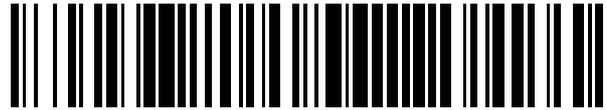


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 827**

51 Int. Cl.:

G01R 35/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2010 E 10004199 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2015 EP 2244096**

54 Título: **Procedimiento de calibración para el ensayo de módulos HF**

30 Prioridad:

23.04.2009 DE 102009018666

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

29.09.2015

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
85521 Ottobrunn, DE**

72 Inventor/es:

**SCHMEGNER, KARL-ERNST, DR. y
HÖFER, GEORG**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 546 827 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 calibración para el ensayo de módulos HF

La invención se refiere a un procedimiento de calibración para el ensayo de módulos-HF, por ejemplo un módulo-T/R para antenas activas controladas por fases (AESA: Active Electronically Scanned Antennas).

5 Para el control de los módulos-T/R en antenas activas controladas por fases debe conocerse su comportamiento eléctrico tanto en el modo de recepción como también en el modo de emisión para cada módulo T/R de la antena (en general, más de 1000 módulos-T/R por antena) en la zona de frecuencia predeterminada según importe y fase. Para el dimensionado de los módulos-T/R se utilizan soportes de fijación de ensayo adecuados.

10 En módulos T/R, que están asimétricos con respecto a sus puertos-HF (por ejemplo, un módulo-T/R con terminal de contacto compatible CIN:APSE® en un extremo y con elemento radiador en el extremo opuesto) se utilizan para la calibración del soporte de fijación de ensayo normas de calibración asimétricas configuradas de forma correspondiente. Sin embargo, los parámetros de dispersión de objetos de medición constituidos asimétricamente solamente se han podido determinar hasta ahora con un analizador de la red (éste parte de una geometría idéntica de los puertos de medición) con gasto elevado y de forma relativamente inexacta en cuanto a la técnica de medición.

15 Los documentos US 2008/0036469 A1, WO 2008/021907 así como Ning Hua Zhu: "Phase uncertainty in calibrating microwave test fixtures", IEEE, XP11037770, 10.10.1999 describen, respectivamente, procedimientos de calibración para soportes de fijación de ensayo para el ensayo de módulos HF de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 de la patente realizando una calibración-TRL del soporte de fijación de ensayo con De-Embedding (desincrustación) siguiente, es decir, determinación de los parámetros de dispersión de la norma de calibración.-TRL
20 utilizada en la calibración-TRL en un lugar de medición separado del soporte de fijación de ensayo con cancelación siguiente del desplazamiento del plano de referencia que sirve de base para la calibración-TRL. En el último documento mencionad se distingue adicionalmente entre soportes de fijación de ensayo simétricos y asimétricos, utilizando para estos dos casos diferentes tipos y cantidades de normas de calibración. En el documento WO 2008/021907 mencionado se miden por separado en una forma de realización las dos mitades de una norma de
25 calibración.

La invención tiene el cometido de crear con facilidad de manejo un procedimiento de calibración especialmente para un soporte de fijación de ensayo para el ensayo de módulos-HF, que están constituidos asimétricos con respecto a sus puertos-HF.

30 Este cometido se soluciona con el procedimiento de calibración de acuerdo con la reivindicación 1 de la patente. Las formas de realización ventajosas de la invención son objeto de una reivindicación dependiente.

De acuerdo con la invención, la calibración del soporte de fijación de ensayo para el módulo-HF se realiza en una parte, a realizar directamente en el soporte de fijación de ensayo, en la que se lleva a cabo una calibración-TRL con un conjunto adecuado de normas de calibración-TRL THRU, REFLECT y LINE, y una parte, a realizar en un espacio de medición separado, para la determinación de variables de corrección. En este caso, solamente la parte, a realizar
35 en el espacio de medición separado (típicamente, en un laboratorio de medición) requiere personas de medición experimentado. La primera parte, a realizar en el soporte de fijación de ensayo, se puede realizar sin mucho gasto técnico de medición también por personal de servicio poco cualificado. La calibración en el soporte de fijación de ensayo requiere en este caso solamente la introducción de las normas de calibración-TRL en el zócalo de ensayo del soporte de fijación de ensayo. La calibración (como también la verificación – ver más adelante) requiere, por lo tanto, las mismas etapas de mando que el proceso de medición propiamente dicho. No deben separarse conexiones eléctricas. Los parámetros eléctricos de los cables coaxiales permanecen inalterados (los cables no se mueven) y los conectores no están sometidos a desgaste mecánico.

45 El estado del soporte de fijación de ensayo se puede verificar en virtud del concepto básico de manejo sencillo en cualquier momento sin mayor gasto con una norma de verificación. A tal fin, solamente debe introducirse y dimensionarse una norma de verificación, antes que se introduzcan medidas para subsanación.

Con el procedimiento de calibración de acuerdo con la invención es posible ahora simplificar esencialmente la calibración para soportes de fijación de ensayo para módulos-T/R con puertos-HF desiguales.

50 La calibración de acuerdo con la invención es adecuada en virtud de las ventajas mencionadas especialmente también para un ensayo automático de números mayores de piezas en el marco de una fabricación en serie de módulos T/R.

La invención se explica en detalle a continuación con la ayuda de ejemplos de realización concretos con referencia a las figuras.

La figura 1 muestra un soporte de fijación de ensayo para el dimensionado de un módulo-T/R simétrico con respecto

a sus puertos-HF.

La figura 2 muestra una norma de calibración simétrica con dos terminales de contacto como puertos-HF.

La puerta 3 muestra un soporte de fijación de ensayo para el dimensionado de un módulo-T/R asimétrico con respecto a sus puertos-HF.

- 5 La figura 4 muestra una norma de calibración asimétrica con terminal de contacto y elemento de radiador como puertos-HF.

La figura 5 muestra una primera norma de calibración, derivada a partir de la norma de calibración de acuerdo con la figura 4, con dos terminales de contacto.

- 10 La figura 6 muestra una segunda norma de calibración, derivada a partir de la norma de calibración de acuerdo con la figura 4, con dos elementos de radiador.

La figura 7 muestra una disposición para el dimensionado de una norma de calibración de acuerdo con la figura 6:

- a) en vista lateral
- b) en vista en planta superior.

- 15 La descripción siguiente se realiza con la ayuda de las figuras 1 y 2 en primer lugar con la ayuda de un procedimiento de calibración – no acorde con la invención – para un soporte de fijación de ensayo para el ensayo de módulos-HF, que están constituidos simétricos con respecto a sus puertos-HF, antes de explicar sobre esta base el procedimiento de acuerdo con la invención para el ensayo de módulos-HF asimétricos.

- 20 La figura 1 muestra un primer ejemplo para un zócalo de ensayo de un soporte de fijación de ensayo a calibrar para el dimensionado de un módulo-T/R. El módulo-T/R está constituido simétrico, con respecto a sus puertos-HF, que están configuradas aquí en el lado de entrada y en el lado de salida como terminales de contacto, es decir, que en cada extremo se encuentran puertos-HF idénticos (en general, una simetría existente de una pieza de ensayo está relacionada siempre con el centro de la línea de conexión de los puertos-HF). La figura 1 muestra el soporte de fijación de ensayo en un estado, antes de que se haya insertado un módulo-T/R a dimensionar en la cavidad 300 en forma de bandeja prevista para ello de una unidad de contacto 3 móvil vertical. La unidad de contacto 3 está dispuesta sobre un sustrato de línea 5 y presenta elementos de contacto, aquí clavijas de contacto elásticas 302, para el contacto del módulo-T/R. Cuando se inserta un módulo-T/R (en este caso, las clavijas de ajuste 303 proporcionan una alineación unívoca) se coloca sobre la unidad de atemperación central (inmóvil) 305, pero no tiene en primer lugar ningún contacto todavía con el soporte de fijación de ensayo. Tal contacto se establece solamente cuando se inserta una instalación de corredera 306 en su palanca de corredera 307 en dirección al módulo-T/R insertado, lo que conduce a un movimiento vertical de la unidad de contacto 3 en dirección al módulo-T/R. Cuando la unidad de contacto hace tope, las clavijas de contacto elásticas 302 de la unidad de contacto contactan al mismo tiempo con los elementos de contacto complementarios (aquí: terminales de contacto) del módulo-T/R. Todos los contactos necesarios se pueden cerrar así en una etapa de trabajo de una manera segura y simultánea. A través de la utilización de las clavijas de contacto elásticas se puede realizar, además, el contacto, independientemente del módulo individual o elemento de calibración casi idénticamente del mismo tipo. De esta manera se excluye una influencia del personal de servicio sobre la calidad de los resultados de la medición o de la calibración.

La calibración de soportes de fijación de ensayo para un módulo-T/R, que está constituido simétricamente como el módulo-TR descrito anteriormente en conexión con la figura 1 con respecto a sus puertos-HF, se realiza de la siguiente manera:

- 40 Etapa 1: Medición de los parámetros de dispersión de los módulos-T/R.

- Para la determinación de los parámetros de dispersión de los módulos-T/R se puede utilizar, por ejemplo, un catalizador de red vectorial (VNA). Los términos de error necesarios para la corrección de los valores de medición en el VNA (por ejemplo módulo de error de 12 términos) son determinados con la ayuda de una calibración-TRL del soporte de fijación de ensayo en el modo-CW y en el modo de impulso. Para la realización de la calibración-TRL se utiliza en el soporte de fijación de ensayo un conjunto de normas de calibración adecuadas para THRU, LINE y REFLECT. La norma de calibración-THRU se representa de forma esquemática en la figura 2. De manera similar al módulo-T/R a dimensionar, está constituido simétricamente con respecto a sus puertos-HF y comprende dos terminales de contacto KP idénticos en cada lado. Para la calibración se introducen las normas de calibración mencionadas en el zócalo de ensayo del soporte de fijación de ensayo.

- 50 Los algoritmos utilizados en el VNA para la calibración del soporte de fijación de ensayo presuponen, por ejemplo, para la norma THRU implícitamente una línea sin pérdida (longitud eléctrica cero). El plano de contacto y, por lo tanto, el plano de referencia para la medición de los parámetros de dispersión de los módulos-T/R se encuentra, sin embargo, en los terminales de contacto KP y, por lo tanto, al comienzo o bien al final del zócalo de ensayo en el

- soporte de fijación de ensayo. El módulo-T/R tiene una longitud mecánica finita, de manera que para la conexión de los planos de contacto debe utilizarse una conexión continua (THRU) con una longitud mecánica y, por lo tanto, eléctrica distinta de cero. Por consiguiente, una calibración con las normas adecuadas para el soporte de fijación de ensayo desplaza el plano de referencia en su centro sobre THRU2. De acuerdo con ello, en la norma-THRU se trata
- 5 de una norma de calibración no-óptima en conexión con una calibración-TRL y consideraciones similares se aplican para otras normas de calibración REFLECT y LINE. Una calibración-TRL realizada con tales normas de calibración no-óptimas THRU, REFLECT, LINE conduce a resultados erróneos durante la medición de los parámetros de dispersión del módulo-T/R. Para poder anular de nuevo el desplazamiento del plano de referencia, se calculan parámetros de corrección correspondientes en la etapa siguiente.
- 10 **Etapla 2: Desplazamiento del plano de referencia en el zócalo de ensayo del soporte de fijación de ensayo**
- Para el desplazamiento del plano de referencia desde el centro del zócalo de ensayo sobre los lugares de contacto en el módulo-T/R se determinan en una medición separada los parámetros de dispersión de la norma-THRU utilizada en la calibración en el soporte de fijación de ensayo (figura 2). Éstos se pueden calcular, por ejemplo, en un puesto de medición-Prober con un VNA, que se somete previamente a una calibración-OSLT con normas de calibración-On-Wafer.
- 15 Los soportes de fijación de los picos de medición del puesto de medición-Prober se pueden desplazar mecánicamente y de esta manera, en oposición a la medición descrita anteriormente en el soporte de fijación de ensayo, se adaptan a la geometría (longitud mecánica) de la pieza de ensayo (norma de calibración o módulo-T/R).
- A partir de los parámetros de dispersión calculados para la norma-THRU se calculan parámetros de corrección, con los que se corrigen los parámetros de dispersión medidos en el soporte de fijación de ensayo en el módulo-T/R según importe y fase en función de la frecuencia. De esta manera se termina la calibración.
- 20 La figura 3 muestra otro ejemplo de un soporte de fijación de ensayo a calibrar para el dimensionado de un módulo-T/R. El módulo-T/R 1 a ensayar está constituido asimétricamente con respecto a sus puertos-HF, es decir, que en cada extremo se encuentra una puerta-HF de distinto tipo.
- 25 En el lado de entrada se realiza el contacto de manera similar a la figura 1 a través de guía mecánica de una unidad de contacto 3, que después de alcanzar una posición final definida contacta con el módulo-T/R 1 a ensayar, en el que las clavijas de contacto elásticas contactan con el terminal de contacto del módulo-T/R. La guía mecánica se realiza por medio de una instalación de corredera a través de la palanca de corredera 307.
- 30 La puerta-HF en el lado de salida se forma por un elemento de radiador 202. Este elemento de radiador 202 está rodeado por un blindaje 210 en forma de cáscara e irradia en el orificio de un conductor hueco 203. Un conductor hueco cuadrado, que sigue al conductor hueco 203, (no se representa en la figura 3) con transición sobre el sistema de medición coaxial es componente del soporte de fijación de ensayo.
- 35 La fijación mecánica del módulo-T/R 1 insertado se realiza por medio de una unidad de fijación móvil 300, que es presionada desde arriba contra el módulo-T/R 1. La bajada de la unidad de fijación 300 se realiza por medio de la palanca acodada 310.
- La calibración de soportes de fijación de ensayo para un módulo-T/R, que está constituido asimétricamente como el módulo-T/R mostrado en la figura 3 con respecto a sus puertos-HF, se realiza de acuerdo con la invención de la siguiente manera.
- Etapla 1: Medición de los parámetros de dispersión de los módulos-T/R**
- 40 El modo de proceder es, en principio, igual que en la etapa 1 de la calibración con módulos-T/R simétricos, como se ha descrito anteriormente a través de una calibración-TRL del soporte de fijación de ensayo con las normas THRU, REFLECT, LINE. En este caso, la estructura del soporte de fijación de ensayo y de las normas de calibración tiene en cuenta la asimetría de los objetos de medición (Módulo-T/R). La norma de calibración utilizada se representa en la figura 4. Presenta sobre un lado un terminal de contacto KP y sobre el otro lado un elemento radiador SE.
- 45 **Etapla 2: Desplazamiento del plano de referencia en el zócalo de ensayo del soporte de fijación de ensayo**
- Para poder detectar según la técnica de medición el desplazamiento del plano de referencia, se separa la norma – THRU (figura 4) utilizada en la Etapa 1 en la medición en el soporte de fijación de ensayo conceptualmente en el centro de la línea de conexión ($\frac{1}{2}$ Lcy y $\frac{1}{2}$ Lre designan, respectivamente, la distancia de los puertos-HF con respecto al centro del módulo-T/R), se duplican las mitades simétricamente en cada caso (incluyendo las líneas-HF que se encuentran entre los puertos-HF) y se procede mecánicamente con esta previsión. Las normas de calibración derivadas resultantes se representan en las figuras 5 y 6. En virtud de la construcción representada anteriormente, presentan en cada lado terminales de contacto idénticos (figura 5) o bien elementos de radiador idénticos (figura 6). En la duplicación simétrica se trata con preferencia de una duplicación simétrica puntual con respecto al punto medio
- 50

del trayecto entre los dos puertos-HF o alternatively se trata de una duplicación simétrica al eje con un eje de simetría que está perpendicular a la línea de conexión de los puertos-HF.

Los parámetros de dispersión de los objetos de medición construidos, ahora simétricos

- a) norma-THRU con dos terminales de contacto KP y con una longitud de línea Lcy (figura 5) y
- 5 b) norma-THRU con dos elementos de radiador SE y una longitud de la línea Lre (figura 6)

se calculan en dos estructuras separadas. Para la norma de calibración según la figura 5, la medición se realiza de manera ventajosa en el puesto de medición-Prober, como ya se ha descrito anteriormente en la Etapa 2 en la calibración de soportes de fijación de ensayo de módulos-T/R simétricos. Para la norma de calibración según la figura 6, la medición se realiza en una disposición simétrica de conductores huecos, que resulta a partir de la duplicación simétrica de una mitad del soporte de fijación de ensayo (mitad izquierda del soporte de fijación de ensayo representado en la figura 3) de manera similar a la duplicación simétrica de la norma de calibración. Tal disposición se describe en la figura 7 y se explica en detalle más adelante.

La medición de esta norma se realiza de la misma manera con un VNA, que se somete a una calibración-TRL con normas de conductores huecos especiales. Las dimensiones del conductor hueco corresponden a la geometría de la abertura del elemento radiador.

De manera similar al modo de proceder en la calibración de soportes de fijación de ensayo para módulos-T/R simétricos, a partir de los parámetros de dispersión calculados para las dos normas-THRU según las figuras 5 y 6 se calculan parámetros de corrección, con los que se corrigen en función de la frecuencia los parámetros de dispersión (ver la Etapa 1) medidos en el soporte de fijación de ensayo en el módulo-T/R según importe y fase. En este caso, hay que tener en cuenta que los valores para la corrección de las mediciones del módulo-T/R se componen, respectivamente, por la mitad, a partir de los parámetros de dispersión medidos para las normas de calibración según las figuras 5 y 6.

Una ventaja del modo de proceder descrito anteriormente se deduce a partir del hecho de que las normas de calibración simétricas según la figura 2 y la figura 5 pueden estar configuradas idénticas. Esto significa que la misma norma de calibración se puede utilizar para la calibración de soportes de fijación de ensayo para módulos-T/R simétricos como también para módulos-T/R asimétricos (en el ejemplo concreto para módulos-T/R con y sin elemento radiador). A tal fin debe cumplirse la siguiente condición: la distancia mecánica de los terminales de contacto en el módulo-T/R sin elemento radiador establece la longitud de la norma de calibración-THRU (simétrica) según la figura 2. La longitud y la forma de la mitad de la línea ($\frac{1}{2}$ Lcy) deben tenerse en cuenta en la norma de calibración-THRU (asimétrica) con elemento radiador (figura 4). Este modo de proceder asegura la aplicabilidad de la norma-THRU sin elemento radiador (figura 2) para el desplazamiento del plano de referencia en los módulos-T/R con elemento radiador.

La norma de calibración según la figura 6 se compone de un elemento radiador en cada lado y de una línea dispuesta en medio de la longitud Lre. La longitud $\frac{1}{2}$ Lre resulta a partir de la norma-THRU según la figura 4.

Las normas de calibración-TRL previstas para la calibración se introducen en el zócalo de ensayo del soporte de fijación de ensayo y, por lo tanto, deben presentar un enmarque correspondiente a los módulos-T/R. Además, deben cumplir las previsiones eléctricas previstas para la calibración-TRL.

Como ya se ha mencionado anteriormente, para la determinación técnica de medición del comportamiento para la norma de calibración con dos elementos de radiador (figura 6) se prepara un dispositivo especial para el alojamiento y fijación mecánica de esta norma. Ésta resulta a través de duplicación simétrica de aquel lado del soporte de fijación de ensayo (figura 3), que se refiere al elemento radiador 202. La duplicación se refiere evidentemente sólo a aquellos componentes del soporte de fijación de ensayo, que son relevantes para el elemento radiador así como para la línea de la radiación-HF irradiada desde allí. Una instalación de medición de este tipo se representa de forma ejemplar en la figura 7. En una placa de alojamiento 101, que está dispuesta sobre un bloque de apoyo 105, se inserta la norma de calibración 100 a dimensionar (representada en la figura 6). A través de la activación de la palanca acodada 107, un dispositivo de fijación mecánica presiona sobre la placa de cubierta 102, para asegurar la norma de calibración 100 mecánicamente en su posición.

La norma de calibración 100 presenta en ambos extremos un elemento radiador 202k, que está rodeado, respectivamente, por un blindaje 210k en forma de cáscara. Tal blindaje 210k está presente también sobre el lado izquierdo del dispositivo según la figura 3, a partir del cual se deriva el dispositivo mostrado en la figura 7. El blindaje 210k realiza la transición, respectivamente, hacia un conductor hueco (no representado en la figura 7 – pero similar al número de referencia 203 del dispositivo según la figura 3, del que se deriva, como se ha descrito, este dispositivo), al que se alimenta la radiación-HF del elemento radiador 202k.

Como se reconoce a partir de la figura 7, el dispositivo representado está constituido de manera correspondiente a la

norma de calibración 100 a dimensionar simétricamente con respecto al centro de la norma de calibración 100.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de calibración para un soporte de fijación de ensayo para el ensayo de módulos-HF, que están constituidos asimétricamente con respecto a sus puertos-HF, con las siguientes etapas:

- 5 - calibración-TRL del soporte de fijación de ensayo por medio de un conjunto de normas de calibración-THRU, REFLECT y LINE no-óptimas, que se introducen a tal fin en el zócalo de ensayo del soporte de fijación de ensayo, en la que la utilización de las normas de calibración no-óptimas conduce a un desplazamiento del plano de referencia con respecto a los parámetros de dispersión medidos en el soporte de fijación de ensayo,
- 10 - cálculo de los parámetros de dispersión de normas de calibración-THRU derivadas a partir de la norma de calibración-THRU no-optima, respectivamente, en lugares de medición separados del soporte de fijación de ensayo a calibrar,
- anulación del desplazamiento del plano de referencia, en el que a partir de la medición en los lugares de medición separados se calculan parámetros de corrección, con los que se corrigen los parámetros de dispersión medidos en el soporte de fijación de ensayo en el módulo-HF, caracterizado por que
- 15 - se generan las normas de calibración derivadas a partir de la norma de calibración-THRU no-optima, duplicando en cada caso una mitad simétricamente, y en el que el cálculo de los parámetros de dispersión de las normas de calibración derivadas de esta manera se realiza en lugares de medición, que están derivados a partir del soporte de fijación de ensayo a calibrar, duplicando en cada caso simétricamente una mitad del soporte de fijación de ensayo, y
- 20 - los parámetros de corrección utilizados para la anulación del desplazamiento del plano de referencia se componen, respectivamente, en la mitad, por los parámetros de dispersión medidos de las dos normas de calibración derivadas.

2.- Procedimiento de calibración de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que los puertos-HF de los módulos-HF están presentes como terminales de contacto y como elementos de radiador.

25

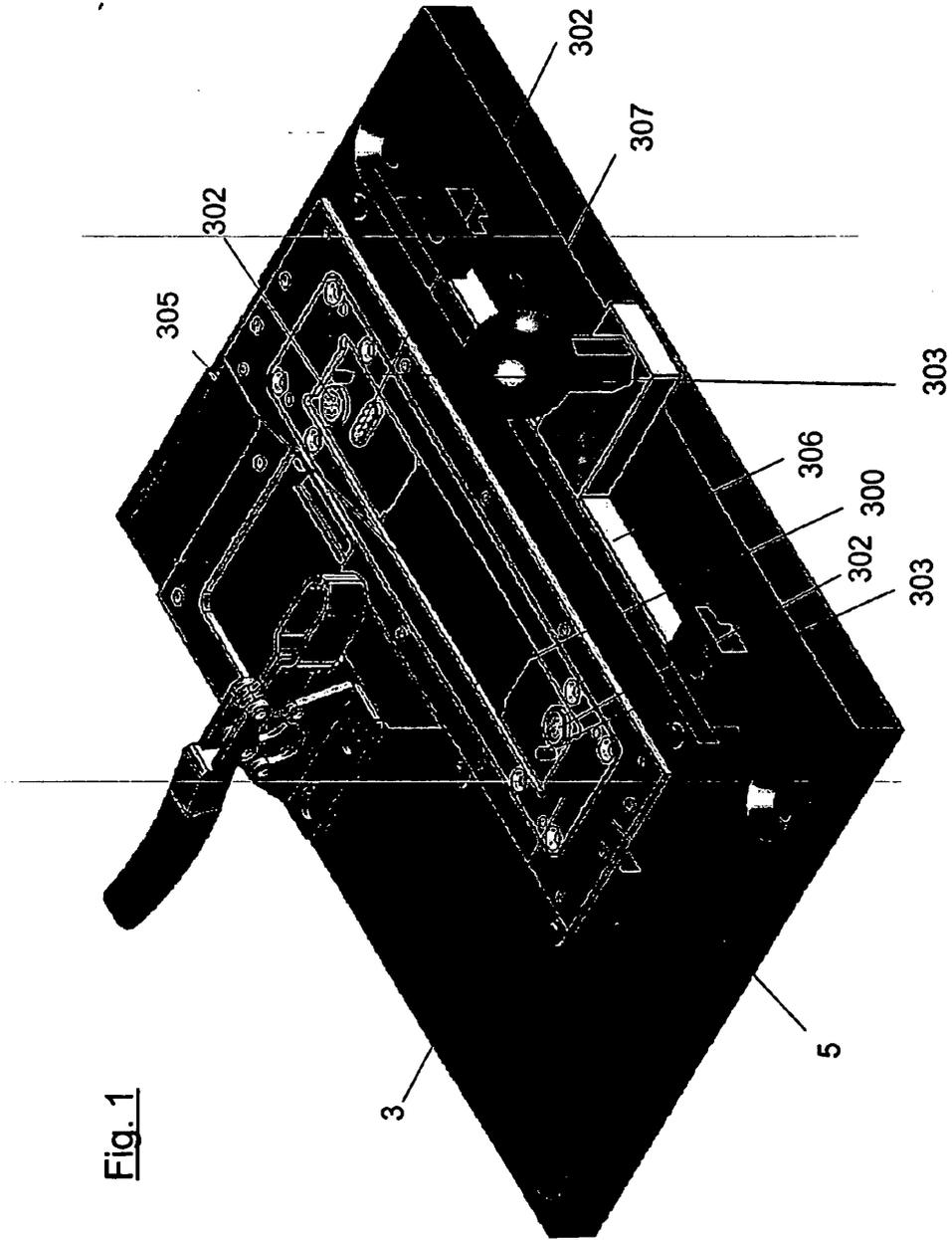
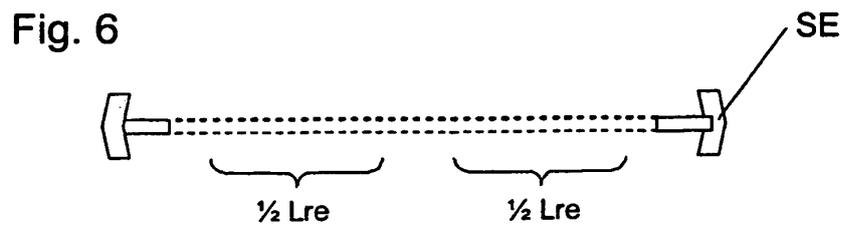
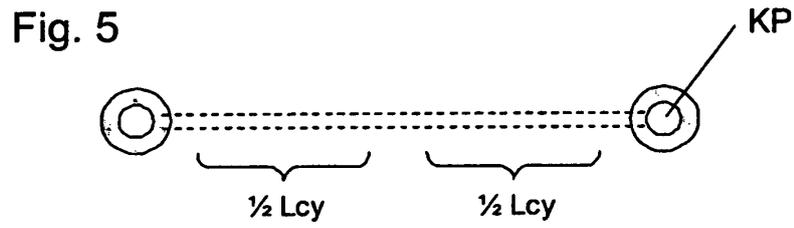
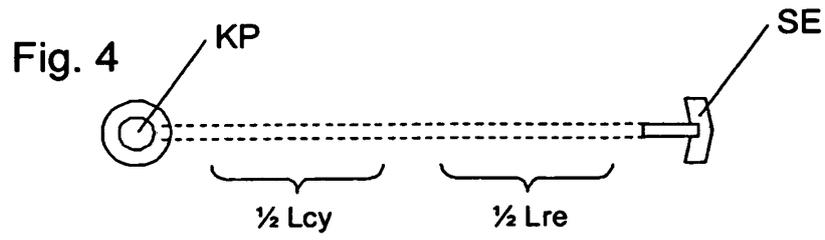
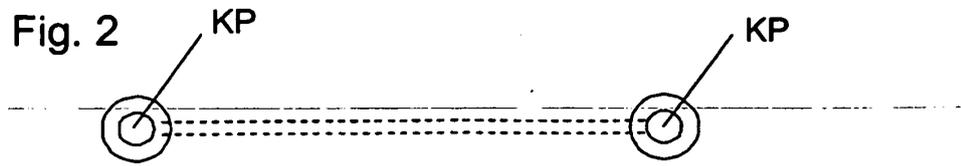


Fig. 1



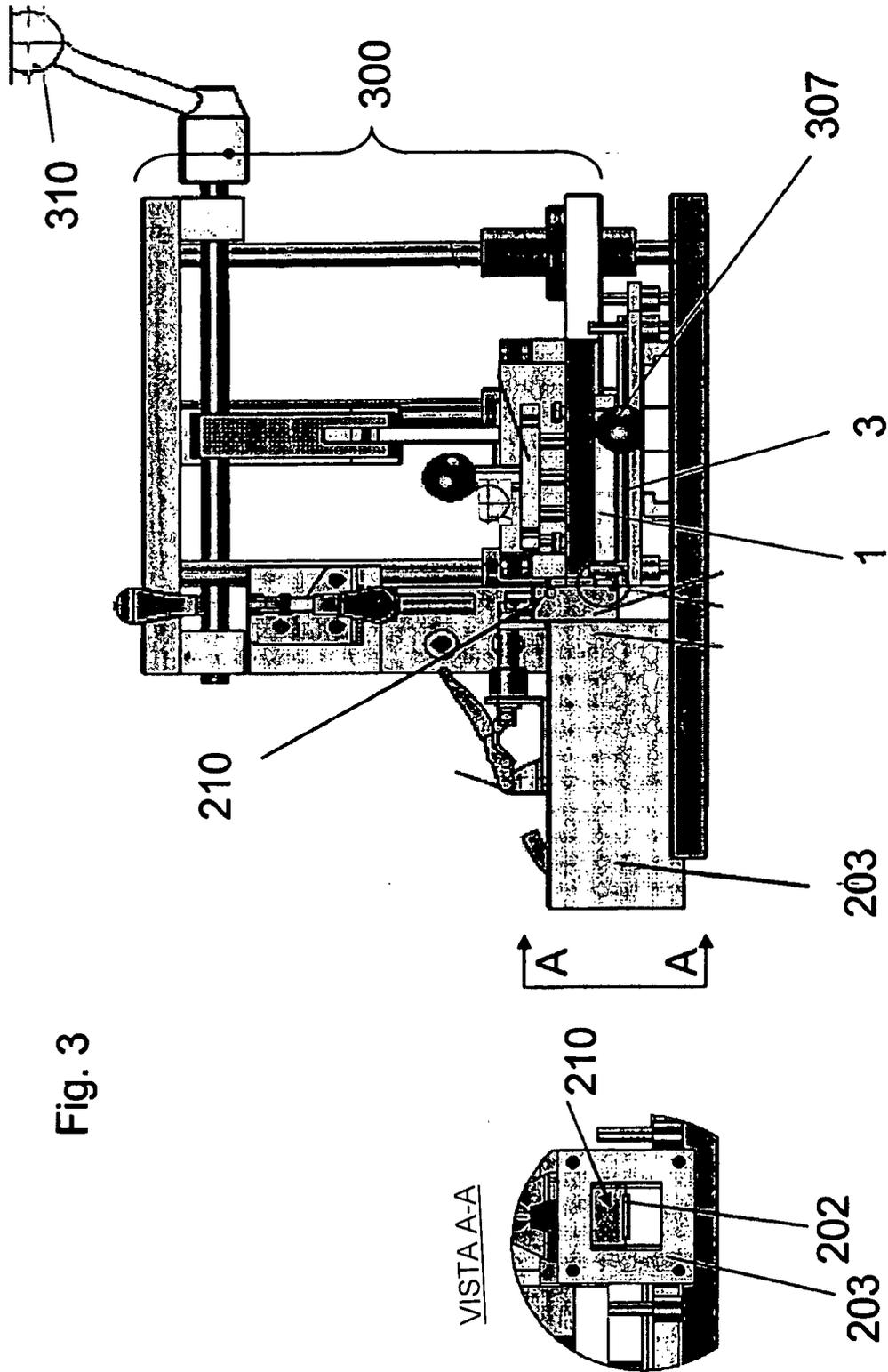


Fig. 3

Fig. 7

