

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 408 729**

51 Int. Cl.:

**C08J 9/00** (2006.01)

**C08J 9/35** (2006.01)

**H01B 3/00** (2006.01)

**H01L 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2007 E 07852296 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2013 EP 2229710**

54 Título: **Un material dieléctrico artificial y un procedimiento de fabricación del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.06.2013**

73 Titular/es:

**MATSING PTE. LTD. (100.0%)  
37 KALLANG PUDDING ROAD NR. 03-01 TONG  
LEE BUILDING BLOCK B  
SINGAPORE 349315, SG**

72 Inventor/es:

**MATITSINE, SERGUEI**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

ES 2 408 729 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**

Un material dieléctrico artificial y un procedimiento de fabricación del mismo

**5 CAMPO DE LA INVENCÓN**

**[0001]** La presente invención se refiere a un material dieléctrico artificial y a un procedimiento de fabricación del mismo.

**10 ANTECEDENTES**

**[0002]** El material dieléctrico artificial mezclado con fibras conductoras distribuidas al azar es una composición muy conocida.

**15 [0003]** Sin embargo, existen diversos problemas que afectan las pérdidas dieléctricas en material dieléctrico artificial convencional mezclado con fibras conductoras distribuidas al azar. La Figura 1 (Técnica anterior) ilustra fibras 102 conductoras distribuidas al azar en un material dieléctrico artificial convencional. Como se muestra en la Figura 1, la distribución de las fibras en el material no es uniforme, algunas partes del material consisten en fibras más conductoras que otras partes. Por tanto, después de la mezcla, algunas fibras conductoras hacen contacto entre sí para crear agrupaciones 104 conductoras. Cada agrupación puede consistir en un número diferente de fibras. El efecto global de las fibras y otras fibras o agrupaciones que tienen distancias diferentes y concentraciones no uniformes de fibras es un aumento en las pérdidas dieléctricas en el material.

**25 [0004]** En la compleja representación de la permitividad de un material dieléctrico,  $\epsilon''$  representa la parte imaginaria de la permitividad del material, que está relacionada con la tasa a la que la energía es absorbida por el material (convertida en energía térmica, etc.). Por tanto,  $\epsilon''$  es una medida de las pérdidas dieléctricas en un material dieléctrico. La respuesta de materiales dieléctricos a campos electromagnéticos externos depende generalmente de la frecuencia del campo. Con el fin de lograr pérdidas pequeñas (es decir, pequeña  $\epsilon''$ ) a una frecuencia requerida para material dieléctrico mezclado con fibras conductoras es necesario que la longitud de las fibras en el material dieléctrico sea mucho más pequeña en comparación con la longitud de onda a la frecuencia requerida.

**30 [0005]** La creación de agrupaciones afecta la uniformidad, anisotropía y aumenta las pérdidas dieléctricas del material aumentando la anchura de resonancia de  $\epsilon''$ . Cuando las fibras hacen contacto entre sí, es equivalente a aumentar la longitud de las fibras. Este aumento en la longitud conduce indeseablemente al desplazamiento de las pérdidas de resonancia a un amplio intervalo de frecuencia, en particular, el menor intervalo de frecuencia. Además, con fibras y agrupaciones que tienen diferentes distancias, la anchura de la frecuencia de pérdidas de resonancia aumenta adicionalmente. Todos estos problemas también conducen a la amplificación de pérdidas dieléctricas en una amplia banda de frecuencia, en particular, el menor intervalo de frecuencia, y pueden afectar la fabricación de materiales dieléctricos para dispositivos tales como lentes dieléctricas, antenas dieléctricas, etc.

**35 [0006]** Convencionalmente, los materiales dieléctricos de baja pérdida, por ejemplo, bloques sólidos de poliestireno, polietileno, o similares, son relativamente pesados en peso en uso. Para algunas aplicaciones de materiales dieléctricos, tales como antenas dieléctricas, ser pesado se considera una característica no deseable.

**40 [0007]** El documento WO 2005/002841 A1 se refiere a un material dieléctrico compuesto que comprende un cerámico y/o metal que tiene una forma con una alta relación de aspecto que es transportado por una estructura que contiene gas. Este material es útil para aplicaciones ópticas de alta frecuencia.

**RESUMEN**

**50 [0008]** Es un objeto de la invención proporcionar un material dieléctrico artificial que trate al menos uno de los problemas anteriormente mencionados, y un procedimiento para fabricar un material dieléctrico artificial.

**55 [0009]** Este objeto se logra por un material dieléctrico artificial según la reivindicación 1, y un procedimiento según la reivindicación 12.

**[0010]** Según un aspecto de la presente invención se proporciona un material dieléctrico artificial que comprende: una pluralidad de partículas adheridas juntas, comprendiendo la pluralidad de partículas un material dieléctrico; y al menos una fibra conductora incorporada en cada partícula de la pluralidad de partículas, en el que cada partícula de la pluralidad de partículas comprende una matriz de fibras conductoras.

**[0011]** La pluralidad de partículas pueden adherirse juntas usando un adhesivo de caucho o un adhesivo que comprende un material de un grupo que consiste en: poliuretano; y epoxi.

**65 [0012]** La pluralidad de partículas puede estar distribuida al azar en el material dieléctrico artificial.

- 5
- [0013] El material dieléctrico puede tener una densidad en el intervalo de 0,005 a 0,1 g/cm<sup>3</sup>.
- [0014] El material dieléctrico puede ser un polímero de espuma.
- [0015] El polímero de espuma puede prepararse a partir de un material de un grupo que consiste en: polietileno; poliestireno; politetrafluoroetileno (PTFE); polipropileno; poliuretano; y silicona.
- 10
- [0016] La medición de extremo a extremo promedio de cada partícula de la pluralidad de partículas puede estar en el intervalo de 0,5 a 5 mm.
- [0017] Cada partícula de la pluralidad de partículas puede tener sustancialmente forma de cubo.
- [0018] Cada fibra conductora puede tener sustancialmente forma de aguja.
- 15
- [0019] La fibra conductora puede tener una longitud en el intervalo de 0,5 a 5 mm y un diámetro en el intervalo de 0,005 mm a 1 mm.
- [0020] La al menos una fibra conductora puede fabricarse de un material de un grupo que consiste en: cobre; aluminio; níquel; plata; y oro.
- 20
- [0021] Cada partícula de la pluralidad de partículas puede comprender al menos dos fibras conductoras dispuestas en una matriz.
- [0022] Las al menos dos fibras conductoras pueden estar dispuestas paralelas entre sí.
- 25
- [0023] La matriz puede comprender 1 a 10 filas.
- [0024] La matriz puede comprender 1 a 10 columnas.
- 30
- [0025] Las al menos dos fibras conductoras pueden estar orientadas de forma que las fibras conductoras en una fila sean paralelas a las fibras conductoras en otra fila.
- [0026] Las al menos dos fibras conductoras pueden estar orientadas de forma que las fibras conductoras en una fila estén transversalmente dispuestas con respecto a las fibras conductoras en otra fila.
- 35
- [0027] Las al menos dos fibras conductoras pueden estar orientadas de forma que las fibras conductoras en una columna sean paralelas a las fibras conductoras en otra columna.
- [0028] Las al menos dos fibras conductoras pueden estar orientadas de forma que las fibras conductoras en una columna estén transversalmente dispuestas con respecto a las fibras conductoras en otra columna.
- 40
- [0029] Las al menos dos fibras conductoras pueden estar uniformemente separadas.
- [0030] Las al menos dos fibras conductoras pueden estar separadas al azar.
- 45
- [0031] Pueden usarse diferentes materiales dieléctricos para diferentes partículas en el material dieléctrico artificial.
- [0032] Pueden usarse diferentes materiales para las fibras conductoras en una primera partícula y las fibras conductoras en una segunda partícula en el material dieléctrico artificial.
- 50
- [0033] Según otro aspecto de la presente invención se proporciona un procedimiento de fabricación de un material dieléctrico artificial, comprendiendo el procedimiento: incorporar al menos una fibra conductora en cada partícula de una pluralidad de partículas, comprendiendo la pluralidad de partículas un material dieléctrico; y adherir juntas la pluralidad de partículas para formar el material dieléctrico artificial caracterizado porque una matriz de fibras conductoras están incorporadas en cada partícula de la pluralidad de partículas.
- 55
- [0034] La etapa de incorporar al menos una fibra conductora en cada partícula de la pluralidad de partículas puede comprender apilar una o más filas de fibras conductoras en disposición paralela y dos o más hojas del material dieléctrico de forma que cada fila de fibras conductoras en disposición paralela esté dispuesta entre al menos dos hojas del material dieléctrico.
- 60
- [0035] El procedimiento puede comprender además cortar las filas apiladas de fibras conductoras y hojas del material dieléctrico para producir la pluralidad de partículas.
- 65

[0036] El procedimiento puede comprender además mezclar la pluralidad de partículas de manera que las partículas se distribuyan al azar en el material dieléctrico artificial formado.

## 5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0037] Las realizaciones de la invención se entenderán mejor y serán fácilmente evidentes para un experto en la materia a partir de la siguiente descripción descrita, a modo de ejemplo sólo y conjuntamente con los dibujos, en los que:

10 La Figura 1 (Técnica anterior) ilustra fibras conductoras distribuidas al azar en un material dieléctrico artificial convencional.

15 La Figura 2 ilustra la orientación al azar de una multitud de partículas en un material dieléctrico artificial según una realización de ejemplo.

20 La Figura 3 ilustra resultados de mediciones del coeficiente de transmisión frente a frecuencia para una guía de onda vacía, una guía de onda llena del material dieléctrico artificial de la realización de ejemplo ilustrada en la Figura 2 y una guía de onda llena de un material dieléctrico artificial convencional.

25 La Figura 4 muestra una partícula en un material dieléctrico artificial según una realización de ejemplo.

La Figura 5 muestra una partícula en un material dieléctrico artificial según una realización de ejemplo alternativa.

30 La Figura 6 muestra una partícula en un material dieléctrico artificial según otra realización de ejemplo alternativa.

La Figura 7 muestra la dependencia de la frecuencia de la permitividad eléctrica de un material dieléctrico artificial compuesto de la partícula ilustrada en la Figura 6.

35 La Figura 8 muestra una partícula en un material dieléctrico artificial según otra realización de ejemplo alternativa.

La Figura 9 muestra la dependencia de la frecuencia de la permitividad eléctrica de un material dieléctrico artificial compuesto de la partícula ilustrada en la Figura 8.

40 La Figura 10 muestra las etapas que participan en el procedimiento de fabricación de un material dieléctrico artificial según una realización de ejemplo.

La Figura 11 muestra las etapas que participan en el procedimiento de fabricación de un material dieléctrico artificial según otra realización de ejemplo.

## 40 DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0038] Un material dieléctrico artificial según las realizaciones de ejemplo de la presente invención es de peso ligero, independientemente de su constante dieléctrica, y tiene bajas pérdidas dieléctricas.

45 [0039] El material dieléctrico artificial de las realizaciones de ejemplo puede fabricarse a partir de una pluralidad de partículas distribuidas al azar adheridas juntas. La pluralidad de partículas distribuidas al azar se hace de un material dieléctrico de peso ligero. El intervalo de densidades del material dieléctrico de peso ligero puede ser 0,005 a 0,1 g/cm<sup>3</sup>.

50 [0040] Al menos una fibra conductora similar a aguja se incorpora dentro de cada partícula. Si hay al menos dos fibras conductoras incorporadas dentro de cada partícula, las al menos dos fibras conductoras están en una disposición similar a matriz, es decir, que tienen una o más filas que incluyen las fibras conductoras. Todas las fibras conductoras incorporadas dentro de cada partícula no están en contacto entre sí.

55 [0041] En las realizaciones de ejemplo, cada partícula se representa como un cubo. Sin embargo, se aprecia que la forma puede variar en la implementación actual.

60 [0042] Ventajosamente, la distribución de las fibras conductoras es uniforme, ya que cada partícula que constituye el material dieléctrico artificial de cada realización de ejemplo es sustancialmente idéntica, es decir, incluyen el mismo número de fibra(s) conductora(s). Además, como cada partícula incorpora las fibras conductoras en una disposición similar a matriz sin permitir ningún contacto entre las fibras conductoras, se previene que se produzcan agrupaciones conductoras. Esto produce ventajosamente la reducción de pérdidas dieléctricas. La disposición similar a matriz puede ser una matriz de 1, 2 ó 3 dimensiones.

65

**[0043]** En las realizaciones de ejemplo, las fibras conductoras en disposición similar a matriz en una partícula están orientadas al azar con respecto a las fibras conductoras en disposición similar a matriz en otra partícula.

**[0044]** Se aprecia que las fibras conductoras pueden estar completamente incorporadas dentro de cada partícula para prevenir que puntas expuestas de fibras conductoras en una partícula se pongan en contacto con puntas expuestas de fibras conductoras dentro de otras partículas. Sin embargo, también es aceptable incluso si las puntas se exponen. Aunque es posible tener contacto punta a punta en este caso, la probabilidad de tal contacto todavía es significativamente más pequeña que el contacto de fibras mezcladas al azar para formar agrupaciones en los procedimientos de fabricación convencional de materiales dieléctricos artificiales como se ha descrito previamente.

**[0045]** La Figura 2 ilustra un material 200 dieléctrico artificial según una realización de ejemplo. La pluralidad de partículas 202 idénticas en el material 200 dieléctrico artificial están orientadas al azar. Hay 4 fibras 204 conductoras incorporadas en cada partícula 202 en el material 200 dieléctrico artificial. La disposición de matriz de las 4 fibras conductoras 204 es dos por dos, es decir, 2 filas y 2 columnas de 4 fibras conductoras uniformemente separadas en disposición paralela entre sí. En la realización, la longitud de cada fibra puede ser aproximadamente 1,5 mm y el tamaño de cada partícula es aproximadamente 1,5 x 1,5 x 1,5 mm. Las partículas pueden prepararse de una espuma polietileno de baja densidad.

**[0046]** La Figura 3 ilustra resultados empíricos de mediciones del coeficiente 302 de transmisión frente a la frecuencia 304 para, en primer lugar, una guía de onda rectangular hueca con un tamaño de anchura, 10 mm, espesor, 23 mm, y una longitud de 400 mm (curva 1, 310), en segundo lugar, la misma guía de onda llena del material 200 dieléctrico artificial (Figura 2) (curva 2, 306) y, en tercer lugar, la misma guía de onda llena de un material dieléctrico que tiene fibras conductoras mezcladas al azar (curva 3, 308).

**[0047]** El material dieléctrico usado para generar la curva 3, 308 tiene el mismo número, tipo y longitud de fibras conductoras y el mismo volumen de espuma de polietileno de baja densidad que el material 200 dieléctrico artificial. La diferencia está en el procedimiento de fabricación. El material dieléctrico usado para generar la curva 3, 308 se fabrica mezclando al azar las fibras conductoras con espuma polietileno de baja densidad, como se hace convencionalmente. Por otra parte, el procedimiento usado para fabricar el material 200 dieléctrico artificial garantiza que cada partícula sólo consiste en el mismo número de fibras conductoras en una disposición similar a matriz de no contacto.

**[0048]** El valor del coeficiente de transmisión es una ilustración directa de las pérdidas dieléctricas en materiales. Los resultados en la Figura 3 muestran mejora significativa del rendimiento para la misma guía de onda llena del material 200 dieléctrico artificial (curva 2, 306) con respecto al rendimiento de la misma guía de onda llena de materiales dieléctricos que tienen fibras conductoras mezcladas al azar (curva 3, 308).

**[0049]** Observando la curva 2, 306 y la curva 3, 308 en la Figura 3 puede verse que la diferencia en los valores del coeficiente de transmisión entre las dos curvas aumenta con la frecuencia. Cuando se compara la curva 1, 310 y la curva 2, 306 puede verse que la curva 2, 306 tiene pequeñas pérdidas (es decir, inferiores a 0,5dB) hasta la frecuencia de 10 GHz (longitud de onda 30 mm). A diferencia, cuando se compara la curva 1, 310 y la curva 3, 308 las pérdidas hasta la frecuencia de 10 GHz son en promedio aproximadamente 5dB.

**[0050]** Las partículas en las realizaciones de ejemplo de la presente invención se preparan usando un material de baja densidad y de peso ligero. Por ejemplo, los polímeros de espuma hechos de polietileno, con una densidad típica de aproximadamente 0,01 a 0,02 g/cm<sup>3</sup>. Se aprecia que otros polímeros de espuma hechos de materiales, tales como poliestireno, politetrafluoroetileno (PTFE), polipropileno, poliuretano, silicona o similares, pueden usarse para preparar las partículas.

**[0051]** El tamaño de cada partícula en una realización de ejemplo puede fijarse a aproximadamente 1/20 de la longitud de onda de la frecuencia de operación seleccionada. Por tanto, a una frecuencia de operación de 10 GHz se usan partículas de aproximadamente el tamaño de 1,5 x 1,5 x 1,5 mm. Se aprecia que la medición de extremo a extremo promedio del tamaño de partícula, para cualquier forma que pueda tomar la partícula, puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,5 a 5 mm.

**[0052]** Se aprecia que la longitud de fibra puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,5 a 5 mm dependiendo de la frecuencia de operación, y el diámetro de cada fibra conductora puede oscilar de 0,005 a 1 mm. Para reducir adicionalmente el peso del material, fibras conductoras con diámetro más pequeño pueden usarse sometidas a la limitación de que la profundidad de la piel a la frecuencia de operación debe ser mucho más pequeña que el diámetro de la fibra.

**[0053]** Las fibras conductoras incorporadas en las partículas pueden prepararse a partir de materiales altamente conductores, por ejemplo, cobre, plata, oro, aluminio, níquel o similares.

**[0054]** Diferentes configuraciones de la disposición similar a matriz de las fibras conductoras en cada partícula pueden alcanzar diferentes constantes dieléctricas para el material. Para lograr mayores valores de la constante dieléctrica se aumenta el número de fibras en cada partícula. En cambio, para lograr menores valores de la constante dieléctrica se reduce el número de fibras en cada partícula.

**[0055]** En la disposición similar a matriz de la realización de ejemplo, cada fila de la matriz consiste en una fila de fibras conductoras dispuestas en paralelo entre sí. Cada fila puede incluir un número diferente de fibras que están separadas uniformemente o al azar. La distancia entre las fibras en filas adyacentes también puede estar separada uniformemente o al azar.

**[0056]** Las fibras en diferentes filas de la matriz puede estar orientadas de forma que las fibras en una fila estén dispuestas en paralelo o transversalmente (por ejemplo, dispuestas perpendicularmente) con respecto a las fibras en otra fila.

**[0057]** En otra realización, cada columna de la matriz puede incluir una columna de fibras conductoras dispuestas en paralelo entre sí. Cada columna puede incluir un número diferente de fibras que están separadas uniformemente o al azar. La distancia entre las fibras en columnas adyacentes también puede estar separada uniformemente o al azar.

**[0058]** Las fibras en diferentes columnas de la matriz pueden estar orientadas de forma que las fibras en una columna estén dispuestas en paralelo o transversalmente (por ejemplo, dispuestas perpendicularmente) con respecto a las fibras en otra columna.

**[0059]** Se aprecia que el número de fibras en cada fila y columna puede oscilar de 1 a 10 o más allá. En una realización, cada partícula puede tener una matriz 10 x 10 fibras conductoras que tienen 10 filas y 10 columnas.

**[0060]** Algunas configuraciones que ilustran la disposición similar a matriz de las fibras conductoras se describen en el presente documento con referencia a las Figuras 4 y 5.

**[0061]** La Figura 4 muestra una realización de una partícula 400 que incluye una matriz de una única fila de tres fibras 402 conductoras similares a aguja.

**[0062]** La Figura 5 muestra una partícula 500 que incluye cuatro filas de fibras 502, 504, 506 y 508. En este extremo, cada fila puede incluir dos fibras uniformemente separadas en una disposición paralela. La segunda fila 504 y la cuarta fila 508 están orientadas de forma que sus fibras conductoras sean sustancialmente perpendiculares a la primera fila 502 y la tercera fila 506.

**[0063]** Las propiedades y la dependencia de la frecuencia de las diferentes configuraciones de los materiales dieléctricos artificiales según las realizaciones de ejemplo se describen en el presente documento con referencia a las Figuras 6 a 9.

**[0064]** La Figura 6 ilustra una partícula que reside en una realización alternativa de la presente invención.

**[0065]** La partícula 600 tiene un tamaño de aproximadamente 1,5 x 1,5 x 1,5 mm y está hecha de un polietileno expandido de tipo espuma con una densidad de aproximadamente 20 kg/m<sup>3</sup>. El número de filas 602 es 1. El número de fibras 604 conductoras en cada fila es 2. La distancia entre fibras conductoras adyacentes es aproximadamente 1 mm. La longitud de cada fibra conductora es aproximadamente 1,5 mm y el diámetro de cada fibra conductora es aproximadamente 0,025 mm. El material usado para las fibras conductoras es cobre.

**[0066]** Un material dieléctrico artificial creado mezclando juntas al azar una pluralidad de partículas 600 tiene una densidad de aproximadamente 51 kg/m<sup>3</sup>. A una frecuencia de operación de aproximadamente 10 GHz, la parte real de la permitividad eléctrica del material,  $\epsilon'$ , es 1,25. La parte imaginaria de la permitividad dieléctrica,  $\epsilon''$ , (es decir, pérdidas dieléctricas) es inferior a 0,001.

**[0067]** La dependencia de la frecuencia de la permitividad eléctrica del material dieléctrico resultante compuesto de la partícula 600 en la Figura 6 se ilustra en la Figura 7. La Figura 7 muestra una representación de permitividad 702 dieléctrica frente a la frecuencia (GHz) 704. Como puede observarse de la Figura 7, la parte real de la permitividad eléctrica es casi constante en la banda de frecuencia 2-18 GHz. La parte imaginaria de la permitividad dieléctrica  $\epsilon''$  tiene un pequeño valor de aproximadamente 0,001 a 10 GHz y es apenas visible en la figura.

**[0068]** La Figura 8 ilustra una partícula 800 que reside en otra realización alternativa de la presente invención.

**[0069]** La partícula 800 tiene un tamaño de aproximadamente 1,5 x 1,5 x 1,5 mm y esté hecha de un polietileno expandido de tipo espuma con una densidad de aproximadamente 20 kg/ m<sup>3</sup>. El número de filas 802 de la

matriz es 2. El número de fibras 804 conductoras en cada fila de la matriz es 4. La distancia entre fibras conductoras adyacentes es aproximadamente 0,3 mm. La longitud de cada fibra conductora es aproximadamente 1,5 mm y el diámetro de cada fibra conductora es aproximadamente 0,025 mm. El material usado para las fibras conductoras es cobre.

5 [0070] Un material dieléctrico artificial creado mezclando juntas al azar una multitud de partículas 800 tiene una densidad de aproximadamente 68 kg/m<sup>3</sup>. A una frecuencia de operación de 10 GHz, la parte real de la permitividad eléctrica del material,  $\epsilon'$ , es 1,46. La parte imaginaria de la permitividad dieléctrica,  $\epsilon''$ , (es decir, pérdidas dieléctricas) es inferior a 0,001.

10 [0071] La dependencia de la frecuencia de la permitividad eléctrica del material dieléctrico resultante compuesto de la partícula 800 en la Figura 8 se ilustra en la Figura 9. La Figura 9 muestra una representación de permitividad 902 dieléctrica frente a la frecuencia (GHz) 904. Como puede observarse de la Figura 9, la parte real de la permitividad eléctrica es casi constante en la banda de frecuencia 2-18 GHz. La parte imaginaria de la permitividad dieléctrica  $\epsilon''$  tiene un pequeño valor de aproximadamente 0,001 a 10 GHz y es apenas visible en la figura.

15 [0072] La Figura 10 es un diagrama 1000 de flujo que ilustra un procedimiento para fabricar un material dieléctrico artificial según una realización de ejemplo de la presente invención. En la etapa 1002, al menos una fibra conductora se incorpora en cada partícula de una pluralidad de partículas, en la que cada partícula comprende una matriz de fibras conductoras, en la que la pluralidad de partículas comprende un material dieléctrico. En la etapa 1004, la pluralidad de partículas se adhieren juntas para formar el material dieléctrico artificial.

20 [0073] En otra realización de ejemplo, el procedimiento de fabricación del material dieléctrico artificial implica las siguientes etapas, como se muestra en la Figura 11.

25 [0074] En la etapa 1102, alambre de cobre de longitud y diámetro similar en disposición paralela se incorporan entre hojas de polietileno expandido de tipo espuma. Cada fila de fibras conductoras en disposición paralela está dispuesta entre al menos dos hojas del polietileno expandido de tipo espuma. En primer lugar, una hoja de polietileno expandido de tipo espuma se coloca en posición para formar una capa base. A continuación, una fila de alambres de cobre en disposición paralela se coloca sobre y se adhiere a la parte superficial de la capa base. Después, otra hoja de polietileno expandido de tipo espuma se coloca sobre y se adhiere a los alambres de cobre expuestos de manera que cubra los alambres de cobre expuestos. Si se desea más de una fila de alambres de cobre, más filas de alambres de cobre y hojas de polietileno expandido de tipo espuma pueden apilarse los unos sobre los otros de un modo similar. En esta etapa, el usuario puede decidir qué material usar para los alambres y el material dieléctrico de peso ligero, el número de filas de alambres de cobre deseados y la orientación de cada fila de alambres de cobre. También puede ajustarse el espesor del material dieléctrico de peso ligero y la distancia entre los alambres de cobre paralelos.

30 [0075] Para lograr partículas como se describen en la Figura 5 se usan cinco hojas de polietileno expandido de tipo espuma para intercalar cuatro filas de alambres de cobre entremedias. Las hojas de polietileno expandido de tipo espuma y las filas de alambres se apilan en el modo descrito anteriormente. Filas adyacentes de las cuatro filas de alambres se dispondrían deliberadamente perpendicularmente entre sí.

35 [0076] Para lograr partículas como se describe en la Figura 8, tres hojas de polietileno expandido de tipo espuma se usan para intercalar dos filas de alambres de cobre entremedias. Filas adyacentes de las cuatro filas de alambres se dispondrían deliberadamente perpendicularmente entre sí.

40 [0077] Después de apilar las hojas en la etapa 1102 para alcanzar el diseño de partículas deseado, las hojas apiladas se cortan usando herramientas y maquinaria adecuada para producir las partículas en la etapa 1104.

[0078] En la etapa 1106, todas las partículas producidas en la etapa 1104 se mezclan al azar.

45 [0079] En la etapa 1108, las partículas mezcladas al azar en la etapa 1106 se recubren de un adhesivo y se deja que se sequen. La mezcla secada forma un material dieléctrico artificial sólido. El material dieléctrico artificial sólido puede cortarse o adherirse adicionalmente juntos para formar diversos tamaños para su uso en diferentes aplicaciones.

50 [0080] Ejemplos del tipo de adhesivo usado en el procedimiento son adhesivos de caucho o adhesivos que consisten en poliuretano, epoxi o similares, que tienen bajas pérdidas dieléctricas.

[0081] Dependiendo de la aplicación del material dieléctrico, se aprecia que diferentes materiales pueden usarse para diferentes partículas en el mismo material dieléctrico artificial según las realizaciones de ejemplo.

55 [0082] También se aprecia que diferentes materiales pueden usarse para las fibras conductoras en una

partícula y las fibras conductoras en otra partícula en el mismo material dieléctrico artificial según las realizaciones de ejemplo.

5 **[0083]** Ejemplos de algunas aplicaciones para el material dieléctrico artificial según las realizaciones de ejemplo son lentes de microondas y antenas dieléctricas.

**[0084]** Las presentes realizaciones van a considerarse en todos los aspectos por ser ilustrativas y no restrictivas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un material dieléctrico artificial que comprende:
- 5 una pluralidad de partículas (202) adheridas juntas, comprendiendo la pluralidad de partículas un material dieléctrico; y
- al menos una fibra conductora (204) incorporada en cada partícula de la pluralidad de partículas;
- 10 caracterizado porque cada partícula (202) de la pluralidad de partículas comprende una matriz de fibras conductoras (204).
2. El material dieléctrico artificial según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de partículas (202) se adhieren juntas usando un adhesivo de caucho o un adhesivo que comprende un material en un grupo que consiste en:
- 15 poliuretano; y epoxi.
3. El material dieléctrico artificial según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el material dieléctrico tiene una densidad en el intervalo de 0,005 a 0,1 g/cm<sup>3</sup>.
- 20 4. El material dieléctrico artificial según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material dieléctrico es un polímero de espuma.
5. El material dieléctrico artificial según la reivindicación 4, en el que el polímero de espuma está hecho de un material en un grupo que consiste en:
- 25 polietileno;  
poliestireno;  
politetrafluoroetileno (PTFE);  
polipropileno;
- 30 poliuretano; y  
silicona.
6. El material dieléctrico artificial según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una medición de extremo a extremo promedio de cada partícula (202) de la pluralidad de partículas está en el intervalo de 0,5 a 5 mm.
- 35 7. El material dieléctrico artificial según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fibra conductora (204) tiene una longitud en el intervalo de 0,5 a 5 mm y un diámetro en el intervalo de 0,005 mm a 1 mm.
- 40 8. El material dieléctrico artificial según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la al menos una fibra conductora (204) está hecha de un material en un grupo que consiste en:
- cobre;
- 45 aluminio;  
níquel;  
plata; y  
oro.
9. Un material dieléctrico artificial según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la matriz comprende 1 a 10 filas, o columnas, o ambas.
- 50 10. El material dieléctrico artificial según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que diferentes materiales dieléctricos se usan para diferentes partículas en el material dieléctrico artificial.
- 55 11. El material dieléctrico artificial según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que diferentes materiales se usan para las fibras conductoras en una primera partícula y las fibras conductoras en una segunda partícula en el material dieléctrico artificial.
- 60 12. Un procedimiento de fabricación de un material dieléctrico artificial, comprendiendo el procedimiento:
- incorporar al menos una fibra conductora (204) en cada partícula (202) de una pluralidad de partículas, comprendiendo la pluralidad de partículas un material dieléctrico; y
- 65 adherir juntas la pluralidad de partículas para formar el material dieléctrico artificial;

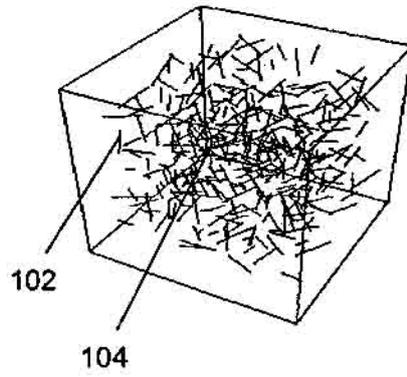
caracterizado porque una matriz de fibras conductoras (204) está incorporada en cada partícula (202) de la pluralidad de partículas.

5 13. El procedimiento según la reivindicación 12, en el que la etapa de incorporar al menos una fibra conductora (204) en cada partícula (204) de la pluralidad de partículas comprende:

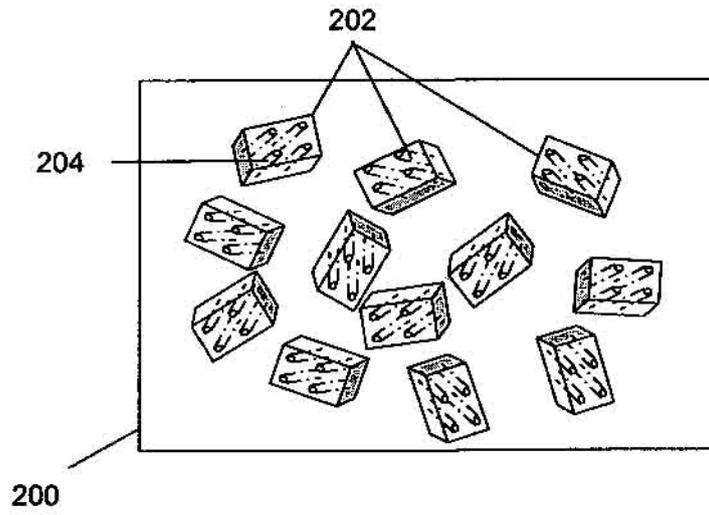
10 adherir una o más filas de fibras conductoras (204) en disposición paralela sobre una primera hoja del material dieléctrico y adherir una segunda hoja del material dieléctrico sobre las fibras conductoras expuestas (204) de forma que cada fila de fibras conductoras (204) en disposición paralela esté dispuesta entre al menos dos hojas del material dieléctrico.

14. El procedimiento según la reivindicación 13 que comprende además:

15 cortar las filas de fibras conductoras y hojas del material dieléctrico para producir la pluralidad de partículas (202).



**Figura 1 (Técnica anterior)**



**Figura 2**

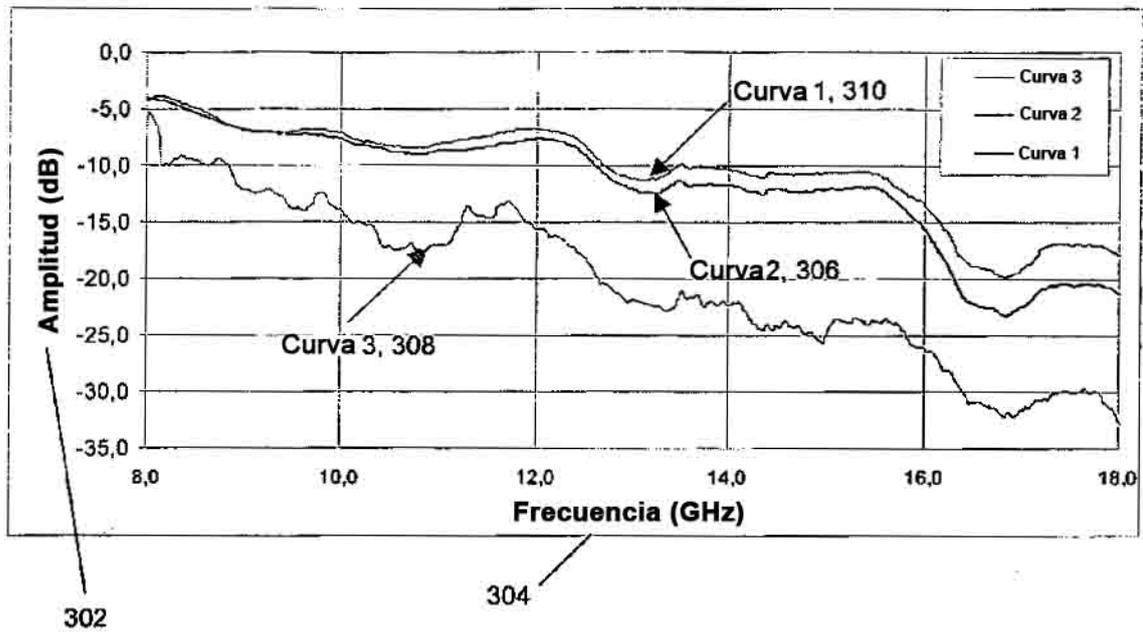
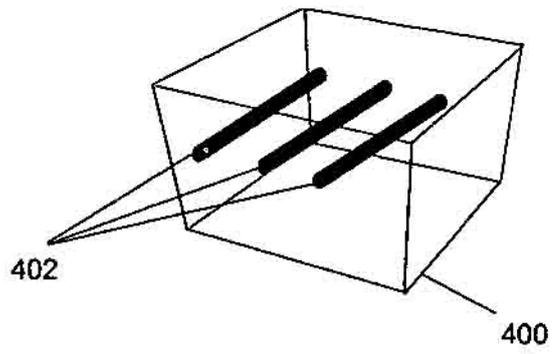
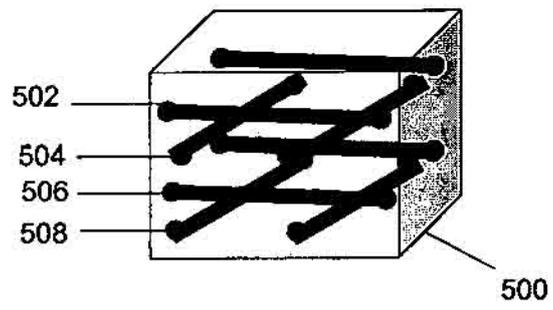


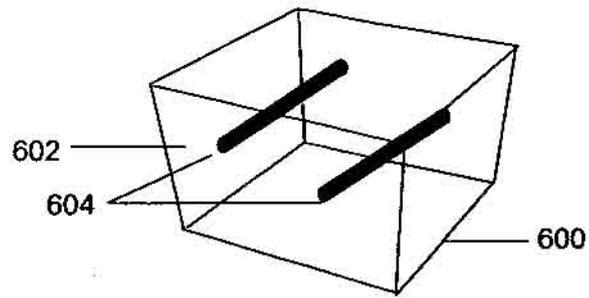
Figura 3



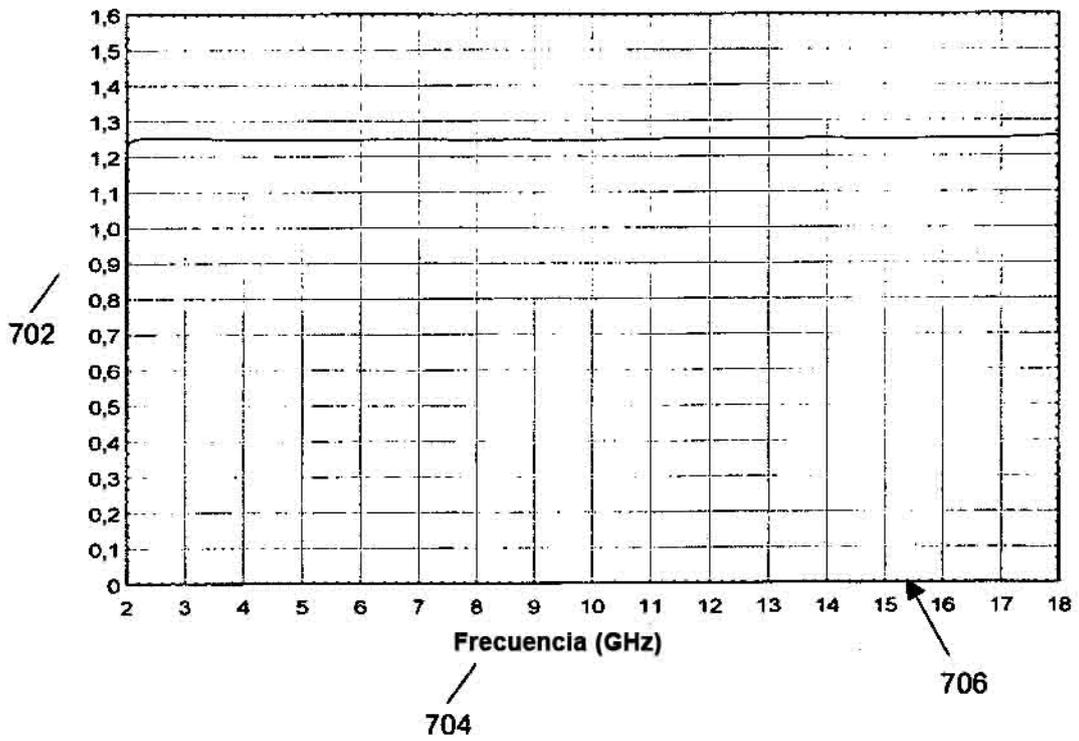
**Figura 4**



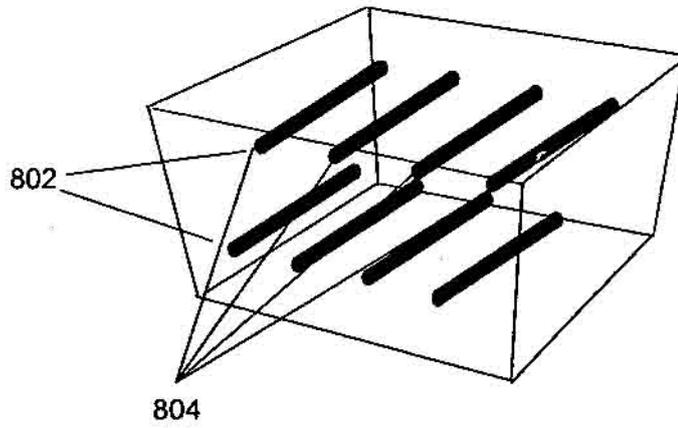
**Figura 5**



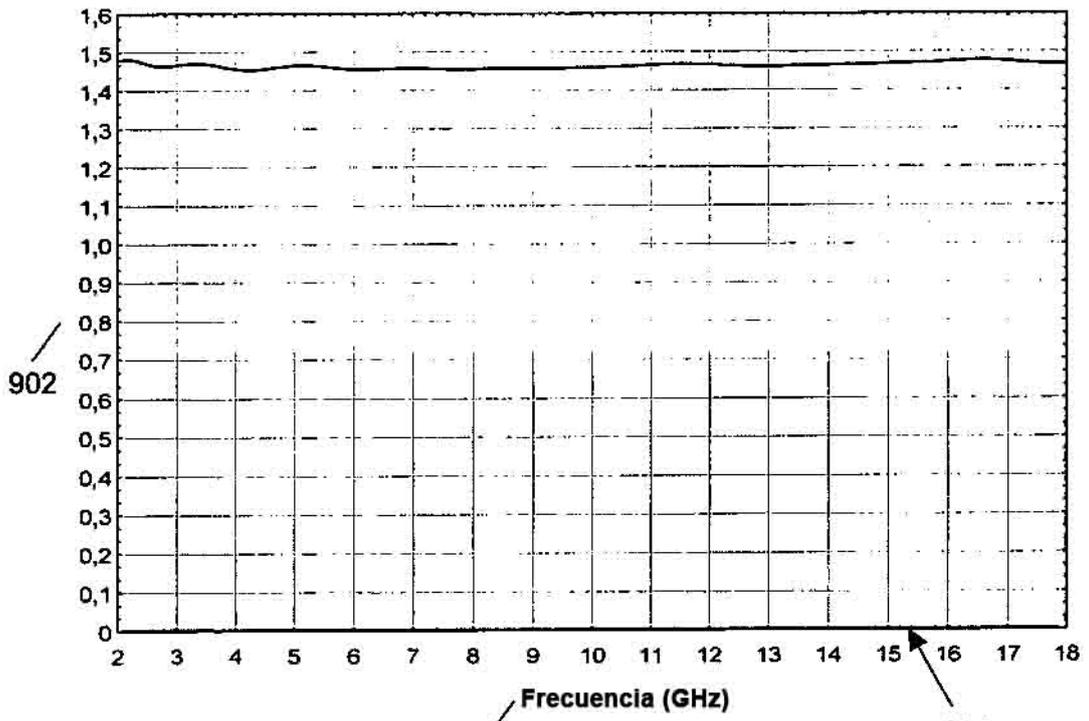
**Figura 6**



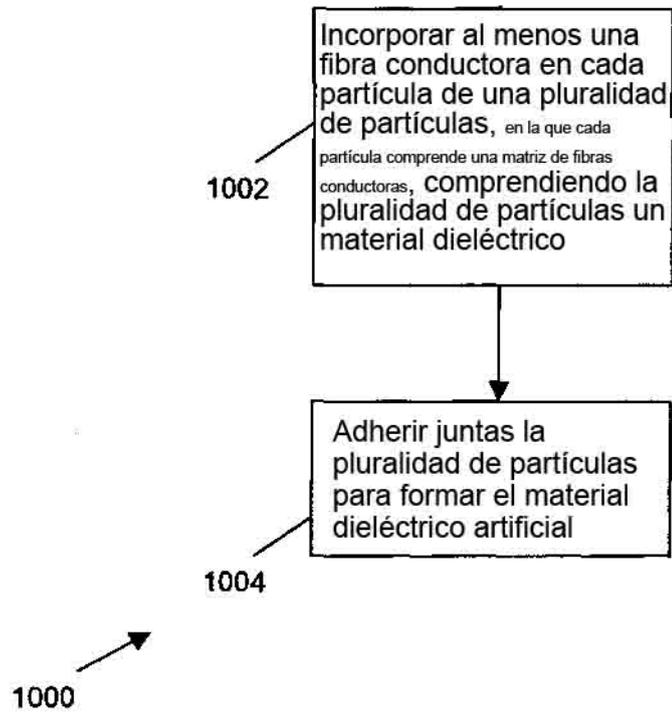
**Figura 7**



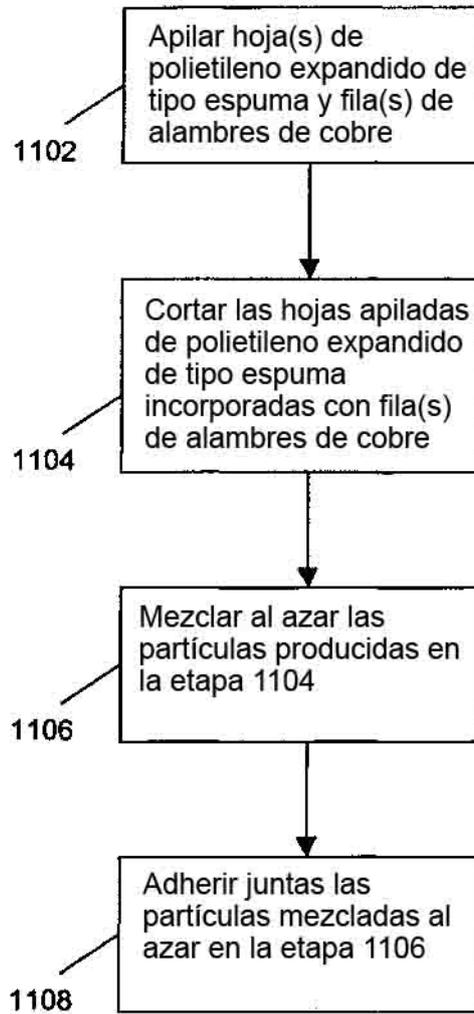
**Figura 8**



**Figura 9**



**Figura 10**



**Figura 11**