

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 953**

51 Int. Cl.:

**H01B 1/04** (2006.01)

**H01B 1/02** (2006.01)

**C23C 16/06** (2006.01)

**C23C 18/54** (2006.01)

**B32B 37/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2013 PCT/US2013/049551**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2014 WO14042755**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2013 E 13744866 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017 EP 2896051**

54 Título: **Materiales compuestos de nanotubos de carbono en masa y metal y método para su fabricación**

30 Prioridad:  
**17.09.2012 US 201213621585**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.01.2018**

73 Titular/es:  
**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:  
**WASYNCZUK, JAMES, ANTONI**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 650 953 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

Materiales compuestos de nanotubos de carbono en masa y metal y método para su fabricación

Antecedentes de la invención

5 El campo de la invención se refiere en general a materiales compuestos y, más en particular, a materiales compuestos de nanotubos de carbono en masa y metal.

10 Por lo menos algunos nanotubos de carbono (CNT por las siglas en inglés de *Carbon NanoTubes*) conocidos se forman a partir de una hoja de grafito de un átomo de espesor que comúnmente se denomina "grafeno". La hoja se enrolla para obtener un cilindro que tiene un diámetro en el orden de un nanómetro y una longitud en el orden de un micrómetro. Los CNTs conocidos muestran propiedades extraordinarias de resistencia y eléctricas, y son eficientes conductores del calor. Los dos tipos más comunes de los CNTs son los nanotubos de carbono de una sola pared (SWCNTs por las siglas en inglés de *Single-Walled Carbon NanoTubes*) que se forman a partir de una única capa de grafito, y nanotubos de carbono de paredes múltiples (MWCNTs por las siglas en inglés de *Multi-Walled Carbon NanoTubes*) que se forman a partir de múltiples cilindros concéntricos o una hoja de grafito que se enrolla sobre sí misma.

15 Los CNTs son de peso ligero y tienen un módulo elástico muy alto. Las propiedades de conductividad de los CNTs dependen del diámetro y la quiralidad de la capa de carbono hexagonal que se extiende a lo largo del tubo. Un leve cambio en la forma en que se bobina la capa hexagonal a lo largo del tubo puede hacer que el CNT funcione ya sea como un metal o como un semiconductor. Por ejemplo, unas hileras hexagonales que son paralelas al eje del tubo producen una estructura metálica que se conoce como una configuración en forma de "sillón". Al contrario, al alternar  
20 las hileras de uniones entre átomos de carbono alrededor de la circunferencia del tubo se produce una estructura semiconductor que se conoce como una configuración en "zigzag". Aunque los CNTs individuales pueden ser muy buenos conductores de la corriente eléctrica, la alta resistencia de contacto entre los múltiples CNTs da como resultado una baja conductividad eléctrica de materiales de CNT en masa.

25 La solicitud de patente US2009/008712A1 divulga una composición de nanotubos de carbono (CNT), que comprende: un CNT y un precursor metálico que se puede transformar en una nanopartícula de metal mediante un tratamiento térmico, donde el precursor metálico contiene por lo menos un elemento metálico que se selecciona entre el grupo que consiste en Ag, Au, Cu, Pt y Pd, como resultado de lo cual se obtienen unas nanopartículas metálicas individuales distribuidas a través de toda la película delgada sobre los CNTs individuales.

Breve descripción de la invención

30 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se provee un material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal. El material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal incluye una capa de material de nanotubos de carbono en masa que incluye una pluralidad de nanotubos de carbono, y una película de metal que se aplica a través de la capa de material de nanotubos de carbono en masa. La película de metal penetra en el interior  
35 de los intersticios que quedan entre los nanotubos de carbono individual para reducir la resistencia eléctrica entre la pluralidad de nanotubos de carbono.

40 De manera ventajosa, por lo menos una parte de la pluralidad de nanotubos de carbono consiste en nanotubos de carbono metálicos. De manera ventajosa, la pluralidad de nanotubos de carbono comprende por lo menos uno de: nanotubos de carbono de una sola pared y nanotubos de carbono de paredes múltiples. De manera ventajosa, la capa de material de nanotubos de carbono en masa es por lo menos uno de: una hoja no tejida y un hilo. De manera ventajosa, la película de metal que se aplica a través de la capa de material de nanotubos de carbono en masa usando por lo menos uno de: un proceso de deposición química de vapor, un proceso de deposición no electrolítica, un proceso de proyección, y un proceso de deposición física de vapor. De manera ventajosa, la película de metal comprende por lo menos uno de: aluminio, níquel, cobre, titanio, plata, oro y cromo.

45 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se provee una tira del material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal. La tira del material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal incluye un primer material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal acoplado a un segundo material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal. Cada uno del primer material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal y el segundo material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal incluye una capa de material de nanotubos de carbono en masa que comprende una pluralidad de nanotubos de carbono, y una película  
50 de metal que se aplica a través de la capa de material de nanotubos de carbono en masa. La película de metal penetra en el interior de los intersticios que hay entre los nanotubos de carbono individuales para reducir la resistencia eléctrica entre la pluralidad de nanotubos de carbono.

De manera ventajosa, el primer material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal se acopla al segundo

- material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal usando por lo menos uno de: un proceso de soldadura ultrasónica y un proceso de consolidación con ultrasonido. De manera ventajosa, por lo menos una parte de dicha pluralidad de nanotubos de carbono consiste en nanotubos de carbono metálicos. De manera ventajosa, la pluralidad de nanotubos de carbono comprende por lo menos uno de: nanotubos de carbono de una sola pared y nanotubos de carbono de paredes múltiples. De manera ventajosa, la capa de material de nanotubos de carbono en masa es por lo menos uno de: una hoja no tejida y un hilo. De manera ventajosa, la película de metal se aplica sobre dicha capa de material de nanotubos de carbono en masa usando por lo menos uno de: un proceso de deposición química de vapor, un proceso de deposición no electrolítica, un proceso de proyección, y un proceso de deposición física de vapor.
- De acuerdo con aún otro aspecto de la presente invención, se provee un método para la fabricación de un material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal. El método incluye formar una primera capa de material de nanotubos de carbono en masa que comprende una pluralidad de nanotubos de carbono, y depositar una película de metal a través de la capa de material de nanotubos de carbono en masa. La película de metal penetra en el interior de los intersticios que hay entre los nanotubos de carbono individuales para reducir la resistencia eléctrica entre la pluralidad de nanotubos de carbono.
- De manera ventajosa, el método incluye fabricar un segundo material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal, y acoplar el segundo material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal al primer material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal para formar una tira del material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal. Preferiblemente, el método además incluye acoplar el segundo material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal al primer material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal usando por lo menos uno de: un proceso de soldadura ultrasónica y un proceso de consolidación con ultrasonido. De manera ventajosa, la formación de la primera capa de material de nanotubos de carbono en masa comprende formar por lo menos una parte de la capa usando nanotubos de carbono metálicos. De manera ventajosa, la formación de la primera capa de material de nanotubos de carbono en masa comprende formar por lo menos una parte de la capa usando por lo menos uno de: nanotubos de carbono de una sola pared y nanotubos de carbono de paredes múltiples. De manera ventajosa, la formación de la primera capa de material de nanotubos de carbono en masa comprende formar por lo menos una parte de la capa usando por lo menos uno de: una hoja no tejida y un hilo. De manera ventajosa, la deposición de la película de metal comprende aplicar la película de metal sobre la capa de material de nanotubos de carbono en masa usando por lo menos uno de: un proceso de deposición química de vapor, un proceso de deposición no electrolítica, un proceso de proyección, y un proceso de deposición física de vapor. De manera ventajosa, la deposición de la película de metal comprende aplicar por lo menos uno de: aluminio, níquel, cobre, titanio, plata, oro y cromo sobre la capa de material de nanotubos de carbono en masa.

Breve descripción de las figuras

- La Figura 1 es una vista esquemática de un material compuesto de CNT en masa y metal indicativo;
- La Figura 2 es una vista esquemática de una tira de material compuesto de CNT en masa y metal indicativa; y
- La Figura 3 es un diagrama de bloques de un método indicativo para la fabricación de una tira de material compuesto de CNT en masa y metal.

Descripción detallada de la invención

- La Figura 1 ilustra un material compuesto de nanotubos de carbono en masa (CNT) y metal 10 indicativo que incluye a capa 12 de material de CNT en masa y uno o más películas o capas delgadas de metal 14. En la forma de realización indicativa, la capa de CNT en masa 12 incluye una primera y una segunda caras 16 y 18 opuestas, respectivamente, y una capa de película de metal 14 que se depositan a través de cada cara 16 y 18. La Figura 2 ilustra una tira de material compuesto de CNT en masa y metal 20 indicativa que se fabrica soldando capas de CNT en masa 12 entre sí, como se describirá de manera más detallada. Los métodos que se describen aquí producen una tira de material compuesto de CNT en masa y metal 20 que tiene una alta conductividad eléctrica normalizada en peso, una alta conductividad térmica, y una alta resistencia mecánica.
- En la forma de realización indicativa, la capa de CNT en masa 12 se fabrica a partir de una pluralidad de CNTs metálicos (no se muestran), como por ejemplo CNTs en forma de "sillón", cada uno de los cuales está orientado con un ángulo quiral que es sustancialmente paralelo al eje del tubo de cada CNT. Cuando una hoja de grafeno (no se muestra) que forma cada CNT se envuelve con una quiralidad en forma de sillón, cada CNT que se forma tiene un mayor carácter metálico y tiene una capacidad cada vez mayor de [conducir] una densidad de corriente enormemente alta. Como alternativa, la capa de CNT en masa 12 puede incluir varios CNTs semiconductores (no se muestran) además de los CNTs metálicos. En la forma de realización indicativa, la capa de CNT en masa 12 es una hoja no tejida o un hilo. Como alternativa, se puede utilizar cualquier otra forma de capa de CNT en masa 12 que permita que los materiales compuestos 10 funcionen como se describe aquí.

En la forma de realización indicativa, la película de metal 14 se aplica a través de las caras 16 y 18 de la capa de CNT y penetra en el interior de los intersticios entre los CNTs individuales. En la forma de realización indicativa, la cantidad de metal que se utiliza para formar película de metal 14 es suficiente para facilitar una interconexión con baja resistencia eléctrica entre una cantidad sustancial de CNTs. En la forma de realización indicativa, la película de metal 14 es una película delgada de aluminio que penetra la capa de CNT en masa 12 y recubre una gran fracción de los CNTs. Como alternativa, la película de metal 14 puede ser cualquier metal o combinación de metales que conduzca la electricidad que permita que el material compuesto de CNT en masa y metal 10 funcione como se describe aquí. En la forma de realización indicativa, la película de metal 14 se aplica directamente a través de la capa de CNT 12 por deposición química de vapor y/o deposición no electrolítica. Por lo tanto, en la forma de realización indicativa, el proceso facilita la deposición del metal en el interior de los intersticios de la capa de CNT en masa. Como alternativa, la película de metal 14 se puede aplicar por un proceso de proyección y/o de deposición física de vapor. Sin embargo, se puede utilizar cualquier otro proceso de deposición de metal que permita que el material compuesto de CNT en masa y metal 10 funcione como se describe aquí.

En la forma de realización indicativa, se acoplan entre sí múltiples materiales compuestos de CNT en masa y metal 10 mediante un proceso de soldadura que forma una tira de material compuesto de CNT en masa y metal 20. En la forma de realización indicativa, y como se muestra en la Figura 2, tres materiales compuestos de CNT y metal 10 se acoplan entre sí a lo largo de sus caras 16 y/o 18. Adicionalmente, los materiales compuestos de CNT y metal 10 se pueden unir con una orientación de extremo con extremo (no se muestra). Además, se puede acoplar entre sí cualquier número de materiales compuestos de CNT y metal 10 para formar una tira de material compuesto de CNT en masa y metal 20 con cualquier longitud, ancho y/o espesor que se desee. En la forma de realización indicativa, los materiales compuestos de CNT y metal 10 se unen entre sí mediante un proceso de soldadura ultrasónica. Como alternativa, materiales compuestos de CNT y metal 10 se unen entre sí mediante un proceso de consolidación con ultrasonido (UAM por las siglas en inglés de *Ultrasonic Additive Manufacturing*) que acopla entre sí en forma consecutiva las capas de metal con un patrón para obtener productos con forma de red que poseen cavidades interiores complejas.

La Figura 3 ilustra un método indicativo 100 para fabricar una tira de material compuesto de CNT en masa y metal 20. El método 100 incluye formar 102 una pluralidad de capas de material de CNT 12 a partir de una pluralidad de nanotubos de carbono de una sola pared (SWCNTs) y/o de nanotubos de carbono de paredes múltiples (MWCNTs). En la forma de realización indicativa, las capas de material de CNT 12 consisten en una hoja no tejida o un hilo. El método además incluye depositar 104 una película de metal 14 a través de una o más caras 16 y 18 de la capa 12 de material de CNT para formar un material compuesto de CNT en masa y metal 10. En la forma de realización indicativa, la película de metal 14 se deposita mediante por lo menos uno de: un proceso de deposición química de vapor, de deposición no electrolítica, de proyección, y de deposición física de vapor. El método también incluye acoplar entre sí 106 múltiples materiales compuestos de CNT en masa y metal 10 para formar una tira de material compuesto de CNT en masa y metal 20. En la forma de realización indicativa, los materiales compuestos de CNT en masa y metal 10 se acoplan entre sí mediante por lo menos uno de: un proceso de soldadura ultrasónica y un proceso de consolidación con ultrasonido.

#### EJEMPLO

En un ejemplo, se fabrican hojas no tejidas de capas de material de CNT en masa 12 a partir de SWCNTs individuales con un diámetro de entre aproximadamente 2 nm y aproximadamente 5 nm, MWCNTs individuales con un diámetro de entre aproximadamente 20 nm y aproximadamente 50 nm, o una combinación de ambos. Cada capa de CNT en masa 12 se forma con un espesor en sección transversal de entre aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ . Se forma un material compuesto de CNT en masa y metal 10 recubriendo cada cara 16 y 18 de la capa de CNT en masa 12 con aproximadamente 3.000 Å (0,3  $\mu\text{m}$ ) de material metálico. Por ejemplo, en la forma de realización indicativa, se puede utilizar un material metálico tal como aluminio, cobre, níquel, titanio, plata, oro o cromo, o cualquier combinación de los mismos, para formar los materiales compuestos metálicos 10. Como alternativa, se puede utilizar cualquier material metálico que permita que los materiales compuestos metálicos 10 funcionen como se describe aquí. Los materiales compuestos de CNT en masa y metal 10 que se obtienen como resultado se acoplan entre sí mediante un proceso de soldadura ultrasónica para formar una tira de material compuesto de CNT en masa y metal 20. El proceso de soldadura ultrasónica facilita la reducción del espacio abierto en el interior de los materiales compuestos 10 y reduce el espesor de cada material compuesto de CNT en masa y metal 10 en aproximadamente 20%. Por lo tanto, el material compuesto de CNT en masa y metal 10 tiene una menor resistencia eléctrica entre los CNTs individuales y una menor resistencia eléctrica. En el ejemplo, se fabrica una tira de material compuesto de CNT en masa y metal 20 con dimensiones de aproximadamente un cm de ancho, 10 cm de largo, y tiene un espesor de entre uno y varios materiales compuestos 10.

Como se describe aquí, se fabrica un material compuesto de CNT en masa y metal con una mayor conductividad eléctrica específica, que es superior a la de otros materiales tales como el cobre y aluminio. Además, los materiales compuestos muestran una alta conductividad eléctrica, una alta conductividad térmica, y una alta resistencia mecánica. Los materiales de CNT en masa compuestos formados con las anteriores técnicas reducen la resistencia de contacto entre los CNTs individuales y reducen el espacio abierto en el interior de cada material compuesto de

CNT en masa y metal. Además, se acopla una pluralidad de materiales compuestos de CNT en masa y metal para formar una tira de material compuesto de CNT en masa y metal de alta resistencia, altamente conductora de la electricidad. Los materiales compuestos de CNT en masa con cualidades superiores son ideales para aplicaciones tales como blindajes contra interferencias electromagnéticas, alambres conductores para líneas de transmisión de energía, cableados de naves espaciales, y motores eléctricos.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Un material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (10) que comprende:  
  
una capa de material de nanotubos de carbono en masa (12) que comprende una pluralidad de nanotubos de carbono; y
- 5 una película de metal (14) que se aplica a través de dicha capa de material de nanotubos de carbono en masa (12), donde dicha película de metal (14) penetra en el interior de los intersticios que hay entre los nanotubos de carbono individuales para reducir la resistencia eléctrica entre dicha pluralidad de nanotubos de carbono.
2. Los materiales compuestos (10) de la reivindicación 1, donde por lo menos una parte de dicha pluralidad de nanotubos de carbono son nanotubos de carbono metálicos.
- 10 3. Los materiales compuestos (10) de la reivindicación 1, donde dicha pluralidad de nanotubos de carbono comprende por lo menos uno de: nanotubos de carbono de una sola pared y nanotubos de carbono de paredes múltiples.
4. Los materiales compuestos (10) de la reivindicación 1, donde dicha capa de material de nanotubos de carbono en masa (12) es por lo menos uno de: una hoja no tejida y un hilo.
- 15 5. Los materiales compuestos (10) de la reivindicación 1, donde dicha película de metal (14) se aplica a través de dicha capa de material de nanotubos de carbono en masa (12) usando por lo menos uno de: un proceso de deposición química de vapor, un proceso de deposición no electrolítica, un proceso de proyección, y un proceso de deposición física de vapor.
- 20 6. Los materiales compuestos (10) de la reivindicación 1, donde dicha película de metal (14) comprende por lo menos uno de: aluminio, níquel, cobre, titanio, plata, oro y cromo.
7. Los materiales compuestos (10) de la reivindicación 1 que comprende:  
  
un primer material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (10) acoplado a un segundo material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (10) para formar una tira del material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (20).
- 25 8. Un método (100) para fabricar un material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (10), donde el método (100) comprende:  
  
formar (102) una primera capa de material de nanotubos de carbono en masa (12) que comprende una pluralidad de nanotubos de carbono; y
- 30 depositar (104) una película de metal (14) a través de la capa de material de nanotubos de carbono en masa (12), dicha película de metal (14) que penetra en el interior de los intersticios que hay entre los nanotubos de carbono individuales para reducir la resistencia eléctrica entre la pluralidad de nanotubos de carbono.
- 35 9. El método (100) de la reivindicación 8, que además comprende fabricar un segundo material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (10), y acoplar (106) el segundo material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (10) al primer material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (106) para formar una tira del material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (20).
10. El método (100) de la reivindicación 9, que además comprende acoplar el segundo material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (10) al primer material compuesto de nanotubos de carbono en masa y metal (10) usando por lo menos uno de: un proceso de soldadura ultrasónica y un proceso de consolidación con ultrasonido.
- 40 11. El método (100) de la reivindicación 8, donde la formación de la primera capa de material de nanotubos de carbono en masa (12) comprende formar por lo menos una parte de la capa (12) usando nanotubos de carbono metálicos.
- 45 12. El método (100) de la reivindicación 8, donde la formación de la primera capa de material de nanotubos de carbono en masa (12) comprende formar por lo menos una parte de la capa (12) usando por lo menos uno de: nanotubos de carbono de una sola pared y nanotubos de carbono de paredes múltiples.

13. El método (100) de la reivindicación 8, donde la formación de la primera capa de material de nanotubos de carbono en masa (12) comprende formar por lo menos una parte de la capa (12) usando por lo menos uno de: una hoja no tejida y un hilo.

5 14. El método (100) de la reivindicación 8, donde la deposición de la película de metal (14) comprende aplicar la película de metal (14) sobre la capa de material de nanotubos de carbono en masa (12) usando por lo menos uno de: un proceso de deposición química de vapor, un proceso de deposición no electrolítica, un proceso de proyección, y un proceso de deposición física de vapor.

10 15. El método (100) de la reivindicación 8, donde la deposición de la película de metal (14) comprende aplicar por lo menos uno de: aluminio, níquel, cobre, titanio, plata, oro y cromo sobre la capa de material de nanotubos de carbono en masa (12).

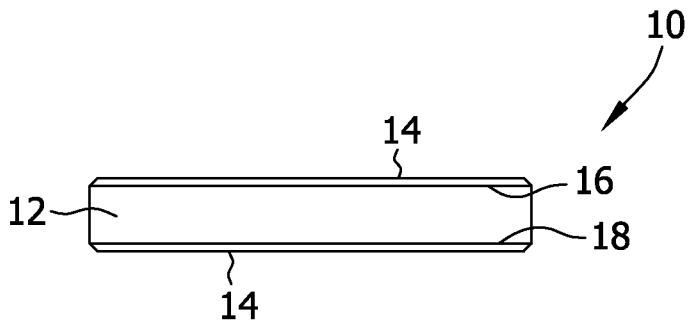


FIG. 1

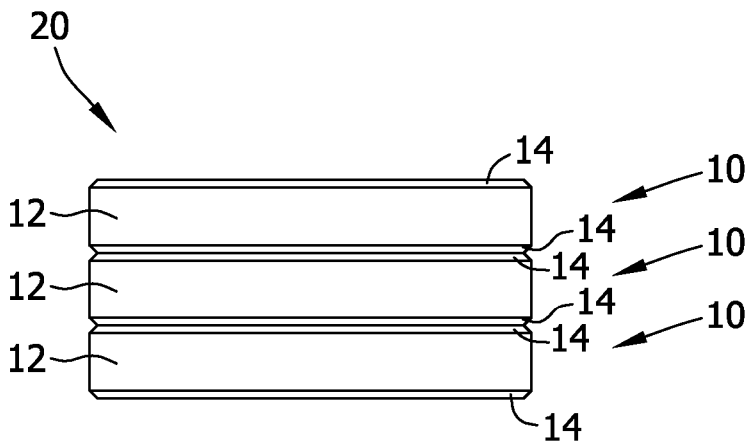
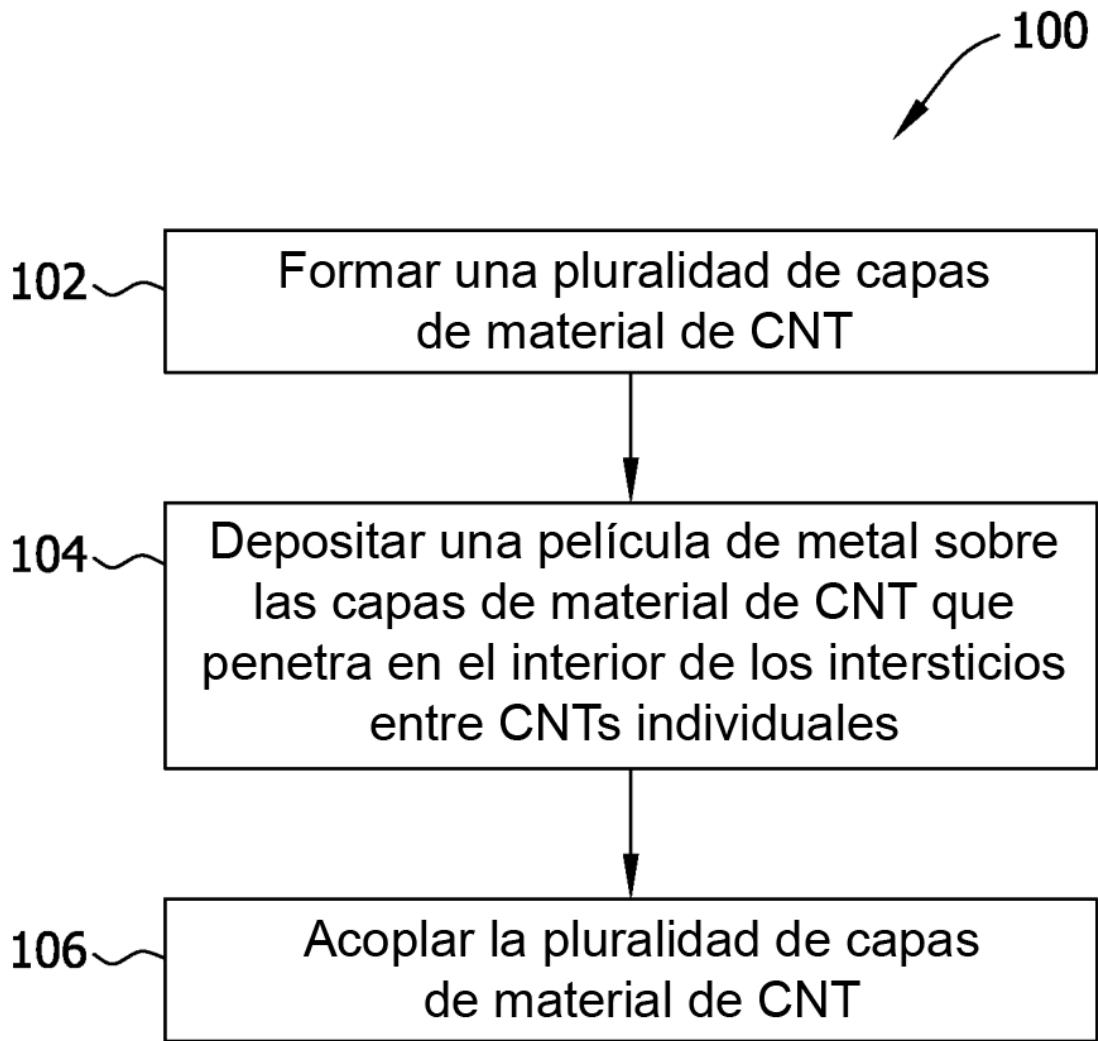


FIG. 2





**FIG. 3**