

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 270**

51 Int. Cl.:

H01F 27/28 (2006.01)

H01F 27/32 (2006.01)

H01F 27/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2013** **E 13003609 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016** **EP 2827346**

54 Título: **Transformador seco**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.06.2017

73 Titular/es:

ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, CH

72 Inventor/es:

WEBER, BENJAMIN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 616 270 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

Transformador seco

La invención se refiere a un transformador seco con una bobina de transformador seco.

5 En general ya se conoce la utilización de transformadores secos en redes de distribución de energía para la adaptación a los niveles de tensión respectivos, por ejemplo, niveles de entre 6kV / 10kV / 30kV o 60kV. En este caso son normales potencias nominales de unos 100kVA hasta más de 10MVA. Mientras que en los transformadores de muy alta tensión, por ejemplo, en el nivel de tensión de 380kV, el uso de aceite como elemento refrigerante o aislante resulta imprescindible, en los transformadores secos se renuncia a un elemento refrigerante o
10 aislante líquido debido a los menores requisitos de aislamiento en los correspondientes niveles de tensión inferiores. Esto ofrece la ventaja de una construcción simplificada. El aislamiento o la refrigeración se llevan a cabo normalmente por medio del aire ambiental.

En virtud de la menor capacidad térmica en comparación con el aceite, la refrigeración con aire de un transformador seco o de las respectivas bobinas del transformador seco resulta complicada y costosa. Además de una pluralidad de canales de refrigeración que atraviesan axialmente la bobina del transformador seco, según la clase de potencia es preciso prever normalmente una refrigeración forzada. Según la clase de potencia, una refrigeración forzada requiere un esfuerzo considerable debido a la necesidad del correspondiente transporte del elemento refrigerante, aire, a través de los canales de refrigeración. De todos modos, también hay variantes de transformadores secos con una refrigeración natural. No obstante, debido al limitado efecto refrigerante éstos están sujetos a claras
15 restricciones en cuanto a su potencia máxima.

El documento de patente EP 2 549 495 A1 revela un transformador seco para un uso móvil que comprende un núcleo de transformador y al menos un primer segmento de arrollamiento radialmente interior cilíndrico hueco y un segundo segmento de arrollamiento radialmente exterior cilíndrico hueco, enrollado alrededor de un eje de arrollamiento conjunto y atravesado por el núcleo de transformador, intercalándose el uno en el otro y separándose radialmente el uno del otro, de manera que en el espacio intermedio se conforme un canal de refrigeración cilíndrico hueco, previéndose para la separación elementos distanciadores que se disponen de modo que un elemento refrigerante pueda fluir en dirección axial a través del canal de refrigeración.
25

El documento de patente EP 2 439 755 A1 publica un transformador seco con un núcleo, un arrollamiento radialmente interior y uno radialmente exterior distanciado de éste, disponiéndose en el espacio intermedio cilíndrico hueco que queda entre ambos utilizado como canal de refrigeración una serie de barreras aislantes eléctricas cilíndricas huecas. En dirección axial se prevén listones de apoyo, de manera que se provoque una división radialmente periférica en los distintos canales de refrigeración.
30

El documento de patente EP 1 715 495 A2 revela un transformador seco aislado con resina según el preámbulo de la reivindicación 1 (véase figura 2).

35 El documento de patente US 6 368 530 B1 publica un método para la colocación de canales de refrigeración en bobinas moldeadas con resina y un transformador seco con esta bobina.

Partiendo de este estado de la técnica la tarea de la invención consiste en proponer un transformador seco que presente un comportamiento de refrigeración mejorado o que aproveche de la forma más efectiva posible un volumen de flujo existente de un elemento refrigerante.

40 La tarea se resuelve por medio de un transformador seco *con las características de la reivindicación 1*.

La idea básica de la invención consiste precisamente en no disponer los canales de refrigeración, que están colocados en un espacio intermedio cilíndrico hueco de una bobina de transformador seco, con una densidad de canal de refrigeración uniforme sino con una densidad de canal de refrigeración irregular y concretamente de manera que en estado montado de una bobina de transformador seco resulte un flujo por los canales de refrigeración lo más homogéneo posible teniendo en cuenta las condiciones de flujo existentes.
45

En caso de un montaje en un transformador, por ejemplo, en un transformador trifásico, las bobinas del transformador seco se disponen alrededor de una columna respectiva de un núcleo de transformador. En caso de un transformador trifásico existen, por ejemplo, realizaciones de núcleo con tres o cinco columnas de núcleo paralelas y dispuestas en un plano perpendicular conjunto que se unen a través de una culata de núcleo que se desarrolla respectivamente por abajo o por arriba.
50

Por consiguiente, mediante culatas de núcleo de este tipo se produce un ensombrecimiento de los canales de refrigeración que se desarrollan con preferencia perpendicularmente, de modo que para el aire que fluye a través de los canales de refrigeración resulte una resistencia al flujo diferente. Como consecuencia, por los canales de refrigeración oscurecidos fluye, en virtud de la mayor resistencia al flujo, una corriente de aire menor que por los canales de refrigeración no oscurecidos, siempre que se dé por supuesto un factor de relleno homogéneo con canales de refrigeración a lo largo de toda la sección transversal del espacio intermedio cilíndrico hueco.
55

En el marco del objeto de la invención, un factor de relleno se define como la proporción entre la superficie de sección transversal del canal de refrigeración a lo largo de una sección parcial respectiva de la superficie base del espacio intermedio cilíndrico hueco y la propia superficie base. Para el caso teórico de que el espacio intermedio cilíndrico hueco sólo presentara membranas muy finas, a través de las cuales se produzca una separación de los canales de refrigeración que se desarrollan paralelamente, el factor de relleno para la sección parcial en cuestión sería próximo a uno. Para el caso de que, como consecuencia de los correspondientes listones de apoyo o similares, se utilizara la mitad de la superficie base de una sección parcial respectiva, el factor de relleno en esta sección parcial sería del 50%. Por lo tanto, un factor de relleno alto en una sección parcial se equipara a una resistencia al flujo reducida. Una variación por zonas del factor de relleno puede llevarse a cabo, por ejemplo, a través de un grosor de material correspondiente de los listones que forman los canales de refrigeración.

Mediante una adaptación correspondiente por secciones del factor de relleno es posible compensar de forma ventajosa un aumento de la resistencia al flujo en zonas situadas fuera de la bobina del transformador seco. Por consiguiente se procura una refrigeración homogénea a lo largo de todo el perímetro de bobina. Para el caso de que en virtud de la disposición de las bobinas del transformador seco exista una necesidad de refrigeración no homogénea, por ejemplo, si las bobinas del transformador seco adyacentes están sujetas a una radiación térmica recíproca, también es posible crear específicamente un flujo no homogéneo de los canales de refrigeración conforme a la necesidad de refrigeración.

El dimensionado del respectivo factor de relleno adecuado a lo largo del perímetro del espacio intermedio cilíndrico hueco se realiza por medio de las condiciones de flujo determinadas y de los parámetros de funcionamiento normales del transformador. En este caso, un paso por los canales de refrigeración sólo puede realizarse por medio de convección natural, sin embargo el transformador también puede disponer de un ventilador de refrigeración y montarse también en una carcasa.

De acuerdo con el transformador seco según la invención, la variación del factor de relleno está provocada por un estrechamiento, realizado al menos por zonas, de al menos una zona parcial axial de al menos un canal de refrigeración. Desde un punto de vista constructivo, la división del espacio intermedio cilíndrico hueco en canales de refrigeración totalmente iguales resulta en concreto especialmente sencilla. No obstante, para provocar también en los canales de refrigeración realmente iguales una variación del factor de relleno se prevé, por consiguiente, según la invención estrechar por secciones un canal de refrigeración respectivo, aumentando la resistencia al flujo respectiva por el canal de refrigeración.

Un elemento de estrechamiento dispuesto en o delante de un canal de refrigeración realiza el respectivo estrechamiento del mismo. Estos tienen la ventaja de que pueden utilizarse posteriormente en canales de refrigeración ya fabricados de bobinas de transformador seco y, por consiguiente, apenas requieren un coste adicional. Es posible imaginar tanto elementos de estrechamiento que pueden utilizarse directamente en un canal de refrigeración, estrechándolo por zonas, como también elementos obturadores que se disponen directamente en una cara frontal axial de un canal de refrigeración respectivo.

De un modo especialmente preferido, un elemento de estrechamiento respectivo se fabrica de un material aislante. Como consecuencia no disminuye negativamente la capacidad aislante de los canales de refrigeración fabricados también de un modo preferido de un material aislante.

De acuerdo con el transformador seco según la invención, al menos un elemento de estrechamiento se fabrica de varios módulos con coeficientes de dilatación de temperatura diferentes. Por lo tanto puede conseguirse ventajosamente un estrechamiento de la sección transversal de un canal de refrigeración en función de la temperatura. El al menos un elemento de estrechamiento se configura y dispone de manera que al aumentar la temperatura se reduzca la resistencia al flujo a través del canal de refrigeración respectivo.

Así, una temperatura aumentada localmente tiene automáticamente como consecuencia un efecto refrigerante localmente mejorado. Una variante de realización correspondiente comprende, por ejemplo, un elemento de estrechamiento a modo de lengüeta que penetra en el canal de refrigeración y que, de forma similar al comportamiento de una tira bimetálica, presenta un comportamiento de flexión dependiente de la temperatura. En caso de un aumento de la temperatura, la flexión se reduce y se libera una sección transversal aumentada del canal de refrigeración.

El factor de relleno del espacio intermedio cilíndrico hueco se varía de manera que éste sea más alto en las zonas oscurecidas frontalmente por las culatas de núcleo que en las zonas no oscurecidas. En el mejor de los casos de aquí resulta, al menos para un estado de funcionamiento preferido del transformador seco y a pesar de los ensombrecimientos, un flujo homogéneo por los canales de refrigeración respectivos de refrigerantes como, por ejemplo, aire.

De acuerdo con una variante según la invención del transformador seco éste se refrigera de forma forzada, es decir, presenta, por ejemplo, un medio de suministro para aire refrigerante, por ejemplo, un ventilador. De este modo se aumenta aún más la efectividad de los canales de refrigeración. En la concepción de una distribución del factor de relleno adecuada han de tenerse en cuenta las condiciones de presión creadas por un ventilador en las entradas frontales de los respectivos canales de refrigeración.

De las demás reivindicaciones dependientes pueden deducirse otras posibilidades de configuración ventajosas.

Por medio de los ejemplos de realización representados en los dibujos se describen más detalladamente la invención, otras formas de realización y otras ventajas. Se muestra en la:

Figura 1 una bobina de transformador seco a modo de ejemplo,

Figura 2 una columna de núcleo a modo de ejemplo con bobina de transformador seco y

5 Figura 3 un núcleo de transformador a modo de ejemplo con bobinas de transformador seco.

La figura 1 muestra una bobina de transformador seco 10 a modo de ejemplo en una vista cenital sobre una de sus superficies frontales. Alrededor de un eje central se disponen colocado uno dentro de otro y separados entre sí un primer 12 y un segundo arrollamiento 14 de la bobina del transformador seco 10. En un espacio intermedio cilíndrico hueco 16 formado por la separación se indican en varias secciones 18, 20, 22, 24, 26, 28 a modo de ejemplo varios ejemplos para disposiciones de canales de refrigeración 30, 32, 34, 36 con factores de relleno respectivamente diferentes.

En la primera 18 y la segunda sección 20 se prevén canales de refrigeración 30 que en la primera sección 18 están distanciados tangencialmente, resultando un factor de relleno más reducido que en la segunda sección 20 donde los canales de refrigeración 30 son tangencialmente adyacentes. En la tercera sección 22 se disponen a su vez canales de refrigeración 32 tangencialmente adyacentes que en su interior presentan, no obstante, un elemento de estrechamiento respectivo 38, de manera que en la tercera sección también se obtenga un factor de relleno reducido.

En la cuarta 24 y la quinta sección 26 se disponen canales de refrigeración 34 con un diámetro menor que el de los canales de refrigeración 30 y 32. En la cuarta sección 24 éstos se disponen en una capa tangencialmente adyacentes y en la quinta sección 26 en dos capas tangencialmente adyacentes, de modo que la quinta sección 26 presente un factor de relleno aproximadamente dos veces mayor que el de la cuarta sección 24.

En la sexta sección 28 se prevén a su vez listones dispuestos tangencialmente para la separación, determinándose finalmente a través de su grosor el factor de relleno en la sexta sección 28.

La figura 2 muestra en un dibujo 40 una columna de núcleo 42 a modo de ejemplo con bobina de transformador seco. La columna de núcleo 42 se alinea a lo largo de un eje de rotación 44 alrededor del cual se disponen de forma radialmente simétrica un primer 46 y un segundo arrollamiento 48 de la bobina de transformador seco. En un espacio intermedio cilíndrico hueco entre el primer arrollamiento 46 radialmente distanciado y el segundo arrollamiento 48 se forma un canal de refrigeración 50 en cuyo extremo superior se inserta un elemento de estrechamiento 50. De este modo se aumenta artificialmente la resistencia al flujo a través del canal de refrigeración 50, reduciéndose el factor de relleno eficazmente activo para esta zona del espacio intermedio cilíndrico hueco. El aire refrigerante penetra desde la cara frontal inferior al canal de refrigeración 50 y sale de nuevo por su extremo frontal superior como se indica con las flechas con los números de referencia 54 y 56.

La figura 3 muestra en una vista desde arriba 60 un núcleo de transformador a modo de ejemplo con bobinas de transformador seco 62, 64, 66 dispuestas encima. El núcleo de transformador presenta tres columnas que por sus dos extremos respectivos se unen a una culata 70 que se desarrolla transversalmente respecto a los mismos. Los canales de refrigeración correspondientes se forman en los respectivos espacios intermedios cilíndricos huecos 68 de las bobinas de transformador seco 62, 64, 66. La culata superior 70 y la culata inferior se disponen a distancia de las superficies frontales axiales respectivas de las bobinas de transformador seco 62, 64, 66, de manera que una corriente de aire en las zonas oscurecidas 72, 74, 76, 78 no pueda entrar sin impedimento en los canales de refrigeración. El punto de estrechamiento así formado se compensa según la invención por medio de un factor de relleno mayor en las zonas correspondientes del espacio intermedio cilíndrico hueco, de modo que para todos los canales de refrigeración resulte una resistencia al flujo aproximadamente igual teniendo en cuenta el respectivo ensombrecimiento.

45 Lista de referencias

- 10 Bobina de transformador seco a modo de ejemplo
- 12 Primer arrollamiento de bobina de transformador seco
- 14 Segundo arrollamiento de bobina de transformador seco
- 16 Espacio intermedio cilíndrico hueco
- 50 18 Primera sección del espacio intermedio cilíndrico hueco
- 20 Segunda sección del espacio intermedio cilíndrico hueco
- 22 Tercera sección del espacio intermedio cilíndrico hueco
- 24 Cuarta sección del espacio intermedio cilíndrico hueco
- 26 Quinta sección del espacio intermedio cilíndrico hueco

ES 2 616 270 T3

	28	Sexta sección del espacio intermedio cilíndrico hueco
	30	Primer canal de refrigeración en el espacio intermedio cilíndrico hueco
	32	Segundo canal de refrigeración en el espacio intermedio cilíndrico hueco
	34	Tercer canal de refrigeración en el espacio intermedio cilíndrico hueco
5	36	Cuarto canal de refrigeración en el espacio intermedio cilíndrico hueco
	38	Elemento de estrechamiento a modo de ejemplo
	40	Columna de núcleo a modo de ejemplo con bobina de transformador seco
	42	Columna de núcleo
	44	Eje central
10	46	Primer arrollamiento de bobina de transformador seco
	48	Segundo arrollamiento de bobina de transformador seco
	50	Canal de refrigeración
	52	Elemento de estrechamiento a modo de ejemplo
	54	Aire que entra
15	56	Aire que sale
	60	Núcleo de transformador a modo de ejemplo con bobinas de transformador seco
	62	Primera bobina de transformador seco
	64	Primera bobina de transformador seco
	66	Primera bobina de transformador seco
20	68	Espacio intermedio cilíndrico hueco de la primera bobina de transformador seco
	70	Culata de núcleo
	72	Primera zona oscurecida
	74	Primera zona oscurecida
	76	Primera zona oscurecida
25	78	Primera zona oscurecida

REIVINDICACIONES

- 5 1. Transformador seco (60) que comprende un núcleo de transformador con al menos dos culatas de núcleo (70) y
con al menos dos columnas de núcleo (42), disponiéndose alrededor de al menos una columna de núcleo (42) una
10 bobina de transformador seco (10, 62, 64, 66) que comprende al menos dos arrollamientos cilíndricos huecos (12,
14, 46, 48) o piezas de arrollamiento insertadas unas en otras y separadas radialmente, disponiéndose en el espacio
intermedio cilíndrico hueco (16, 68) formado por la separación canales de refrigeración (30, 32, 34, 36, 50) que se
desarrollan axialmente, variando la relación identificada como factor de relleno entre la superficie de sección
15 transversal del canal de refrigeración activa por una sección parcial respectiva de la superficie base del espacio
intermedio cilíndrico hueco y la superficie base de la respectiva sección parcial por el perímetro radial del espacio
intermedio cilíndrico hueco (16, 68) y variando el factor de relleno del espacio intermedio cilíndrico hueco (16, 68) de
manera que éste sea más alto en las zonas (72, 74, 76, 78) oscurecidas frontalmente por las culatas de núcleo (70)
que en las zonas no oscurecidas, provocándose esta variación mediante un estrechamiento, que se realiza al menos
20 por zonas, de al menos una zona parcial axial de al menos uno de los canales de refrigeración (30, 32, 34, 36, 50),
llevándose a cabo el respectivo estrechamiento de uno de los canales de refrigeración (30, 32, 34, 36, 50) por medio
de un elemento de estrechamiento (38, 52) dispuesto dentro o delante de los mismos, caracterizado por que al
menos un elemento de estrechamiento (38, 52) se fabrica de varios módulos con distintos coeficientes de dilatación
de temperatura y se configura y dispone de manera que al aumentar la temperatura se reduzca el estrechamiento de
la sección transversal del respectivo canal de refrigeración (30, 32, 34, 36, 50) y, por consiguiente, también la
resistencia al flujo a través del mismo.
2. Transformador seco según la reivindicación 1, caracterizado por que éste presenta un medio de suministro para
aire refrigerante.
- 25 3. Transformador seco (60) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que un elemento de estrechamiento (38,
52) respectivo se fabrica de un material aislante.

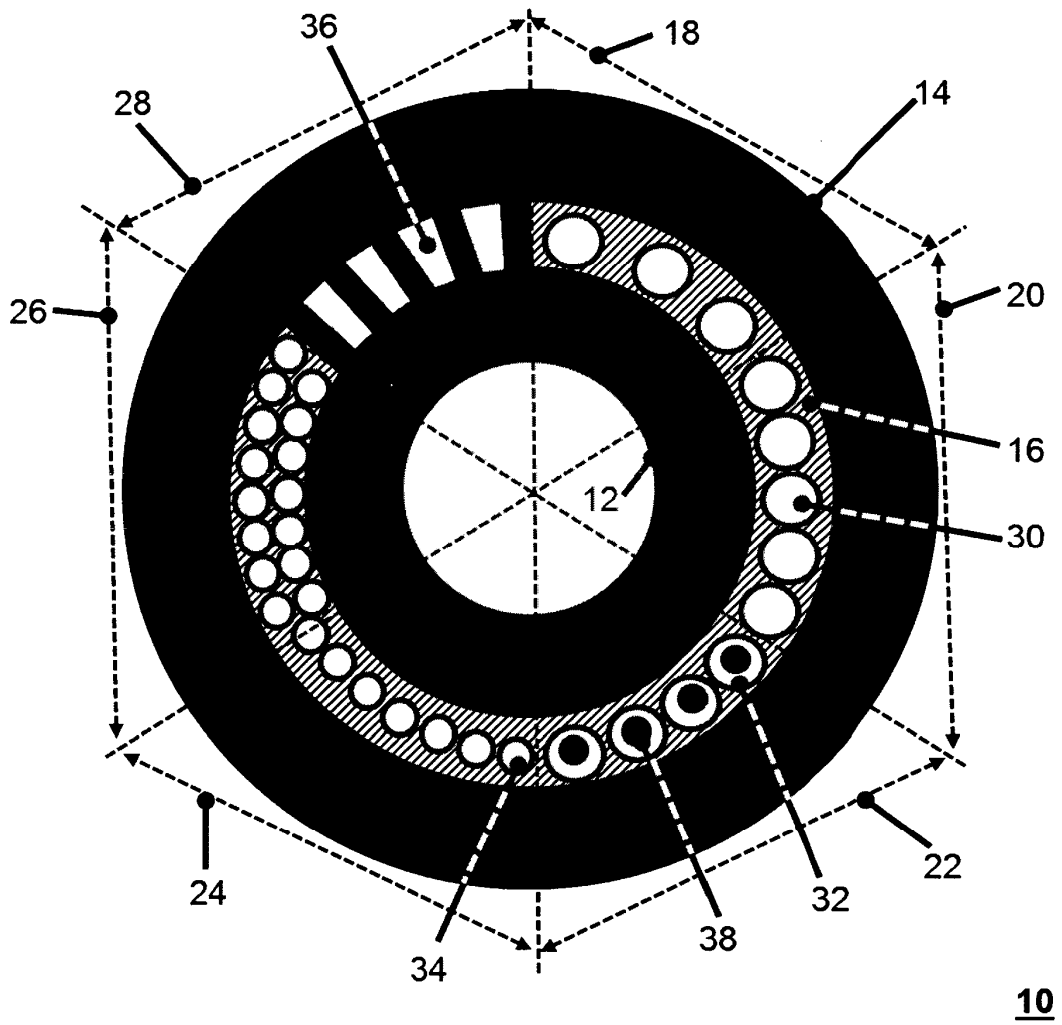


Fig. 1

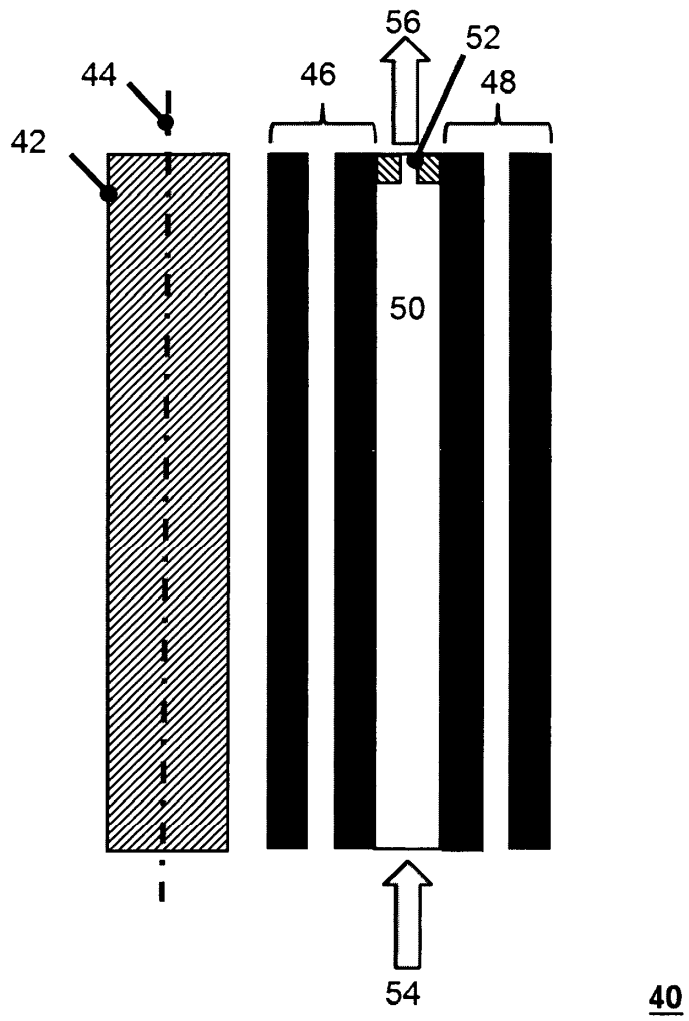
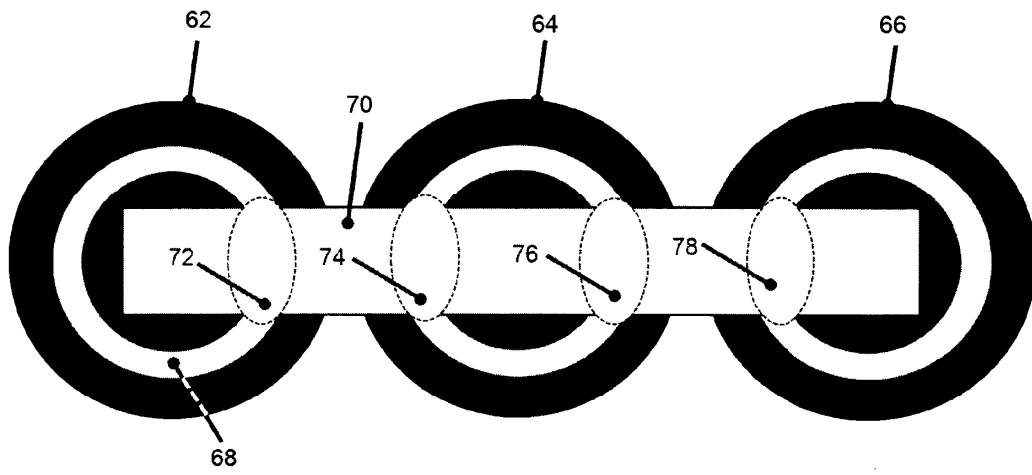


Fig. 2



60

Fig. 3