitud del campo, y/o bucle 704 y electrónicos 702 de muestreo de fase separados para sincronizar las lecturas del gradiómetro a los campos magnéticos oscilatorios del sistema de transferencia de energía inalámbrica como se muestra en la Fig. 7.

En las realizaciones, la señal de referencia puede ser de un oscilador diferente a una frecuencia diferente.

Un ejemplo de procesamiento de una configuración cuadrupolo de figura de 8 (Fig. 3A) para la detección de FOD puede ser como sigue:

1. Sin FOD presente, recolectar una forma de onda de voltaje de muestreo de tiempo de uno de los bucles en figura de 8
2. Computar la amplitud y la fase del componente de frecuencia fundamental (o de sus armónicos)
3. Almacenar la amplitud y la fase como una referencia de línea base
4. Con FOD presente, recolectar una forma de onda de voltaje del mismo bucle en figura de 8
5. Computar la amplitud y la fase del fundamental (o sus armónicos)
6. Comparar la amplitud y la fase a la referencia
7. En un gráfico polar (o en un espacio de amplitud y fase), si la distancia entre la señal y la referencia excede un límite predeterminado, declarar una detección de FOD.

En las realizaciones, el procesamiento de la señal puede ser llevado a cabo utilizando circuitos electrónicos análogos, electrónicos digitales o ambos. En las realizaciones, las señales de los sensores múltiples pueden ser comparadas y procesadas. En las realizaciones, los sensores FOD pueden residir en solo uno o en todos, o algunos de los resonadores en un sistema de transferencia de energía inalámbrica. En las realizaciones, las señales de los sensores de FOD en diferentes resonadores pueden ser procesadas para determinar la presencia de FOD y/o para dar información de control al sistema de energía inalámbrico. En las realizaciones, la detección de FOD puede ser controlablemente encendida y apagada. En las realizaciones, la detección y el procesamiento de FOD pueden ser utilizados para controlar la frecuencia del sistema de transferencia de energía inalámbrica, el nivel de energía transferido por el sistema de energía inalámbrico, y/o el período de tiempo cuando la transferencia de energía inalámbrica está habilitada y/o deshabilitada. En las realizaciones, los detectores de FOD pueden ser parte de un sistema de reporte que puede reportarle a un usuario del sistema que el FOD está presente y/o que puede reportar a sistemas de nivel superior que el FOD está presente o no está presente. En las realizaciones, un sistema de detección de FOD puede comprender una "capacidad de aprendizaje" que puede ser utilizado para identificar ciertos tipos de FOD que puede comprender el sistema y/o la retroalimentación del sistema para categorizar los tipos de FOD como inofensivo, en peligro de calentamiento, no permitido por otras razones, y similares.

De acuerdo con las realizaciones de ejemplo y no limitantes el procesamiento puede estar incrustado dentro de un subsistema de detección de FOD o los datos pueden ser enviados de vuelta al procesador central. El procesamiento puede comparar las formas de onda del voltaje recolectadas con las formas de onda de referencia y buscar los cambios estadísticamente significativos. Aquellos con habilidades en la técnica entenderán que las formas de onda pueden ser comparadas en amplitud y fase, componentes I o Q, componentes de seno o coseno, en un plano complejo, y similares.

Realizaciones de detección de FOD activo de ejemplo

Se describen a continuación dos realizaciones específicas y no limitantes de los sistemas de detección de FOD que fueron fabricados. Los datos han sido recolectados de ambas realizaciones que las muestran trabajando como detectores de FOD.

En la primera realización un cable atado formó un bucle en figura de 8 que forma un cuadrupolo como se muestra en la Fig. 8 con un cable más largo entre los dos bucles (gradiómetro 1). La segunda realización fue diseñada como se muestra como el gradiómetro 2 en la Fig. 8. Los bucles de figura de 8 son de aproximadamente 5 cm de largo. La Fig. 9A-9C muestra las formas de onda de voltaje recolectado de los dos sensores ubicados en la parte superior de una fuente de energía inalámbrica entre los resonadores para un sistema de transferencia de energía inalámbrica de

3.3-kW, cuando el sistema entrega 3.3 kW a una carga. La Fig. 9A muestra el voltaje residual pequeño (-30 mVrms) en los dos gradiómetros representados en la Fig. 8. El voltaje residual es debido a una combinación del campo magnético no uniforme, con leves variaciones en el área del lóbulo, e interferencia eléctrica. Los resultados de los gradiómetros #1 y #2 están trazados como la curva 904 y la curva 902, respectivamente. Cuando la hoja de papel de aluminio metálica de una goma de mascar está ubicada en el lóbulo derecho del gradiómetro #2, se bloquea algún flujo y aumenta una amplitud sustancial y un cambio leve de fase se observa en la Fig. 9B, curva 902. Inversamente, cuando la hoja de aluminio se mueve a la izquierda del lóbulo del gradiómetro #2, la amplitud se mantiene igual pero la fase cambia por 180° como se muestra en la Fig. 9C. Estos cambios en las lecturas de fase y amplitud pueden ser usados para detectar la presencia de FOD en los sensores.

- 5
- 10 Una realización de los sensores de figura de 8 si se fabrica utilizando técnicas de placa de circuito impreso (PCB) para darse cuenta de las bobinas o bucles de los sensores. Esta realización puede tener ventajas que incluyen bajo coste, alto factor de llenado (ya que los bucles pueden estar hechos dentro de cualquier forma y fácilmente cubiertos utilizando técnicas de procesamiento PCB estándar), uniformidad elevada, reproductibilidad elevada, tamaño pequeño y similares. Un factor de llenado superior fue obtenido utilizando bucles rectangulares cubiertos por una
- 15 formación de 16 canales de sensores de 8 figuras individuales. Los bucles impresos que eran de alta uniformidad resultan en lecturas de línea de base pequeñas (y lisas) de los sensores donde no hay FOD presente.

Otras realizaciones

- 20 En las realizaciones los sensores de gradiómetro descritos anteriormente pueden estar combinados con otros tipos de sensores de FOD para mejorar la probabilidad de detección y reducir las falsas alarmas (el sistema detecta el FOD cuando no hay FOD presente). Por ejemplo, una formación de sensores de temperatura puede estar integrada dentro del montaje del resonador. Si una pieza de FOD comienza a calentarse, perturbaría la distribución de temperatura espacial normalmente esperada. Esta desviación puede ser usada para enviar una alarma al controlador del sistema. En las realizaciones, el sensor de temperatura puede ser usado sólo o en combinación con un sensor de objetos de metal y/o este puede ser usado como un apoyo o sensor de confirmación al sensor del objeto metálico.
- 25

- Los seres vivos tales como las mascotas pueden ser difíciles de detectar. En general, estos no pueden interactuar de una manera sustancial con el campo magnético. Además, los seres vivos pueden no calentarse apreciablemente cuando están expuestos a campos magnéticos. Sin embargo, puede ser necesario apagar un sistema de energía inalámbrico si los seres vivos se entrometen dentro de los campos magnéticos o ciertas fuerzas del campo. Los límites de la fuerza del campo pueden ser dependientes de la frecuencia y pueden estar basados en los límites regulatorios, límites de seguridad, límites estándar, límites de percepción pública, y similares. En las realizaciones, un sensor dieléctrico mide los cambios en la franja de capacitancia de un conductor tal como un cable largo puede detectar la proximidad de seres vivos. En las realizaciones, este tipo de sensor puede ser usado durante pruebas de diagnóstico, antes de la transferencia de energía inalámbrica, y durante la transferencia de energía inalámbrica.
- 30

35 Aplicaciones a la carga de vehículos

La detección de FOD puede ser una precaución de seguridad importante en muchos tipos de sistemas de transferencia de energía inalámbrica. Para el ejemplo de un sistema de carga de un coche de 3.3-kW, un ejemplo de una realización es el siguiente.

- 40 Un diagrama de bloques de un Sistema de Cargador EV de ejemplo se muestra en la Fig. 10. El sistema puede estar posicionado dentro de un Módulo de Fuente y un Módulo de Dispositivo. El Módulo de Fuente puede ser parte de una estación de carga y el Módulo de Dispositivo puede estar montado dentro de un vehículo eléctrico. La energía es transferida inalámbricamente a partir de la Fuente al Dispositivo a través de los resonadores. Un control de bucle cerrado de la energía transmitida se puede llevar a cabo a través de un vínculo de comunicaciones RF en-banda y/o fuera de banda entre la Fuente y los Módulos de Dispositivo.

- 45 Un sistema detector de FOD (no se muestra) puede estar integrado dentro del sistema en una variedad de lugares. En las realizaciones, los sistemas FOD pueden estar integrados dentro del Módulo de Fuente, dentro del resonador de fuente, dentro de las cubiertas o encierros del resonador de fuente y similares. En otras realizaciones, los sistemas de FOD pueden estar integrados en el lado dispositivo del sistema. En otras realizaciones, los sistemas FOD pueden estar implementados en ambos lados de la fuente y el dispositivo del sistema de transmisión de energía. En las realizaciones, el sistema de detección FOD puede incluir múltiples sensores y un procesador con un algoritmo de discriminación. El procesador puede estar conectado a una interfaz que funciona como una unión en los electrónicos de control de la Fuente. Otros sistemas de detección de FOD pueden estar conectados a los sistemas de carga a través de una interfaz adicional o a través de una interfaz externa. Un I/O local en cada módulo puede proporcionar una interfaz para el manejo del nivel del sistema y funciones de control en un sistema de energía
- 50
- 55 inalámbrica que utiliza detección FOD.

5 El resonador de fuente en un sistema de carga de vehículo (3.3+ kW) de alta potencia puede tener su más alta densidad del campo magnético cerca de los límites de los bobinados y, opcionalmente, cualquier material magnético. En esta área, una formación que comprende múltiples canales de bobinas de figura 8 doble con lóbulos con forma de rectángulos pueden protegerla contra el calentamiento inadvertido o el FOD metálico. La formación puede estar fabricada en un PCB y puede tener un filtrado integrado y un acondicionamiento de señal incluido en el tablero. Un segundo PCB de diseño equivalente puede estar posicionado levemente por encima del primer PCB y trasladado lateralmente en la forma descrita en la Fig. 4B. Un algoritmo como el que se describió anteriormente puede ejecutarse en un procesador a bordo cuya salida puede ser transmitida a un controlador del sistema. El controlador del sistema puede comparar la salida del detector de FOD metálico a las salidas de detectores FOD adicionales, como aquellos que miden los perfiles de temperatura o cambios dieléctricos. El sistema puede entonces decidir rechazar o apagar el sistema si se detecta FOD.

Algunos modos de operación posibles de un sistema de detección de FOD son los siguientes:

- 15 • Pruebas de diagnóstico de baja potencia pueden ser llevadas a cabo sin la presencia del vehículo para verificar la salud y el estado de la estación de carga (infrecuente) y para verificar por FOD antes que un vehículo conduzca sobre la fuente (más frecuente).
 - Después que el vehículo llegue y esté posicionado sobre el módulo de fuente, pero antes de la carga de alta potencia, el detector de FOD puede verificar que la fuente está todavía libre de FOD.
 - Durante la carga de alta potencia el detector de FOD puede verificar que no se ha movido FOD adicional dentro de la bobina.
- 20 Se señala también, que las técnicas descritas aquí pueden ser aplicadas a cualquier sistema de energía inalámbrico que transmita energía utilizando campos electromagnéticos. En los casos donde se han descrito resonadores de fuente y de dispositivo de sistemas de energía inalámbrica de alta resonancia, alguien con habilidades en la técnica entenderá que los mismos sensores, detectores, algoritmos, subsistemas, y similares podrían ser descritos para sistemas inductivos que utilizan bobinas primarias y secundarias.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de detección de escombros de objetos extraños para un sistema de transferencia de energía inalámbrico que comprende:
- 5 al menos un sensor (202; 204; 502; 602; 604; 606) de campo magnético, y
- al menos un circuito (506; 508; 608; 610) de lectura configurado para medir los parámetros eléctricos de al menos un sensor (202; 204; 502; 602; 604; 606) de campo magnético,
- 10 en donde el al menos un sensor (202; 204; 502; 602; 604; 606) de campo magnético está posicionado dentro del campo magnético del sistema de transferencia de energía inalámbrica,
- caracterizado porque
- 15 el al menos un sensor (202; 204; 502; 602; 604; 606) de campo magnético comprende al menos un gradiómetro de campo magnético.
2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el al menos un gradiómetro de campo magnético comprende un bucle conductivo cuadrupolo y/o un bucle conductivo octupolo en figura de 8.
- 20 3. El sistema de la reivindicación 1, en donde el al menos un circuito (506; 508; 608; 610) de lectura tiene una impedancia de entrada seleccionada para impedir que las corrientes circulen en un bucle conductivo de el al menos un gradiómetro de campo magnético.
- 25 4. El sistema de la reivindicación 2, en donde el al menos un gradiómetro de campo magnético comprende un bucle conductivo cuadrupolo en figura de 8, en donde el bucle conductivo cuadrupolo en figura de 8 está impreso en una placa de circuito y el bucle conductivo cuadrupolo en figura de 8 es rectangular.
- 30 5. El sistema de la reivindicación 2, que comprende una formación de bucles de gradiómetro posicionados en el campo magnético del sistema de transferencia de energía inalámbrica.
6. El sistema de la reivindicación 5, en donde la formación de los bucles de gradiómetro comprende capas múltiples de bucles de gradiómetro compensados y superpuestos.
- 35 7. El sistema de la reivindicación 3, en donde el al menos un gradiómetro de campo magnético comprende una diversidad de bucles de gradiómetro, y en donde el al menos un circuito de lectura está multiplexado entre la diversidad de bucles de gradiómetro.
- 40 8. El sistema de la reivindicación 1, en donde el al menos un gradiómetro de campo magnético comprende un bucle que define un área del gradiómetro, y en donde el área del gradiómetro es al menos el doble de grande como un área transversal de un escombros de objeto extraño más pequeño (FOD) que va a ser detectado.
9. Un sistema de transferencia de energía inalámbrico, que comprende: el sistema de detección de escombros de objetos extraños de la reivindicación 1;
- 45 al menos una fuente de transferencia de energía inalámbrica configurada para generar un campo magnético oscilatorio; y
- un bucle de retroalimentación configurado para controlar los parámetros de la al menos una fuente de transferencia de energía inalámbrica en respuesta a los parámetros eléctricos medidos de el al menos un sensor de campo magnético,
- 50 en donde el al menos un gradiómetro de campo magnético está posicionado en el campo magnético oscilatorio.
10. El sistema de transferencia de energía inalámbrico de la reivindicación 9, que comprende además al menos un sensor de temperatura posicionado para medir una temperatura alrededor del sistema de transferencia de energía inalámbrico.
- 55 11. El sistema de transferencia de energía inalámbrico de la reivindicación 9, en donde el bucle de retroalimentación está configurado para apagar la transferencia de energía por la al menos una fuente de transferencia de energía inalámbrica con base en los parámetros eléctricos medidos de el al menos un gradiómetro de campo magnético.

5 12. El sistema de transferencia de energía inalámbrico de la reivindicación 9, en donde el al menos un sensor de campo magnético comprende una formación de gradiómetros de campo conectados a el al menos un circuito (506, 508; 608, 610) de lectura, y en donde el al menos un circuito de lectura (506, 508; 608, 610) está configurado para medir un voltaje de los bucles de la formación de los gradiómetros de campo.

10 13. El sistema de transferencia de energía inalámbrico de la reivindicación 12, en donde el al menos un circuito (506, 508; 608, 610) de lectura está configurado para medir una fase del voltaje de los bucles de la formación de gradiómetros de campo.

14. El sistema de transferencia de energía inalámbrico de la reivindicación 13, que comprende además un bucle de detección de campo para sincronizar el al menos un circuito (506, 508; 608, 610) de lectura con una frecuencia del campo magnético oscilatorio generado por la al menos una fuente de transferencia de energía inalámbrica.

Fig. 1

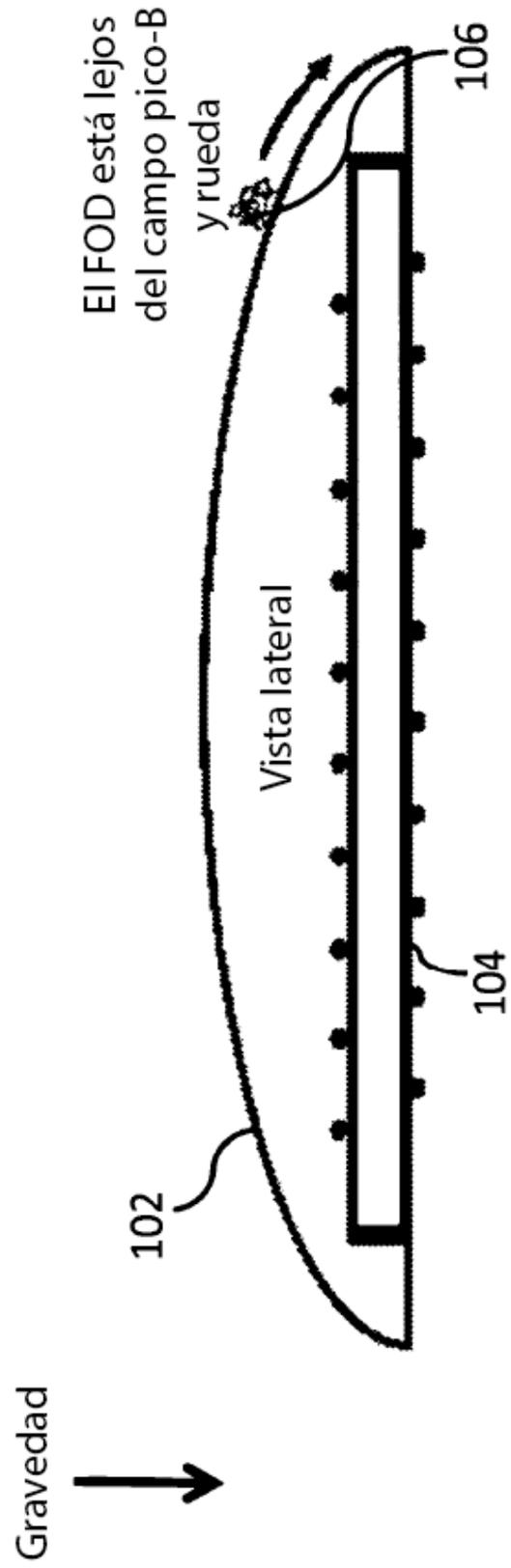


Fig. 2

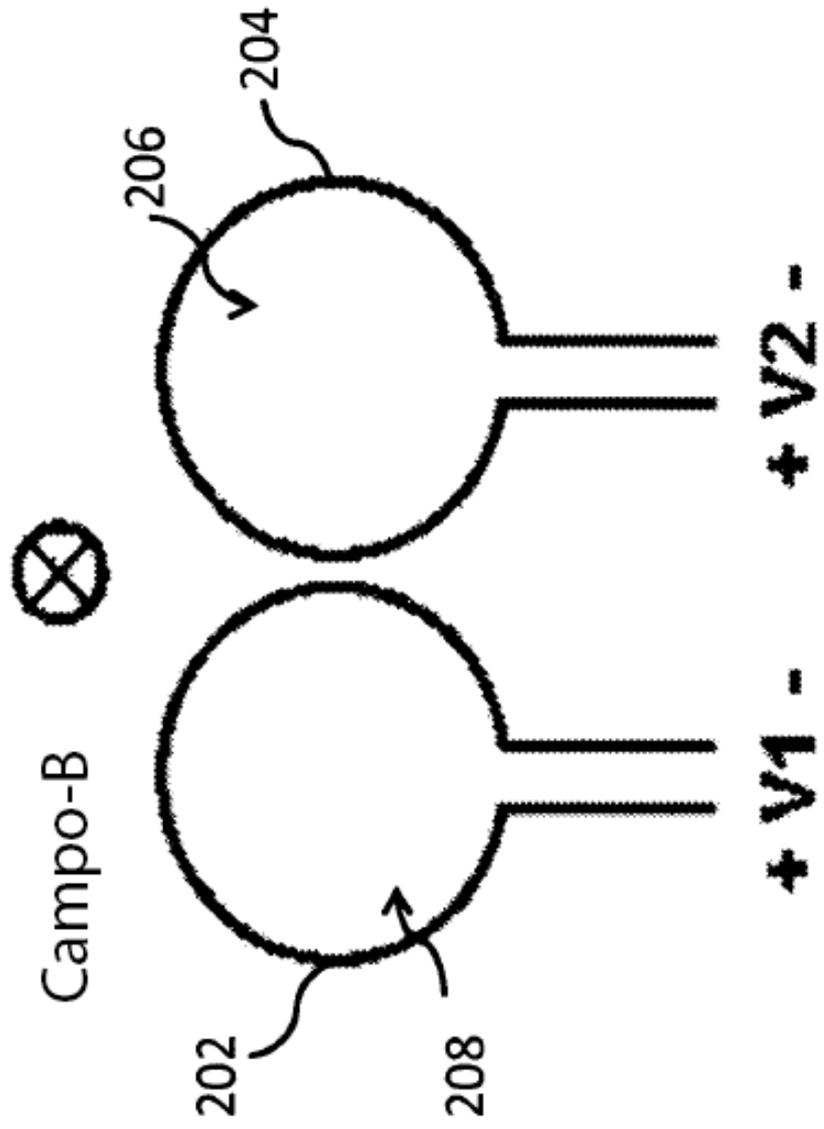


Fig. 3B

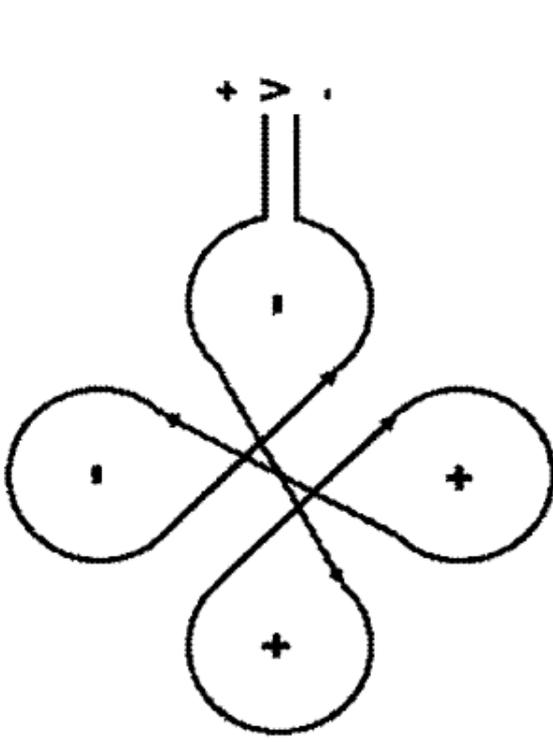
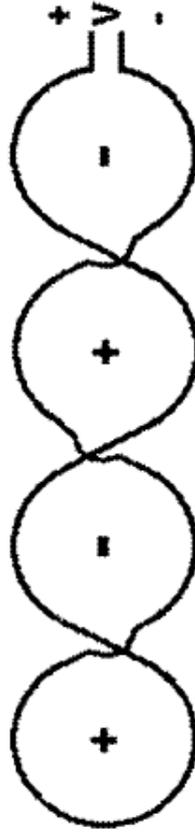


Fig. 3D



Campo-B ⊗

Fig. 3A

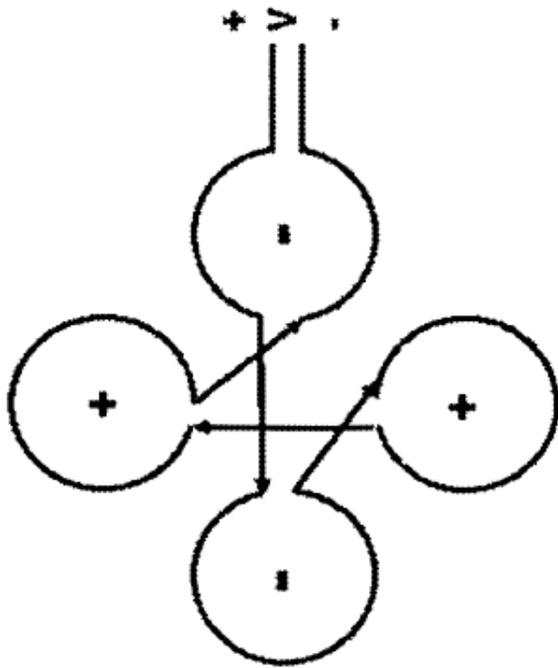
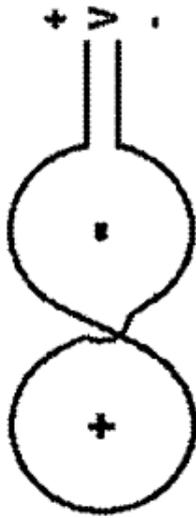


Fig. 3C

Fig. 4A

Campo-B ⊗

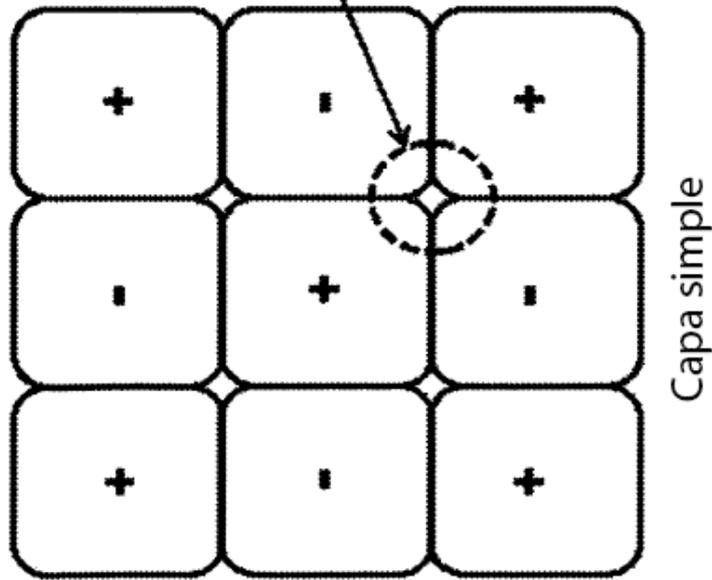


Fig. 4B

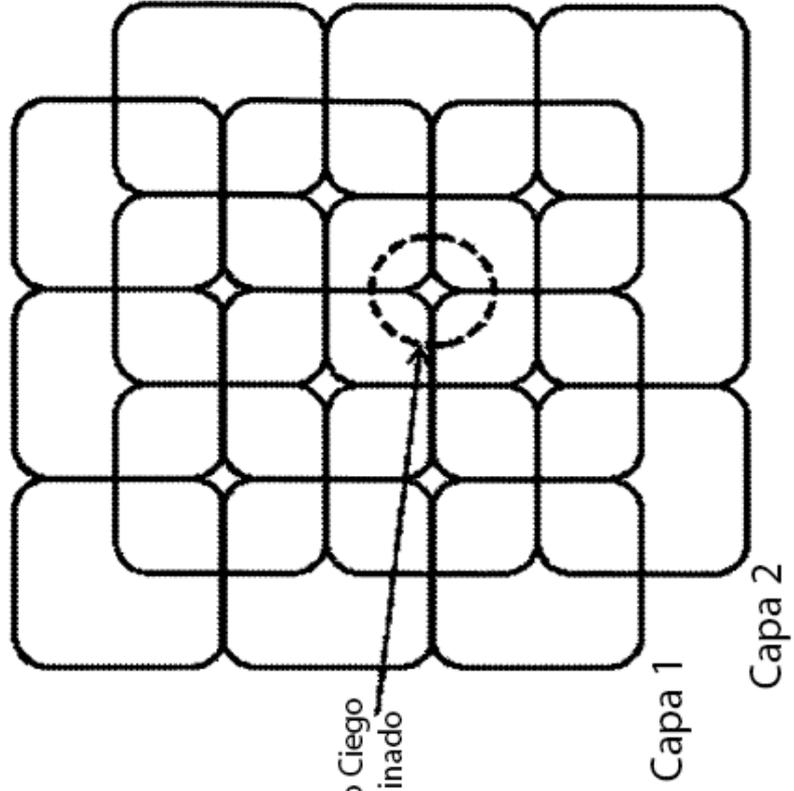


Fig. 5

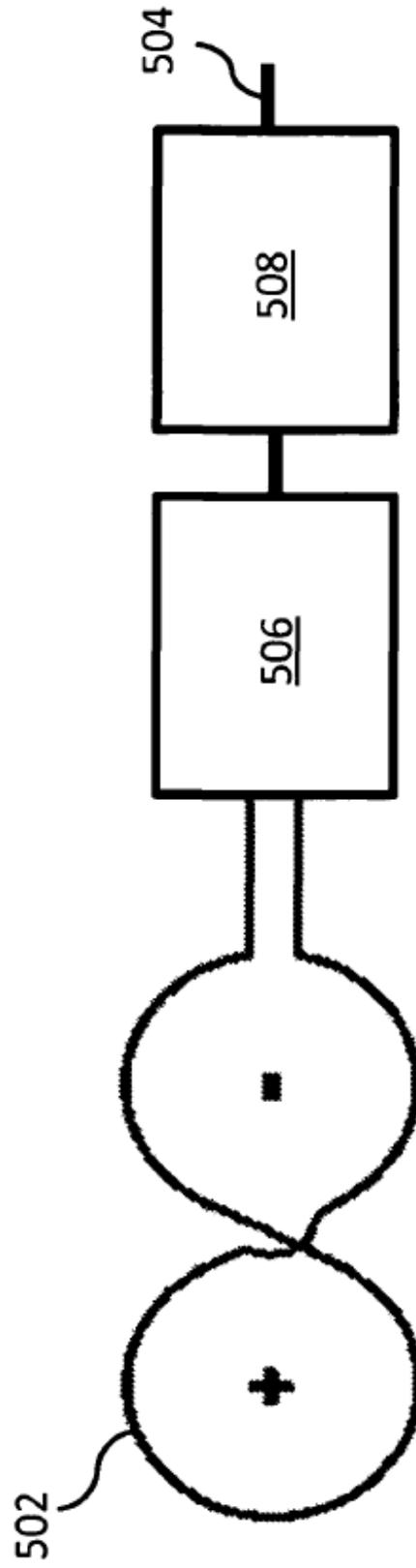
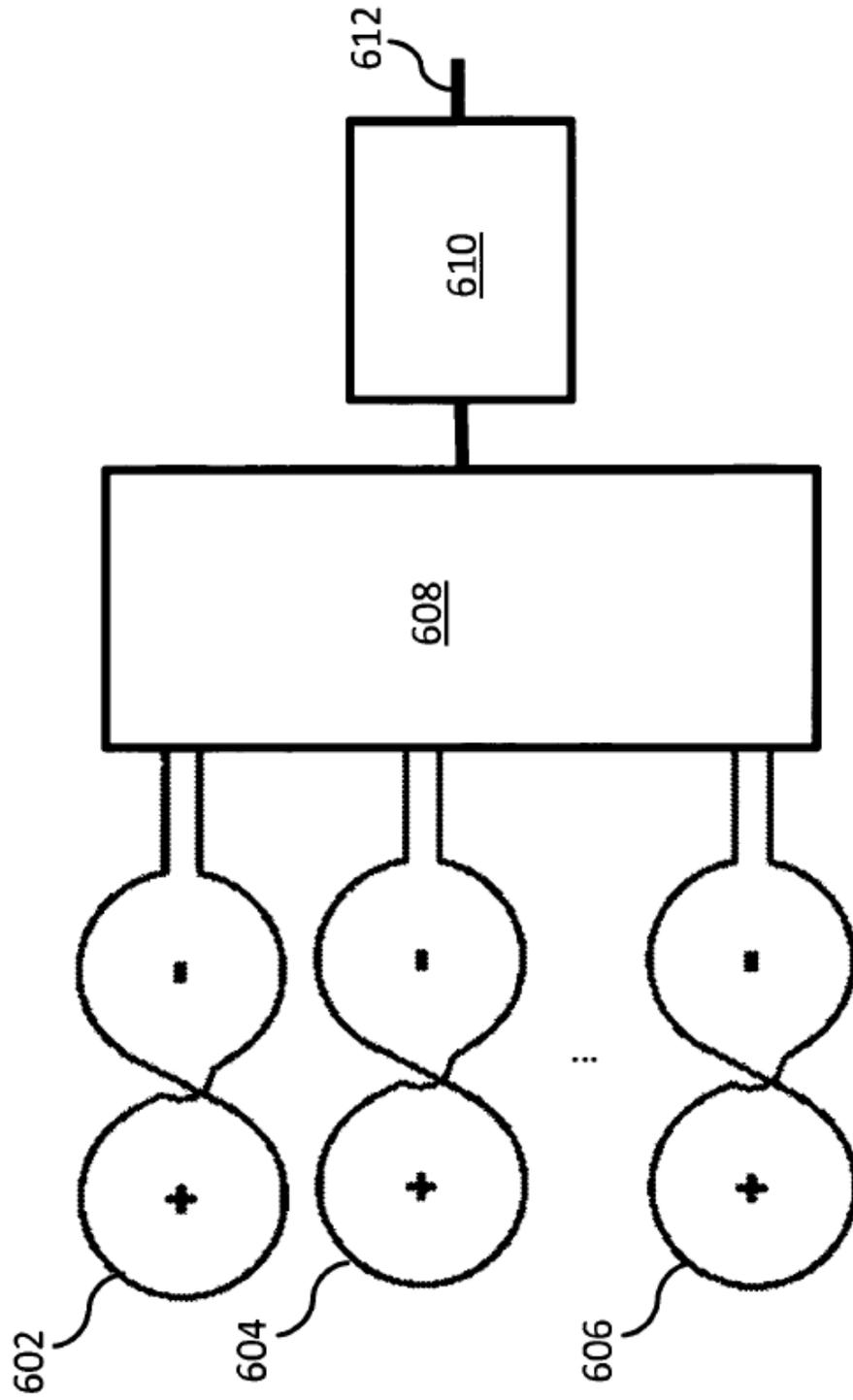


Fig. 6



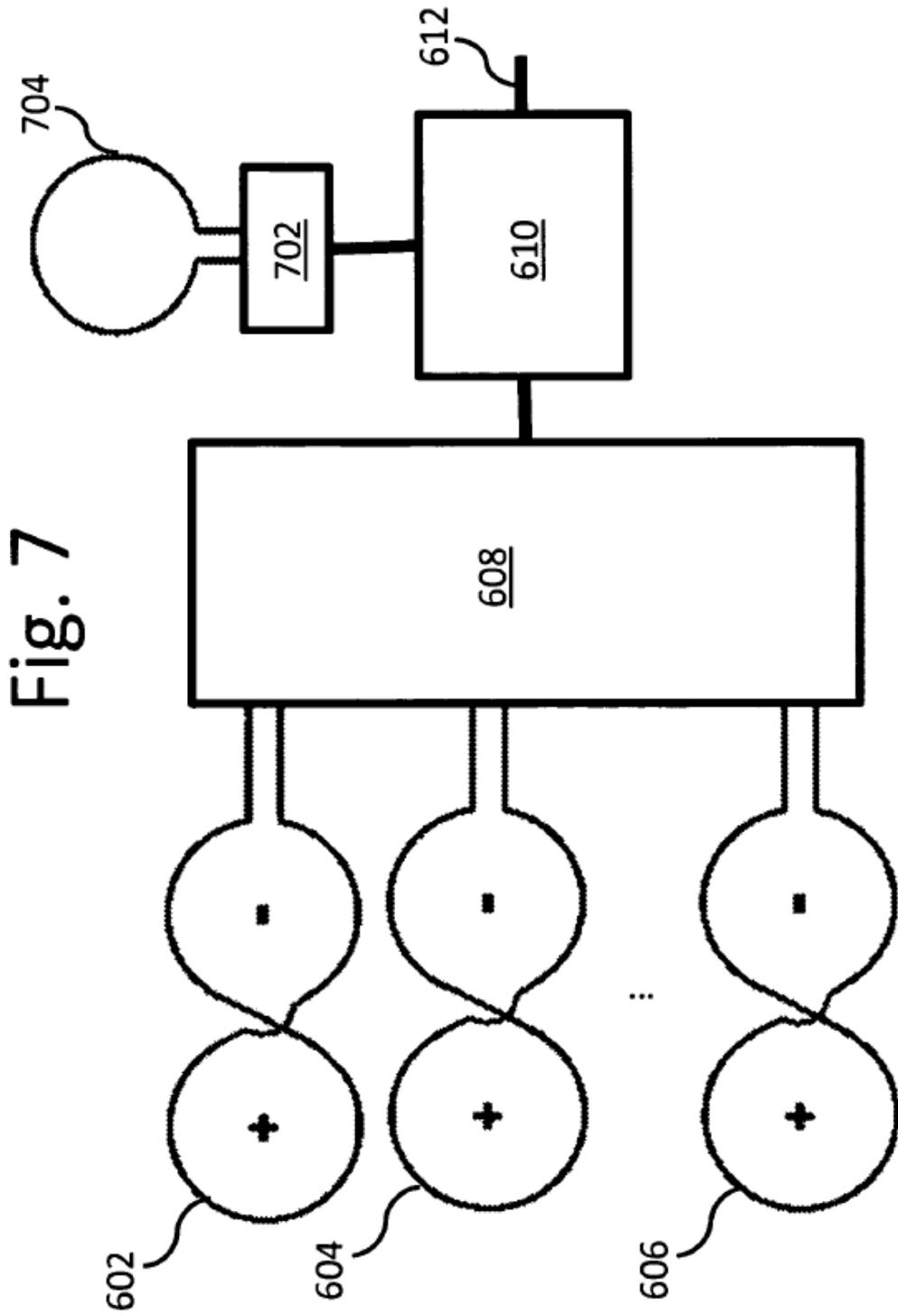
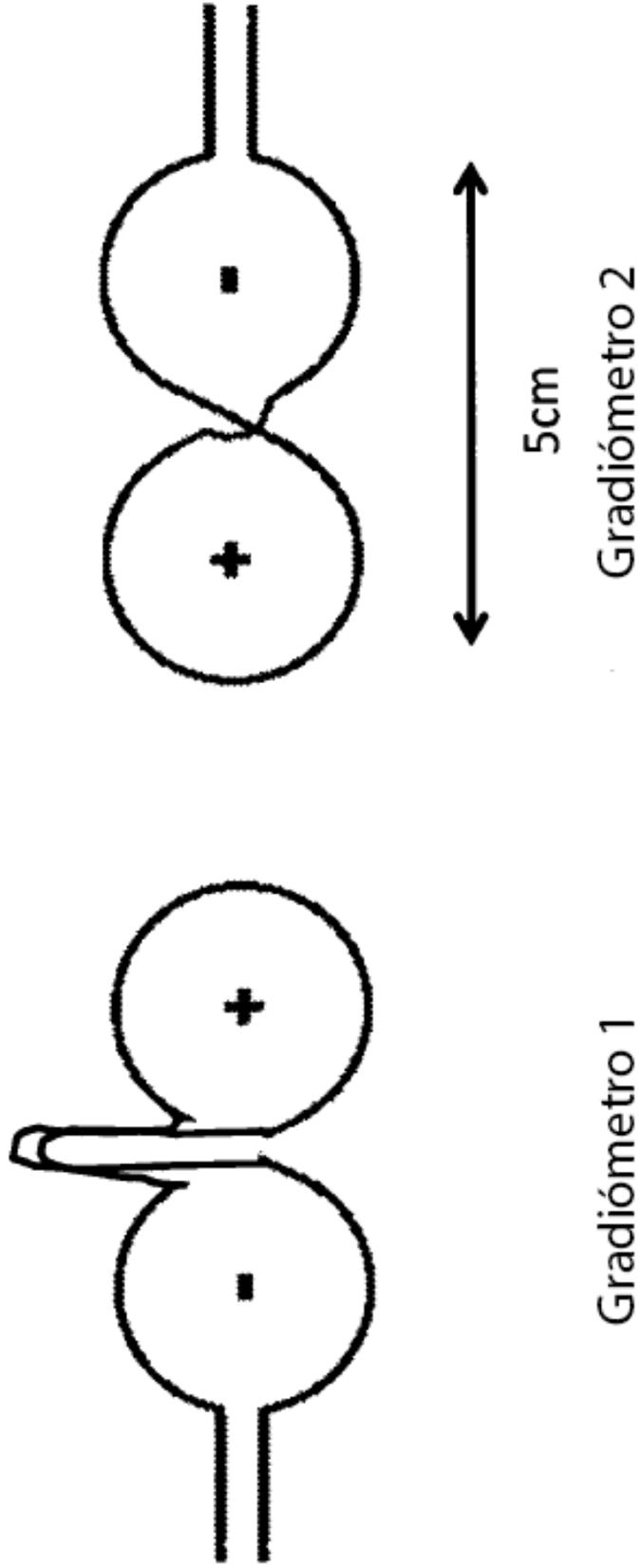


Fig. 8



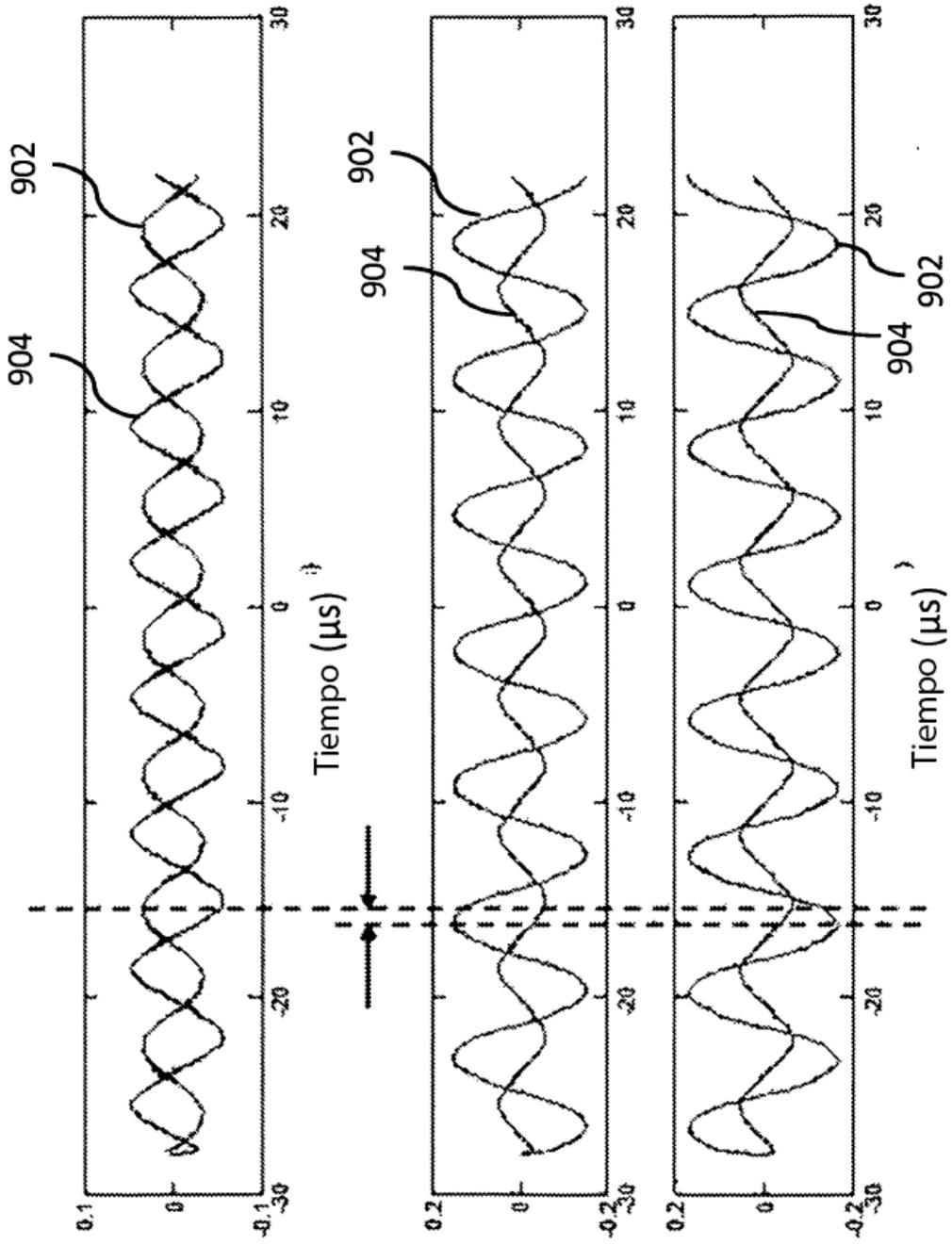


Fig. 9A >

Fig. 9B >

Fig. 9C

Fig. 10

