



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 025**

51 Int. Cl.:
H01F 27/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05745405 .0**

96 Fecha de presentación : **03.06.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1782441**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.05.2007**

54 Título: **Dispositivo transformador de alta tensión plano.**

30 Prioridad: **07.06.2004 NO 20042346**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.04.2011

73 Titular/es: **APPLIED PLASMA PHYSICS ASA**
P.O. Box 584
4305 Sandnes, NO

72 Inventor/es: **Nesse, Arild;**
Wetteland, Øyvind y
Kvingedal, Bjarte

74 Agente: **No consta**

ES 2 357 025 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).

ES 2 357 025 T3

DESCRIPCIÓN

Dispositivo transformador de alta tensión plano.

5 Esta invención se refiere a un transformador de alta tensión plano. Más particularmente, se refiere a un transformador de alta tensión plano, en el que la bobina secundaria del transformador está diseñada esencialmente para superar o para reducir, en una medida considerable, las propiedades eléctricas no deseadas conocidas, tales como capacitancia parásita, inductancia parásita y los denominados efecto pelicular y efecto de proximidad.

10 Por motivos prácticos y de seguridad, la energía eléctrica normalmente se suministra al consumidor a una tensión relativamente baja. Siempre que se necesita energía eléctrica de alta tensión del orden de hasta unos pocos kilovatios (kW), es habitual, de manera local, transformar la tensión suministrada aumentándola hasta la tensión deseada. Por ejemplo, en el funcionamiento de filtros electrostáticos, puede estar implicada una potencia de desde unos cientos de vatios hasta varias decenas de kW con tensiones de más de 10 kilovoltios (kV).

15 Un transformador de alta tensión plano se da a conocer, por ejemplo, en el documento DE 4 022 243 A.

Según la técnica anterior, se usan transformadores de alta tensión convencionales que tienen un núcleo de placas de hierro estratificadas ricas en silicio para transformar la tensión aumentándola. Estos transformadores de alta tensión son adecuados para su uso con una frecuencia de red normal, que es normalmente de 50 ó 60 hercios (Hz).

20 Los transformadores de alta tensión de este tipo son relativamente grandes y pesados. El principal motivo es que el núcleo de hierro sólo puede admitir un flujo magnético limitado antes de alcanzar la saturación. Por tanto, la sección transversal del núcleo de hierro es decisiva para la magnitud de la potencia que el transformador de alta tensión puede suministrar. Como consecuencia del núcleo relativamente grande, los devanados del transformador de alta tensión serán más largos y por lo tanto grandes. Esto provoca el desarrollo de una pérdida de potencia resistiva considerable. El diámetro del hilo metálico de devanado debe aumentarse de este modo, lo que conlleva que el peso y la dimensión del transformador de alta tensión aumentan adicionalmente.

30 El flujo magnético en un núcleo de transformador viene dado por la fórmula:

$$B = \frac{0,25 \cdot \hat{U}}{f \cdot N \cdot A_e}$$

35 donde B = flujo magnético en teslas, U = tensión de excitación pico en voltios, f = frecuencia en Hz y A_e = sección transversal efectiva del núcleo de transformador en m².

40 A partir de la fórmula parece que un flujo magnético en el núcleo de transformador es inversamente proporcional a la frecuencia.

45 Basándose en este hecho, se han desarrollado transformadores con núcleos de hierro, que presentan, en su funcionamiento a una frecuencia elevada, eficacia/rendimiento mejorado respecto a los transformadores de alta tensión que funcionan a la frecuencia de la red principal. El motivo del eficacia/rendimiento mejorado es que las dimensiones del núcleo de hierro pueden reducirse cuando la frecuencia aumenta.

50 Un método para suministrar una frecuencia relativamente alta al transformador incluye la denominada técnica de SMPS (Switched Mode Power Supply, fuente de alimentación conmutada). Según esta técnica, la potencia suministrada se transforma, preferiblemente, a una tensión de entrada de alta frecuencia de impulso cuadrado para el transformador de alta tensión.

55 Un transformador de alta tensión de un diseño conocido tiene, debido a su modo de funcionamiento, un número de espiras relativamente alto en su devanado secundario. Esto lleva a una capacitancia secundaria elevada porque los devanados con muchas capas de un hilo metálico de devanado relativamente delgado estarán distanciados una distancia promedio más pequeña que los de un transformador en el que el hilo metálico de devanado tenga un diámetro más grande.

60 Una bobina secundaria relativamente grande, un núcleo de transformador grande y entrehierros aislantes necesarios, en particular alrededor de la bobina secundaria, también dan como resultado transformadores de alta tensión de este tipo que tienen una inductancia de acoplamiento relativamente alta. El motivo es que una distancia relativamente grande entre los devanados primario y secundario da como resultado un mal acoplamiento magnético entre ellos.

ES 2 357 025 T3

Del mismo modo que la capacitancia secundaria y en combinación con la inductancia de acoplamiento parásita involuntaria y esencialmente inevitable afectará a la corriente en el transformador. Puesto que la inductancia reduce la corriente de alta frecuencia, reducirá la corriente entre los devanados primario y secundario. Los transformadores de alta tensión de este tipo presentan, por tanto, un ancho de banda relativamente estrecho, es decir, la frecuencia de excitación más alta a la que el transformador de alta tensión puede funcionar.

SMPS es una técnica ampliamente conocida para conseguir una eficacia mejorada en la transformación de tensión hasta del orden de 1 kV. Con tensiones más altas es necesario adaptar el transformador por medio de técnicas conocidas en sí mismas, como multiplicación de tensión, transformadores de alta tensión conectados en serie, técnica de devanado estratificado o la denominada conmutación resonante para compensar un ancho de banda relativamente estrecho en un transformador de alta tensión.

Estas técnicas tienen en común, sin embargo, que superan los inconvenientes sólo hasta cierto punto, mientras que al mismo tiempo complican y por tanto aumentan el coste del transformador de alta tensión completo.

El denominado transformador plano se usa cada vez más como transformador de baja tensión. Un transformador plano normalmente incluye al menos una placa de circuito impreso, en la que los devanados se han grabado en la capa de cobre de la placa de circuito, y en la que, normalmente, un núcleo de ferrita rodea los devanados. Debido al uso del devanado de forma plana de las placas de circuito, los núcleos de ferrita de este tipo son relativamente bajos y alargados y, por tanto, se denominan núcleos planos.

El transformador plano presenta características favorables por ser fácil de fabricar y tener una inductancia de acoplamiento parásita pequeña ya que los devanados están dispuestos relativamente próximos entre sí. Los devanados planos tienen normalmente una capacitancia parásita relativamente baja. Esto conlleva que el transformador plano generalmente presenta un ancho de banda muy bueno.

Un transformador de alta tensión plano debe estar dotado de un número de espiras relativamente alto en el devanado secundario. Si todo este devanado secundario se dispone en una placa de circuito, el área requerida para los devanados será relativamente grande. Las condiciones de producción y técnicas limitan el tamaño del núcleo de ferrita. Por tanto, es necesario dividir el devanado secundario en varias capas, una sobre otra. Una solución de este tipo implica que se generará una capacitancia secundaria parásita considerable, haciendo imposible el uso, para fines prácticos, de transformadores planos como transformadores de alta tensión.

La invención tiene como objetivo remediar o reducir al menos uno de los inconvenientes de la técnica anterior.

El objetivo se consigue según la invención tal como se define en la reivindicación independiente 1 y a través de las características especificadas en la descripción posterior y en las siguientes reivindicaciones dependientes.

Para usar un transformador plano como un transformador de alta tensión a una frecuencia de excitación de SMPS normalmente alta, es necesario reducir la capacitancia secundaria parásita en una medida considerable.

A partir de la teoría eléctrica conocida puede mostrarse que la capacitancia total entre capacitancias conectadas en serie es igual a:

$$C_x = 1 / (1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots 1/C_n)$$

Si todas las capacitancias son iguales, la fórmula se simplifica a:

$$C_x = C_1 / N$$

Si, por ejemplo, se colocan 40 conductores en cinco capas, una encima de otra, con 8 conductores en cada capa, y la capacitancia total entre cada capa es 1 nF con 1/8 nF entre cada conductor situado uno opuesto al otro, la capacitancia total será:

$$C_x = 1/4 \text{ nF}$$

Sin embargo, si el mismo número de conductores de placa de circuito se distribuyen en 20 capas de dos conductores cada una, la capacitancia entre cada capa es $2 \cdot 1/8 = 1/4$ nF.

ES 2 357 025 T3

La capacitancia total será:

$$C_p = 1/4/19 \text{ nF} = 1/76 \text{ nF}$$

5

o 19 veces más pequeña que la del ejemplo de cuatro capas. En el ejemplo no se ha tenido en cuenta que los conductores de los dos ejemplos pueden ser de diferentes longitudes.

10

Sería difícil usar un gran número de placas de circuito colocadas una encima de otra en altura, en un transformador plano debido a la falta de espacio.

15

El problema con la geometría en un transformador plano puede resolverse, por lo que respecta a la bobina secundaria, devanando un número de capas relativamente grande, cada una con un pequeño número de espiras, para formar una bobina estrecha que se coloca en el transformador plano en un plano paralelo al devanado primario del transformador plano. El número relativo de capas en relación con el número de devanados por capa es al menos 1 y preferiblemente más de 5.

20

Métodos de cálculo reconocidos de los denominados efecto pelicular y efecto de proximidad, véase P. L. Powel: "Effects of eddy currents in transformer windings" PROC. IEE, Vol. 113, n.º 8, agosto de 1966, muestran, sin embargo, que el número de capas afecta significativamente al llamado factor de resistencia, que es un aumento no deseado en la resistencia del devanado a altas frecuencias de excitación. El factor de resistencia se ve afectado y aumentado por el número de capas al cuadrado.

25

Durante las pruebas de la invención se descubrió de manera sorprendente que esta teoría no es aplicable por lo que respecta al tipo de bobinas secundarias mencionado, y que, a pesar de las muchas capas, el diseño de bobina secundaria propuesto presenta valores favorables con respecto al efecto pelicular y al efecto de proximidad, y por tanto un factor de resistencia relativamente bajo.

30

En una realización preferida, el devanado secundario se forma como un rollo relativamente estrecho de un conductor y material aislante intermedio. El devanado secundario se coloca en un plano paralelo al devanado primario del transformador plano. Esta construcción presenta al menos la misma reducción de capacitancia secundaria parásita que una bobina horizontal estrecha con menos espiras por capa.

35

La bobina primaria puede formarse, por ejemplo, como al menos un devanado de placa de circuito, un denominado devanado de conductor de Litz o hilo metálico barnizado normal, posiblemente combinaciones de éstos. Un conductor de Litz normalmente comprende muchos conductores aislados individualmente.

40

Por medio del dispositivo según la invención, los fenómenos eléctricos desfavorables en un transformador de alta tensión se superan o reducen, en una medida significativa, de modo que el transformador de alta tensión puede fabricarse con un ancho de banda considerablemente mejorado respecto a la técnica anterior. Por tanto, el transformador es muy adecuado para el denominado funcionamiento de HV-SMPS (High Voltage Switched Mode Power Supply, fuente de alimentación conmutada de alta tensión).

45

Como ya se ha mencionado, en transformadores planos es habitual usar un núcleo de ferrita. Sin embargo, si fuera deseable, puede usarse un núcleo que se fabrica a partir de hoja o lámina metálica, y que se fabrica a partir de un material ferromagnético. Los núcleos de hoja metálica se forman normalmente con forma de "E" mientras que, por motivos de producción y técnicos, los núcleos de lámina posiblemente están constituidos por dos partes con forma de "C".

50

Si es deseable tener, por ejemplo, una inductancia de acoplamiento relativamente alta, los devanados primario y secundario pueden estar relativamente muy separados en el núcleo.

55

A continuación se describe un ejemplo no limitativo de una realización preferida, que puede observarse en los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una vista en planta de un transformador plano, parcialmente en sección;

60

la figura 2 muestra una sección I-I de la figura 1;

la figura 3 muestra a mayor escala una sección de la figura 2; y

la figura 4 muestra un ejemplo útil para entender la invención.

65

En los dibujos el número de referencia 1 identifica un transformador de alta tensión plano que incluye una placa 2 de circuito que tiene una bobina 4 primaria, una bobina 6 secundaria, un seminúcleo 8 superior y un seminúcleo 10 inferior.

ES 2 357 025 T3

Los dos seminúcleos 8 y 10 con forma de E rodean la placa 2 de circuito y las bobinas 4 y 6 puesto que la placa 2 de circuito está dotada de una abertura 12 central pasante.

5 La placa 2 de circuito está dotada además de dos puntos 14 de conexión de fuente de alimentación para la bobina 4 primaria. La bobina 6 secundaria tiene dos puntos de conexión, que no se muestran.

10 La bobina 6 secundaria está formada por un conductor 16 en forma de una lámina metálica bobinada, preferiblemente de cobre, estando cada capa de lámina 16 conductora aislada de una capa 16 de lámina conductora adyacente por medio de la lámina 18 aislante. La bobina 6 secundaria está aislada adicionalmente de la bobina 4 primaria y los seminúcleos 8, 10 por medio de material 20 aislante.

Cada capa de lámina 16 conductora forma una capa de bobina de la bobina 6 secundaria.

15 La altura de la bobina 6 secundaria, es decir, el ancho de la lámina 16 de cobre, es sustancialmente más pequeño, preferiblemente menos de una quinta parte del ancho de la bobina 6 secundaria en la dirección de devanado.

La bobina 6 secundaria se dispone de tal manera que su dirección de devanado es esencialmente paralela al plano de la bobina 4 primaria.

20 Como se mencionó en la parte general de la descripción, un número relativamente grande de capas 16 conductoras contribuye a hacer que la capacitancia secundaria sea relativamente pequeña, mientras que la característica de construcción compacta de un transformador plano da como resultado una reducción sustancial de la inductancia de acoplamiento del transformador 1 de alta tensión. De este modo, se consigue un ancho de banda alto y la posibilidad de usar una frecuencia de excitación de SMPS relativamente alta.

25 En un ejemplo útil para entender la invención, véase la figura 4, la bobina 6 secundaria está formada por un hilo 22 metálico/conductor aislado mediante barniz, posiblemente por un devanado de conductor Litz. El hilo 22 metálico se muestra, en la figura 4, devanado en capas 24 de bobina, cada una de cuatro espiras de hilo 22 metálico, y en un número de capas 24 relativamente grande. Por motivos ilustrativos, la capa 24 de bobina ubicada más al interior, está sombreada en el sentido opuesto a las otras capas 24 de bobina. Las capas 24 de bobina se devanan una sobre otra y esencialmente en la misma dirección que el plano de la bobina 4 primaria.

30 La razón entre el número de capas 24 de bobina y el número de conductores 22 en cada capa 24 de bobina debe superar 5 para que el efecto de proximidad no sea demasiado grande.

35 Esta realización alternativa no presenta tan buenos resultados con respecto a la capacitancia secundaria como la realización según la figura 3, pero es satisfactoria para condiciones prácticas.

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo transformador de alta tensión plano que incluye una bobina (4) primaria, una bobina (6) secundaria y un núcleo (8, 10), **caracterizado** porque las capas (16) de bobina de la bobina (6) secundaria están fabricadas de lámina metálica devanada una sobre otra con una lámina (18) aislante interpuesta en una dirección que es esencialmente paralela al plano de la bobina (4) primaria.

10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la bobina (4) primaria está formada por una hoja de cobre sobre una placa (2) de circuito.

3. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el núcleo (8, 10) comprende un seminúcleo (8) superior y un seminúcleo (10) inferior.

15 4. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el núcleo (8, 10) está fabricado de un material ferromagnético.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

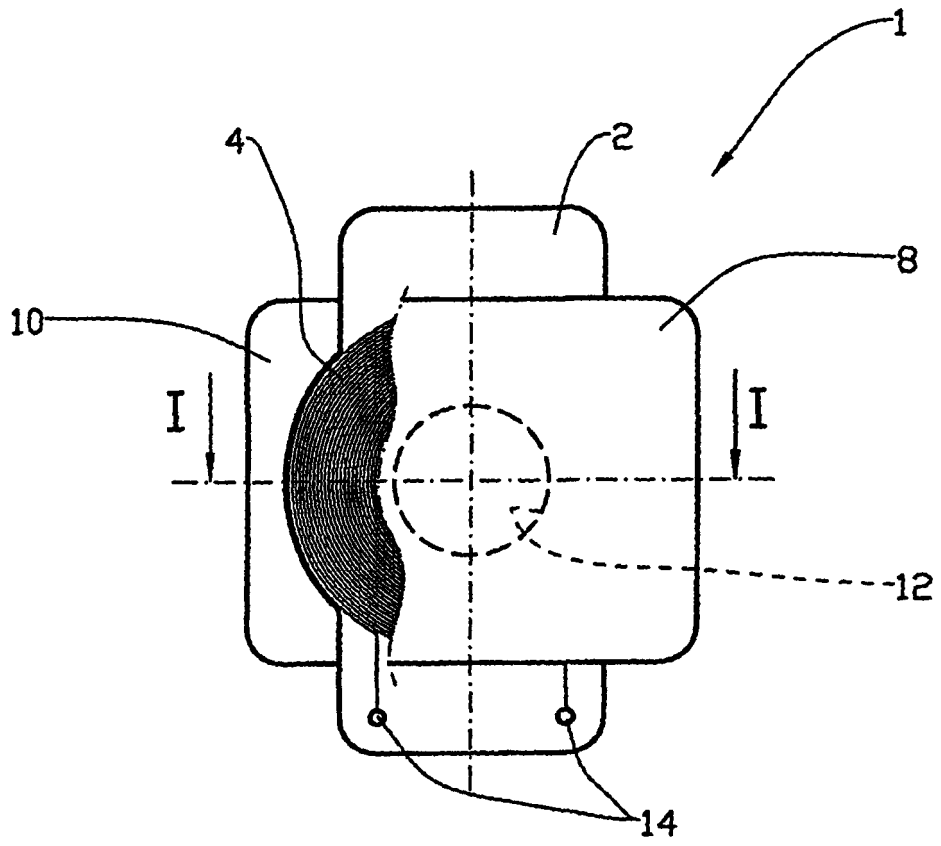


Fig. 1

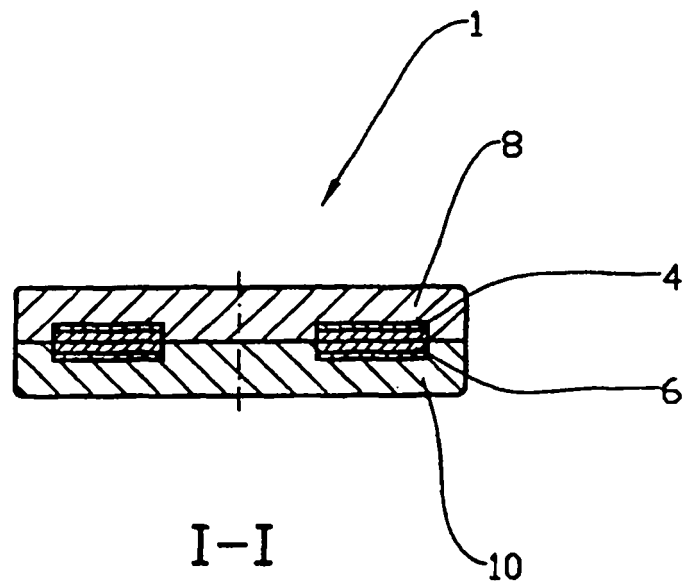


Fig. 2

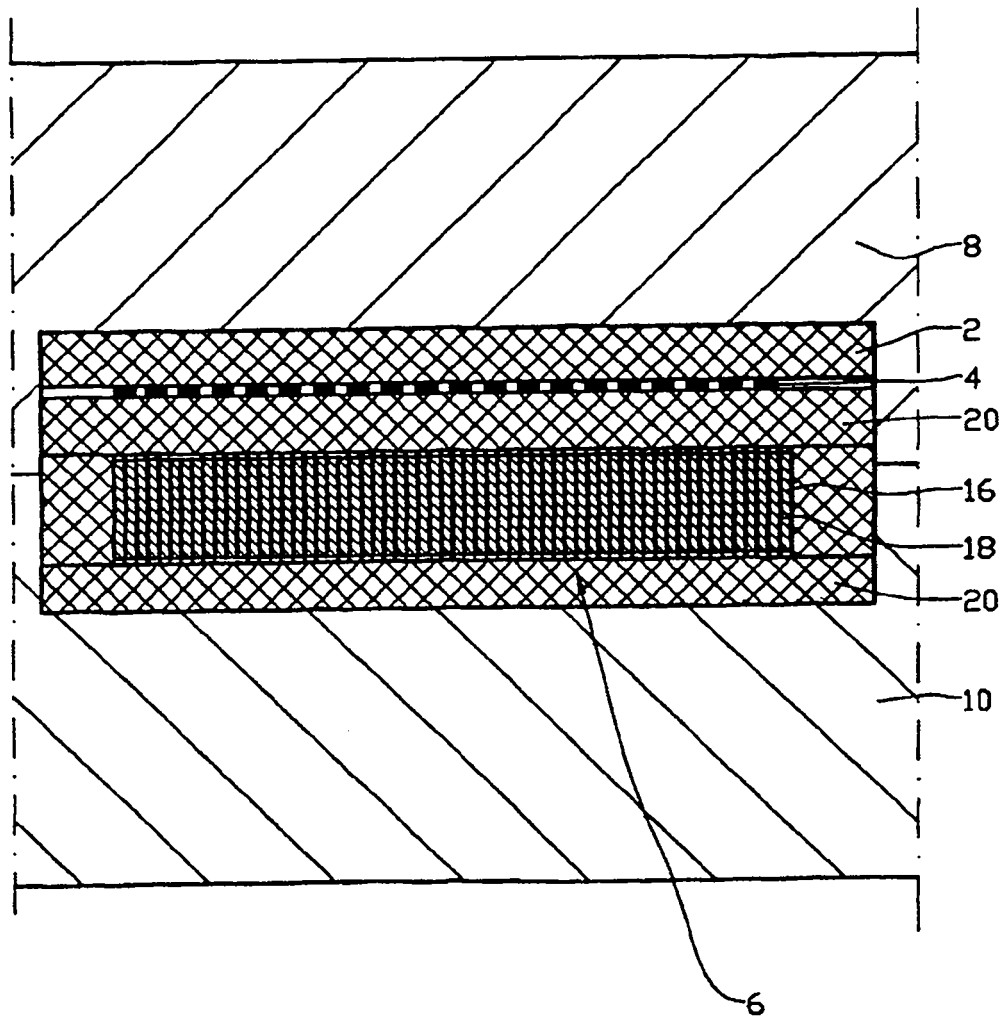


Fig. 3

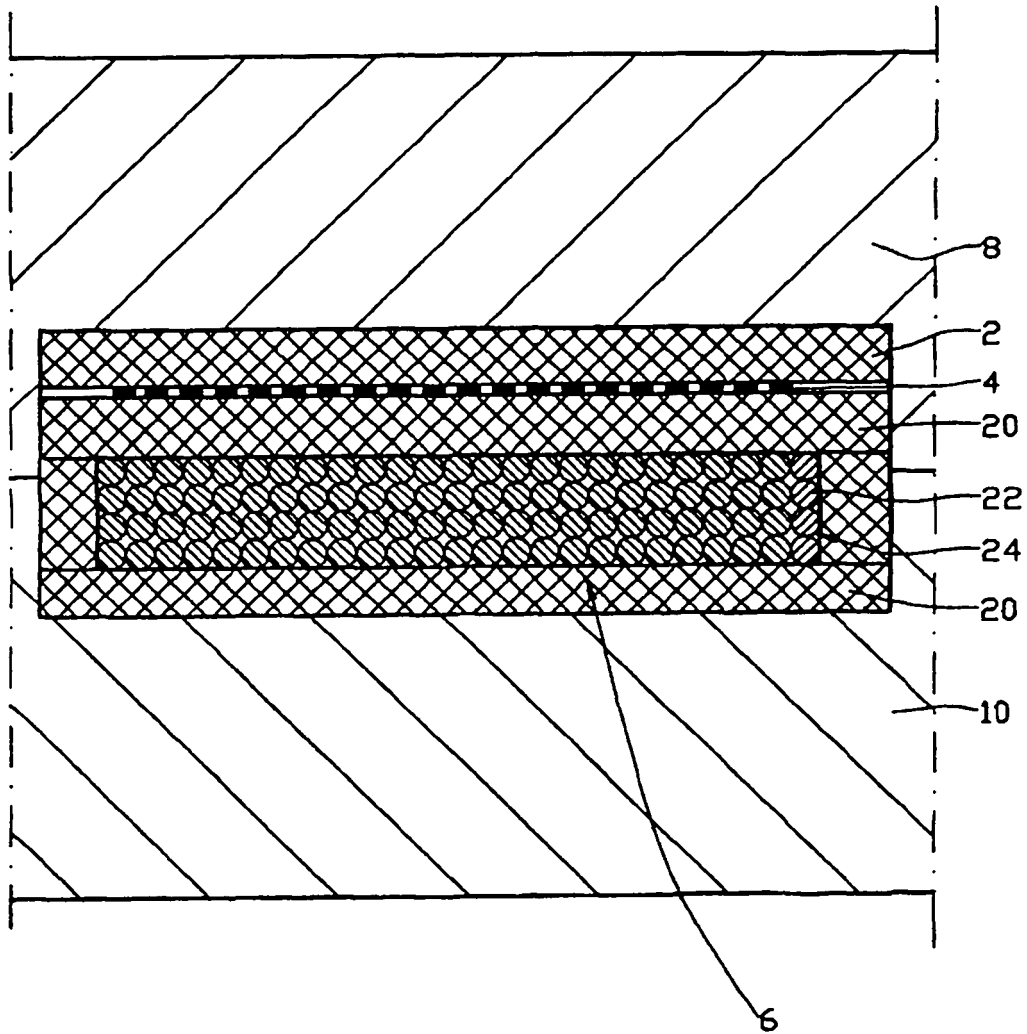


Fig. 4