

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 197**

51 Int. Cl.:

H05K 1/02 (2006.01)

H05K 1/14 (2006.01)

H05K 3/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2021** **PCT/EP2021/064310**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.12.2021** **WO21244960**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2021** **E 21727182 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2023** **EP 4162778**

54 Título: **Circuito electrónico con aislamiento**

30 Prioridad:

05.06.2020 EP 20178423

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.06.2024

73 Titular/es:

SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 48
5656 AE Eindhoven, NL

72 Inventor/es:

ACKERMANN, BERND;
DE MOL, EUGEN, JACOB y
OOSTVOGELS, LUDOVICUS, FRANCISCUS,
JOHANNES

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 972 197 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

Circuito electrónico con aislamiento

5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un circuito electrónico con aislamiento, por ejemplo, entre una sección de alta tensión en el lado de entrada del circuito y una sección de baja tensión en el lado de salida del circuito.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Un ejemplo de circuito electrónico que tiene una sección de alta tensión y una sección de baja tensión es una fuente de alimentación conmutada aislada (SMPS). La sección de alta tensión, por ejemplo, se alimenta de la red eléctrica e incluye componentes de conmutación de alta frecuencia, y la sección de baja tensión se encuentra a la salida de la fuente de alimentación, para alimentar una carga. La carga puede ser, por ejemplo, un dispositivo de iluminación alimentado con una tensión CC (relativamente) baja. La tensión o corriente de salida se regula mediante la fuente de alimentación conmutada.

El aislamiento entre la sección de alta tensión y la sección de baja tensión tiene lugar a través de un transformador de aislamiento.

Las consideraciones de seguridad eléctrica dan lugar a requisitos de distancia de seguridad, tanto para distancias de separación como de fuga, entre las altas tensiones peligrosas en el lado de entrada de la fuente de alimentación conmutada y las bajas tensiones seguras en el lado de salida.

La distancia de fuga es el camino más corto entre dos partes conductoras medido a lo largo de la superficie del aislamiento entre ellas. Una distancia de fuga correcta y adecuada protege contra el seguimiento, que es un proceso que produce un camino parcialmente conductor de deterioro localizado en la superficie de un material aislante como resultado de las descargas eléctricas en (o cerca de) una superficie aislante. El grado de seguimiento depende de tres factores principales: la diferencia de tensión entre las dos partes conductoras, las propiedades (en particular, el índice de seguimiento comparativo) del material y el grado de contaminación del entorno. El seguimiento puede dañar el material aislante como resultado de la humedad en la atmósfera, la contaminación, los productos químicos corrosivos o la altitud a la que se va a utilizar el equipo.

La distancia de separación es la distancia más corta entre dos partes conductoras medida a través del aire. Una distancia de separación suficiente evita la ruptura dieléctrica entre electrodos causada por la ionización del aire. En la ruptura dieléctrica también influyen la diferencia de tensión entre las dos partes conductoras, la humedad relativa, la temperatura y el grado de contaminación del entorno.

A modo de ejemplo, estos problemas pueden requerir normalmente una fuente de alimentación conmutada que permita una distancia de fuga de 8 mm entre los circuitos primario y secundario.

La separación entre las altas tensiones peligrosas y las bajas tensiones seguras se realiza normalmente proporcionando una disposición física que garantice las distancias de separación y de fuga adecuadas, y utilizando aislamiento sólido, normalmente en forma de cintas aislantes, entre el devanado primario y el devanado secundario en el transformador de aislamiento.

Los antecedentes pertinentes se divulgan en los documentos US 2019/335584 A1, JP S64 30292 A y US 2014/197914 A1.

La figura 1 muestra una disposición conocida de un transformador de aislamiento. Comprende una bobina 10 alrededor del núcleo del transformador 12. El devanado primario 14 y el devanado secundario 16 se enrollan alrededor de la bobina. Entre los devanados hay varias capas aislantes de cinta 18. Sin embargo, para garantizar el cumplimiento de los requisitos de distancia de fuga, también se necesitan espaciadores 20, de modo que una distancia a lo largo de la superficie de las capas aislantes de cinta 18 entre los devanados primario y secundario cumpla la distancia de fuga mínima requerida. El devanado primario 14 conduce a un primer par de clavijas de contacto 22 (sólo se ve una, ya que una está detrás de la otra) para conectar el transformador a una zona de placa de circuito impreso 26 y el devanado secundario conduce a un segundo par de clavijas 24 (sólo se ve una, ya que una está detrás de la otra) para conectar el transformador a una zona de placa de circuito impreso 28.

Las áreas de PCB 26 y 28 pueden ser parte de la misma PCB, opcionalmente con una ranura entre ellas, o pueden ser partes de diferentes PCB.

Los requisitos de seguridad eléctrica, térmica y mecánica de los transformadores de aislamiento utilizados en los controladores LED están estipulados, por ejemplo, en la norma IEC 61347-1 junto con la norma IEC 61347-2-13. La norma IEC 61347-2-13 establece que los transformadores de aislamiento utilizados en los controladores LED deberán

cumplir las partes pertinentes de la norma IEC 61558. En particular, la norma IEC 61558-1 establece las distancias mínimas de fuga, las distancias de separación y las distancias a través del aislamiento hasta 30 kHz inclusive.

La figura 2 muestra los requisitos de espacio libre para aislamiento doble con dos niveles diferentes de supuesta contaminación (conocidos como grado de contaminación 2 y grado de contaminación 3) según la norma IEC 61558-1, y en función de la tensión de trabajo. Los dos gráficos sólo divergen por debajo de 100 V. Para el grado de contaminación 1, no hay distancia mínima.

La tensión de servicio se define como la tensión (pico) más elevada a la que puede estar sometido el aislamiento considerado cuando el equipo funciona a su tensión nominal en condiciones normales de uso.

La figura 3 muestra los requisitos de distancia de fuga para el aislamiento doble para cuatro grupos de materiales diferentes (y para los tres grados de contaminación 1 a 3) en función de la tensión de trabajo para una frecuencia de funcionamiento. Muestra que la distancia de fuga depende del nivel de contaminación y del tipo de material.

La figura 4 muestra el requisito de distancia a través del aislamiento para una capa de material sólido y para una pila de capas finas en función de la tensión de trabajo. Demuestra que la estructura de las capas influye en los requisitos de grosor.

Las figuras 2 a 4 muestran que los distintos requisitos de distancia varían en función de la tensión de trabajo. Los requisitos más reducidos se aplican siempre al grado de contaminación 1, en el que las diferencias entre grupos de materiales son insignificantes. Las distancias de seguridad (distancias de separación y líneas de fuga) también deben respetarse en la placa de circuito impreso (PCB) en la que está montado el transformador de aislamiento. Por lo tanto, la distancia de fuga mínima estipulada debe ser inferior a la longitud a lo largo de la trayectoria más corta a lo largo de una superficie entre las partes conductoras de los dos circuitos a aislar. Esta trayectoria, por ejemplo, puede recorrer una ranura de la placa de circuito impreso.

La norma IEC 61558-2-16 establece, en particular, las distancias mínimas de fuga, las distancias de separación y las distancias a través del aislamiento por encima de 30 kHz y hasta 3 MHz inclusive.

La figura 5 muestra que la distancia de fuga mínima varía en función de la tensión de trabajo, pero también para diferentes frecuencias de funcionamiento. En cada frecuencia de funcionamiento, se muestran los tres grados de contaminación 1 a 3 (para el mismo material).

Se puede observar que, a la frecuencia de funcionamiento típica de una fuente de alimentación conmutada, como 500 kHz y a 700 V, la distancia de fuga es de sólo unos pocos mm, y es posible tener esto en cuenta en el diseño del transformador, como se muestra en la figura 1.

Sin embargo, existe el deseo de utilizar transistores de potencia de GaN para formar circuitos de alta velocidad y alta potencia, tanto en fuentes de alimentación conmutadas como en otros circuitos. Los transistores de potencia de GaN son más eficientes que los de Si y pueden funcionar a frecuencias de conmutación mucho más altas. Esto puede dar lugar, por ejemplo, a controladores LED u otras fuentes de alimentación conmutadas más pequeñas, de menor peso, más compactas, más eficientes y potencialmente más baratas.

Aprovechar plenamente las ventajas de los transistores de potencia de GaN requiere frecuencias de funcionamiento de varios cientos de kHz a unos pocos MHz y tensiones de funcionamiento de varios cientos de voltios. A frecuencias y tensiones de funcionamiento tan elevadas, las distancias de fuga exigidas, por ejemplo, por la norma IEC 61558-2-16, para lograr un aislamiento eléctrico adecuado para la seguridad del producto, son significativamente superiores a las distancias de fuga prescritas por las normas heredadas que no tienen en cuenta el funcionamiento a alta frecuencia. Por ejemplo, la figura 5 muestra que la distancia de fuga mínima para 750 V y 1 MHz es de unos 60 mm. Resulta poco práctico aplicar esta distancia de fuga en un módulo transformador compacto, al que puede exigírsele una longitud axial de sólo unos 20 mm.

Por lo tanto, el diseño convencional del transformador de aislamiento representado en la figura 1 ya no será factible. Se han propuesto sofisticadas construcciones mecánicas de transformadores de alta tensión para aumentar las distancias de fuga, pero incluso éstas serán poco prácticas y darán lugar a transformadores voluminosos para las grandes distancias de fuga requeridas a las altas frecuencias y altas tensiones a las que idealmente funcionarían la SMPS y el transformador de aislamiento, con el fin de reducir su tamaño y peso.

Por lo tanto, existe la necesidad de un diseño de circuito que permita aislar un circuito de alta tensión y alta frecuencia, cumpliendo al mismo tiempo los requisitos mínimos de seguridad en cuanto a distancias de fuga y separación.

SUMARIO DE LA INVENCION

La invención se define por las reivindicaciones.

Según la invención, se proporciona un circuito como se define en la reivindicación 1, que comprende:
una primera placa de circuito impreso portadora de un primer conjunto de componentes;

una segunda placa de circuito impreso que lleva un segundo conjunto de componentes, con un espacio libre entre la primera y la segunda placas de circuito impreso; y
un transformador que tiene un bobinado del lado primario y un bobinado del lado secundario, en el que el bobinado del lado primario está conectado eléctricamente al primer conjunto de componentes mediante una primera disposición de conexión y el bobinado del lado secundario está conectado al segundo conjunto de componentes mediante una segunda disposición de conexión,
en el que el devanado del lado primario y la primera disposición de conexión y/o el devanado del lado secundario y la segunda disposición de conexión comprenden un cable aislado.

El requisito de espacio libre se cumple proporcionando placas de circuito impreso separadas con un espacio entre ellas. La distancia de separación no varía con la frecuencia del mismo modo que la distancia de fuga, por lo que es posible un diseño compacto con espacio suficiente entre las placas de circuito impreso para implementar la separación requerida, incluso a altas frecuencias.

El uso de un cable, tanto para el bobinado del transformador como para la conexión a una placa de circuito impreso, reduce o supera el problema de la línea de fuga, ya sea proporcionando una longitud suficiente o utilizando un cable que se considere seguro y que pueda cumplir la normativa sobre línea de fuga sin necesidad de respetar la distancia de fuga mínima estándar. Este es el caso del cable con aislamiento triple.

En particular, el uso de cable con triple aislamiento aborda el problema de las descargas parciales. Hay materiales que sufren descargas parciales y materiales que no sufren descargas parciales. El vidrio, la cerámica y la mica son ejemplos de materiales que no sufren descargas parciales. Sin embargo, los ensayos de estructuras basadas en materiales que intrínsecamente sí sufren descargas parciales permiten utilizar dichas estructuras a altas frecuencias y altas tensiones cuando se ha demostrado su seguridad. El cable de triple aislamiento es un ejemplo en el que se ha demostrado dicha seguridad, ya que se han realizado pruebas y optimizado el material, la estructura y el proceso de fabricación (ya que es mucho más factible para una pieza sencilla como un cable que para un transformador completo).

En un primer ejemplo, el transformador está montado en la primera placa de circuito impreso, y el devanado del lado secundario y la segunda disposición de conexión comprenden un cable aislado triple, y la segunda disposición de conexión se extiende a través del espacio libre entre la primera y la segunda placas de circuito impreso.

En un segundo ejemplo, el transformador está montado en la segunda placa de circuito impreso, y el devanado del lado primario y la primera disposición de conexión comprenden un cable aislado triple, y la primera disposición de conexión se extiende a través del espacio libre entre la primera y la segunda placas de circuito impreso.

Así, el transformador puede ser un componente de montaje superficial que puede aplicarse a la primera o a la segunda placa de circuito impreso. Tenga en cuenta que el cable de aislamiento triple puede utilizarse, si se desea, para ambos devanados y ambas disposiciones de conexión.

Puede montarse un espaciador de vidrio, cerámica o mica en la primera y segunda placas de circuito impreso, que define el espacio libre entre la primera y segunda placas de circuito impreso.

Alternativamente, puede montarse un primer espaciador en la primera placa de circuito impreso y en una pieza de soporte intermedia, y un segundo espaciador en la segunda placa de circuito impreso y en la pieza de soporte intermedia, donde el primer espaciador y/o el segundo espaciador comprenden vidrio, cerámica o mica, y el espacio libre entre la primera y la segunda placas de circuito impreso está definido por el primer espaciador, el segundo espaciador y la pieza de soporte.

El espaciador o espaciadores se eligen para que sean particularmente resistentes a las descargas parciales. Estos materiales aislantes inorgánicos no resultan dañados por las descargas de efecto corona y, en consecuencia, no existe ningún requisito de distancia de fuga entre la primera y la segunda placa de circuito impreso, pero se aplican requisitos de espacio libre.

En otro ejemplo según la invención, se monta de nuevo un espaciador de vidrio, cerámica o mica a la primera y segunda placa de circuito impreso, que define el espacio libre entre la primera y segunda placas de circuito impreso, y el transformador se monta en (por ejemplo, sobre) el espaciador. De este modo, el transformador puede montarse separado de la primera y segunda placas de circuito impreso.

Alternativamente, el transformador puede comprender una bobina formada por el espaciador, y los devanados primario y secundario se enrollan alrededor de la bobina. Así pues, el espaciador se utiliza para proporcionar el espacio libre deseado, pero también forma parte de la estructura del transformador.

El primer conjunto de componentes incluye, por ejemplo, transistores semiconductores de GaN o SiC u otros

transistores semiconductores de banda ancha. El GaN y el SiC son ejemplos de materiales semiconductores de banda ancha. Pueden utilizarse como transistores de alta tensión y alta frecuencia. Por ejemplo, pueden tener una tensión de trabajo superior a 400 V, por ejemplo, superior a 500 V, por ejemplo, superior a 700 V, y una frecuencia de funcionamiento superior a 750 kHz, por ejemplo, superior a 1 MHz, por ejemplo, superior a 1,5 MHz.

El segundo conjunto de componentes incluye, por ejemplo, transistores de Si. Pueden tener una tensión de trabajo inferior a 400 V.

El primer y segundo conjunto de componentes, por ejemplo, definen conjuntamente una fuente de alimentación conmutada. El transformador de aislamiento aísla la entrada y la salida de la fuente de alimentación conmutada.

La invención también proporciona un controlador LED como se define en la reivindicación 11 que comprende:

- una entrada para recibir una tensión de entrada de red;
- una fuente de alimentación conmutada que comprende el circuito definido en la reivindicación 9; y
- una salida para suministrar una tensión CC con corriente y/o tensión reguladas a una disposición de LED.

El controlador LED puede comprender además un sistema de realimentación óptica para proporcionar realimentación óptica desde el segundo conjunto de componentes al primer conjunto de componentes, que comprende un transmisor óptico montado en la segunda placa de circuito impreso y un receptor óptico montado en la primera placa de circuito impreso. El controlador LED lo utiliza para regular la tensión y/o la corriente de salida utilizando la realimentación del lado secundario.

La invención también proporciona un circuito de iluminación como se define en la reivindicación 13 que comprende:

- el controlador LED definido anteriormente; y
- la disposición de los LED, alimentados por el controlador de LED.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de y se aclararán con referencia a la realización(es) descrita a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una mejor comprensión de la invención, y para mostrar más claramente cómo puede llevarse a efecto, se hará referencia, a título de ejemplo únicamente, a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 muestra un esquema conocido de un transformador de aislamiento;
- La figura 2 muestra los requisitos de espacio libre para el doble aislamiento con dos niveles diferentes de contaminación supuesta y en función de la tensión de trabajo;
- La figura 3 muestra los requisitos de distancia de fuga para el aislamiento doble para cuatro grupos de materiales diferentes (y para los tres grados de contaminación de 1 a 3) en función de la tensión de trabajo;
- La figura 4 muestra el requisito de distancia a través del aislamiento para una capa de material sólido y para una pila de capas finas en función de la tensión de trabajo;
- La figura 5 muestra que la distancia de fuga mínima varía en función de la tensión de trabajo, pero también para diferentes frecuencias de funcionamiento superiores a 30 kHz;
- Las figuras 6A a 6D muestran de forma esquemática varias implementaciones posibles;
- La figura 7 muestra una disposición en planta con espaciadores cerámicos;
- La figura 8 muestra cómo el transformador de la figura 1 es modificado por la invención;
- La figura 9 muestra que un armazón cerámico puede formar el núcleo central del transformador;
- La figura 10 muestra cómo el diseño del transformador de la figura 9 puede implementar una disposición en la que el propio transformador abarca el espacio libre entre la primera y la segunda placas de circuito impreso;
- La figura 11 muestra una topología simplificada ejemplar del estado de la técnica de un controlador conocido; y
- La figura 12 muestra un cable con triple aislamiento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

La invención se describirá con referencia a las figuras.

Debe entenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos, si bien indican realizaciones ejemplares, se han concebido únicamente con fines ilustrativos y no pretenden limitar el ámbito de la invención. Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción, reivindicaciones anexas y dibujos adjuntos. Debe entenderse que las figuras son meramente esquemáticas y no están dibujadas a escala. También debe entenderse que los mismos números de referencia se utilizan en todas las figuras para indicar partes iguales o similares.

La invención proporciona un circuito como se define en la reivindicación 1 que comprende una primera placa de circuito

impreso que lleva un primer conjunto de componentes y una segunda placa de circuito impreso que lleva un segundo conjunto de componentes, con un espacio libre entre la primera y segunda placas de circuito impreso. Un transformador tiene un lado primario conectado al primer conjunto de componentes y un lado secundario conectado al segundo conjunto de componentes. Uno de los devanados del transformador, y su conexión a un conjunto respectivo de componentes, comprende un cable aislado. El requisito de espacio libre se cumple proporcionando placas de circuito impreso separadas con espacio entre ellas y el uso del cable aislado resuelve o supera los problemas de fuga. De este modo, es posible el funcionamiento a alta frecuencia y alta tensión en la primera placa de circuito impreso.

La invención puede implicar el uso de una longitud del cable aislado (por ejemplo, cable aislado simple o doble) para cumplir los requisitos de fuga aplicables, si pueden cumplirse dentro del espacio disponible. En ejemplos preferidos, la invención se basa en un enfoque por el cual el aislamiento de seguridad se diseña de tal manera que ya no se aplican los requisitos de fuga, en particular basado en el uso de un diseño de cable aislado que evita la necesidad de requisitos de fuga. El devanado del lado primario y la primera disposición de conexión y/o el devanado del lado secundario y la segunda disposición de conexión comprenden un hilo aislado triple según la invención. De este modo, se evita la necesidad de prever grandes distancias de fuga cuando deban aplicarse altas frecuencias y tensiones elevadas.

Los circuitos de alta tensión peligrosos y los circuitos de baja tensión seguros están montados en placas de circuito impreso separadas, la primera (primaria) y la segunda (secundaria). Los requisitos de espacio libre se aplican entre la primera y la segunda placa de circuito impreso. Sin embargo, en los ejemplos preferidos, no existe ningún requisito de distancia de fuga entre la primera y la segunda placa de circuito impreso, ya que la conexión física entre ellas se realiza únicamente utilizando componentes que no están sujetos a requisitos de distancia de fuga.

La figura 6 muestra varias implementaciones posibles en forma esquemática. La invención se describirá basándose en el uso de hilo aislado triple como devanado y cola del transformador que abarca total o parcialmente el espacio libre entre placas de circuito impreso.

En cada caso, hay una primera placa de circuito impreso 60 que lleva un primer conjunto de componentes (no mostrados) y una segunda placa de circuito impreso 62 que lleva un segundo conjunto de componentes (no mostrados), con un espacio libre 64 entre la primera y segunda placas de circuito impreso.

La primera placa de circuito impreso 60 lleva componentes operados a una frecuencia alta y a una tensión alta (en relación con la segunda placa de circuito impreso), y equivalentemente, la segunda placa de circuito impreso 62 lleva componentes operados a una tensión baja (en relación con la primera placa de circuito impreso).

Un transformador 66 tiene un devanado del lado primario y un devanado del lado secundario. El devanado del lado primario está conectado eléctricamente al primer conjunto de componentes mediante una primera disposición de conexión 67 y el devanado del lado secundario está conectado al segundo conjunto de componentes mediante una segunda disposición de conexión 68.

Preferentemente, la disposición de conexión puede ser simplemente el par de colas del bobinado respectivo, de modo que una única longitud de cable defina el bobinado propiamente dicho y las dos líneas de conexión entre los extremos opuestos del bobinado y la placa de circuito impreso. Los extremos de estas colas definen entonces los terminales de contacto para la conexión a la placa de circuito impreso. Las propias colas (de uno o ambos devanados) se extienden a través del espacio libre y estas colas y el devanado asociado están formados en este ejemplo por cable de triple aislamiento.

Alternativamente, el transformador puede ser un módulo al que se hacen conexiones de cable externas separadas, cuyas conexiones de cable externas se extienden entre la placa de circuito impreso y el módulo. De este modo, las conexiones de cables externos que deben atravesar el espacio libre se forman como cables de triple aislamiento.

En un ejemplo, los extremos de las colas están soldados a clavijas. Estas clavijas se insertan, por ejemplo, en orificios pasantes de la placa de circuito impreso y se sueldan a estos orificios pasantes.

En algunos ejemplos según la invención, el devanado del lado primario y la primera disposición de conexión comprenden un cable aislado triple y la primera disposición de conexión atraviesa el espacio libre 64. En otros ejemplos según la invención, el devanado del lado secundario y la segunda disposición de conexión comprenden un hilo aislado triple y la segunda disposición de conexión atraviesa el espacio libre 64. Como alternativa, se puede utilizar cable de triple aislamiento tanto para las bobinas como para las conexiones.

El transformador proporciona aislamiento eléctrico entre los circuitos de alta tensión peligrosos y los circuitos de baja tensión seguros.

La figura 6A muestra un primer ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada en el que el transformador 66 está montado en la primera placa de circuito impreso 60, y el devanado del lado secundario y la segunda disposición de conexión 68 comprenden un cable aislado triple. La segunda disposición de conexión 68 se extiende a través del

espacio libre 64 entre la primera y la segunda placa de circuito impreso.

Las colas del bobinado del lado primario, por ejemplo, terminan con patillas que se conectan a través de la primera placa de circuito impreso 60. Las colas del bobinado del lado secundario forman la segunda disposición de conexión 68. Los extremos de las colas del devanado del lado secundario se fijan, por ejemplo, a la segunda placa de circuito impreso soldándolos a las almohadillas de soldadura o utilizando conectores. Estos conectores pueden ser, por ejemplo, un enchufe y una toma de corriente.

La figura 6B muestra un segundo ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, en el que el transformador 66 está montado en la segunda placa de circuito impreso 62, y el devanado del lado primario y la primera disposición de conexión 67 comprenden un cable aislado triple, y la primera disposición de conexión 67 se extiende a través del espacio libre entre la primera y la segunda placas de circuito impreso.

Las colas del devanado del lado secundario, por ejemplo, terminan con patillas que se conectan a través de la segunda placa de circuito impreso 62. Las colas del bobinado del lado primario forman la primera disposición de conexión 67. Los extremos de las colas del devanado del lado primario se fijan, por ejemplo, a la segunda placa de circuito impreso soldándolos a las almohadillas de soldadura o utilizando conectores.

Así, el transformador puede ser un componente de montaje superficial o un componente de orificio pasante que puede aplicarse a la primera o a la segunda placa de circuito impreso. Tenga en cuenta que el cable de aislamiento triple puede utilizarse, si se desea, para ambos devanados y ambas disposiciones de conexión.

La figura 6C muestra un ejemplo según la invención con un espaciador 70 de vidrio, cerámica o mica montado en la primera y segunda placas de circuito impreso, que define y establece el espacio libre 64 entre la primera y segunda placas de circuito impreso, para cumplir los requisitos de espacio libre. Así, el espaciador proporciona la conexión mecánica entre las placas de circuito impreso. El espaciador 70 se elige para que sea especialmente resistente a las descargas parciales. Los materiales adecuados pueden entonces evitar que se introduzcan requisitos de distancia de fuga entre la primera y la segunda placa de circuito impreso.

Los espaciadores pueden estar en diferentes ubicaciones con respecto al transformador (mostrado en la figura 7). Sin embargo, en la figura 6C, el transformador 66 está montado en, y en particular sobre, el espaciador 70. De este modo, el transformador 66 puede montarse separado de la primera y segunda placas de circuito impreso.

El transformador está conectado por una unión directa de las colas a las dos placas de circuito impreso, o puede haber cableado interno al espaciador 70.

La figura 6D muestra un ejemplo en el que un espaciador 70 forma una bobina del transformador, y los devanados primario y secundario se enrollan alrededor de la bobina. Las clavijas pueden utilizarse para terminar las colas de ambos devanados.

La figura 7 muestra una disposición en vista en planta con los espaciadores cerámicos 70 separados del transformador 66, que en este ejemplo está montado en la primera placa de circuito impreso 60. Como alternativa, la primera PCB 60 podría estar conectada mediante espaciadores 70 a una carcasa y la segunda PCB 62 podría estar conectada mediante espaciadores 70 a la misma carcasa. No todos estos espaciadores deben ser cerámicos.

Las dos placas de circuito impreso, por ejemplo, definen conjuntamente una fuente de alimentación conmutada que forma parte de un controlador LED. Las fuentes de alimentación conmutadas se utilizan mucho en los circuitos de controladores LED.

Los controladores LED controlables pueden utilizarse para variar el suministro de tensión y/o corriente proporcionado a la carga LED. Un uso conocido de tales controladores controlables es atenuar de forma controlable una carga de salida LED. En tales controladores, el transformador de aislamiento 66 proporciona aislamiento entre los lados de entrada y salida de la fuente de alimentación conmutada. Normalmente, hay circuitos de control en el lado primario del transformador de aislamiento para recibir y convertir un suministro de entrada en respuesta a una señal de realimentación del lado secundario.

La primera placa de circuito impreso, por ejemplo, recibe una tensión de entrada de red, y la salida de la segunda placa de circuito impreso suministra una tensión CC con corriente y/o tensión reguladas a una disposición de LED.

Para la función de regulación, se proporciona un sistema de retroalimentación óptica para entregar una señal de retroalimentación óptica desde el segundo conjunto de componentes al primer conjunto de componentes. Un transmisor óptico 80 está montado en la segunda placa de circuito impreso 62 y un receptor óptico 82 está montado en la primera placa de circuito impreso 60. El controlador LED lo utiliza para regular la tensión y/o la corriente de salida utilizando la realimentación del lado secundario. Así, el sistema de retroalimentación óptica comprende un optoacoplador que salva la barrera de aislamiento y se divide entre las placas de circuito impreso primaria y secundaria.

La figura 8 muestra cómo el transformador de la figura 1 es modificado por la invención. En este ejemplo, el devanado del lado primario 14 está formado por un cable de aislamiento triple y, por lo tanto, se muestra con un diámetro mayor que el devanado del lado secundario 16. Esto evita la necesidad de cinta aislante (o envolventes aislantes en las colas del transformador).

El núcleo del transformador 12 se muestra como un núcleo dividido que comprende una mitad de núcleo superior 12a y una mitad de núcleo inferior 12b de un núcleo de ferrita magnético blando, que pasa a través de la bobina 10. Por ejemplo, constan de dos mitades de núcleo E. Hay una cinta 18 entre los devanados y una envoltura exterior 19, que sirve principalmente para fijar el devanado mecánicamente.

La figura 9 muestra el transformador 66 de la figura 8 montado en una placa de circuito impreso 83. Se muestran la bobina 10, las mitades del núcleo del transformador 12a, 12b y la envoltura exterior 19. Los bobinados no se muestran, ya que se encuentran debajo de la envoltura exterior 19.

El transformador 66 se muestra montado en una placa de circuito impreso 83 con una ranura 84, de modo que existe una trayectoria de fuga 86 alrededor de la ranura desde el lado primario al secundario. A tensiones y frecuencias elevadas, esta trayectoria puede seguir siendo demasiado corta para cumplir los requisitos de fuga.

La figura 10 muestra cómo el diseño del transformador de la figura 9 puede implementar la disposición de la figura 6D, en la que el propio transformador abarca el espacio libre 64 entre la primera y segunda placas de circuito impreso 60, 62. La bobina 10 se fija a las placas de circuito impreso como se muestra en la figura 8. La bobina 10 actúa como espaciador cerámico. La línea de fuga mostrada en la figura 9 ya no existe. Las conexiones entre las dos placas de circuito impreso incluyen el cable de triple aislamiento o la bobina cerámica 10.

Para completar, la figura 11 muestra una topología simplificada ejemplar del estado de la técnica de un controlador 90 conocido. Se muestra una topología de convertidor de retorno, conocido por su uso tanto en conversión CA/CC como CC/CC con aislamiento galvánico entre la entrada y cualquiera de las salidas. El convertidor de retorno es un convertidor de transferencia inversa con el inductor dividido para formar el transformador de aislamiento, combinando así la ventaja de escalar las tensiones del primario a la salida al tiempo que se consigue el aislamiento. El controlador controlable 90 comprende un convertidor primario 92, un circuito de control de realimentación 94 y el optoaislador 80, 82.

El convertidor primario 92 recibe y convierte una alimentación de entrada V_{sup} (por ejemplo, red eléctrica) utilizando un generador de potencia 93 para generar una señal de alimentación V_{load} para suministrar a la carga de LED 98. El convertidor primario 92 y la carga LED 98 están aislados eléctricamente entre sí por un primer devanado 100 y un segundo devanado 102, acoplados magnéticamente entre sí por un núcleo magnético compartido 104. El nivel de la señal de alimentación (tensión V_{load} y/o corriente) es ajustable por el generador de potencia 93 en respuesta a una señal de ajuste, V_{ad} .

El generador de potencia 93 incluye, por ejemplo, filtrado EMI, un fusible, un rectificador, el conmutador de alta frecuencia del convertidor de potencia conmutado y la circuitería de control conmutado asociada para regular la salida en respuesta a la realimentación del circuito de control de realimentación 94.

El circuito de control de realimentación 94 genera una señal de error a partir de una señal sensora I_{fb} o V_{fb} (mostrada sólo esquemáticamente en la figura 11) y una señal de referencia, y a partir de esta señal de error se deriva la señal de ajuste V_{ad} utilizando circuitos de comparación. En el ejemplo mostrado, una interfaz de regulación 106 recibe una tensión de entrada V_{in} y genera la tensión de referencia utilizada por el circuito de control de realimentación 94 para generar la señal de error y, a continuación, la señal de ajuste V_{ad} . En otro ejemplo, el circuito de control de realimentación 94 y la interfaz de regulación 106 están situados en el lado primario (entre el optoaislador 80, 82 y el generador de potencia 93). Una unidad separada recibe entonces I_{fb} o V_{fb} y acciona el optoaislador 80, 82 de forma que se transmitan.

La señal de ajuste V_{ad} es proporcionada al convertidor primario 92 por el circuito de control de realimentación 94 a través del optoaislador 80, 82. Así, la señal de ajuste implementa el control de retroalimentación de corriente o tensión.

En este ejemplo, la señal de detección I_{fb} o V_{fb} se conecta directamente al circuito de control de realimentación 94, y en particular al circuito de comparación, desde el segundo devanado 102 (es decir, desde la señal de alimentación aislada suministrada a la carga).

El excitador, por lo tanto, suministra una señal de alimentación de salida controlable (tensión y/o corriente) a la carga, garantizando al mismo tiempo el aislamiento de la carga del convertidor primario. El circuito de control utilizado para controlar la alimentación de salida también está aislado del convertidor primario.

El control de realimentación implementado por el circuito 94 puede ser para regular la tensión o la corriente de salida. Algunas cargas de iluminación requieren regulación de corriente y otras, regulación de tensión. De este modo, es

posible la detección de corriente y el control por realimentación o la detección de tensión y el control por realimentación.

El circuito de la figura 11 puede adaptarse de acuerdo con la invención proporcionando los componentes del lado primario en la primera placa de circuito impreso y los componentes del lado secundario en la segunda placa de circuito impreso e implementando el transformador y las conexiones como se ha explicado anteriormente.

Este es sólo un ejemplo esquemático de una arquitectura de fuente de alimentación conmutada. Por supuesto, pueden utilizarse otras topologías. En general, hay un inductor principal que controla el almacenamiento de energía procedente de la entrada y la entrega de energía almacenada a la carga. Un interruptor principal controla el suministro de energía de la entrada al inductor principal. El tiempo de funcionamiento del interruptor principal, en particular el ciclo de trabajo controla la transferencia de energía. Un convertidor de potencia conmutado de bajo coste habitual es un convertidor de una etapa, como un convertidor directo o un convertidor de transferencia inversa.

El primer conjunto de componentes de la primera placa de circuito impreso incluye, por ejemplo, transistores de GaN o SiC u otros transistores de material de banda ancha. Pueden utilizarse como transistores de alta potencia y alta frecuencia. Por ejemplo, particularmente para los transistores GaN, pueden tener una tensión de trabajo de más de 500V y una frecuencia de funcionamiento de más de 750kHz, por ejemplo, más de 1MHz, por ejemplo, más de 1,5MHz. Por ejemplo, los transistores de SiC funcionan a tensiones más altas, pero a frecuencias más bajas que los transistores de GaN.

El segundo conjunto de componentes de la segunda placa de circuito impreso incluye, por ejemplo, transistores Si. Pueden tener una tensión de trabajo inferior a 500 V.

Como ejemplo, un rectificador síncrono puede estar situado entre el devanado del lado secundario 102 y la carga LED 98, o simplemente un diodo rectificador puede ser utilizado, permitiendo que la corriente fluya a la carga 98 pero no en la otra dirección.

La frecuencia de funcionamiento es la misma a ambos lados del transformador.

Los materiales de banda ancha son especialmente interesantes en el lado primario de alta tensión, pero también pueden utilizarse en el lado secundario de baja tensión, donde permiten ahorrar espacio.

El primer y segundo conjuntos de componentes, por ejemplo, definen conjuntamente una fuente de alimentación conmutada como la que se muestra en la figura 11.

El optoaislador 80, 82 salva el espacio libre entre las placas de circuito impreso. Otros componentes también pueden salvar la barrera de aislamiento. Por ejemplo, los condensadores vitrocerámicos (por ejemplo, los descritos en el documento WO 2015/173409 A1) pueden utilizarse como condensadores Y para la reducción del ruido de RF, y también pueden salvar la barrera de aislamiento. A continuación, el condensador Y se divide entre los circuitos impresos primario y secundario, se conecta al primer devanado 100 y al segundo devanado 102 para reducir la EMI. En general, los condensadores en Y se consideran seguros para bajas frecuencias. Por ejemplo, para las altas frecuencias mencionadas anteriormente, deberían utilizarse condensadores vitrocerámicos.

Los alambres con triple aislamiento se forman, por ejemplo, con revestimientos extruidos de tres capas de resinas poliméricas de alto rendimiento o revestimientos de cinta aislante envuelta de tres capas. La figura 12 muestra un núcleo de alambre de cobre 110 (que puede ser de una sola hebra o de múltiples hebras), y tres capas aislantes 112, 114, 116. De este modo se obtienen excelentes propiedades dieléctricas. A diferencia de los alambres esmaltados, pueden extruirse tres capas de aislamiento sobre un núcleo de cobre mediante un proceso de fabricación automatizado para garantizar la perfecta posición central del conductor.

El aislante exterior es, por ejemplo, poliamida, y las dos capas aislantes interiores son, por ejemplo, poliéster modificado resistente al calor.

Existen en el mercado varios diseños de cable de triple aislamiento, por ejemplo, de Furukawa (marca registrada).

La invención puede utilizarse cuando se desean transistores de potencia de GaN o SiC como se ha mencionado anteriormente, pero la invención también puede aplicarse a otros transistores de potencia de banda ancha (WBG).

Todos los ejemplos anteriores muestran un transformador con un único devanado en el lado primario y un único devanado en el lado secundario. Hay transformadores con dos o más devanados de salida. Si estos dos o más devanados de salida puentean el espacio libre, entonces todos ellos deben estar fabricados con el cable de triple aislamiento. Las conexiones eléctricas entre estos devanados deben realizarse después de puentear el espacio libre. En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad.

Si en las reivindicaciones o en la descripción se utiliza el término "adaptado a", se señala que el término "adaptado a"

pretende ser equivalente al término "configurado para".

Cualesquiera signos de referencia en las reivindicaciones no deberían interpretarse como que limitan el ámbito.

REIVINDICACIONES

1. Un circuito, que comprende:

una primera placa de circuito impreso (60) portadora de un primer conjunto de componentes;
una segunda placa de circuito impreso (62) que lleva un segundo conjunto de componentes, con un espacio libre (64) entre la primera y la segunda placas de circuito impreso; y
un transformador (66) que tiene un devanado del lado primario y un devanado del lado secundario, en el que el devanado del lado primario está conectado eléctricamente al primer conjunto de componentes mediante una primera disposición de conexión y el devanado del lado secundario está conectado al segundo conjunto de componentes mediante una segunda disposición de conexión, en el que el devanado del lado primario y la primera disposición de conexión y/o el devanado del lado secundario y la segunda disposición de conexión comprenden un cable aislado,

el circuito caracterizado en que

el cable es un cable de triple aislamiento, y el circuito comprende
un espaciador de vidrio, cerámica o mica (70) montado en la primera y la segunda placa de circuito impreso, que define el espacio libre entre la primera y la segunda placa de circuito impreso, o bien
un primer espaciador montado en la primera placa de circuito impreso y en una pieza de soporte intermedia, un segundo espaciador montado en la segunda placa de circuito impreso y en la pieza de soporte intermedia, en los que el primer espaciador y/o el segundo espaciador comprenden vidrio, cerámica o mica, estando definido el espacio libre entre la primera y la segunda placas de circuito impreso por el primer espaciador, el segundo espaciador y la pieza de soporte.

2. El circuito de la reivindicación 1, en el que el transformador (66) está montado en la primera placa de circuito impreso (60), y el devanado del lado secundario y la segunda disposición de conexión comprenden un cable aislado triple, y la segunda disposición de conexión se extiende a través del espacio libre entre la primera y segunda placas de circuito impreso.

3. El circuito de la reivindicación 1, en el que el transformador (66) está montado en la segunda placa de circuito impreso (62), y el devanado del lado primario y la primera disposición de conexión comprenden un cable aislado triple, y la primera disposición de conexión se extiende a través del espacio libre entre la primera y la segunda placas de circuito impreso.

4. El circuito de la reivindicación 1, que comprende además un espaciador de vidrio, cerámica o mica (70) montado en la primera y segunda placa de circuito impreso, que define el espacio libre entre la primera y segunda placas de circuito impreso, en el que el transformador (66) está montado en el espaciador.

5. El circuito de la reivindicación 1, que comprende además un espaciador de vidrio, cerámica o mica (70) montado en la primera y segunda placa de circuito impreso, que define el espacio libre entre la primera y segunda placas de circuito impreso, en el que el transformador (66) comprende una bobina (10) formada por el espaciador, y los devanados primario y secundario se enrollan alrededor de la bobina.

6. El circuito de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el primer conjunto de componentes incluye transistores SiC o GaN.

7. El circuito de la reivindicación 6, en el que los transistores de SiC o GaN tienen una tensión de trabajo de más de 400V y una frecuencia de funcionamiento de más de 750kHz, por ejemplo, más de 1MHz, por ejemplo, más de 1,5MHz.

8. El circuito de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el segundo conjunto de componentes incluye transistores Si.

9. El circuito de la reivindicación 8, en el que los transistores de Si tienen una tensión de trabajo inferior a 400V.

10. El circuito de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el primer y segundo conjuntos de componentes definen conjuntamente una fuente de alimentación conmutada.

11. Un controlador de LED que comprende:

una entrada para recibir una tensión de entrada de red;
una fuente de alimentación conmutada que comprende el circuito de la reivindicación 9; y
una salida para suministrar una tensión CC con corriente y/o tensión reguladas a una disposición de LED.

12. El controlador LED de la reivindicación 11, que comprende un sistema de retroalimentación óptica para proporcionar retroalimentación óptica desde el segundo conjunto de componentes al primer conjunto de componentes,

que comprende un transmisor óptico montado en la segunda placa de circuito impreso y un receptor óptico montado en la primera placa de circuito impreso.

5 13. Un circuito de iluminación que comprende:

el controlador LED de las reivindicaciones 11 o 12; y
la disposición de los LED, alimentados por el controlador de LED.

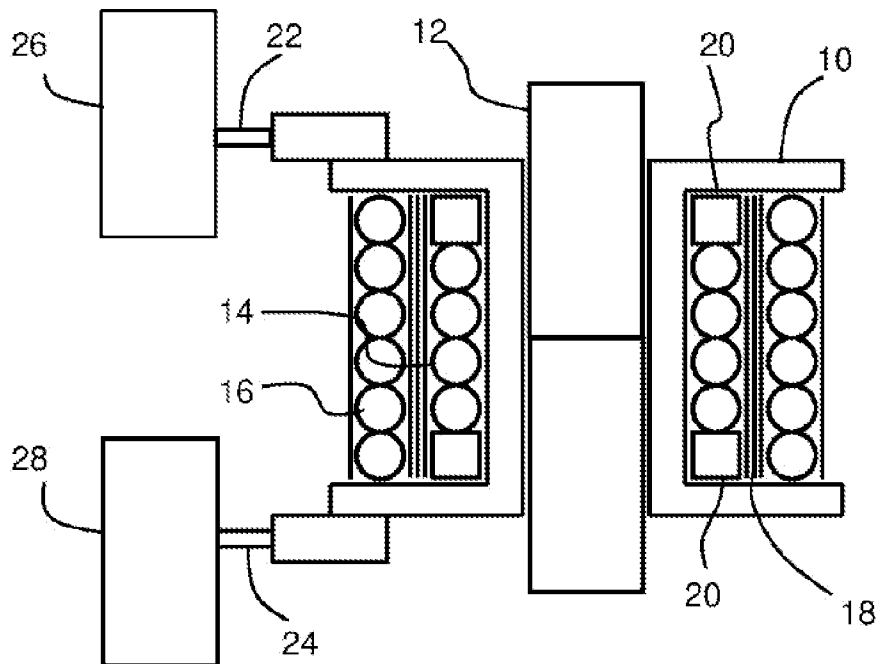


FIG. 1

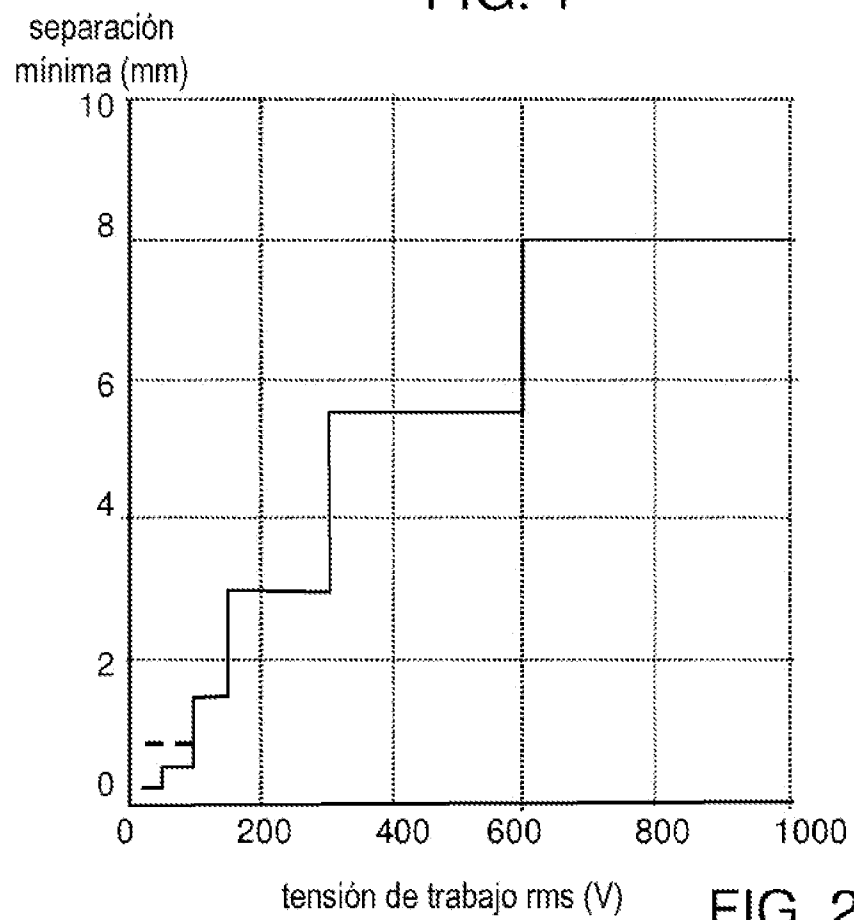


FIG. 2

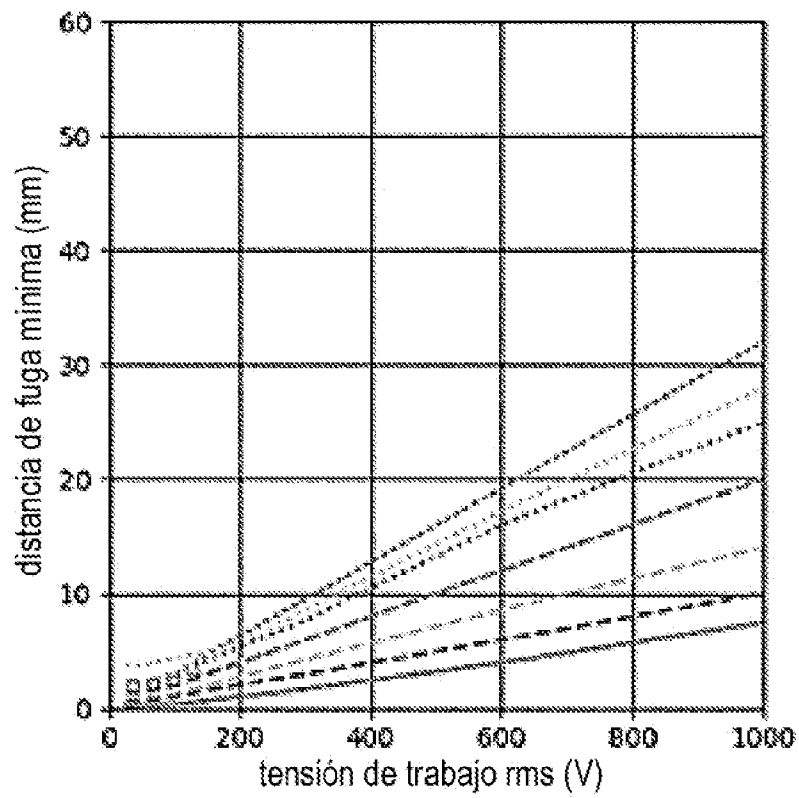


FIG. 3

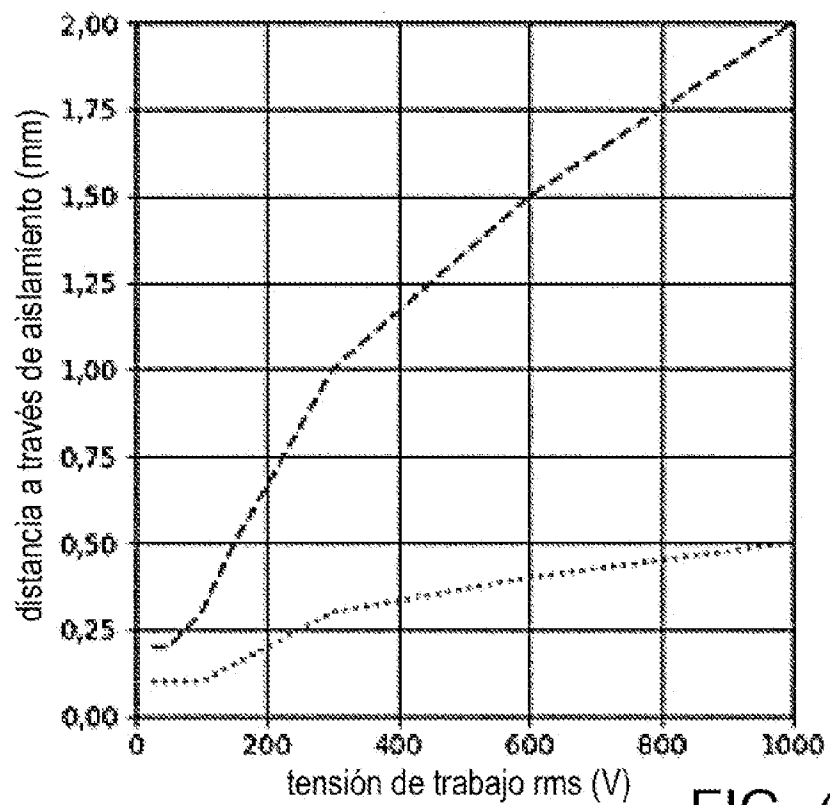


FIG. 4

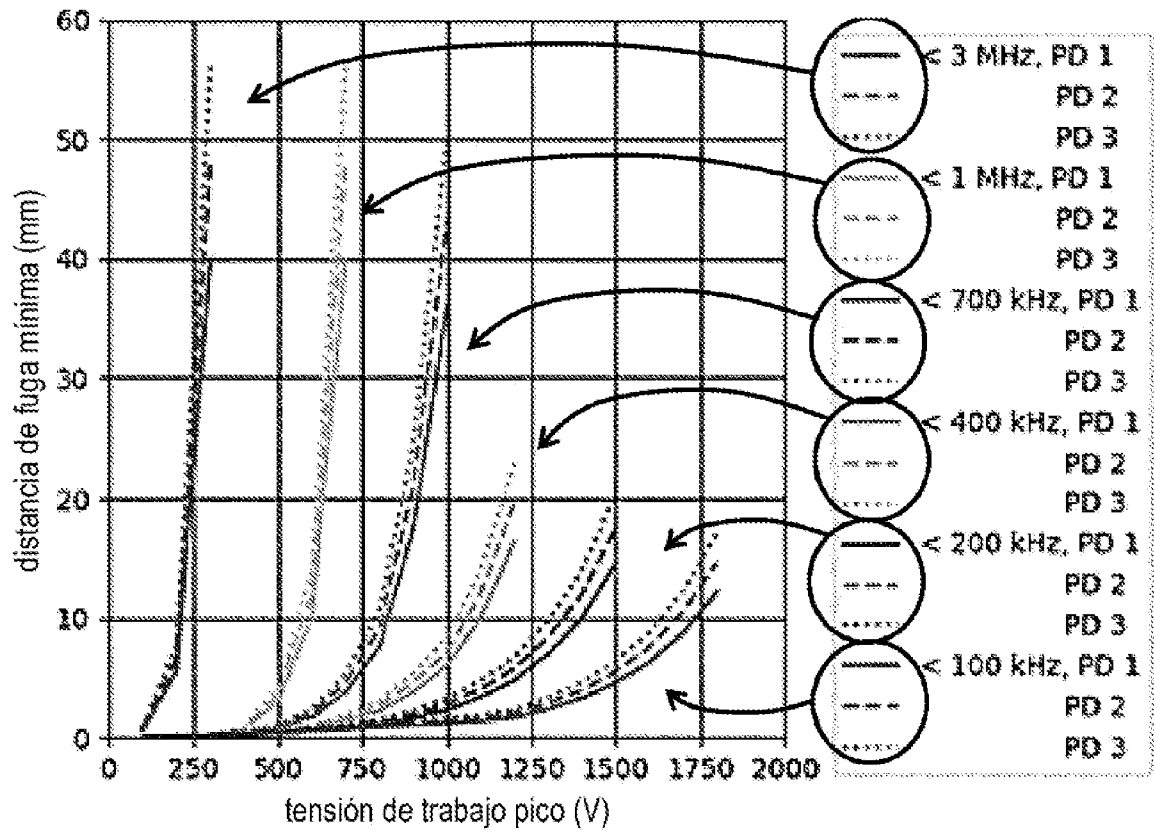


FIG. 5

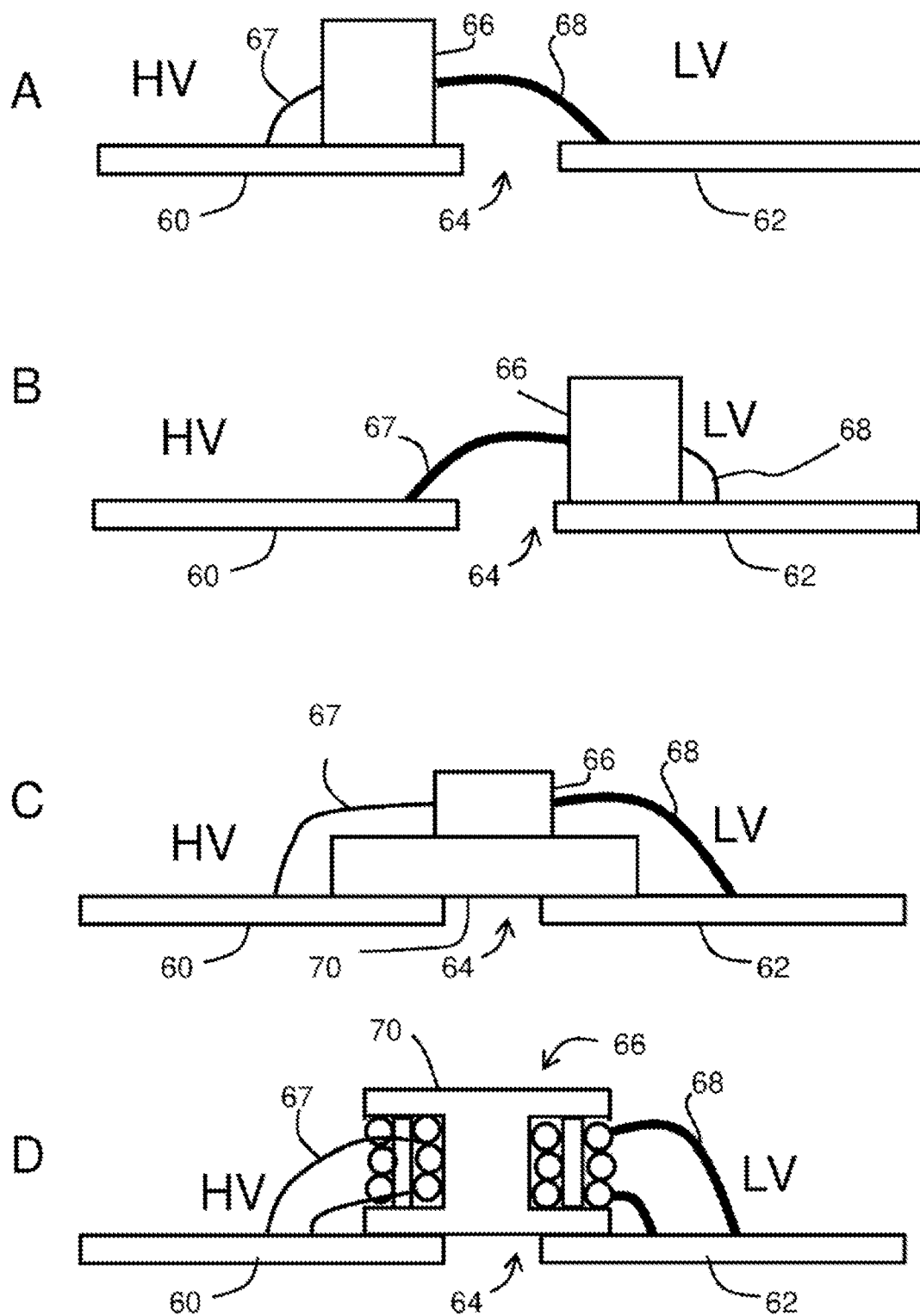


FIG. 6

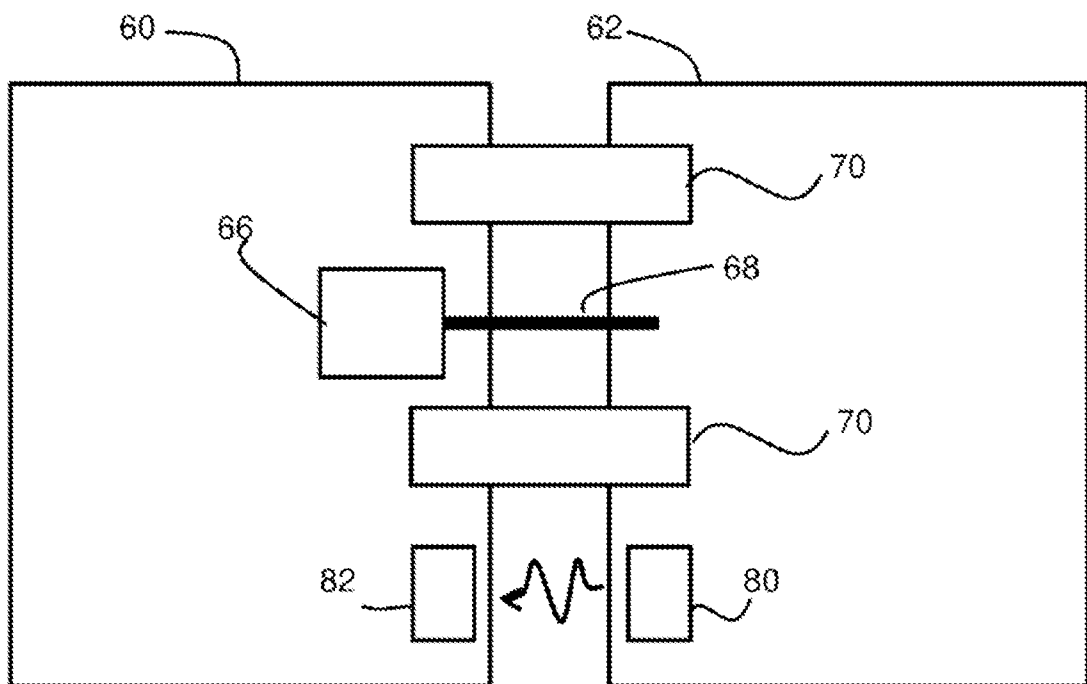


FIG. 7

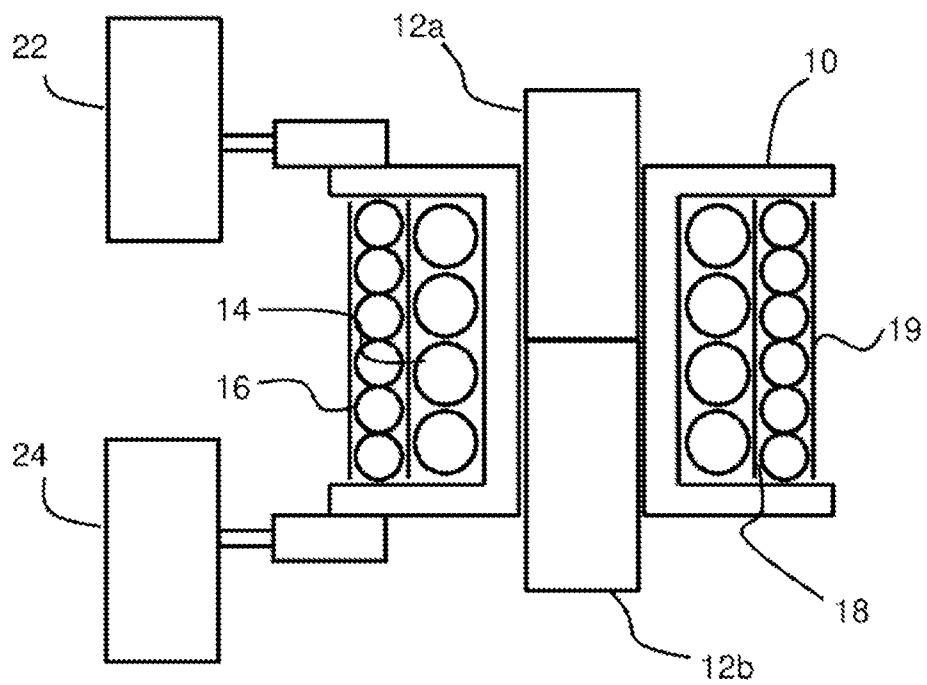


FIG. 8

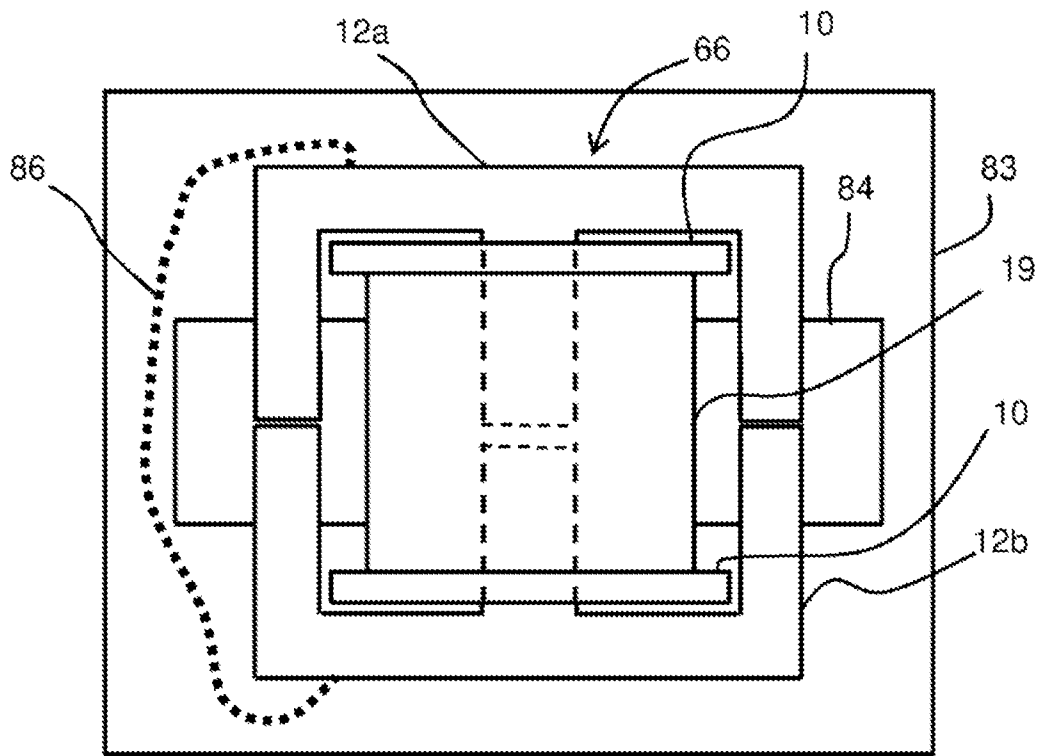


FIG. 9

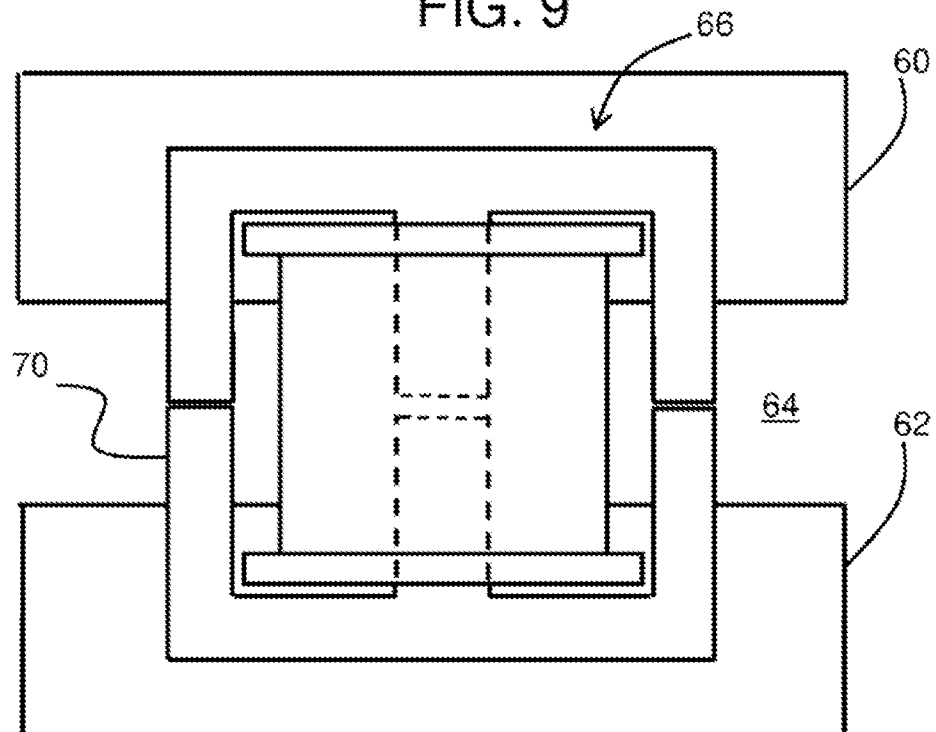


FIG. 10

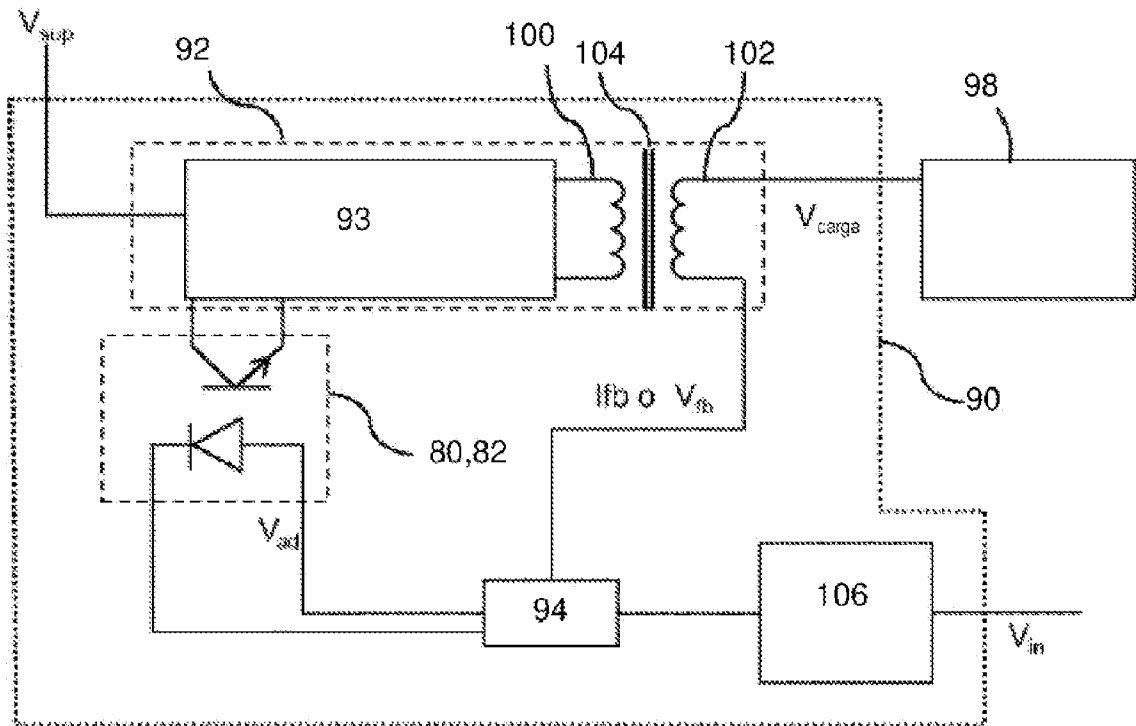


FIG. 11

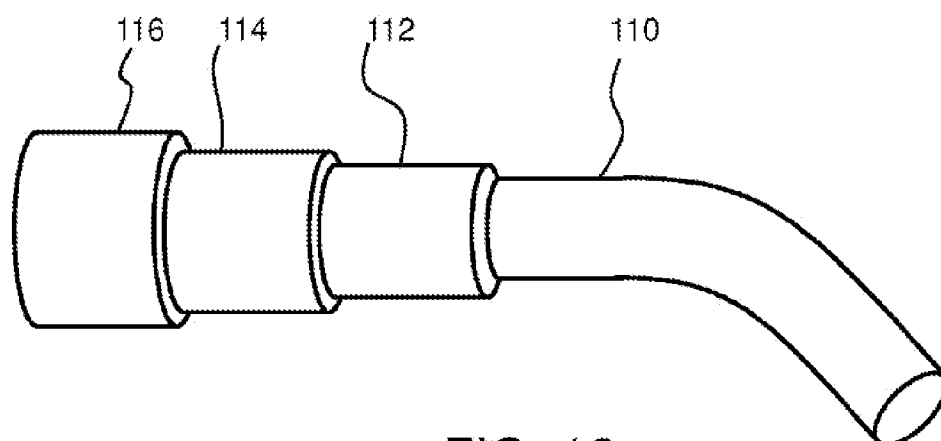


FIG. 12