

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 069**

51 Int. Cl.:

H01Q 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2014 PCT/US2014/030650**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14145821**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2014 E 14729507 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2973865**

54 Título: **Procedimiento de creación de pieles absorbentes de microondas perfectas y productos fabricados de acuerdo con el procedimiento**

30 Prioridad:

15.03.2013 US 201361791098 P

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

07.12.2018

73 Titular/es:

**FLEXTRONICS AP LLC (100.0%)
6201 America Center Drive
San Jose, CA 95002, US**

72 Inventor/es:

SUORSA, PETER

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 693 069 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

Procedimiento de creación de pieles absorbentes de microondas perfectas y productos fabricados de acuerdo con el procedimiento

Referencia a solicitudes relacionadas

5 **Antecedentes**

A medida que la tecnología continúa avanzando y más y más dispositivos electrónicos se vuelven cada vez más habituales en todas las industrias, el enfoque en la interferencia electromagnética (EMI) se vuelve inmensamente importante. La interferencia electromagnética, también conocida como interferencia de radiofrecuencia (RFI), es una perturbación que puede afectar a un circuito eléctrico debido a la inducción electromagnética o a la radiación emitida desde una fuente externa. La fuente externa puede ser artificial o natural, lo que hace que este sea un problema extremadamente difícil de resolver debido a la gran cantidad de variación de la que se puede obtener el EMI. Dispositivos como teléfonos móviles, tabletas y ordenadores son algunos de los principales emisores de EMI. Los dispositivos electrónicos como estos podrían llevar, en última instancia, a la rotura, degradación o interrupción del rendimiento de los circuitos, hacerlos inútiles o destruirlos completamente a través de la sobrecarga de interferencia. Cada dispositivo electrónico emite un tipo de EMI que puede ser potencialmente dañino. Por lo tanto, la razón de este problema debe abordarse con nuevas tecnologías.

Cualquier dispositivo eléctrico o electrónico tiene el potencial de generar interferencia conducida e irradiada. Las fuentes típicas de interferencia conducida pueden incluir fuentes de alimentación conmutadas, motores de corriente alterna (CA), hornos de microondas y microprocesadores.

20 La EMI genera señales no deseadas desde un primer circuito (por ejemplo, una radio, un chip de ordenador, un tablero de ordenador y similares), que pueden ser captados por un segundo circuito. Esto puede causar que el segundo circuito funcione de manera menos eficiente que lo deseado. En los casos más simples, el segundo circuito puede tener "deformaciones" en sus operaciones, aunque esto puede extenderse al segundo circuito, produciendo datos incorrectos.

25 Típicamente, la EMI ha sido contenida a nivel de "caja" de un dispositivo (según lo dicten las normas de seguridad ambiental y de salud del gobierno) o, en el mejor de los casos, con apantallamiento conectado a tierra alrededor de un componente específico o conjunto de componentes. En su forma más extrema (es decir, entornos de alta seguridad/criptografía), todo el dispositivo puede estar encerrado dentro de una habitación blindada.

30 A pesar de que hay muchos tipos de absorbentes, todos funcionan mediante un procedimiento de conversión de emisiones eléctricas y magnéticas no deseadas en pequeñas cantidades de calor. La estrategia de "absorción" es de atenuación y difiere del "apantallamiento" que puede verse como una estrategia de aislamiento, ya que utiliza material conductor para contener la EMI al reflejar las emisiones no deseadas de vuelta a su origen.

35 Algunos de los productos metalizados utilizados por la industria electrónica para proteger y contener la EMI incluyen; juntas metalizadas, revestimientos conductores, cintas protectoras, clip electrónico y una serie de productos de ferrita que incluyen perlas, toroides, bobinas e inductores.

40 Se está volviendo cada vez más evidente que a medida que las velocidades del reloj continúan aumentando, las frecuencias emitidas también subirán. Esto hará que la gestión de EMI sea un problema cada vez mayor. Los procedimientos de apantallamiento tradicionales, tales como el clip electrónico, tejido sobre espuma y escudos a nivel de placa, serán cada vez menos eficaces en estos entornos. Irónicamente, a menudo estos materiales tradicionales contribuyen al problema de resonancia. Proporcionan un camino conductor para la energía, que a su vez mantiene la energía dentro de la cavidad. Esta energía contenida puede afectar negativamente a otros componentes en la placa y puede evitar que la placa funcione correctamente. Además de los problemas relacionados con la contención, las tecnologías tradicionales de apantallamiento de tipo reflexivo ya no pueden contener la forma de onda... simplemente es demasiado pequeña en estas frecuencias más altas.

45 Los efectos perjudiciales de la interferencia electromagnética pueden plantear riesgos inaceptables en muchas áreas de la tecnología y es deseable controlar dicha interferencia y reducir los riesgos a niveles aceptables.

Sumario

50 Un procedimiento y aparato para producir una piel de absorbente de radiofrecuencia (RFA) o absorbente perfecto de microondas (PMA) se describe en el presente documento. Se puede aplicar una capa de metamaterial a un sustrato dieléctrico bajo. Los componentes resistivos y capacitivos se pueden añadir a la capa de metamaterial. La capa de metamaterial puede conformarse en una piel de RFA o PMA, que luego se puede aplicar a un conjunto de varias capas para la absorción de radiación electromagnética en un intervalo de frecuencia, tal como el espectro de frecuencia de microondas en un producto final, incluyendo y limitado a teléfonos móviles, dispositivos de comunicación u otros dispositivos electrónicos.

Breve descripción de los dibujos

Puede obtenerse una comprensión más detallada a partir de la siguiente descripción, dada a modo de ejemplo junto con los dibujos adjuntos en los que:

- 5 La figura 1 es un ejemplo del procedimiento por el cual funciona un absorbente de frecuencia de resonancia magnética (FRM) cuando existe una condición fuera de fase entre las ondas reflejadas y emergentes; la figura 2 es un ejemplo de "escamas" apiladas dentro de un absorbente de hoja delgada alquímico (TSA); y la figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de ejemplo que aplica el concepto de utilizar propiedades únicas de metamateriales fabricados como absorbentes de pieles, placas de circuitos impresos (PCB), cables y estuches para equipos electrónicos (ya sean industriales, militares o de consumo).

10 Descripción detallada

Procedimientos y aparatos se describen en el presente documento para producir un absorbente de radiofrecuencia (RFA) o una placa de circuito impreso (PCB) de absorción de microondas perfecto (PMA) aplicando el concepto de utilizar propiedades únicas de metamateriales fabricados como absorbentes a pieles, PCB, cables y estuches para equipos electrónicos (ya sean industriales, militares o de consumo).

- 15 El material magnético, (por ejemplo, permalloy, mu-metal, y similares), se puede transformar en un formato físico que funcionará con el aglutinante apropiado y se usará en cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento. Típicamente, el material magnético puede procesarse en una esfera, varilla o escama del metal a granel. La geometría de los materiales magnéticos utilizada en los absorbentes puede indicar que la geometría de las escamas tiene claras ventajas sobre otras geometrías en la construcción de absorbentes de éxito. Además, la relación de aspecto del material en cualquier geometría puede ser crítica para alcanzar la permitividad y la permeabilidad máximas. Esto se ha atribuido, entre otras cosas, al aumento del acoplamiento del momento magnético que aumenta con el área de la superficie. Además, el procedimiento de molienda que se utiliza para crear la escama también puede aumentar la coercitividad, que se atribuyó a la estructura cristalina desordenada causada por el procedimiento físico.

- 25 Una vez que se ha completado la conversión, el material se puede recocer para restaurar o mejorar la permeabilidad. Presumiblemente, la etapa de recocido puede restaurar la coercitividad a valores normales. Esto puede producirse reorientando la estructura cristalina del material para un material de permalloy para crear una estructura de superred de NiFe_3 . Se pueden producir efectos similares con otros materiales magnéticos.

- 30 La figura 1 es un ejemplo del procedimiento por el cual funciona un absorbente 100 de frecuencia de resonancia magnética (MRF) cuando existe una condición de desfase entre las ondas reflejadas y las emergentes. Para un absorbente ideal, (es decir, absorción máxima teórica), el espesor del absorbente puede ser un cuarto ($1/4$) de la longitud de onda 101 de la onda incidente 102, por lo que parte de la onda incidente 102 puede reflejarse 104 desde el límite 103 de "aire/absorbente" y la parte restante de la onda incidente que se refleja 106 desde la superficie del reflector 108 conductor de metal dentro del absorbente. La onda reflejada y la onda emergente 105 se cancelan mutuamente 107 como resultado.

- 35 La figura 2 es un ejemplo de "escamas" apiladas dentro de un absorbente de hoja delgada alquímico (TSA) 200. El componente metálico del absorbente está compuesto por escamas de permalloy 202 de modo que el límite dieléctrico/metálico puede ocurrir en las primeras varias capas de átomos de la escama de TSA. El TSA en realidad puede ser considerablemente más grueso que la dimensión de espesor de la escama, lo que puede permitir que varias capas de escamas 203 se apilen dentro de la TSA. Esto puede provocar la interceptación de múltiples ondas incidentes, lo que da lugar a la integración de reflexiones desfasadas sobre la totalidad de las escamas dentro del TSA combinadas con la integración de las reflexiones del límite aire/dieléctrico, lo que puede provocar que la onda sea absorbida.

- 45 En otra realización, los absorbentes resonantes producidos con "escamas" incluidas en un dieléctrico pueden sintonizarse típicamente a una sola frecuencia para una atenuación máxima. Se puede lograr la capacidad de múltiples frecuencias cambiando las propiedades físicas de la película, e incluyendo más de un dieléctrico.

- 50 En otra realización, un procedimiento alternativo de recocido que usa una cerámica de alta temperatura o temperatura ultraalta puede encapsular el componente individual en una protección térmica antes del recocido. El Si o SiC polimérico pueden ser los materiales de elección para este tipo de aislante de alta temperatura. Como alternativa, se pueden usar materiales más exóticos, tales como nitruros de metales de transición.

- 55 Por ejemplo, los procedimientos descritos anteriormente pueden implementarse para construir un material absorbente factible para un área de aplicación de 2,4 GHz. Diferentes geometrías y relaciones de aspecto pueden permitir que se aborden diferentes dominios de frecuencia. Además de simplemente construir un material absorbente, el material absorbente puede incorporarse directamente a factores que incluyen, pero no se limitan a los mismos, las siguientes intercapas de placas de circuito impreso (PCB), guías de tarjetas de PCB, cables, piezas moldeadas por inyección, revestimientos de paredes, conjuntos revestidos con polvo y/o partes, material de la hoja del absorbente adhesivo.

5 Si se miran las longitudes de onda para la radiación incidente (por ejemplo, Wifi a 2,4 GHz), la longitud de onda del "aire libre" puede ser de aproximadamente 124 mm, lo que puede dar como resultado un recubrimiento extremadamente grueso en un producto. Este espesor puede reducirse insertando el material magnético en una matriz (con una constante dieléctrica conocida), con lo que se puede obtener la misma absorción con un material que es $1/\mu\epsilon$. Esto tiene en cuenta el efecto de "escamas apiladas".

En una realización, las tecnologías desplegadas para crear un material absorbente de radar (RAM) fino y conforme pueden incluir, y sin limitaciones a los mismos, conjuntos de superficie selectiva de frecuencia (FSS) plana o apilada que se imprimen o graban por fusión sobre un sustrato que tiene una constante dieléctrica específica que promueve la atenuación optimizada de frecuencias de microondas específicas.

10 En otra realización, las tecnologías desplegadas para crear una RAM delgada y conforme pueden incluir, y sin limitaciones a las mismas, todas las tecnologías de superficie selectiva de frecuencia dieléctrica, y esferas de alta permeabilidad dimensionadas para optimizar la dispersión de onda en la superficie de la RAM.

15 En otra realización más, las tecnologías implementadas en la creación de una RAM delgada y conforme pueden incluir, pero sin limitaciones, metamateriales/quirales diseñados para propiedades electromagnéticas variables unidireccionales, (que controlan la direccionalidad izquierda y derecha) así como la pulverización atómica. Por ejemplo, las películas delgadas esculpidas creadas a través de procedimientos físicos de deposición de vapor pueden usarse para desplegar este tipo de material.

20 En otra realización, las tecnologías implementadas en la creación de una RAM delgada y conforme pueden incluir, y sin limitaciones, materiales inteligentes cuya reflectividad de microondas puede alterarse y controlarse a través de cambios en su resistencia cuando se aplica un campo eléctrico y/u óptico externo. La resistencia de alto y bajo nivel controlada a través de un campo eléctrico puede permitir el encendido y apagado de las funciones de RAM.

En otra realización, las tecnologías implementadas en la creación de una RAM delgada y conforme pueden incluir, y sin limitaciones, componentes activos que pueden proporcionar control dinámico del material absorbente del radar.

25 Se puede implementar una combinación de todas o algunas de las tecnologías mencionadas anteriormente para crear un material absorbente de radar que sea lo suficientemente delgado como para cumplir los requisitos del factor de forma para una superposición directa de material sobre objetos tridimensionales. Ya sea incorporado en el procedimiento de fabricación del equipo original o provisto como una solución de reequipamiento, el material, en una realización, puede permitir a los vehículos militares cambiar su sección transversal de radar de un valor alto durante la actividad en tiempo de paz a un valor bajo en situaciones de combate. El material también puede cubrir cualquier
30 y todos los objetos potenciales que puedan actuar como una antena en una situación de combate. El componente FSS de la RAM puede determinar además qué frecuencias específicas pueden transmitirse y/o bloquearse.

35 La integración a muy gran escala (VLSI) es el procedimiento de creación de circuitos integrados mediante la combinación de miles de transistores en un solo chip. VLSI comenzó en la década de 1970 cuando se desarrollaban complejas tecnologías de semiconductores y comunicaciones. Por ejemplo, un microprocesador es un dispositivo VLSI. A medida que los microprocesadores se vuelven más complejos debido a la escala de la tecnología, los diseñadores de microprocesadores se han enfrentado a varios desafíos que les obligan a pensar más allá del plano de diseño y a mirar hacia el post-silicio. Cada vez más, la compatibilidad electromagnética (EMC) y la EMI se han convertido en un problema importante para los diseñadores de circuitos y es probable que se vuelvan más graves en el futuro. El uso común de la tecnología VLSI, la utilización de frecuencias más altas y la miniaturización de
40 componentes se combinan para aumentar la probabilidad de interferencia en todos los niveles de ensamblaje electrónico. Estas mismas presiones tecnológicas se aplican al dispositivo VLSI y causan problemas de interferencia electromagnética en la matriz del VLSI, lo que afecta a todo el sistema.

45 El impacto significativo de la miniaturización radical de los dispositivos VLSI es de sistemas nanoelectromecánicos (NEMS). Los NEMS son dispositivos que pueden integrar la funcionalidad eléctrica y mecánica en la nanoescala. Los NEMS forman la siguiente etapa lógica de miniaturización de los denominados sistemas microelectromecánicos (MEMS).

50 El nivel de avance en el empaquetado electrónico va a la zaga de los avances en tecnología MEMS y NEMS. Esto se debe en gran medida al campo multidisciplinar del envasado electrónico, que puede incorporar varias de las subáreas tradicionales de mecánica, electrónica, física y química. La más prominente de estas áreas puede incluir transferencia de calor, materiales, transmisión de señal, análisis mecánico y fabricación.

55 De acuerdo con una realización, se puede implementar un procedimiento para la interferencia electromagnética y la gestión térmica de dispositivos VLSI. Este procedimiento puede desplegar una combinación de materiales absorbentes de frecuencia resonante magnética, ligantes dieléctricos no coincidentes, tecnología de superficie selectiva de frecuencia (SFS) miniaturizada y carbono térmicamente conductor. Por ejemplo, en una realización, un disipador de calor de polímero que tiene propiedades de absorción térmica y de disipación electromagnética está configurado para montarse en el elemento base del disipador de calor de VLSI, módulos multichip (MCM) y los diseños de alojamientos de circuito integrado híbrido (HIC). Utilizando las características únicas de conducción térmica del carbono, además de las propiedades de absorción electromagnética del mismo material, se puede

recurrir a la gestión térmica y de EMI en un solo paquete. Al controlar la relación de aspecto de los nanotubos de carbono, varillas, escamas y similares, estas "cargas" se pueden combinar con un aglutinante polimérico que tiene un dieléctrico específico que mejor soporta la frecuencia objetivo. Las partículas de carbono a nano escala individuales pueden tener o no un recubrimiento aislante.

- 5 También se puede usar la construcción de todo el polímero que puede cumplir la doble función de disipación térmica y absorción de EMI. En esta realización, se puede usar una matriz de polímero que tiene propiedades de alta disipación térmica junto con un absorbente de metamaterial completamente dieléctrico.

10 El polímero altamente cargado se puede extruir y troquelar para formar cilindros en miniatura. Los cilindros pueden diseñarse para que tengan una relación de aspecto específica. Estos cilindros altamente cargados pueden atenuar efectivamente las señales electromagnéticas en una banda ancha. En cargas en el intervalo del 80 % en peso, puede haber una concentración suficiente de carbono para permitir una conductividad térmica significativa.

15 En otra realización, las partículas de carga de alta permeabilidad que tienen una relación de aspecto predeterminada pueden revestirse con un aislante adecuado. Estas partículas aisladas pueden combinarse con ligantes dieléctricos específicos que mejor soportan la frecuencia objetivo. El material compuesto altamente cargado (aproximadamente el 80 %) se puede usar, por ejemplo, para formar absorbentes de frecuencia de resonancia magnética delgados que están integrados con alojamientos de circuitos integrados existentes o en metamateriales que pueden convertirse en una piel formada térmicamente o al vacío que se puede incorporar en el procedimiento de moldeo por inserción o como un material absorbente compuesto utilizado en una inyección de moldeo por inyección de múltiples materiales. Las finas láminas absorbentes se pueden aplicar directamente a los cuerpos del disipador de calor o se pueden diseñar de manera más precisa para ubicarlas a una distancia específica de las emisiones del troquel.

20 En otra realización, el despliegue del material absorbente de frecuencia de resonancia magnética se puede realizar a través de procedimientos de "moldeo por inyección del inserto" o como un procedimiento de moldeo por inyección de una sola etapa.

25 En otra realización, pueden combinarse múltiples tecnologías para permitir la fabricación de un dispositivo/componente tridimensional que está diseñado para bloquear y/o transmitir frecuencias electromagnéticas de elección. Existen tres tecnologías específicas implementadas: 1) un absorbente de frecuencia de resonancia magnética, 2) una superficie selectiva de frecuencia (FSS) y 3) ensamblaje de escritura directa (tintas conductoras).

30 En una realización, los absorbentes de frecuencia de resonancia magnética pueden funcionar mediante cancelación de fase. La onda entrante incidente sobre el material absorbente se refleja parcialmente y se transmite parcialmente. La porción transmitida sufre múltiples reflexiones internas para dar lugar a una serie de ondas emergentes. A la frecuencia de diseño, la suma de las ondas emergentes es igual en amplitud a (en 180 grados de desfase) la porción de reflexión inicial. En teoría, la reflexión cero tiene lugar en la frecuencia de diseño. En la práctica, se puede lograr una absorción de más de 30 dB.

35 Las cargas magnéticas distribuidas suspendidas en una matriz elastomérica flexible son la forma más común de material absorbente de frecuencia resonante. Al aumentar la permeabilidad y la permitividad del elastómero, el índice de refracción también aumenta, permitiendo así un material más fino. En función del principio de cancelación de fase, cuanto menor sea la frecuencia a atenuar, más grueso deberá ser el material.

40 En otra realización, se puede implementar FSS. Dado que los materiales naturales presentan un acoplamiento muy débil a través del componente magnético de la onda electromagnética, se están investigando y fabricando materiales artificiales que exhiben un fuerte acoplamiento magnético. Estos materiales artificiales se conocen como metamateriales.

45 Los metamateriales electromagnéticos pueden verse como compuestos estructurados con inclusiones metálicas diseñadas por debajo de la longitud de onda. Como sistemas físicos mesoscópicos, estos se construyen a partir del nivel de celda unidad. Estas celdas unitarias están diseñadas para producir propiedades electromagnéticas prescritas. Una característica de este tipo de metamaterial es que los componentes individuales tienen una respuesta resonante (acoplamiento) a los componentes eléctricos, magnéticos o ambos de la radiación electromagnética de la fuente. El metamaterial EM como un medio de transmisión diseñado artificialmente, hasta ahora ha entregado las respuestas deseadas a frecuencias desde el microondas hasta casi visible.

50 Las superficies selectivas de frecuencia pueden fabricarse como matrices periódicas bidimensionales planas de elementos metálicos con formas geométricas específicas, o pueden ser aberturas periódicas en una pantalla metálica. Los coeficientes de transmisión y reflexión para estas superficies dependen de la frecuencia de operación y también pueden depender de la polarización y el ángulo de la onda electromagnética transmitida que golpea el material o ángulo de incidencia. La versatilidad de estas estructuras se muestra cuando se tienen bandas de frecuencia en las que un FSS determinado es completamente opaco (bandas de detención) y otras bandas en las que la misma superficie permite la transmisión de ondas.

55 Cuando el FSS está diseñado para características de brecha de banda electromagnética (EBG), el FSS puede diseñarse para aumentar sus propiedades de banda de parada en relación con las frecuencias de ondas de

superficie (SW) de dispersión (microondas y frecuencias de radio). Además, el FFS está diseñado para que la EBG reduzca su dependencia de la dirección de propagación de la onda de superficie que viaja a través de la superficie (interfaz).

5 De acuerdo con una realización, un procedimiento para fabricar sustratos planos y dispositivos/componentes tridimensionales cuyas propiedades permiten que el dispositivo/componentes bloqueen y/o transmitan las frecuencias electromagnéticas deseadas.

10 En el factor de forma bidimensional o plana, el material FFS específico de frecuencia puede usarse como un elemento absorbente único (pantalla Salisbury) o como un absorbente tipo matriz apilada (Jaumann). Los patrones de celda unitaria específicos organizados periódicamente del material FFS permiten selectivamente la transmisión o reflexión de las frecuencias deseadas.

15 Los patrones de las celdas de FFS pueden producirse a través de múltiples procedimientos, tales como electrodeposición, deposición no electrolítica, polímeros conductores de fotoimagen y tintas conductoras que se imprimen por pantalla, se imprimen por láser o se imprimen con "escritura directa". El dieléctrico del material, sobre el que se realiza el patrón de las celdas FFS, se elige para facilitar la atenuación máxima para la frecuencia o frecuencias de interés. El material FFS (dependiendo del grado de matrices apiladas) puede ser de cualquier grosor. Este material se puede producir en forma de rollo para facilitar el procesamiento adicional del material de FFS.

20 El material del rollo de FFS puede recubrirse después con un absorbente de frecuencia de resonancia magnética que puede tener características de absorción de banda ancha o estrecha. El revestimiento del material de FFS se realiza mediante el procesamiento de cuchilla sobre el rollo y se maneja en una línea de producción de rollo a rollo. Los revestimientos delgados consecutivos están hechos para producir el espesor final deseado. Además, el procedimiento de producción de cuchilla sobre rollo, en virtud de la hidráulica que es inherente al procedimiento, facilita la alineación de las cargas resonantes magnéticamente que son críticos para las características de absorción final. El material de hoja plana es idealmente adecuado para el diseño y procesamiento de circuitos impresos multicapa.

25 En un dispositivo/componente tridimensional, la implementación de propiedades de metametales conocidas se combina con la conocida tecnología de absorción de frecuencia con resonancia magnética.

Un enfoque es crear un vacío y/o una piel de FFS formada térmicamente que se inserta en el molde de inyección. El molde se llena después con un material absorbente de frecuencia de resonancia magnética específicamente sintonizado.

30 También es posible moldear por inyección un componente de frecuencia resonante magnética y aplicar el patrón de FFS a través de la tecnología de "escritura directa". Esta tecnología es capaz de imprimir tintas conductoras en objetos tridimensionales a través de una etapa de traducción de 3 ejes controlada por ordenador.

Los componentes que despliegan tecnologías combinadas de MRF y FFS permiten y facilitan la transmisión de frecuencias discretas al mismo tiempo que suprimen otras.

35 También debe observarse que en un componente de moldeo por inyección, las cargas frecuencia resonante magnética (material de alta permeabilidad) se dispersarán al azar como resultado del procedimiento de moldeo por inyección. La alineación de las escamas, que estimula un mejor rendimiento, no será posible. En esta aplicación, puede ser más deseable desplegar una carga de alta permeabilidad que presente geometrías alternativas. Varillas y esferas son dos geometrías alternativas. Estas geometrías pueden favorecer a materiales de base que no sean permalloy. El dióxido de cromo es un buen ejemplo de un material de alta permeabilidad que funciona excepcionalmente bien cuando se utiliza como varillas de nanoescala.

40 En una realización, se pueden utilizar varios procedimientos de película delgada "nanodimensional" que incluyen, entre otros, deposición no electrolítica, pulverización atómica, grabado por fusión mediante pulverización, recubrimiento por centrifugado, deposición de vapor y deposición por electropulverización con el fin de producir laminados de núcleo de banda ancha y multibanda específicos de frecuencia para su uso en la construcción de PCB de múltiples capas.

45 La puesta a tierra y el apantallamiento son técnicas destinadas a reducir las emisiones o desviar la EMI de un "receptor víctima" al proporcionar una ruta alternativa de baja impedancia. Por ejemplo, los alojamientos blindados se pueden fabricar típicamente en secciones, tal como una caja y una tapa. Se puede usar una junta de RF en las juntas de la sección para reducir la cantidad de interferencia que se filtra a través de la junta. Se pueden usar cables blindados, en los que los alambres conductores están rodeados por una capa conductora externa que está conectada a tierra en uno o ambos extremos. Se pueden usar esquemas de conexión a tierra o de puesta a tierra, tal como puesta a tierra en estrella para equipos de audio o planos de tierra para radiofrecuencia (RF). Otras medidas generales pueden incluir, pero sin limitaciones, el desacoplamiento o el filtrado en puntos críticos, como entradas de cables e interruptores de alta velocidad, utilizando señales de choque de RF y/o elementos RC, técnicas de líneas de transmisión para cables y cableado, tal como señal diferencial equilibrada y trayectorias de retorno, y adaptación de impedancias, y evitación de estructuras de antena, tales como bucles de corriente circulante, estructuras

mecánicas resonantes, impedancias de cable desequilibradas o apantallamiento mal conectado a tierra.

A pesar de los mejores esfuerzos para reducir la EMI mediante un buen diseño de PCB, la radiación electromagnética aún puede requerir una gestión que sea externa a la PCB física. Todas las corrientes variables en el tiempo en un sistema, ya sea intencionada o no, pueden irradiar. Es más fácil considerar la EMI en términos de corriente y frecuencia, en lugar de voltaje y tiempo. La corriente puede irradiar más eficientemente a frecuencias más altas, y las pequeñas corrientes pueden causar más radiación que las grandes corrientes. Como ejemplo, las corrientes de ruido inducidas en cables que son muy pequeños pueden exhibir radiación significativa debido a la capacidad del cable para actuar como una antena eficiente. De manera similar, el ruido inducido a través de las conexiones de orificios al plano de tierra de la PCB puede diseminarse al borde perimetral de la PCB, que actúa como una antena efectiva. La EMI de la PCB es una gran fuente de contribución a la EMI a nivel de sistema.

De los muchos mecanismos de EMI, la EMI de PCB puede estar dominada por la radiación de modo diferencial (DM), mientras que la EMI a nivel de sistema puede estar dominada por la radiación de modo común (CM). La radiación DM puede ser el resultado de pares de corriente de señal y retorno, que pueden estar físicamente cerca uno del otro. Estas corrientes diferenciales pueden ser grandes, pero el efecto de cancelación de fase puede reducir significativamente la intensidad de campo radiada. La radiación CM puede ser el resultado de corrientes de ruido que se escapan hacia los cables. Estas corrientes pueden ser pequeñas, pero la ruta de retorno a la fuente puede ser enorme, lo que da como resultado una gran área de bucle y radiación.

En el intervalo de frecuencias más bajas, no es raro que las corrientes CM en los cables, aunque más pequeñas que las corrientes DM en un PCB, puedan irradiar más porque el producto de la longitud del cable y la longitud de onda suele ser varios órdenes de magnitud mayor que el área del bucle DM. A frecuencias más altas, la radiación DM puede volverse más importante porque es proporcional al cuadrado de la frecuencia, mientras que la radiación CM es proporcional a la frecuencia.

Tanto en la DM como en la CM, las variables controlables son corriente y las dimensiones de la antena. Con el advenimiento de diseños de mayor velocidad y mayor frecuencia, los diseñadores se ven obligados a revisar los problemas de la EMI en un componente, PCB, cerramiento y nivel del sistema. La EMI resultante de componentes, módulos y circuitos digitales a nivel de PCB puede establecer una ruta de acoplamiento entre la fuente de radiación y los sistemas/componentes no apantallados en las proximidades de la fuente de radiación. La ruta de acoplamiento puede tomar diversas formas. Por ejemplo, la ruta de acoplamiento puede comprender un acoplamiento electromagnético o inductor entre la fuente de radiación electromagnética y el plano de tierra o conductor de la PCB. En este ejemplo, el borde perimetral de la PCB puede actuar como una antena. Tal radiación puede producir diversos efectos indeseables. Las emisiones electromagnéticas no controladas pueden interferir y afectar significativamente a la operación y la integridad de los componentes, módulos y sistemas no apantallados en la vecindad de la fuente de radiación.

La radiación emitida puede limitarse para reducir la EMI concomitante. El confinamiento de la EMI se puede lograr en cierta medida encerrando el sistema en una caja conductora conectada a tierra, y restringiendo el tamaño de cualquier abertura en el exterior de la caja para reducir el escape de radiación electromagnética. Este enfoque puede verse como una solución "reflexiva". Las técnicas reflexivas para confinar la EMI simplemente desvían el problema de un lugar a otro dentro del entorno del sistema. Puede haber múltiples enfoques reflexivos desplegados en un sistema para mantener la funcionalidad electrónica. Desafortunadamente, un enfoque de apantallamiento/confinamiento para tratar con la EMI impone una carga al diseño del cerramiento.

Las tecnologías absorbentes pueden eliminar la necesidad de proteger y limitar la EMI convirtiendo una señal electromagnética en calor. Mientras que la EMI puede causar altas cantidades de interferencia eléctrica, cuando se convierte en energía térmica, el calor residual se puede manejar fácilmente. Por consiguiente, de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento, los materiales absorbentes son deseables para la gestión de la EMI.

Los materiales absorbentes de EMI pueden optimizarse para el rendimiento eléctrico. Las propiedades eléctricas o magnéticas de estos materiales pueden alterarse para permitir la absorción de RF y energía de microondas. En materiales cargados magnéticamente, las cargas, tales como ferritas, hierro y aleaciones únicas, pueden aumentar la permeabilidad de los materiales base. Los absorbentes de RF y los absorbentes de microondas generalmente se consideran absorbentes de frecuencia de resonancia magnética o materiales dieléctricos graduados.

Los materiales absorbentes de la frecuencia de resonancia magnética pueden diseñarse para absorber energía, ya sea a una sola frecuencia discreta o a múltiples frecuencias. Controlando la carga magnética y dieléctrica crítica y el grosor de cada una de las capas, se pueden acomodar múltiples frecuencias.

Los absorbentes de frecuencia de resonancia magnética funcionan a través de la cancelación de fase. La onda entrante incidente sobre el material absorbente se refleja parcialmente y se transmite parcialmente. La porción transmitida sufre múltiples reflexiones internas para dar lugar a una serie de ondas emergentes. En la frecuencia de diseño, la suma de las ondas emergentes es igual en amplitud a la porción de reflexión inicial. Las cargas magnéticas distribuidas suspendidas en una matriz elastomérica flexible son la forma más común de material

absorbente de frecuencia resonante. En función del principio de cancelación de fase, cuanto menor sea la frecuencia a atenuar, más grueso deberá ser el material.

5 En una realización, el material absorbente de EMI se puede conformar en un factor de forma deseado usando un procedimiento de extrusión. Por ejemplo, una guía de tarjeta de PCB puede diseñarse para abordar problemas relacionados con la radiación electromagnética emitida desde la PCB. La guía de tarjeta de PCB puede tener varias propiedades de absorción de EMI. Cuando se inserta una tarjeta de PCB en un sistema informático para el acoplamiento con un conector, puede ser necesario un grado significativo de orientación para garantizar que el conector esté correctamente asentado. Las jaulas de tarjetas de PCB se diseñan típicamente usando un marco que proporciona una región de recepción de la tarjeta en la que pares de guías de tarjetas establecen ubicaciones para la inserción de tarjetas PCB "secundarias". El borde anterior de estas tarjetas de PCB secundarias tiene lengüetas para los dedos que requieren un acoplamiento registrado a los conectores correspondientes del panel posterior que atraviesa el plano posterior de la región receptora de la tarjeta. El plano posterior puede proporcionar la conexión eléctrica de los circuitos de cada tarjeta secundaria insertada en los circuitos de otras tarjetas secundarias según se desee o en los conductores del cable de entrada/salida.

15 La guía de tarjeta de PCB puede estar formada por un material absorbente de EMI que evita que la EMI emitida por una tarjeta de PCB insertada en la guía de tarjeta de PCB interfiera con componentes fuera de la guía de tarjeta de PCB al absorber señales electromagnéticas emitidas desde la tarjeta de PCB y transformar las señales en calor. El material absorbente de EMI puede incluir materiales absorbentes de frecuencia magnética resonante.

20 Como alternativa, las "latas absorbentes" fabricadas con el mismo material absorbente de EMI se pueden unir a un componente o circuito problemático de la tarjeta de PCB para contener señales electromagnéticas emitidas por el componente o circuito.

25 De acuerdo con una realización, el material absorbente de EMI se puede formar usando un procedimiento de extrusión en el que un material no conductor (por ejemplo, plástico, material polimérico y similares) se funde, y un medio metálico (por ejemplo, escamas de metal) se aplica en todo el material fundido antes de ser moldeado y enfriado en un producto final.

30 Los procedimientos de fabricación de material absorbente de EMI también se describen en el presente documento. Se puede elegir un procedimiento de fabricación que garantice el mantenimiento de la orientación deseada con el fin de mantener una orientación deseada del agregado metálico en un producto final tridimensional y se desvela en el presente documento. Para mantener una estratificación horizontal estratificada de escamas metálicas en un aglutinante polimérico, se puede utilizar cualquier cantidad de procedimientos de revestimiento. Todos estos procedimientos de revestimiento pueden producir un producto conformado de hoja plana.

Las guías de tarjeta absorbentes pueden extruirse o moldearse. La guía de la tarjeta puede incluir un componente metálico para apantallamiento estructural, rigidez estructural o puesta a tierra.

35 Los procedimientos de fabricación típicos para fabricar productos tridimensionales, moldeo por inyección, moldeo por extrusión y colada producirán un producto con dispersión aleatoria del medio metálico.

Al elegir un polímero que sea adecuado para formar un producto absorbente de EMI, el producto que tenga una carga metálica orientada adecuadamente se puede usar luego en el procedimiento de formación para hacer que un producto tridimensional personalizado tenga propiedades de absorción de EMI altas.

40 El material compuesto del cuerpo de la guía de tarjeta de absorción puede incluir un plástico/polímero seleccionado de un grupo que incluye, pero no se limita a los mismos, acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), policarbonato (PC), PC/ABS, polipropileno (PP), nailon (PA), estireno acrilonitrilo (SAN), polisulfona (PSU), tereftalato de polibutileno (PBT), tereftalato de polietileno (PET), sulfuro de polifenileno (PPS), poliimididas (PI), elastómero termoplástico de poliéster (TPE), acrílico (PMMA), poliuretano termoplástico rígido (RTPU), polímero Z de cristal líquido (LCP), fenólicos, cloruro de polivinilo (PVC), estirénicos, poliéster curado y resinas epoxídicas, caucho, silicona RTV y otros elastómeros o cualquier otro plástico termoestable similar, termoestable, o curado a temperatura ambiente o mezclas de los mismos.

El metal utilizado como cargas magnéticamente permeables se puede seleccionar de un grupo que incluye, pero no se limita a los mismos, níquel, cobre, hierro, plata, oro, estaño, cinc, plomo, aluminio, latón, bronce, acero inoxidable, molibdeno y cualquier mezcla de los mismos y cualquier otro metal eléctricamente conductor.

50 Se pueden usar metales de alta permeabilidad en la construcción de absorbentes de EMI. La geometría del agregado metálico puede influir en gran medida en las propiedades de absorción de EMI. Las geometrías en escamas, plaquetas, esféricas y en forma de varilla se pueden usar para mejorar la permeabilidad del producto final. La orientación de la geometría elegida dentro del aglutinante polimérico también puede ser un factor de influencia para el rendimiento de absorción de EMI.

55 Por ejemplo, el agregado metálico puede usar dos tipos diferentes de escamas añadidas al aglutinante polimérico. Las propiedades inherentes de estas escamas pueden permitir la absorción de señales de EMI a múltiples

frecuencias. En un cerramiento de teléfono móvil, por ejemplo, puede requerir la configuración ("ajuste") de la configuración del agregado metálico mediante técnicas de cancelación de fase para absorber las señales de EMI en bandas anchas y/o estrechas (por ejemplo, una banda de evolución a largo plazo (LTE) y una banda IEEE 802.11n).

5 Los metamateriales también pueden exhibir permitividad negativa y permeabilidad negativa dependiendo de la configuración del material. Dos enfoques para lograr estas condiciones incluyen el resonador de anillo partido (SRR) y la brecha de banda electromagnética (EBG). El enfoque EBG está dirigido a una aplicación de absorción, como la absorción de EMI que está presente en un helicóptero.

10 La tecnología SRR se orientó originalmente al desarrollo de filtros que permitían que determinadas frecuencias pasaran por el metamaterial. Desde el punto de vista de este proyecto, lo que es más interesante es el concepto del "Resonador de anillo partido complementario" ("CSRR"). Donde el SRR genera una cavidad resonante imprimiendo un circuito de "anillo partido" en un medio, el CSRR genera una cavidad resonante imprimiendo todo EXCEPTO el patrón SRR. En otras palabras, el CSRR puede verse como un "almohadilla" metálica en la que el patrón real de la cavidad resonante NO está metalizado. El efecto de esto es que se crea un absorbente resonante, con la característica añadida de una respuesta de frecuencia muy amplia.

15 La estructura de la red de pesca y los elementos fractales también pueden incluirse como primitivas para generar CSRR. Curiosamente, una de las primeras aplicaciones del CSRR fue colocar el absorbente en el plano de potencia de una PCB. Esta disposición minimiza los circuitos adicionales y el coste asociado con la colocación de un absorbente de EMI de alta eficiencia en dispositivos electrónicos.

20 La figura 3 es un diagrama de flujo de un ejemplo de procedimiento 300 que aplica el concepto de utilizar propiedades únicas de metamateriales fabricados como absorbentes a la piel, PCB, cables y estuches para equipos electrónicos (ya sean industriales, militares o de consumo) para crear un RFA o PMA para absorber frecuencias en un intervalo de frecuencia específico, tal como el intervalo de frecuencia de microondas. La aplicación de un caso especial de metamateriales, conocidos como metamateriales de índice negativo (en particular, medio negativo doble o DNG), al problema específico de la absorción de EMI en productos fabricados en la industria electrónica y
 25 aeroespacial. Utilizando estos materiales, se puede lograr una absorción casi perfecta en varias frecuencias y se puede realizar con materiales que son significativamente más delgados que los productos absorbentes de uso habitual, tales como los elastómeros de hojas cargadas o varias espumas. En el ejemplo de la figura 3, el metamaterial se aplica sobre un sustrato de material dieléctrico bajo para crear una capa de metamaterial 301. A continuación, se pueden añadir componentes resistivos y capacitivos a la capa de metamaterial 302. La capa metamaterial de se puede formar a continuación en un producto final 303, tal como una PCB, tubos retráctiles para
 30 la fabricación de cables de interconexión, un sobremoldeado para la fabricación de estuches o una piel absorbente.

El rendimiento no se obtiene de la combinación de materiales específicos elegidos en la fabricación, sino de la forma en que se fabrican los materiales elegidos. Un ejemplo es una hoja con un patrón periódico de material conductor impreso en él a través de la metodología litográfica/de circuito impreso u otros medios. El patrón puede estar
 35 compuesto por celdas individuales con ciertas características. La forma en que se diseña la celda, tal como su anchura, grosor y forma, y el patrón subsiguiente del que forma parte, pueden unirse para dar al material en el agregado un rendimiento particular beneficioso para ciertos conjuntos de problemas.

La aplicación específica del procedimiento descrito en el ejemplo de la figura 3 es para la fabricación de absorbentes de metamateriales de tal manera que se pueden incluir como una capa en (1) factores de forma de placa de circuito
 40 impreso estándar, (2) tubos retráctiles utilizada en la fabricación de cables de interconexión, y (3) material de sobremoldeado utilizado en fabricación de estuches. El objetivo es que la mitigación de EMI se pueda diseñar en un producto desde el comienzo de su diseño y que pueda convertirse en parte de la pieza terminada, a través de una capa (o capas) en la PCB, el cableado o el estuche del producto.

La capacidad de un material en particular para lograr cualidades de absorción puede estar estrechamente
 45 relacionada con su nivel de permitividad eléctrica y permeabilidad magnética. Los productos absorbentes tradicionales han utilizado diversas sustancias naturales, tales como hierro y níquel, en un procedimiento principalmente heurístico para encontrar la combinación correcta de permitividad, permeabilidad, grosor, capacidad de fabricación y rentabilidad para satisfacer una necesidad particular del mercado.

Los metamateriales de índice negativo, por otro lado, pueden diseñarse desde el principio para lograr ciertas
 50 características de permeabilidad y permitividad negativas y, por lo tanto, diseñarse con una absorción resultante. Pueden estar hechos a medida para absorber una o más frecuencias, logrando una absorción casi perfecta.

La capacidad de una celda de metamaterial para tratar con la EMI puede estar relacionada con las longitudes de
 55 onda específicas. Es decir, el tamaño de las celdas puede depender de la longitud de onda seleccionada para la absorción, pero puede ser mucho menor que la longitud de onda de la radiación incidente (~ 10-100). Debido a que las microondas generalmente tienen longitudes de onda en el intervalo de mm (por ejemplo, 2,4 GHz o 125 mm), las celdas de metamateriales individuales pueden ser mucho más pequeñas (~1 mm). Sin embargo, pueden ser mucho más delgadas, a veces alcanzando una finura de aproximadamente 75 veces menor que la longitud de onda. Como la anchura y la longitud de estas celdas pueden estar en el intervalo de mm y el grosor es mucho menor, son muy

adecuadas para depositarse en sustratos de PCB estándar, tal como FR4, u otros materiales que se pueden usar como revestimientos conformados para productos tridimensionales (por ejemplo, teléfonos móviles, cajas de comunicaciones, etc.).

5 Los metamateriales han consistido, históricamente, en FSS como se ha descrito anteriormente, que están impresos en un sustrato. Se pueden caracterizar por un patrón periódico implementado como una pantalla o partículas metálicas en una superficie dieléctrica.

10 Un metamaterial basado en FSS puede emplear un modelo (miniatura) de circuitos de LC equivalentes. Un circuito de LC, también llamado circuito resonante, circuito de tanque o circuito sintonizado, consiste en un inductor y un condensador. Cuando se conectan entre sí, pueden actuar como un resonador eléctrico (un análogo eléctrico de un diapasón) que almacena energía que oscila a la frecuencia de resonancia del circuito. Los circuitos LC se usan para generar señales a una frecuencia particular o para seleccionar una señal a una frecuencia particular a partir de una señal más compleja. Son componentes clave en muchos dispositivos electrónicos, particularmente equipos de radio, que se usan en circuitos tales como osciladores, filtros, sintonizadores y mezcladores de frecuencia.

15 Los absorbentes de microondas basados en FSS tienen efectos secundarios no deseados que mitigan su utilidad. Sin embargo, se ha demostrado que los metamateriales son absorbentes perfectos en el espectro de frecuencias de microondas (es decir, Gigahertzios), particularmente usando combinaciones de Resonadores de Anillo Partido (SRR) y Resonadores de LC Acoplados Eléctricamente (ELC). Estos materiales se han aplicado en la región de frecuencia óptica del espectro de frecuencia de microondas Gigahertzios. Se puede construir un absorbente perfecto con una respuesta amplia usando circuitos en un sustrato FR4 y se describen en el presente documento
20 procedimientos para usar metamateriales para crear realizaciones que permitan que se utilicen absorbentes perfectos de microondas (PMA) para fabricar numerosos productos.

25 Las pieles de PMA se pueden crear de acuerdo con una realización usando el procedimiento de ejemplo de la figura 3. En esta realización, los SRR y ELC se pueden imprimir en un material dieléctrico bajo, usando el procedimiento de huecograbado. El material de constante dieléctrica baja preferente puede ser un material termoendurecible flexible. En una forma de realización, los SRR se pueden imprimir en un lado del material, usando técnicas estándar para proporcionar marcas de registro para las etapas posteriores. Una etapa posterior puede añadir los componentes resistivos y capacitivos necesarios al SRR, también utilizando el procedimiento de huecograbado. Los ELC también se pueden imprimir utilizando el procedimiento de huecograbado, de forma similar a la descrita para los SRR. Las capas utilizadas para hacer el PMA pueden ser del orden de 10 micrómetros, lo que conduce a
30 sándwiches extremadamente delgados que se pueden usar como pieles que pueden formarse en cavidades del producto o en la superficie externa del producto. El espesor del material puede ser mayor o menor que 10 micrómetros. El PMA puede ser tan delgado como 2 capas, aunque el material absorbente final puede tener más capas. Con este procedimiento también se pueden realizar capas adicionales, con diferentes frecuencias de resonancia y ancho de banda.

35 En una realización, las pieles pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de huecograbado utilizado para hacer las capas en la piel y formadas en el producto final en una sola etapa.

40 En otra realización, las capas pueden registrarse, usando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de huecograbado utilizado para hacer las capas y se fijaron mecánicamente en un paquete de piel completo antes de formarse sobre el producto final.

En otra realización más, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de huecograbado utilizado para hacer las capas y se termoconforman en un paquete de piel completo antes de formarse en el producto final.

45 En otra realización más, los SRR y los ELC, junto con sus elementos resistivos y capacitivos, se pueden imprimir sobre un material dieléctrico bajo utilizando el procedimiento de tampografía. El material de constante dieléctrica baja preferente puede ser un material termoendurecible flexible. En una forma de realización, los SRR se pueden imprimir en un lado del material, usando técnicas estándar para proporcionar marcas de registro para las etapas posteriores. Una etapa posterior puede añadir los componentes resistivos y capacitivos requeridos al SRR, también utilizando el procedimiento de tampografía. Los ELC también se pueden imprimir utilizando el procedimiento de
50 tampografía de una manera similar a la descrita para los SRR. Las capas pueden usarse para hacer que el PMA pueda ser del orden de 10 micrómetros, lo que conduce a sándwiches extremadamente delgados que pueden usarse como capas que pueden formarse en cavidades del producto o en la superficie exterior del producto. El espesor del material puede ser mayor o menor que 10 micrómetros. El PMA puede ser tan delgado como 2 capas, aunque el material absorbente final puede tener más capas. Con este procedimiento también se pueden realizar
55 capas adicionales, con diferentes frecuencias de resonancia y ancho de banda.

En una realización, las pieles pueden registrarse usando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de tampografía utilizado para hacer las capas en la piel y formarse en el producto final en una etapa.

En otra realización, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de tampografía utilizado para hacer las capas y se fijaron mecánicamente en un paquete de piel completo antes de formarse sobre el producto final.

5 En otra realización más, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de tampografía utilizado para hacer las capas y termoconformar en un paquete de piel completo antes de formarse sobre el producto final.

10 El ensamblaje de escritura directa es una técnica de impresión de 1 a 3D que puede permitir la fabricación de características que van desde líneas simples hasta estructuras complejas mediante la deposición de tintas concentradas a través de boquillas finas (~0,1 - 250 μm). Este procedimiento de impresión puede comprender una etapa de traslación en de 3 ejes controlada por ordenador, un depósito de tinta y una boquilla, y una lente telescópica 10x para visualización. A diferencia de la impresión por chorro de tinta, un procedimiento a base de gotas, ensamblaje de escritura directa, puede implicar la extrusión de filamentos de tinta dentro o fuera del plano. Los filamentos impresos pueden ajustarse al tamaño de la boquilla. Por lo tanto, las características de microescala (<1 μm) pueden modelarse y ensamblarse en matrices más grandes y arquitecturas multidimensionales.

15 Aunque los procedimientos de escritura directa pueden ser preferibles para las aplicaciones descritas, la nanolitografía dip-pen (DPN) y la impresión por chorro de tinta y todos los demás procedimientos para imprimir tinta conductora se convierten en medios potenciales mediante los cuales se producen patrones de SRR y ELC.

20 En otra realización, los SRR y los ELC, junto con sus elementos resistivos y capacitivos, pueden imprimirse en un material de bajo dieléctrico usando el procedimiento de escritura directa, DPN o de chorro de tinta. El material de constante dieléctrica baja preferente puede ser un material termoendurecible flexible. En una forma de realización, los SRR se pueden imprimir en un lado del material, usando técnicas estándar para proporcionar marcas de registro para las etapas posteriores. Una etapa posterior puede añadir los componentes resistivos y capacitivos necesarios al SRR, también utilizando el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta. Los ELC también pueden imprimirse utilizando el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta, de forma similar a la descrita para los SRR. Las capas utilizadas para hacer el PMA pueden ser del orden de 10 micrómetros, lo que conduce a sándwiches extremadamente delgados que se pueden usar como pieles que se forman en cavidades del producto o sobre la superficie externa del producto. El espesor del material puede ser mayor o menor que 10 micrómetros. El PMA puede ser tan delgado como 2 capas, aunque el material absorbente final puede tener más capas. Con este procedimiento también se pueden realizar capas adicionales, con diferentes frecuencias de resonancia y ancho de banda.

25 En otra realización, las pieles pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta utilizado para hacer las capas en la piel y formar sobre el producto final en una etapa.

30 En otra realización, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta utilizado para hacer las capas y se fijaron mecánicamente en un paquete de piel completo antes de formarse sobre el producto final.

35 En aún otra realización, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta utilizado para hacer las capas y se termoconformaron en un paquete de piel completo antes de formarse sobre el producto final.

40 Todas las realizaciones especificadas anteriormente usan un procedimiento aditivo, que permite que los componentes (es decir, patrones metálicos, resistencias, condensadores, etc.) se seleccionen por su eficacia para producir un PMA con la respuesta de frecuencia y el ancho de banda deseados. Esto contrasta con la mayoría de los procedimientos de producción de material de absorción que se basan en un procedimiento de sustracción para eliminar el material no deseado del sustrato.

45 Cualquier metodología de impresión que sea capaz de depositar el material para formar los SRR, ELC y sus respectivos elementos resistivos y capacitivos puede ser aplicable a la creación de un PMA como los descritos anteriormente. Se pueden elegir varias geometrías impresas para crear el PMA. La construcción de un sándwich de PMA se puede hacer usando cualquier medio (unión química, etc.) que permita que el sándwich se forme mecánicamente o térmicamente para su uso con el producto final. Tales medios pueden ser formar dos estuches separados usando procedimientos diferentes y luego emparejarlos usando procedimientos mecánicos, químicos o térmicos.

50 Las PCB de PMA se pueden crear de acuerdo con otra realización usando el procedimiento de ejemplo de la figura 3. En una realización, los SRR y los ELC se pueden imprimir sobre un material dieléctrico bajo, usando el procedimiento de huecogrado. El material de baja constante dieléctrica preferente puede ser un sustrato de PCB estándar, tal como una capa delgada de FR4. En una forma de realización, los SRR se pueden imprimir en un lado del material, usando técnicas estándar para proporcionar marcas de registro para las etapas posteriores. Una etapa posterior puede añadir los componentes resistivos y capacitivos necesarios al SRR, también utilizando el procedimiento de huecogrado. Los ELC también se pueden imprimir utilizando el procedimiento de huecogrado,

5 de forma similar a la descrita para los SRR. Las capas utilizadas para hacer el PMA pueden ser del orden de 10 micrómetros, lo que conduce a sándwiches extremadamente delgados que se utilizan como capas para fabricar la PCB. El espesor del material puede ser mayor o menor que 10 micrómetros. El PMA puede ser tan delgado como 2 capas, aunque el material absorbente final puede tener más capas. Con este procedimiento también se pueden realizar capas adicionales, con diferentes frecuencias de resonancia y ancho de banda.

En una realización, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de huecograbado utilizado para hacer las capas y formar el producto final en un solo paso.

10 En otra realización, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de huecograbado utilizado para hacer las capas y se fijaron mecánicamente en un paquete de capas completo antes de formar el producto final.

En otra realización más, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de huecograbado utilizado para hacer las capas y termoconformadas en un paquete de capas completo antes de conformarse en el producto final.

15 En otra realización, los SRR y los ELC, junto con sus elementos resistivos y capacitivos, se pueden imprimir sobre un material dieléctrico bajo utilizando el procedimiento de impresión de almohadilla. El material de baja constante dieléctrica preferente puede ser un sustrato de PCB estándar, tal como una capa delgada de FR4. En una forma de realización, los SRR se pueden imprimir en un lado del material, usando técnicas estándar para proporcionar marcas de registro para las etapas posteriores. Una etapa posterior puede añadir los componentes resistivos y capacitivos requeridos al SRR, también utilizando el procedimiento de tampografía. Los ELC también pueden imprimirse
20 utilizando el procedimiento de impresión de relleno, de manera similar a la descrita para los SRR. Las capas utilizadas para hacer el PMA pueden ser del orden de 10 micrómetros, lo que conduce a sándwiches extremadamente delgados que pueden usarse como capas en la fabricación de la PCB. El espesor del material puede ser mayor o menor que 10 micrómetros. El PMA puede ser tan delgado como 2 capas, aunque el material absorbente final puede tener más capas. Con este procedimiento también se pueden realizar capas adicionales, con
25 diferentes frecuencias de resonancia y ancho de banda.

En una realización, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de impresión de almohadilla utilizado para hacer las capas y formar el producto final en una sola etapa-

30 En otra realización, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de impresión de almohadilla utilizado para hacer las capas y se fijaron mecánicamente en un paquete de capa completa antes de formar el producto final.

En otra realización, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de tampografía utilizado para hacer las capas y termoconformado en un paquete de capa completa antes de formar el producto final.

35 El montaje de escritura directa es una técnica de impresión de 1 a 3D que permite la fabricación de características que van desde líneas simples hasta estructuras complejas mediante la deposición de tintas concentradas a través de toberas finas ($\sim 0.1 - 250 \mu\text{m}$). Este procedimiento de impresión puede comprender una etapa de traducción de 3 ejes controlada por ordenador, un depósito de tinta y una boquilla, y una lente telescópica de 10x para la visualización. A diferencia de la impresión por chorro de tinta, un procedimiento a base de gotas, ensamblaje de
40 escritura directa, puede implicar la extrusión de filamentos de tinta dentro o fuera del plano. Los filamentos impresos pueden ajustarse al tamaño de la boquilla. Por lo tanto, las características de microescala ($< 1 \mu\text{m}$) pueden modelarse y ensamblarse en matrices más grandes y arquitecturas multidimensionales.

45 Aunque los procedimientos de escritura directa pueden ser preferibles para las aplicaciones descritas, la nanolitografía dip-pen (DPN) y la impresión por chorro de tinta y todos los demás procedimientos para imprimir tinta conductora se convierten en medios potenciales mediante los cuales se producen patrones de SRR y ELC.

50 En otra realización, los SRR y los ELC, junto con sus elementos resistivos y capacitivos, pueden imprimirse en un material de bajo dieléctrico usando el procedimiento de escritura directa, DPN o de chorro de tinta. El material de baja constante dieléctrica preferente puede ser un sustrato de PCB estándar, tal como FR4. En una forma de realización, los SRR se pueden imprimir en un lado del material, usando técnicas estándar para proporcionar marcas de registro para las etapas posteriores. Una etapa posterior puede añadir los componentes resistivos y capacitivos necesarios al SRR, también utilizando el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta. Los ELC también pueden imprimirse utilizando el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta, de forma similar a la descrita para los SRR. Las capas utilizadas para hacer el PMA pueden ser del orden de 10 micrómetros, lo que conduce a sándwiches extremadamente delgados que pueden usarse como capas en la fabricación de la PCB. El
55 espesor del material puede ser mayor o menor que 10 micrómetros. El PMA puede ser tan delgado como 2 capas, aunque el material absorbente final puede tener más capas. Con este procedimiento también se pueden realizar capas adicionales, con diferentes frecuencias de resonancia y ancho de banda.

En otra realización, las pieles pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta utilizado para hacer las capas en la piel y formar sobre el producto final en una etapa.

5 En otra realización, las capas pueden registrarse utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta utilizado para hacer las capas y fijarlas mecánicamente al paquete de piel completo antes de formarse en el producto final.

En otra realización, las capas pueden registrarse, utilizando las marcas de registro que se aplicaron durante el procedimiento de escritura directa, DPN o chorro de tinta utilizado para hacer las capas y termoconformarse en un paquete de piel completo antes de formarse en el producto final.

10 Todas las realizaciones especificadas anteriormente usan un procedimiento aditivo, que permite que los componentes (es decir, patrones metálicos, resistencias, condensadores, etc.) se seleccionen por su eficacia para producir un PMA con la respuesta de frecuencia y el ancho de banda deseados. Esto contrasta con la mayoría de los procedimientos de producción de material de absorción que se basan en un procedimiento de sustracción para eliminar el material no deseado del sustrato.

15 Cualquier metodología de impresión que sea capaz de depositar el material para formar los SRR, ELC y sus respectivos elementos resistivos y capacitivos puede ser aplicable a la creación de un PMA como los descritos anteriormente. Se pueden elegir varias geometrías impresas para crear el PMA. La construcción de un sándwich de PMA se puede hacer usando cualquier medio (unión química, etc.) que permita que el sándwich se forme mecánicamente o térmicamente para su uso con el producto final. Tales medios pueden ser formar dos estuches separados usando procedimientos diferentes y luego emparejarlos usando procedimientos mecánicos, químicos o térmicos.

20 Los procedimientos para producir pieles para productos o material de sándwich para PCB también se pueden usar para fabricar materiales de contención de señal sintonizados. En este caso, la capa de PMA puede aplicarse como una piel superficial o insertarse como una capa en un sándwich multicapa de materiales de construcción (por ejemplo, una capa en un aislamiento de pared).

25 Un ejemplo de dónde se puede aplicar esto es un entorno hospitalario. Utilizadas en materiales de construcción de paredes, las señales Wifi que son parte de la infraestructura de las comunicaciones del hospital pueden funcionar mientras que las señales de los teléfonos móviles de los visitantes pueden suprimirse.

30 Un metamaterial alternativo puede incluir usar solo materiales dieléctricos para producir las características del absorbente. Todos los metamateriales dieléctricos pueden caracterizarse por tener: (1) Una matriz de constante dieléctrica baja que los otros componentes están dispersos en (2) dos componentes que tienen constantes dieléctricas mayores que la constante dieléctrica de la matriz (típicamente al menos dos órdenes de magnitud mayor). Más allá de eso, hay dos configuraciones de materiales específicas que se pueden usar para crear todos los metamateriales dieléctricos:

- 35 (1) Dos esferas, en las que las esferas tienen constantes dieléctricas diferentes ($\epsilon_1 < \epsilon_2$)
 (2) Dos esferas, en las que las esferas tienen la misma constante dieléctrica, pero difieren en sus radios ($r_1 < r_2$)

Se pueden usar otras geometrías en lugar de las esferas para lograr el mismo efecto.

40 En una realización, las esferas se pueden mezclar en un material de matriz semisólida para dispersar las esferas uniformemente dentro de la matriz. En esta realización, la matriz semisólida puede ser moldeada en una piel para un producto final.

A continuación, la piel de metamaterial se puede fijar al producto final a través de medios mecánicos o químicos.

En otra realización, las esferas se pueden mezclar en un material de matriz semisólida para dispersar las esferas uniformemente con la matriz. En esta realización, la matriz puede termoconformarse como sobremoldeado para conectores en cables.

45 En otra realización, las esferas se pueden mezclar en un material de matriz semisólida para dispersar las esferas uniformemente con la matriz. En esta realización, la matriz puede extruirse para formar fundas de cables que se termoendurecen alrededor de un cable.

50 En otra realización, las esferas se pueden mezclar en una matriz semisólida para dispersar las esferas uniformemente dentro de la matriz. En esta realización, la matriz puede ser conformada en una lámina absorbente electromagnética que puede incorporarse como una capa en productos planos. Dichos productos planos incluyen materiales, tales como revestimientos de paredes, que pueden usarse en aplicaciones sensibles a EMI, tales como hospitales o centros de datos. Los productos planos pueden construirse para permitir que las señales de Wifi pasen a través de la cobertura plana, mientras que bloquean las señales de los teléfonos móviles.

Una de las características clave de las esferas incrustadas en una matriz es que el factor de envasado o de carga puede ser un determinante clave de la capacidad de crear un metamaterial. El envasado requerido para un metamaterial puede ser aproximadamente 4 veces el radio de la esfera.

5 Todos los absorbentes de material dieléctrico pueden diseñarse para bloquear un ancho de banda estrecho de señales EMI. Como alternativa, puede ser posible construir materiales que puedan usarse en capas para proporcionar una respuesta de banda ancha alrededor de una frecuencia central.

10 Aunque las características y los elementos se describen anteriormente en combinaciones particulares, un experto en la materia apreciará que cada característica o elemento puede usarse solo o en combinación con las otras características y elementos. Los procedimientos y características descritos anteriormente se pueden realizar utilizando cualquier arquitectura y/o entorno informático apropiado. Los aparatos anteriores se pueden controlar usando cualquier arquitectura y/o entorno informático apropiado para realizar un procedimiento en el presente documento. Aunque las características y los elementos se describen anteriormente en combinaciones particulares, cada característica o elemento se puede usar solo o en combinación con o sin las otras características y elementos.

15 Se entiende, por lo tanto, que esta divulgación no se limita a las realizaciones particulares desveladas, sino que se pretende que cubra todas las modificaciones que están dentro del alcance de la presente divulgación tal como se define en las reivindicaciones adjuntas; la descripción anterior; y/o se muestra en los dibujos adjuntos.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de producción de un absorbente de radiofrecuencia (RFA) en el ensamblaje de múltiples capas, comprendiendo el procedimiento las etapas en el siguiente orden:
 - 5 aplicar una capa de metamaterial a un sustrato dieléctrico bajo, en el que el metamaterial tiene una primera constante dieléctrica y el sustrato tiene una segunda constante dieléctrica;
 - añadir componentes resistivos a la capa de metamaterial;
 - añadir componentes capacitivos a la capa de metamaterial;
 - procesar la capa de metamaterial en una piel de RFA; y
 - 10 aplicar la piel de RFA a un ensamblaje de múltiples capas para la absorción de radiación electromagnética en un intervalo de frecuencia dirigida en un producto final.
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la impresión de huecograbado se usa para aplicar el metamaterial al sustrato de bajo dieléctrico.
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que tampografía se usa para aplicar el metamaterial al sustrato de bajo dieléctrico.
- 15 4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se usa escritura directa, nanolitografía dip-pen (DPN) o la impresión por chorro de tinta electrónica para aplicar el material metamaterial al sustrato de bajo dieléctrico.
5. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el intervalo de frecuencia dirigida es un intervalo de frecuencia de microondas.
- 20 6. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que las capas de metamateriales en el ensamblaje de múltiples capas se fijan mecánicamente.
7. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que las capas de metamateriales en el ensamblaje de múltiples capas se termoconforma en un solo subconjunto antes de la inclusión en el producto final.
- 25 8. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el sustrato dieléctrico bajo incluye esferas con constantes dieléctricas desiguales dispersadas uniformemente dentro de una matriz, en el que la constante dieléctrica de la matriz es al menos dos órdenes de magnitud menor que la constante dieléctrica de las esferas.
9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la matriz y las esferas se usan en un sobremoldeado para conectores de cable.
- 30 10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la matriz y las esferas se usan en un cable termoestable que cubre un grupo de cables.
11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la matriz y las esferas se usan en una lámina plana en una capa absorbente de EMI en el producto final.
- 35 12. Una piel absorbente de radiofrecuencia (RFA) en el ensamblaje de múltiples capas preparado por un procedimiento que comprende las etapas en el siguiente orden:
 - aplicar una capa de metamaterial a un sustrato dieléctrico bajo, en el que el metamaterial tiene una primera constante dieléctrica y el sustrato tiene una segunda constante dieléctrica;
 - añadir componentes resistivos a la capa de metamaterial;
 - añadir componentes capacitivos a la capa de metamaterial;
 - 40 procesar la capa de metamaterial en una piel de RFA; y
 - aplicar la piel de RFA a un ensamblaje de múltiples capas para la absorción de radiación electromagnética en un intervalo de frecuencia dirigida en un producto final.
13. La piel de RFA de acuerdo con la reivindicación 12, en la que se usa impresión de huecograbado, tampografía, escritura directa, nanolitografía Dip-pen (DPN) o impresión por chorro de tinta electrónica para aplicar el metamaterial al sustrato de bajo dieléctrico.
- 45 14. La piel de RFA de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, en el que el intervalo de frecuencia objetivo es un intervalo de frecuencia de microondas.
15. La piel de RFA de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 14, en la que el sustrato dieléctrico bajo incluye esferas con constantes dieléctricas desiguales dispersadas uniformemente dentro de una matriz, donde la constante dieléctrica de la matriz es al menos dos órdenes de magnitud menor que la constante dieléctrica de las esferas.
- 50

100

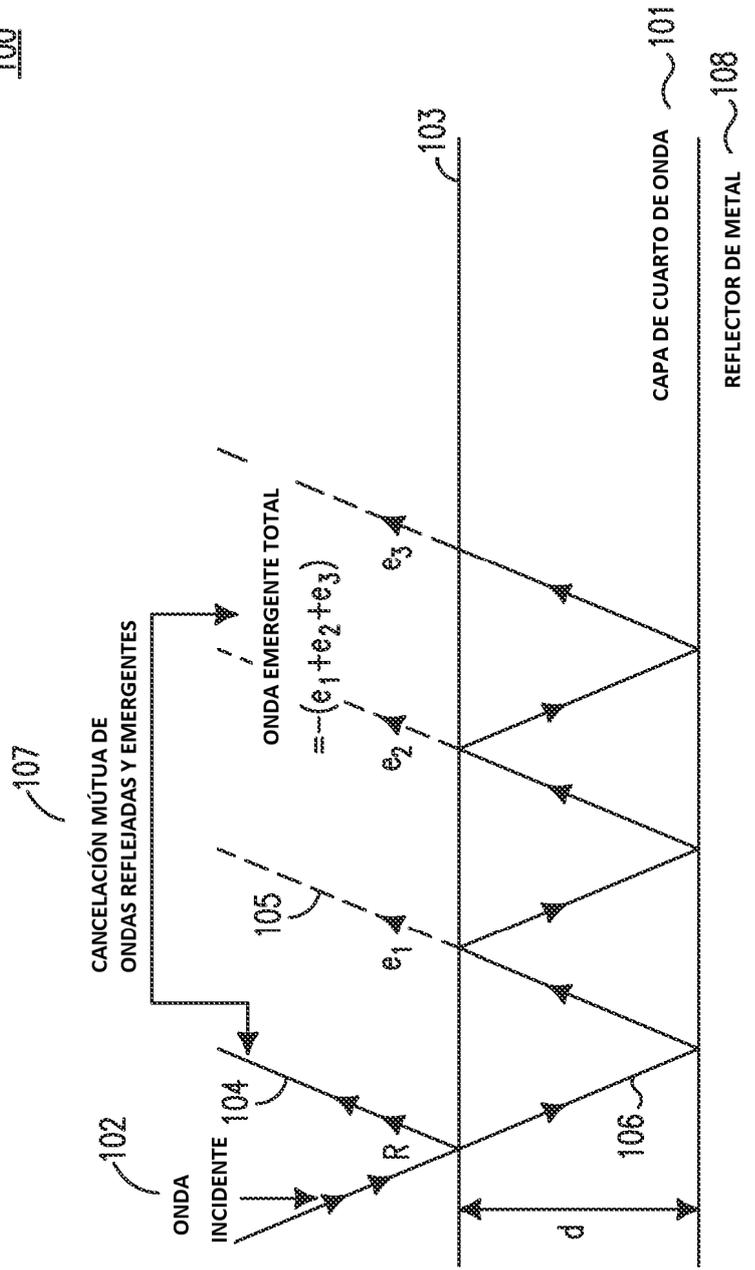


FIG.1

200

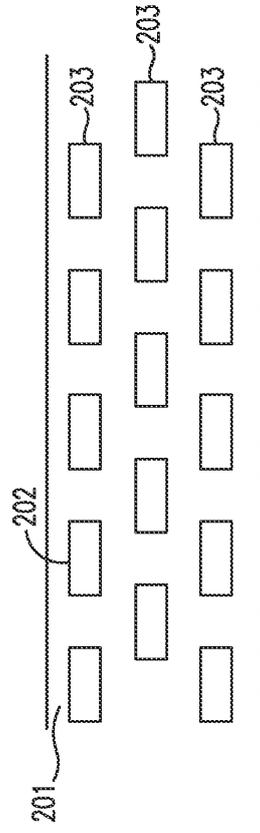


FIG. 2

300

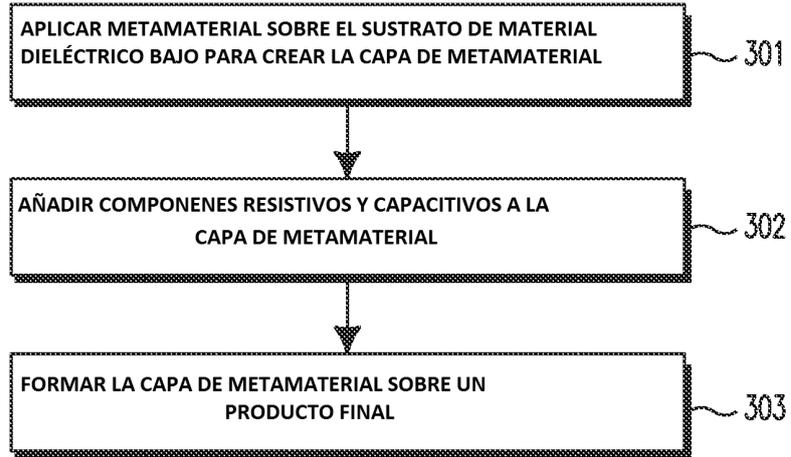


FIG. 3