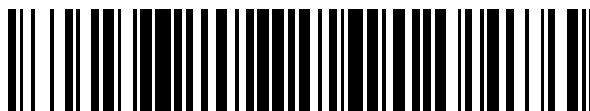


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 261**

51 Int. Cl.:

B32B 17/10 (2006.01)
B29C 65/16 (2006.01)
B29C 65/14 (2006.01)
B28B 11/08 (2006.01)
B29C 65/82 (2006.01)
B29C 70/54 (2006.01)
B29C 70/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2011 PCT/US2011/060248**
87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012 WO12082275**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2011 E 11788285 (2)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 2651638**

54 Título: **Fibras selectivamente acopladas en materiales compuestos**

30 Prioridad:

15.12.2010 US 968575

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.12.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**KOZAR, MICHAEL P.;
WILENSKI, MARK S. y
STANLEY, DANIEL C.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 648 261 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

Fibras selectivamente acopladas en materiales compuestos

Campo

5 La presente divulgación se refiere, en general, a materiales compuestos y, más en particular, a artículos compuestos reforzados con fibras que presenten un comportamiento balístico mejorado.

Antecedentes

10 Las estructuras compuestas habitualmente comprenden una matriz reforzada con fibras, en la que las fibras están embebidas en la matriz. Las estructuras compuestas están diseñadas para transmitir cargas a lo largo de las fibras. Las cargas de una fibra pueden transferirse a otra fibra situada en la misma capa o a fibras situadas en una capa adyacente, al pasar a través del material de la matriz. Sin embargo, habitualmente la matriz es más débil que las fibras por lo que, cuando se transmite una carga suficientemente elevada desde una fibra a otra a través de la matriz, la matriz fallará. El fallo de la matriz permite que las fibras se desplacen lateralmente dentro de la estructura compuesta.

15 Durante un suceso balístico en el que un proyectil pueda impactar sobre un panel compuesto, la capacidad de las fibras para desplazarse lateralmente, o hacia los lados, generalmente es perjudicial para el rendimiento balístico general del panel compuesto. Por ejemplo, la capacidad de las fibras en la matriz para desplazarse lateralmente permitirá que el proyectil se introduzca entre las fibras. La introducción del proyectil entre las fibras permite que el proyectil penetre en el espesor de un panel compuesto, sin fracturar las fibras. A este respecto, el movimiento lateral de las fibras y la posterior introducción del proyectil reduce la capacidad de rendimiento balístico del panel.

20 Como puede observarse, existe la necesidad en la técnica de una estructura compuesta que proporcione una susceptibilidad reducida al movimiento lateral de las fibras, de manera que pueda mejorarse el rendimiento balístico.

Breve resumen

25 Las necesidades anteriormente descritas asociadas con estructuras compuestas para aplicaciones balísticas se abordan y alivian específicamente mediante la presente divulgación que, en una realización, proporciona un artículo compuesto que tiene múltiples fibras embebidas dentro de una matriz. Las fibras incluyen una primera fibra y una segunda fibra, que están orientadas en relación sustancialmente paralela entre sí. La primera y la segunda fibras están conectadas entre sí, en uno o más puntos de conexión discretos.

Se da a conocer adicionalmente un método de fabricación de un artículo compuesto, como se define en la reivindicación 10.

30 Las características, funciones y ventajas que se han analizado pueden lograrse de manera independiente en diversas realizaciones de la presente divulgación, o pueden combinarse en otras realizaciones, cuyos detalles adicionales pueden observarse con referencia a la siguiente descripción y a los dibujos que la siguen.

Breve descripción de los dibujos

35 Estas y otras características de la presente divulgación resultarán más evidentes tras la referencia a los dibujos, en los cuales los mismos números se refieren a las mismas partes en todo el documento, y en los cuales:

La Figura 1 es una ilustración en perspectiva de un artículo compuesto, en una realización que comprende una matriz y múltiples fibras;

40 La Figura 2 es una ilustración en perspectiva despiezada del artículo compuesto de la Figura 1, y que ilustra múltiples capas de las fibras en una realización en la que las fibras están conectadas entre sí, a intervalos periódicos, en puntos de conexión discretos;

La Figura 3 es una ilustración en perspectiva ampliada de una porción del artículo compuesto de la Figura 1, y que ilustra una disposición de las capas de fibras dentro de la matriz, y que ilustra adicionalmente el acoplamiento en el plano de las fibras de cada capa;

45 La Figura 4 es una ilustración en sección ampliada de un artículo compuesto, similar al que se ilustra en la Figura 3, y que ilustra una realización de las fibras con una sección transversal que tiene forma generalmente alargada;

La Figura 5 es una ilustración esquemática de una única capa de fibras, conectadas entre sí en múltiples puntos de conexión, y que representa un acoplamiento en el plano de fibras adyacentes;

5 La Figura 6 es una ilustración esquemática de las fibras, en la que las capas están dispuestas en una configuración unidireccional y en la que las fibras están conectadas en múltiples puntos de conexión, a través de las capas, que representan un acoplamiento fuera del plano de fibras adyacentes en una configuración unidireccional del artículo compuesto;

10 La Figura 7 es una ilustración esquemática de un par de capas de fibras, dispuestas en una configuración unidireccional y que ilustra múltiples puntos de conexión, que conectan las fibras adyacentes y que representan el acoplamiento en el plano y fuera del plano de fibras adyacentes en una configuración unidireccional del artículo compuesto;

La Figura 8 es una ilustración esquemática de un par de capas de fibras, dispuestas en una configuración de hilos cruzados, y que ilustra múltiples puntos de conexión que conectan las fibras a través de las capas en una disposición escalonada, que representan el acoplamiento fuera del plano de fibras adyacentes en una configuración de hilos cruzados de un artículo compuesto;

15 La Figura 9 es una ilustración esquemática de un par de capas de fibras dispuestas en una configuración de hilos cruzados, y que ilustra múltiples puntos de conexión que conectan las fibras a través de las capas y que representan el acoplamiento de las fibras de una capa con fibras adyacentes y no adyacentes de una capa adyacente, en una configuración de hilos cruzados del artículo compuesto;

20 La Figura 10 es una ilustración de un artículo compuesto que incluye múltiples capas, y que ilustra una capa más externa de fibras conectadas con múltiples puntos de conexión, en una configuración en el plano;

La Figura 11 es una ilustración simulada por ordenador de un suceso de impacto de un proyectil que impacta sobre un artículo compuesto, y que ilustra el acoplamiento en el plano de las fibras que impide la introducción del proyectil entre las fibras; y

25 La Figura 12 es una ilustración de un diagrama de flujo de una o más operaciones, que pueden incluirse en una metodología para fabricar un artículo compuesto que tenga múltiples puntos de conexión.

Descripción detallada

30 Con referencia ahora a los dibujos, en los que las exposiciones tienen el propósito de ilustrar las realizaciones preferidas y diversas de la divulgación, en la Figura 1 se muestra una realización de un artículo compuesto 10. El artículo compuesto 10 puede fabricarse como un panel compuesto 14 reforzado con fibras, que comprende una matriz polimérica 22 sustancialmente transparente y múltiples fibras 30 sustancialmente transparentes, que pueden estar embebidas dentro de la matriz polimérica 22. Aunque la configuración del panel 14 ilustrada en la Figura 1 tiene unas superficies 16 del panel, el artículo compuesto 10 puede proporcionarse con cualquiera de una amplia variedad de tamaños, formas y configuraciones, sin limitación, y puede incluir superficies de curvatura planas y/o compuestas.

35 Con referencia a la Figura 2, se muestra una ilustración despiezada del panel 14 de la Figura 1 que ilustra múltiples fibras 30, que están formadas como tiras alargadas y dispuestas en capas 60. Las fibras 30 pueden estar orientadas en relación sustancialmente paralela entre sí en cualquier capa 60 dada, aunque se contemplan orientaciones no paralelas de las fibras 30 dentro de una capa 60. El artículo compuesto 10 dado a conocer en el presente documento permite el acoplamiento selectivo de las fibras 30 entre sí en uno o más puntos discretos 80 de conexión, como se ilustra en la Figura 2. Por ejemplo, la Figura 2 ilustra tres de las capas 60, incluyendo cada una múltiples fibras 30 dispuestas sustancialmente paralelas entre sí. Las fibras 30 de cada una de las capas 60 están conectadas a fibras 30 adyacentes en múltiples puntos 80 de conexión, que pueden estar separados a cualquier intervalo deseado a lo largo de una o más de las fibras 30. El acoplamiento de las fibras 30 en uno o más puntos discretos 80 de conexión puede forzar la interacción y/o cooperación entre fibras 30 adyacentes y no adyacentes, que puedan alterar significativamente las trayectorias de carga (por ejemplo, la dirección y/o longitud de las trayectorias de carga) a través del artículo compuesto 10 y puedan limitar la propagación del daño a través del artículo compuesto 10, que pueda producirse por ejemplo durante un suceso de fractura tal como un suceso de impacto balístico. Adicionalmente, la adición de acoplamientos de las fibras 30 en uno o más puntos discretos 80 de conexión puede mejorar y/o controlar ventajosamente las propiedades mecánicas del artículo compuesto 10, incluyendo la mejora de propiedades tales como la resistencia al cizallamiento interlaminar, la rigidez, la resistencia a la compresión, la tenacidad a la fractura y la tolerancia al daño del artículo compuesto 10.

Aunque la Figura 2 ilustra un acoplamiento 82 en el plano de las fibras 30 en cada capa 60, la presente divulgación contempla adicionalmente un acoplamiento 84 fuera del plano de las fibras 30, o combinaciones del acoplamiento 82

en el plano y el acoplamiento 84 fuera del plano de las fibras 30 en una cualquiera de diversas disposiciones diferentes, como se describe a continuación. El efecto técnico del acoplamiento selectivo de fibras 30 entre sí resulta en una mejora del artículo compuesto 10 para resistir la penetración de un proyectil, a través del artículo compuesto 10. Más específicamente, al acoplar las fibras 30 entre sí en puntos 80 de conexión seleccionados a lo largo del artículo compuesto 10, se reduce la capacidad de un proyectil para introducirse entre las fibras 30. Adicionalmente, el acoplamiento selectivo de las fibras 30 entre sí en uno o más puntos 80 de conexión a través del artículo compuesto 10 proporciona un medio para controlar el tamaño o el área del artículo compuesto 10, que podría sufrir daños como resultado del impacto de un proyectil. A este respecto, el acoplamiento selectivo de las fibras 30 en uno o más puntos 80 de conexión en todo el artículo compuesto 10 proporciona un medio para ajustar o adaptar la rigidez del artículo compuesto 10, para mejorar el rendimiento balístico y/o estructural.

Con referencia a la Figura 3, se muestra una ilustración en perspectiva ampliada del artículo compuesto 10, que ilustra las fibras 30 dispuestas en capas 60 dentro de la matriz 22. En la Figura 3, cada una de las capas 60 incluye fibras 30 orientadas sustancialmente paralelas entre sí. Las fibras 30 de cada capa 60 están orientadas perpendicularmente con respecto a las fibras 30 de las capas 60 adyacentes, formando una configuración de hilos cruzados en el artículo compuesto 10 similar a la que se ilustra en la Figura 2. Sin embargo, las fibras 30 pueden disponerse en cualquier orientación relativa entre sí dentro del artículo compuesto 10, y no están limitadas a las disposiciones ilustradas en las Figuras 2 y 3. Por ejemplo, las fibras 30 de cada una de las capas 60 pueden orientarse paralelas a las fibras 30 de las capas 60 adyacentes, formando una configuración unidireccional 70 (Figura 6) del artículo compuesto 10. Más adicionalmente, las fibras 30 de cualquier capa 60 dada pueden orientarse en cualquier ángulo, sin limitación, con relación a la orientación de las fibras 30 de capas 60 adyacentes. Por ejemplo, las fibras 30 de una capa 60 pueden orientarse en cualquier ángulo no perpendicular (es decir, 15°, 22,5°, 45°, 60°, 75°, etc.) con relación a las fibras 30 de una de las capas 60 que esté adyacente.

Aunque el artículo compuesto 10 ilustrado en la Figura 3 tiene tres capas 60 de fibras 30, puede proporcionarse cualquier cantidad de capas 60. Por ejemplo, el artículo compuesto 10 puede contener una única capa 60 de fibras 30, o decenas o más de capas 60. Las fibras 30 de una o más de las capas 60 pueden estar dispuestas en una relación de contacto o sin contacto con respecto a las fibras 30 de las capas 60 adyacentes. Por ejemplo, la Figura 4 ilustra las capas 60 de fibras 30 dispuestas en una relación sin contacto, con la excepción del acoplamiento de las fibras 30 en los puntos 80 de conexión, como se ilustra en las Figuras 2 y 3 y se ilustra en realizaciones alternativas en las Figuras 5-9, como se analiza a continuación.

Con referencia a la Figura 4, se muestra una ilustración en sección transversal de un artículo compuesto 10 similar al ilustrado en la Figura 3, y que ilustra una realización de la disposición de las fibras 30 dentro de la matriz 22. Como puede observarse en la Figura 4, las fibras 30 pueden contar con una sección transversal de forma alargada, con unas caras de las fibras 30 que estén relativamente aplanadas o sean sustancialmente planas, para minimizar la dispersión de la luz que podría producirse de otro modo cuando la luz incida o pase a través de una superficie curva. Ventajosamente, la configuración sustancialmente plana de las superficies superior e inferior 44, 46 de las fibras 30 reduce la distorsión óptica del artículo compuesto 10. La forma generalmente alargada de las fibras 30 está preferentemente provista de una relación de aspecto relativamente alta, que puede definirse como la relación entre el ancho 52 de la fibra y el espesor 50 de la fibra. En una realización, la relación de aspecto puede variar de aproximadamente 3 a aproximadamente 500, aunque puede proporcionarse una sección transversal de las fibras 30 con cualquier relación de aspecto. Adicionalmente, puede proporcionarse cualquier espesor 50 adecuado de las fibras. En una realización, el espesor de las fibras 30 puede estar en el intervalo de aproximadamente 5 micrómetros a aproximadamente 5.000 micrómetros. Sin embargo, puede proporcionarse cualquier espesor 50 de las fibras 30, sin limitación.

Con referencia a la Figura 4, la forma alargada de la sección transversal de las fibras 30 incluye un par de caras de fibras 30 sustancialmente planas (es decir, las superficies superior e inferior 44, 46), que preferentemente están orientadas de modo que sean sustancialmente paralelas a la superficie 12 del artículo compuesto 10. Sin embargo, las fibras 30 pueden estar embebidas y orientadas dentro de la matriz 22 de manera que las caras de las fibras 30 estén dispuestas en cualquier orientación, con respecto a la superficie 12 del artículo. Más adicionalmente, se contempla que una o más de las caras de las fibras 30 puedan incluir una o más características superficiales (no mostradas) sobre las mismas, y no están limitadas a la sección transversal de forma alargada estrictamente rectangular ilustrada en la Figura 4.

Aunque la Figura 4 ilustra las fibras 30 de las capas superior e inferior 60 orientadas en relación separada entre sí, las fibras 30 de una capa 60 pueden estar dispuestas de manera que un borde lateral 48 de una fibra 30 esté situado en relación de contacto con el borde lateral 48 de una fibra adyacente de las fibras 30. Sin embargo, las fibras 30 pueden disponerse con cualquier separación deseable, y no están limitadas a la separación de las fibras 30 ilustrada en la Figura 4. Adicionalmente, el artículo compuesto 10 puede configurarse de manera que el volumen de fibras 30 con relación al volumen total del artículo compuesto 10 esté en el intervalo de aproximadamente el 10 % al 90 %. Sin embargo, las fibras 30 pueden comprender cualquier porción del volumen total del artículo compuesto 10.

Con referencia ahora a la Figura 5, se muestra una ilustración esquemática en perspectiva de una disposición para

el acoplamiento selectivo de fibras 30, que ilustra un acoplamiento 82 en el plano similar al acoplamiento 82 en el plano ilustrado en la Figura 2. La Figura 5 ilustra múltiples fibras 30 orientadas en relación sustancialmente paralela entre sí. Las fibras 30 se ilustran con líneas relativamente más gruesas, y pueden acoplarse de manera selectiva en puntos 80 de conexión, que se ilustran con líneas relativamente más delgadas en comparación con las líneas que representan las fibras 30. La disposición de las fibras 30 en la Figura 5 representa una única capa 60, en la que las fibras 30 pueden conectar entre sí al menos en un punto discreto 80 de conexión.

Las fibras 30 ilustradas en la Figura 5 pueden acoplarse de manera selectiva entre sí en los puntos 80 de conexión, utilizando un tipo 88 de conexión seleccionado que tenga unas cualidades de conexión seleccionadas para proporcionar la respuesta deseada del artículo compuesto 10, durante un suceso de impacto. Más específicamente, la Figura 5 ilustra una primera fibra 32 y una segunda fibra 34 de las múltiples fibras 30, que pueden estar conectadas entre sí en múltiples puntos discretos 80 de conexión. Los puntos 80 de conexión pueden distribuirse en diversas disposiciones a lo largo de las fibras 30. Por ejemplo, la Figura 5 ilustra una separación 86 relativamente uniforme de los puntos 80 de conexión a lo largo de la longitud de las fibras 30. Sin embargo, los puntos 80 de conexión que conectan las fibras 30 adyacentes pueden estar separados con una periodicidad predeterminada, a lo largo de la longitud de las fibras 30, como se describe con mayor detalle a continuación.

La primera y la segunda fibras 32, 34 pueden conectarse entre sí en múltiples de los puntos discretos 80 de conexión mediante unión adhesiva 90, fusión termoplástica 92 y/o fijación mecánica 94, o mediante otros tipos 88 de conexión adecuados. La unión adhesiva 90 puede comprender unir las fibras 30 en los puntos 80 de conexión utilizando un adhesivo adecuado, tal como epoxi, para unir directamente las fibras 30 entre sí en los puntos 80 de conexión seleccionados. Sin embargo, pueden utilizarse otros adhesivos adecuados para unir las fibras 30 entre sí en los puntos 80 de conexión seleccionados. En otra realización, el tipo de conexión 88 puede comprender fusionar o soldar termoplásticamente las fibras 30 entre sí en los puntos 80 de conexión. Por ejemplo, pueden calentarse localmente las fibras 30 por encima de la temperatura de transición vítrea, para fusionar o soldar termoplásticamente las fibras 30 entre sí. Pueden calentarse localmente los bordes laterales 48 de las fibras 30, similares a los bordes laterales 48 ilustrados en la Figura 4, para fundir o soldar las fibras 30 entre sí en los puntos 80 de conexión.

Aún con referencia a la Figura 5, en una realización adicional pueden acoplarse mecánicamente las fibras 30 localmente mediante una fijación mecánica 94. Por ejemplo, pueden aplicarse características superficiales a los bordes laterales 48 (Figura 4) de las fibras 30, para acoplar mecánicamente las fibras 30 entre sí en los puntos 80 de conexión. A este respecto, pueden acoplarse mecánicamente cualesquiera porciones adecuadas de las fibras 30 en el punto de conexión 80. En una realización no limitativa, la fijación mecánica 94 puede comprender aumentar la rugosidad superficial en un punto local a lo largo de las fibras 30, para reducir o evitar el movimiento axial relativo de las fibras 30. En una realización adicional, pueden aplicarse muescas (no mostradas), escotaduras (no mostradas), u otras características a las superficies 42 de las fibras (Figura 4) para fijar mecánicamente 94 las fibras 30 entre sí, y para restringir o resistir el movimiento axial relativo de las fibras 30 en relación mutua. El acoplamiento o conexión entre las fibras 30 puede limitar el grado de movimiento relativo de las fibras 30. Más específicamente, la conexión de las fibras 30 entre sí en los puntos 80 de conexión puede limitar el grado de movimiento de las fibras 30 entre sí, y/o limitar el movimiento de las fibras 30 con respecto a la matriz 22.

La selección del tipo 88 de conexión (Figura 5) puede basarse en el grado de conectividad deseado. Por ejemplo, puede seleccionarse un tipo 88 de conexión que proporcione una deformación 102 de conexión (Figura 5) que sea inferior a la deformación de fractura de la matriz 22, para limitar la cantidad de movimiento de las fibras 30 entre sí. En el contexto de la presente divulgación, la deformación comprende la deformación de fractura, que representa la deformación a la que falla o se rompe la conexión entre las fibras 30. Adicionalmente, en el contexto de la presente divulgación, las propiedades tales como la resistencia y la deformación se utilizan en términos de propiedades dinámicas y/o propiedades cuasiestáticas. En una disposición en la que el tipo 88 de conexión comprenda una deformación 102 de conexión relativamente baja, puede producirse una interacción relativamente fuerte entre las fibras 30 acopladas durante un suceso de impacto. En una realización, la conexión entre las fibras 30 puede caracterizarse como una conexión que presente una deformación de fractura que difiera al menos aproximadamente un 25 % con respecto a la deformación de fractura de la matriz 22. Por ejemplo, la conexión puede tener una deformación de fractura que sea al menos un 25 % más elevada que la deformación de fractura de la matriz 22. Alternativamente, la conexión puede tener una deformación de fractura que sea al menos un 25 % más baja que la deformación de fractura de la matriz 22. Sin embargo, la conexión puede incluir una deformación de fractura que comprenda cualquier porcentaje de deformación de fractura de la matriz 22.

Adicionalmente, la conexión entre las fibras 30, tal como la primera y segunda fibras 32, 34 ilustradas en la Figura 5, puede definirse por una resistencia 104 de conexión con relación a la resistencia a la tracción de la matriz 22. A este respecto, la resistencia 104 de conexión entre las fibras 30 puede caracterizarse como una conexión que presente una resistencia a la tracción que difiera al menos aproximadamente un 25 % con respecto a la resistencia a la tracción de la matriz 22. Por ejemplo, la resistencia 104 de conexión puede ser un 25 % mayor que la resistencia a la tracción de la matriz 22. Alternativamente, la resistencia 104 de conexión puede ser un 25 % menor que la resistencia a la tracción de la matriz 22. Sin embargo, la resistencia 104 de conexión puede incluir una resistencia a la tracción que comprenda cualquier porcentaje de resistencia a la tracción de la matriz 22, y no está limitada a una

resistencia 104 de conexión que difiera al menos aproximadamente un 25 % con respecto a la resistencia a la tracción de la matriz 22.

La Figura 5 ilustra el acoplamiento de las fibras 30 en una configuración de acoplamiento 82 en el plano, en la que las fibras 30 acopladas están situadas inmediatamente adyacentes entre sí en la misma capa 60. A este respecto, aunque las Figuras generalmente ilustran el acoplamiento de fibras 30 adyacentes, se contempla que el acoplamiento de las fibras 30 pueda incluir el acoplamiento de fibras 30 no adyacentes. Como puede observarse en la Figura 5, una primera capa 62 incluye una primera y una segunda fibras 32, 34, que están situadas una junto a otra y están acopladas entre sí en puntos discretos 80 de conexión. Los puntos 80 de conexión pueden estar separados a cualquier intervalo deseado, que incluya un patrón o periodicidad de separación 86. Tal patrón o periodicidad de separación 86 puede facilitar la fabricación de las fibras 30 y/o del artículo compuesto 10. Sin embargo, la separación 86 de los puntos 80 de conexión en cualquiera de las Figuras puede ser aleatoria, o una combinación de separaciones 86 aleatorias y periódicas de los puntos 80 de conexión, y puede variarse de cualquier manera deseada con el fin de lograr una respuesta de fractura deseada de cualquier porción dada del artículo compuesto 10, como se describe con mayor detalle a continuación.

Con referencia a la Figura 5, el acoplamiento 82 en el plano de las fibras 30 puede definir generalmente una capa 60 plana de las fibras 30, que puede describirse como generalmente paralela al plano x-y de un sistema 24 de coordenadas de referencia como se ilustra en la Figura 5. El acoplamiento 84 fuera del plano ilustrado en las Figuras 6-9 puede comprender un acoplamiento que no sea coincidente con el plano x-y, tal como un acoplamiento orientado generalmente a lo largo del eje z del sistema 24 de coordenadas de referencia. Sin embargo, el acoplamiento 84 fuera del plano puede incluir un acoplamiento en cualquier ángulo con respecto al plano x-y, tal como el acoplamiento 84 fuera del plano ilustrado en la Figura 9.

La Figura 6 ilustra un acoplamiento 84 fuera del plano de fibras 30 que utiliza los puntos 80 de conexión. Más específicamente, la Figura 6 ilustra una primera capa 62 y una segunda capa 64, incluyendo cada una múltiples fibras 30. La primera capa 62 puede incluir una primera fibra 32. La segunda capa 64 puede incluir una segunda fibra 34. La primera fibra 32 de la primera capa 62 puede estar situada adyacente a la segunda fibra 34 de la segunda capa 64. Como puede observarse en la Figura 6, cada una de la primera y segunda capas 62, 64 incluye múltiples fibras 30, cada una de las cuales está orientada para ser sustancialmente paralela con respecto a la otra, de manera que la disposición de la Figura 6 forma una configuración unidireccional 70 de capas 60.

En la Figura 6, las fibras 30 de cada una de las capas 60 pueden estar generalmente alineadas entre sí con el fin de facilitar el acoplamiento 84 fuera del plano, en el que las fibras 30 adyacentes están conectadas en los puntos 80 de conexión a lo largo de una dirección que puede ser paralela al eje z del sistema 24 de coordenadas de referencia, ilustrado en la Figura 6. Aunque los puntos 80 de conexión ilustrados en la Figura 6 están dispuestos con una separación uniforme, los puntos 80 de conexión pueden estar separados con una cualquiera de diversas disposiciones de separación 86 diferentes. Por ejemplo, los puntos 80 de conexión pueden estar separados con una periodicidad predeterminada a todo lo largo de las fibras 30. La periodicidad de la separación 86 de los puntos 80 de conexión puede comprender una separación 86 sustancialmente uniforme, como se ilustra en las Figuras 5 y 6. Sin embargo, la periodicidad puede comprender una separación geoméricamente variable o progresiva (es decir, progresivamente creciente o decreciente) a todo lo largo de las fibras 30. Los puntos 80 de conexión pueden estar separados en diversas otras disposiciones, que incluyen espaciamiento aleatorio o una periodicidad sinusoidal de la separación, u otras disposiciones separadas adecuadas que puedan adaptarse a la aplicación.

Con referencia a la Figura 7, se muestra una realización adicional de una configuración para acoplar selectivamente fibras 30, que combina la configuración del acoplamiento 82 en plano ilustrada en la Figura 5 con la configuración del acoplamiento 84 fuera del plano ilustrada en la Figura 6. Por ejemplo, la Figura 7 ilustra una disposición en la que una primera capa 62 incluye una primera y una segunda fibras 32, 34, y una segunda capa 64 incluye una tercera y una cuarta fibras 36, 38. La tercera y cuarta fibras 36, 38 están orientadas sustancialmente paralelas a la primera y segunda fibras 32, 34. A este respecto, las fibras 30 de cada una de la primera y segunda capas 62, 64 pueden estar orientadas sustancialmente paralelas entre sí, de manera que la Figura 7 ilustra una configuración unidireccional 70 de las capas 60. La Figura 7 ilustra un acoplamiento 82 en el plano en el que la primera y la segunda fibras 32, 34 de la primera capa 62 se ilustran interconectadas en múltiples puntos 80 de conexión. Asimismo, la tercera y cuarta fibras 36, 38 de la segunda capa 64 se ilustran interconectadas en múltiples puntos 80 de conexión.

En la Figura 7, el acoplamiento 84 fuera del plano se proporciona mediante la conexión de la primera fibra 32 de la primera capa 62 con la tercera fibra 36 de la segunda capa 64, y mediante la conexión de la segunda fibra 34 de la primera capa 62 con la cuarta fibra 38 de la segunda capa 64 utilizando uno o más puntos 80 de conexión. La Figura 7 ilustra un acoplamiento de fibras 30 que están dispuestas inmediatamente adyacentes entre sí. Sin embargo, la presente divulgación contempla el acoplamiento de fibras 30 no adyacentes. Adicionalmente, la Figura 7 ilustra un acoplamiento de las fibras 30 de la primera capa 62 que están alineadas con las fibras 30 de la segunda capa 64. Sin embargo, se contempla que las fibras 30 de diferentes capas 60 no tengan que estar necesariamente alineadas verticalmente entre sí, sino que puedan estar desplazadas horizontalmente (es decir, con respecto al eje

y).

Con referencia a la Figura 8, se muestra una disposición que ilustra el acoplamiento de fibras 30 para una configuración 72 de hilos cruzados de las capas 60. La Figura 8 ilustra el acoplamiento 84 fuera del plano de las fibras 30 de una capa 60 con las fibras 30 de otra capa 60. Por ejemplo, en la Figura 8 se muestra una primera capa 62 que incluye una primera y una segunda fibras 32, 34, que están situadas inmediatamente adyacentes entre sí. Como puede observarse, las fibras 30 de la primera capa 62 son sustancialmente paralelas entre sí. Una segunda capa 64 de la Figura 8 incluye una tercera, cuarta y quinta fibras 36, 38, 40, que también están orientadas sustancialmente paralelas entre sí, pero que están orientadas de forma sustancialmente perpendicular con relación a la primera y segunda fibras 32, 34. A este respecto, la primera y segunda capas 62, 64 ilustran una configuración 72 de hilos cruzados de las capas 60, como se implementa en el artículo compuesto 10 ilustrado en las Figuras 2 y 3.

Aún con referencia a la Figura 8, puede observarse que la tercera y quinta fibras 36, 40 están situadas inmediatamente adyacentes a la cuarta fibra 38 y están situadas en lados opuestos de la cuarta fibra 38. El acoplamiento 84 fuera del plano de la primera y la segunda capas 62, 64 puede facilitarse mediante la conexión de la primera fibra 32 a cada una de la tercera y quinta fibras 36, 40 de los puntos 80 de conexión indicados, que pueden estar en la ubicación aproximada de la distancia más corta entre la primera fibra 32 y la tercera y quinta fibras 36, 40. Asimismo, la segunda fibra 34 puede acoplarse a la cuarta fibra 38 en un punto 80 de conexión ubicado aproximadamente a la distancia más corta entre la segunda fibra 34 y la cuarta fibra 38. La disposición ilustrada en la Figura 8 representa el acoplamiento 84 fuera del plano de las fibras 30, en una disposición escalonada.

Con referencia a la Figura 9, se muestra una variación de la realización ilustrada en la Figura 8, y en la que la Figura 9 ilustra el acoplamiento 84 fuera del plano de la primera capa 62 con las fibras 30 adyacentes de la segunda capa 64. La Figura 9 ilustra adicionalmente un acoplamiento 84 escalonado fuera del plano de fibras 30 no adyacentes. Por ejemplo, la Figura 9 ilustra la segunda fibra 34 conectada o acoplada adicionalmente a la tercera y quinta fibras 36, 40 en la ubicación de los puntos 80 de conexión en los que la tercera y quinta fibras 36, 40 están conectadas a la primera fibra 32. A este respecto, la Figura 9 ilustra el acoplamiento de múltiples fibras 30 en un solo punto 80 de conexión, que puede proporcionar una interacción mejorada o más fuerte entre las fibras 30 acopladas en comparación con el acoplamiento de fibras 30 que tiene solo una conexión única en un único punto 80 de conexión.

Las Figuras 5-9 ilustran configuraciones para acoplar fibras 30 de diferentes capas 60, para lograr una respuesta deseada del artículo compuesto 10, por ejemplo ante un suceso de impacto. Por ejemplo, las Figuras 5-9 ilustran el acoplamiento 82 en el plano, el acoplamiento 84 fuera del plano, y combinaciones de acoplamiento 82 en el plano y acoplamiento 84 fuera del plano para fibras 30 adyacentes y no adyacentes, y para configuraciones 70 unidireccionales y configuraciones 72 de hilos cruzados. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, las fibras 30 de una capa 60 pueden estar dispuestas en cualquier orientación con respecto a las fibras 30 de capas 60 adyacentes, incluyendo cualquier orientación no perpendicular con respecto a las fibras 30 de las capas 60 adyacentes, y no están limitadas a las configuraciones 70 unidireccionales y a las configuraciones 72 de hilos cruzados.

Las fibras 30 y la matriz 22 (Figuras 1-9) pueden comprender cualquier material sustancialmente ópticamente transparente. Sin embargo, las fibras 30 y la matriz 22 pueden comprender materiales que proporcionen una transparencia óptica reducida que incluyen, pero no se limitan a, materiales sustancialmente opacos o materiales que tengan cualquier nivel de transparencia deseado que vaya desde sustancialmente transparente a sustancialmente opaco. En una realización, la matriz 22 y/o las fibras 30 pueden estar formadas de un material termoplástico que puede comprender al menos uno de los siguientes materiales: fluorocarbonos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, polietercetona y polieterimida. Adicionalmente, la matriz 22 y/o las fibras 30 pueden estar formadas de cualquier material termoendurecido adecuado, incluyendo, pero sin limitación, poliuretanos, fenólicos, poliimidas, bismaleimidas, poliésteres y epoxis. Más adicionalmente, la matriz 22 y/o las fibras 30 pueden estar formadas de un material de vidrio que comprenda vidrio de clase E (es decir, vidrio de borosilicato de aluminio), vidrio de clase S (es decir, vidrio de silicato de aluminio), sílice pura, vidrio de borosilicato, vidrio óptico, y otros tipos de vidrio adecuados. Las fibras 30 y/o la matriz 22 también pueden estar formadas de materiales inorgánicos que incluyen, pero sin limitación, carbonos, carburo de silicio y boro. Las fibras 30 pueden estar formadas adicionalmente de un material metálico.

Con referencia a la Figura 10, se muestra una ilustración de un artículo compuesto 10 que tiene múltiples capas 60 dispuestas en una configuración 72 de hilos cruzados. El artículo compuesto 10 ilustrado en la Figura 10 incluye una pila 66 de capas 60, que tiene una capa más externa 68 situada en la porción más superior del artículo compuesto 10, y una capa más externa 68 situada en el lado más inferior del artículo compuesto 10. En una realización, el artículo compuesto 10 puede configurarse como un panel 14 que proporcione protección balística. Las fibras 30 de la capa más externa 68 pueden estar dispuestas inmediatamente adyacentes a una cara 18 de incidencia del panel 14. La cara 18 de incidencia puede comprender el lado del panel 14 destinado o configurado para recibir impactos, por ejemplo de un proyectil. Una cara posterior 20 del panel 14 puede estar situada en un lado

opuesto del panel 14, como se ilustra en la Figura 10. Cada una de las capas más externas 68 ilustradas en la Figura 10 comprende múltiples fibras 30 sustancialmente paralelas, que están acopladas entre sí en múltiples puntos 80 de conexión, de manera que cada capa más externa 68 ilustrada en la Figura 10 representa un acoplamiento 82 en el plano de las fibras 30 similar al ilustrado esquemáticamente en la Figura 5. Las capas 60 pueden estar embebidas en una matriz 22 adecuada. Por ejemplo, la matriz 22 puede comprender una resina tal como un epoxi. En otra realización no limitante, las fibras 30 pueden comprender opcionalmente fibras 30 metálicas, embebidas en una matriz 22 cerámica o de vidrio, aunque las fibras 30 y la matriz 22 pueden estar formadas de diversos materiales diferentes y combinaciones diferentes de materiales, como se ha mencionado anteriormente.

Con referencia a la Figura 11, se muestra un suceso 200 de impacto simulado por ordenador en el que un proyectil 206, que se desplaza a lo largo de la dirección indicada por la flecha 208, ha atravesado parcialmente un panel 14 similar al panel 14 ilustrado en la Figura 10. La Figura 11 ilustra los efectos del impacto del proyectil 206 en la cara posterior 20 del panel 14. Como puede observarse en la Figura 11, como resultado del acoplamiento selectivo de las fibras 30 (Figuras 5-9) en los múltiples puntos 80 de conexión (Figuras 5-9) puede lograrse la desaceleración del proyectil 206, y la captura del mismo, sin que atraviese completamente el artículo compuesto 10. Aunque la cara posterior 20 ilustrada en la simulación por ordenador presenta un agrietamiento 202 de la matriz y un desprendimiento 204 de las fibras, el acoplamiento selectivo de las fibras 30 en la capa más externa 68 (Figura 10) de la cara posterior 20 puede evitar la introducción del proyectil 206 entre las fibras 30 acopladas y el atravesamiento de las mismas.

Como se ha mencionado anteriormente, el acoplamiento selectivo de las fibras 30, tal como el acoplamiento 82 en el plano ilustrado en la Figura 11, puede lograrse mediante unión adhesiva 90 (Figura 5), fusión termoplástica 92 (Figura 5), fijación mecánica 94 (Figura 5), y otros medios adecuados. Adicionalmente, el acoplamiento selectivo de las fibras 30 puede ajustarse o adaptarse al entorno o aplicación para el que esté destinado el panel compuesto 14. Por ejemplo, la periodicidad de los puntos 80 de conexión (Figuras 5-9) que acoplan las fibras 30 puede seleccionarse para que proporcione la cantidad deseada de interacción entre las fibras 30 acopladas, durante un suceso de impacto. Adicionalmente, el grado de conectividad de las fibras 30 puede seleccionarse para obtener el rendimiento balístico deseado. Por ejemplo, pueden configurarse uno o más puntos 80 de conexión con una deformación 102 de conexión (Figura 5) que sea más baja que la deformación de fractura de la matriz 22, para ligar las fibras 30 de una manera que prevenga el movimiento relativo y minimice o elimine la introducción y atravesamiento de un proyectil 206 (Figura 11). El acoplamiento selectivo puede adaptarse para proporcionar un grado limitado de daños durante un suceso de impacto, con el fin de preservar la transparencia óptica de las porciones del panel 14 (Figura 11) que no se vean sometidas al impacto.

Con referencia a la Figura 12, se muestra una ilustración de un diagrama de flujo que comprende una o más operaciones, que pueden implementarse en una metodología de fabricación de un artículo compuesto 10. La Etapa 302 de la Figura 12 puede comprender la disposición de múltiples fibras 30 en una relación sustancialmente paralela entre sí, y en la cual las fibras 30 pueden comprender una primera y una segunda fibras 32, 34. A este respecto, las fibras 30 de cada una de las capas 60 ilustradas en las Figuras 5-9 tienen una orientación sustancialmente paralela entre sí. Las fibras 30 ilustradas en las Figuras están dispuestas con una separación 86 relativamente uniforme, a lo ancho de la capa 60. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, la presente divulgación contempla una separación no uniforme o variable de las fibras 30, con el fin de proporcionar una respuesta deseada a un suceso balístico, o para proporcionar un nivel deseado de rendimiento óptico o mecánico.

Con referencia todavía a la Figura 12, la Etapa 304 de la metodología de fabricación del artículo compuesto 10 puede comprender la conexión de la primera fibra 32 a la segunda fibra 34, de manera similar a lo ilustrado en la Figura 5. A este respecto, la conexión entre la primera fibra 32 y la segunda fibra 34 puede implementarse en múltiples puntos 80 de conexión. Como se ha mencionado anteriormente, tales puntos 80 de conexión pueden obtenerse utilizando uno o más tipos 88 de conexión (Figura 5), que incluyen, pero no sin limitación, una unión adhesiva 90 (Figura 5), una fusión termoplástica 92 (Figura 5), una fijación mecánica 94 (Figura 5), y otros medios de acoplamiento de las fibras 30 en los puntos 80 de conexión.

Las fibras 30 pueden acoplarse en una configuración 82 en el plano similar a la que se ilustra en la Figura 5, en la que la primera fibra 32 puede conectar con una segunda fibra 34 de las múltiples fibras 30 de una primera capa 62, y en la que la primera y las segundas fibras 32, 34 pueden estar situadas adyacentes entre sí. Alternativamente, la metodología puede comprender disponer las múltiples fibras 30 en dos capas 60 que comprendan una primera capa 62 y una segunda capa 64, de manera similar a lo que se ilustra en la Figura 6. Como puede observarse en la Figura 6, la primera capa 62 puede incluir la primera fibra 32 y la segunda capa 64 puede incluir la segunda fibra 34. La metodología puede incluir ubicar la primera y la segunda fibras 32, 34 de manera adyacente entre sí, y conectar la primera y segunda fibras 32, 34 en uno o más puntos 80 de conexión para proporcionar el acoplamiento 84 fuera del plano de las fibras 30.

La Etapa 304 de la Figura 12 puede comprender adicionalmente acoplar las fibras 30 de múltiples capas 60 en una combinación de un acoplamiento 82 en el plano y un acoplamiento 84 fuera del plano. Por ejemplo, la Figura 7 ilustra múltiples fibras 30 en la primera capa 62 y en la segunda capa 64. La primera capa 62 ilustrada incluye la

primera y segunda fibras 32, 34. La tercera y cuarta fibras 36, 38 están incluidas en la segunda capa 64. Las fibras 30 de la primera capa 62 son paralelas a las fibras 30 de la segunda capa 64, de manera que la Figura 7 ilustra una configuración 70 unidireccional de las capas 60. La Etapa 304 puede comprender conectar la tercera y cuarta fibras 36, 38 en múltiples puntos 80 de conexión, para proporcionar un acoplamiento 82 en el plano en los puntos 80 de conexión. La primera y segunda fibras 32, 34 pueden tener asimismo un acoplamiento 82 en el plano en uno o más puntos 80 de conexión. El acoplamiento 84 fuera del plano obtenido en la Etapa 304 puede lograrse mediante la conexión de la primera y segunda fibras 32, 34 con las respectivas tercera y cuarta fibras 36, 38, en múltiples puntos 80 de conexión.

En la construcción de la disposición ilustrada en la Figura 8, las múltiples fibras 30 de la primera capa 62 pueden incluir la primera y segunda fibras 32, 34, que pueden estar orientadas sustancialmente paralelas entre sí y que pueden estar situadas inmediatamente adyacentes entre sí. Asimismo, la segunda capa 64 puede incluir la tercera, cuarta y quinta fibras 36, 38, 40, que también pueden estar orientadas sustancialmente paralelas entre sí y perpendicularmente con respecto a la primera y segunda fibras 32, 34 de la primera capa 62. La Etapa 304 puede comprender conectar la primera fibra 32 con cada una de la tercera y quinta fibras 36, 40, en los puntos 80 de conexión situados aproximadamente a la distancia más corta entre la primera fibra 32 y las respectivas tercera y quinta fibras 36, 40. Asimismo, la segunda fibra 34 puede conectarse con la cuarta fibra 38 en el punto 80 de conexión ubicado a la distancia más corta a través de la segunda fibra 34 y la cuarta fibra 38.

A este respecto, la Etapa 304 puede comprender la construcción de una configuración 72 de hilos cruzados de capas 60, en la que se conecten las fibras 30 de las capas 60 con una configuración de acoplamiento 84 escalonado fuera de plano. La Figura 9 representa un nivel adicional de conexión entre las fibras 30 mediante la conexión de la segunda fibra 34 con la tercera y quinta fibras 36, 40, en los puntos 80 de conexión en los que la primera fibra 32 conecta con la tercera y quinta fibras 36, 40. A este respecto, la Figura 9 ilustra un medio para el acoplamiento escalonado de fibras 30 adyacentes y no adyacentes en una configuración 84 fuera del plano.

Las fibras 30 (Figuras 5-9) pueden conectarse en los puntos 80 de conexión mediante un medio de conexión adecuado, que incluye, pero no sin limitación, la unión adhesiva 90 de las fibras 30 en el punto 80 de conexión por ejemplo mediante calentamiento localizado de los bordes laterales 48 (Figura 4), o de otras partes de las fibras 30, para su unión a las fibras 30 adyacentes utilizando un adhesivo adecuado, tal como un epoxi. Las fibras 30 pueden conectarse en los puntos 80 de conexión mediante fusión termoplástica o soldadura 92, por ejemplo aplicando de forma localizada energía térmica o calor en porciones localizadas de fibras 30 adyacentes. Por ejemplo, el calentamiento localizado puede comprender calentar las fibras 30 por encima de las temperaturas de transición vítrea, de manera que el material de las fibras 30 en las áreas localizadas se fusione y una, dejándose luego enfriar. En una realización no limitante, el calentamiento localizado de las fibras 30 puede incluir un elemento de calentamiento para aplicar localmente calor en los puntos de conexión, para fusionar localmente las fibras 30. Alternativamente, el calentamiento localizado puede comprender calentar ultrasónicamente las fibras 30. En una realización adicional, la conexión entre las fibras 30 puede facilitarse mediante la fijación mecánica 94 (Figura 5) de las fibras 30 en los puntos 80 de conexión, por ejemplo aplicando una mayor rugosidad superficial localizada en las fibras 30 o formando características mecánicas sobre las fibras 30, por ejemplo deformando localmente las fibras 30 en las ubicaciones de los puntos 80 de conexión. Por ejemplo, pueden formarse muescas localizadas en las superficies 42 de las fibras (Figura 4) para que enganchen con una correspondiente característica mecánica formada en una fibra 30 adyacente.

También puede seleccionarse la calidad 100 de conexión (Figuras 5-9) del acoplamiento para proporcionar el grado deseado de interacción entre las fibras 30 acopladas, como se ha mencionado anteriormente. Por ejemplo, la calidad 100 de conexión puede comprender una deformación 102 de conexión que puede ser inferior a la deformación de fractura de la matriz 22, y también puede comprender una resistencia 104 de conexión que puede ser mayor que la resistencia a la tracción de la matriz 22, para proporcionar un alto grado de interacción de las fibras 30 acopladas durante un suceso de impacto. Como se ha mencionado anteriormente, la deformación comprende la deformación de fractura, que representa la deformación a la que la conexión entre las fibras acopladas 30 falla o se rompe. La calidad 100 de conexión puede comprender alternativamente una deformación 102 de conexión que sea más alta que la deformación de fractura de la matriz 22, y también puede comprender una resistencia 104 de conexión que puede ser menor que la resistencia a la tracción de la matriz 22, para proporcionar un bajo grado de interacción de las fibras 30 acopladas durante un suceso de impacto y/o para facilitar grados de movimiento relativamente mayores de las fibras 30 acopladas entre sí.

En una realización no limitante, cada punto 80 de conexión (Figuras 5-9) puede incluir una calidad 100 de conexión (Figuras 5-9), y puede comprender una deformación 102 de conexión (Figuras 5-9) que difiera de la deformación de fractura de la matriz 22 al menos aproximadamente un 25 por ciento, y/o una resistencia 104 de conexión (Figuras 5-9) que difiera de la resistencia a la tracción de la matriz 22 al menos aproximadamente en un 25 por ciento. Sin embargo, la calidad 100 de conexión puede comprender cualquier combinación deseada de deformación 102 de conexión y resistencia 104 de conexión con relación a la deformación de fractura y la resistencia a la tracción de la matriz 22, para lograr una respuesta deseada del artículo compuesto 10. La calidad de conexión puede seleccionarse teniendo en cuenta factores que incluyan, entre otros, factores ambientales tales como la temperatura

y la humedad, y/o puede seleccionarse en función de los parámetros del suceso, que incluyen, sin limitación, la velocidad, masa, dureza, tamaño geométrico y área transversal del proyectil, y otros factores del mismo.

5 Ventajosamente, el acoplamiento selectivo de las fibras 30 (Figuras 5-9) proporciona un medio para mejorar el rendimiento balístico de un panel 14 o de otro artículo compuesto 10, al aumentar la resistencia de las fibras 30 a la introducción de un proyectil 206 (Figura 11). Adicionalmente, el acoplamiento selectivo de las fibras 30 puede facilitar el control de la extensión o el tamaño de un área que se vea dañada por un suceso de impacto. Asimismo, el acoplamiento controlado de las fibras 30, mediante el acoplamiento selectivo en los puntos 80 de conexión, puede proporcionar un medio para alcanzar un grado deseado de rigidez o resistencia al doblamiento del panel 14, y minimizar la distorsión óptica de las porciones del panel 14 no sometidas al impacto.

10 La Etapa 306 de la Figura 12 puede comprender incrustar al menos parcialmente las fibras 30 en una matriz 22 similar. Como se ha mencionado anteriormente, la matriz 22 está formada preferentemente de un material sustancialmente ópticamente transparente. Asimismo, las fibras 30 están formadas preferentemente de un material sustancialmente ópticamente transparente. La Etapa 306 puede incluir curar o solidificar la matriz 22 y/o las fibras 30, para formar el artículo compuesto 10. A este respecto, puede someterse el artículo compuesto 10 a calor y/o a presión, para facilitar el curado o la solidificación.

15 Para los expertos en la materia resultarán evidentes modificaciones y mejoras adicionales de la presente divulgación. Así, la combinación particular de partes descrita e ilustrada en el presente documento pretende representar solo ciertas realizaciones de la presente divulgación, y no pretende funcionar como limitante de realizaciones o dispositivos alternativos según se define en las reivindicaciones adjuntas.

20

REIVINDICACIONES

1. Un artículo compuesto, que comprende:

múltiples fibras (30) al menos parcialmente embebidas dentro de una matriz (22), y que incluyen una primera fibra (32) y una segunda fibra (34) orientadas en relación sustancialmente paralela entre sí;

5 caracterizado por que cada una de las múltiples fibras (30) está formada como tiras alargadas y tiene una sección transversal de forma alargada, que incluye una superficie superior (44) sustancialmente plana y una superficie inferior (46) sustancialmente plana; y

la primera y la segunda fibras (32, 34) están conectadas entre sí al menos en un punto discreto (80) de conexión.

2. El artículo compuesto de la Reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

10 una primera capa (62) de las fibras, que incluye la primera (32) y la segunda (34) fibras.

3. El artículo compuesto de las Reivindicaciones 1 y 2, que comprende adicionalmente:

una primera capa (62) de las fibras, que incluye la primera fibra (32); y

una segunda capa (64) de las fibras, que incluye la segunda fibra (34).

4. El artículo compuesto de cualquiera de las Reivindicaciones 1-3, que comprende adicionalmente:

15 una primera capa (62) que incluye la primera (32) y la segunda (34) fibras; y

una segunda capa (64) que incluye una tercera y cuarta fibras, orientadas sustancialmente paralelas a la primera y segunda fibras;

estando conectada la primera fibra (32) con la segunda fibra (34) en al menos un punto de conexión;

estando conectada la tercera fibra (36) con la cuarta fibra (38) en al menos un punto de conexión;

20 estando conectada al menos una de la primera y segunda fibras con una de la tercera y cuarta fibras al menos en un punto (80) de conexión.

5. El artículo compuesto de la Reivindicación 4, en el que:

la primera (32) y la segunda (34) fibras están dispuestas inmediatamente adyacentes entre sí;

la tercera (36) y cuarta fibras (38) están dispuestas inmediatamente adyacentes entre sí; y

25 cada una de la primera y segunda fibras está generalmente alineada y conectada con una respectiva fibra de la tercera y cuarta fibras, al menos en un punto (80) de conexión.

6. El artículo compuesto de cualquiera de las Reivindicaciones 1-5, que comprende adicionalmente:

una primera capa (62) que incluye la primera (32) y la segunda (34) fibras, dispuestas inmediatamente adyacentes entre sí; y

30 una segunda capa (64) que incluye una tercera fibra (36), una cuarta fibra (38) y una quinta fibra (40) orientadas sustancialmente paralelas entre sí, y sustancialmente perpendiculares con respecto a la primera y segunda fibras;

estando dispuestas la tercera y quinta fibras inmediatamente adyacentes a la cuarta fibra (38), en sus lados opuestos;

35 estando conectada la primera fibra (32) con cada una de la tercera y quinta fibras en los puntos (80) de conexión, en una ubicación aproximada que se corresponde a la distancia más corta entre las mismas;

estando conectada la segunda fibra (34) con la cuarta fibra (38) al menos en un punto de conexión, en una ubicación aproximada que se corresponde a la distancia más corta entre las mismas.

7. El artículo compuesto de la Reivindicación 6, en el que:
- la segunda fibra (34) está conectada adicionalmente a la tercera (36) y quinta (40) fibras, aproximadamente en la ubicación de los puntos (80) de conexión en donde la tercera y quinta fibras están conectadas con la primera fibra (32).
- 5 8. El artículo compuesto de cualquiera de las Reivindicaciones 1-7, en el que la conexión entre la primera (32) y la segunda (34) fibras en el punto (80) de conexión comprende al menos una de las siguientes:
- una deformación de fractura de conexión que difiere de la deformación de fractura de la matriz (22), al menos en un 25 por ciento;
- una resistencia de conexión que difiere de la resistencia a la tracción de la matriz (22), al menos en un 25 por ciento.
- 10 9. El artículo compuesto de cualquiera de las Reivindicaciones 1-8, en el que:
- las fibras (30) comprenden una fibra sustancialmente ópticamente transparente; y
- la matriz (22) comprende una matriz polimérica (22) sustancialmente ópticamente transparente.
10. Un método de fabricación de un artículo compuesto, que comprende las etapas de:
- 15 disponer múltiples fibras (30) en una relación sustancialmente paralela entre sí, incluyendo las múltiples fibras (30) la primera fibra (32) y la segunda fibra (34);
- caracterizado por que cada una de las múltiples fibras (30) está formada como tiras alargadas y tiene una sección transversal de forma alargada, que incluye una superficie superior (44) sustancialmente plana y una superficie inferior (46) sustancialmente plana;
- conectar la primera fibra (32) con la segunda fibra (34) al menos en un punto (80) de conexión; y
- 20 embeber las múltiples fibras (30) dentro de una matriz (22).
11. El método de la reivindicación 10, que comprende adicionalmente las etapas de:
- disponer las múltiples fibras (30) en una primera capa (62) y una segunda capa (64);
- incluir la primera fibra (32) en la primera capa (62);
- incluir la segunda fibra (34) en la segunda capa (64); y
- 25 ubicar la primera y segunda fibras adyacentes entre sí.
12. El método de las Reivindicaciones 10-11, que comprende adicionalmente las etapas de:
- disponer las múltiples fibras (30) en una primera capa (62) y una segunda capa (64);
- incluir la primera fibra (32) y la segunda fibra (34) en la primera capa (62);
- incluir la tercera fibra (36) y la cuarta fibra (38) en la segunda capa (64);
- 30 orientar la tercera y cuarta fibras sustancialmente paralelas a la primera y segunda fibras;
- conectar la tercera y cuarta fibras al menos en un punto discreto (80) de conexión; y
- conectar al menos una de la primera y segunda fibras con una de la tercera y cuarta fibras, al menos en un punto discreto de conexión.
13. El método de cualquiera de las Reivindicaciones 10-12, que comprende adicionalmente las etapas de:
- 35 ubicar la primera fibra (32) y la segunda fibra (34) inmediatamente adyacentes entre sí;

ES 2 648 261 T3

ubicar la tercera fibra (36) y la cuarta fibra (38) inmediatamente adyacentes entre sí;

alinearse generalmente cada una de la primera y segunda fibras con las respectivas tercera y cuarta fibras; y

conectar la primera y segunda fibras a las respectivas tercera y cuarta fibras en los puntos (80) de conexión.

14. El método de cualquiera de las Reivindicaciones 10-13, que comprende adicionalmente las etapas de:

5 disponer las múltiples fibras (30) en una primera capa (62) y una segunda capa (64);

incluir la primera fibra (32) y la segunda fibra (34) en la primera capa (62);

incluir la tercera fibra (36), la cuarta fibra (38) y la quinta fibra (40) en la segunda capa (64) orientadas con una relación sustancialmente paralela entre sí, y orientadas perpendicularmente con respecto a la primera y segunda fibras;

10 ubicar la tercera y quinta fibras inmediatamente adyacentes a la cuarta fibra (38), en sus lados opuestos;

conectar la primera fibra (32) con cada una de la tercera y quinta fibras en los puntos (80) de conexión, en una ubicación aproximada que se corresponde a la distancia más corta entre la primera fibra (32) y las respectivas tercera y quinta fibras; y

15 conectar la segunda fibra (34) con la cuarta fibra (38) al menos en un punto de conexión, en una ubicación aproximada que se corresponde a la distancia más corta entre la segunda fibra y la cuarta fibra.

15. El método de la reivindicación 14, que comprende adicionalmente la etapa de:

conectar la segunda fibra (34) con la tercera fibra (36) y la quinta fibra (40), en la ubicación de los puntos de conexión donde la primera fibra (32) está conectada con la tercera y quinta fibras.

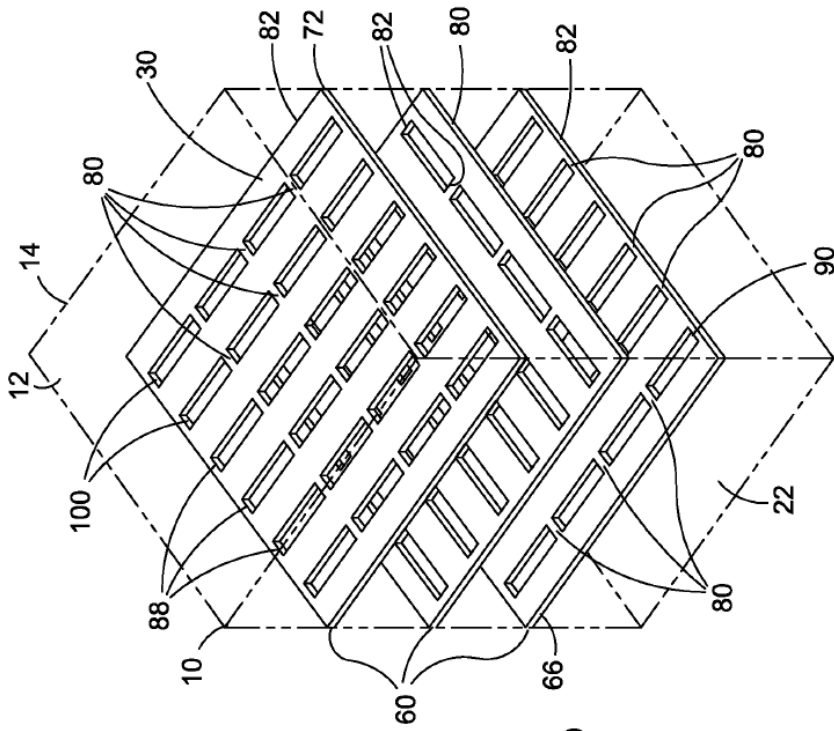


FIG. 2

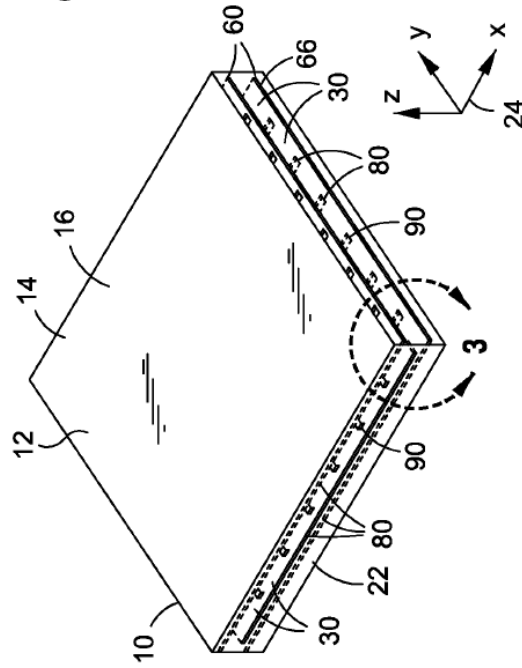


FIG. 1

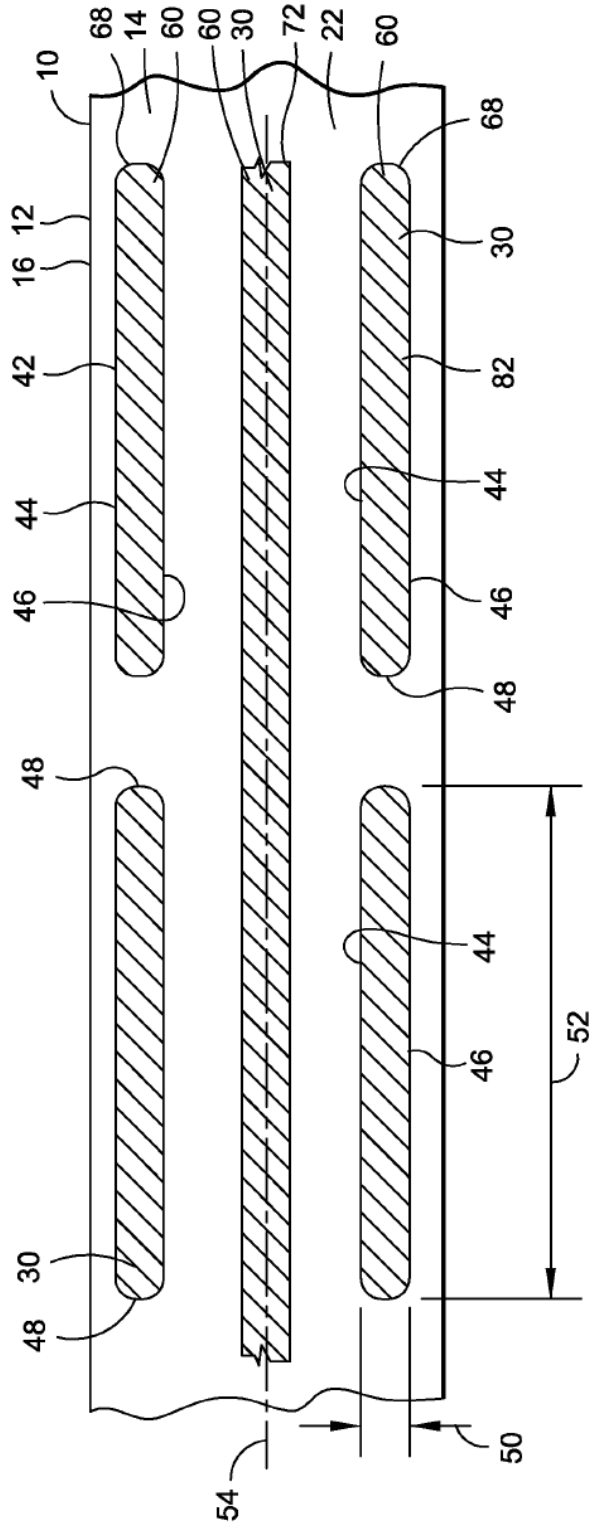


FIG. 4

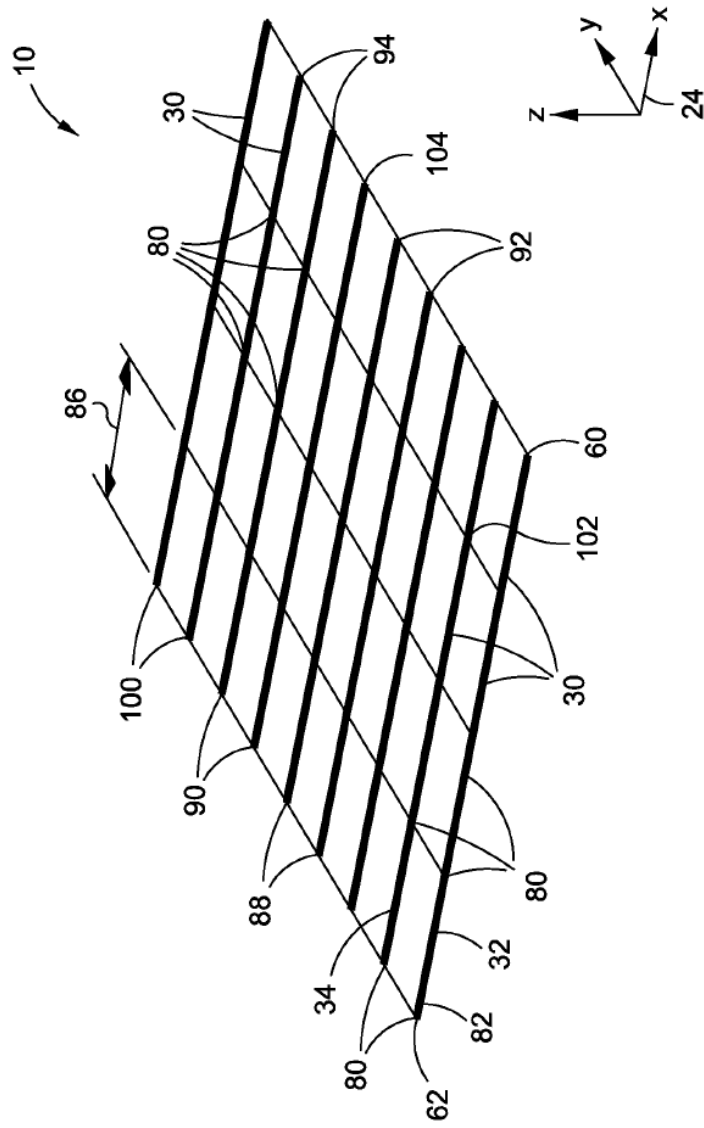


FIG. 5

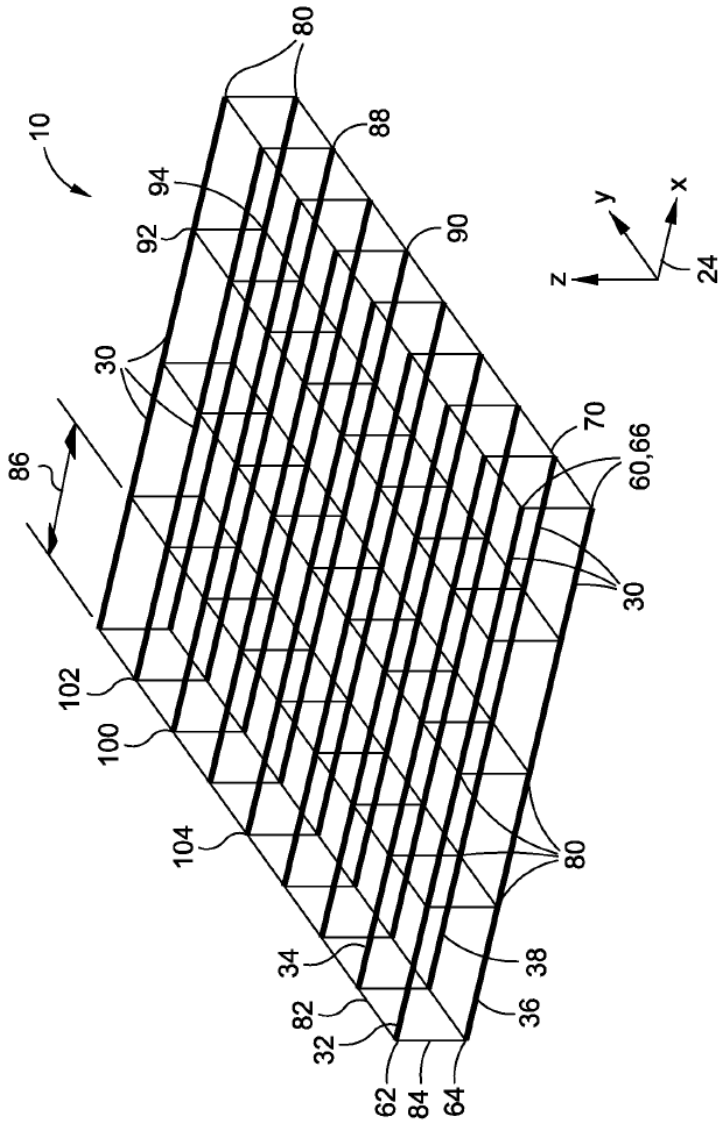


FIG. 7

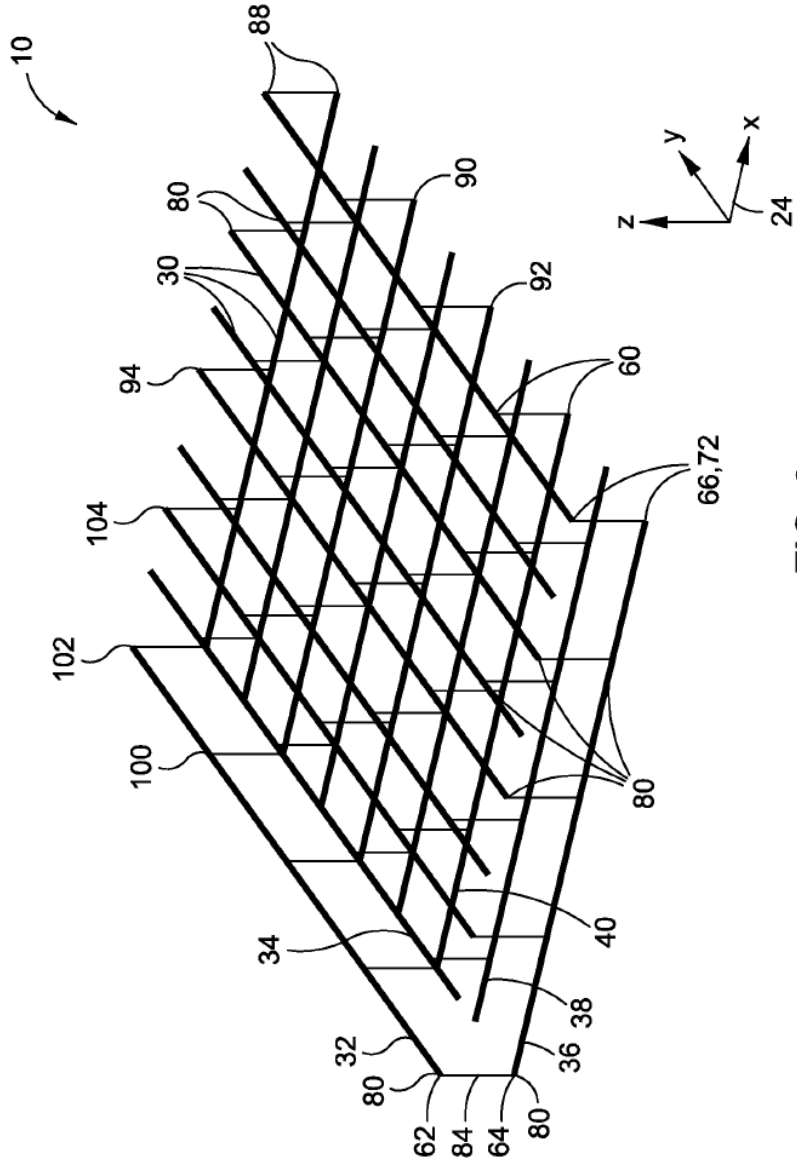


FIG. 8

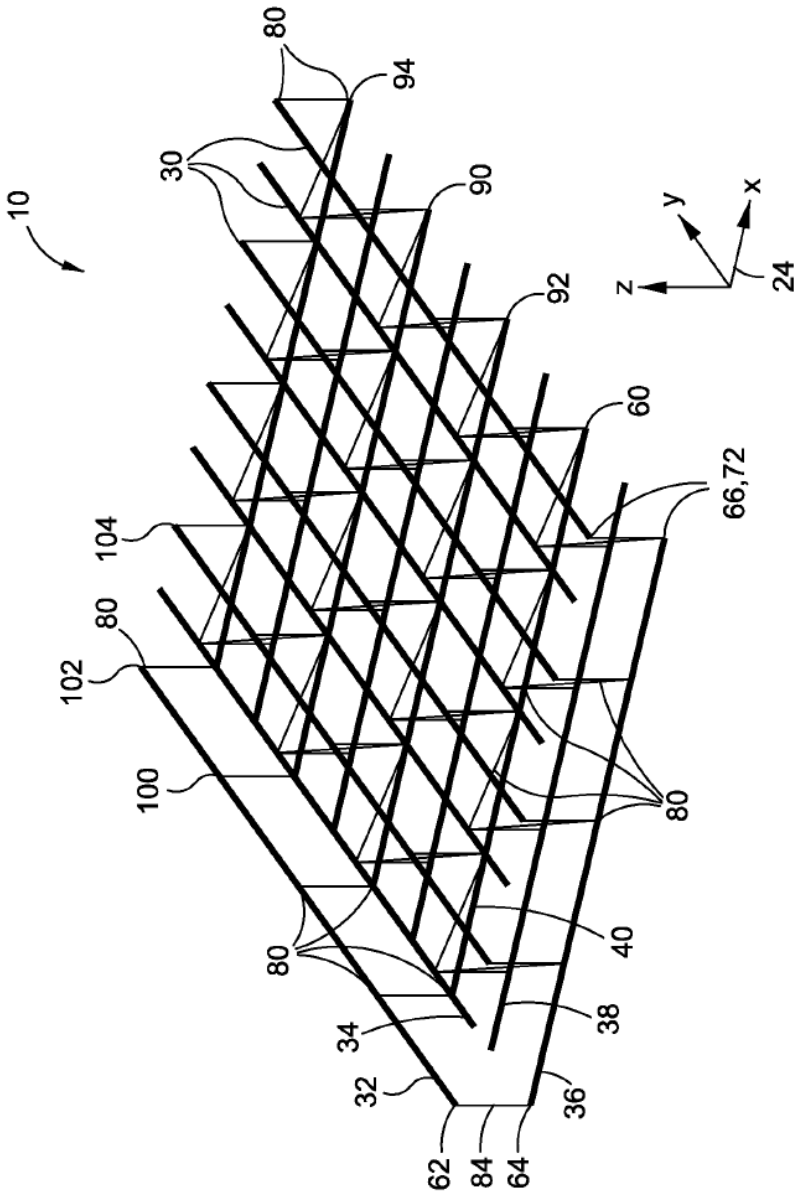
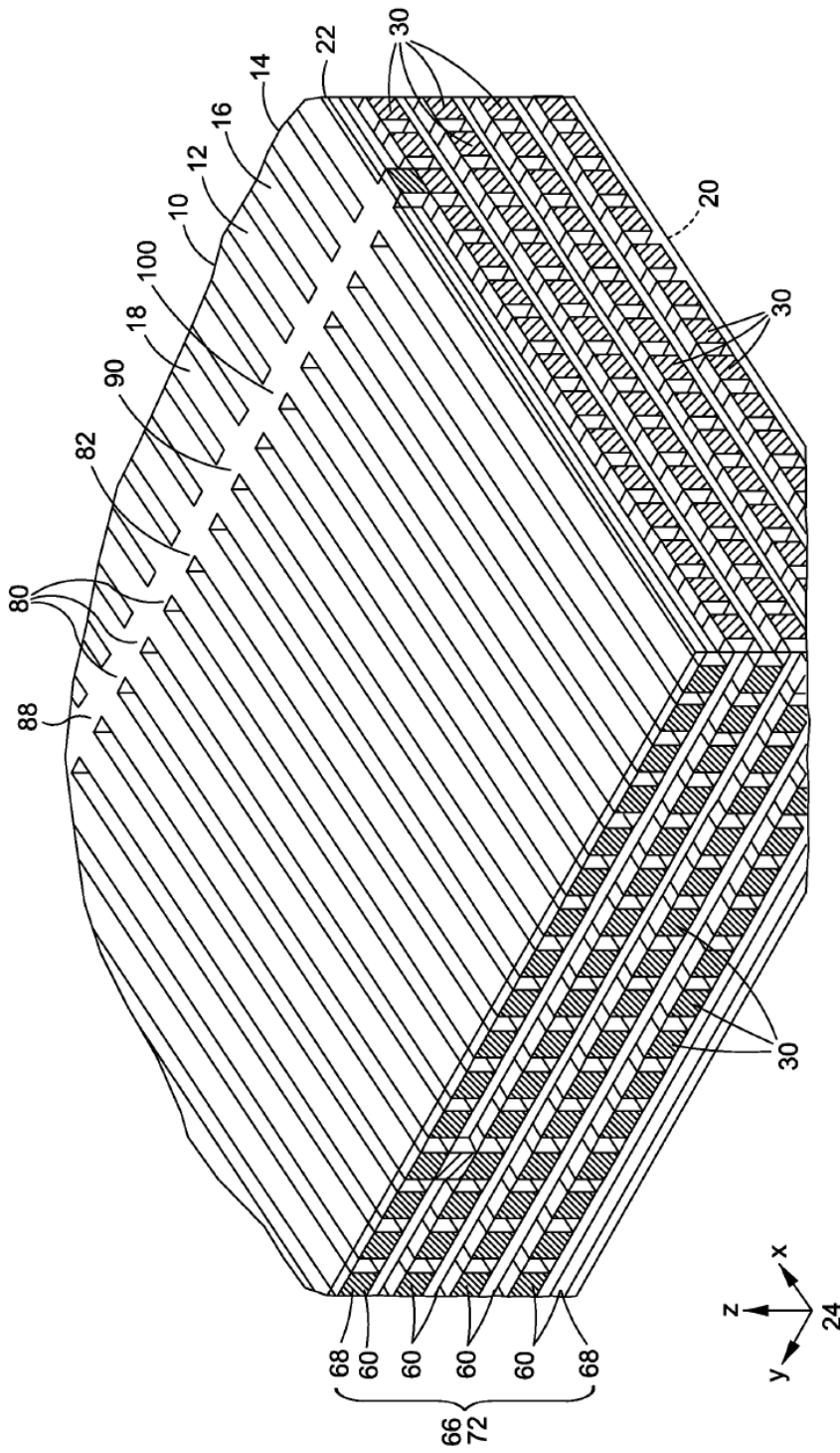


FIG. 9



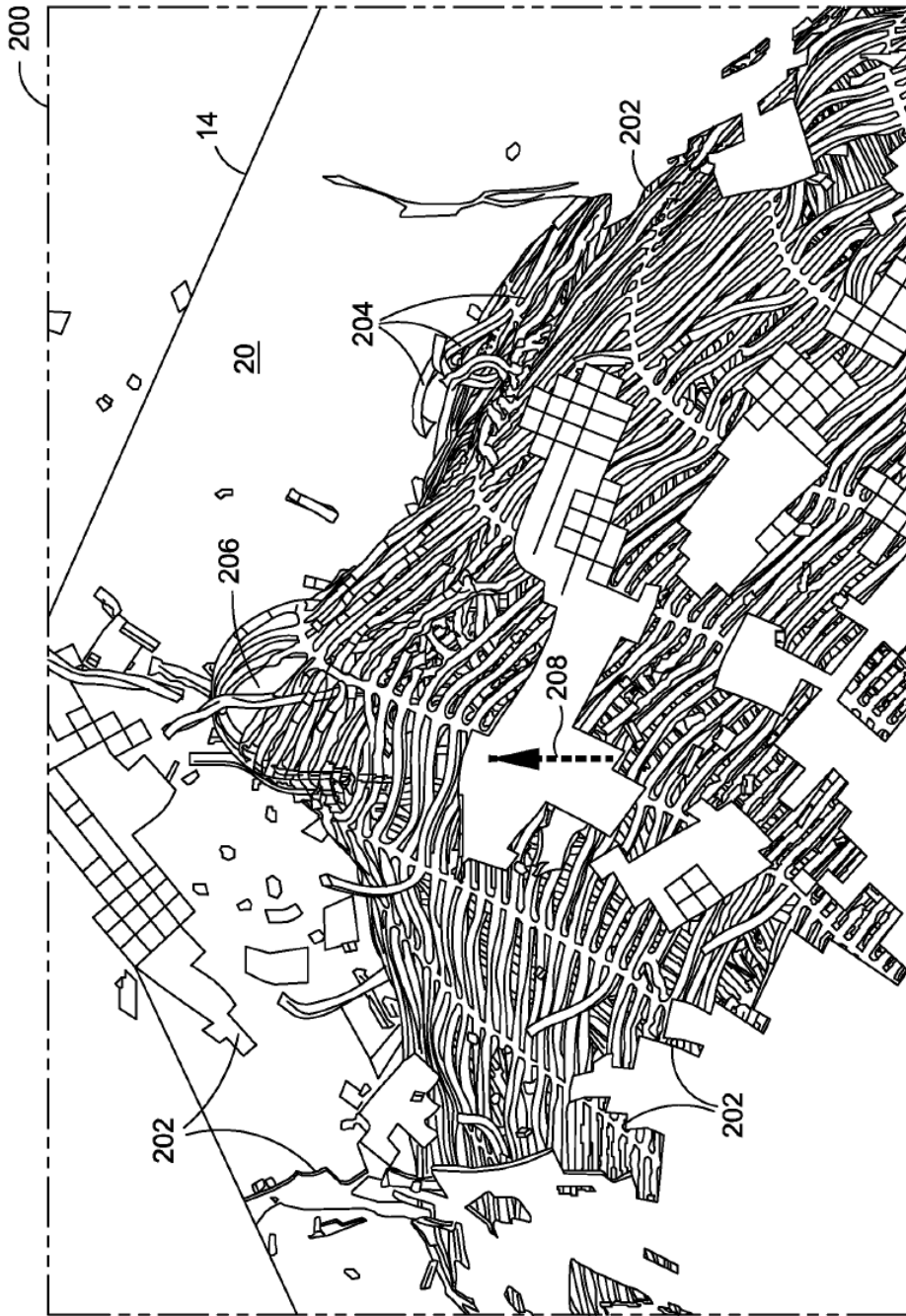


FIG. 11

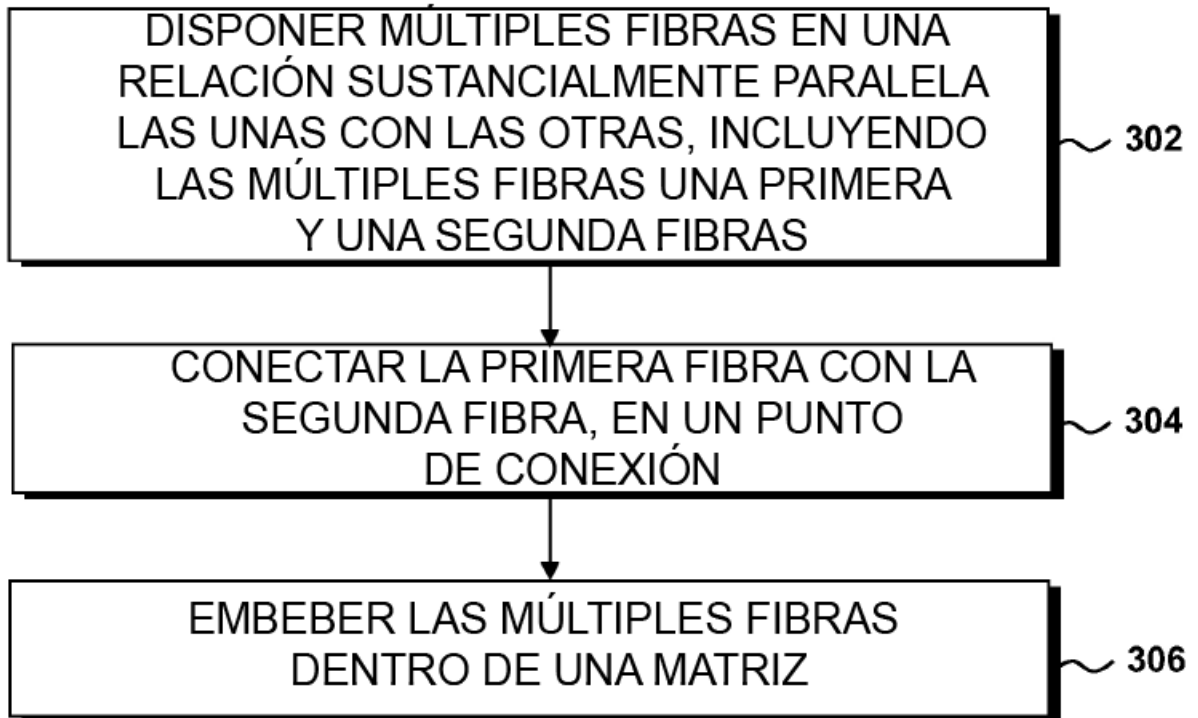


FIG. 12