

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **3 010 359**

(51) Int. Cl.:

H01F 38/14 (2006.01)
H01F 5/00 (2006.01)
H01F 27/28 (2006.01)
H01F 27/36 (2006.01)
H04B 5/79 (2014.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2018 E 21203177 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2024 EP 3968346**

(54) Título: **Conjunto de bobina de perfil delgado de transferencia inalámbrica de energía**

(30) Prioridad:

30.05.2017 US 201762512544 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.04.2025

(73) Titular/es:

**INDUCTEV INC. (100.00%)
660 Allendale Road
King of Prussia, PA 19406, US**

(72) Inventor/es:

**LONG, BRUCE, RICHARD;
DAGA, ANDREW, W.;
WOLGEMUTH, JOHN, M.;
SCHRAFEL, PETER, C.;
COHEN, BENJAMIN, H.;
KEENER, MOSES, M. y
MCMAHON, FRANCIS, J.**

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 010 359 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

Conjunto de bobina de perfil delgado de transferencia inalámbrica de energía

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 La presente solicitud reivindica prioridad de la solicitud provisional de patente de EE.UU. No. 62/512,544, presentada el 30 de mayo de 2017.

Campo técnico

10 Esta solicitud de patente describe un conjunto de bobina de transferencia de energía inalámbrica en lo que respecta a carga inalámbrica mediante el uso de inducción resonante magnética. El conjunto de bobina de transferencia de energía inalámbrica descrito en el presente documento se puede utilizar como parte del aparato de transferencia inalámbrica de energía emisor o como parte del receptor.

Antecedentes

15 La carga inalámbrica por inducción resonante utiliza un transformador de núcleo de aire que consta de dos bobinas concéntricas desplazadas a lo largo de un eje común de las bobinas. La energía eléctrica se envía del aparato emisor al aparato receptor por medio de un acoplamiento de flujo magnético entre las dos bobinas de transferencia. Una corriente alterna de alta frecuencia que fluye por la bobina primaria induce una corriente alterna en la bobina secundaria.

20 Como la frecuencia de funcionamiento de transferencia inalámbrica de energía es significativamente mayor que la frecuencia de la línea, típicamente 20 kHz y mayor, el cable sólido tiene pérdidas de CA significativamente elevadas con respecto a la corriente continua debido al efecto pelicular. Para limitar la resistencia a la CA, los conductores de las bobinas de transferencia inalámbrica de energía generalmente se implementan como múltiples conductores de pequeño diámetro, aislados independientemente y conectados en paralelo, generalmente agrupados en una configuración de cableado trenzado. El hilo de este tipo se conoce como hilo de Litz. El hilo de Litz tiene varias desventajas en esta aplicación. El hilo de Litz tiene una baja utilización del área de la sección transversal debido al espacio vacío entre los hilos individuales y también debido a la porción significativa de la sección transversal ocupada por el aislamiento de los hilos individuales. El aislamiento y los volúmenes de espacio vacío dificultan la evacuación del calor del interior del haz de Litz. Por último, el hilo de Litz es caro y las operaciones de ensamblaje que involucran al hilo de Litz, especialmente el conformado del hilo y la fijación de conectores, requieren mucha mano de obra.

25 Se desea un método para diseñar y construir bobinas de transferencia de inducción resonante que evite el uso desventajoso de hilo de Litz.

30 El documento US 2013/222101 A1 se refiere a un componente de bobina que incluye: una capa de resina aislante proporcionada entre un primer conductor en espiral plano conformado en una superficie posterior de un primer sustrato y un segundo conductor en espiral plano conformado en una superficie posterior de un segundo sustrato; un núcleo superior que cubre un tercer conductor en espiral plano conformado en una superficie frontal del primer sustrato sobre el cual se conforma la capa de resina aislante; y un núcleo inferior que cubre un cuarto conductor en espiral plano conformado en una superficie frontal del segundo sustrato sobre el cual se conforma la capa de resina aislante. De forma similar, el documento EP 3016231 A1 describe un dispositivo de transmisión de energía que tiene una superficie, una parte de la cual define un plano de transmisión de energía. El dispositivo es adecuado para la carga inalámbrica de dispositivos móviles dentro de vehículos. El dispositivo incluye: una estructura de bobina de transmisión de energía que incluye 2N bobinas planas laminadas en una dirección perpendicular al plano de transmisión de energía y que transmiten energía de CA de forma inalámbrica a un dispositivo receptor de energía a través del plano de transmisión de energía y que están dispuestas en un lado hacia el plano de transmisión de energía; y una sustancia magnética dispuesta en un lado de la bobina de transmisión de energía opuesto al plano de transmisión de energía, donde las 2N bobinas planas constituyen grupos de bobinas que incluyen un grupo de bobinas en el que una i-ésima bobina plana más cercana al plano de transmisión de potencia de las 2N bobinas planas y la i-ésima bobina plana más cercana a la sustancia magnética de las 2N bobinas planas están conectadas en serie, y los grupos de bobinas están conectados en paralelo entre sí. El documento US 2015/077208 A1 describe una bobina en espiral de trazas paralelas que comprende una pluralidad de trazas metálicas conectadas en paralelo y aisladas eléctricamente con un alto factor Q para uso en implantes biomédicos.

Compendio

50 La invención es una bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Una bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante incluye una placa de circuito impreso respaldada por una capa de material magnético de ferrita de guiado de flujo dentro de una envuelta resistente a la intemperie. Componentes adicionales incluyen condensadores de resonancia, rectificadores y filtros de ondulación post-rectificación que se incluyen en la envuelta resistente a la intemperie. Las múltiples trazas individuales

independientes de la placa de circuito impreso corresponden a los múltiples conductores de hilo de Litz independientes presentes en las bobinas de transferencia convencionales. La anchura de la traza se selecciona para minimizar las corrientes parásitas y los efectos de proximidad de los conductores. El patrón de traza general asegura la compartición de corriente entre múltiples trazas. El inductor en espiral plano resultante descrito en el presente documento tiene baja resistencia a la CA y puede fabricarse de manera fácil y económica como una placa de circuito impreso convencional.

Las realizaciones de muestra incluyen una bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante que incluye un segundo apilamiento de bobina de $2n$ capas, donde n es un número entero positivo. El apilamiento de $2n$ capas incluye un dieléctrico conectado para operar en un modo diferencial y que tiene un primer lado y un segundo lado, un primer patrón de conductores que incluye una primera pluralidad de conductores enrollados en una espiral en el primer lado del dieléctrico para proporcionar un conductor de camino de corriente de ida y un segundo patrón de conductores que comprende una segunda pluralidad de conductores enrollados en una espiral en el segundo lado del dieléctrico para proporcionar un conductor de camino de corriente de retorno. El segundo patrón de conductores está alineado con el primer patrón de conductores por lo que el segundo patrón de conductores refuerza el flujo magnético generado por el primer patrón de conductores. Los patrones de conductores primero y segundo se colocan uno con respecto del otro de manera que proporcionen transmisión de flujo en una misma dirección y se selecciona una capacitancia entre cada capa del apilamiento de capas de forma que el apilamiento de $2n$ capas es unto-resonante a la frecuencia de auto-resonancia designada $f_r = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ que se va a usar para transferencia de energía inalámbrica con otra bobina de energía inalámbrica de un aparato de transferencia de energía inalámbrico, donde L = inductancia de bobina equivalente del apilamiento de la bobina de $2n$ capas y C = capacitancia equivalente del apilamiento de boina de $2n$ capas. El apilamiento de bobina de $2n$ capas se caracteriza porque los patrones primero y segundo no están directamente eléctricamente conectados.

El dieléctrico puede comprender una placa de circuito impresa que tiene un primer y un segundo lado, comprendiendo el primer patrón de conductores una primera pluralidad de conductores enrollados en una espiral en el primer lado de la placa de circuito impreso y comprendiendo el segundo patrón de conductores una segunda pluralidad de conductores enrollados en una espiral en el segundo lado de la placa de circuito impresa. Puede proporcionarse al menos una conexión eléctrica para conectar eléctricamente los respectivos conductores de los patrones de conductores primero y segundo. Las conexiones eléctricas pueden comprender al menos un orificio pasante a través de la placa de circuito impreso o al menos uno o más de una pinza, una patilla y un terminal. Los orificios pasantes también pueden ser orificios pasantes desplazados y revestidos.

Los patrones de conductores primero y segundo comprenden al menos 2 espiras de conductor configuradas como una espiral plana y cuadrada, y la primera y segunda pluralidad de conductores pueden comprender cada una al menos dos conductores independientes.

El espesor de la traza está limitado por la profundidad superficial a la frecuencia de funcionamiento, ya que contribuye a la resistencia a la CA. La profundidad superficial δ a una frecuencia de funcionamiento de energía inalámbrica de inducción resonante viene dada por $\delta = \sqrt{2\sigma/\omega\mu}$ donde σ es la resistividad del conductor en Ohmios-metros, ω es la frecuencia de funcionamiento en radianes por segundo y μ es la permeabilidad magnética del conductor.

La anchura de la traza está limitada por las corrientes parásitas permitidas en el conductor. Las pérdidas por corrientes

$$P = \frac{\pi^2 B^2 d^2 f^2}{6\rho}$$

parásitas para un elemento conductor en un campo magnético uniforme son ; donde B es el campo magnético máximo, d es la dimensión más pequeña del elemento conductor perpendicular al vector del campo magnético, f es la frecuencia de funcionamiento en Hz, ρ es la resistividad del elemento conductor y P es la disipación de potencia por unidad de volumen. La separación entre trazas se minimiza según la capacidad de fabricación, ya que la tensión entre trazas es próxima a cero. Los efectos de proximidad entre espiras minimizan los efectos de proximidad entre trazas. La separación entre espiras se minimiza hasta los límites permitidos por la tensión entre espiras.

La bobina de transferencia de energía inalámbrica puede incluir además terminales de bobina y orificios pasantes asociados en el centro de los patrones de conductores primero y segundo o en un borde exterior de los patrones de conductores primero y segundo y un borde exterior de la placa de circuito impreso.

La bobina de transferencia de energía inalámbrica también puede comprender un apilamiento de bobinas multicapa que comprende $2n$ capas que tienen los patrones de conductores primero y segundo, donde n es un número entero positivo. En una primera configuración en la que $n = 1$, el apilamiento de bobinas multicapa comprende un primer patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de ida, un segundo patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de retorno y un dieléctrico conectado para operar en un modo diferencial que se proporciona entre el primer patrón de conductores y el segundo patrón de conductores.

En una realización, cuando $n = 2$, el apilamiento de bobinas multicapa comprende respectivamente un primer patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de ida, un segundo patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de retorno, un tercer patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de ida, un cuarto patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de retorno, un primer dieléctrico de modo diferencial proporcionado entre el primer patrón de conductores

y el segundo patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial, un segundo dieléctrico de modo diferencial proporcionado entre el tercer patrón de conductores y el cuarto patrón de conductores, conectados para operar en un modo diferencial, y un tercer dieléctrico de modo diferencial proporcionado entre el segundo patrón de conductores y el tercer patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial.

- 5 En una realización alternativa, donde $n=2$, el apilamiento de bobinas multicapa comprende respectivamente un primer patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de ida, un segundo patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de retorno, un tercer patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de retorno, un cuarto patrón de conductores que proporciona un conductor de camino de corriente de ida, un primer dieléctrico proporcionado entre el primer patrón de conductores y el segundo patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial, un segundo dieléctrico proporcionado entre el tercer patrón de conductores y el cuarto patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial, y un tercer dieléctrico proporcionado entre el segundo patrón de conductores y el tercer patrón de conductores conectados para operar en un modo común.

- 10 En aún otra realización, donde $n=2$, el apilamiento de bobinas multicapa comprende respectivamente un primer patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de ida, un segundo patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de ida, un tercer patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de retorno, un cuarto patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de retorno, un primer dieléctrico proporcionado entre el primer patrón de conductores y el segundo patrón de conductores, conectado para operar en un modo común, un segundo dieléctrico proporcionado entre el tercer patrón de conductores y el cuarto patrón de conductores conectados para operar en un modo común, y un tercer dieléctrico proporcionado entre el segundo patrón de conductores y el tercer patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial.

15 El apilamiento de bobinas multicapa puede incluir además terminales implementados como pestañas independientes desplazadas a lo largo de un borde de cada placa de circuito impreso para facilitar la conexión a pares de terminales independientes de patrones de conductores respectivos de cada placa de circuito impreso. También se pueden proporcionar vías o terminales para conectar respectivos patrones de conductores a través de un centro de las respectivas placas. También pueden implementarse segundos terminales como pestañas independientes desplazadas a lo largo de un centro de cada placa de circuito impreso para facilitar la conexión a pares de terminales independientes de patrones de conductores respectivos de cada placa de circuito impreso.

20 30 Los terminales se pueden implementar como pestañas independientes desplazadas a lo largo de un centro de cada placa de circuito impreso para facilitar la conexión a pares de terminales independientes de patrones de conductores respectivos de cada placa de circuito impreso. Las vías o terminales pueden conectar respectivos patrones de conductores a través de un borde exterior de las respectivas placas de circuito.

25 35 Los dieléctricos conectados para operar en un modo diferencial deberían ser capaces de soportar la máxima diferencia de tensión entre conductores. En las realizaciones de muestra, los dieléctricos conectados para operar en un modo común pueden minimizarse hasta las tolerancias de fabricación porque las tensiones a través de los dieléctricos conectados para operar en un modo común son próximas a cero.

40 45 La bobina de transferencia de energía inalámbrica puede estar incorporada en un conjunto de bobina de transferencia de energía inalámbrica que incluye además una envuelta, una capa de ferrita y un protector frente a corrientes parásitas. La bobina de transferencia de energía inalámbrica, la capa de ferrita y el protector frente a corrientes parásitas pueden estar dispuestos en paralelo dentro de la envuelta.

50 55 La capa de ferrita puede comprender una capa de respaldo de ferrita unida a barras, losetas o placas de ferrita de espesor constante para mantener las barras de ferrita juntas como un único conjunto en el que la densidad del recubrimiento de la ferrita es continua o casi continua cerca de un centro de la bobina de transferencia de energía inalámbrica y la densidad del recubrimiento se reduce progresivamente al acercarse a un perímetro de la bobina de transferencia de energía inalámbrica. Alternativamente, la capa de ferrita puede comprender una estructura magnética compuesta que incluye polvo de ferrita combinado con un material aglutinante y moldeado por inyección para conformar una capa de ferrita compuesta que es más gruesa en un centro de la misma y más delgada en un perímetro de la misma. Por otro lado, el protector frente a corrientes parásitas puede comprender una lámina conductora de la electricidad o una película conductora depositada sobre un sustrato dieléctrico que está adaptado para interceptar y disipar el flujo magnético residual no desviado por la capa de ferrita. El conjunto también puede incluir capas mecánicamente conformadas y no conductoras de la electricidad dispuestas entre la envuelta y la bobina de transferencia de energía inalámbrica, entre la bobina de transferencia de energía inalámbrica y la capa de ferrita, y entre la capa de ferrita y el protector frente a corrientes parásitas. Estas capas no conductoras de la electricidad están adaptadas para proporcionar soporte mecánico, evacuación del calor y separación física para la bobina de transferencia de energía inalámbrica y la capa de ferrita.

La envuelta puede además incluir un volumen cerrado que contiene control de potencia, comunicación y/o electrónica del sensor. Los circuitos pueden incluir condensadores de resonancia, circuitos de control de potencia, circuitos de comunicaciones y circuitos adaptados para proporcionar funciones de detección de objetos. Los condensadores de

resonancia pueden tener la forma de una fina lámina dieléctrica metalizada multicapa implementada como una capa adicional ubicada entre la capa de ferrita y la envuelta. Alternativamente, los condensadores de resonancia pueden tener la forma de películas dieléctricas metalizadas delgadas y de gran área ubicadas en un lado de baja intensidad de campo de la capa de ferrita.

- 5 Al menos dos de las bobinas de transferencia inalámbrica de energía pueden apilarse y conectarse en paralelo para aumentar la ampacidad del devanado o apilarse y conectarse en serie para aumentar la inductancia del devanado.

Una abertura para el sensor puede estar ubicada en el centro de la bobina de transferencia de energía inalámbrica e incluye electrónica del sensor permitiendo al mismo tiempo el paso bidireccional de señales de sensor o de comunicaciones hacia/desde lados respectivos del conjunto de bobina de transferencia de energía inalámbrica. La electrónica del sensor puede incluir un tubo de luz, una guía de ondas acústicas, una guía de ondas electromagnéticas o una guía de ondas dieléctricas para detección y comunicaciones. Además, la guía de ondas electromagnéticas puede tener superficies selectivas de frecuencia de paso alto o de paso de banda adaptadas para evitar la generación de corrientes parásitas. Además, la guía de ondas dieléctricas se puede implementar como una línea de transmisión Goubau de un solo cable que está adaptada para evitar la generación de corrientes parásitas.

- 10 15 En algunas realizaciones, el primer patrón de conductores puede ser una espiral plana de cinta conductora que tiene un espesor que no es mayor que cuatro veces la profundidad superficial del primer patrón de conductores a una frecuencia de funcionamiento, donde la profundidad superficial δ a una frecuencia de funcionamiento de energía

20 inalámbrica de inducción resonante viene dada por $\delta = \sqrt{2\sigma/\omega\mu}$ donde σ es la resistividad del conductor en Ohmios-metros, ω es la frecuencia de funcionamiento en radianes por segundo y μ es la permeabilidad magnética del conductor.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1A muestra el patrón de trazas del lado superior de la bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante implementada como una placa de circuito impreso de doble cara alimentada por el centro.

- 25 La Figura 1B muestra el patrón del lado inferior de la bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante de la Figura 1A visto desde el lado superior.

La Figura 1C muestra los patrones del lado superior y del lado inferior superpuestos de las Figuras 1A y 1B.

La Figura 2A muestra el patrón de trazas del lado superior de la bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante implementada como una placa de circuito impreso de doble cara alimentada por el borde exterior.

- 30 La Figura 2B muestra el patrón del lado inferior de la bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante de la Figura 2A visto a través del lado superior.

La Figura 2C muestra los patrones del lado superior y del lado inferior de las Figuras 2A y 2B superpuestos.

35 Las Figuras 3A-3H muestran patrones de conductores individuales de respectivas capas de la bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante implementada como una bobina de múltiples conductores y multicapa terminada en el borde exterior implementada como una placa de circuito impreso de ocho capas vistos a través del lado superior.

La Figura 3I muestra el apilamiento compuesto de ocho capas de bobinas planas rectangulares de las Figuras 3A-3H mirando a través de las capas superpuestas desde el lado superior.

- 40 La Figura 3J muestra una disposición de muestra del apilamiento compuesto de ocho capas de bobinas planas rectangulares de las Figuras 3A-3H que tienen orificios pasantes revestidos desplazados.

La Figura 4A muestra una vista en sección transversal de un apilamiento de bobinas multicapa de muestra que comprende 2n capas, donde n = 1.

La Figura 4B muestra una bobina básica de cuatro capas (n=2) que tiene conductores alternativos de caminos de corriente de ida y de retorno.

- 45 La Figura 4C muestra una bobina básica de cuatro capas (n=2) que tiene dieléctricos de modo diferencial y caminos de corriente de ida en capas exteriores y caminos de corriente de retorno en capas interiores.

La Figura 4D muestra una bobina básica de cuatro capas (n=2) que tiene conductores no entrelazados con dieléctricos de modo común.

- 50 La Figura 5A muestra una vista en perspectiva de un apilamiento de bobinas construido a partir de múltiples bobinas planas multicapa, con múltiples pestañas e independientes, del tipo ilustrado en las Figuras 1-4 y que

tienen una terminación en el borde exterior.

La Figura 5B muestra una vista en perspectiva de un apilamiento de bobinas construido a partir de múltiples bobinas planas multicapa, con múltiples pestañas e independientes, del tipo ilustrado en las Figuras 1-4 y que tienen una terminación alimentada por el centro.

5 La Figura 5C muestra una vista en perspectiva de un apilamiento de bobinas construido a partir de múltiples bobinas planas multicapa, con múltiples pestañas e independientes, del tipo ilustrado en las Figuras 1-4 y que tienen terminaciones tanto en el borde exterior como alimentadas por el centro.

La Figura 6A muestra bobinas paralelas de dos capas no terminadas de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas de acuerdo con una realización de la invención.

10 La Figura 6B muestra bobinas paralelas entrelazadas de cuatro capas no terminadas de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas, de acuerdo con otra realización de la invención.

La Figura 6C muestra una disposición alternativa de bobinas paralelas entrelazadas de cuatro capas no terminadas de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas, de acuerdo con otra realización de la invención.

15 La Figura 6D muestra bobinas paralelas no entrelazadas de cuatro capas no terminadas de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas, de acuerdo con otra realización de la invención.

La Figura 6E muestra bobinas paralelas de dos capas terminadas de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas, que no es una realización de la invención.

20 La Figura 6F muestra bobinas paralelas entrelazadas de cuatro capas terminadas de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas, que no es una realización de la invención.

La Figura 6G muestra una disposición alternativa de bobinas paralelas entrelazadas de cuatro capas terminadas de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas, que no es una realización de la invención.

25 La Figura 6H muestra bobinas paralelas no entrelazadas de cuatro capas terminadas de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas, que no es una realización de la invención.

La Figura 6I muestra bobinas en serie entrelazadas de cuatro capas sin terminar de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas, de acuerdo con otra realización de la invención.

La Figura 6J muestra bobinas en serie entrelazadas de cuatro capas terminadas de una representación eléctrica de elementos agrupados distribuidos de bobinas planas, que no es una realización de la invención.

30 La Figura 7 muestra una vista en sección transversal de un conjunto de bobina de transferencia del lado del vehículo.

La Figura 8 muestra una vista en sección transversal de un conjunto de bobina de transferencia del lado del vehículo.

35 La Figura 9 muestra una vista en sección transversal de un conjunto de bobina de transferencia del lado del vehículo con una abertura para el sensor.

La Figura 10 muestra una vista en sección transversal de un conjunto de bobina de transferencia del lado del vehículo con una abertura para el sensor.

Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

40 El conjunto de bobina de transferencia de energía inalámbrica y el método asociado descrito en el presente documento se pueden entender más fácilmente mediante referencia a la siguiente descripción detallada tomada en conexión con las figuras y ejemplos adjuntos, que forman parte de esta descripción. Debe entenderse que esta descripción no está limitada a los productos, métodos, condiciones o parámetros específicos descritos y/o mostrados en el presente documento, y que la terminología utilizada en el presente documento tiene el propósito de describir realizaciones particulares a modo de ejemplo únicamente y no está concebida para ser limitativa de cualquier materia reivindicada.

45 De manera similar, cualquier descripción en cuanto a un posible mecanismo o modo de acción o motivo de mejora pretende ser únicamente ilustrativa, y la materia descrita en el presente documento no debe verse limitado por la corrección o incorrección de dicho mecanismo o modo de acción o motivo de mejora sugerido. A lo largo de este texto, se reconoce que las descripciones se refieren tanto a métodos como a sistemas/software para implementar dichos métodos.

50 Se describirá ahora una descripción de realizaciones de la invención y disposiciones que no son realizaciones con

referencia a las figuras 1-10. Aunque esta descripción proporciona un ejemplo detallado de posibles implementaciones, cabe señalar que estos detalles están concebidos para ser ejemplares y para no delimitar de ninguna manera el alcance de la materia innovadora.

- 5 La Figura 1 es una representación de una estructura de bobina no auto-resonante que incluye una bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante de placa de circuito impreso, de doble cara y alimentación central, que tiene 3 ¼ espiras configuradas como una espiral cuadrada, lisa y plana. La bobina de transferencia de energía inalámbrica puede tener al menos 2 espiras. La Figura 1A muestra el patrón de conductores del lado superior 100 compuesto por cuatro conductores independientes, aunque se pueden usar dos o más conductores independientes. La Figura 1B muestra el patrón de conductores del lado inferior 101 tal como se ve si se mira a través de la placa de circuito impreso. El patrón de conductores del lado inferior 101 es igual que el patrón de conductores del lado superior volteado de izquierda a derecha a lo largo de la línea central vertical y girado 90 grados en el sentido de las agujas del reloj. Se apreciará que no es necesario que los patrones de conductores 100, 101 sean idénticos ni estén volteados. Sin embargo, el patrón de conductores del lado superior 100 y el patrón de conductores del lado inferior 101 deberían alinearse lo suficiente para maximizar la generación de flujo magnético reforzando el flujo generado por cada patrón mediante el otro. La Figura 1C muestra los patrones 102 del lado superior y del lado inferior superpuestos. Orificios pasantes revestidos 103 (también conocidos comúnmente como vías) pueden conectar eléctricamente los patrones de trazas superior 100 e inferior 101. Los terminales de bobina y los orificios pasantes 104 revestidos asociados se muestran en el centro de la bobina 102. La conexión a componentes externos a la placa tales como condensadores de resonancia de la bobina se puede lograr por medio de múltiples conductores, paralelos pero independientes, extendiendo así la ventajosa estructura plana de múltiples conductores independientes. Para una bobina auto-resonante, los terminales 104 se conectan directamente a la alimentación, mientras que, en la bobina no auto-resonante, los terminales se conectan a los condensadores de resonancia. Además, en disposiciones alternativas, la conexión entre las capas superior e inferior 100, 101 se puede implementar como estructuras eléctricas tales como una pinza, una patilla o un terminal en lugar de los orificios pasantes revestidos 103.
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- Como se muestra en la Figura 1C, los conductores del lado superior se colocan directamente por encima de los conductores del lado inferior correspondientes cuando sea posible, ya que dicha colocación permite una transmisión de flujo uniforme y los devanados superior e inferior interceptan la misma distribución de flujo. El resultado es un inductor en espiral plano simétrico 102 que tiene dos capas y un total de 6 ½ espiras. Debido a que la corriente fluye en la misma dirección en las secciones superior 100 e inferior 101, se refuerza el flujo magnético generado por las capas superior e inferior. En este ejemplo, si se alimenta corriente a los terminales 104 de la capa de conductores superior, el flujo de corriente es en el sentido de las agujas del reloj cuando se mira a través de la placa desde arriba. Corriente alimentada a los terminales 104 de la capa de conductores inferior produce un flujo de corriente en el sentido contrario a las agujas del reloj. Conectar las espirales superior e inferior duplica el número de espiras e incrementa la inductancia total por un factor de cuatro.
- La Figura 2 es un ejemplo de una estructura de bobina no auto-resonante que incluye una bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante, de placa de circuito impreso, de doble cara, alimentada por el borde exterior, que tiene 3 ¼ espiras configurada como una espiral cuadrada, lisa y plana. La bobina de transferencia de energía inalámbrica puede tener al menos 2 espiras. La Figura 2A muestra el patrón de conductores del lado superior 200 compuesto por cuatro conductores independientes, aunque se pueden usar dos o más conductores independientes. La Figura 2B muestra el patrón de conductores del lado inferior 201 tal como se ve al mirar a través de la placa de circuito impreso. El patrón de conductores del lado inferior 201 es igual que el patrón de conductores del lado superior volteado de izquierda a derecha a lo largo de la línea central vertical y girado 90 grados en el sentido de las agujas del reloj. Se apreciará que no es necesario que los patrones de conductores 200, 201 sean idénticos ni estén volteados. La Figura 2C muestra los patrones 202 del lado superior y del lado inferior superpuestos. Orificios pasantes revestidos 103 (también conocidos comúnmente como vías) pueden conectar eléctricamente los patrones de trazas superior 200 e inferior 201. Los terminales de bobina y los orificios pasantes 104 revestidos asociados se muestran en la esquina exterior de la bobina 202. La conexión a componentes externos a la placa tales como condensadores de resonancia de la bobina se puede lograr por medio de múltiples conductores 104, paralelos pero independientes, extendiendo así la ventajosa estructura plana de múltiples conductores independientes. Para una bobina auto-resonante, los terminales 104 se conectan directamente a la alimentación, mientras que, en la bobina no auto-resonante, los terminales se conectan a los condensadores de resonancia. Además, la conexión entre las capas superior e inferior se puede implementar como una estructura eléctrica tal como una pinza, una patilla o un terminal en lugar de los orificios pasantes revestidos 103.
- Como se muestra en la Figura 2C, los conductores del lado superior 200 se colocan directamente por encima de los conductores del lado inferior 201 correspondientes cuando sea posible, ya que dicha colocación permite una transmisión de flujo uniforme y los devanados superior e inferior interceptan la misma distribución de flujo. El resultado es un inductor en espiral plano simétrico 202 que tiene dos capas y un total de 6 ½ espiras. Debido a que la corriente fluye en la misma dirección en las secciones superior 200 e inferior 201, se refuerza el flujo magnético generado por las capas superior e inferior. En este ejemplo, si se alimenta corriente a los terminales 104 de la capa de conductores superior, el flujo de corriente es en la dirección contraria a las agujas del reloj cuando se mira a través de la placa desde arriba. Corriente alimentada a los terminales 104 de la capa de conductores inferior da como resultado un flujo de corriente en el sentido de las agujas del reloj. Conectar las espirales superior e inferior duplica el número de espiras e incrementa la inductancia total por un factor de cuatro.

En las disposiciones de las Figuras 1 y 2, el número de trazas operadas en paralelo para constituir un único conductor del devanado está determinado por la frecuencia de funcionamiento, la conductividad del material de las trazas y la corriente de funcionamiento. Anchuras de traza estrechas limitan las corrientes parásitas de los conductores en las dimensiones de la anchura de la traza y también mantienen una densidad de corriente uniforme en las secciones transversales de las trazas individuales. Las pérdidas por corrientes parásitas para un elemento conductor en un

$$P = \frac{\pi^2 B^2 d^2 f^2}{6\rho}$$

campo magnético uniforme son ; donde B es el campo magnético máximo, d es la dimensión más pequeña del elemento conductor perpendicular al vector del campo magnético, f es la frecuencia de funcionamiento en Hz, ρ es la resistividad del elemento conductor y P es la disipación de potencia por unidad de volumen.

El espesor de la traza está limitado por la profundidad superficial a la frecuencia de funcionamiento, ya que contribuye a la resistencia a la CA. La profundidad superficial δ a frecuencias de funcionamiento de energía inalámbrica de inducción resonante típicas viene dada por $\delta = \sqrt{2\sigma/\omega\mu}$ donde σ es la resistividad del conductor en Ohmios-metros, ω es la frecuencia de funcionamiento en radianes por segundo y μ es la permeabilidad magnética del material de la traza.

El número de trazas paralelas está determinado por la corriente de funcionamiento y la ampacidad de la traza para el área de la sección transversal de la traza y las condiciones ambientales especificadas. Las Figuras 1 y 2 muestran disposiciones que utilizan 4 conductores paralelos, pero se puede utilizar cualquier número. La distancia de separación entre trazas adyacentes dentro de un conjunto de espiras puede ser pequeña, limitada únicamente por las reglas de diseño de la fabricación de placas de circuito impreso, ya que las tensiones entre trazas adyacentes dentro del mismo conjunto son próximas a cero. La separación entre espiras entre conjuntos de conductores debe ser suficiente para proporcionar un aislamiento de tensión adecuado entre espiras adyacentes. La tensión entre espiras es proporcional a la relación de los diámetros de espira. El espesor de la capa dieléctrica de la placa de circuito impreso debería ser suficiente para impedir la ruptura dieléctrica.

Los conductores exteriores más largos del patrón de conductores del lado superior 200 están conectados a los conductores interiores más cortos del patrón de conductores del lado inferior 201. Intercambiar los conductores del interior al exterior de esta manera iguala la longitud y la inductancia de los conductores. La longitud y la inductancia igualadas igualan la resistencia y la reactancia, lo que iguala la distribución de corriente entre los conductores. Los conductores del lado superior y del lado inferior están superpuestos. El flujo magnético fluye a través de los espacios entre conductores. En determinadas disposiciones, todas las trazas de conductores tienen la misma longitud.

Como se explicará más adelante, la estructura de dos capas representada en las Figuras 1 y 2 se puede extender a $2n$ capas, donde n es cualquier valor entero positivo. Se puede hacer que la estructura de la bobina de $2n$ capas sea auto-resonante diseñando la capacitancia entre las capas de la bobina, de tal manera que la frecuencia de auto-resonancia, $f_r = 1/(2\pi\sqrt{LC})$, donde L = inductancia de bobina equivalente y C = capacitancia equivalente de la estructura de la bobina. Para una estructura de bobina auto-resonante, los terminales de la bobina y los orificios pasantes revestidos 104 se conectan directamente a la alimentación.

La Figura 3 es una representación de una bobina terminada en el borde, multicapa y de pares de múltiples conductores. La Figura 3 muestra un apilamiento de ocho capas de bobinas individuales que tienen aproximadamente de $3\frac{1}{4}$ a $3\frac{1}{2}$ espiras cada una. El patrón de conductores 300 es la capa superior (capa 1), 301 es la capa 2, 302 es la capa 3, 303 es la capa 4, 304 es la capa 5, 305 es la capa 6, 306 es la capa 7 y 307 es la capa inferior (capa 8). Los pares de conductores 300 y 301, 302 y 303, 304 y 305, 306 y 307 siguen los mismos criterios que los representados en la Figura 2. Los terminales de bobina 104 de las Figuras 3A, 3C, 3E y 3G reciben señales de entrada y los terminales de bobina 104 de las Figuras 3B, 3D, 3F y 3H proporcionan señales de salida para una configuración de corriente en el sentido de las agujas del reloj. Los orificios pasantes revestidos 103 pueden comprender vías ciegas y/o enterradas que conectan ciertas capas al mismo tiempo que aislan otras capas, dependiendo de la configuración de la bobina. Se apreciará que no es necesario que todos los orificios pasantes revestidos 103 caigan directamente uno encima del otro. Las conexiones emparejadas individuales pueden estar desplazadas con patrones de orificios pasantes revestidos 103 independientes. En la Figura 3J se representa una disposición que muestra orificios pasantes revestidos 103 desplazados.

La Figura 3I es el apilamiento compuesto de ocho capas mirando a través de la placa de circuito impreso o conjunto de laminado desde el lado superior. El patrón de conductores 308 es la superposición de los patrones 300-307. En esta disposición, los orificios pasantes revestidos 103 hacen pasar corriente entre capas. Todos los terminales de bobina 104 se encuentran en el borde exterior del conjunto de bobina. En una disposición alternativa, se puede proporcionar una abertura en el centro de la estructura de la bobina que permitiría hacer pasar corriente entre pares de capas por medio de un mecanismo de fijación conductor de la electricidad.

Los expertos en la técnica apreciarán que el apilamiento de bobinas de la Figura 3 puede proporcionarse dentro de un conjunto multilaminado que podría implementarse como una placa de circuito impreso (PCB).

La Figura 4 muestra una vista en sección transversal de cuatro pilas de bobinas multicapa de muestra que comprenden $2n$ capas, donde "n" puede ser cualquier número entero positivo. Los patrones de conductores representados en las Figuras 1, 2 y 3 pueden aplicarse a las secciones transversales representadas en la Figura 4.

La Figura 4A muestra un caso básico de dos capas ($n=1$), donde 400 es el conductor de camino de corriente de ida, 401 es el conductor de camino de retorno y 402 es el dieléctrico de modo diferencial.

La Figura 4B muestra el caso básico de cuatro capas ($n=2$), donde nuevamente 400 es el conductor de camino de corriente de ida, 401 es el conductor de camino de retorno y 402 es el dieléctrico de modo diferencial. La disposición de la Figura 4B es esencialmente un apilamiento de dos paneles de dos capas representados en la Figura 4A con una capa dieléctrica de modo diferencial 402 adicional entre ambos. Esta implementación incluye conductores de camino de corriente alternantes de ida y de retorno. Para extender la Figura 4B a seis capas o más ($n=3+$), se repite el patrón 404 que incluye un dieléctrico de modo diferencial 402, un conductor 400 de camino de corriente de ida, un dieléctrico de modo diferencial 402 y un conductor de camino de retorno 401.

La Figura 4C muestra un caso básico de cuatro capas ($n=2$), donde nuevamente 400 es el conductor de camino de corriente de ida, 401 es el conductor de camino de retorno, 402 es el dieléctrico de modo diferencial y 403 es una capa dieléctrica de modo común. Esta configuración es similar a la Figura 4B excepto en que las dos capas inferiores están invertidas, de tal manera que las corrientes de ida viajan en las capas superior e inferior 400 y las corrientes de retorno viajan en las capas interiores 401. Esto produce como resultado un dieléctrico de modo común 403 ya que los conductores de camino de corriente de retorno 401 están eléctricamente en paralelo entre sí. Para extender la Figura 4C a seis capas o más ($n=3+$), se repite el patrón 405 que incluye un dieléctrico de modo común 403, un conductor de camino de corriente de ida 400 para $n=impar$ o un conductor de camino de corriente de retorno 401 para $n=par$, un dieléctrico de modo diferencial 402, y un conductor de camino de corriente de retorno 401 para $n=impar$ o un conductor de camino de corriente de ida 400 para $n=par$.

La Figura 4D muestra el caso básico de cuatro capas ($n=2$), donde nuevamente 400 es el conductor de camino de corriente de ida, 401 es el conductor de camino de retorno, 402 es el dieléctrico de modo diferencial y 403 es una capa dieléctrica de modo común. Esta configuración es similar a la Figura 4A, excepto en que las capas superior e inferior tienen cada una de ellas una capa adicional añadida en paralelo para transportar las corrientes de ida y de retorno. Esto da como resultado dieléctricos de modo común 403 entre los dos conductores superiores 400 y los dos conductores inferiores 401 y un dieléctrico de modo diferencial 402 en el centro del apilamiento de cuatro capas. Para extender la Figura 4D a seis capas o más ($n=3+$), se repite el patrón 406 en el lado superior, que incluye un dieléctrico de modo común 403, y un conductor de camino de corriente de ida 400. Además, se repite el patrón 407 en el lado inferior, que incluye un dieléctrico de modo común 403 y un conductor de camino de retorno 401.

Se apreciará que las configuraciones de bobina de las Figuras 4A a 4D pueden usarse en la creación de otras disposiciones de más capas de bobina. Por ejemplo, se pueden implementar seis pares diferenciales de conjuntos de bobinas como ejemplos múltiples y combinaciones de apilamientos de 4 capas como se representa en las Figuras 4B, 4C y 4D para proporcionar un diseño de bobina de 24 capas.

La Figura 5 representa vistas en perspectiva de pilas de bobinas que pueden construirse a partir de múltiples implementaciones de bobinas multicapa independientes como las mostradas en las Figuras 1-4.

La Figura 5A es una representación física de un apilamiento de bobinas terminado en el borde que puede construirse a partir de múltiples implementaciones de bobinas multicapa independientes como las representadas en las Figuras 1-4. En el apilamiento de bobinas terminado en borde de la Figura 5A, se proporcionan cuatro bobinas planas independientes que implementan los patrones de conductores de la Figura 3. El artículo 500 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 300 y 301, donde n es un número entero positivo. El artículo 501 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 302 y 303. El artículo 502 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 304 y 305. El artículo 503 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 306 y 307. Los terminales de bobina 504 pueden implementarse como "pestañas" independientes de bobinas planas 500-503 que están desplazadas a lo largo del borde para facilitar la conexión a pares de terminales independientes como se ilustra. Las señales pueden pasar entre las capas utilizando vías o terminales que conectan las placas por el centro como en las disposiciones ilustradas en las Figuras 1-4. En el apilamiento de bobinas terminado en borde de la Figura 5A, se proporciona un patrón de borde, que forma una espiral desde el borde hacia adentro, y las placas hacen pasar señales a través de vías o terminales (no mostrados) que se conectan por el centro de las respectivas placas.

La Figura 5B es una representación física de un apilamiento de bobinas alimentado centralmente que puede construirse a partir de múltiples implementaciones de bobinas multicapa independientes como las representadas en las Figuras 1-4. En el apilamiento de bobinas alimentado centralmente de la Figura 5B, se proporcionan cuatro bobinas planas independientes que implementan los patrones de conductores de la Figura 3. El artículo 500 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 300 y 301, donde n es un número entero positivo. El artículo 501 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 302 y 303. El artículo 502 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 304 y 305. El artículo 503 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 306 y 307. Los terminales de bobina 504 pueden implementarse como "pestañas" independientes de bobinas planas 500-503 que están desplazadas a lo largo del núcleo central para facilitar la conexión a pares de terminales independientes como se ilustra. Las señales pueden pasar entre capas utilizando vías o terminales que conectan las placas por el centro como en las disposiciones ilustradas en las Figuras 1-4. En el apilamiento de bobinas terminado en borde de la Figura 5B, se proporciona un patrón de alimentación central, que

forma una espiral desde el centro hacia afuera, y las placas hacen pasar señales a través de vías o terminales (no mostrados) que se conectan a través de una esquina exterior de las placas respectivas.

La Figura 5C es una representación física de un apilamiento de bobinas que tiene terminaciones de borde y terminaciones centrales. Cada apilamiento de bobinas puede construirse a partir de múltiples implementaciones de bobinas multicapa, independientes, como las representadas en las Figuras 1-4. En el apilamiento de bobinas de la Figura 5C, se proporcionan cuatro bobinas planas independientes que implementan los patrones de conductores de la Figura 3. El artículo 500 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 300 y 301, donde n es un número entero positivo. El artículo 501 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 302 y 303. El artículo 502 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 304 y 305. El artículo 503 es una bobina plana que incluye n capas de patrones de conductores 306 y 307. Los terminales de bobina 504 se pueden implementar como "pestañas" independientes de bobinas planas 500-503 que están desplazadas a lo largo del borde y a lo largo del núcleo central para facilitar la conexión a pares de terminales independientes como se ilustra. Las señales pueden pasar entre capas utilizando vías o terminales que conectan las placas por el centro como en las disposiciones ilustradas en las Figuras 1-4. En el apilamiento de bobinas de la Figura 5C, que tiene terminales de borde y terminales centrales, el apilamiento de bobinas puede estar configurado para que sea un apilamiento de bobinas alimentado por el borde o alimentada por el centro.

Utilizar múltiples pilas de bobinas multicapa independientes como se ilustra en la Figura 5 puede proporcionar beneficios de costes en la fabricación en casos en que el número total de capas de conductores de la bobina es grande. En lugar de producir una placa de circuito impreso de 16 a 24 capas, por ejemplo, de cuatro a seis pilas de bobinas de 4 capas se pueden integrar en un conjunto. Disposiciones adicionales podrían incluir " m " pilas de bobinas, donde " m " es cualquier número entero positivo mayor que uno (por ejemplo, dos pilas de bobinas con dos pestañas o diez pilas de bobinas con diez pestañas).

La Figura 6 es la forma eléctrica de los apilamientos de bobinas planas multicapa que se representan en la Figura 4. Las Figuras 6A, 6B, 6C, 6D y 6I no están terminadas y, por lo tanto, no tienen conexiones eléctricas directas entre capas de acuerdo con realizaciones de la invención, mientras que las Figuras 6E, 6F, 6G, 6H y 6J están terminadas y tienen conexiones en serie y/o en paralelo entre capas, dependiendo de la configuración y, como tal, no caen dentro del alcance de la invención.

La Figura 6A es la representación de elementos distribuidos de una bobina de dos capas con una sección transversal que se representa en la Figura 4A. Los elementos inductivos de camino de corriente de ida 600 y los elementos inductivos de camino de corriente de retorno 601 corresponden al conductor de camino de corriente de ida 400 y al conductor de camino de retorno 401, respectivamente. Los elementos capacitivos dieléctricos de modo diferencial 602 se correlacionan con el dieléctrico de modo diferencial 402. Los terminales eléctricos de la bobina se indican como 603.

La Figura 6B es la representación de elementos distribuidos de un escenario de bobina de cuatro capas con una sección transversal que se representa en la Figura 4B. Los elementos inductivos de camino de corriente de ida 600, los elementos inductivos de camino de corriente de retorno 601 y los elementos capacitivos dieléctricos de modo diferencial 602 se correlacionan con 400, 401 y 402, respectivamente. Los terminales eléctricos de la bobina se indican como 603.

La Figura 6C es la representación de elementos distribuidos de un escenario de bobina de cuatro capas con una sección transversal que se representa en la Figura 4C. Los elementos inductivos de camino de corriente de ida 600, los elementos inductivos de camino de corriente de retorno 601 y los elementos capacitivos dieléctricos de modo diferencial 602 se correlacionan con 400, 401 y 402, respectivamente. Los terminales eléctricos de la bobina se indican como 603. Esta configuración es similar a la Figura 6B, excepto en que las dos capas inferiores están invertidas, de tal manera que las corrientes de ida viajan por las capas superior e inferior 600 y las corrientes de retorno viajan por las capas interiores 601. Esto da como resultado los elementos capacitivos dieléctricos de modo común 604 que se correlacionan con el dieléctrico de modo común 403.

La Figura 6D es la representación de elementos distribuidos de un escenario de bobina de cuatro capas con una sección transversal que se representa en la Figura 4D. Esta configuración es similar a la Figura 6A, excepto en que las capas superior e inferior tienen cada una de ellas una capa adicional añadida en paralelo para transportar las corrientes de ida y de retorno. Los elementos inductivos de camino de corriente de ida 600, los elementos inductivos de camino de corriente de retorno 601 y los elementos capacitivos dieléctricos de modo diferencial 602 se correlacionan con 400, 401 y 402, respectivamente. Los terminales eléctricos de la bobina se indican como 603. Los elementos capacitivos dieléctricos de modo común se indican como 604.

Las Figuras 6E, 6F, 6G y 6H son idénticas a las Figuras 6A, 6B, 6C y 6D, respectivamente, con la excepción de que las capas de bobinas planas están conectadas entre sí con una conexión en serie de elementos inductivos 605 de camino de corriente de ida y camino de corriente de retorno, y como tal no caen dentro del alcance de la invención. Opcionalmente, las dos capas intermedias de las Figuras 6F y 6G pueden conectarse como se muestra mediante el conector 606 en línea discontinua. Eléctricamente, las conexiones 606 no son necesarias, pero pueden proporcionar beneficios en la fabricación.

La Figura 6I es una representación de elementos distribuidos de una estructura de bobina entrelazada de cuatro capas que es completamente resonante en serie y solo tiene dos terminales. Esta realización de la invención no requiere orificios pasantes revestidos entre capas de bobinas planas, ya que los elementos inductivos y capacitivos crean una resonancia LC en serie.

- 5 La Figura 6J es una representación de elementos distribuidos de una estructura de bobina entrelazada de cuatro capas que es completamente resonante en paralelo y solo tiene dos terminales. Esta disposición incorpora orificios pasantes revestidos que conectan en serie los elementos inductivos de la capa 1 a la capa 2, a la capa 3 y luego a la capa 4 y como tal no cae dentro del alcance de la invención. Esta estructura da como resultado una resonancia paralela de los elementos inductivos en serie y la capacitancia paralela entre los devanados de la bobina.
- 10 La Figura 7 es una representación en sección transversal de un conjunto de bobina de transferencia 700 del lado del vehículo. El conjunto de bobina de transferencia 700 está contenido dentro de una envuelta ambientalmente sellada que incluye la cubierta del conjunto de bobina 701 y la envuelta 702 del conjunto de bobina. La placa de circuito impreso que contiene los conductores de bobina de las Figuras 1A-1C se indica mediante 703. Directamente encima de los conductores de bobina 703 está la capa de respaldo 704 de la ferrita, una lámina, cinta, película o tela adhesiva
- 15 no conductora unida a la ferrita que mantiene las barras o losetas de ferrita juntas como un único conjunto. La densidad de flujo es más fuerte en el centro del conjunto de la bobina. La densidad espacial de la capa de ferrita, así como el espesor de la ferrita deben ser adecuados para evitar la saturación. Debido a que la intensidad del flujo disminuye hacia el perímetro de la bobina, la densidad espacial y/o el espesor de la capa de ferrita se pueden adelgazar evitando al mismo tiempo la saturación. El adelgazamiento de la capa de ferrita es deseable como medio para reducir el peso
- 20 y el coste de la bobina de transferencia. La capa de ferrita 705 se implementa como una matriz de barras o placas de ferrita que tienen espesor constante. El recubrimiento de la matriz es continuo o casi continuo en el centro de la bobina. La densidad del recubrimiento se reduce progresivamente a medida que se acerca el perímetro. El recubrimiento de la capa de ferrita tiene espacios según sea necesario para permitir que los conductores terminales de la bobina sobresalgan y otros salientes o penetraciones según sea necesario.
- 25 El recubrimiento de barras de ferrita 705 y la capa de respaldo 704 de la ferrita se sustituyen por una única estructura magnética compuesta que incluye polvo de ferrita combinado con un material aglutinante tal como un termoplástico o resina y posiblemente sustancias adicionales tales como polvo eléctricamente aislante y conductor térmico para mejorar la conductividad térmica, moldeado por inyección o moldeado de otro modo hasta su forma final o casi final. El flujo magnético tiene intensidad máxima en el centro de la bobina de transferencia 703 y disminuye hacia el perímetro. Esto significa que la capa de ferrita compuesta 705 puede ser más gruesa en el centro donde el flujo tiene intensidad máxima para evitar la saturación del material de ferrita y más delgada en el perímetro para reducir el peso
- 30 y el coste del material. La composición del material puede variar espacialmente para adaptar las propiedades térmicas y magnéticas en función de la ubicación. Se pueden incluir conductos para fluido refrigerante donde y cuando sea necesario.
- 35 Un protector frente a corrientes parásitas 706 se implementa como una lámina o capa conductora de la electricidad que intercepta y disipa el flujo magnético residual no desviado por la capa de ferrita 705. El protector frente a corrientes parásitas 706 puede ser una placa metálica que proporciona resistencia estructural al conjunto de bobina de transferencia 700. Para este uso se prefieren metales no ferrosos con una permeabilidad relativa cercana a uno para evitar la alteración de la acción de direccionamiento del flujo de la capa de ferrita 705. Alternativamente, el protector frente a corrientes parásitas 706 puede ser una película conductora depositada sobre un sustrato dieléctrico. El protector frente a corrientes parásitas 706 también se puede integrar en la envuelta del conjunto de bobina uniendo el protector frente a corrientes parásitas 706 a la superficie interior de la envuelta 702 o fabricando la envuelta de aluminio.
- 40 Las capas 707 son capas mecánicamente conformadas y no conductoras de la electricidad que proporcionan soporte mecánico, evacuación del calor por medio de conductividad térmica y separación física para la placa de circuito impreso de conductores 703 y la capa de direccionamiento de flujo de ferrita 705. La capa de direccionamiento de flujo de ferrita 705 no debería estar en contacto o en casi contacto con la placa de circuito impreso de conductores 703 o con el protector frente a corrientes parásitas 706 para evitar excesivas pérdidas resistivas por efecto de proximidad en la primera y excesivas pérdidas por corrientes parásitas en el segundo. Las capas separadoras 707 pueden estar hechas de almohadillas de compresión elastoméricas convencionales utilizadas como rellenos entre los circuitos generadores de calor y las superficies de evacuación del calor. Alternativamente, las capas separadoras 707 se pueden implementar como material de espuma de celdas abiertas en el que se ha infundido un líquido conductor térmico como por ejemplo aceite mineral. Se obtiene un flujo de fluido de refrigeración mejorado colocando orificios o ranuras según sea necesario en las capas separadoras 707. En la placa de circuito impreso de conductores 703, se colocan ranuras entre las trazas de conductores o entre las espiras para preservar la continuidad de los conductores. La caja del conjunto de bobina 701 también puede incluir un volumen cerrado 708 independiente que contenga otros componentes del sistema tales como condensadores de resonancia, rectificadores, componentes de filtro de ondulación post-rectificación, control, comunicaciones, circuitos de detección de objetos extraños y vivos, y electrónica de interfaz.
- 45 50 55 60 En la Figura 7, la placa de circuito impreso 703 tiene dos lados con trazas conductoras en los lados superior e inferior, pero sin capas intermedias. Se pueden usar múltiples placas de circuito impreso o una placa de circuito impreso

multicapa con las espiras conectadas en paralelo para incrementar la ampacidad o en serie para incrementar la inductancia.

La Figura 8 es una representación en sección transversal de un conjunto de bobina de transferencia del lado del vehículo 800. Se pueden incluir capas o placas de circuito impreso adicionales según sea necesario para implementar funciones de alineación de las bobinas de transferencia, comunicaciones de campo cercano, detección de objetos extraños/objetos vivos o apantallamiento de Faraday del campo eléctrico. El condensador de resonancia se puede implementar como una placa de circuito impreso que contenga una matriz de condensadores de montaje en superficie, permitiendo los múltiples condensadores mayores capacitancia y tensión nominal. Alternativamente, los condensadores de resonancia pueden implementarse físicamente como una lámina dieléctrica metalizada, delgada, multicapa, implementada como una capa adicional ubicada entre la capa de ferrita 705 y la envuelta 702 del conjunto de bobina. En la Figura 8, se muestran una PCB de detección de objetos 809, una capa de aislamiento de ferrita 810 y una PCB de comunicación 811 entre la placa de circuito impreso de conductores 703 y la cubierta 702 del conjunto de bobina. La caja 702 del conjunto de bobina puede incluir un volumen cerrado independiente 708 que contenga otros componentes del sistema tales como como condensadores de resonancia, rectificadores, componentes de filtro de ondulación post-rectificación, control, comunicaciones, circuitos de detección de objetos extraños y de objetos vivos y electrónica de interfaz. Los condensadores de resonancia pueden implementarse como películas dieléctricas metalizadas delgadas y de área grande ubicadas en el conjunto de bobina de transferencia 800 en el lado de baja intensidad de campo de la capa de ferrita 705.

En una realización alternativa, una espiral plana de cinta o tira conductora sustituye a la placa de circuito impreso 703. La cinta o tira se coloca con la dimensión de anchura paralela al flujo magnético incidente para minimizar las corrientes parásitas en la cara del conductor. Para minimizar las corrientes parásitas en la dimensión del espesor, el espesor de la cinta o tira conductora se limita para que no sea más grueso que cuatro veces la profundidad superficial en el conductor de la traza a la frecuencia de funcionamiento. Separadores no conductores mantienen la separación entre espiras en espiral adyacentes. Por lo demás, la cinta conductora o los conductores en forma de tira no están aislados para no obstaculizar la evacuación del calor. Una mayor anchura de cinta o de tira aumenta la ampacidad del conductor. Se pueden apilar verticalmente espirales de cinta o de tira para que los conductores de circuitos impresos aumenten la ampacidad cuando se conectan en paralelo o para que aumenten la inductancia cuando se conectan en serie.

Los expertos en la técnica apreciarán que las capas de la bobina de transferencia del lado del suelo pueden ser idénticas a la bobina del lado del vehículo para mejorar las eficiencias de fabricación. La Figura 9 es una disposición de muestra de un conjunto de bobina de transferencia para vehículos con una abertura para el sensor 900 añadida. La electrónica del sensor 901 mira hacia el interior del conducto de la abertura 902, el cual termina con la tapa final 903 del conducto del sensor.

Los equipos de energía inalámbricos de inducción resonante comerciales generalmente requieren sistemas auxiliares para cumplir los requisitos regulatorios actuales y esperados. Estos sistemas auxiliares incluyen detección de errores de alineación de la bobina, comunicaciones, detección de objetos extraños y detección de objetos vivos, siendo la mejor ubicación para todos ellos el centro geométrico de la cara activa de la bobina de transferencia. Sin embargo, el centro de la cara activa tiene gran amplitud de flujo magnético que impide la colocación de cableado y circuitos electrónicos en esa ubicación.

La Figura 9 muestra el conjunto de bobina de transferencia 700 mostrado anteriormente en la Figura 7 con una abertura para el sensor 900 ubicada centralmente. Esta abertura 900 que se extiende a través de la dimensión de espesor del conjunto de bobina de transferencia permite el paso bidireccional de señales de sensor o de comunicaciones desde la cara frontal de alta intensidad de flujo magnético del conjunto de bobina de transferencia a través de la región de baja intensidad de flujo magnético dentro del volumen 708 de la envuelta. La electrónica del sensor 901 dentro del volumen 708 de la envuelta puede ser energía electromagnética óptica, de imagen óptica, de vídeo óptico, ultrasónica, así como de microondas, de ondas milimétricas o de ondas de terahercios. Los componentes designados como 902 y 903 son el conducto de la abertura y la tapa final de la abertura, respectivamente. La implantación del conducto de apertura y la tapa final depende de la modalidad del sensor. Para sensores ópticos y comunicaciones, el conducto puede ser un tubo vacío no conductor, un tubo de luz transparente o un haz de fibras ópticas espacialmente coherente o no coherente. La tapa final 903 proporciona un sello ambiental con la cubierta 702 de la bobina de transferencia, pero también puede incluir una lente óptica tal como una lente de gran angular o de ojo de pez. El conducto 902 también puede incluir componentes ópticos tales como una lente. Se prefieren materiales no conductores de la electricidad para evitar la generación de corrientes parásitas. Para la modalidad de sensor ultrasónico o de comunicaciones, el conducto del sensor es una guía de ondas acústicas. La tapa final 903 proporciona un sello ambiental como antes y puede incluir una lente acústica o difusor acústico.

Para la modalidad de sensor electromagnético, el conductor del sensor es una guía de ondas electromagnéticas o una estructura de línea de transmisión. Las estructuras metálicas de guía de ondas o línea de transmisión convencionales, como la línea de transmisión "stripline", no son adecuadas debido a la generación de corrientes parásitas en el intenso campo magnético. Estas estructuras pueden adecuarse sustituyendo superficies selectivas de frecuencia de paso alto o de paso de banda por las superficies metálicas continuas presentes en estructuras de guía de ondas o de línea de transmisión convencionales. Alternativamente, la línea de transmisión del conducto se puede implementar como una

línea de transmisión Goubau de un solo cable con el lanzador ubicado en el lado de baja intensidad magnética de la capa de ferrita, o con el lanzador construido a partir de superficies metálicas selectivas en frecuencia en lugar de superficies metálicas continuas. En una disposición de muestra, la guía de ondas electromagnéticas se implementa como una guía de ondas dieléctricas convencional que incluye un núcleo de gran constante dieléctrica rodeado por un medio de baja constante dieléctrica. La tapa final 903 proporciona un sellado ambiental que puede incluir una lente dieléctrica o dieléctrica artificial. Mediante el uso de una placa de circuito impreso flexible para la capa de bobinado 703 y un tamaño pequeño de loseta de ferrita o el uso de una capa de ferrita compuesta 705 flexible o no plana, el conjunto de bobina de transferencia puede conformarse adaptándolo a una superficie no plana tal como un cilindro para facilitar el ajuste mecánico, para reducir la resistencia aerodinámica o hidrodinámica o para su colocación en un vehículo u objeto que tenga forma cilíndrica u otra forma no plana, como vehículos autónomos submarinos, proyectiles de artillería u objetos similares.

La Figura 10 es una representación en sección transversal de un conjunto de bobina de transferencia del lado del vehículo 800 con una abertura para el sensor añadida de acuerdo con una disposición alternativa. Como en la disposición de la Figura 8, se pueden incluir capas o placas de circuito impreso adicionales según sea necesario para implementar funciones de alineación de la bobina de transferencia, comunicaciones de campo cercano, detección de objetos extraños/vivos o apantallamiento de Faraday de campo eléctrico. En la Figura 10, como en la disposición de la Figura 8, se proporcionan una PCB de detección de objetos 809, una capa de aislamiento de ferrita 810 y una PCB de comunicación 811 entre la placa de circuito impreso de conductores 703 y la cubierta 702 del conjunto de bobina.

Aunque anteriormente se han descrito diferentes implementaciones, debería entenderse que se han presentado sólo a modo de ejemplo y no de limitación. Por ejemplo, cualquiera de los elementos asociados con los sistemas y métodos descritos anteriormente puede emplear cualquiera de las funcionalidades deseadas expuestas anteriormente. Por tanto, la amplitud y el alcance de una implementación preferida no deberían estar limitados por cualquiera de las implementaciones de muestra anteriormente descritas.

REIVINDICACIONES

1. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica de inducción resonante (703) que comprende:
un apilamiento de bobinas de $2n$ capas, donde n es un número entero positivo, que comprende:
un dieléctrico (402) conectado para operar en un modo diferencial y que tiene un primer lado y un segundo lado;
5 un primer patrón de conductores (100) que comprende una primera pluralidad de conductores (400) enrollados en una espiral en el primer lado del dieléctrico para proporcionar un conductor de camino de corriente de ida; y
un segundo patrón de conductores (101) que comprende una segunda pluralidad de conductores (401) enrollados en una espiral en el segundo lado del dieléctrico para proporcionar un conductor de camino de corriente de retorno, estando alineado el segundo patrón de conductores con el primer patrón de conductores por lo que el segundo patrón de conductores refuerza el flujo magnético generado por el primer patrón de conductores,
10 en donde los patrones de conductores primero y segundo están colocados uno con respecto al otro de manera que proporcionen transmisión de flujo en una misma dirección; y
una capacitancia entre cada capa del apilamiento de bobinas seleccionada de forma que el apilamiento de bobinas
15 de $2n$ capas sea auto-resonante a una frecuencia $f_r = 1 \div (2\pi\sqrt{LC})$ auto-resonante diseñada que se está utilizando para la transferencia inalámbrica de energía con otra bobina inalámbrica de energía de un aparato de transferencia inalámbrica de energía, donde L = inductancia equivalente de la bobina del apilamiento de bobinas de $2n$ capas y C = capacitancia equivalente del apilamiento de bobinas de $2n$ capas, y
caracterizada por que los patrones de conductores primero y segundo no están conectados eléctricamente de forma directa.
- 20 2. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 1, en donde el dieléctrico comprende una placa de circuito impreso.
3. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 2, que comprende además al menos un orificio pasante desplazado chapado a través de la placa de circuito impreso que conecta eléctricamente los conductores respectivos de los patrones de conductores primero y segundo.
- 25 4. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 1, en donde la al menos una conexión eléctrica comprende al menos una de una abrazadera, una orejeta y un terminal.
5. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 1, en donde los patrones de conductores primero y segundo comprenden al menos dos vueltas de conductor configuradas como una espiral plana cuadrada.
- 30 6. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica según la reivindicación 1, en donde los patrones de conductores primero y segundo comprenden cada uno al menos dos conductores independientes.
7. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 2, que comprende además terminales de bobina y orificios pasantes asociados en el centro de los patrones de conductores primero y segundo o en un borde exterior de los patrones de conductores primero y segundo y un borde exterior de la placa de circuito impreso.
- 35 8. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 1, en donde $n=2$, comprendiendo el apilamiento de bobinas de $2n$ capas respectivamente un primer patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de ida, un segundo patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de retorno, un tercer patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de ida, un cuarto patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de retorno, un primer dieléctrico proporcionado entre el primer patrón de conductores y el segundo patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial, un segundo dieléctrico proporcionado entre el tercer patrón de conductores y el cuarto patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial, y un tercer dieléctrico proporcionado entre el segundo patrón de conductores y el tercer patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial.
- 40 9. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 1, en donde $n=2$, comprendiendo el apilamiento de bobina de $2n$ capas respectivamente un primer patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de ida, un segundo patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de retorno, un tercer patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de retorno, un cuarto patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de ida, un primer dieléctrico proporcionado entre el primer patrón de conductores y el segundo patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial, un segundo dieléctrico proporcionado entre el tercer patrón de conductores y el cuarto patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial, y un tercer dieléctrico proporcionado entre el segundo patrón de conductores y el tercer patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial,
- 45 10. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 1, en donde $n=2$, comprendiendo el apilamiento de bobina de $2n$ capas respectivamente un primer patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de ida, un segundo patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de retorno, un tercer patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de retorno, un cuarto patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de ida, un primer dieléctrico proporcionado entre el primer patrón de conductores y el segundo patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial, un segundo dieléctrico proporcionado entre el tercer patrón de conductores y el cuarto patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial, y un tercer dieléctrico proporcionado entre el segundo patrón de conductores y el tercer patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial,

proporcionado entre el segundo patrón de conductores y el tercer patrón de conductores conectados para operar en un modo común.

- 5 10. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 1, en donde n=2, comprendiendo el apilamiento de bobinas de 2n capas respectivamente un primer patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de ida, un segundo patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de ida, un tercero patrón de conductores que proporciona un primer conductor de camino de corriente de retorno, un cuarto patrón de conductores que proporciona un segundo conductor de camino de corriente de retorno, un primer dieléctrico proporcionado entre el primer patrón de conductores y el segundo patrón de conductores conectados para operar en un modo común, un segundo dieléctrico proporcionado entre el tercero patrón de conductores y el cuarto patrón de conductores conectados para operar en un modo común, y un tercer dieléctrico proporcionado entre el segundo patrón de conductores y el tercero patrón de conductores conectados para operar en un modo diferencial.
- 10 11. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 2, que comprende además terminales implementados como lengüetas independientes desplazadas a lo largo de un borde de cada placa de circuito impreso para facilitar la conexión a pares de terminales independientes de patrones de conductores respectivos de cada placa de circuito impreso.
- 15 12. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 11, que comprende además vías o segundos terminales que conectan respectivas placas de circuito impreso a través del centro o del borde de las respectivas placas.
- 20 13. Una bobina de transferencia de energía inalámbrica como en la reivindicación 1, en donde el primer patrón de conductores comprende una espiral plana de cinta conductora; y
 en donde el segundo patrón de conductores es el mismo que el primer patrón de conductores, excepto que está volteado de izquierda a derecha a lo largo de una línea central vertical y girado 90°,
- 25 el dieléctrico comprende además al menos una conexión eléctrica que conecta eléctricamente los conductores respectivos de los patrones conductores primero y segundo,
 mediante la cual el primer y el segundo patrón de conductores están situados uno respecto del otro de manera que proporcionan transmisión de flujo en una misma dirección y mediante la cual el grosor de la cinta conductora no es superior a cuatro veces la profundidad de la piel del primer patrón de conductores a la frecuencia de operación de la energía inalámbrica predeterminada, donde la profundidad de la piel δ a la frecuencia de operación de la
- 30 energía inalámbrica predeterminada viene dada por $\delta = \sqrt{2\sigma/\omega\mu}$, donde σ es una resistividad del conductor en Ohm-Metros, ω es la frecuencia de operación en radianes por segundo, y μ es la permeabilidad magnética del conductor.

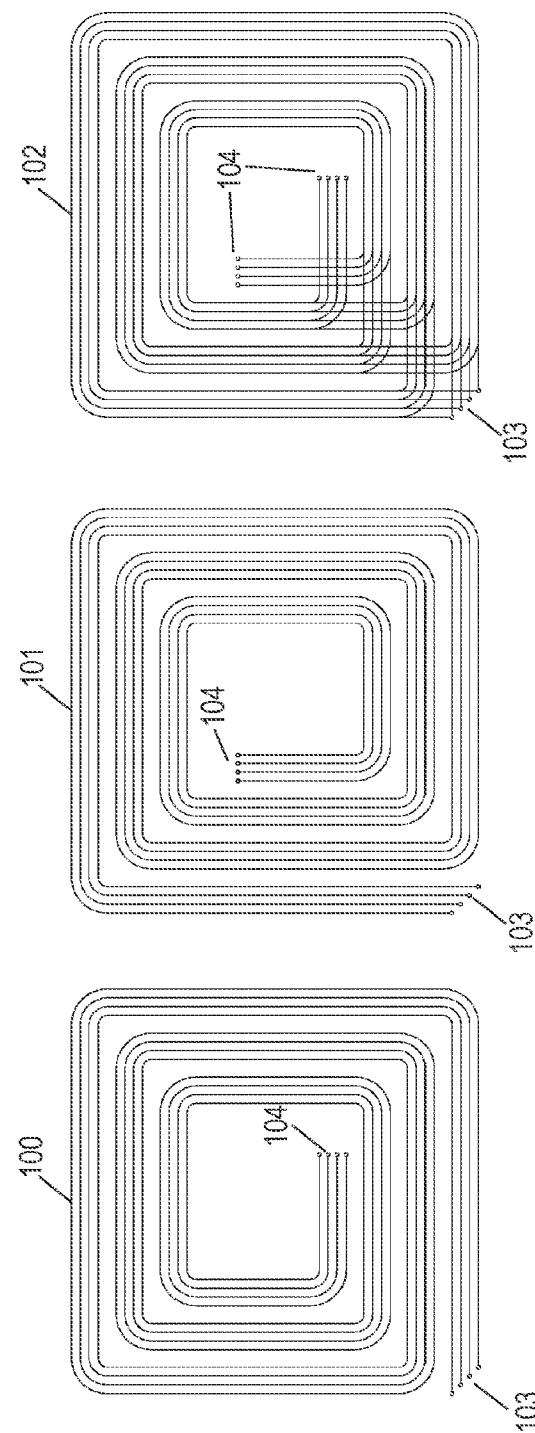


FIG. 1A
FIG. 1B
FIG. 1C

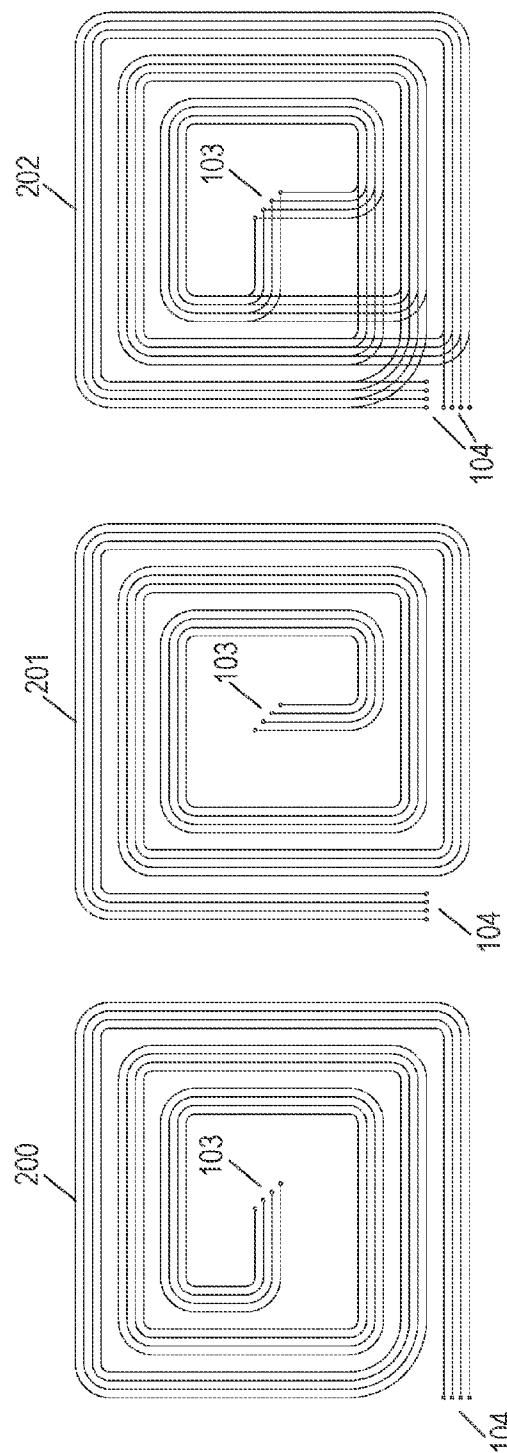


FIG. 2A

FIG. 2B

FIG. 2C

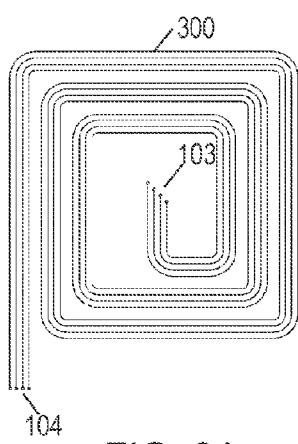


FIG. 3A

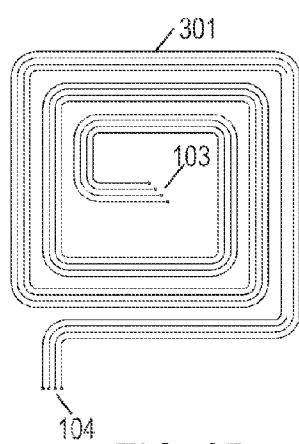


FIG. 3B

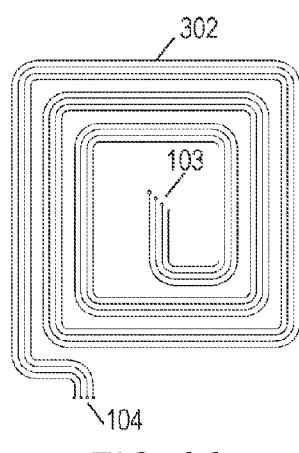


FIG. 3C

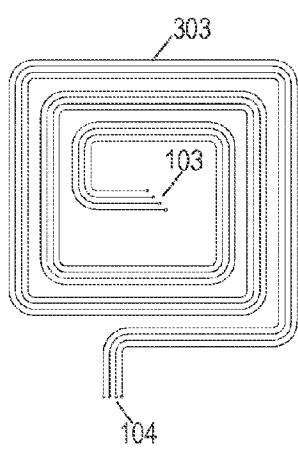


FIG. 3D

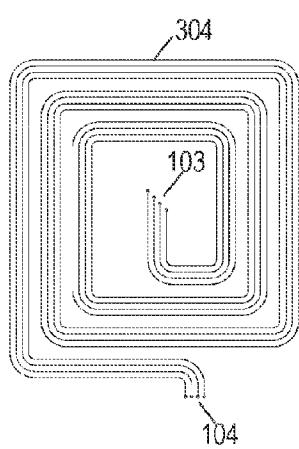


FIG. 3E

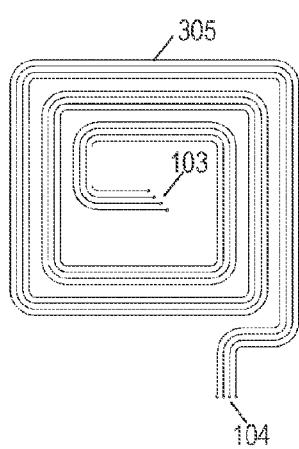


FIG. 3F

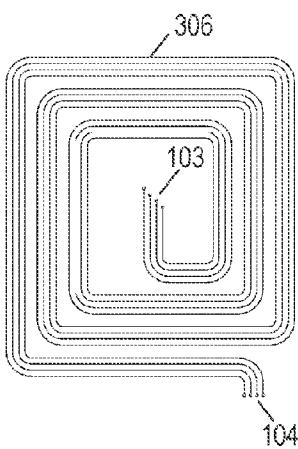


FIG. 3G

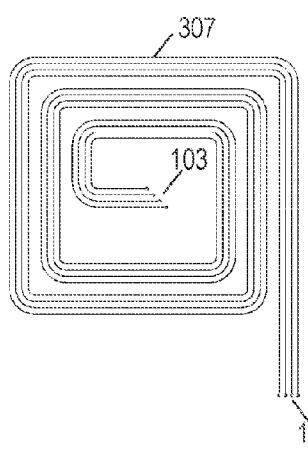


FIG. 3H

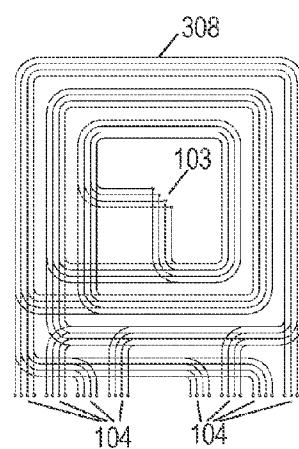


FIG. 3I

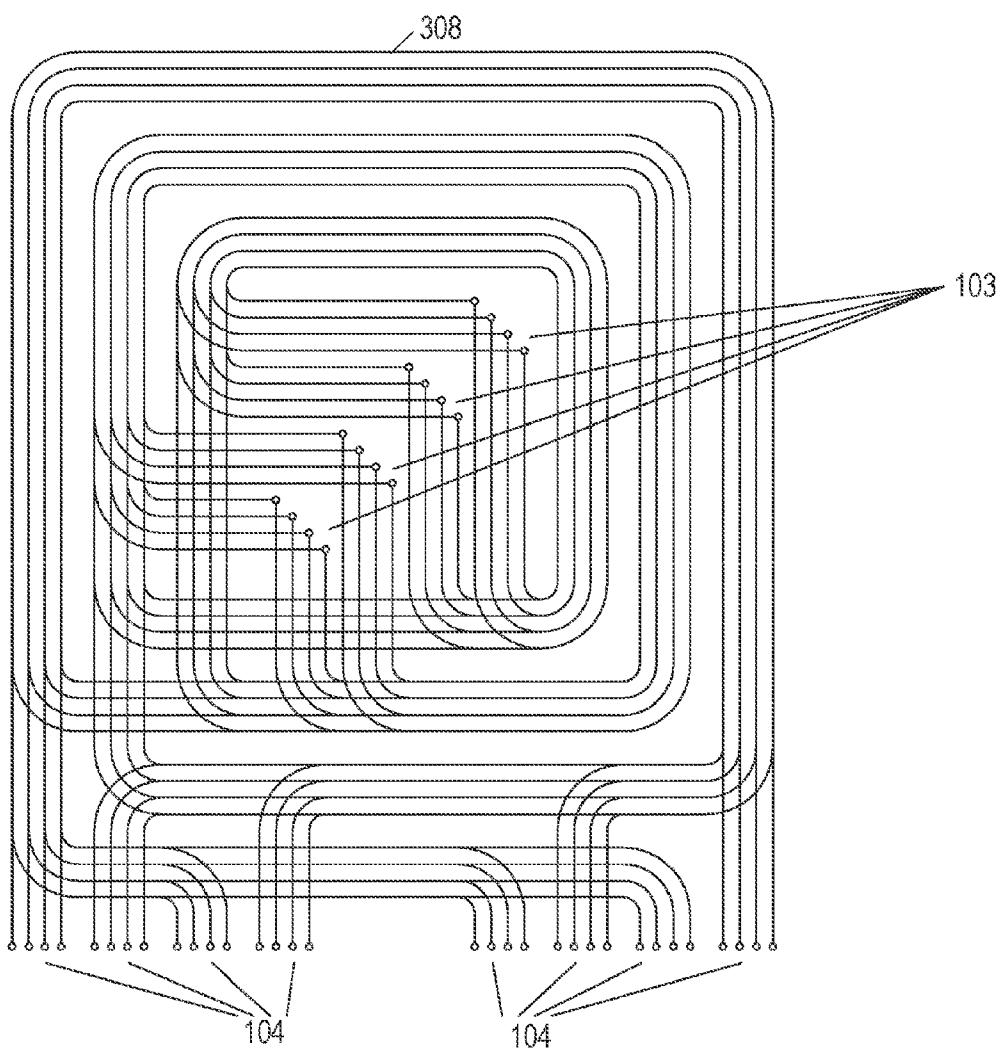


FIG. 3J

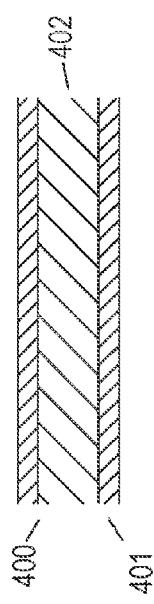


FIG. 4A

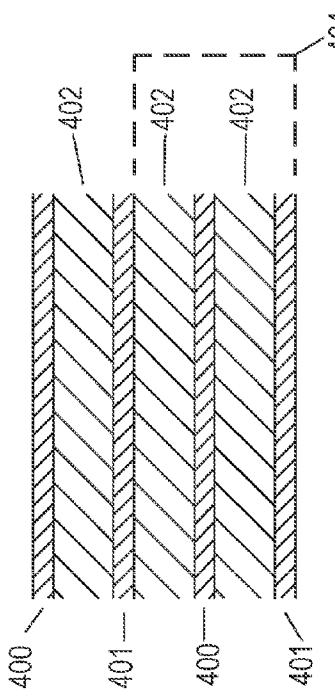


FIG. 4B

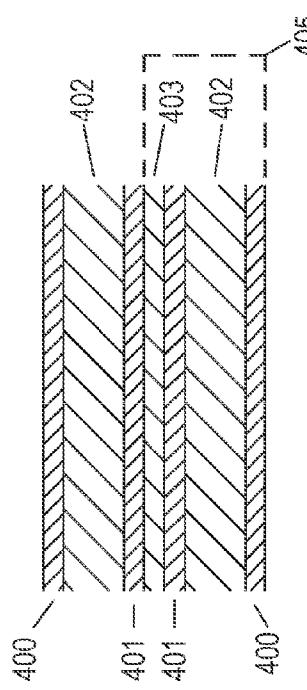


FIG. 4C

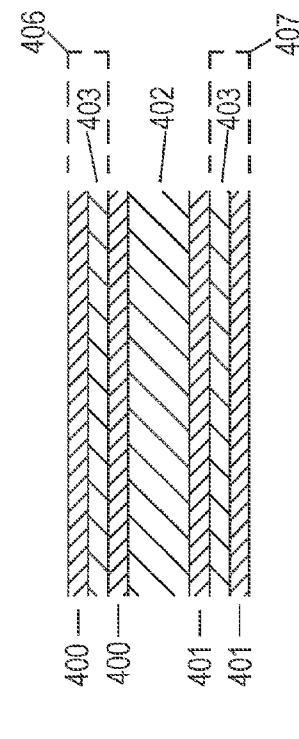


FIG. 4D

FIG. 5B

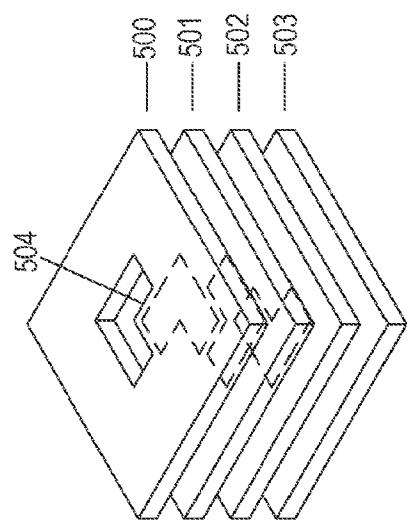


FIG. 5A

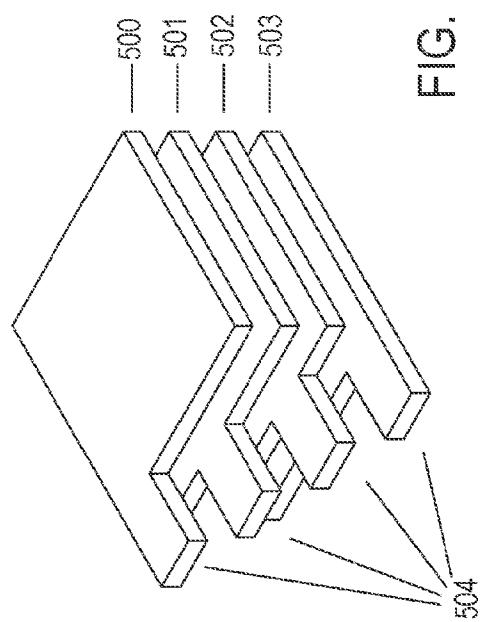
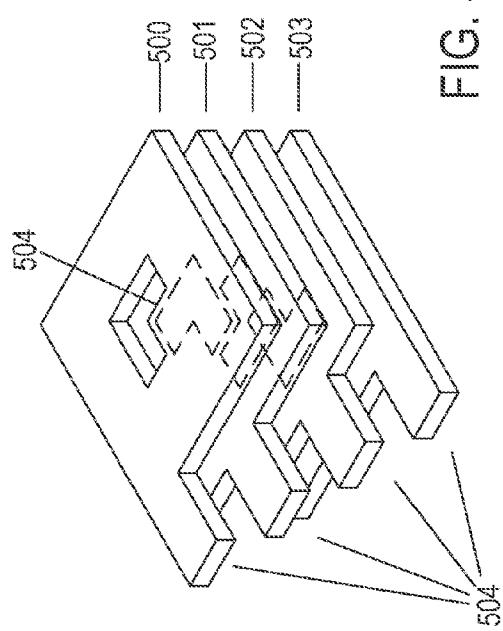


FIG. 5C



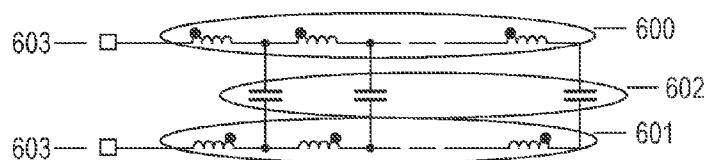


FIG. 6A

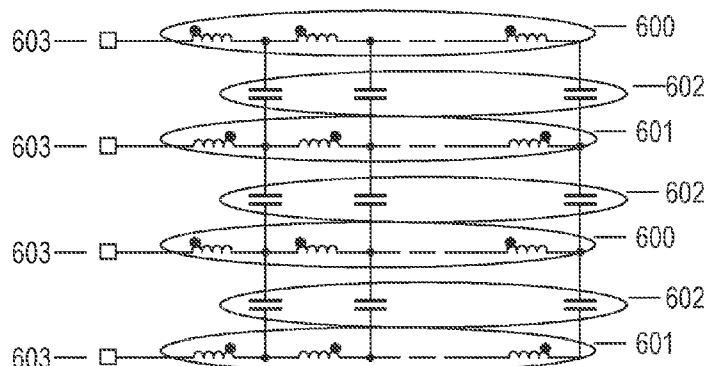


FIG. 6B

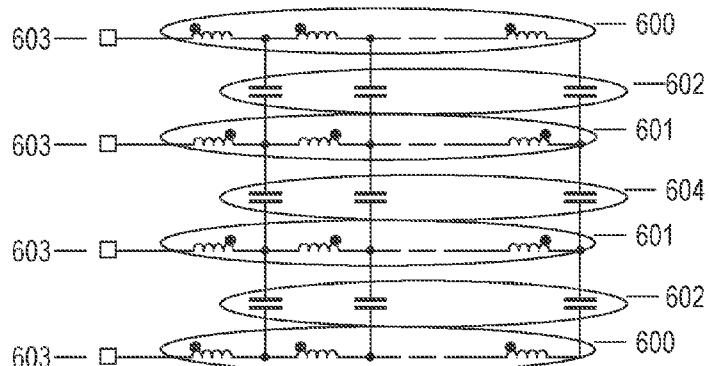


FIG. 6C

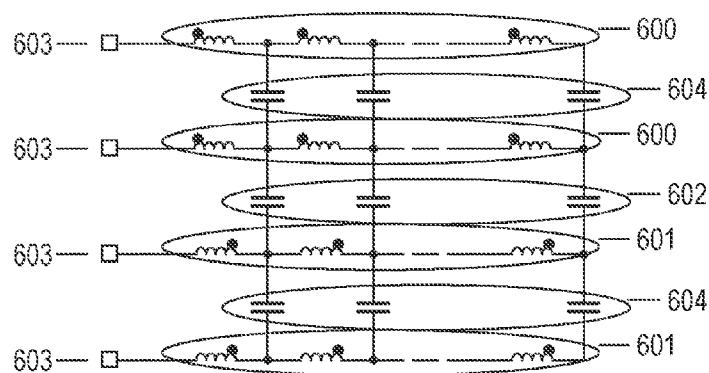


FIG. 6D

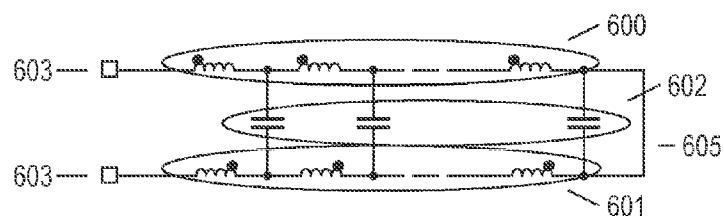


FIG. 6E

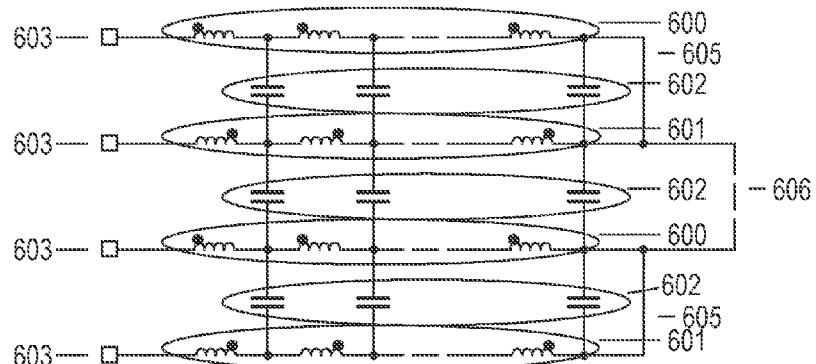


FIG. 6F

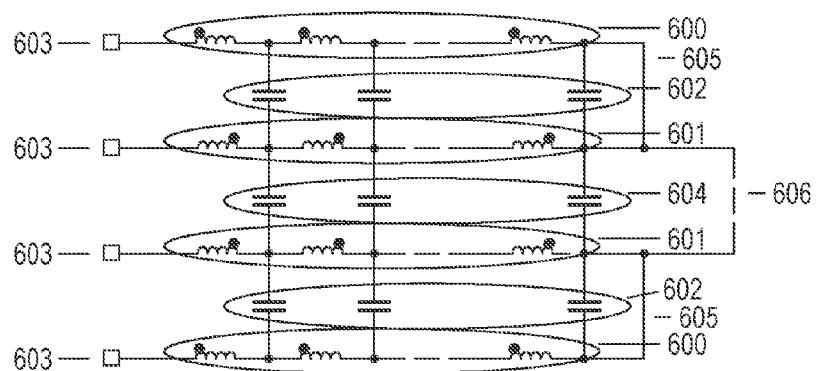


FIG. 6G

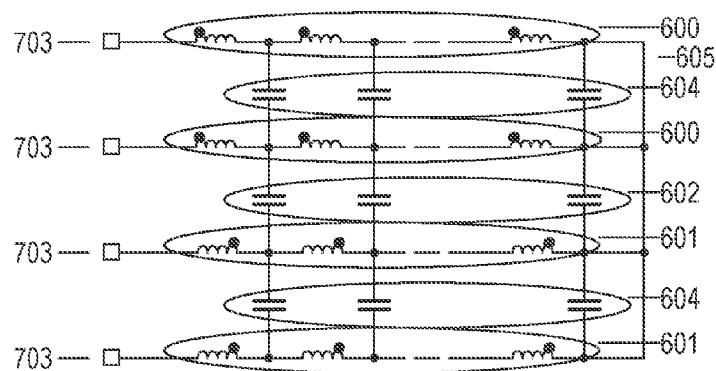


FIG. 6H

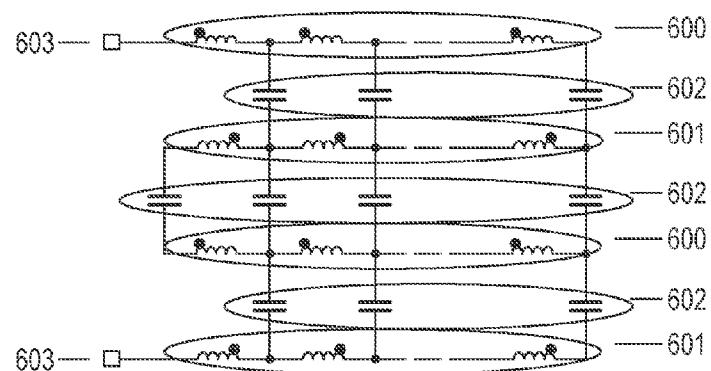


FIG. 6I

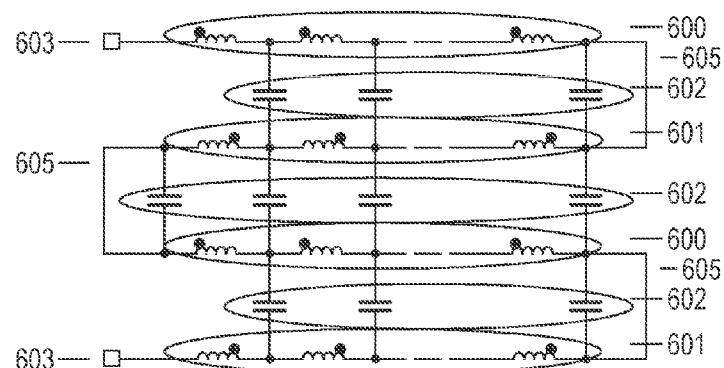


FIG. 6J

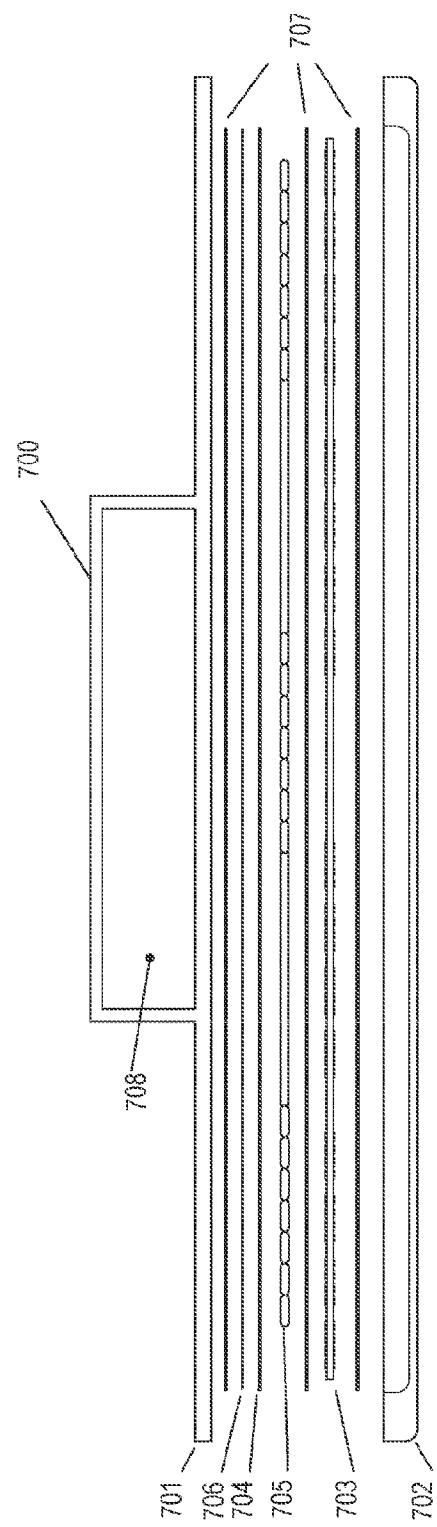


FIG. 7

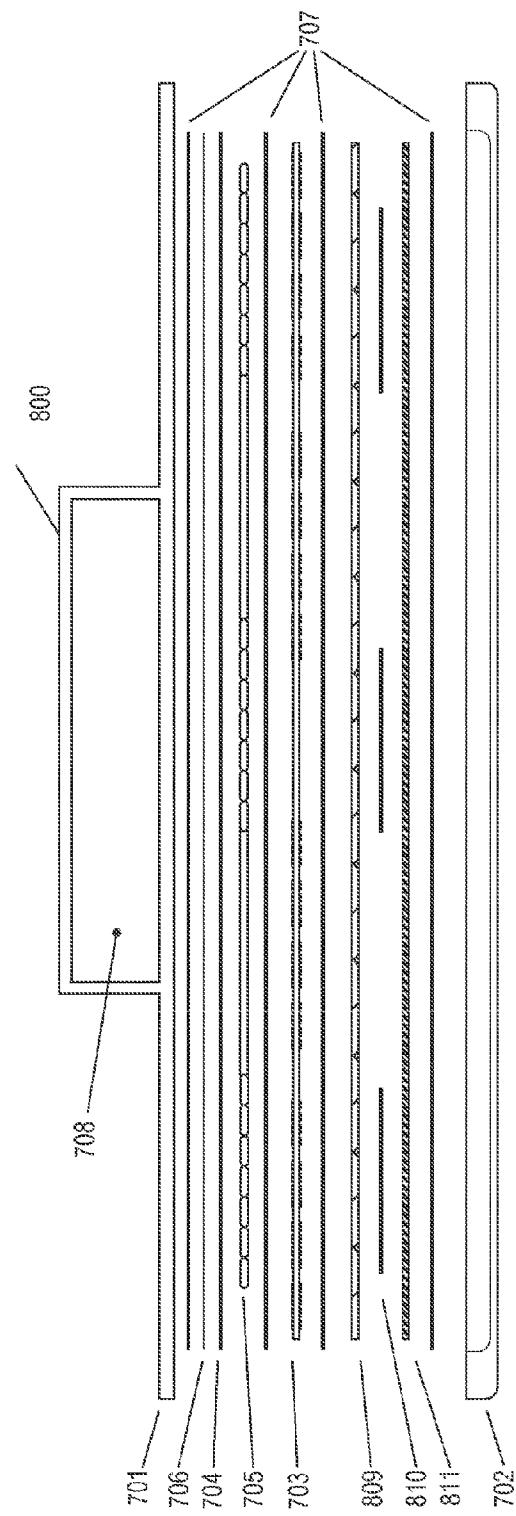


FIG. 8

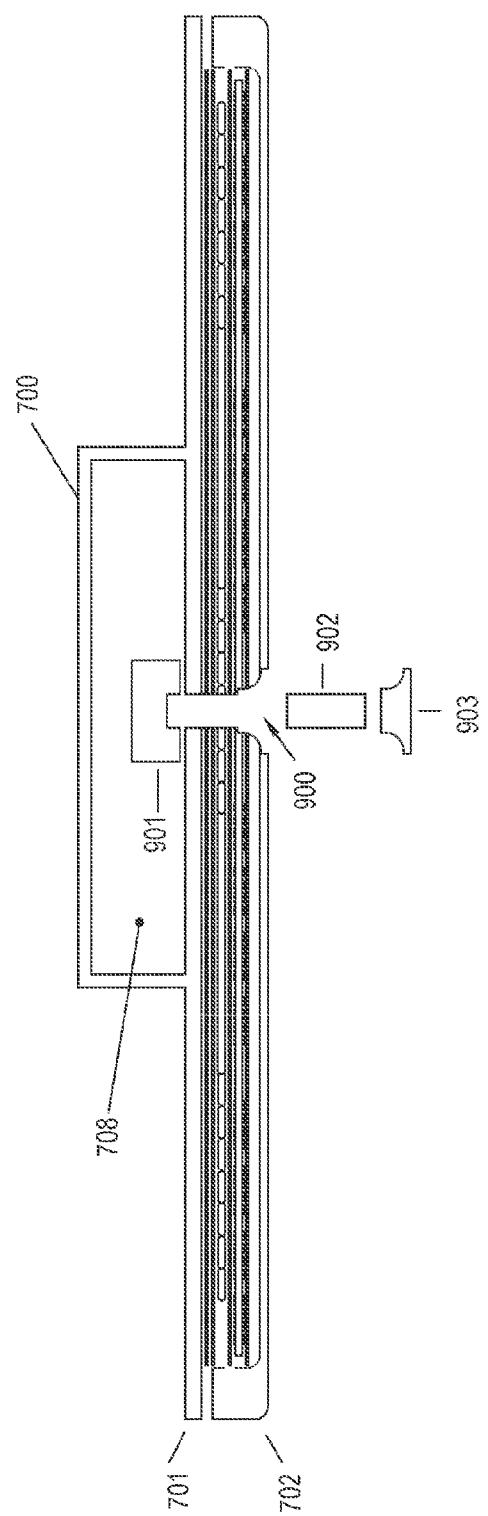


FIG. 9

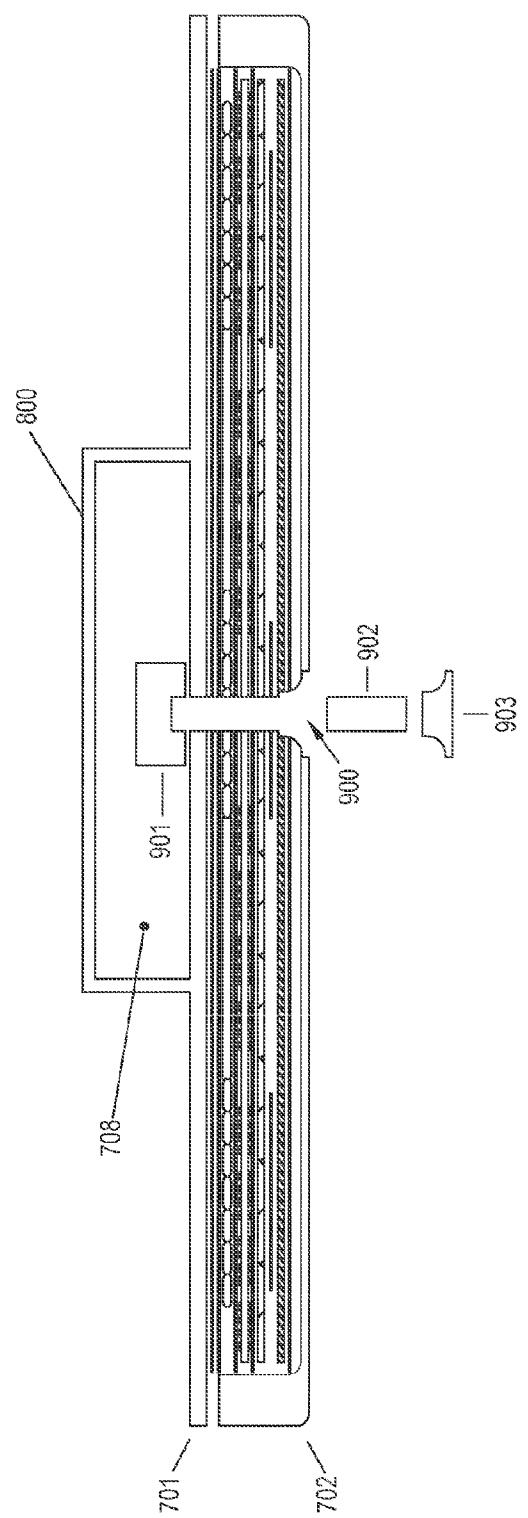


FIG. 10