



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 117**

51 Int. Cl.:  
**G01R 33/3873** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08172895 .8**

96 Fecha de presentación : **30.05.2001**

97 Número de publicación de la solicitud: **2108974**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.10.2009**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de piezas polares de imanes de formación de imágenes por resonancia magnética nuclear.**

30 Prioridad: **15.06.2000 IT SV00A0023**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**18.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**18.05.2011**

73 Titular/es: **ESAOTE S.p.A.**  
**Viale Bianca Maria, 25**  
**20100 Milano, IT**

72 Inventor/es: **Pittaluga, Stefano;**  
**Trequattrini, Alessandro y**  
**Carlini, Davide**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 359 117 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

Procedimiento de fabricación de piezas polares de imanes de formación de imágenes por resonancia magnética nuclear

- 5 La Invención se refiere a un procedimiento para fabricar un dispositivo de generación de campo magnético de aparatos de formación de imágenes por Resonancia Magnética Nuclear según el preámbulo de la reivindicación 1.
- Actualmente se conocen diversos procedimientos y piezas polares magnéticas asociadas.
- 10 Según un procedimiento de la técnica anterior, la o las piezas polares magnéticas consisten en un elemento de base realizado en un material sólido y continuo, sobre el cual se deposita una capa ferromagnética adicional como una tapa, que se forma mediante una pluralidad de bloques, estando cada una a su vez, formada por una pluralidad de hojas ferromagnéticas pegadas, véase el documento EP-A-998876.
- El objetivo de esta construcción es suprimir o al menos reducir drásticamente la formación de corrientes de Foucault inducidas en la pieza polar ferromagnética, que afectan negativamente las características deseadas del campo magnético resultante, y especialmente el campo magnético generado por bobinas de gradiente.
- 15 El documento DE-A-19854483 divulga un imán para formación de imágenes por resonancia magnética (MRI) que comprende piezas polares hechas de placas apiladas magnéticamente conductoras. Durante la fabricación una primera capa es ocupada por las placas. A continuación, se aplican un aislante eléctrico, por ejemplo resina epoxídica. A continuación, se coloca una placa adicional de placas sobre la misma con lo cual las placas de la segunda capa se disponen desfasadas respecto de las de la primera capa. Esta es así hasta que se consigue el espesor de placa deseada.
- 20 Aunque la presente construcción de bloques laminados resuelve al menos parcialmente el problema de la supresión de corrientes en la masa ferromagnética de las piezas polares, afecta considerablemente los tiempos y costes de fabricación.
- La invención tiene por objeto proporcionar un procedimiento de fabricación como se ha descrito anteriormente que es más sencillo, más rápido y más rentable y que permite obtener al menos una efectividad igual, o incluso una funcionalidad mejorada en la supresión de corrientes de Foucault inducidas en la pieza polar.
- 25 La invención consigue los objetos anteriormente mencionados con la combinación de características del preámbulo de la reivindicación 1 en combinación con las etapas de procedimiento de la parte caracterizadora de la reivindicación 1.
- Otras mejoras de la invención constituyen el objeto de las subreivindicaciones.
- 30 Las características de la invención y las ventajas derivadas de la misma se harán más evidentes en la siguiente descripción de una realización no limitativa, ilustrada en los dibujos anexos, en los cuales:
- La figura 1 es una vista esquemática de la estructura de un dispositivo de generación de campo magnético en un aparato de formación de imágenes por Resonancia Magnética Nuclear.
- 35 La figura 2 es una vista en perspectiva en corte de una pieza polar de un dispositivo que no constituye una realización de la invención.
- La figura 3 es una vista transversal en sección del dispositivo de la figura 2 con respecto de un plano paralelo a las hojas.
- La figura 4 es una vista transversal en sección del dispositivo de las figuras anteriores respecto de un plano perpendicular al de la figura 3.
- 40 Las figuras 5A y 5B muestran una hoja según dos realizaciones del dispositivo de las figuras 2 a 4.
- La figura 6 es una vista transversal en sección de un dispositivo constituido según una realización de la invención.
- La figura 7 muestra una primera variante del dispositivo de la figura 6.
- La figura 8 muestra una segunda variante del dispositivo de la figura 6.
- 45 La figura 9 muestra la disposición de dos hojas de recubrimiento con muescas escalonadas en las dos direcciones del plano sustentado por las hojas.
- La figura 10 muestra un detalle ampliado del puente de material que conecta las áreas de hoja separadas por

muestras.

La figura 11 muestra un detalle ampliado similar al de la figura 10 en el cual 704' indica el punto en el cual los medios de troquelado efectúan la separación.

5 La figura 12 es una vista esquemática del modelo de las muescas que separan las diferentes áreas de una hoja o de bloques de hojas de recubrimiento relacionadas con la orientación de los conductores de una bobina de gradiente.

10 Con referencia a la figura 1, un dispositivo para generar campos magnéticos en aparatos de formación de imágenes por Resonancia magnética nuclear tiene dos piezas polares opuestas 1 y 2. Las dos piezas polares están cada una constituida por un elemento 3 realizado de un elemento material permanentemente magnetizado en combinación con elementos 4 hechos de un material ferromagnético. Las dos piezas polares están situadas a una distancia una de la otra, de este modo forman una cavidad o hueco atravesado por el campo magnético. Un elemento de culata magnética cierra el circuito magnético y soporta las dos piezas polares magnéticas 1 y 2.

15 En referencia ahora a las figuras 2 a 4, cada elemento ferromagnético está hecho de un elemento de base, que tiene la forma de una placa monolítica y de una capa exterior, con referencia a la cavidad definida por los elementos ferromagnéticos 4. En los ejemplos mostrados en las figuras 2 a 5, que no materializa la presente invención, la capa exterior consiste en una pluralidad de hojas 204 que están orientadas perpendicularmente a la superficie que delimita una cavidad y/o la superficie del elemento monolítico de base 104 que tiene una superficie sustancialmente paralela a la superficie de delimitación de la cavidad.

20 Las hojas 204 están realizadas de un material ferromagnético y revestidas por una capa eléctricamente aislante, por ejemplo barniz o similar.

Por razones de simplicidad, en los ejemplos mostrados en las figuras, la capa monolítica 104 tiene una forma rectangular y las hojas se extienden transversalmente a uno de los lados de la misma. Esto se ha de entender sin limitación, como que es evidente que la misma construcción de la capa laminada se puede aplicar a las piezas polares de cualquier forma y dimensión.

25 Las hojas 204 están dispuestas adyacentes unas a otras mediante paredes laterales 5 de presión que son paralelas a las hojas 204 y están fijadas al elemento monolítico 104 mediante tornillos o pernos introducidos en agujeros roscados correspondientes en los lados de extremo del elemento monolítico 104. Ventajosamente, las paredes de presión 5 tienen una parte superior ensanchada escalonada, que descansa sobre el lado del elemento monolítico 104 sobre el cual están dispuestas las hojas 204. El escalón se selecciona de un tamaño tal que las dos paredes de presión 5 pueden ejercer la acción compresiva predeterminada sobre las hojas 204 mientras se adhiere perfectamente contra el borde lateral del elemento monolítico 104.

30 Según una mejora adicional, cada hoja puede tener una extensión 304 en el borde con lo cual entra en contacto con el elemento monolítico 104, que tiene rebajes 404, por ejemplo una forma de cola de milano o trapezoidal, estando todas las extensiones 304 destinadas a engranarse en una ranura complementaria 304 formada en la superficie de contacto del elemento monolítico. Esta ranura de engrane está abierta al menos por un lado de extremo del elemento monolítico para permitir la inserción de las extensiones 304 en su interior. Por lo tanto, las hojas 204 son presionadas una contra otra deslizándolas transversalmente a lo largo de dicha ranura de engrane 504. Esta construcción tiene la ventaja de que las hojas se pueden montar sobre el elemento monolítico cuando el dispositivo está en un estado sustancialmente ensamblado. De hecho, en este caso, las hojas 204 siempre están unidas al elemento monolítico 104, sin tener en cuenta la orientación de su superficie sobre la cual dichas hojas están destinadas a descansar.

35 La construcción según las figuras 2 y 3 dispone que la masa de material ferromagnético está eléctricamente separado en una única dirección. Se puede proporcionar también, una separación transversal a la extensión axial de las hojas 204, proporcionando hojas 204 cuya longitud es inferior a la dimensión correspondiente del elemento monolítico de base 104 y más filas adyacentes de hojas adyacentes. En este caso, el elemento monolítico 104 tendrá varias ranuras 504 para engranar las extensiones 304 de las hojas 204. Las hojas 204 pueden tener diferentes extensiones de longitud dentro de la misma fila o entre diferentes filas o puede tener diferentes longitudes. Si se proporcionan diferentes longitudes dentro de una única fila, las líneas de separación transversal entre las filas de hojas no serán ortogonales a la extensión longitudinal de las hojas 204 y se proporcionarán varios tipos diferentes tipos, incluso líneas sustancialmente curvadas o discontinuas, es decir líneas en zigzag u onduladas.

50 Según los ejemplos variantes de las figuras 5A y 5B, la separación transversal puede también no ser completa, sino parcial respecto de la altura global de las hojas 204.

En este caso, las hojas 204 pueden tener un perfil en forma de peine (figura 5B) o tener aberturas en forma de

ranura (figura 5A).

Los rebajes, ranuras o muescas 604 mostradas en la figura 5B tiene una profundidad tal que dejan, preferiblemente en la superficie expuesta de la fila de hojas adyacentes, un puente de material 704 para conectar las áreas de las hojas 204 comprendidas entre las muescas 604.

5 La profundidad de las muescas 604, que pasan de un lado al otro de las hojas se pueden calibrar de tal manera que la resistencia eléctrica entre las áreas individuales de las hojas 204 definidas por las muescas 604 sea relativamente elevada y garantice una limitación efectiva de las corrientes inducidas en el elemento ferromagnético formado por las hojas.

10 Esta disposición se aplica también al ejemplo de la figura 5A, en el cual las hojas tienen ranuras transversales 604' formadas en su interior.

15 Con referencia particular al ejemplo mostrado en la figura 5B, aunque la referencia se puede extender también a la figura 5B, las áreas de las hojas 204 que están delimitadas por las muescas 604 o por las ranuras 604' pueden estar completamente separadas una vez que las hojas se han montado sobre el elemento monolítico de base 104 cortando los puentes de material 704 tanto por medios mecánicos como particularmente por herramientas láser esquemáticamente indicadas por el número 20.

Gracias a la disposición de las figuras 5A y 5B, las hojas se pueden ensamblar de una manera muy sencilla y rápida, mientras se obtiene una construcción modular de la capa exterior de la parte ferromagnética eléctricamente aislada para suprimir las corrientes inducidas en las piezas polares en dos direcciones diferentes.

20 El corte por herramientas láser 20 es conocido en sí y tiene la ventaja de poder obtener líneas de corte finas y altamente precisas. Las muescas 604 o las ranuras 604' también se pueden formar usando herramientas láser.

Las muescas o ranuras se pueden prever en una posición coincidente entre diferentes hojas o escalonarse de tal manera a disponerse sobre una línea imaginaria que está inclinada respecto de la extensión de hoja, o sobre una línea curvada o sobre una línea discontinua, por ejemplo una línea en zigzag u ondulada o sobre cualquier otra línea imaginaria.

25 La profundidad de corte a lo largo de la altura de la hoja y/o la longitud y/o la posición de las ranuras respecto de la extensión de altura de la hoja puede variar dentro del conjunto de muescas de una única hoja o de una hoja a otra.

Con referencia a las figuras 6 a 11, se ilustra una realización de la presente invención que proporciona una capa laminada ferromagnética exterior, que está constituida por hojas (por ejemplos láminas) 204' sustancialmente paralelas a la superficie de contacto del elemento monolítico 104.

30 En este punto, cada hoja está dividida en áreas individuales Z por muescas 604 que se extienden en direcciones transversales, particularmente ortogonales, con lo cual en los puntos de cruce entre las muescas, se prevén puentes de material 704, que interrumpen estas muescas y conectan las áreas Z de las hojas 204' entre sí (véase la figura 10). Se pueden también proporcionar puentes de material para conectar áreas adyacentes Z de las hojas 204' en los bordes periféricos de las hojas 204'.

35 Recubriendo las hojas 204', es posible obtener una construcción laminada del elemento de pieza polar 4 dispuesta sobre la capa monolítica 104, que tiene muescas transversales para separar paquetes individuales adyacentes de áreas de hojas Z, conectados mecánicamente mediante puentes 704.

40 Según la invención, los paquetes de áreas de hojas Z están completamente separados retirando los puentes de material, por ejemplo por troquelado mecánico y/o por corte de haz láser, como se indica mediante el número 704' en las figuras 9 y 11.

Las figuras 6 a 8 introducen diversas realizaciones diferentes de disposición de hojas. En la figura 6, las muescas 604 y los puentes de material 704 son coincidentes entre las hojas 204'.

45 Una primera variante dispone, como se muestra en la figura 7, que las muescas 604, y por lo tanto los puentes están sustancialmente escalonados en la mitad de la distancia entre dos muescas 604 en una de las dos direcciones que sustentan el plano que contiene las hojas. Particularmente, pero no necesariamente, dicha dirección escalonada es paralela a una de las dos direcciones en las cuales las muescas 604 están orientadas y son perpendiculares a la otra dirección de las muescas que atraviesan la anterior.

50 Una variante adicional, como se muestra en la figura 8, proporciona al menos dos tipos diferentes de hojas que tienen conjuntos de muescas que están respectivamente escalonadas en la mitad de la distancia, estando los anteriores paralelos y orientados en una primera dirección, con lo cual el último conjunto de muescas están paralelas y orientadas en una dirección transversal al anterior. En este caso, las dos hojas diferentes 204' y 204'' se

- 5 “solapan” en una disposición alternativa, de manera que las muescas de una hoja están en una posición intermedia entre las muescas paralelas y adyacentes de la hoja de superposición y/o subyacente, y esto es así para ambos tipos de muescas orientadas en las dos direcciones perpendiculares. Por el contrario, los puentes de material 704 en punto de convergencia solapan un punto medio de las áreas Z de la hoja directamente de superposición y/o subyacente.
- Asimismo se pueden proporcionar diferentes extensiones de escalonamiento y/o más hojas diferentes, por ejemplo tres o más hojas que difieren en la posición de las muescas con referencia a la primera hoja, y cuya distancia de escalonamiento es respectivamente un múltiplo de una distancia mínima de escalonamiento de las muescas de hojas directamente de superposición.
- 10 Evidentemente, existe sustancialmente una relación exacta entre el número de hojas 204' y la distancia mínima de escalonamiento dispuesta entre las muescas de dos hojas directamente adyacentes.
- Asimismo, la distancia de escalonamiento se puede dividir de una manera no lineal entre las diferentes hojas 204' según diferentes reglas matemáticas.
- 15 También es posible alternar una o más hojas idénticas, es decir, tener muescas coincidentes, siendo una o más hojas diferentes de la anterior y idénticas entre sí respecto de la posición de las muescas.
- Cualquier combinación de las disposiciones anteriores de hojas y muescas es posible en principio.
- Según lo anterior, con referencia a la condición de las hojas que tienen muescas coincidentes y puentes de material, incluso en este caso, las áreas de hojas individuales Z están separadas completamente unas de otras retirando los puentes de material por troquelado mecánico y/o por corte por haz láser. Sin embargo, en este ejemplo, el troquelado se proporcionará también en puntos intermedios en las áreas de hojas Z cubiertos por puentes de material de las hojas que tienen muescas en diferentes posiciones.
- 20 Esta disposición proporciona, como la anterior, un ensamblado más fácil de la capa laminada de las piezas polares, cuando las áreas de hojas están conectadas entre sí, proporcionándose, aunque débilmente, una separación entre las mismas después de que se apilen las hojas sobre el elemento monolítico.
- 25 Las hojas se pueden fijar mecánicamente juntas o pegarse por interposición entre las mismas de capas aislantes que tienen propiedades adicionales de encolado, tales como barnices, lacas o similares, generalmente usadas en la técnica, por ejemplo para aislar conductores de bobina.
- Por razones de simplicidad, los ejemplos ilustrados y divulgados se limitan a formas rectangulares o cuadradas tanto de las piezas polares como de sus hojas. Sin embargo, el principio inventivo también se aplica a las piezas polares u hojas que tienen diferentes formas, es decir formas circulares, poligonales, regulares o irregulares.
- 30 Asimismo es posible proporcionar una combinación de hojas según el ejemplo mostrado en las figuras 2 a 5 y hojas según la realización mostrada en las figuras 6 a 11.
- La figura 12 muestra una mejora adicional respecto del modelo de líneas de separación entre las áreas de hojas 204' o 204".
- 35 De hecho, en las máquinas de formación de imágenes por resonancia magnética nuclear, la inducción de corriente en las masas ferromagnéticas de las piezas polares parece ser causada principalmente por la bobina de gradiente. Con referencia a esta situación, se obtuvieron ventajas suprimiendo dichas corriente inducidas en las piezas polares, proporcionando línea L de separación entre áreas de hojas o paquetes de áreas de hojas solapadas, y orientando dichas superficies L de separación en perpendicular a los conductores C de la bobina de gradiente. Sin embargo, en punto de cruce de los conductores C de una o más bobinas de gradientes diferentes, las superficies de separación L' tendrán una orientación inclinada respecto de dichos conductores C, de manera estar sustancialmente, en la medida de lo posible, a la misma distancia de dicho conductores C cruzados.
- 40 Esta disposición se muestra esquemáticamente en la figura 12, en la cual L, L' indican las líneas de separación entre las diferentes áreas de hojas o paquetes de áreas de hojas y C indica el conductor de una bobina de gradiente.
- 45 La disposición mostrada en la figura 12 permite optimizar la supresión de corrientes inducidas en el material ferromagnético, y reducir, además, el efecto adverso de la misma durante el funcionamiento del dispositivo.
- La disposición mostrada en la figura 12 se puede proporcionar en combinación con la divulgación anterior, con referencia a los ejemplos descritos e ilustrados.
- 50

## REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de fabricación de un dispositivo de generación de campo magnético para la generación de un campo magnético estático en un aparato de formación de imágenes por Resonancia Magnética Nuclear,
- 5 comprendiendo el dispositivo de generación de campo magnético dos piezas polares (1, 2) que delimitan una cavidad y se sitúan a una distancia una de otra en lados opuestos de la cavidad,
- incluyendo cada pieza polar un elemento permanentemente magnetizado (3) y un elemento ferromagnético, que se sitúa más próximo de la cavidad que el elemento (3) permanentemente magnetizado,
- estando realizado cada elemento ferromagnético a partir de un elemento de base que tiene la forma de una placa ferromagnética monolítica (104) y de una capa laminada ferromagnética (4), cuyo objetivo es reducir la formación de corrientes de Foucault inducidas en la pieza polar ferromagnética y que se sitúa más próxima de la cavidad que la placa ferromagnética (104) y está formada por hojas ferromagnéticas planas (204', 204'') dispuestas una sobre otra y sobre la placa ferromagnética (104) sustancialmente paralelas a la superficie de contacto de la placa ferromagnética (104) y aisladas eléctricamente una de otra,
- 10 estando el procedimiento **caracterizado porque**, para cada pieza polar, comprende las etapas de:
- 15 - dividir cada hoja ferromagnética (204', 204'') en una pluralidad de áreas (Z) de formas y dimensiones predeterminadas, proporcionando muescas (604), que están interrumpidas por puentes de material (704) para conectarlas juntas las diferentes zonas (704) que están separadas por las muescas (604),
- formar la capa laminada (4) apilando las hojas (204', 204'') unas encima de otras y sobre la placa ferromagnética (104) y aislar eléctricamente las hojas (204', 204'') unas de otras, y
- 20 - retirar los puentes de material (704) en el estado ensamblado de la capa laminada (4) cortando por completo de este modo cualquier contacto eléctrico entre las áreas de hoja individuales (Z).
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual cada hoja está provista de dos conjuntos de muescas (604) cuyas direcciones de extensión respectivas son ortogonales una a otra de manera que se forma un modelo de muescas en forma de rejilla, y donde los puentes de material (704) para conectar mutuamente las zonas (Z) separadas por las muescas (604) se realizan al menos o solamente en los puntos de cruce entre las muescas.
- 25 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual dicha realización de muescas y dicho apilamiento se llevan a cabo de manera que, en estado ensamblado, las muescas (604) coinciden entre las hojas (204')
- 4.- Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual dicha provisión de muescas y dicho apilamiento se llevan a cabo de manera que, en estado ensamblado, dos hojas (204', 204'') con muescas coincidentes (604, 604') tienen una o más hojas interpuestas (204', 204') cuyas muescas (604) están escalonadas respecto de las de las dos hojas (204', 204'') con muescas coincidentes (604), y opcionalmente, también entre sí.
- 30 5.- Procedimiento según la reivindicación 4, en el cual la provisión de las muescas y de dicho apilamiento se llevan a cabo de manera que, en estado ensamblado, las hojas de un primer conjunto de hojas (204') con muescas coincidentes (604) se alternan con hojas de un segundo conjunto de hojas (204'') cuyas muescas (604) tienen el mismo modelo que las muescas del primer conjunto de hojas (204') y coinciden en el conjunto y están escalonadas respecto de las muescas (604) de las hojas adyacentes (204') del primer conjunto en la mitad de la distancia existente entre las muescas dispuestas en las hojas adyacentes (204').
- 35 6.- Procedimiento según la reivindicación 5, cuando se refiere via la reivindicación 4 a la reivindicación 2, en el cual dicha provisión de muescas y dicho apilamiento se llevan a cabo de manera que, en estado ensamblado,
- las muescas del segundo conjunto de hojas (204'') están escalonadas respecto de las del primer conjunto de hojas (204') a lo largo de las dichas dos direcciones de extensión ortogonales según la mitad de la distancia existente entre las muescas dispuestas en las hojas adyacentes (204') de manera que los puentes de material (704) dispuestos en los puntos de cruce entre muescas ortogonales (604) del primer conjunto de hojas solapan una parte media respectiva de las zonas (Z) separadas por las muescas (604) del segundo conjunto de hojas (204''), y viceversa, y
- 40 - los puentes de material (704) se retiran por troquelado mecánico o corte por láser (20), formando un orificio (704') en las áreas (Z) separadas por las muescas (604) de las hojas diferentes (204', 204'') en el punto que solapa el puente de material (704) de la hoja de superposición o subyacente.
- 45 7.- Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el cual se disponen también puentes de material en los bordes periféricos de las hojas (204', 204'')
- 50

8.- Procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el cual una o más bobinas de gradiente se disponen en combinación con dicho dispositivo de generación de campo magnético, y en el cual la fabricación se lleva a cabo de manera que en estado ensamblado, las muescas (604) que separan las áreas de hoja (Z) tienen una orientación transversal a los conductores (C) de dicha una o dichas más bobinas de gradiente.

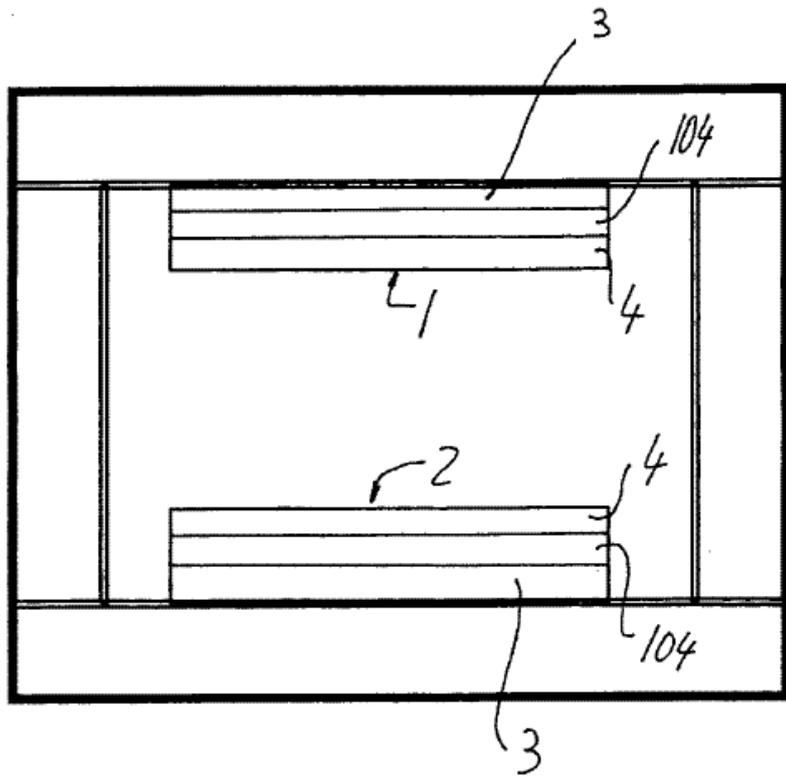
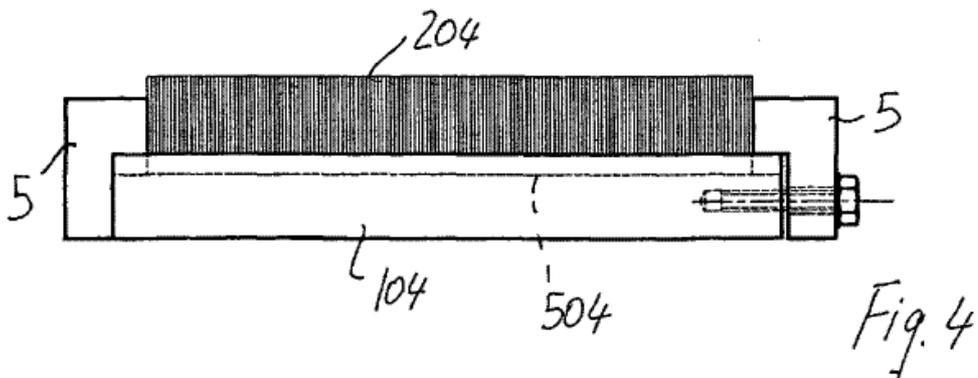
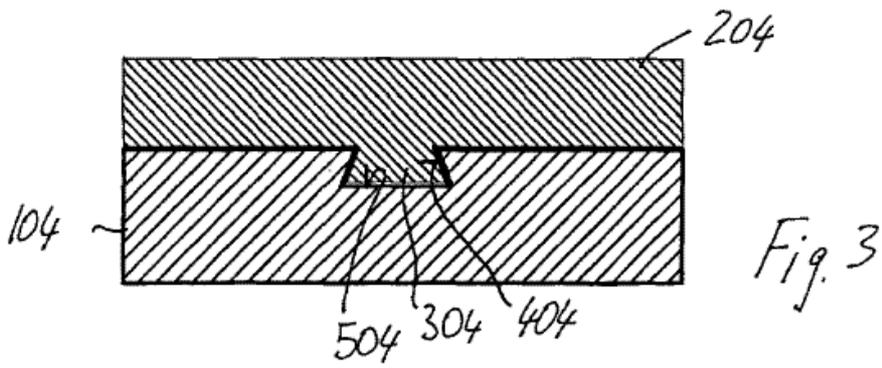
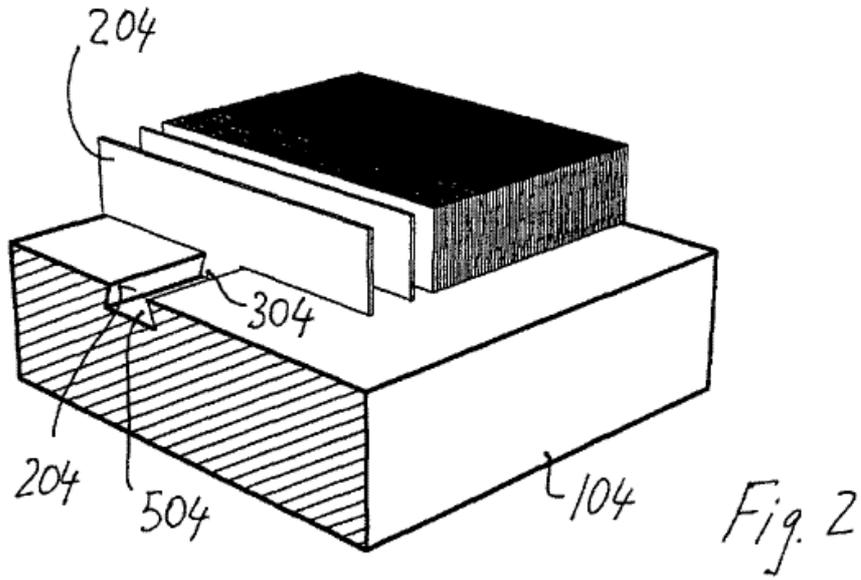


Fig. 1



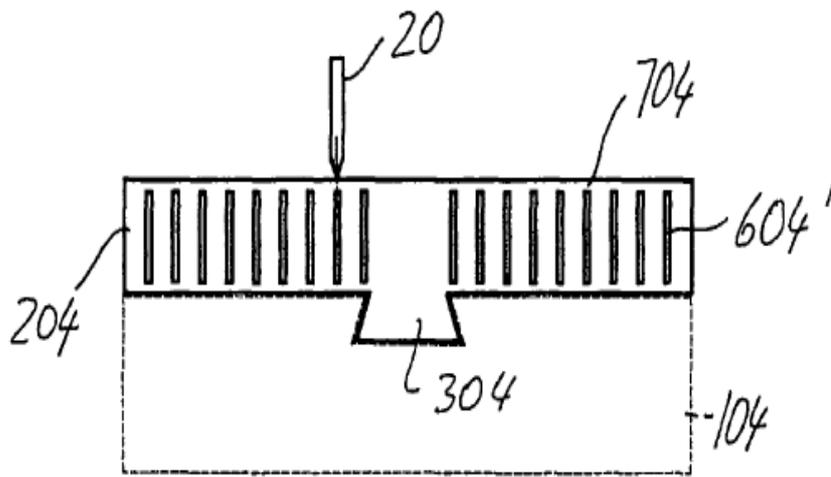


Fig. 5A

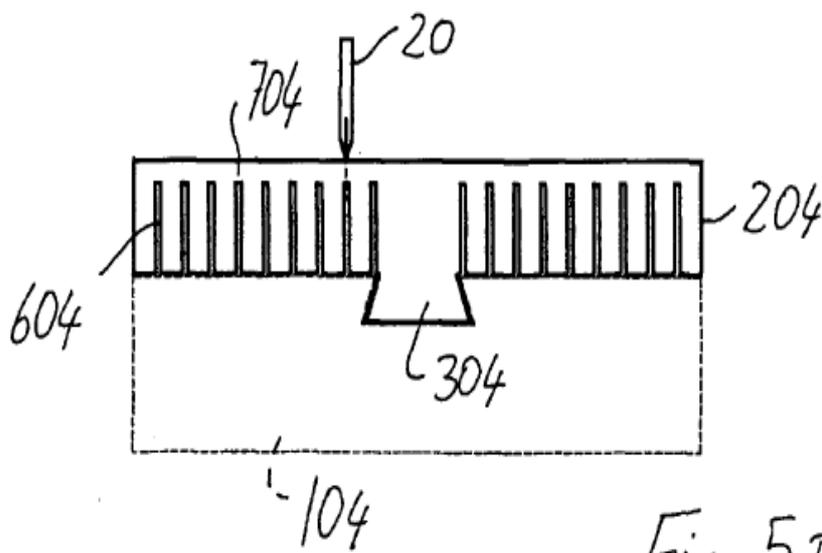
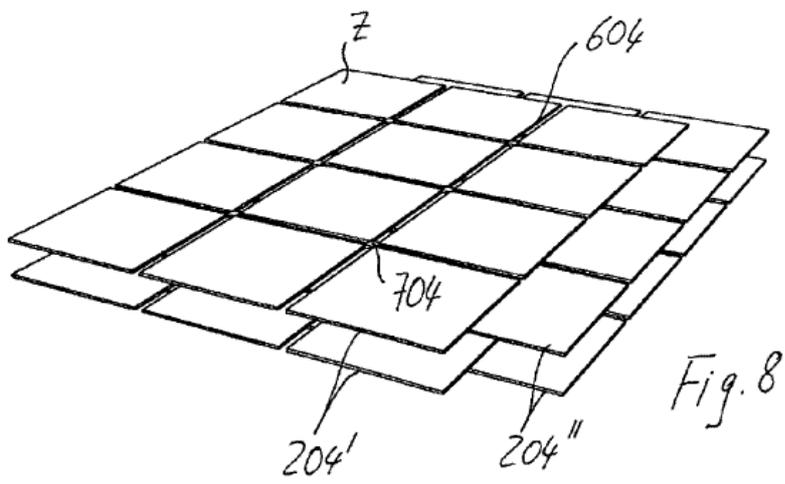
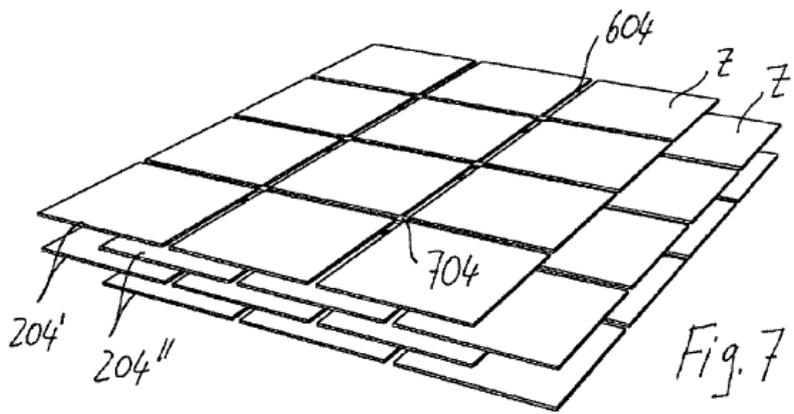
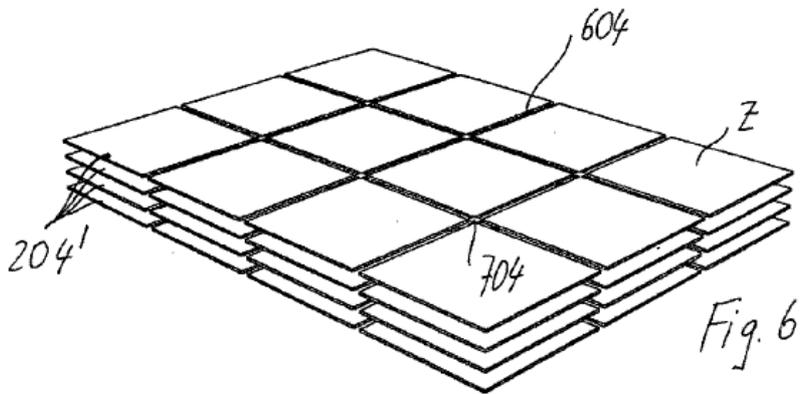


Fig. 5B



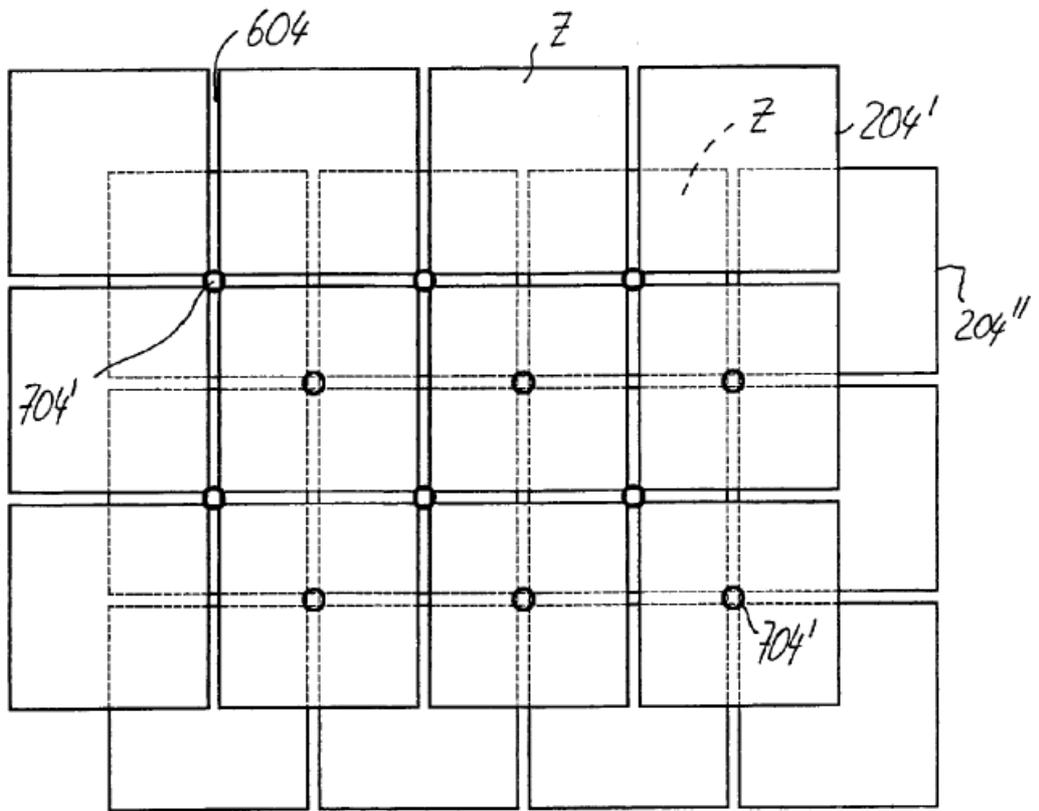


Fig. 9

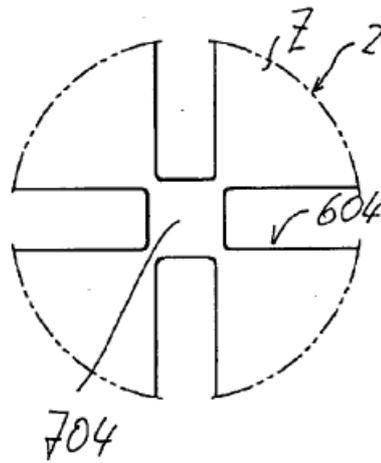


Fig. 10

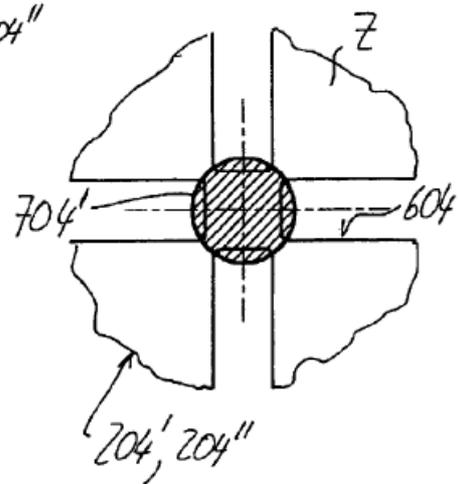


Fig. 11

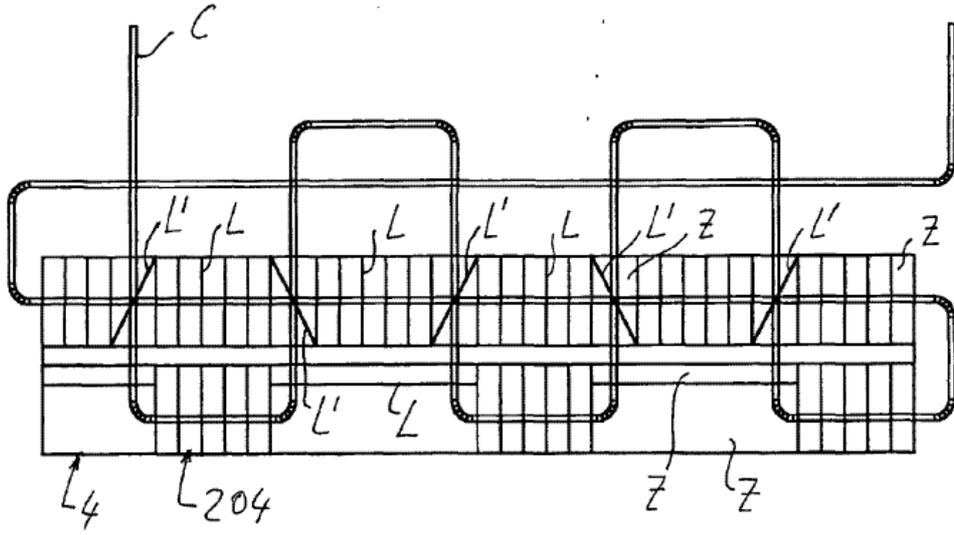


Fig. 12