



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 301 031**

51 Int. Cl.:

**H01Q 1/42** (2006.01)

**H01Q 1/00** (2006.01)

**F41H 5/04** (2006.01)

**B32B 3/22** (2006.01)

**H01Q 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05762110 .4**

86 Fecha de presentación : **20.07.2005**

87 Número de publicación de la solicitud: **1779463**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **02.05.2007**

54 Título: **Cúpula de protección balística.**

30 Prioridad: **25.07.2004 IL 163183**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.06.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.06.2008**

73 Titular/es: **Anafa-Electromagnetic Solutions Ltd.**  
**1/19 Haganim Street, P.O. Box 5301**  
**Kiriat Bialik 27206, IL**

72 Inventor/es: **Frenkel, Avraham**

74 Agente: **González Ballesteros, Pedro**

ES 2 301 031 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

Cúpula de protección balística.

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere en general a la protección de antenas de microondas y antenas de ondas milimétricas, y más específicamente a cúpulas protectoras transparentes. También se refiere a placas de blindaje para proteger equipos sensibles contra proyectiles u otros fragmentos balísticos.

10 **Antecedentes de la invención**

Los constructores de cúpulas con frecuencia usan laminados resistentes al impacto para proporcionar protección balística a antenas de microondas. De forma típica, se utilizan laminados hechos de fibra de aramida (Kevlar®) y fibras de polietileno (Spectra®, HDPE). La solicitud internacional WO 03/031901 describe una lámina tejida fibrosa de nanodienres que podría utilizarse para el diseño de cúpulas resistentes al impacto balístico. Los laminados o las láminas tejidas resistentes al impacto combinados con capas estructurales con trama tipo panal de abeja o núcleos de espuma sólida pueden formar básicamente una cúpula prácticamente transparente adecuada para una banda específica de frecuencias. El documento US 5.182.155 describe una estructura de cúpula compuesta en capas alternadas de Spectra® y trama de tipo panal de abeja dieléctrica.

El documento US 4.570.666, describe una estructura de cúpula hecha de una pared de metal perforado, en donde cada uno de los orificios se rellena con un tapón dieléctrico, proporcionando una mejor protección balística. Las ondas electromagnéticas se propagan a través de las perforaciones en una placa metálica gruesa si las aberturas son lo suficientemente grandes - de modo que la guía de ondas generada por un solo orificio está por encima de su frecuencia de corte. Dicha placa de metal podría estar hecha de acero balístico resistente, y los tapones podrían estar hechos de un material de cerámica balístico resistente (p. ej., nitruro de silicio), confiriendo juntos características de baja pérdida de microondas. Una desventaja importante de este planteamiento es la alta densidad de la estructura de acero que conduce a un peso excesivo.

Otro planteamiento de la técnica consiste en cúpulas de cerámica homogéneas. Dichas cúpulas comúnmente se usan en aplicaciones de alta temperatura, como en misiles de alta velocidad. No obstante, la fabricación correcta de dichas cúpulas es bastante costosa. Los materiales de cerámica resistentes al impacto por lo general son muy duros, lo que provoca dificultades en el procesamiento mecánico de la cúpula. Además, la tangente de pérdida de estos materiales de cerámica es sensible a los detalles del procedimiento de sinterización, de modo que los parámetros del procedimiento deben controlarse cuidadosamente en todo el volumen de la cúpula.

Se sabe bien que un conjunto denso de pequeñas unidades de cerámica incrustadas en una matriz dieléctrica adecuada puede servir como un escudo balístico eficaz. El documento US 6.112.635 describe una placa de blindaje compuesta hecha de una sola capa de cilindros de cerámica de contacto firmemente compactados unidos entre sí por un material solidificado. El documento EP1.363.101 A1 describe un blindaje balístico que comprende un conjunto de unidades de cerámica sin contacto compactadas entre sí por un material., que no es de cerámica. No. obstante, ambas patentes US 6.112.635 y EP1.363.101 A1 no se refieren a cúpulas de antenas y, por tanto, no son aplicables a microondas u ondas milimétricas.

El documento US 2003/0034933 A1 describe una cúpula para cubrir antenas de microondas y de ondas milimétricas, que comprende un núcleo de cerámica formado por una capa dieléctrica con inclusiones de metal (patrón interno), y dos capas ferroeléctricas externas de constante dieléctrica aproximadamente 33.

50 **Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 es una vista isométrica que muestra un segmento de la cúpula incorporada en la presente invención, que incluye una capa protectora principal compuesta por miembros capa cilíndricos y dos capas dieléctricas;

la Fig. 2 es una vista en corte frontal de un segmento de la capa protectora principal que muestra un conjunto periódico de mallado triangular de miembros capa cilíndricos que no están en contacto;

la Fig. 3A es una presentación esquemática de un miembro capa cilíndrico de la invención;

la Fig. 3B es una presentación esquemática de un miembro capa prismático cuadrado de la invención;

la Fig. 3C es una presentación esquemática de un miembro capa prismático hexagonal de la invención con forma hexagonal;

la Fig. 3D es una presentación esquemática de un miembro capa cilíndrico de la invención tapado en un extremo;

la Fig. 3E es una presentación esquemática de un miembro capa cilíndrico de la invención tapado en ambos extremos;

la Fig. 3F es una presentación esquemática de un miembro capa de la invención con forma de conos truncados duales unidos entre sí;

la Fig. 4 es una vista isométrica que muestra un segmento de una cúpula que abarca la presente invención, adecuada para frecuencias de banda X;

la Fig. 5A es una presentación esquemática de una configuración de una capa protectora principal que consiste en pares de miembros capa cilíndricos;

la Fig. 5B es una presentación esquemática de una configuración de una capa protectora principal que consiste en pares de miembros capa cilíndricos tapados en un solo lado;

la Fig. 5C es una presentación esquemática de una configuración de una capa protectora principal que consiste en pares de miembros capa con forma de conos truncados;

la Fig. 5D es una presentación esquemática de una configuración de una capa protectora principal de la Fig. 5A según una realización preferida de la invención;

la Fig. 5E es una presentación esquemática de una configuración de una capa protectora principal de la Fig. 5B según una realización preferida de la invención;

la Fig. 5F es una presentación esquemática de una configuración de una capa protectora principal de la Fig. 5C según una realización preferida de la invención;

la Fig. 6 es un gráfico que muestra los coeficientes de transmisión típicos de dos realizaciones de la cúpula que proporciona protección balística. Una curva es un coeficiente de transmisión típico para una cúpula que consiste en una sola capa protectora principal, y la otra curva es un coeficiente de transmisión típico de una cúpula compuesta por dos capas protectoras principales con espaciadores dieléctricos adecuados;

la Fig. 7 es un gráfico de transmitancia típica frente a la frecuencia normalizada de cúpulas que tienen configuraciones de miembros capa pareados del tipo que se muestra en la Fig. 6E, para diferentes longitudes de separación entre los miembros capa de un par.

### Descripción detallada de la invención

En las Fig. 1 y 2 a las que se hace referencia en primer lugar, se muestran respectivamente una vista isométrica y una vista en corte frontal de un segmento de de. la pared de una cúpula según una realización preferida de la presente invención. Para su fácil interpretación, las partes iguales en las diferentes figuras se indican, en lo sucesivo, con los mismos números, a menos que se especifique lo contrario. En la Fig. 1, se muestra un segmento de la pared de una cúpula 10 compuesta por una capa protectora principal (12) y dos capas dieléctricas (16) unidas a ambas superficies de la capa protectora principal. La capa protectora principal (12) consiste en miembros capa cilíndricos mutuamente espaciados y firmemente compactados (14). Como se puede observar en la Fig. 2, los miembros capa (14) están incrustados en una matriz dieléctrica que sostiene juntos todos los miembros capa, formando un conjunto periódico de mallado triangular (20).

Las capas dieléctricas (16) están típicamente hechas de Kev-lar® o polietileno (HDPE) y pueden estar unidas en la parte frontal de la capa protectora principal que mira hacia la amenaza balística, y en la parte posterior de la capa protectora principal. Si bien las capas dieléctricas son opcionales, pueden mejorar el desempeño balístico de la cúpula, detener fragmentos y sintonizar la cúpula para un ancho de banda máximo en frecuencia.

Los miembros capa (14) pueden estar hechos de cualquier material que tenga la resistencia a la tracción mecánica adecuada para proporcionar protección a la antena. Según la presente invención, una protección balística para la antena se logra con miembros capa hechos de material duro, como materiales nanoparticulados, cerámicas y aleaciones de metal diseñados para soportar proyectiles de masa y velocidad especificadas. Muchos de estos materiales no son adecuados para aplicaciones en microondas u ondas milimétricas debido a sus pérdidas dieléctricas o conductoras. Por tanto, dichos miembros capa se recubren con materiales altamente conductores de electricidad. El grosor de la capa conductora es mayor que dos profundidades de penetración, con el fin de reducir las pérdidas conductoras en estas frecuencias de radiación. Por ende, un miembro capa de la invención tiene una superficie eléctricamente conductora. Se prefiere la cerámica a otras aleaciones metálicas duras, debido a la relación entre el peso y la protección balística. Las unidades de acero sólido también se pueden utilizar, aunque el acero podría no ser el más eficaz desde el punto de vista balístico. No obstante, el acero es una opción válida equivalente desde el punto de vista electromagnético. Se puede aplicar cualquier otro material adecuado que satisfaga simultáneamente las propiedades mecánicas y electromagnéticas requeridas.

Los miembros capa están mutuamente espaciados y, por tanto, eléctricamente aislados. Como se muestra en la figura, un intersticio (18), continuo a través de toda la capa y relleno con la matriz dieléctrica, está formado dentro de la capa protectora principal. Ya que el campo eléctrico de la radiación electromagnética está transversalmente polarizado, no hay ningún efecto de corte que evite que la radiación se propague a través del intersticio continuo. No

obstante, la impedancia de baja eficacia de las superficies marginales frontal y posterior de la capa protectora principal (la mayor parte del área de estas superficies es conductora), usualmente conduce a una baja transmitancia debido al gran contraste con la impedancia de vacío.

5 Para mejorar la transmitancia de la cúpula, la presente invención utiliza un efecto de resonancia. Se conocen en la técnica las superficies selectivas de frecuencia de ranuras resonantes en una superficie conductora delgada, y demuestran que una resonancia puede potenciar la transmisión a través de una superficie conductora, hasta completar la transmisión en las frecuencias resonantes. La presente invención se basa en un mecanismo de resonancia diferente. A saber, la altura de los miembros capa (o la longitud del eje principal de los miembros capa longitudinales que es también el espesor de la capa protectora principal) cumple estrictamente la condición de resonancia dada por la ecuación:  $h=(2n-1) \lambda_g/2$ , en donde  $h$  es el ancho de la capa protectora principal,  $n$  es un número entero ( $n=1,2,3,\dots$ ) y  $\lambda_g$  es la longitud de onda de la radiación propagada en la matriz dieléctrica.

15 Las capas dieléctricas adicionales (16) sirven como transformadores de impedancia, de modo que la cúpula permite prácticamente la transmisión total dentro de una banda de frecuencias. El ancho de banda de frecuencia típico para incidencia normal a 0,5 dB de pérdida de transmisión puede variar entre 5% y 15% del valor de frecuencia de resonancia, como se describe a continuación.

20 Las diferentes formas del miembro capa, como se muestran en las Fig. 3A-3F, llevan un valor de transmitancia específico a la capa protectora principal y determinan el grado de protección balística provista. La cúpula de la presente invención permite cualquier cuerpo longitudinal, lo que incluye, aunque sin limitarse a ello, las formas geométricas exhibidas en las Fig. 3B-3F. Además de la forma cilíndrica empleada en una realización preferida y descrita en la Fig. 3A, un elemento prismático cuadrado, como se muestra en la Fig. 3B, forma un conjunto periódico expresado como un mallado cuadrado. Un prisma hexagonal, como se muestra en la Fig. 3C, forma un mallado triangular. Otras 25 posibilidades son un cilindro tapado unilateralmente con una esfera, como se muestra en la Fig. 3D o un cilindro tapado bilateralmente con esferas, como se muestra en la Fig. 3E, beneficiosas desde el punto de vista balístico. Además, el perfil transversal en sí mismo podría variar a lo largo del eje principal del cuerpo del miembro capa, como se muestra en la Fig. 3F.

30 La forma geométrica del miembro capa y el espaciado entre los miembros adyacentes básicamente se seleccionan en base a fundamentos balísticos. No obstante, la frecuencia de operación de la cúpula está también afectada por el ancho del intersticio continuo y la forma de los miembros capa y, por tanto, limita el alcance de su eficacia balística.

35 En frecuencias mayores que la banda C, una cúpula con una sola capa protectora principal puede no proveer suficiente protección balística. La presente invención permite lograr la protección balística necesaria con miembros capa concordante con la ecuación de resonancia  $h=(2n-1)\lambda_g/2$  para valores  $n$  superiores ( $n>1$ ). No obstante, el ancho de banda de frecuencia asociado con una resonancia superior ( $n>1$ ) es más angosto que el ancho de banda de la resonancia dominante ( $n=1$ ). Alternativamente, la presente invención permite una estructura de múltiples capas protectoras principales con espaciadores dieléctricos adecuados para lograr un nivel superior de protección balística, a la vez que se mantiene un ancho de banda de frecuencia amplio. El ancho del espaciador dieléctrico no es más grande que la mitad de la longitud de onda de la radiación que se propaga en el intersticio continuo.

45 En la Fig. 4, a la que se hace referencia ahora, se muestra otra realización preferida de la presente invención, adecuada para frecuencia de radiación en la banda X. Una pared de la cúpula cuadrada (10) de esta realización preferida se muestra compuesta por dos capas protectoras principales (12), donde cada una consiste en un conjunto de miembros capa cilíndricos (14), unidos a ambas caras de una capa dieléctrica (16). Dos capas dieléctricas adicionales (16) están unidas, una en el frente y la otra en la parte posterior de las superficies de la estructura de dos capas principales.

50 En otra realización de la presente invención, una capa dieléctrica uniforme delgada encapsula los miembros capa que, como se describió anteriormente, tienen una superficie eléctricamente conductora. Los miembros capa pueden ser ajustada y firmemente compactados antes de sumergirse en la matriz dieléctrica, a la vez que mantienen las dimensiones y la forma del intersticio continuo. Según el documento EP 1.363.101A1, las propiedades balísticas no ocurren desde el espaciado pequeño adicional entre los miembros capa.

55 La cúpula que provee protección balística según la presente invención puede fabricarse para asumir cualquier curvatura de la superficie. Esto se logra mediante un molde adecuado y también utilizando miembros capa que tengan formas diferentes. En regiones de una curvatura relativamente grande, se permite que las distribuciones de los miembros capa se desvíen un poco de una periodicidad perfecta. No obstante, hay limitaciones a dicha desviación, donde el grado de desviación se relaciona con la frecuencia de operación y el ancho de banda. A saber, las regiones en las que ocurren desviaciones de la distancia media entre los centros de miembros adyacentes no deberán extenderse más de algunas longitudes de onda en dimensiones. Además, el área total de dichas regiones debe ser menor que algunos porcentajes del área total de la cúpula.

65 De forma típica, las características electromagnéticas de los materiales empleados en la fabricación de una cúpula según la invención no son lo suficientemente precisas. Aquellos familiarizados con la técnica saben también que las dimensiones y algunas de las características electromagnéticas de los miembros capa pueden cambiar durante el procedimiento de fabricación. Por tanto, se puede esperar que o bien durante el procedimiento de desarrollo de una cúpula o durante las etapas de producción preliminares, la frecuencia de operación de la cúpula se desplace de su valor

deseado. Alternativamente, una cúpula determinada de la presente invención que tiene una frecuencia de operación específica tiene que ser rediseñada para tener una frecuencia de operación levemente diferente de su valor original. El método según la presente invención provee la sintonización de la frecuencia de operación de una cúpula, utilizando los miembros capa anteriormente mencionados para formar la capa protectora principal con una configuración diferente, como se describirá a continuación.

Se hace referencia ahora a las Fig. 5A-5C en las que se muestran tres configuraciones ilustrativas de un par de miembros capa de la capa protectora principal según otra realización. Las capas protectoras principales en estos ejemplos incluyen una distribución plana de una pluralidad de pares de miembros capa. Los miembros del par están dispuestos coaxialmente uno encima del otro, siendo cada uno una imagen espejada del otro. Están espaciados por un intersticio predeterminado y sus ejes principales son normales a la capa protectora principal. Dicha configuración se denomina en lo sucesivo configuración de miembros capa pareados (paired layer members configuration o PLMC), que es distinta de la configuración de miembros monocapa de la capa protectora principal descrita anteriormente en este documento.

En la Fig. 5A, se muestran dos cilindros 12A de un par de miembros capa, espaciados por un intersticio 24A. En la Fig. 5B, se muestran dos cilindros tapados en un solo lado 12B de un par de cilindros tapados en un solo lado, siendo cada uno una imagen espejada del otro, separados por un intersticio 24B. De manera similar, en la Fig. 5C el par de miembros capa son conos truncados 12C separados por un intersticio 24C. Los intersticios entre cada uno de los miembros capa de un par modifican la geometría del intersticio continuo anteriormente mencionado y, en consecuencia, producen su frecuencia de resonancia. No obstante, el ancho de la capa protectora que equivale a la suma de las alturas de los dos miembros capa de un par y el ancho del intersticio entre ellos tienen que cumplir estrictamente la condición resonante ya mencionada. A saber, este ancho tiene que igualar en la mayor medida posible el valor de  $w$  dado por la ecuación:  $w=(2n-1)\lambda_g/2$ , en donde  $\lambda_g$  es la longitud de onda de la radiación electromagnética que se propaga en el material dieléctrico que llena el intersticio continuo, y  $n$  es un número entero. No obstante, la altura del miembro capa también impacta las características balísticas de la cúpula. Por tanto, dentro de límites prácticos, cuanto más anchos sean los intersticios, menor será la frecuencia de operación resultante, como se describe en el ejemplo 2 a continuación.

Se hace referencia ahora a las Fig. 5D-5F en las que se muestran esquemáticamente las mismas PLMC ilustrativas según otra realización preferida de la presente invención. Como se muestra en las Fig. 5D-5F, se disponen discos metálicos 26D, 26E y 26F en el medio de los intersticios ubicados entre dos miembros de cada par, coaxialmente con los miembros del par. Los discos están hechos del mismo material que los miembros capa o de un material diferente. Los discos también están recubiertos de forma similar con el mismo material eléctricamente conductor. Los discos pueden estar eléctricamente aislados o en contacto con uno o ambos miembros capa pareados. Por tanto, variando el ancho del intersticio entre los miembros capa de un par y/o cambiando las dimensiones de los discos, varía la forma geométrica del intersticio continuo y en consecuencia se efectúa la frecuencia de operación de la cúpula, como se describe adicionalmente en el ejemplo 2.

#### Ejemplo 1

Se construyen dos cúpulas ilustrativas diferentes que implementan una configuración de miembro monocapa según dos realizaciones preferidas de la presente invención. Una de estas cúpulas implementa la única capa protectora principal, como se describe en la Fig. 1, y la otra cúpula implementa una capa protectora principal doble, como se describe en la Fig. 4. La altura de los miembros capa cumple con la condición resonante previamente mencionada  $h=\lambda_g/2$  para una frecuencia de resonancia específica. Las restricciones al diseño de la cúpula regidas por el efecto resonante del intersticio continuo pueden explicarse mejor refiriéndose a la Fig. 6. Muestra trazados típicos de transmitancia frente a frecuencia de operación normalizada, medida en unidades de frecuencia de resonancia y obtenida para ambas cúpulas. El trazado indicado por (30) representa la configuración de una sola capa mientras que la configuración de dos capas está representada por el trazado indicado por (32). Ambas curvas están normalizadas para tener el mismo valor de transmitancia en la frecuencia de resonancia.

#### Ejemplo 2

Se construyen cúpulas de PLMC ilustrativas que emplean miembros capas cilíndricos tapados en un solo lado, como se muestra en la Fig. 5E, a la que se hace referencia nuevamente, según una realización preferida de la presente invención. La altura de los miembros capa es  $h=0,18\lambda_g$ , y el radio de los miembros capa es  $0,127\lambda_g$ . La sintonización de la frecuencia de operación de dichas cúpulas se logra cambiando el ancho del intersticio entre los miembros capa de un par o cambiando las dimensiones del disco. En este ejemplo específico, la altura del disco equivale al ancho del intersticio, de modo que el disco está en contacto con ambos pares de miembros y el radio del disco de metal es  $0,104\lambda_g$ . Se demuestra una capacidad de sintonización de aproximadamente 20% de la frecuencia de resonancia de la cúpula por referencia a la Fig. 7. Se muestran los trazados de la transmitancia de las diversas cúpulas frente a la frecuencia normalizada medida en unidades de frecuencia de resonancia. Estas cúpulas varían con respecto al tamaño de los intersticios respectivos que existen entre los miembros capa pareados. Las curvas (50), (52), (54) y (56) representan cúpulas que tienen tamaños de intersticio de 0,144h, 0,180h, 0,216h y 0,252h respectivamente.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para proveer protección a antenas de microondas y ondas milimétricas, que comprende disponer por lo menos un conjunto denso y firmemente compactado de miembros capa sustancialmente longitudinales (14) que forman una capa protectora principal uniforme (12), de modo tal que los ejes principales de dichos miembros capa sustancialmente longitudinales sean normales a dicha capa protectora principal, en donde dichos miembros capa están mutuamente espaciados formando un intersticio continuo (18) en dicho conjunto, y en donde por lo menos una porción de una superficie de dichos miembros capa es altamente conductora de corriente eléctrica, y en donde dichos miembros capa están mutuamente aislados eléctricamente, y **caracterizado** por hacer que el ancho de dicha capa protectora principal (12) cumpla estrictamente una condición de resonancia dada por la ecuación:

$$w = (2n - 1)\lambda_g/2,$$

en donde w es el ancho de dicha capa protectora principal;

n es un número entero; y  $\lambda_g$  es la longitud de onda de la radiación propagada en dicho intersticio continuo.

2. Un método según la reivindicación 1, que comprende además recubrir dichos miembros capa con material dieléctrico.

3. Un método según la reivindicación 1, que comprende además sumergir dichos miembros en por lo menos una matriz dieléctrica.

4. Un método según la reivindicación 1, que comprende además unir una capa dieléctrica a por lo menos una superficie de dicha capa protectora principal, en donde el ancho de dicha capa dieléctrica no excede una mitad de la longitud de onda de la radiación propagada en la capa dieléctrica.

5. Un método según la reivindicación 1, en donde dichos miembros capa sustancialmente longitudinales están además pareados en dicha capa protectora principal, y en donde cada miembro de un par (12A-12C) tiene su eje principal colineal con el otro miembro del par, y en donde en cada par, los miembros capa están separados por un intersticio predefinido.

6. Un método según la reivindicación 5, que comprende además disponer en dicho intersticio predefinido un disco (26D-26F) que tiene una superficie conductora eléctrica.

7. Un método según la reivindicación 6, en donde dicho disco está eléctricamente aislado de por lo menos uno de dichos miembros capa pareados.

8. Un método según la reivindicación 6 ó 7, que comprende además sintonizar la frecuencia de operación de dicha capa protectora principal cambiando el valor de por lo menos un artículo seleccionado entre un grupo que consiste en los siguientes artículos: el ancho del intersticio entre los miembros capa de un par, el radio de dicho disco, la altura de dicho disco.

9. Una cúpula (10) para proveer protección a antenas de microondas y ondas milimétricas, que comprende por lo menos una capa protectora principal (12), en donde dicha capa protectora principal consiste en una pluralidad de miembros sustancialmente longitudinales (14) que forman un conjunto firmemente compactado, y en donde el eje principal de dichos miembros sustancialmente longitudinales es normal a la superficie de dicha capa protectora principal, y en donde dichos miembros están mutuamente espaciados y eléctricamente aislados formando un intersticio continuo (18) en dicho conjunto, y en donde por lo menos una porción de dichos miembros capa tiene una superficie altamente conductora de electricidad, **caracterizada** porque el ancho de dicha capa protectora principal (12) cumple estrictamente la condición resonante dada por la ecuación  $w=(2n-1)\lambda_g/2$ , en donde w es el ancho de dicha capa protectora principal; n es un entero; y  $\lambda_g$  es la longitud de onda de la radiación propagada en dicho intersticio continuo.

10. Una cúpula según la reivindicación 9, que comprende además una capa dieléctrica (16) unida a por lo menos una superficie de dicha capa protectora principal.

11. Una cúpula según la reivindicación 10, en donde dicha capa dieléctrica está compuesta por materiales seleccionados entre el grupo que consiste en: Kevlar® y polietileno de alta densidad.

12. Una cúpula según la reivindicación 9, en donde dichos miembros capa están hechos de materiales que absorben la energía mecánica y materiales resistentes a la tracción, acomodados para soportar proyectiles.

13. Una cúpula según la reivindicación 9, en donde dichos miembros capa están hechos de materiales seleccionados entre el grupo que consiste en: cerámica, aleaciones metálicas, cerámica nanoparticulada y aleaciones metálicas nanoparticuladas.

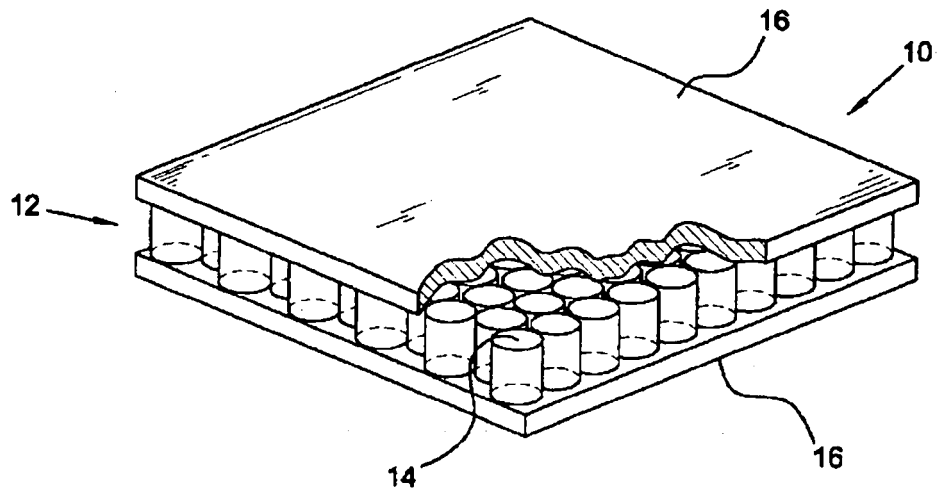


Fig. 1

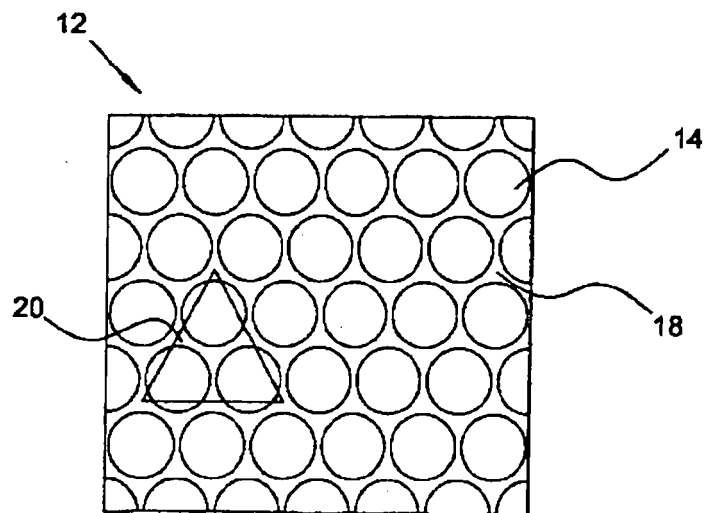


Fig. 2

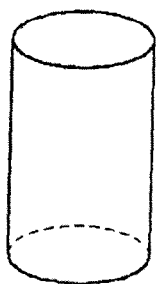


Fig. 3A

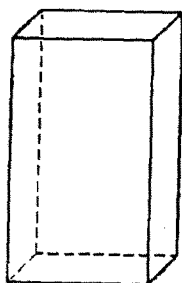


Fig. 3B

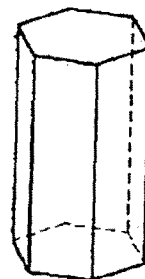


Fig. 3C



Fig. 3D



Fig. 3E

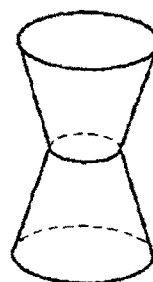


Fig. 3F

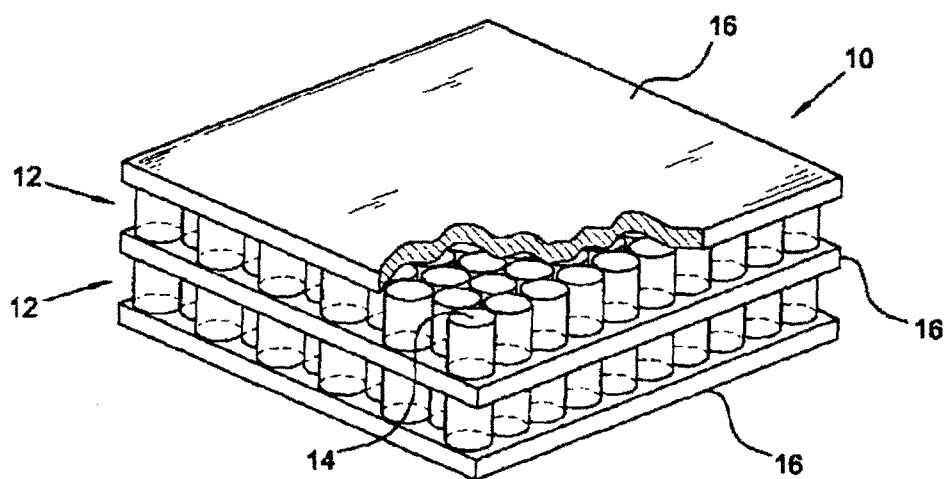


Fig. 4



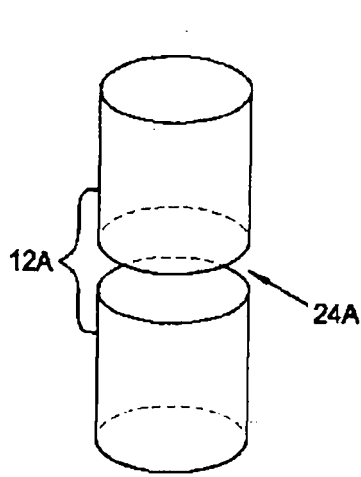


Fig. 5A

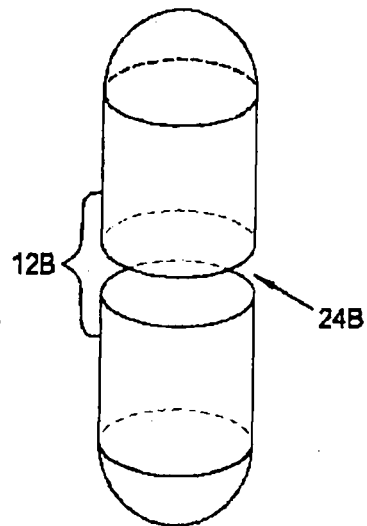


Fig. 5B

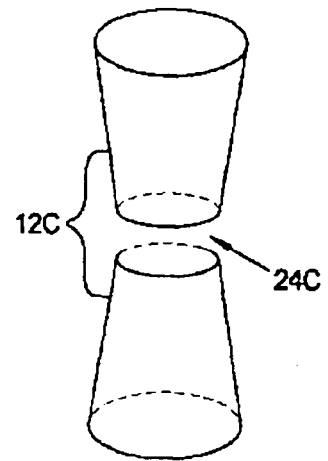


Fig. 5C

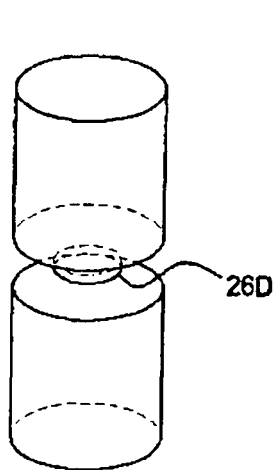


Fig. 5D

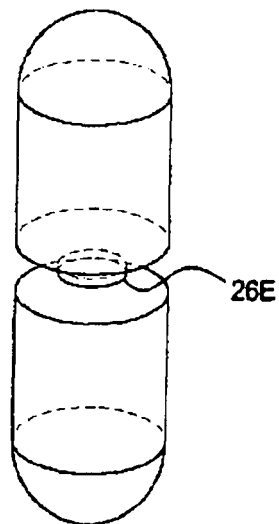


Fig. 5E

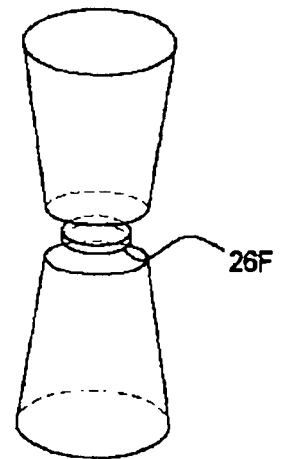


Fig. 5F

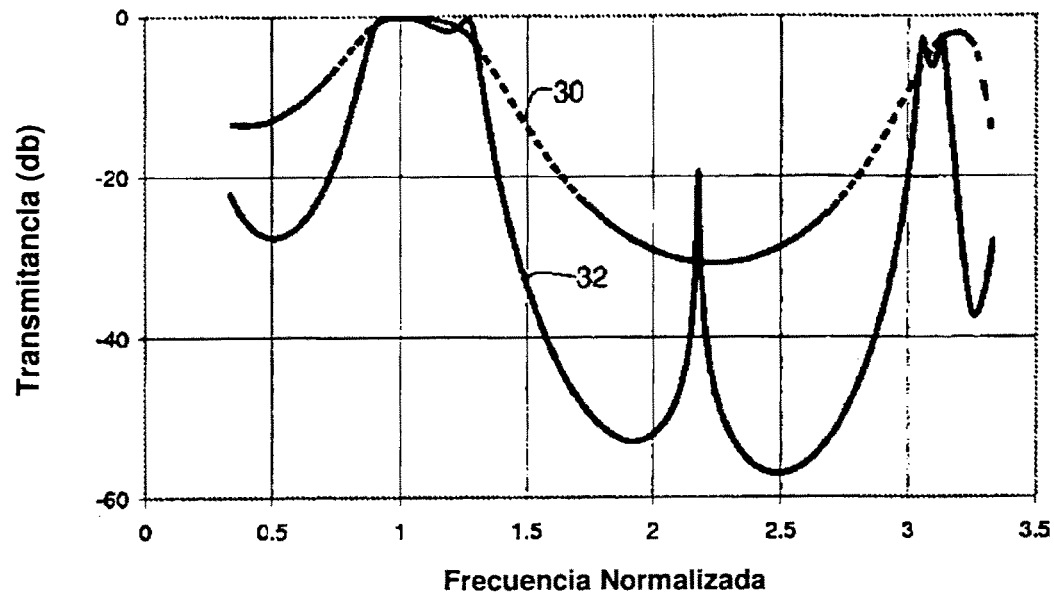


Fig. 6

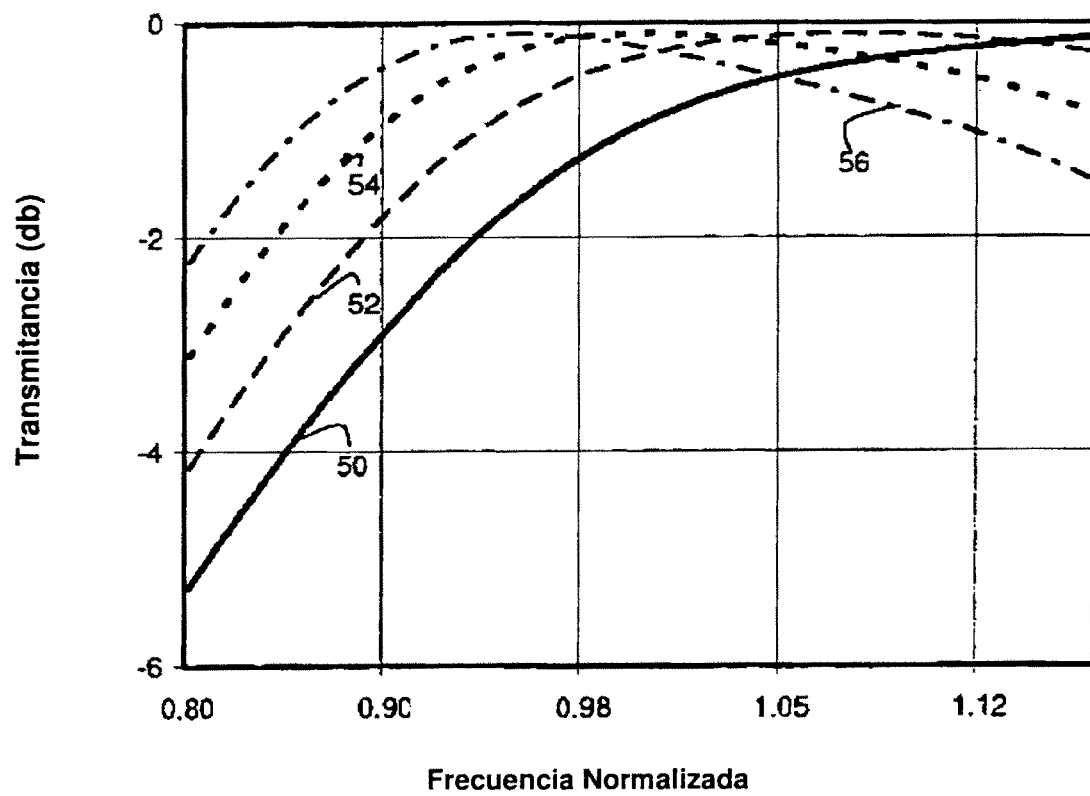


Fig. 7