

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 415 083**

21 Número de solicitud: 201130156

51 Int. Cl.:

G01R 29/26 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

07.02.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

23.07.2013

71 Solicitantes:

**INTA, INSTITUTO NACIONAL DE TÉCNICA
AEROSPACIAL (50.0%)
Carretera de Ajalvir Km. 4
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid) ES y
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**FORNET RUIZ, Jaime José;
DÍAZ MORCILLO, Alejandro Benedicto y
LOZANO GUERRERO, Antonio José**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

54 Título: **PATRÓN PRIMARIO DE RUIDO TÉRMICO DE BANDA ANCHA**

57 Resumen:

Patrón primario de ruido térmico de banda ancha. Sistema coaxial para un patrón primario empleado en la trazabilidad de fuentes de ruido térmico, que comprende una línea de transmisión coaxial (1) y un anillo (100), estando una parte de la línea de transmisión coaxial (1) sumergida en nitrógeno líquido y otra parte de la línea de transmisión coaxial (1) rodeada por un circuito de agua (3) donde se encuentra el anillo (100), comprendiendo la citada línea de transmisión coaxial (1) un conductor exterior (10) y un conductor interior (20), estando ambos conductores (10, 20) unidos mediante el anillo (100) que está realizado en un material que garantiza la conductividad térmica entre el conductor exterior (10) y el conductor interior (20), comprendiendo el anillo (100) un tramo central (101) en contacto en toda su longitud con la superficie interior del conductor exterior (10), y porque la relación entre el radio del conductor interior (20) y el radio exterior del anillo (100) es tal que en toda la longitud del anillo (100) la impedancia es la misma que la impedancia nominal de la línea coaxial (1).

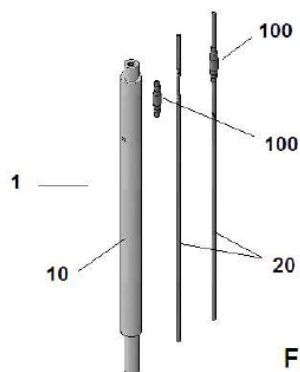


FIG. 1

ES 2 415 083 A2

DESCRIPCIÓN

PATRÓN PRIMARIO DE RUIDO TÉRMICO DE BANDA ANCHA

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a un sistema coaxial para un patrón primario empleado en la trazabilidad de fuentes de ruido térmico en un amplio rango de frecuencias.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10

El ruido térmico se genera por la agitación térmica de portadores de carga (generalmente electrones dentro de un conductor) en equilibrio, lo que sucede con independencia del voltaje aplicado sobre dicho conductor.

15 La presente invención se enmarca en el campo de los patrones primarios de ruido térmico que dan trazabilidad en la calibración de fuentes de ruido térmico o patrones secundarios de ruido, en un rango de frecuencias de banda ancha. Un patrón primario es aquel patrón reconocido como poseedor de las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor se acepta sin referirse a otros patrones de la misma magnitud, por lo que actúa como patrón de referencia de
20 trazabilidad. Por otro lado, se denominan fuentes de ruido a los patrones secundarios de ruido que han de ser calibrados, siendo los patrones secundarios aquellos cuyo valor se establece por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

25 Así, la parte principal de un patrón de ruido es una carga capaz de generar una señal de ruido en radiofrecuencia proporcional a la temperatura a la que se encuentre. Para poder obtener la señal de ruido en el plano de medida se necesita una línea de transmisión que comunique la carga con el plano de medida. Esta línea de transmisión comprende generalmente un coaxial, compuesto por dos conductores cilíndricos, concéntricos, con una impedancia característica igual a la impedancia de la carga. Estos dos conductores
30 concéntricos del coaxial están unidos a través de un anillo concéntrico que

realiza la función de mantener el conductor interior y el conductor exterior en una posición concreta, concéntricos uno con respecto al otro, además de facilitar la estabilización a la misma temperatura de ambos conductores concéntricos.

La obtención y medida de estándares de ruido térmico ha sido
5 ampliamente tratada en el estado de la técnica existente, en el que se conocen patrones primarios de ruido térmico que comprenden anillos de material cerámico en líneas coaxiales que funcionan en un rango de frecuencias reducido, de tal forma que estos anillos han de ser capaces de garantizar que los conductores interior y exterior que forman las líneas coaxiales se encuentran
10 a la misma temperatura a lo largo de la línea. Un circuito de agua en la parte superior hace posible que el conductor exterior y, por tanto, el conductor interior, se encuentren en dicha parte superior a temperatura ambiente. Esto es conocido en el estado de la técnica, por ejemplo en el documento de W. C. Daywitt, "A Coaxial Noise Standard for the 1GHz to 12.4 GHz Frequency", NBS Technical
15 Note 1074, Boulder CO.

Según la técnica conocida, se realizan líneas coaxiales en las que el anillo térmico es de óxido de berilio (BeO). Este material presenta sin embargo un problema de elevada toxicidad. Además, el patrón realizado con los anillos térmicos así contruidos es específico para tecnología coaxial de 7 mm,
20 empleada en líneas de un menor ancho de banda, con márgenes de trabajo en frecuencias por debajo de los 12,4GHz. Este tipo de tecnología no puede ser empleado en líneas coaxiales de menor diámetro (alrededor de 3,5 mm), siendo estos valores los necesarios para trabajar en amplios anchos de banda, del orden de 26,5GHz.

Otros dispositivos conocidos con la misma funcionalidad presentes en patrones de ruido térmico presentan un ancho de banda de frecuencia mucho menor del necesario, de tal forma que no pueden caracterizar patrones secundarios y fuentes de ruido de gran ancho de banda, siendo en estas
25 ocasiones necesario el uso de un conjunto de patrones que cubran toda esta banda de frecuencias, lo cual complica enormemente la caracterización de estas
30 fuentes de ruido. Así, el patrón conocido anteriormente referenciado de W. C.

Daywitt, "A Coaxial Noise Standard for the 1GHz to 12.4 GHz Frequency", NBS Technical Note 1074, Boulder CO., funciona en el rango de 1GHz-12,4GHz. El problema es que ni este diseño ni la metodología de diseño empleada para el mismo sirve para anchos de banda mayores, en rangos de hasta 26,5GHz, no
5 funcionando en rangos de frecuencia que estén por encima de los 12.4 GHz.

Así, se encuentran en diversos documentos del estado de la técnica patrones de ruido con una baja reflectividad de la señal (baja perturbación de la señal), tales como: US 3996534, donde se muestra una terminación adaptada resistiva para líneas coaxiales que contiene un soporte dieléctrico para sostener
10 la estructura; US 4596435, con un conector coaxial en el que se introduce un anillo dieléctrico para aumentar la robustez mecánica del coaxial, diseñado además para obtener una baja relación de onda estacionaria; US 4700159, donde se describe el empleo de esferas dieléctricas modificadas a situar entre el conductor interior y exterior de una línea coaxial para reducir el valor de relación
15 de onda estacionaria en la línea; US 4746305, con un conector coaxial de alta frecuencia modificado con un mecanismo de bayoneta; US 4763090, con una línea coaxial con un dieléctrico interior que permite la expansión térmica del conductor interior; US 7011529 ó US 4867703, donde se muestran conectores coaxiales de microondas. Por otro lado, en el documento US 3437960 se
20 proporcionan directrices para estructuras de soporte dieléctrico a emplear en conectores de líneas coaxiales de alta frecuencia en aplicaciones de sellado.

Sin embargo, en ninguna de las soluciones anteriores se tienen en cuenta las propiedades térmicas exigidas al material: el material del anillo ha de tener una alta conductividad térmica que permita una transmisión de temperatura
25 adecuada entre el conductor interior y el conductor exterior de la línea coaxial. Además, es preciso conseguir, para un correcto funcionamiento del patrón de ruido primario, que la impedancia nominal de la línea se mantenga en todos sus tramos, tal que el coeficiente de reflexión de la estructura sea lo más bajo posible en el ancho de banda de trabajo. Así, la solución del documento US
30 3437960 presenta un material no válido para un anillo térmico, dado que no se tienen en cuenta las características térmicas de dicho material. Por otro lado, la

formulación de cálculo de impedancia característica en dicho documento es aproximada y comporta cierto margen de error, lo cual lo inhabilita para su uso como patrón primario de ruido térmico.

5 La presente invención está orientada a la resolución de los problemas anteriormente mencionados.

SUMARIO DE LA INVENCION

10 La presente invención se refiere a un sistema coaxial para un patrón primario empleado en la trazabilidad de fuentes de ruido térmico o patrones secundarios en un rango de frecuencias que va desde aproximadamente 10MHz a aproximadamente 26,5GHz.

15 Así, el sistema coaxial del patrón de ruido de la invención comprende una línea de transmisión coaxial y un anillo térmico. La línea de transmisión coaxial está acabada en una carga adaptada de banda ancha. Dicha carga y parte de la línea de transmisión coaxial se encuentran sumergidas en nitrógeno líquido. La línea de transmisión coaxial comprende un conductor exterior y un conductor interior, ambos unidos mediante un anillo concéntrico de material dieléctrico. El
20 citado anillo concéntrico comprende un tramo central que ocupa completamente el espacio entre los conductores exterior e interior de la línea coaxial (es decir, el tramo central del anillo hace contacto físico en toda su longitud con el diámetro interior del conductor exterior de la línea coaxial, de tal modo que existe contacto térmico entre los conductores interior y exterior a lo largo de la longitud de dicho
25 tramo central), y dos tramos adyacentes al tramo central cuyos diámetros varían de tal forma que constituyen una transición suave tal que se mantiene constante la impedancia nominal de la línea coaxial. A su vez, el conductor interior de la línea coaxial puede variar su diámetro exterior o bien mantener un diámetro exterior constante.

30 El objetivo principal del sistema coaxial del patrón de ruido de la invención es que el conductor interior y el conductor exterior de la línea coaxial se encuentren a una misma temperatura manteniendo, al mismo tiempo, la

impedancia nominal de la línea coaxial en todos sus tramos, para que el coeficiente de reflexión de la estructura sea lo más bajo posible en un amplio ancho de banda. De esta manera se minimiza el efecto del tramo de anillo térmico en el funcionamiento electromagnético del patrón primario de ruido
5 térmico en tecnología coaxial de la invención.

Según realizaciones de la invención, los dos tramos adyacentes al tramo central en el anillo concéntrico presentan una configuración que puede ser continua (lineal o no) con una variación o transición gradual del diámetro, o bien una configuración discreta con variaciones discretas del diámetro de dichos
10 tramos adyacentes, con una fabricación más sencilla.

Según la invención, es posible realizar modificaciones en la geometría del tramo central y de los tramos adyacentes a éste, en el anillo concéntrico del sistema coaxial de la invención, con el fin de reducir la reflexión producida. También pueden realizarse modificaciones en la geometría del conductor interior
15 y / o del conductor exterior, encaminadas a idéntico fin.

Según la invención, el material empleado en el anillo concéntrico es tal que presenta las siguientes características fundamentales:

- una alta conductividad térmica para permitir una transmisión de temperatura adecuada entre el conductor interior y el conductor exterior de la línea coaxial;
20
- una constante dieléctrica pequeña para reducir posibles reflexiones; y
- un factor de pérdidas o tangente de pérdidas pequeño para mantener una atenuación baja en la línea coaxial.

Así, el material empleado para el anillo concéntrico de la línea coaxial del patrón primario de ruido según la invención es preferiblemente Nitruro de Boro.
25

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue de una realización ilustrativa de su objeto en relación con las figuras que se acompañan.
30

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

La Figura 1 muestra en esquema una línea de transmisión coaxial y sus componentes en un sistema coaxial para un patrón primario de ruido térmico según la presente invención.

La Figura 2 muestra la variación del radio del conductor interior de una línea coaxial con respecto al radio exterior de un anillo concéntrico dispuesto en dicha línea coaxial, en un sistema coaxial para un patrón primario de ruido térmico según la presente invención.

Las Figuras 3a a 3f muestran diversas variantes de una línea coaxial con un anillo concéntrico en un sistema coaxial para un patrón primario de ruido térmico según una primera y una segunda realización de la presente invención.

Las Figuras 4a y 4b muestran en sección la configuración de línea coaxial con anillo concéntrico en un sistema coaxial para un patrón primario de ruido térmico según una tercera y una cuarta realización de la presente invención.

Las Figuras 5a y 5b muestran en sección la configuración de línea coaxial con anillo concéntrico en un sistema coaxial para un patrón primario de ruido térmico según una quinta y una sexta realización de la presente invención.

Las Figuras 6a y 6b muestran en sección la configuración de línea coaxial con anillo concéntrico en un sistema coaxial para un patrón primario de ruido térmico según una séptima y una octava realización de la presente invención.

La Figura 7 muestra en esquema la disposición de un sistema coaxial para un patrón primario de ruido térmico según la presente invención.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

La estructura del sistema coaxial para un patrón de ruido según la invención comprende una línea coaxial 1 de aire que comprende a su vez un conductor exterior 10 y un conductor interior 20. La línea coaxial 1 está terminada en su parte inferior con una carga 2 de banda ancha y con un circuito de agua 3 en su parte superior, que está en contacto con el conductor exterior

10 de la línea coaxial 1 (ver Figura 7). Según una realización de la invención, la línea coaxial 1 se fabrica en cobre-berilio, siendo de 3,5 mm el diámetro interior del conductor exterior 10 y siendo el diámetro conductor interior 20 de 1,5mm. Estos valores son simplemente orientativos, pudiendo ser aplicable la invención a otros tipos de líneas coaxiales como, por ejemplo, de 2,92 mm, 2,4mm ó 1,85mm (valores del diámetro interior del conductor exterior 10 de la línea coaxial 1).

La carga 2 y parte de la línea coaxial 1, tal y como se muestra en la Figura 7, se encuentran sumergidas en nitrógeno líquido, preferiblemente a una temperatura de $-197\text{ }^{\circ}\text{C}$ (76K). También preferiblemente, el circuito de agua 3 se encuentra a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ (296K). Estando el conductor exterior 10 y el conductor interior 20 a igual temperatura en la parte inferior (donde están sumergidos en nitrógeno líquido), en su parte superior, en caso de no existir el circuito de agua 3, estarían igualmente a una temperatura similar a la del nitrógeno líquido, que degradaría cualquier elemento de medida en la parte superior; por ello, existe el circuito de agua 3 que consigue que la temperatura del conductor exterior 10 sea la temperatura ambiente y, para que el conductor interior 20 esté igualmente a la misma temperatura ambiente, el anillo 100 que conecta ambos habrá de ser un anillo térmico (dado que el sistema coaxial de la invención se emplea en un patrón de ruido como referencia de trazabilidad, es imperativo que los conductores exterior 10 e interior 20 estén a la misma temperatura, para así poder establecer un patrón de referencia adecuado). Con los valores indicados anteriormente, la conexión térmica entre el conductor exterior 10 y el conductor interior 20 se realiza en la zona del circuito de agua 3 mediante un anillo 100 de contacto térmico, cuyo detalle se puede apreciar en la Figura 1. Una función secundaria de este anillo 100 es la de mantener perfectamente concéntricos los conductores exterior 10 e interior 20 de la línea coaxial 1. El material preferiblemente empleado en este anillo 100 es Nitruro de Boro. Cualquier otro material que aúne una alta conductividad térmica, una baja constante dieléctrica y una baja tangente de pérdidas es igualmente utilizable. Para los resultados que se mostrarán a continuación se han tomado las

siguientes características del Nitruro de Boro, proporcionadas por el fabricante:

Constante dieléctrica - $\epsilon_r' = 4,0$.

Tangente de pérdidas - $\tan \delta = 0,0012$.

5

Según la invención, los conductores interior 20 y exterior 10 han de tener la misma temperatura a lo largo de la línea coaxial 1 para poder constituir correctamente un patrón de ruido de referencia. Esta temperatura y la conductividad eléctrica de cada punto de la línea coaxial 1 determinarán el ruido 10 térmico añadido por la línea 1. En las fórmulas empleadas en la caracterización del sistema coaxial para patrón de ruido según la invención se asume una misma temperatura en ambos conductores 10 y 20, por lo que una diferencia en la temperatura de estos implicará una determinada incertidumbre en la temperatura de ruido del patrón.

15 La impedancia característica de una línea coaxial 1 viene dada por:

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{ref}}} \ln \frac{a}{b} \quad (1)$$

donde ϵ_{ref} es la permitividad relativa efectiva de la línea coaxial 1 que, a su vez, depende de las permitividades ϵ_{r1} y ϵ_{r2} de los materiales que rellenan parcialmente la línea 1, en este caso aire, ϵ_{r1} , entre el conductor exterior 10 y el 20 diámetro exterior del anillo térmico 100, y el material empleado en el anillo térmico 100, ϵ_{r2} , que ocupa el espacio en contacto con el diámetro del conductor interior 20. La geometría de la línea coaxial 1 queda definida por los radios a , b y c de los conductores exterior e interior y del anillo térmico. Todo esto queda representado claramente en la Figura 4a, por ejemplo.

25 Partiendo de la asociación en serie de las dos capacidades pertenecientes a los dos tramos con ϵ_{r1} y ϵ_{r2} se puede obtener la permitividad relativa efectiva como:

$$\epsilon_{ref} = \frac{\epsilon_{r1}\epsilon_{r2} \ln \frac{a}{b}}{\epsilon_{r1} \ln \frac{c}{b} + \epsilon_{r2} \ln \frac{a}{c}} \quad (2)$$

Para dar continuidad a la impedancia característica de 50Ω (este valor es el de la impedancia empleada en prácticamente todas las líneas y aplicaciones de radiofrecuencia y microondas), la relación que se obtiene en el caso general, donde el dieléctrico exterior es aire y el interior un material con permitividad relativa ϵ_{r2} , sería:

$$\frac{\epsilon_{r2}}{\ln \frac{c}{b} + \epsilon_{r2} \ln \frac{a}{c}} = \left(\frac{60}{50}\right)^2 \ln \frac{a}{b} \quad (3)$$

De donde se puede obtener el radio exterior c del anillo térmico 100 en función de los radios b y a de los conductores interior 20 y exterior 10 de la línea coaxial 1:

$$c = b \cdot e^{\frac{\epsilon_{r2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25\right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\epsilon_{r2} - 1)}} \quad (4)$$

Estas expresiones son generalizables a cualquier línea coaxial 1 con una determinada impedancia característica sustituyendo el valor 50Ω en (3) por el valor de la impedancia característica de la línea 1.

Para el caso de una línea coaxial 1 de 3,5mm (valor del diámetro interior del conductor exterior 10) suponemos que b varía de un modo lineal desde 0,76 mm (radio del conductor interior 20) hasta 0,33 mm (radio del conductor interior 20 en la zona central del anillo térmico 100), y $a=1,75$ mm. La variación de b y c , para transiciones de 6mm, se muestra en la Figura 3.

La solución que acaba de mencionarse proporciona resultados óptimos, pero resulta poco viable por la dificultad en la fabricación del anillo térmico 100. Por ello, se puede optar por una discretización de dicho anillo 100.

En las Figuras 3a-3c y 3d-3f se muestran dos posibles configuraciones para el anillo de contacto térmico 100:

- a) el anillo térmico 100 puede comprender un tramo central 101, preferiblemente de 5mm de longitud, y transiciones 102, 103 continuas, preferiblemente de 6mm de longitud, a cada lado de dicho tramo central 101 (Figuras 3a, 3b y 3c);
- 5 b) el anillo térmico 100 puede comprender un tramo central 101, preferiblemente de 5mm de longitud, y transiciones 102 y 103 discretizadas, compuestas cada una de ellas por una pluralidad de tramos adyacentes 104, en este caso, por tres tramos adyacentes 104 de 2mm de longitud cada uno de ellos (Figuras
- 10 3d, 3e y 3f).

El tramo central 101 del anillo térmico 100 está en contacto físico con la superficie interior del conductor exterior 10, de tal modo que existe un contacto térmico entre el conductor exterior 10, el anillo 100 y el conductor interior 20, a través del anillo 100 de material dieléctrico.

- 15 A su vez, la estructura del conductor interior 20 de la línea coaxial 1 puede también comprender transiciones 21, que pueden ser tanto continuas (Figura 3c) como discretas (Figura 3f).

20 En la Tabla 1 adjunta se muestran, a modo de ejemplo, los radios obtenidos para una variación lineal de b y la formulación propuesta en (4) para la realización de las Figuras 3d, 3e y 3f con tres tramos discretos adyacentes 104 de 2mm de longitud.

radio(mm)/tramo	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
b	0,438	0,545	0,653
c	1,423	1,166	0,950

Tabla 1. Radios de los tramos laterales del anillo térmico y del conductor interior

25

Las simulaciones realizadas demuestran que la estructura con un tramo central 101 de 5mm y dos transiciones 102 y 103 continuas de 6mm (Figuras 3a, 3b y 3c) presenta en el rango de frecuencias de 0 a 26,5GHz un coeficiente de

reflexión $|s_{11}| < 0,045$ y un coeficiente de transmisión $|s_{21}| > 0,988$. Asimismo, la solución con transición discreta con tres tramos adyacentes 104 de 2mm cada uno, correspondiente a la configuración de las Figuras 3d, 3e y 3f, presenta en el rango de frecuencias de 0 a 26,5GHz un coeficiente de reflexión $|s_{11}| < 0,08$ y un

5 coeficiente de transmisión $|s_{21}| > 0,985$, con una menor complejidad de fabricación del anillo térmico 100.

Alternativamente a la invención descrita en la sección anterior, la formulación desarrollada en (2) y (3) permite la definición de las siguientes configuraciones **de los tramos de transición 102 y 103 del anillo térmico 100**:

- 10 - variación del radio exterior c del anillo térmico 100 y variación del radio b del conductor interior 20 siguiendo la formulación propuesta (3) según una curva determinada por el producto de una función lineal por una función exponencial, como muestra la Figura 4a, siendo el radio interior a del conductor exterior 10 constante;
- 15 - variación lineal del radio interior a del conductor exterior 10 y variación del radio exterior c del anillo térmico 100 siguiendo la formulación propuesta (3) según una curva determinada por el producto de una función lineal por una función exponencial, como muestra la Figura 5a, siendo el radio b del conductor interior 20 constante;
- 20 - variación lineal del radio exterior c del anillo térmico 100 y variación del radio interior a del conductor exterior 10 siguiendo la formulación propuesta (3) según una curva determinada por el producto de una función lineal por una función exponencial, como muestra la Figura 6a, siendo el radio b del conductor interior 20 constante.

25 Para las tres configuraciones propuestas anteriores se pueden implementar las soluciones tanto continua como discreta para la variación de los tramos adyacentes 104, como se muestra en las Figuras 4b, 5b y 6b.

Para las distintas configuraciones alternativas propuestas para el caso particular que se ha descrito con anterioridad (línea coaxial 1 de 3,5mm con

30 anillo térmico 100 de Nitruro de Boro, tramo central 101 de 5mm y transiciones 102, 103 de 6mm, tanto continuas como discretas de tres tramos 104) el

coeficiente de reflexión y el coeficiente de transmisión de la estructura queda acotado en los siguientes valores para el rango de frecuencias especificado:

- Estructura de la Figura 4a: $|s_{11}| < 0,035$, $|s_{21}| > 0,988$ para un rango entre 0 y 26,5GHz.
- 5 - Estructura de la Figura 4b: $|s_{11}| < 0,09$, $|s_{21}| > 0,985$ para un rango entre 0 y 26,5GHz.
- Estructura de la Figura 5a: $|s_{11}| < 0,06$, $|s_{21}| > 0,92$ para un rango entre 0 y 23GHz.
- Estructura de la Figura 5b: $|s_{11}| < 0,16$, $|s_{21}| > 0,82$ para un rango entre 0 y 23GHz.
- 10 - Estructura de la Figura 6a: $|s_{11}| < 0,09$, $|s_{21}| > 0,85$ para un rango entre 0 y 23GHz.
- Estructura de la Figura 6b: $|s_{11}| < 0,18$, $|s_{21}| > 0,79$ para un rango entre 0 y 23GHz.

15

En las realizaciones preferentes que acabamos de describir pueden introducirse aquellas modificaciones comprendidas dentro del alcance definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema coaxial para un patrón primario empleado en la trazabilidad de fuentes de ruido térmico, que comprende una línea de transmisión coaxial (1) y un anillo (100) de radio exterior c, estando una parte de la línea de transmisión coaxial (1) sumergida en nitrógeno líquido y otra parte de la línea de transmisión coaxial (1) rodeada por un circuito de agua (3) en la zona donde se encuentra el anillo (100), comprendiendo la citada línea de transmisión coaxial (1) un conductor exterior (10) de radio a y un conductor interior (20) de radio b, estando ambos conductores (10, 20) unidos mediante el anillo (100) caracterizado porque el anillo (100) está realizado en un material que garantiza la conductividad térmica entre el conductor exterior (10) y el conductor interior (20), comprendiendo el anillo (100) un tramo central (101) en contacto en toda su longitud con la superficie interior del conductor exterior (10), y porque la relación entre el radio b del conductor interior (20) y el radio exterior c del anillo (100) se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$c = b \cdot e^{\frac{\varepsilon_{r2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25 \right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\varepsilon_{r2} - 1)}}$$

- 20 donde ε_{r2} es la permitividad relativa del material del anillo (100).

2. Sistema coaxial según la reivindicación 1 ó 2, en el que la impedancia nominal de la línea coaxial (1) es de 50Ω.
- 25 3. Sistema coaxial según la reivindicación 4, en el que el anillo (100) es de Nitruro de Boro.
4. Sistema coaxial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el diámetro interior del conductor exterior (10) es de aproximadamente 3,5 mm.
- 30 5. Sistema coaxial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el

que el conductor exterior (10) tiene un radio interior constante, tal que el anillo (100) comprende un tramo central (101) de radio exterior constante y dos tramos adyacentes (102, 103), tal que el radio exterior de cada uno de los tramos adyacentes (102, 103) varía según la siguiente curva:

5

$$c = b \cdot e^{\frac{\varepsilon_{r,2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25 \right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\varepsilon_{r,2} - 1)}}$$

y tal que el conductor interior (20) comprende un tramo central de radio constante y dos tramos adyacentes (21) cuyo radio varía de forma lineal.

10

6. Sistema coaxial según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el conductor exterior (10) tiene un radio interior constante, tal que el anillo (100) comprende un tramo central (101) de radio exterior constante y dos tramos adyacentes (102, 103), cada uno de ellos comprendiendo una pluralidad de tramos adyacentes (104), variando el radio exterior de cada uno de los tramos (104) según la siguiente curva:

15

$$c = b \cdot e^{\frac{\varepsilon_{r,2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25 \right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\varepsilon_{r,2} - 1)}}$$

y tal que el conductor interior (20) comprende un tramo central de radio constante y dos tramos adyacentes (21), cada uno de los cuales comprende una pluralidad de tramos, variando el radio de cada una de la pluralidad de tramos de forma lineal.

20

25

7. Sistema coaxial según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el conductor exterior (10) tiene un radio interior constante, tal que el anillo (100) comprende un tramo central (101) de radio exterior constante y dos tramos adyacentes (102, 103), variando el radio exterior de cada uno de estos tramos adyacentes (102, 103) de forma lineal, y tal que el conductor interior (20) comprende un tramo central de radio constante y dos tramos adyacentes (21), variando el radio exterior de cada uno de los tramos

adyacentes (21) según la siguiente curva:

$$c = b \cdot e^{\frac{\varepsilon_{r,2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25 \right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\varepsilon_{r,2} - 1)}}$$

- 5 8. Sistema coaxial según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el
 conductor exterior (10) tiene un radio interior constante, tal que el anillo
 (100) comprende un tramo central (101) de radio exterior constante y dos
 tramos adyacentes (102, 103), cada uno de ellos comprendiendo una
 pluralidad de tramos adyacentes (104), variando el radio exterior de cada
 uno de los tramos (104) de forma lineal, y tal que el conductor interior (20)
 10 comprende un tramo central de radio constante y dos tramos adyacentes
 (21), cada uno de los cuales comprende una pluralidad de tramos,
 variando el radio de cada una de la pluralidad de tramos según la
 siguiente curva:

15

$$c = b \cdot e^{\frac{\varepsilon_{r,2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25 \right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\varepsilon_{r,2} - 1)}}$$

9. Sistema coaxial según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el
 conductor interior (20) tiene un radio constante, tal que el anillo (100)
 20 comprende un tramo central (101) de radio exterior constante y dos
 tramos adyacentes (102, 103), variando el radio exterior de cada uno de
 estos tramos adyacentes (102, 103) según la siguiente curva:

$$c = b \cdot e^{\frac{\varepsilon_{r,2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25 \right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\varepsilon_{r,2} - 1)}}$$

- 25 y tal que el conductor exterior (10) comprende un tramo central de radio
 interior constante y dos tramos adyacentes a dicho tramo central cuyo
 radio interior varía de forma lineal.

10. Sistema coaxial según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el conductor interior (20) tiene un radio constante, tal que el anillo (100) comprende un tramo central (101) de radio exterior constante y dos tramos adyacentes (102, 103), cada uno de ellos comprendiendo una pluralidad de tramos adyacentes (104), variando el radio exterior de cada uno de los tramos (104) según la siguiente curva:

$$c = b \cdot e^{\frac{\epsilon_{r2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25 \right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\epsilon_{r2} - 1)}}$$

y tal que el conductor exterior (10) comprende un tramo central de radio interior constante y dos tramos adyacentes, cada uno de ellos comprendiendo una pluralidad de tramos a su vez, de tal modo que el radio interior de cada una de la pluralidad de tramos de forma lineal.

11. Sistema coaxial según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el conductor interior (20) tiene un radio constante, tal que el anillo (100) comprende un tramo central (101) de radio exterior constante y dos tramos adyacentes (102, 103) cuyo radio exterior varía de forma lineal, y tal que el conductor exterior (10) comprende un tramo central de radio interior constante y dos tramos adyacentes cuyo radio interior varía según la siguiente curva:

$$c = b \cdot e^{\frac{\epsilon_{r2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25 \right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\epsilon_{r2} - 1)}}$$

12. Sistema coaxial según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el conductor interior (20) tiene un radio constante, tal que el anillo (100) comprende un tramo central (101) de radio exterior constante y dos tramos adyacentes (102, 103), cada uno de ellos comprendiendo una pluralidad de tramos adyacentes (104), variando el radio exterior de cada uno de los tramos (104) de forma lineal, y tal que el conductor exterior (10) comprende un tramo central de radio interior constante y dos tramos adyacentes, cada uno de ellos comprendiendo una pluralidad de tramos a

su vez, de tal modo que el radio interior de cada una de la pluralidad de tramos varía según la siguiente curva:

$$c = b \cdot e^{\frac{\varepsilon_{r2} \left(36 \ln^2 \frac{a}{b} - 25 \right)}{36 \ln \frac{a}{b} (\varepsilon_{r2} - 1)}}$$

5

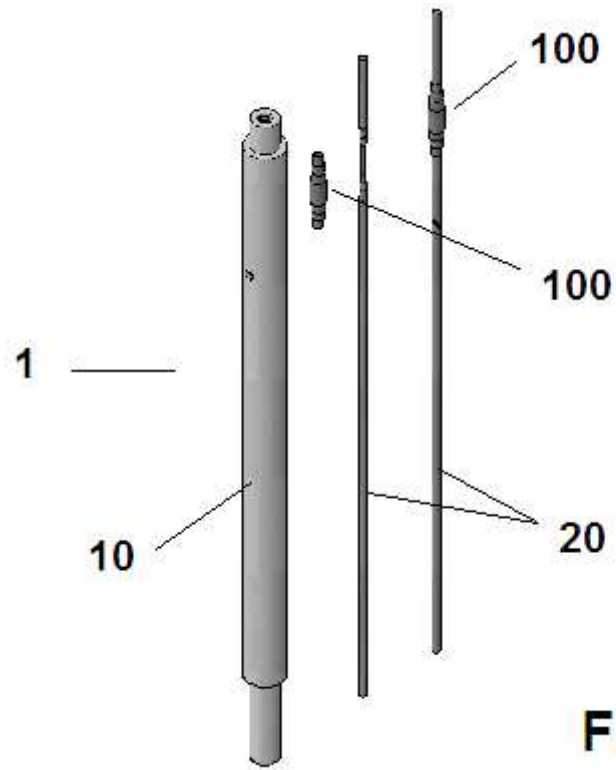


FIG. 1

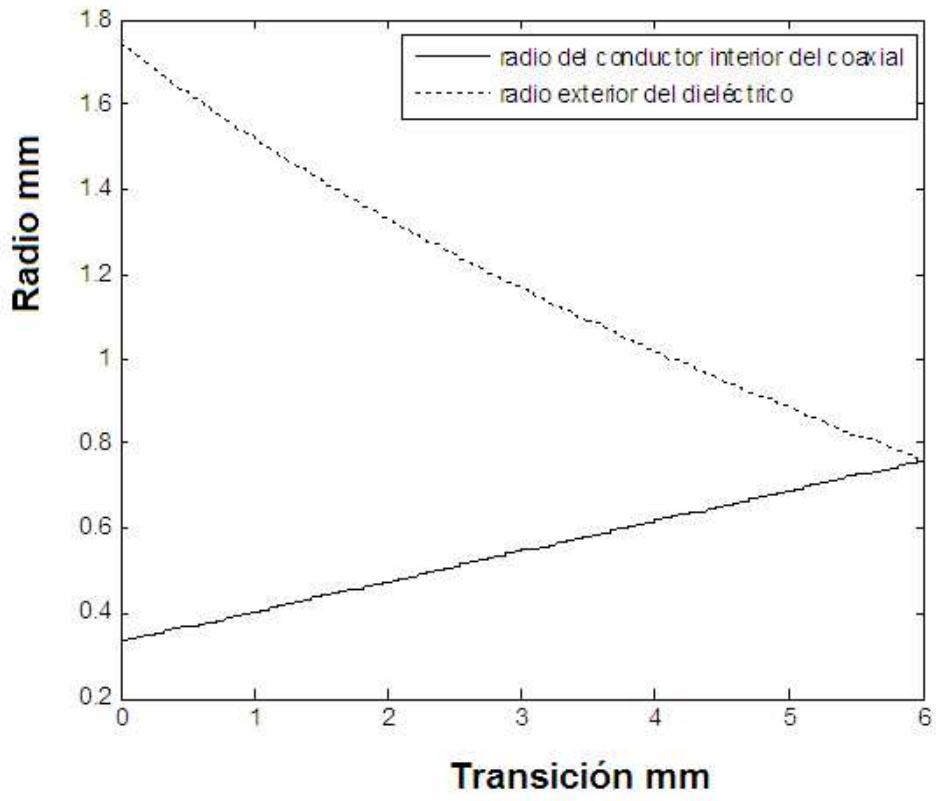


FIG. 2

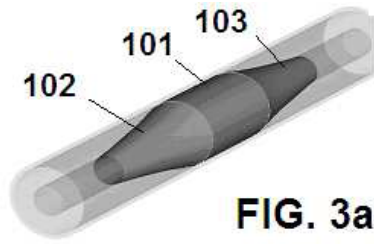


FIG. 3a

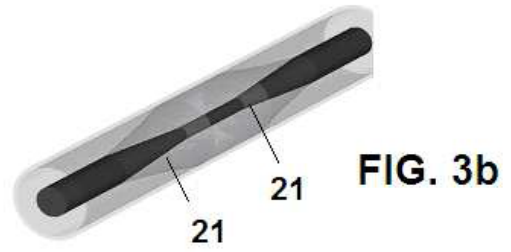


FIG. 3b

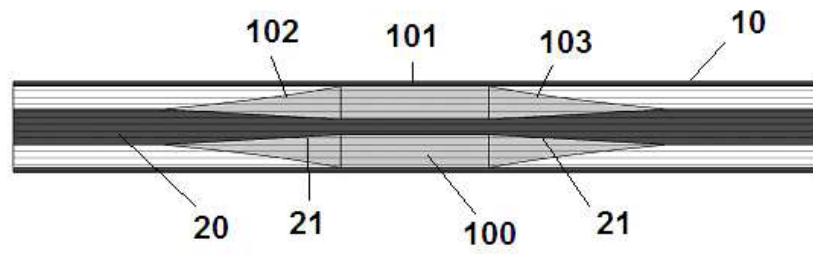


FIG. 3c

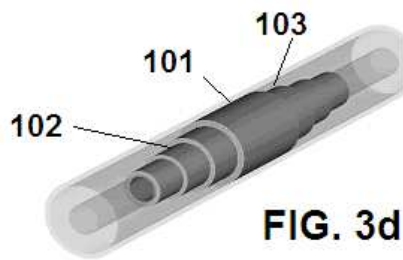


FIG. 3d

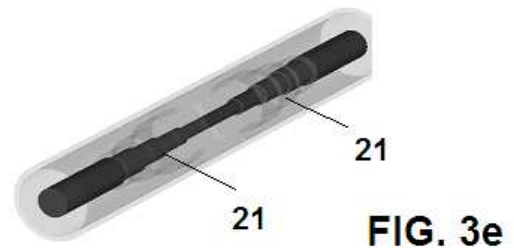


FIG. 3e

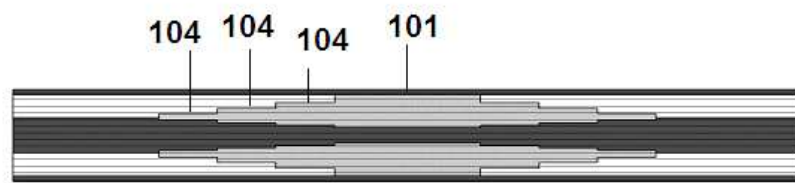


FIG. 3f

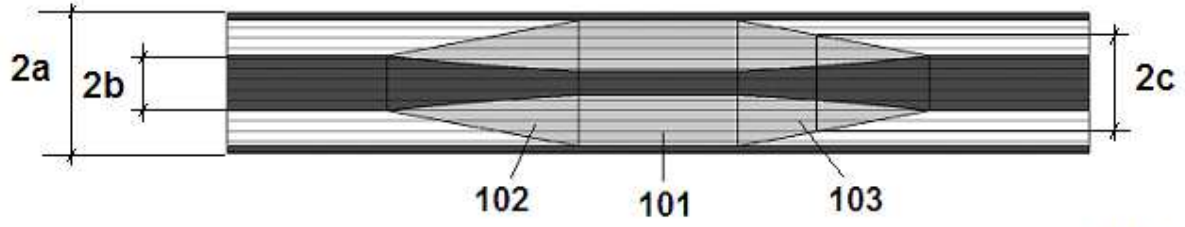


FIG. 4a

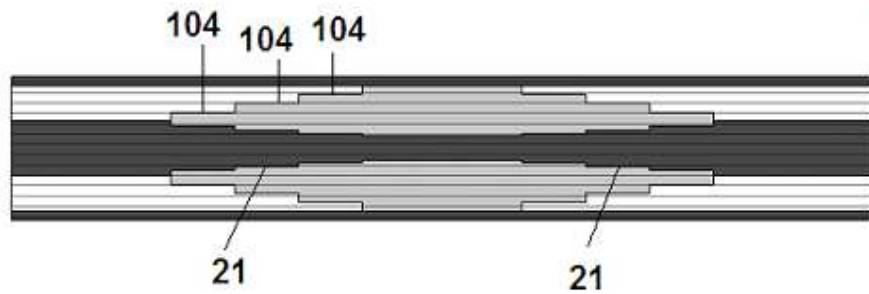


FIG. 4b

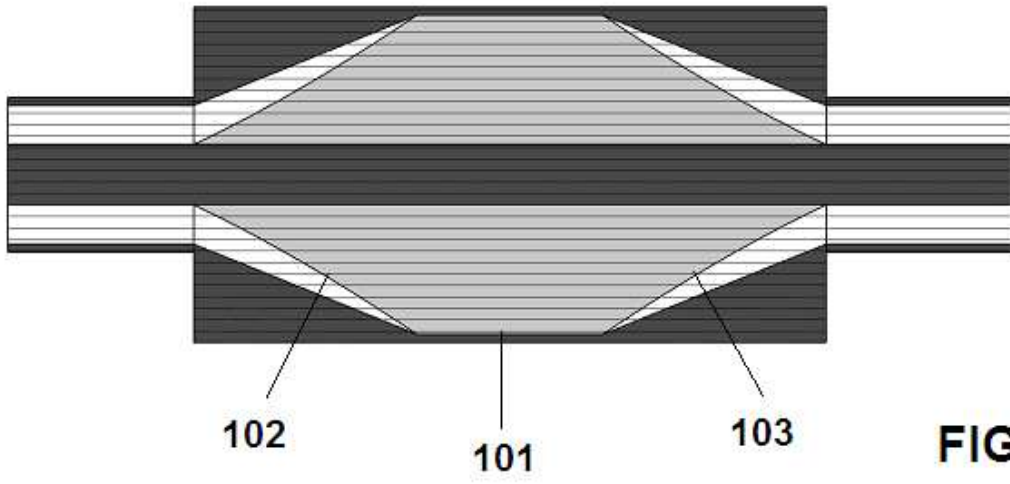


FIG. 5a

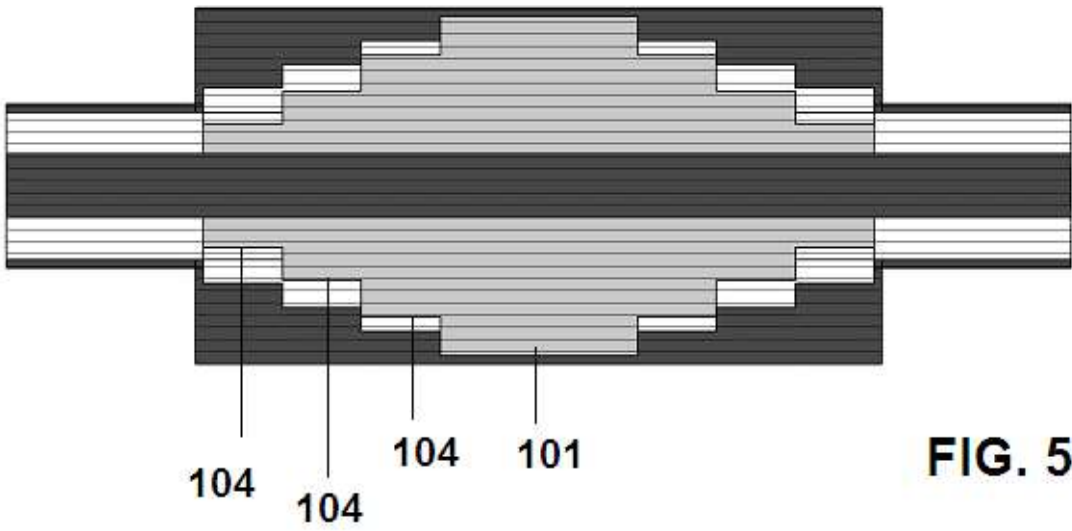


FIG. 5b

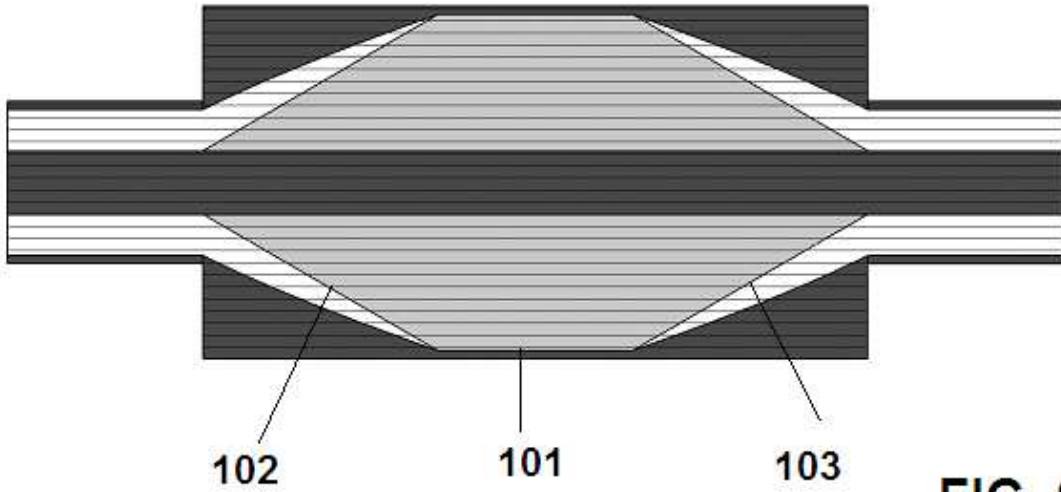


FIG. 6a

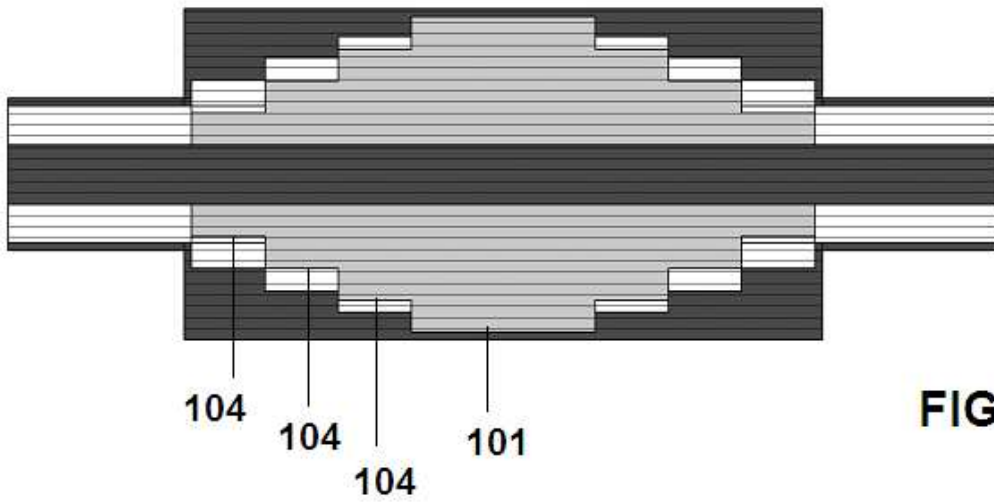


FIG. 6b

