(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 790 654**

(51) Int. Cl.:

B32B 5/26 (2006.01)
B32B 5/28 (2006.01)
B32B 27/12 (2006.01)
B32B 27/32 (2006.01)
H01Q 1/42 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.12.2011** **PCT/EP2011/072735**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012** **WO12080317**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2011** **E 11799411 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020** **EP 2651634**

(54) Título: **Material para radomos y procedimiento para elaborar el mismo**

(30) Prioridad:

14.12.2010 EP 10194954

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.10.2020

(73) Titular/es:

DSM IP ASSETS B.V. (100.0%)
Het Overloon 1
6411 TE Heerlen, NL

(72) Inventor/es:

CORDOVA, DAVID;
OOSTERBOSCH VAN, EELCO;
THOMPSON, CHAE y
GRIFFIN, CHRIS

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 790 654 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

Material para radomos y procedimiento para elaborar el mismo

Campo de la invención

Esta invención se encuentra dentro del campo de materiales que tienen propiedades electromagnéticas notables, en particular dentro de una banda ancha de frecuencias. Esta invención se refiere a construcciones de radomo y en particular a construcciones de radomo de banda ancha.

Antecedentes de la invención

Las construcciones de radomo, o simplemente radomos, son estructuras muy electromagnéticamente transparentes usadas para cubrir y proteger antenas.

Las antenas y en particular las antenas grandes tales como instalaciones de radar, infraestructuras de telecomunicaciones inalámbricas y radiotelescopios a menudo necesitan un radomo o un estructura de cobertura de algún tipo para protegerlas de la intemperie, p. ej. la luz solar, el viento y la humedad. La presencia del radomo es particularmente preceptiva para antenas situadas en regiones en las que se producen a menudo vientos fuertes o tormentas, a fin de proteger las antenas del granizo y los impactos de proyectiles tales como residuos llevados por el viento.

Los diseños de los radomos de dirigen habitualmente a requisitos estructurales, incluyendo conformación aerodinámica, rigidez y resistencia a la intemperie, el choque, el impacto, las vibraciones y las biodegradaciones, así como transparencia electromagnética, p. ej. una reflexión y/o absorción mínima de energía electromagnética pasante, con el objetivo de minimizar una pérdida de energía electromagnética.

Los requisitos estructurales para los radomos se cumplen habitualmente al usar materiales compuestos que tienen propiedades mecánicas adecuadas cuando se construye un radomo y en particular una pared de radomo. Sin embargo, los materiales compuestos conocidos tienden a tener propiedades electromagnéticas inadecuadas, p. ej. una constante dieléctrica bastante alta y una pérdida dieléctrica bastante alta, especialmente a frecuencias altas y ultraaltas. También se apreciaba que los materiales compuestos conocidos pueden tener una transparencia electromagnética inadecuada y en particular una absorción electromagnética alta y/o ser muy reflectantes.

Un ejemplo de un radomo fabricado a partir de un material compuesto que tiene propiedades mecánicas adecuadas se divulga en un artículo de H.P.J. de Vries, es decir, "*Design, fabrication and testing of a Dyneema®/polyethylene radome for airborne remote sensing*", Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium, NLR, Ámsterdam, Países Bajos, 1 de enero de 1998, Ámsterdam, Países Bajos. Allí se divulga un radomo que comprende un material compuesto que contiene películas de polietileno de baja densidad (LDPE) y un apilamiento de telas hechas de fibras Dyneema®, teniendo el radomo una tangente de pérdida de 0,0002 (2e-4). Aunque no estaba claro a qué frecuencia electromagnética se medía la tangente de pérdida, los presentes inventores analizaron este radomo y determinaron que para frecuencias altas y ultraaltas, todavía se pueden mejorar las propiedades electromagnéticas y en particular su transparencia electromagnética.

Una divulgación adicional de radomos basados en materiales compuestos que contienen fibras de polietileno se da en "*Electrical properties of polyethylene fiber composites*" de Chia-Lun J. Hu y cols, 31st International SAMPE Symposium, 7-10 de abril de 1986. Allí, se presenta un radomo que comprende un material compuesto que contiene fibras de Spectra 900 y una matriz epoxídica y que tiene una tangente de pérdida medida a 10 MHz de aproximadamente 1e-4. Sin embargo, se observó que a frecuencias por encima de 1 GHz (1000 MHz), la transparencia electromagnética de este radomo es bastante pobre. Esto se muestra en *"Spectra® reinforced composite systems for high impact/microwave transparent radar domes*" de David S. Cordova y cols., 2nd International SAMPE Electronics Conference, 14-16 de junio de 1988, que investiga el comportamiento de estos materiales compuestos a frecuencias en la banda X. Se muestra allí que un radomo basado en fibras de Spectra® y matrices epoxídicas tiene una tangente de pérdida según se mide en la banda X de aproximadamente 0,0044 (4,4e-3).

Una investigación adicional sobre el comportamiento de radomos hechos de fibras de Spectra® embebidas en un radomo epoxídico a frecuencias en la banda W, es decir superior que la banda X, se da mediante un memorando técnico de la NASA (110344) titulado "*Complex Permittivities of Candidate Radome Materials at W-band*" de Robin L. Cravey, mayo de 1997. Allí, se muestra que este radomo tiene una tangente de pérdida según se mide en la banda W de aproximadamente 0,02 (2e-2).

También se pueden usar poliolefinas distintas de polietilenos en materiales compuestos adecuados para fabricar radomos de los mismos. Un ejemplo de un radomo hecho de polipropileno autorreforzado se da en el documento EP 1 1852 938, teniendo el radomo una tangente de pérdida según se mide a 10 GHz de aproximadamente 0,0015 (1,5

e-3). Sin embargo, habitualmente estos radomos tienen propiedades electromagnéticas más pobres que los que usan polietilenos.

Sin embargo, para mejorar las propiedades electromagnéticas de un radomo y en particular su transparencia electromagnética, varias soluciones fueron propuestas por diversos inventores. Un enfoque para minimizar en un material la reflexión de energía electromagnética pasante y así minimizar la pérdida de energía electromagnética, también denominada pérdida de señal electromagnética o simplemente pérdida de señal, es elegir un cierto grosor de material, o, en el caso de un radomo, un cierto grosor de la pared del radomo. Típicamente, dicho grosor se ajusta teniendo en cuenta debidamente las propiedades electromagnéticas del material así como las características de una señal electromagnética que interactúe con el mismo, p. ej. el número de haces energéticos o de señal, las velocidades de conmutación, los ángulos de incidencia, dicha longitud de onda o frecuencia de señal. Una solución particularmente preferida es ajustar dicho grosor teniendo en cuenta debidamente la constante dieléctrica del material y la longitud de onda de la señal, de modo que las ondas reflejadas desde una superficie frontal de dicho material y desde una superficie posterior del material se cancelen entre sí mediante interferencia destructiva.

Otro enfoque para minimizar en un material la reflexión de energía electromagnética pasante, es interponer sobre la superficie del material una capa gruesa de un cuarto de longitud de onda que tenga un índice de refracción intermedio al del aire y del material. Otro enfoque más, para minimizar en un material la reflexión de energía electromagnética pasante, es al usar un material compuesto que contenga un material plástico espumado.

Diversos materiales compuestos y radomos con paredes de radomo que los contienen y diseñados usando al menos uno de los enfoques mencionados anteriormente en la presente se han de encontrar en los documentos US 4 980 696, GB 846 868, US 4 590 027, US 4 783 666 y US 5 059 972. Sin embargo, los materiales compuestos usados en la presente para construir las paredes del radomo, aunque estén diseñados cuidadosamente para minimizar la reflexión de energía electromagnética pasante, funcionan óptimamente solo para una energía electromagnética a una longitud de onda coincidente. Por otra parte, la pérdida de energía permitida a través de la pared del radomo limita su grosor máximo a paredes de radomo relativamente delgadas, lo que a su vez influye negativamente en sus propiedades estructurales. En particular, se observaba que las paredes del radomo delgadas pueden tener una integridad estructural insuficiente en particular para radomos de gran tamaño, especialmente los utilizados junto con antenas que funcionan a altas frecuencias en el intervalo de frecuencias de microondas, es decir por encima de 1 GHz.

Para minimizar la absorción de energía electromagnética en un material y en el caso de radomos en sus paredes, se usaron materiales de baja constante dieléctrica para la construcción de las paredes del radomo. Sin embargo, debido al hecho de que los materiales de baja constante dieléctrica a menudo no cumplen los requisitos estructurales, se usan junto con los mismos materiales de constante dieléctrica superior con mejores propiedades mecánicas. Se desarrollaron materiales de múltiples capas y paredes de radomos que los contenían para compensar las susodichas desventajas, encontrándose ejemplos en los documentos US 4 613 350, US 4 725 475, US 4 677 443, US 4 358 772, US 3 780 374, US 5 408 244 y US 7 151 504.

Sin embargo, diseñar materiales que tengan una combinación óptima de propiedades electromagnéticas y mecánicas es difícil y especialmente ineficaz para frecuencias por encima de 10 GHz puesto que estos materiales pueden mostrar una pérdida de señal electromagnética bastante grande.

Numerosos intentos de diseño para obtener materiales que tengan una transparencia electromagnética superior y radomos que los contengan se encuentran en los documentos US 7 151 504, US 2004/0219850, US 2006/0255948, US 2007/0039683, US 2007/0292674, US 2008/0187734, US 2008/0188153, US 2008/0252552, US 2009/0148681, US 2009/0167628 y US 2009/0207095. La mayoría de estos materiales cumple habitualmente los requisitos estructurales para diversas aplicaciones en radomos y tienen propiedades electromagnéticas bastante buenas para una longitud de onda coincidente de la señal electromagnética que interactúe con los mismos. Algunos materiales también se pueden usar adecuadamente para construir radomos de banda ancha, es decir radomos utilizados junto con antenas de banda ancha. Por ejemplo, varios materiales de banda ancha para radomos de banda ancha se presentan en el documento US 2008/0187734, que alcanzaban a una frecuencia coincidente de 100 MHz una constante dieléctrica mínima de aproximadamente 3,05 y una pérdida dieléctrica mínima de aproximadamente 0,0015 ($1,5 \times 10^{-3}$) radianes. Sin embargo, los materiales de banda ancha conocidos son eficaces típicamente a frecuencias inferiores a frecuencias de microondas y habitualmente dichos materiales presentan una gran pérdida dieléctrica a frecuencias de microondas.

Aunque los materiales conocidos se han encontrado algo adecuados para construir radomos para antenas que funcionen a frecuencias de hasta 100 GHz, se ha encontrado que la pérdida de señal electromagnética en las paredes del radomo es bastante grande. En particular, se están desarrollando actualmente muchas aplicaciones que requieren una sensibilidad mayor que hasta ahora. Se debe identificar que a altas frecuencias en el intervalo de 1 GHz y por encima, y en particular a frecuencias ultrabajas en el intervalo de 50 GHz y por encima, diseñar materiales que tengan propiedades electromagnéticas eficaces es extremadamente retador. A modo de ejemplo, muy pocos materiales tienen propiedades electromagnéticas, p. ej. una constante dieléctrica y/o una pérdida dieléctrica, que permitan la fabricación de un radomo eficaz para antenas que funcionen a frecuencias superiores a 50 GHz e incluso superiores

a 70 GHz. Cuando se usan materiales conocidos en un radomo para una antena de frecuencia ultraalta, se observó que la antena tenía un corto intervalo de funcionamiento y su potencia se tenía que incrementar drásticamente para compensar cualquier pérdida de señal. Incrementar la potencia de la antena puede reducir a su vez la vida útil de funcionamiento de la antena y también incrementa el coste de funcionamiento debido al alto consumo de electricidad.

Frente a las desventajas anteriores, un objetivo de la invención puede ser así proporcionar un material que permita la fabricación de un radomo de banda ancha eficaz, es decir un radomo que muestre una buena transparencia electromagnética a lo largo de un ancho de banda grande y en particular en el ancho de banda de microondas, p. ej. para frecuencias de hasta 140 GHz y más en particular para frecuencias entre 1 GHz y 130 GHz.

Otro objetivo de la invención puede ser proporcionar un material que permita la fabricación de un radomo de banda ancha eficaz, teniendo dicho material una pérdida dieléctrica reducida a lo largo de un ancho de banda grande y en particular para frecuencias entre 1 GHz y 130 GHz. La pérdida dieléctrica también se denomina en la presente tangente de pérdida y se expresa en radianes.

Otro objetivo de la invención puede ser proporcionar un material que permita la fabricación de un radomo de banda ancha eficaz, teniendo dicho material una pérdida dieléctrica reducida para ciertas frecuencias dentro de intervalo de frecuencia de entre 1 GHz y 130 GHz.

Otro objetivo de la invención puede ser proporcionar un material que permita la fabricación de un radomo de banda ancha eficaz, teniendo dicho material una variación reducida de la pérdida dieléctrica a lo largo de un ancho de banda grande y en particular para frecuencias entre 1 GHz y 130 GHz.

Otro objetivo de la invención puede ser proporcionar un material, que permita la fabricación de un radomo de banda ancha eficaz, teniendo dicho material excelentes propiedades mecánicas y/u ofreciendo una protección adecuada frente a los impactos.

Otro objetivo de la invención puede ser proporcionar un método para elaborar un material, siendo dicho material adecuado para la fabricación de un radomo de banda ancha eficaz.

Sumario de la invención

Estos y otros objetivos de la invención se pueden conseguir con un material que comprenda al menos un componente estratificado que contenga fibras de polietileno de peso molecular ultraalto que forman una tela, en donde el componente estratificado comprende al menos dos láminas y el material tiene una tangente de pérdida promedio de menos de 8 * 10'3 radianes según se mide a frecuencias de 1,8 GHz, 3,9 GHz, 10 GHz, 39,5 GHz y 72 GHz, siendo la tangente de pérdida promedio el valor de la tangente de pérdida que es un promedio de los valores para la tangente de pérdida obtenidos al medir la tangente de pérdida a cada una de dichas frecuencias, y en donde el componente estratificado comprende una superficie superior y una superficie inferior opuesta a la superficie superior, en donde al menos dicha superficie superior está revestida con un revestimiento polimérico.

Estas frecuencias particulares se eligieron basándose en la convicción de que las mayoría de las antenas conocidas funcionan al menos alrededor de una de estas frecuencias. Preferiblemente, la tangente de pérdida promedio es como mucho 6×10^{-3} radianes, más preferiblemente como mucho 3×10^{-3} radianes, aún más preferiblemente como mucho 8×10^{-4} radianes, aún más preferiblemente como mucho 4×10^{-4} radianes, aún más preferiblemente como mucho 2×10^{-4} radianes, lo más preferiblemente como mucho $1,3 \times 10^{-4}$ radianes.

Se determinó que los materiales de las realizaciones de la invención, o simplemente denominados en la presente los materiales de la invención, conservan sus buenas propiedades electromagnéticas a lo largo de un ancho de banda grande. También se observó que las propiedades electromagnéticas de los materiales de la invención y en particular su tangente de pérdida varían poco dentro del intervalo de frecuencia extremadamente amplio de 1 GHz a 130 GHz. Estos materiales con estas excepcionales propiedades electromagnéticas de banda ancha nunca se han fabricado hasta ahora según el conocimiento de los inventores.

En particular, se observó que las propiedades electromagnéticas de los materiales de la invención para frecuencias alrededor de las cuales funcionan la mayoría de las antenas conocidas también son excepcionales. En particular, para frecuencias extremadamente altas, p. ej. 72 GHz, los materiales de la invención superan ampliamente los materiales conocidos usados para fabricar radomos.

También se observó que los materiales de la invención se comportan singularmente a frecuencias ultraaltas, p. ej. 72 GHz, ya que los fenómenos de relajación electromagnéticas normales que se producen típicamente en los materiales conocidos se están produciendo en un grado menor en los materiales de la invención.

Se observó además que los materiales de la invención son ligeros y pueden tener excepcionales propiedades mecánicas y frente a los impactos, p. ej. integridad estructural; rigidez; resistencia a factores climáticos tales como vientos fuertes, impactos de vientos con residuos arrastrados; e incluso un comportamiento balístico excepcional.

Descripción detallada de la invención

Según la invención, los materiales de la invención comprenden un componente estratificado que contiene fibras poliméricas.

Por fibra se entiende en la presente un cuerpo alargado que tiene una longitud mucho mayor que sus dimensiones transversales, p. ej. un diámetro, una anchura y/o un grosor. El término fibra también incluye diversas realizaciones p. ej. un filamento, un ribete, una tira, una banda, una cinta, una película y similares. Una fibra también puede tener una sección transversal regular, p. ej. ovalada, circular, rectangular, cuadrada, de paralelogramo; o una sección transversal irregular, p. ej. lobulada, con conformación de C, con conformación de U. Las fibras pueden tener longitudes continuas, conocidas en la especialidad como filamentos, o longitudes discontinuas, conocidas en la especialidad como fibras cortadas. Las fibras cortadas se pueden obtener comúnmente al cortar o romper por estiramiento los filamentos. Un hilo, para los propósitos de la invención, es un cuerpo alargado que contiene muchas fibras.

En una realización especial de la presente invención, la fibra polimérica es una cinta polimérica, es decir la fibra tiene una conformación similar a una cinta. Se prefiere, sin embargo no es preceptivo, que las cintas usadas según la invención sean cintas no fibrosas, es decir cintas obtenidas con un procedimiento diferente de un procedimiento que comprenda una etapa de producción de fibras y una etapa de uso, p. ej. fusión, de las fibras para formar una cinta. Una cinta polimérica adecuada para los propósitos de la presente invención puede ser una cinta que tenga una relación de dimensiones transversal, es decir la relación de anchura a grosor, preferiblemente de al menos 5:1, más preferiblemente al menos 20:1, aún más preferiblemente al menos 100: 1 y todavía más preferiblemente al menos 1000:1. La anchura de la cinta polimérica está preferiblemente entre 1 mm y 600 mm, más preferiblemente entre 10 mm y 400 mm, aún más preferiblemente entre 30 mm y 300 mm, todavía más preferiblemente entre 50 mm y 200 mm y lo más preferiblemente entre 70 mm y 150 mm. La cinta polimérica tiene preferiblemente un grosor de entre 1 µm y 200 µm y más preferiblemente de entre 5 µm y 100 µm. Se observó que al usar cintas poliméricas, los materiales de la invención mostraban excelentes propiedades electromagnéticas pero también buenas propiedades mecánicas.

Preferiblemente, el componente estratificado comprende al menos una lámina, más preferiblemente el componente estratificado es un componente estratificado de múltiples capas que comprende una pluralidad de láminas. La lámina también se puede denominar capa o a veces monocapa. Preferiblemente, el componente estratificado comprende al menos dos láminas, mientras que se pueden conseguir buenas propiedades mecánicas cuando el componente estratificado comprende un número par de láminas. El número de láminas en el componente estratificado de múltiples capas puede ser determinado convencionalmente por un experto a la vista del peso, el grosor o la densidad aérea deseados del componente estratificado de múltiples capas.

Preferiblemente, la lámina contiene fibras poliméricas en donde las fibras poliméricas forman una tela, p. ej. una tela tejida, tricotada, fruncida, trenzada o no tejida o sus combinaciones. Telas preferidas son las telas tejidas, incluyendo ejemplos adecuados de las mismas, sin limitación, tejido normal, tejido acanalado, de Panamá y de estera y telas de tejido de sarga y similares. Las telas tricotadas pueden estar tricotadas en trama, p. ej. tela de punto Jersey simple o doble, o tricotadas en urdimbre. Ejemplos de telas no tejidas incluyen una tela de fieltro y una tela unidireccional, es decir un tela en la que una mayoría de fibras poliméricas, p. ej. al menos 80% en masa de todas las fibras de la tela, más preferiblemente todas las fibras de la tela, corren de un modo sustancialmente paralelo a lo largo de una dirección común. Ejemplos adicionales de telas tejidas, tricotadas o no tejidas así como sus métodos de fabricación se describen en "*Handbook of Technical Textiles*", ISBN 978-1-59124-651-0 en los capítulos 4, 5 y 6, incorporándose su divulgación en la presente como referencia. Una descripción y ejemplos de telas trenzadas se describen en el mismo manual en el Capítulo 11, más en particular en el párrafo 11.4.1, incorporándose su divulgación en la presente mediante referencia. Se pueden obtener buenos resultados en cuanto a propiedades electromagnéticas y mecánicas cuando el estratificado contiene una tela unidireccional o una tela tejida. Las telas más preferidas son las telas tejidas, en particular tejidos simples o de Panamá.

Según la invención, uno cualquiera de los materiales de la invención comprende un componente estratificado. Sin embargo, no se excluye que uno cualquiera de los materiales de la invención pueda contener una pluralidad de componentes estratificados. El número de los componentes estratificados puede ser determinado convencionalmente por un experto a la vista del peso, el grosor o la densidad aérea deseados de los materiales de la invención. Se pueden obtener buenas propiedades electromagnéticas cuando los materiales de la invención comprendan un solo, o en otras palabras un único, componente estratificado.

En una realización, uno cualquiera de los materiales de la invención comprende un componente estratificado que contiene al menos una lámina en donde la al menos una lámina comprende una sola cinta polimérica que tiene una longitud y una anchura aproximadamente iguales que la longitud y la anchura del componente estratificado. Posteriormente en la presente, para los propósitos de esta realización, esta cinta se denomina película. Las

dimensiones de anchura y longitud de la película polimérica dependen así de las dimensiones del componente estratificado, que a su vez dependen de cómo se estén usando los materiales de la invención. El experto puede determinar convencionalmente las dimensiones laterales de dicha película. Preferiblemente, dicha película es anisótropa. Por anisótropa se entiende en el contexto de la presente invención que se pueden definir dos direcciones mutuamente perpendiculares en el plano de la película para la que el módulo de elasticidad en una primera dirección es al menos 3 veces superior que el módulo de elasticidad en la dirección perpendicular a ella. Generalmente, la primera dirección de una película anisótropa también se denomina en la especialidad dirección de la máquina o dirección de estiramiento (dirección de orientación) que tiene las propiedades mecánicas más altas. Se pueden obtener resultados muy buenos cuando el componente estratificado contenga una pluralidad de láminas, conteniendo cada lámina la película polimérica, en donde dicha pluralidad de láminas están apiladas de modo que las direcciones de orientación, es decir las direcciones de la máquina, de la película polimérica en dos láminas adyacentes estén bajo un ángulo α preferiblemente de entre 45 y 135°, más preferiblemente entre 65 y 115° y lo más preferiblemente entre 80 y 100°. Un método para preparar estas películas anisótropas se divulga por ejemplo en el documento WO2010/066819, que se incorpora en la presente mediante referencia.

En una realización preferida adicional, uno cualquiera de los materiales de la invención comprende un componente estratificado que comprende al menos una lámina, comprendiendo dicha al menos una lámina una tela unidireccional de fibras poliméricas. Preferiblemente, las fibras poliméricas son cintas poliméricas. Preferiblemente, el componente estratificado comprende una pluralidad de láminas en las que preferiblemente la dirección de la fibra en una lámina está girada con respecto a la dirección de la fibra en una lámina adyacente. Cuando se usan cintas poliméricas para fabricar las láminas, las cintas de dichas láminas están alineadas unidireccionalmente y corren a lo largo de una dirección común con sus longitudes definiendo y estando contenidas por un solo plano. Puede existir un hueco entre dos cintas adyacentes, siendo dicho hueco preferiblemente como mucho 10%, más preferiblemente como mucho 5%, lo más preferiblemente como mucho 1% de la anchura de la más estrecha de dicha dos cintas adyacentes. Preferiblemente, las cintas alineadas unidireccionalmente que forman las láminas están en un relación contigua. En una realización, las cintas que forman la lámina están alineadas unidireccionalmente y dos cintas adyacentes están solapadas entre sí a lo largo de su longitud sobre parte de su superficie, siendo preferiblemente la parte solapada como mucho 50%, más preferiblemente como mucho 25%, lo más preferiblemente como mucho 10% de la anchura de la más estrecha de dichas cintas adyacentes solapadas.

En una realización más preferida, uno cualquiera de los materiales de la invención comprende un componente estratificado que comprende al menos una lámina, comprendiendo dicha al menos una lámina una tela tejida de fibras poliméricas. Preferiblemente, las fibras poliméricas son cintras poliméricas. Estructuras tejidas preferidas son tejidos simples, tejidos de Panamá, tejidos de satén y tejidos de pata de gallo. La estructura tejida más preferida es un tejido simple. Cuando se usen cintas poliméricas, preferiblemente el grosor de una lámina tejida está entre 1,5 veces y 3 veces el grosor de una cinta, más preferiblemente aproximadamente 2 veces el grosor de una cinta.

El componente estratificado usado según la invención también puede comprender un aglutinante o un material de matriz, que puede estar impregnado entre las fibras poliméricas y/o por la totalidad de dicho componente estratificado. Cuando el componente estratificado comprende una pluralidad de láminas, las láminas también pueden contener un aglutinante o un material de matriz. Habitualmente, el aglutinante o la matriz se usa para mantener unidas las fibras poliméricas y/o para mejorar las propiedades mecánicas del componente estratificado. Se pueden usar aglutinantes y matrices específicos para influir en las propiedades electromagnéticas de dicho componente estratificado. Se pueden usar diversos aglutinantes o matrices, ejemplos de los cuales incluyen materiales termoestables y termoplásticos. Está disponible una amplia variedad de materiales termoestables, sin embargo, los más comunes son resinas epoxídicas o resinas de poliéster. Materiales termoestables y termoplásticos adecuados se enumeran, por ejemplo, en el documento WO 91/12136 A1 (páginas 15-21) incluido en la presente mediante referencia. Del grupo de materiales termoestables, se prefieren ésteres vinílicos, poliésteres insaturados, epóxidos o resinas fenólicas. Del grupo de materiales termoplásticos, se prefieren poliuretanos, polivinilos, materiales poliacrílicos, poli(tereftalato de butileno) (PBT), poliolefinas o copolímeros de bloques elastómeros termoplásticos tales como copolímeros de bloques de poliisopropeno-polietileno-butileno-poliestireno o poliestireno-poliisopreno-poliestireno. En particular, los isocianatos, cuando se usan como una matriz o un aglutinante, demostraban impartir a los materiales de la invención buenos comportamientos a frecuencias altas y ultraaltas.

Sin embargo, se prefiere más que el componente estratificado esté sustancialmente libre de cualquier aglutinante o material de matriz impregnado entre las fibras poliméricas y por la totalidad del componente estratificado. Se observó que en ausencia de aglutinantes o materiales de matriz, se pueden mejorar las propiedades electromagnéticas de los materiales de la invención.

Preferiblemente, el componente estratificado usado según la invención comprende una pluralidad de láminas, que están unidas entre sí por medio de calor y presión. Preferiblemente, se aplican suficientes calor y presión para unir entre sí dicha pluralidad de láminas de modo que se obtenga un componente estratificado rígido. Preferiblemente, el componente estratificado usado según la invención tiene una resistencia a la flexión de al menos 50 MPa, más preferiblemente de al menos 70 MPa, aún más preferiblemente al menos 90 MPa, lo más preferiblemente de al menos 110 MPa. Preferiblemente, la resistencia a la flexión de dicho componente estratificado está entre 70 y 200 MPa, más preferiblemente entre 90 y 150 MPa, lo más preferiblemente entre 110 y 120 MPa. Preferiblemente, el módulo de

flexión del componente estratificado es al menos 10 GPa, más preferiblemente al menos 30 GPa, lo más preferiblemente al menos 50 GPa. Se observó que al usar un componente estratificado rígido, se mejoran las propiedades electromagnéticas y mecánicas de los materiales de la invención.

Ejemplos de fibras poliméricas adecuadas para la presente invención incluyen pero no se limitan a fibras fabricadas a partir de poliamidas y poliaramidas, p. ej. poli(p-fenilentereftalamida) (conocida como Kevlar®); poli(tetrafluoroetileno) (PTFE); poli{2,6-diimidazo-[4,5b-4',5'e]piridinilen-1,4(2,5-dihidroxi)fenileno} (conocido como M5); poli(p-fenilen-2,6-benzobisoxazol) (PBO) (conocido como Zylon®); poli(hexametilenadipamida) (conocida como nailon 6,6), poli(ácido 4-aminobutírico) (conocido como nailon 6); poliésteres, p. ej. poli(tereftalato de etileno), poli(tereftalato de butileno), y poli(tereftalato de 1,4-ciclohexilidendimetileno); poli(alcoholes vinílicos); polímeros de cristal líquido termotrópicos (LCP) como se conoce, p. ej., del documento US 4 384 016; poliolefinas, p. ej. homopolímeros y copolímeros de polietileno y/o polipropileno; y sus combinaciones.

Se pueden obtener buenos resultados cuando las fibras poliméricas son fibras poliolefínicas, más preferiblemente fibras de polietileno. Fibras de polietileno preferidas son fibras de polietileno de peso molecular alto y ultraalto ([U]HMWPE). Las fibras de polietileno se pueden fabricar mediante cualquier técnica conocida en la especialidad, preferiblemente mediante un procedimiento de hilatura en estado fundido o de gel. Las fibras más preferidas son fibras de UHMWPE hiladas en estado de gel, p. ej. las vendidas por DSM Dyneema, Países Bajos, bajo el nombre Dyneema®. Si se usa un procedimiento de hilatura en estado fundido, la materia prima de polietileno usada para su fabricación tiene preferiblemente un peso molecular promedio ponderado entre 20.000 y 600.000 g/mol, más preferiblemente entre 60.000 y 200.000 g/mol. Un ejemplo de un procedimiento de hilatura en estado fundido se divulga en el documento EP 1.350.868 incorporado en la presente mediante referencia. Si se usa el procedimiento de hilatura en gel para la fabricación de dichas fibras, preferiblemente se usa un UHMWPE con una viscosidad intrínseca (IV) preferiblemente de al menos 3 dl/g, más preferiblemente al menos 4 dl/g, lo más preferiblemente al menos 5 dl/g. Preferiblemente, la IV es como mucho 40 dl/g, más preferiblemente como mucho 25 dl/g, más preferiblemente como mucho 15 dl/g. Preferiblemente, el UHMWPE tiene menos de 1 cadena lateral por 100 átomos de C, más preferiblemente menos de 1 cadena lateral por 300 átomos de C. Preferiblemente, las fibras de UHMWPE se fabrican según un procedimiento de hilatura en gel según se describe en numerosas publicaciones, incluyendo los documentos EP 0205960 A, EP 0213208 A1, US 4413110, GB 2042414 A, GB-A-2051667, EP 0200547 B1, EP 0472114 B1, WO 01/73173 A1, EP 1,699,954 y en "*Advanced Fibre Spinning Technology*", Ed. T. Nakajima, Woodhead Publ. Ltd (1994), ISBN 185573 182 7. Para producir fibras que tienen una conformación similar a una cinta, los susodichos procedimientos se pueden adaptar convencionalmente al usar boquillas de hilatura que tienen ranuras de hilatura en lugar de orificios de hilatura.

La resistencia a la tracción de las fibras poliméricas es preferiblemente al menos 1,2 GPa, más preferiblemente al menos 2,5 GPa, lo más preferiblemente al menos 3,5 GPa. El módulo de tracción de las fibras poliméricas es preferiblemente al menos 30 GPa, más preferiblemente al menos 50 GPa, lo más preferiblemente al menos 60 GPa. Los mejores resultados se obtuvieron cuando las fibras poliméricas eran fibras de UHMWPE que tenían una resistencia a la tracción de al menos 2 GPa, más preferiblemente al menos 3 GPa y un módulo de tracción de al menos 40 GPa, más preferiblemente de al menos 60 GPa, lo más preferiblemente al menos 80 GPa.

En una realización especial de la presente invención, la fibra polimérica es una cinta polimérica, estando fabricada la cinta preferiblemente de poliolefina, más preferiblemente de UHMWPE.

Preferiblemente, las cintas poliméricas usadas según la invención, se elaboran mediante un procedimiento en estado sólido, es decir un procedimiento que comprende la etapa a) alimentar un lecho de polvo polimérico entre una combinación de correas sin fin y moldear por compresión el lecho de polvo polimérico entre medios de presurización a una temperatura por debajo del punto de fusión del polvo polimérico; la etapa b) transportar el polvo polimérico moldeado por compresión resultante entre rodillos calandradores para formar una cinta; y la etapa c) estirar la cinta. Las cintas elaboradas con el procedimiento en estado sólido se denominan habitualmente cintas en estado sólido. Preferiblemente, el polvo polimérico usado en la fabricación de cintras en estado sólido es un polvo poliolefínico, más preferiblemente un polvo de UHMWPE. Preferiblemente, el polvo de UHMWPE tiene una IV preferiblemente de al menos 3 dl/g, más preferiblemente al menos 4 dl/g, lo más preferiblemente al menos 5 dl/g. Preferiblemente, dicha IV es como mucho 40 dl/g, más preferiblemente como mucho 25 dl/g, más preferiblemente como mucho 15 dl/g. Usar cintas en estado sólido y en particular cintas en estado sólido de UHMWPE en los materiales de la invención mejoraba las propiedades electromagnéticas de dichos materiales e incluso la fabricación de materiales con características únicas nunca alcanzadas hasta ahora.

El estiramiento, preferiblemente el estiramiento uniaxial, de las cintas en estado sólido producidas se puede llevar a cabo por medios conocidos en la especialidad. Estos medios comprenden alargamiento por extrusión y alargamiento por tracción en unidades de estiramiento adecuadas. Para conseguir una resistencia mecánica y una rigidez incrementadas, el estiramiento se puede llevar a cabo en múltiples etapas. En el caso de cintas de UHMWPE preferidas, el estiramiento se lleva a cabo preferiblemente uniaxialmente en un número de etapas de estiramiento. La primera etapa de estiramiento puede comprender, a modo de ejemplo, el estiramiento hasta un factor de alargamiento de 3. Mediante estiramiento múltiple a temperaturas crecientes, se pueden alcanzar factores de alargamiento de aproximadamente 50 y más, en donde el procedimiento se efectúa bajo condiciones tales que no se produzca la fusión

de la cinta, p. ej. una temperatura por debajo de la temperatura de fusión de la cinta. Esto da como resultado cintas de gran resistencia, con lo que, al menos para cintas de UHMWPE, se pueden obtener resistencias de 1,5 GPa y más.

La resistencia a la tracción de las cintas poliméricas y más en particular de las cintas poliolefínicas usadas según la invención es preferiblemente al menos 0,5 GPa, más preferiblemente al menos 1 GPa, lo más preferiblemente al menos 1,5 GPa. El módulo de tracción de dichas cintas poliméricas y más en particular de las cintas poliolefínicas es preferiblemente al menos 30 GPa, más preferiblemente al menos 50 GPa, lo más preferiblemente al menos 110 GPa. Se pueden obtener buenos resultados cuando las cintas poliolefínicas son cintas de UHMWPE que tienen una resistencia a la tracción de al menos 1,3 GPa, más preferiblemente al menos 1,5 GPa y preferiblemente un módulo de tracción de al menos 100 GPa, más preferiblemente de al menos 105 GPa, lo más preferiblemente al menos 110 GPa.

En una realización preferida, uno cualquiera de los materiales de la invención comprende un componente estratificado, preferiblemente un solo componente estratificado, comprendiendo dicho componente estratificado una superficie superior y una superficie inferior opuesta a la superficie superior, en donde al menos dicha superficie superior, más preferiblemente dichas superficies tanto superior como inferior, están revestidas con un revestimiento polimérico. Cuando los materiales de la invención comprenden una pluralidad de componentes estratificados, preferiblemente, dicha pluralidad de componentes estratificados forma un apilamiento de componentes estratificados, teniendo dicho apilamiento una superficie de apilamiento superior y un superficie de apilamiento inferior opuesta a la superficie de apilamiento superior, en donde al menos dicha superficie de apilamiento superior, más preferiblemente dichas superficies de apilamiento tanto superior como inferior, están revestidas con un revestimiento polimérico. El grosor del revestimiento polimérico es preferiblemente al menos 0,5 µm, más preferiblemente al menos 1 µm, lo más preferiblemente al menos 1,5 µm. El grosor del revestimiento polimérico es preferiblemente como mucho 40 µm, más preferiblemente como mucho 30 µm, lo más preferiblemente como mucho 20 µm. El grosor del revestimiento polimérico está preferiblemente entre 1,5 y 40 µm, más preferiblemente entre 3 y 30 µm, lo más preferiblemente entre 5 y 20 µm.

Se observó sorprendentemente que la presencia del revestimiento polimérico afecta mucho a las propiedades electromagnéticas de los materiales de la invención y puede ofrecer una libertad de diseño incrementada. Este puede ser el caso incluso cuando el revestimiento polimérico tenga un grosor diferente de un cuarto de la longitud de onda de la señal electromagnética para la que se van a usar los materiales de la invención. El revestimiento polimérico puede proporcionar una protección adicional a los materiales de la invención contra la intemperie, los impactos de residuos arrastrados por el viento y también puede incrementar la vida útil de los materiales de la invención. El revestimiento polimérico también puede contener cargas, pigmentos y aditivos diversos tales como cargas ignífugas y cargas protectoras frente a la radiación ultravioleta (UV). La cantidad de las cargas, los pigmentos y los aditivos diversos es preferiblemente como mucho 60% en peso de la masa total del revestimiento polimérico, más preferiblemente como mucho 50% en peso, lo más preferiblemente como mucho 40% en peso.

Se pueden usar diversos materiales poliméricos para el revestimiento polimérico tales como, por ejemplo, materiales termoplásticos o termoestables.

En una realización, el revestimiento polimérico usado según la invención comprende un material termoplástico, incluyendo ejemplos de materiales termoplásticos adecuados poliuretanos, ésteres de cianato, polivinilos, materiales poliacrílicos, polímeros de cristal líquido (LCP), poli(tereftalato de butileno) (PBT), fluoroplásticos, poliolefinas, poliamidas, policarbonatos o copolímeros de bloques elastómeros termoplásticos tales como copolímeros de bloques de poliisopropeno-polietileno-butileno-poliestireno o poliestireno-poliisopreno-poliestireno (p. ej. Prinlin®). Otros materiales termoplásticos adecuados se enumeran, por ejemplo, en el documento WO 91/12136 A1 (páginas 15-21) incluido en la presente mediante referencia.

Los materiales termoplásticos más preferidos usados en el revestimiento polimérico son polivinilo y en particular poli(fluoruros de vinilo), poliolefinas y en particular polietileno de baja densidad (LDPE) y polietileno de alta densidad (HDPE), ésteres de cianato, poliéter-éter-cetonas (PEEK), polímeros de cristal líquido (LCP), sistemas de acrilonitrilo-butadieno (ABS) y fluoroplásticos, p. ej. politetrafluoroetileno (PTFE).

Los revestimientos poliméricos que comprenden un material termoplástico se pueden aplicar sobre uno cualquiera de los materiales de la invención según métodos conocidos en la especialidad. Por ejemplo, dichos revestimientos poliméricos se pueden aplicar a través de una composición de revestimiento polimérico líquida, que posteriormente se seca, o se pueden aplicar como una película de revestimiento independiente, que, por ejemplo, está estratificada sobre una o ambas superficies de los materiales de la invención.

Preferiblemente, el revestimiento polimérico que comprende un material termoplástico se aplica como una película de revestimiento independiente, que se estratifica mediante calor y/o presión sobre los materiales de la invención. En una realización, dicha película de revestimiento independiente comprende un poli(fluoruro de vinilo) y preferiblemente tiene un módulo de tracción de entre 69 y 6894 MPa (10 x 10^3 y 1000 x 10^3 psi), más preferiblemente de entre 689 y 3445 MPa (100 x 10^3 psi y 500 x 10^3 psi), lo más preferiblemente entre 1723 y 2756 MPa (250 x 10^3 psi y 400 x 10^3 psi). Ejemplos preferidos de películas de revestimiento independientes que comprenden un poli(fluoruro de vinilo) y que tienen estas propiedades mecánicas adecuadas incluyen Tedlar® de DuPont. En otra realización, dicha película de

revestimiento independiente comprende un HDPE y preferiblemente tiene un módulo de tracción de entre 207 y 3445 MPa (30 x 10^3 psi y 500 x 10^3 psi), más preferiblemente de entre 345 y 2067 MPa (50 x 10^3 psi y 300 x 10^3 psi), lo más preferiblemente entre 483 y 1378 MPa (70 x 10^3 psi y 200 x 10^3 psi). En otra realización más, dicha película de revestimiento independiente comprende un LDPE.

En una realización alternativa, el revestimiento polimérico usado según la invención comprende un material termoestable, incluyendo ejemplos de materiales termoestables adecuados resinas con base epoxídica, resinas con base fenólica y resinas con base de poliéster. Otros materiales termoestables adecuados se enumeran, por ejemplo, en el documento WO 91/12136 A1 (páginas 15-21) incluido en la presente mediante referencia.

Resinas con base epoxídica adecuadas, también denominadas simplemente epoxis, que se van a usar según la invención son, por ejemplo, las que comprenden un monómero epoxídico o una resina epoxídica en cantidades de aproximadamente 20% en peso a aproximadamente 95% en peso, basándose en el peso total de la resina con base epoxídica, preferiblemente de aproximadamente 30% en peso a aproximadamente 70% en peso. Preferiblemente, el monómero o la resina epoxídico tiene una alta densidad de reticulación, p. ej. una funcionalidad de aproximadamente 3 o más y un peso equivalente de epoxi de menos de 250. Ejemplos de resinas epoxídicas adecuadas incluyen las EPON Resins de Shell Chemical Company, Houston, Tex., por ejemplo, EPON Resins 1001F, 1002F, 1007F y 1009F, así como las 2000 series powdered EPON Resins, por ejemplo, EPON Resins 2002, 2003, 2004 y 2005. Ejemplos adicionales de epoxis, que se pueden emplear según la invención, incluyen las resinas de novolaca epoxídica de The Dow Chemical Company (Midland, Mich.) D.E.N. 431, D.E.N. 438 y D.E.N. 439. Resinas epoxídicas al agua ejemplares que se pueden usar en la presente invención incluyen las EPI-REZ Resins de Shell Chemical Company, por ejemplo, las EPI-REZ Resins WD-510, WD-511, WD-512, 3510-W-60, 3515-W-60, 3519-W-50, 3520-WY-55 y 3522-W-60. Ejemplos disponibles comercialmente adicionales de resinas epoxídicas usadas en la formulación de revestimiento incluyen MIL-PRF-22750F; MIL-PRF-22750F; MIL-P-53022C Type II, E90Y203 (Type I, Class C2 ,2.8 VOC); MIL-P-53022B, E90G204 (Type II, Class I); MIL-P-53022B; MIL-P- 23377G, p. ej. E90G203 (Type I, Class C2 , 2.8 VOC); y MIL-P-53022. Otras resinas epoxídicas adecuadas pueden incluir ésteres epoxídicos líquidos como los propuestos por C. K. Thorstad, "*Emulsions--Why and How They are Used*", Modern Plastics, julio de 1959, pp. 83-84, en composiciones que contienen bien agua o bien el propio éster epoxídico como un vehículo, junto con látex de poli(acetato de vinilo), poliacrílicos o de poli(butadieno/estireno). Se citan para estas aplicaciones agentes de curado ácidos, por ejemplo pirofosfato ácido de dimetilo o trifluoruro de boro. La resina con base epoxídica usada según la invención tiene preferiblemente una constante dieléctrica de como mucho 6,0, más preferiblemente de como mucho 3,0, lo más preferiblemente de como mucho 2,2. Preferiblemente, dicha constante dieléctrica de dicha resina con base epoxídica está entre 2,2 y 2,5, más preferiblemente entre 2,20 y 2,22. La constante dieléctrica y la pérdida dieléctrica de la resina con base epoxídica se pueden medir convencionalmente con una línea de transmisión electromagnética situada dentro de una cámara libre de ruido electromagnético usando una sonda coaxial. Preferiblemente, la pérdida dieléctrica de dicha resina con base epoxídica es como mucho 0,025, más preferiblemente como mucho 0,0001. Preferiblemente, dicha constante dieléctrica está entre 0,0001 y 0,0005.

En caso de que el revestimiento polimérico usado según la invención comprenda un material termoestable y más en particular una resina con base epoxídica, preferiblemente, la superficie del componente estratificado o del apilamiento de componentes estratificados sobre el que se va a disponer el revestimiento polimérico se imprima antes de la disposición de dicho revestimiento. Se observaba que con la imprimación, se pueden mejorar adicionalmente las propiedades electromagnéticas de los materiales de la invención.

Las imprimaciones se pueden aplicar, p. ej. al pulverizar soluciones que contienen resinas termoestables de uno o dos componentes diluidas hasta niveles pulverizables con disolventes orgánicos adecuados. Preferiblemente, dicho disolvente orgánico adecuado se elige para que no afecte a los materiales poliméricos contenidos por los componentes estratificados. Las imprimaciones también se pueden aplicar partiendo de emulsiones de resina termoestable, conteniendo preferiblemente dichas emulsiones una o más resinas termoestables líquidas, p. ej. resinas epoxídicas líquidas, emulsionadas, dispersadas en una fase dispersante acuosa que contiene un agente emulsionante iónico estable a los álcalis y a los ácidos y un coloide aglutinantes hidrodispersable. Para las aplicaciones en las que también se requieren agentes de curado, el agente de curado se disuelve en la resina termoestable, p. ej. resina epoxídica, antes de la dispersión. Estas emulsiones se conocen, por ejemplo, del documento US 2 872 427 incluido en la presente mediante referencia. Otras imprimaciones adecuadas tales como dispersiones acuosas de resina epoxídica que contienen preferiblemente trióxido de cromo y ácido fosfórico se divulgan en el documento US 5.001.173 incluido en la presente mediante referencia. En el artículo "*Guidelines to Formulation of Waterborne Epoxy Primers*", M. A. Jackson, Polymer Paint Colour Journal 180 (4270) (1990) en las páginas 608-621, incluido en la presente mediante referencia, se describen sistemas de imprimación de dos componentes que contienen como un componente una dispersión de resina epoxídica en agua y disolvente junto con diversos inhibidores de la corrosión, y, como el segundo componente, un catalizador amínico hidrorreducible en agua. En el artículo "*Waterborne Epoxy Dispersions Provide Compliant Alternatives*", R. Buehner y cols., Adhesives Age, diciembre de 1991, incluido en la presente mediante referencia, se describen dispersiones de líquido y resina epoxídica sólida al agua curadas con diciandiamida y un catalizador de 2-metilimidazol hidrosoluble para el uso como adhesivos.

Se pueden obtener buenos resultados cuando la imprimación es una imprimación adhesiva acuosa de un componente, que contiene pocos o ningún compuestos orgánicos volátiles (VOCs). La imprimación adhesiva acuosa más preferida

es una dispersión de resina epoxídica sólida iniónica acuosa, que contiene como una fase distinta un agente de curado epoxídico sólido, preferiblemente en ausencia sustancial de cualquier coloide protector. Ejemplos de estas imprimaciones se conocen de US 5.576.061, cuyo contenido se incluye en la presente mediante referencia. Ejemplos comerciales de estas imprimaciones incluyen MIL-PRF-22750F; MIL-PRF-22750F; MIL-P-53022C Type II, E90Y203 (Type I, Class C2 , 2.8 VOC); MIL-P-53022B, E90G204 (Type II, Class I); MIL-P-53022B; MIL-P- 23377G, p. ej. E90G203 (Type I, Class C2 , 2.8 VOC); y MIL-P-53022.

Las resinas epoxídica en la formulación de una imprimación adhesiva acuosa utilizada según la invención se denominan simplemente en la presente posteriormente imprimaciones epoxídicas. Las imprimaciones epoxídicas son preferiblemente resinas epoxídicas sólidas convencionales que tienen funcionalidades de aproximadamente 1,8 o más, preferiblemente 2 o más, que no contienen sustancialmente grupos iónicos o éster, según se describe en *"Epoxy Resins*", Lee y Neville, McGraw-Hill, capítulos 1 a 4, incluido en la presente mediante referencia. Imprimaciones epoxídicas preferidas son los éteres glicidílicos sólidos opcionalmente de cadena extendida de fenoles tales como resorcinol y los bisfenoles, p. ej. bisfenol A, bisfenol F, y similares. También son adecuados los derivados glicidílicos sólidos de aminas aromáticas y aminofenoles, tales como N,N,N',N'-tetraglicidil-4,4'-diaminodifenilmetano. Se prefieren imprimaciones epoxídicas de novolaca sólidas e imprimaciones de DGEBA sólidas. Las imprimaciones epoxídicas deben ser sólidas por sí mismas, o producir composiciones sólidas cuando se mezclan con otros epoxis.

Ejemplos de imprimaciones epoxídicas comerciales adecuadas son Epi-Rez.RTM. SU-8, una resina epoxídica polimérica con una funcionalidad promedio de aproximadamente 8, un punto de fusión (de Durran) de 82°C, y un peso equivalente de epoxi de 215 disponible de Rhone-Poulenc; DER 669, una resina epoxídica sólida de alto peso molecular que tiene un punto de reblandecimiento de Durran de 135°-155°C y un peso equivalente de epoxi de 3500-5500 disponible de the Dow Chemical Company; Epi-Rez.RTM. 522-C, un epoxi de DBEGA sólido que tiene un peso equivalente de epoxi de 550-650 y un punto de fusión de Durran de 75°-85°C, disponible de Rhone-Poulenc; y resinas epoxídicas sólidas de novolaca de ortocresolformaldehído ECN 1273, 1280 y 1299 que tienen funcionalidades epoxi de 3,8 a 5,4, pesos equivalentes de epoxi de 225 a 235, y puntos de fusión de 73°-99°C, disponibles de Ciba-Geigy. Estas imprimaciones se pueden suministrar en forma sólida y triturarse hasta el tamaño de partícula correcto, o como una dispersión acuosa. Por ejemplo, ECN-1299 está disponible como una dispersión acuosa de Ciba-Geigy como ECN-1440 y Epi-Rez.RTM. 522C de Rhone-Poulenc como dispersión epoxídica 35201.

Preferiblemente, las imprimaciones adhesivas acuosas utilizadas según la invención comprenden de 40 a aproximadamente 10 por ciento en peso de una fase dispersada que contiene la imprimación epoxídica y de 60 a aproximadamente 90 por ciento en peso de una fase acuosa. La fase dispersada de imprimación epoxídica puede comprender una dispersión de más de una resina epoxídica como una mezcla de distintas partículas, o puede consistir en solo un tipo de partícula que contiene más de una resina epoxídica. Así, un epoxi flexibilizador tal como los epoxis de bisfenol A o bisfenol F de peso molecular superior se puede combinar con un epoxi altamente resistente a la temperatura tal como TGMDA y la mezcla se puede enfriar, triturar o dispersar de otro modo en partículas sólidas del tamaño requerido. Ventajosamente, estas mismas resinas epoxídicas se podrían dispersar separadamente sin combinación.

Según se indica anteriormente, las mezclas de resinas epoxídicas también son adecuadas como imprimaciones epoxídicas. Una mezcla preferida comprende una resina epoxídica sólida que tiene una funcionalidad de aproximadamente 5,5 o menos, y una resina epoxídica sólida que tiene una funcionalidad de aproximadamente 6 o más. Se prefiere el uso de resinas epoxídicas de funcionalidad superior, es decir resinas epoxídicas que tienen una funcionalidad de cinco o más, en pequeñas cantidades, por ejemplo menores de 40 por ciento en peso basado en la suma de los pesos de todas las resinas epoxídicas de la composición. Se ha encontrado inesperadamente que el uso de estas resinas epoxídicas de funcionalidad superior en estas pequeñas cantidades incrementa la resistencia a los disolventes de la imprimación curada sin disminuir sustancialmente las propiedades adhesivas. Una resina epoxídica de alta funcionalidad preferida es Epi-Rez.RTM.SU-8, una resina epoxídica sólida polimérica que tiene una funcionalidad promedio de ocho.

Se prefiere especialmente una mezcla de:

1) de 30 a 70 por ciento en peso de una resina epoxídica sólida que tiene una funcionalidad de aproximadamente 1,8 a aproximadamente 4 y un peso equivalente de epoxi de aproximadamente 400 a aproximadamente 800;

2) de 5 a 20 por ciento en peso de una resina epoxídica sólida que tiene una funcionalidad de aproximadamente 1,8 a aproximadamente 4 y un peso equivalente de epoxi de aproximadamente 2000 a aproximadamente 8000; y

3) de 10 a 40 por ciento en peso de una resina epoxídica sólida que tiene una funcionalidad de aproximadamente 5 o más y que tiene un peso equivalente de epoxi de aproximadamente 100 a aproximadamente 400,

en donde los porcentajes en peso totalizan 100 por cien basándose en el peso total de la mezcla epoxídica.

Los agentes de curado adecuados para las imprimaciones epoxídicas usadas según la invención son preferiblemente sustancialmente insolubles en agua, y son preferiblemente sólidos a temperatura ambiente. Ejemplos de estos agentes de curado son agentes de curado de amina aromática tales como 4,4'-diaminodifenilmetano, y en particular, 3,3'- y 4,4'-diaminodifenilsulfona. Más adecuados son óxido de 3,3'- y 4,4'-diaminodifenilo, óxido de 3,3- y 4,4'-diaminodifenilo, sulfuro de 3,3'- y 4,4'-diaminodifenilo y 3,3'- y 4,4'-diaminodifenilcetona. El más preferido como un agente de curado es 4,4'-[1,4-fenilen(1-metiletiliden)]-bis(bencenoamina). También son adecuados los oligómeros de poliarileno terminados en amino e hidroxilo en los que los grupos fenilo repetitivos están separados por grupos éter, sulfuro, carbonilo, sulfona, carbonato o similares. Ejemplos de estos agentes de curado son las poliarilenosulfonas, poliarilenetersulfonas, polietercetonas, polieteretercetonas y variantes similares terminadas en amino e hidroxilo.

Otros agentes de curado diamínicos sólidos adecuados incluyen 2,4-toluendiamina, 1,4-fenilendiamina, 2,2-bis(4-aminofenil)hexafluoropropano, 2,2-bis(3-amino-4-hidroxifenil)hexafluoropropano, óxido de 3,4'-diaminodifenilo, 9,9-bis(4-aminofenil)fluoreno, o-toluidinsulfona, y 4,4'-diaminobenzanilida. Particularmente, también se prefieren 9,10-bis(4-aminofenil)antraceno, 2,2-bis(4-[3-aminofenoxi]fenil)sulfona, 2,2-bis(4-[4-aminofenoxi]fenil)sulfona, 1,4-bis(4-aminofenoxi)bifenilo, bis(4-[4-aminofenoxi)fenil)éter, 2,2-bis(4-[4-aminofenoxi]fenil)propano y 2,2-bis([4-(4-amino-2-trifluorofenoxi)]fenil)hexafluoropropano. Lo más preferiblemente, se utilizan los agentes de curado amínicos que tienen puntos de fusión por debajo de 12ºC (250°F), preferiblemente por debajo de 104ºC (220°F).

Generalmente son innecesarios catalizadores para las imprimaciones epoxídicas; sin embargo, se pueden añadir catalizadores hidrodispersables sólidos cuando el agente de curado particular no sea suficientemente activo a la temperatura de horneado para curar eficazmente la imprimación epoxídica. El catalizador debe ser sustancialmente insoluble en agua, y estar en forma de partículas que tienen un tamaño de partícula tal que esencialmente 100 por cien de las partículas tenga diámetros medios menores de aproximadamente 30 µm.

La presencia de disolventes orgánicos volátiles en las imprimaciones epoxídicas usadas según la invención es indeseable y generalmente innecesaria. Sin embargo, no se apartará del espíritu de la invención emplear una porción de este disolvente, preferiblemente una pequeña porción del mismo, es decir menor de 1-2% en peso. Ejemplos de disolventes orgánicos volátiles, que se podrían añadir sin afectar a la función y las propiedades físicas de la composición, incluyen los glicoles y éteres glicólicos de bajo peso molecular, N-metilpirrolidona y disolventes similares. Por el término "sustancialmente libre de disolvente" se entiende que el sistema no contiene disolvente orgánico volátil o una pequeña porción tal que sustancialmente no se puede comprobar una ventaja o diferencia entre las propiedades físicas curadas obtenidas del sistema completamente sin disolvente y el sistema que contiene la pequeña cantidad de disolvente.

La imprimación epoxídica también puede contener colorantes, pigmentos, agentes niveladores, agentes dispersantes adicionales, espesantes y similares, sin embargo, se prefiere que la imprimación epoxídica esté libre de estos compuestos.

La imprimación adhesiva acuosa de un componente se puede aplicar mediante métodos tradicionales, por ejemplo mediante pistolas de pulverización accionadas por aire o sin aire, mediante pistolas de pulverización de baja presión de gran volumen, y similares, por ejemplo una pistola de pulverización modelo 66 de Binks. Después del secado, el acabado se hornea a temperaturas suficientes para el curado del revestimiento, lo más preferiblemente a aproximadamente 115° - 125°C. El tiempo de curado depende de la temperatura de curado y puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 4 horas. Preferiblemente, la imprimación epoxídica se cura a aproximadamente 120°C durante una hora.

Grosores curados nominales para la imprimación usada según la invención son de 0,5 a 25,4 µm (de 0,02 a 1,0 milésimas de pulgada, preferiblemente de 1,3 a 12,7 µm (de 0,05 a 0,5 milésimas de pulgada) y especialmente de 1,3 a 6,4 µm (de 0,05 a 0,25 milésimas de pulgada). Sorprendentemente, aunque la imprimación y el agente de curado estén en fases distintas, los revestimientos producidos son de calidad excepcionalmente alta.

Una vez que la imprimación, p. ej. una imprimación epoxídica, se ha aplicado al componente estratificado o al apilamiento de componentes estratificados contenido por los materiales de la invención, el revestimiento polimérico que contiene el material termoestable, p. ej. la resina con base epoxídica, se puede adherir al componente estratificado así imprimado de un modo normal, p. ej. al aplicar una resina con base epoxídica reticulable sobre la superficie imprimada de dicho componente estratificado, y a continuación curar la resina con base epoxídica reticulable.

En una realización de la invención, la resina epoxídica contenida por la formulación de revestimiento y la resina epoxídica contenida por la imprimación son iguales.

El revestimiento polimérico que contiene un material termoplástico o termoestable puede comprender además micropartículas, microfibras, agentes espumantes y/o formadores de poros, y se puede secar, curar y/o endurecer a fin de producir suficiente rugosidad para proporcionar ángulos de contacto con agua altos. Sin embargo, se prefiere que el revestimiento polimérico usado en la presente invención esté libre de estos componentes.

Preferiblemente, el grosor de uno cualquiera de los materiales de la invención (incluyendo el revestimiento si está presente) es al menos 0,1 mm, más preferiblemente al menos 0,3 mm, lo más preferiblemente al menos 0,5 mm. Se observaba que incluso para estos grosores pequeños, los materiales de la invención pueden tener buenas propiedades estructurales. El grosor máximo de los materiales de la invención sólo está limitado por la aplicación a la que están destinados. Por ejemplo, en el caso de grandes estructuras, se pueden usar materiales que tengan grosores de hasta 300 mm. Se observó que para estos grosores grandes, los materiales de la invención pueden tener buenas propiedades mecánicas combinadas con buenas propiedades electromagnéticas.

En una realización, el grosor de uno cualquiera de los materiales de la invención cuando se usa para fabricar radomos para antenas de alta frecuencia que funcionan a frecuencias superiores a 1 GHz, preferiblemente que funcionan a frecuencias dentro del intervalo de frecuencia de entre 1 GHz y 130 GHz, está preferiblemente entre 100 µm y 300 mm, más preferiblemente entre 200 µm y 200 mm, lo más preferiblemente entre 300 µm y 100 mm. Se observó que los radomos para antenas de alta frecuencia y fabricados a partir de uno cualquiera de los materiales de la invención que tienen un grosor dentro de los intervalos anteriores se pueden comportar excelentemente bien. En particular, dichas propiedades electromagnéticas de los radomos son muy buenas y más en particular dichas tangentes de pérdida de los radomos son muy bajas.

No es esencial para la invención que el grosor de los materiales de la invención sea sustancialmente igual en todas las posiciones de los mismos. Se prefiere que el grosor de dichos materiales sea sustancialmente constante al menos en la posición o las posiciones en las que la señal electromagnética interactúa con dichos materiales. Sin embargo, por facilidad de fabricación se prefiere que el grosor de los materiales de la invención cuando se mida en diversas posiciones en dichos materiales sea aproximadamente igual.

Se observó que los materiales de la invención tienen propiedades electromagnéticas únicas y pueden ofrecer una libertad superior para diseñar diversas construcciones de radomos, libertad rara vez, si alguna, ofrecida por los materiales conocidos hasta ahora. Especialmente para las frecuencias ultraaltas, p. ej. frecuencias de más de 50 GHz e incluso más de 70 GHz, los materiales de la invención ofrecen un comportamiento único. En particular, a frecuencias ultraaltas, los materiales de la invención muestran múltiples reflexiones o resonancias significativamente reducidas en comparación con los materiales conocidos, que de otro modo amplificarían cualquier ruido de señal hasta el punto de que el funcionamiento de una antena protegida por los mismos estaría gravemente deteriorado. Se observó que la relación de señal a ruido para los materiales de la invención cuando se usan en radomos es buena, lo que incrementa la eficacia de un sistema radomo-antena.

La invención también se refiere a una pared de radomo que comprende uno cualquiera de los materiales de la invención.

La invención se refiere además a radomos que comprenden uno cualquiera de los materiales de la invención. Se observó que los materiales de la invención son adecuados para el uso en radomos diseñados para una variedad de aplicaciones.

En particular, la invención se refiere a un radomo que comprende una estructura geodésica, comprendiendo dicha estructura uno cualquiera de los materiales de la invención. Un radomo que comprende una estructura geodésica se conoce, por ejemplo, del documento US 4 946 736 (véase la Figura 2 del mismo y la descripción del mismo), cuya divulgación se incorpora en la presente mediante referencia. Otros diseños comunes de estructuras geodésicas puede incluir una estructura con conformación de "iglú". Se observó que los materiales de la invención tienen suficientes propiedades mecánicas para permitir la fabricación de estos radomos.

La invención también se refiere a una aeronave que comprende un radomo, conteniendo dicho radomo uno cualquiera de los materiales de la invención. Se observó que los materiales de la invención tienen propiedades que los hacen útiles como componentes estructurales en una aeronave. Por ejemplo, los materiales de la invención se pueden usar para formar una junta de apertura para una abertura en una envuelta de fuselaje de la aeronave, en donde una antena está situada dentro de dicha abertura. Una configuración de radomo similar se ejemplifica en el documento US 4 677 443 cuya divulgación se incluye en la presente mediante referencia.

La invención también se refiere a una ventana electromagnética que comprende uno cualquiera de los materiales de la invención. Las ventanas electromagnéticas se usan como componentes estructurales en aplicaciones de aerotransporte, terrestres y marinas, y se observó que las ventanas electromagnéticas de la invención tienen buenas propiedades estructurales. Por ejemplo, los materiales de la invención se pueden usar para formar una junta de apertura para una abertura en una parte de un barco o un vehículo terrestre.

La invención también se refiere a un radomo que contiene uno cualquiera de los materiales de la invención, en donde el radomo está adaptado para una antena en serie, p. ej. una antena en serie en fase. Un diseño de un radomo adaptado para una antena en serie se divulga en el documento US 4 783 666 incluido en la presente mediante referencia y más en particular en sus Figuras y explicaciones de las figuras. Un diseño adicional de este radomo se divulga en el documento US 5 182 155 incluido en la presente mediante referencia. Se observó que para esta antena

en serie los materiales de la invención permiten la fabricación de un radomo que tiene buenas propiedades electromagnéticas así como propiedades mecánicas.

La invención se refiere además a un radomo que contiene una estructura esférica o una parte de una estructura esférica, conteniendo dicha estructura al menos un elemento esférico, que contiene preferiblemente una pluralidad de elementos parcialmente esféricos, comprendiendo dicho al menos un elemento uno cualquiera de los materiales de la invención. Un método para construir esta estructura se describe en el documento US 5 059 972, incluyéndose su divulgación en la presente mediante referencia. Se observó que los materiales de la invención permiten la construcción de radomos esféricos adecuados para envolver grandes antenas, en particular las usadas para comprobar perturbaciones atmosféricas.

La invención se refiere además a un radomo para la protección de influencias atmosféricas, comprendiendo dicho radomo una estructura rígida plegable, comprendiendo dicha estructura uno cualquiera de los materiales de la invención, en donde el radomo comprende además preferiblemente un techado flexible. Esta construcción de radomo se conoce, por ejemplo, del documento US 4 833 837 incluido en la presente mediante referencia.

La invención también proporciona un radomo adaptado para cubrir una antena de radar para una aeronave, una embarcación u otra instalación de radar, comprendiendo dicho radomo uno cualquiera de los materiales de la invención.

La invención se refiere además a un sistema de radomo - antena que comprende un radomo que contiene uno cualquiera de los materiales de la invención y un dispositivo de antena. Preferiblemente, el dispositivo de antena se elige del grupo que consiste en una serie de antenas; una antena de microondas; una antena de frecuencia doble o múltiple que funciona preferiblemente a frecuencias por encima de 39,5 GHz; una antena de radar; un antena plana; y una antena de radiodifusión.

Por antena se entiende en la presente invención un dispositivo capaz de emitir, radiar, transmitir y/o recibir radiación electromagnética. Ejemplos de antenas típicas incluyen antenas de radar de vigilancia aérea y antenas de estaciones de comunicación satelitales.

La invención también se refiere a un método para transmitir y/o recibir ondas electromagnéticas, en donde uno cualquiera de los materiales de la invención se coloca en la trayectoria de dichas ondas electromagnéticas, por ejemplo como un radomo. Por ejemplo, se utiliza una estructura protectora que comprende uno cualquiera de los materiales de la invención para alojar y/o proteger láseres, máseres, diodos y otros dispositivos de generación y/o recepción de ondas electromagnéticas. En una realización particular, se utiliza una estructura protectora como la descrita en la presente junto con dispositivos que funcionan con ondas de radiofrecuencia tales como aquellas entre aproximadamente 1 GHz y 130 GHz, preferiblemente entre aproximadamente 1 GHz y 100 GHz, más preferiblemente entre 1 GHz y 72 GHz. Las estructuras protectoras podrían ser útiles para proteger equipos eléctricos usados para comprobar partes del cuerpo de un ser humano o un animal o sus órganos, para comprobar patrones climatológicos, para comprobar tráfico aéreo o terrestre o para detectar la presencia de aeronaves, barcos o otros vehículos alrededor, p. ej. de instalaciones militares incluyendo barcos de guerra.

La invención se refiere además a un procedimiento para fabricar un material, en particular un material que tenga buenas propiedades electromagnéticas tal como los materiales de la invención, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

a) proporcionar al menos una lámina que comprende fibras poliméricas;

b) proporcionar al menos una película polimérica preformada;

c) apilar la al menos una lámina para obtener un apilamiento de láminas que tiene una superficie superior y una superficie inferior, que es opuesta a la superficie superior, y colocar la al menos una película polimérica preformada al menos sobre la superficie superior para crear un ensamblaje que contiene dicho apilamiento de láminas y dicha película polimérica preformada;

d) comprimir el ensamblaje de la etapa c) a una presión de al menos 50 bares y a una temperatura de menos de la temperatura de fusión de las fibras poliméricas, durante un tiempo de permanencia;

e) enfriar el ensamblaje hasta por debajo de 70°C, preferiblemente hasta temperatura ambiente, seguido por la liberación de la presión; y

f) opcionalmente retirar del ensamblaje la película polimérica preformada.

Preferiblemente, en la etapa a) del procedimiento de la invención, se usa una pluralidad de láminas. Preferiblemente, dicha pluralidad de láminas comprende un número de al menos dos láminas, más preferiblemente de al menos cuatro láminas, en donde preferiblemente se usa un número par de láminas. El número de láminas se puede elegir para obtener un material de la invención que tiene el grosor o la densidad superficial deseados. El experto puede determinar convencionalmente el número de láminas para dar el grosor o la densidad superficial deseados de uno cualquiera de los materiales de la invención.

Preferiblemente, las láminas usadas en el procedimiento de la invención son las láminas de las realizaciones detalladas en los párrafos anteriores de la presente y usadas según la invención.

Una cualquiera de las fibras poliméricas mencionadas anteriormente en la presente se usa adecuadamente en el procedimiento de la invención. Preferiblemente, se usan cintas en el procedimiento de la invención, más preferiblemente cintas de polietileno, lo más preferiblemente cintas de UHMWPE.

Según la etapa b) del procedimiento de la invención, se proporciona al menos una película polimérica preformada. Se pueden usar películas poliméricas preformadas fabricadas a partir de diversos materiales poliméricos según el procedimiento de la invención. En una realización, dicha película polimérica preformada se fabrica a partir de un material polimérico que es diferente, p. ej. pertenece a una clase polimérica diferente, del material polimérico usado para fabricar las fibras poliméricas contenidas por las láminas ya que esto puede facilitar la retirada de la película polimérica preformada.

Materiales poliméricos preferidos para fabricar las películas poliméricas preformadas usadas según el procedimiento de la invención incluyen materiales con base polivinílica, p. ej. poli(cloruro de vinilo), y materiales con base silicónica. Estas películas poliméricas preformadas resultaban particularmente adecuadas cuando se usaban fibras poliolefínicas y en particular fibras de UHMWPE o cintas de UHMWPE en la fabricación de uno cualquiera de los materiales de la invención.

Se pueden obtener buenos resultados cuando las películas poliméricas preformadas son películas fabricadas de poli(cloruro de vinilo) o caucho silicónico.

Por película polimérica preformada se entiende en la presente una película fabricada de un material polimérico, en donde dicha película es independiente, p. ej. una muestra de dicha película de, p. ej., 50 cm x 50 cm no se rompe bajo su propio peso cuando se suspende a una altura del doble de su dimensión más alta.

El grosor de la película polimérica preformada es preferiblemente al menos 50 µm, más preferiblemente al menos 100 µm, lo más preferiblemente al menos 150 µm. Preferiblemente, el grosor de la película polimérica preformada está entre 100 µm y 25 mm, más preferiblemente entre 200 µm y 20 mm, lo más preferiblemente entre 300 µm y 15 mm. Por ejemplo, para películas de caucho silicónico, los grosores más preferidos están entre 500 µm y 15 mm, mientras que para películas de poli(cloruro de vinilo), los grosores más preferidos están entre 1 mm y 10 mm. Películas de caucho silicónico y poli(cloruro de vinilo) que tienen un amplio intervalo de grosores están disponibles comercialmente y se pueden obtener, p. ej., de Arlon (EE. UU.) y WIN Plastic Extrusion (EE. UU.), respectivamente.

Se observó que se pueden obtener buenos resultados cuando la película polimérica preformada tenga una resistencia a la tracción de al menos 3 MPa. Preferiblemente, la resistencia a la tracción de la película polimérica preformada es al menos 9 MPa, más preferiblemente al menos 15 MPa, aún más preferiblemente al menos 19 MPa. En el caso de que se use una película de poli(cloruro de vinilo) como la película polimérica preformada, dicha película de poli(cloruro de vinilo) tiene preferiblemente una resistencia a la tracción de entre 10 MPa y 25 MPa, más preferiblemente de entre 13 MPa y 22 MPa, lo más preferiblemente de entre 16 MPa y 20 MPa. En el caso de que se use una película de caucho silicónico como la película polimérica preformada, dicha película de caucho silicónico tiene preferiblemente una resistencia a la tracción de entre 3 MPa y 20 MPa, más preferiblemente de entre 5 MPa y 17 MPa, lo más preferiblemente de entre 7 MPa y 15 MPa.

Preferiblemente, la película polimérica preformada tiene una elongación en la rotura de al menos 100%, más preferiblemente al menos 250%, aún más preferiblemente al menos 350 %, lo más preferiblemente al menos 600%. En el caso de que se use una película de poli(cloruro de vinilo) como la película polimérica preformada, dicha película de poli(cloruro de vinilo) tiene preferiblemente una elongación en la rotura de entre 100% y 500%, más preferiblemente de entre 150% y 450%, lo más preferiblemente de entre 200% y 400%. En el caso de que se use una película de caucho silicónico como la película polimérica preformada, dicha película de caucho silicónico tiene preferiblemente una elongación en la rotura de entre 300% y 900%, más preferiblemente de entre 400% y 800%, lo más preferiblemente de entre 500% y 700%.

Se pueden obtener buenos resultados cuando la película polimérica preformada tenga un módulo de tracción de al menos 3 MPa, más preferiblemente al menos 6 MPa, aún más preferiblemente al menos 9 GPa. Preferiblemente, el módulo de tracción de la película polimérica preformada es como mucho 100 MPa, más preferiblemente como mucho 75 MPa, lo más preferiblemente como mucho 50 MPa. En el caso de que se use una película de poli(cloruro de vinilo) como la película polimérica preformada, dicha película de poli(cloruro de vinilo) tiene preferiblemente un módulo de

tracción de entre 3 MPa y 25 MPa, más preferiblemente de entre 5 MPa y 20 MPa, lo más preferiblemente de entre 7 MPa y 15 MPa. En el caso de que se use una película de caucho silicónico como la película polimérica preformada, dicha película de caucho silicónico tiene preferiblemente un módulo de tracción de entre 1 MPa y 20 MPa, más preferiblemente de entre 2 MPa y 15 MPa, lo más preferiblemente de entre 3 MPa y 10 MPa.

Películas poliméricas preformadas fabricadas a partir de los susodichos materiales y que tienen las susodichas propiedades están disponibles comercialmente. Por otra parte, el experto puede producir fácilmente estas películas con técnicas conocidas comúnmente en la especialidad, p. ej. extrusión, moldeo por extrusión, compresión en estado sólido o soplado de película, y alargamiento de estas películas unidireccionalmente o bidireccionalmente hasta un grado tal que se obtengan las propiedades mecánicas deseadas.

Según la etapa c) del procedimiento de la invención, la al menos una lámina se apila para obtener un apilamiento de láminas que tiene una superficie de apilamiento superior y una superficie de apilamiento inferior que es opuesta a la superficie de apilamiento superior. El apilamiento de las láminas se lleva a cabo preferiblemente de modo que las láminas se solapen a lo largo de una parte principal de su superficie, p. ej. a lo largo de más de 80% de su superficie, preferiblemente de modo que las láminas se solapen sustancialmente a lo largo de toda su superficie. Al menos una película polimérica preformada se coloca a continuación sobre al menos la superficie de apilamiento superior para crear un ensamblaje que contiene dicho apilamiento de láminas y dicha película polimérica preformada. Preferiblemente, las dimensiones laterales de anchura y longitud de la película polimérica preformada se eligen para que al menos coincidan con las dimensiones laterales del apilamiento de modo que dicha película polimérica preformada cubra la superficie de apilamiento superior sustancialmente en su totalidad. Huelga decir que aunque se llamen superficie de apilamiento superior y superficie de apilamiento inferior, estas denominaciones no son limitativas y son intercambiables. Se pueden obtener mejores resultados cuando una película polimérica preformada se coloca tanto sobre la superficie de apilamiento superior como sobre la superficie de apilamiento inferior.

Preferiblemente, en la etapa c) del procedimiento de la invención, también se coloca una hoja de material celulósico sobre la película polimérica preformada. Preferiblemente, se usan dos hojas de materiales celulósicos, colocándose una sobre la película polimérica preformada y colocándose una sobre la superficie del apilamiento de láminas que es opuesta a la superficie de dicho apilamiento cubierta por la película polimérica preformada; y en el caso de que se usen dos películas poliméricas preformadas, una sobre la superficie de apilamiento superior y una sobre la superficie de apilamiento inferior, preferiblemente, una hoja de material celulósico se coloca sobre ambas películas poliméricas preformadas mencionadas, enfrentándose dichas hojas de material celulósico al exterior del ensamblaje apilamiento de láminas / película polimérica preformada. Se puede usar cualquier material celulósico en el procedimiento de la invención, preferiblemente dicho material celulósico se deriva de madera o trapos. La lámina de material celulósico también contiene aditivos o materiales de refuerzo tales como ácido succínico (dihidro-2,5-furanodiona), poli(alcohol vinílico), hidroxietilcelulosa, carboximetilcelulosa, colofonia, copolímeros acrílicos, hidrocoloides, arcilla, látex y almidón. Las cantidades de aditivos o materiales de refuerzo pueden variar ampliamente. Por ejemplo, incrementando la concentración de materiales de refuerzo, se obtiene una hoja más resistente de material celulósico. El grosor de la hoja de material celulósico está preferiblemente entre 100 µm y 1 mm, más preferiblemente entre 175 µm y 800 µm, lo más preferiblemente entre 250 µm y 500 µm. Ejemplos de hojas de materiales celulósicos incluyen papeles técnicos, papeles de envasado, papeles separadores, papel para cigarrillos, papel de estraza, papel alcalino, papeles acabados a máquina, papeles satinados a máquina y otros papeles industriales. El más preferido es el papel de estraza. Estos papeles se conocen en la especialidad y están disponibles comercialmente en una amplia gama de grosores diferentes. Se observó que se pueden obtener buenos resultados al usar estas hojas celulósicas y, en algunos casos, se puede prescindir de la película polimérica preformada.

El ensamblaje de la etapa c) del procedimiento de la invención se comprime en la etapa d) con una presión de al menos 50 bares, preferiblemente de al menos 100 bares, lo más preferiblemente de al menos 150 bares. Se puede utilizar cualquier medio de prensado convencional en el procedimiento de la invención p. ej. una WN Anlagepress. Se observó que se pueden obtener buenos resultados si se usa una prensa de doble correa. Las prensas de doble correa son conocidas en la especialidad y son fabricadas, por ejemplo, por Hymmen (DE).

Para comprimir un ensamblaje como el usado en la presente invención, p. ej. un ensamblaje que contiene un apilamiento de dos o más láminas, dicho ensamblaje se coloca generalmente en un molde abierto. El molde abierto también puede tener una parte hembra y una parte macho. El ensamblaje también puede estar sujeto a una parte del molde, generalmente a la parte hembra. Para obtener un ensamblaje comprimido plano, las partes tanto macho como hembra del molde deben ser planas; mientras que para obtener un ensamblaje comprimido conformado tridimensionalmente, dichas partes macho y hembra pueden contener curvaturas u otras geometrías conformadas en una o más direcciones. Después de colocar el ensamblaje en el molde, el molde se cierra y se aplica presión sobre dicho ensamblaje. A fin de comprimir el ensamblaje bajo temperatura, el molde se puede calentar.

La temperatura durante la compresión se controla generalmente a través de la temperatura del molde y se puede medir con, p. ej., termopares colocados entre las láminas. La temperatura durante la etapa de compresión se elige preferiblemente por debajo de la temperatura de fusión (T_m) de las fibras poliméricas según se mide mediante DSC. En caso de que el ensamblaje contenga más de un tipo de fibras poliméricas, por temperatura de fusión se entiende en la presente la temperatura de fusión más baja del más de un tipo de fibras poliméricas.

Preferiblemente, la temperatura durante la etapa de compresión d) está como mucho 20°C, más preferiblemente como mucho 10°C y lo más preferiblemente como mucho 5°C por debajo de la temperatura de fusión de las fibras poliméricas. Por ejemplo, en el caso de fibras o cintas de polietileno y más en particular en el caso de fibras o cintas de UHMWPE, una temperatura para la compresión se puede elegir preferiblemente entre 135°C y 150°C, más preferiblemente entre 145°C y 150°C. La temperatura mínima se elige generalmente de modo que se obtenga una velocidad razonable de consolidación. A este respecto, 50°C es un límite de temperatura inferior adecuado, preferiblemente este límite inferior es al menos 75°C, más preferiblemente al menos 95°C, lo más preferiblemente al menos 115°C.

Después de comprimir el ensamblaje, el ensamblaje se enfría bajo presión preferiblemente hasta la temperatura ambiente, después de lo cual la presión se libera. La película polimérica preformada se puede retirar, hasta el grado que sea posible, del ensamblaje y se obtiene un apilamiento de láminas comprimido que tiene propiedades electromagnéticas adecuadas. El apilamiento de láminas comprimido también se puede denominar en la presente un componente estratificado. En el caso de que se usen hojas de material celulósico en el procedimiento de la invención, estas hojas también se han de retirar.

En una realización preferida del procedimiento de la invención, las fibras poliméricas usadas en la etapa a) son fibras o cintas de polietileno, más preferiblemente fibras o cintas de UHMWPE, lo más preferiblemente cintas de UHMWPE, y, por otra parte, en la etapa c) una película de revestimiento que comprende un polímero olefínico, preferiblemente LDPE, más preferiblemente HDPE, se coloca sobre al menos la superficie de apilamiento superior, más preferiblemente sobre la superficie de apilamiento tanto superior como inferior entre la superficie de apilamiento respectiva y la película polimérica preformada. Preferiblemente, al menos una hoja de material celulósico se usa según se detalla anteriormente en la presente, más preferiblemente se usan dos hojas de material celulósico. Preferiblemente, la película de revestimiento de HDPE usada según esta realización tiene una resistencia a la tracción de al menos 5 MPa, más preferiblemente de al menos 25 MPa, más preferiblemente de al menos 45 MPa.

En una realización preferida adicional del procedimiento de la invención, las fibras poliméricas usadas en la etapa a) son fibras o cintas de polietileno, más preferiblemente fibras o cintas de UHMWPE, lo más preferiblemente cintas de UHMWPE en estado sólido. El procedimiento de esta realización también comprende una etapa g) adicional en la que una película de revestimiento que comprende un polímero termoestable se deposita sobre al menos una superficie, más preferiblemente sobre ambas superficies del ensamblaje comprimido obtenido en la etapa f).

La invención también se refiere a un apilamiento de láminas comprimido obtenido con el procedimiento de la invención. Entre las propiedades únicas de los materiales de la invención y del apilamiento de láminas comprimido de la invención, una puede ser identificar:

i. Propiedades electromagnéticas únicas a 72 GHz. Todos los materiales conocidos tienen demasiada pérdida electromagnética que impide su utilización en aplicaciones que usen estas frecuencias ultraaltas.

ii. Presentar múltiples reflexiones y/o efectos de resonancia hasta un grado menor que los materiales conocidos. En marcado contraste con materiales conocidos, que introducen ruido electromagnético y otras señales no deseadas, el apilamiento de láminas comprimido de la invención no muestra estos efectos o los muestra en un grado menor.

iii. Baja variación de pérdida dieléctrica a través de un amplio intervalo de frecuencias, p. ej. de 1 GHz a 140 GHz.

iv. Pérdida disipativa y pérdida reflexiva mínimas.

Por lo tanto, el apilamiento de láminas comprimido de la invención es adecuado al menos para el uso en aplicaciones a radomos, torres de telefonía móvil y estaciones base de comunicaciones.

Además de sus propiedades electromagnéticas únicas, los materiales y el apilamiento de láminas comprimido de la invención muestran muy buen comportamiento balístico, es decir resistencia contra impactos de proyectiles tales como balas, metralla, fragmentos y similares.

<u>Métodos de medida</u>

- La resistencia a la flexión y el módulo de flexión de un componente estratificado se mide según ASTM D790-07. Para adaptarse a diversos grosores del componente estratificado, se realizan medidas según el párrafo 7.3 de ASTM D790-07 al adoptar una carga y un radio del ruido de soporte que son dos veces el grosor del componente estratificado y una relación de luz a altura de 32.

- Las propiedades de tracción de las fibras, p. ej. resistencia a la tracción y módulo de tracción, se determinaron sobre hilos multifilamentosos según se especifica en ASTM D885M, usando una longitud nominal de referencia de la fibra de 500 mm, una velocidad de la cruceta de 50%/min y pinzas Instron 2714, de tipo Fibre Grip D5618C. Para el cálculo de la resistencia, las fuerzas de tracción medidas se dividen por el título, según se determina al pesar 10 metros de fibra; los valores en GPa se calculan suponiendo la densidad natural del polímero, p. ej. para UHMWPE es 0,97 g/cm^3.

- Las propiedades de tracción, p. ej. resistencia a la tracción y módulo de tracción, de cintas y películas, incluyendo la resistencia a la tracción, el módulo de tracción y la elongación en la rotura de películas poliméricas preformadas, se definen y se determinan según se especifica en ASTM D882 a 25°C, sobre cintas (si es aplicable obtenidas a partir de películas al cortar las películas con una cuchilla) de una anchura de 2 mm, usando una longitud nominal de referencia de la cinta de 440 mm y una velocidad de la cruceta de 50 mm/min. Si las cintas se obtenían a partir del corte de películas, se consideraba que las propiedades de las cintas eran iguales que las propiedades de las películas a partir de las cueles se obtenían las cintas.

- El grosor de un revestimiento polimérico se puede medir según técnicas muy conocidas en la especialidad, p. ej. sobre una sección transversal del material revestido, con un microscopio, p. ej. un microscopio electrónico de barrido.

- El grosor de uno cualquiera de los materiales de la invención (incluyendo el revestimiento si está presente) se puede medir con un micrómetro sobre una posición original y sobre ocho localizaciones periféricas, estando dichas posiciones periféricas dentro de un radio de como mucho 0,5 cm desde la posición original, y promediar los valores.

- El grosor de una película polimérica preformada se puede medir con un micrómetro.

- La temperatura de fusión (también denominada punto de fusión) de un polvo polimérico se mide según ASTM D3418-97 mediante DSC con una velocidad de calentamiento de 20°C/min, encontrándose en el intervalo de fusión y mostrando la velocidad de fusión más alta.

- La temperatura de fusión (también denominada punto de fusión) de una fibra o cinta polimérica, p. ej., una fibra o cinta poliolefínica, se determina mediante DSC en un instrumento PerkinElmer DSC-7 de compensación de potencia que está calibrado con indio y estaño con una velocidad de calentamiento de 10°C/min. Para la calibración (calibración de temperatura de dos puntos) del instrumento DSC-7, se usan aproximadamente 5 mg de indio y aproximadamente 5 mg de estaño, ambos pesados en al menos dos posiciones decimales. El indio se usa para la calibración tanto de la temperatura como del flujo térmico; el estaño se usa solamente para la calibración de la temperatura.

  El boque de horneado del DSC-7 se enfría con agua, con una temperatura de 4°C. Esto se realiza para proporcionar una temperatura constante del bloque, dando como resultado valores de referencia más estables y una estabilidad superior de la temperatura de la muestra. La temperatura del bloque de horneado debe ser estable durante al menos una hora antes del inicio del primer análisis.

  La muestra se recoge de modo que se alcance una sección transversal representativa de superficies fibrosas periféricas adjuntas de fibras adyacentes que puede ser adecuado observar a través microscopía óptica. La muestra se corta en trozos pequeños de 5 mm de anchura y longitud máximas para alcanzar un peso de muestra de al menos aproximadamente 1 mg (+/- 0,1 mg).

  La muestra se pone en un platillo para muestras de DSC de aluminio (50 µl), que se cubre con una tapa de aluminio (cara redondeada hacia arriba) y a continuación se sella. En el platillo para muestras (o en la tapa) se debe perforar un orificio pequeño para evitar la acumulación de presión (que conduce a una deformación del platillo y por lo tanto a un peor contacto térmico).

  Este platillo para muestras se pone en un instrumento DSC-7 calibrado. En el horno de referencia, se pone un platillo para muestras vacío (cubierto con tapa y sellado). Se pone en marcha el siguiente programa de temperatura:

  5 min. 40°C (período de estabilización)

  de 40 hasta 200°C con 10°C/min. (primera curva de calentamiento)

5 min. 200°C

200 hasta 40°C (curva de enfriamiento)

5 min. 40°C

40 hasta 200°C con 10°C/min. (segunda curva de calentamiento)

El mismo programa de temperatura se pone en marcha con un platillo vacío en la cara de muestra del horno de DSC (medida del platillo vacío).

Se usa un análisis de la primera curva de calentamiento. La medida del platillo vacío se sustrae de la curva de muestra para corregir la curvatura de referencia. La corrección de la pendiente de la curva de muestra se realiza al alinear el valor de referencia en la parte plana antes y después de los picos (p. ej. a 60 y 190°C para UHMWPE). La altura del pico es la distancia desde el valor de referencia hasta la parte superior del pico. Por ejemplo, en el caso del UHMWPE, se esperan dos picos endotérmicos para la primera curva de calentamiento, en cuyo caso se miden las alturas de pico de los dos picos y se determina la relación de las alturas de pico.

- Para el cálculo de la entalpía de una transición de picos endotérmicos antes del principal pico de fusión, se puede usar el siguiente procedimiento. Se supone que el efecto endotérmico se superpone al pico de fusión principal. El valor de referencia sigmoideo se elige para seguir la curva del pico de fusión principal, el valor de referencia se calcula mediante el software PerkinElmer Pyris™ mediante tangentes de estiramiento desde los límites izquierdo y derecho de la transición de picos. La entalpía calculada es la superficie del pico entre la transición de picos endotérmicos pequeña y el valor de referencia sigmoideo. Para correlacionar la entalpía con un % en peso, se puede usar una curva de calibración.

- La viscosidad intrínseca (IV) para polietileno se determina según el método PTC-179 (Hercules Inc. Rev. 29 de abril de 1982) a 135°C en decalina, siendo el tiempo de disolución 16 horas, con DBPC como antioxidante en una cantidad de 2 g/l de solución, al extrapolar la viscosidad según se mide a diferentes concentraciones hasta la concentración cero.

- Las cadenas laterales en una muestra de polietileno o UHMWPE se determina mediante FTIR en una película moldeada por compresión de 2 mm de grosor al cuantificar la absorción a 1375 cm^{-1} usando una curva de calibración basada en medidas de NMR (como, p. ej., en el documento EP 0 269 151)

- El módulo de tracción de revestimientos poliméricos para películas poliméricas independientes se midió según ASTM D-638(84) a 25°C y aproximadamente 50% de HR.

- La resistencia a la tracción de revestimientos poliméricos para películas poliméricas independientes se midió según ASTM D882-10 a 23°C y aproximadamente 50% de HR.

- Las propiedades electromagnéticas, p. ej. constante dieléctrica y pérdida dieléctrica, se determinaron para frecuencias de entre 1 GHz y 20 GHz con la bien conocida técnica del resonador posdieléctrico de ranura (SPDR). Para frecuencias de más de 20 GHz, p. ej. de entre 20 GHz y 144 GHz, se usó la técnica del resonador abierto (OR) para determinar dichas propiedades electromagnéticas, en donde se utilizó un instrumento resonador de Fabry-Perot clásico que tiene un espejo cóncavo y un espejo plano. Para ambas técnicas, se usaron muestras planas, es decir muestras que no tienen curvatura en el plano definido por su anchura y longitud. En el caso de la técnica de SPDR, el grosor de la muestra se eligió tan grande como fuera posible, estando limitado solamente por el diseño del instrumento, es decir la altura máxima del resonador. Para la técnica de OR, el grosor de la muestra se eligió para que fuera un número entero de aproximadamente $\lambda/2$, en donde λ es la longitud de onda a la que se lleva a cabo la medida. Puesto que en el caso de la técnica de SPDR, para cada frecuencia a la que se miden las propiedades dieléctricas se ha de utilizar un instrumento separado, la técnica de SPDR se llevó a cabo a las frecuencias de 1,8 GHz, 3,9 GHz y 10 GHz. Los instrumentos correspondientes a estas frecuencias están disponibles comercialmente y se adquirieron de QWED (Polonia) pero también son vendidos por Agilent. El software aportado con estos instrumentos se usó para computar las propiedades electromagnéticas. Para la técnica de OR, el instrumento se construyó según las instrucciones dadas en el Capítulo 7.1.17 de "*A Guide to characterization of dielectric materials at RF and Microwave Frequencies*" de Clarke, R N, Gregory, A P, Cannell, D, Patrick, M, Wylie, S, Youngs, I, Hill, G, Institute of Measurement and Control / National Physical Laboratory, 2003, ISBN: 0904457389, y todas las referencias citadas en ese capítulo, es decir las referencias 1 - 6, y en particular la referencia [3] R N Clarke y C B Rosenberg, "*Fabry-Perot and Open-resonators at Microwave and Millimetre-Wave Frequencies, 2 - 300 GHz*", *J. Phys. E: Sci. Instrum.*, 15, pp 9 - 24, 1982.

- El coeficiente de variación de la tangente de pérdida en un intervalo de frecuencia se calcula al medir al menos 3, preferiblemente al menos 5, valores de la tangente de pérdida en el intervalo de frecuencia, computando a partir de estos valores la tangente de pérdida promedio y la desviación estándar de la tangente de pérdida, y dividiendo dicha desviación estándar por dicho promedio. El coeficiente de variación se expresa en %.

Producción de cintas de UHMWPE

En una realización, un polietileno de peso molecular ultraalto con una viscosidad intrínseca de 20 dl/g se mezcló para convertirse en una suspensión al 7% en peso con decalina. La suspensión se alimentó a una extrusora y se mezcló a una temperatura de 170°C para producir un gel homogéneo. A continuación, el gel se alimentó a través de una boquilla de ranura con una anchura de 600 mm y un grosor de 800 µm. Después de extruirse a través de la boquilla de ranura, el gel se desactivó en un baño de agua, creando así una cinta de gel. La cinta de gel se estiró en un factor de 3,8 después de lo cual la cinta se secó en un horno que consistía en dos partes a 50°C y 80°C hasta que la cantidad de decalina estuviera por debajo de 1%. Esta cinta de gel seca se estiró posteriormente en un horno a 140°C, con una relación de estiramiento de 5,8, seguido por una segunda etapa de estiramiento a una temperatura del horno de 150°C para alcanzar un grosor final de 18 micrómetros. La anchura de las cintas era 0,1 m y su resistencia a la tracción 440 MPa. Para el propósito de la invención, las cintas fabricadas según esta realización se denominarán en la presente cintas hiladas en forma de gel.

En otra realización, se fabricó una cinta al prensar un polvo polimérico de UHMWPE que tenía un peso molecular promedio M_w de entre 4 y 5 millones, una IV de aproximadamente 26 dl/g hasta una cinta de 0,2 mm de grosor. El prensado se llevó a cabo en una prensa de doble correa a una temperatura de 125°C y una presión de aproximadamente 0,02 GPa. La cinta de 0,2 mm de grosor se arrolló haciéndola pasar a través de un par de rodillos giratorios contadores que tenían 100 mm de diámetro y diferentes velocidades periféricas a 130°C formando de ese modo una cinta alargada 6 veces. La cinta alargada se alargó adicionalmente aproximadamente 5 veces en un horno a aproximadamente 145°C. La cinta resultante tenía un grosor de aproximadamente 15 µm, una resistencia a la tracción de aproximadamente 1,7 GPa, un módulo de tracción de aproximadamente 115 GPa y una anchura de aproximadamente 80 mm. El procedimiento de esta realización era similar al procedimiento del documento EP 1 627 719 incluido en la presente mediante referencia. Para el propósito de la invención, las cintas fabricadas según esta realización se denominarán en la presente cintas en estado sólido.

EJEMPLOS 1 - 4 (referencia)

Se tejieron cintas de UHMWPE en estado sólido en una lámina tejida simple y una pluralidad de láminas se apilaron para producir un apilamiento de láminas. Se produjeron cuatro apilamientos que tenían un número de 5, 10, 16 y 23 láminas por apilamiento, respectivamente. Una sola hoja de papel de estraza se colocó sobre una superficie de cada uno de los apilamientos. Sobre la otra superficie de cada uno de los apilamientos, se colocó una película polimérica preformada de poli(cloruro de vinilo) (PVC) vendida por WIN Plastic Extrusion bajo el código de producto "Standard PVC film". La película de PVC tenía un grosor de aproximadamente 1000 µm, una resistencia a la tracción de aproximadamente 16 MPa, una elongación en la rotura de aproximadamente 350% y un módulo de tracción de aproximadamente 9,6 MPa. Cada ensamblaje se prensó en prensa hidráulica a una temperatura de 146°C con una presión de aproximadamente 160 bares durante un tiempo de permanencia de aproximadamente 35 minutos.

Después del tiempo de permanencia, el ensamblaje se enfrió hasta temperatura ambiente mientras se mantenía la presión activada. Después de la liberación de la presión, la película de PVC y el papel de estraza se retiraron. Las propiedades electromagnéticas de los apilamientos comprimidos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

	Grosor (mm)	Pérdida dieléctrica (radianes) × e^{-5} para frecuencias específicas							
		1,8 GHz	3,9 GHz	10 GHz	39,5 GHz	72 GHz	PROMEDIO	DESV. EST.	CV %
EJ. 1	0,9			14			12,2	4,76	39,05
EJ. 2	1,7		18						
EJ. 3	2,7				5	11			
EJ. 4	4,0	13							

EJEMPLOS 5 - 8

Se repitió el procedimiento del Ejemplo 1 con la diferencia de que un revestimiento disponible comercialmente de un HDPE se colocó en la forma de una película independiente entre la película preformada de PVC y el apilamiento de láminas. La película de HDPE tenía un grosor de 200 µm, una resistencia a la tracción de 57 MPa, un módulo de tracción de 896 MPa y una elongación en la rotura de 400%. Las propiedades electromagnéticas de los apilamientos comprimidos que incluyen el revestimiento de HDPE revestido sobre ambas caras con una película de HDPE se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

	Grosor (mm)	**Pérdida dieléctrica (radianes) × e^{-5} para frecuencias específicas**							
		1,8 GHz	**3,9 GHz**	**10 GHz**	**39,5 GHz**	**72 GHz**	**PROMEDIO**	**DESV. EST.**	**CV %**
EJ. 5	**1,0**						**11,5**	**5,68**	**49,45**
EJ. 6	**1,8**		**18**						
EJ. 7	**2.8**				**5**	**9**			
EJ. 8	**4,1**	**14**							

EJEMPLO 9 - 12 (referencia)

Una superficie de los materiales producidos en los Ejemplos 2 - 4 se imprimó al pulverizar con MIL-P-53022C, Type II para dar una capa de imprimación húmeda de 2,0-4,0 µm que posteriormente se secó hasta el endurecimiento durante 30 minutos bajo condiciones de 25ºC (77°F), 50% de humedad. La capa secada imprimada tenía un grosor de aproximadamente 1,0-2,0 µm. A continuación, la superficie imprimada se limpió de contaminación y se revistió al pulverizar con MIL-PRF-22750 Topcoat, Color #17925 Insignia White o RAL 9016 para dar una capa de revestimiento húmeda de 2,8-3,1 µm que posteriormente se secó hasta el endurecimiento durante 8 horas bajo condiciones de 25ºC (77°F), 50% de humedad. La capa secada de revestimiento tenía un grosor de aproximadamente 1,8-2,0 µm y se curó durante 7 días bajo las mismas condiciones durante el revestimiento. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

	Grosor (mm)	Pérdida dieléctrica (radianes) × e^{-5} para frecuencias específicas							
		1,8 GHz	3,9 GHz	10 GHz	39,5 GHz	72 GHz	PROMEDIO	DESV. EST.	CV %
EJ. 9	1,0						590	456	77.4
EJ. 10	1,8		1100						
EJ. 11	2,8				220				
EJ. 12	4,1	450							

EJEMPLOS COMPARATIVOS 1-4

Se elaboraron tres apilamientos que tenían diferentes grosores y que consistían en una pluralidad de láminas que tenía cada una una densidad superficial de aproximadamente 35 g/m^2. Las láminas consistían en fibras de UHMWPE alineadas unidireccionalmente conocidas como Dyneema® SK66 con una resistencia de 32,5 cN/dtex, un módulo de

1015 cN/dtex y una finura de 1 dpf y una relación de dimensiones de aproximadamente 5. Cada lámina también contiene 20% en peso de material de matriz basado en el peso total de la lámina. El material de matriz era Kraton (TM) y se aplicó a partir de una dispersión acuosa. Kraton es un copolímero de tres bloques de estireno-isopreno-estireno. El apilamiento se prensó a una temperatura de aproximadamente 125°C durante 15 minutos a una presión de aproximadamente 7 MPa. Las propiedades electromagnéticas del apilamiento comprimido se presentan en la Tabla 4. Los productos de estos experimentos son comparables con los presentados por H.P.J. de Vries y cols.

Tabla 4

	Grosor (mm)	Pérdida dieléctrica (radianes) × e^{-5} para frecuencias específicas							
		1,8 GHz	3,9 GHz	10 GHz	39,5 GHz	72 GHz	PROMEDIO	DESV. EST.	CV %
EJ. C. 1	1						800	464	58.11
EJ. C. 2	2		910						
EJ. C. 3	3				290	N/M			
C. Ex. 4	4	1200							

EJEMPLOS COMPARATIVOS DE LA BIBLIOGRAFÍA para radomos basados en materiales compuestos que contienen fibras de polietileno y matriz

	Pérdida dieléctrica (radianes) × e^{-5} para frecuencias específicas		
	10 MHz	Alrededor de 10 GHz	Más de 72 GHz
H.P.J. de Vries y cols.	20		
Chia-Lun J. Hu y cols.		200	
David S. Cordova y cols.		440	
NASA Tech Memo 110344			2000

Se usó un equipo de corte con chorro de agua para conformar y preparar todos los materiales para prueba. Los bordes cortados del material se sellaron con caucho silicónico para evitar la captación de humedad y la absorción de agua.

N/M = no medible debido a múltiples reflexiones y efectos de resonancia no deseados.

REIVINDICACIONES

1. Un material que comprende al menos un componente estratificado que contiene fibras de polietileno de peso molecular ultraalto que forman una tela, en donde el componente estratificado comprende al menos dos láminas y el material tiene una tangente de pérdida promedio de menos de 8×10^{-3} radianes según se mide a frecuencias de 1,8 GHz, 3,9 GHz, 10 GHz, 39,5 GHz y 72 GHz, siendo la tangente de pérdida promedio el valor de la tangente de pérdida que es un promedio de los valores para la tangente de pérdida obtenidos al medir la tangente de pérdida a cada una de dichas frecuencias, y en donde el componente estratificado comprende una superficie superior y una superficie inferior opuesta a la superficie superior, en donde al menos dicha superficie superior está revestida con un revestimiento polimérico.

2. El material según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las fibras de polietileno de peso molecular ultraalto forman una tela elegida del grupo de telas tejidas, tricotadas, fruncidas, trenzadas y no tejidas y sus combinaciones.

3. El material según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichas al menos dos láminas comprenden una tela tejida de fibras de polietileno de peso molecular ultraalto, preferiblemente una tela tejida de cintas de polietileno de peso molecular ultraalto.

4. El material según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el componente estratificado tiene una resistencia a la flexión de al menos 50 MPa.

5. El material según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichas superficies superior e inferior están revestidas con un revestimiento polimérico.

6. El material según la reivindicación 5, en el que el revestimiento polimérico tiene un grosor de al menos 0,5 µm.

7. El material según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que tiene un grosor de al menos 100 µm.

8. Una pared de radomo que comprende el material según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

9. Un radomo que comprende el material según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

10. Una ventana electromagnética que comprende el material según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

11. Un procedimiento para fabricar el material según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende las etapas de

a. proporcionar al menos dos láminas que comprenden fibras de polietileno de peso molecular ultraalto;

b. proporcionar al menos un película polimérica preformada;

c. apilar las al menos dos láminas para obtener un apilamiento de láminas que tiene una superficie superior y una superficie inferior, que es opuesta a la superficie superior, y colocar la al menos una película polimérica preformada al menos sobre la superficie superior para crear un ensamblaje que contiene dicho apilamiento de láminas y dicha película polimérica preformada;

d. comprimir el ensamblaje de la etapa c) a una presión de al menos 100 bares y a una temperatura de menos de la temperatura de fusión de las fibras de polietileno de peso molecular ultraalto, durante un tiempo de permanencia;

e. enfriar el ensamblaje hasta por debajo de 70°C, preferiblemente hasta temperatura ambiente, seguido por liberar la presión; y

f. retirar la película polimérica preformada del ensamblaje.

12. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que la película polimérica preformada comprende un material con base polivinílica o un material con base silicónica.

13. Un apilamiento de láminas comprimido obtenible con el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12.