

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 323**

51 Int. Cl.:

**C23C 14/50** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.03.2014 PCT/JP2014/001143**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14147979**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2014 E 14769428 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2977485**

54 Título: **Aparato de procesamiento PVD y método de procesamiento PVD**

30 Prioridad:

**19.03.2013 JP 2013056771**

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

**15.10.2019**

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (100.0%)  
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuo-ku  
Kobe-shi, Hyogo 651-8585, JP**

72 Inventor/es:

**FUJII, HIROFUMI**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 727 323 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

Aparato de procesamiento PVD y método de procesamiento PVD

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un aparato de procesamiento PVD y a un método de procesamiento PVD.

10 **Antecedentes**

10 Con el fin de mejorar la resistencia al desgaste y la abrasión de una herramienta de corte y mejorar las propiedades de deslizamiento de una superficie deslizante de un componente mecánico, un sustrato (artículo) que se forma como herramienta de corte o componente mecánico se somete a la formación de revestimiento, específicamente, la formación de un revestimiento tal como TiN, TiAlN o CrN, a través de un proceso de deposición física de vapor (PVD). Como aparato para su uso en dicha formación de revestimiento, se conoce un aparato de procesamiento PVD que incluye un aparato de galvanización por arco iónico (AIP) y un aparato de pulverización catódica.

20 Como dicho aparato de procesamiento PVD, se conoce un tipo de formación de un revestimiento compuesto por una combinación de una pluralidad de diferentes procesos PVD. Por ejemplo, se conoce un tipo de formación de un revestimiento duro sobre una superficie de un sustrato (artículo) mediante un proceso de galvanización por arco iónico y a continuación la formación de un revestimiento lubricante sobre el revestimiento duro mediante un dispositivo de pulverización catódica. Por lo tanto, el uso alternativo de una pluralidad de tipos de procesos PVD permite que se forme un revestimiento compuesto en la superficie del sustrato.

25 Por ejemplo, la siguiente publicación de patentes 1 describe un aparato de procesamiento PVD que comprende: una cámara conteniendo en su interior tanto una fuente de vaporización por pulverización catódica como una fuente de vaporización por arco de vacío; un soporte de sustrato; y un obturador para moldear, durante el uso de una de las dos fuentes de vaporización, la otra fuente de vaporización, en donde se puede formar una pluralidad de tipos de revestimientos sobre un sustrato mediante la restricción secuencial del uso de las dos fuentes de vaporización o el uso simultáneo de las dos fuentes de vaporización. En este aparato de procesamiento PVD, las dos fuentes de vaporización están dispuestas de manera que los objetivos respectivos de las fuentes de vaporización están orientados en la misma dirección. El soporte del sustrato mantiene el sustrato en una posición tal que el sustrato está separado de cada uno de los objetivos de las fuentes de vaporización por una distancia constante y rota el sustrato. El sustrato girado se puede desplazar desde una posición frente a uno de los objetivos a una posición frente al otro objetivo, lo que permite que la formación de revestimiento se realice frente a cada uno de los objetivos alternativamente para formar un revestimiento compuesto.

40 La publicación de patentes 2 describe un aparato de procesamiento PVD que comprende: una cámara de vacío conteniendo en su interior tanto una fuente de vaporización por pulverización catódica como una fuente de vaporización por arco de vacío; y una plantilla cilíndrica provista dentro de la cámara de vacío, teniendo la plantilla una superficie periférica sobre la cual se monta un sustrato. En este aparato, la revolución (rotación) de la plantilla permite que las dos fuentes de vaporización se utilicen secuencialmente, permitiendo así que se forme una pluralidad de tipos de revestimientos delgados sobre la superficie del sustrato.

45 De acuerdo con los aparatos de procesamiento PVD descritos en la publicación de patentes 1 y 2, es posible formar un revestimiento que tenga un espesor uniforme si el objeto de la formación del revestimiento es un sustrato en forma de placa plana, pero es difícil formar un revestimiento en una superficie periférica exterior de un miembro de forma cilíndrica, como un taladro o una punta. Esto se debe a que la formación de revestimiento sobre la superficie periférica exterior del miembro de forma cilíndrica requiere que el miembro, es decir, el sustrato, gire sobre su propio eje, pero el aparato de procesamiento PVD descrito en cualquiera de las publicaciones de patentes 1 y 2 se proporciona sin un mecanismo para rotar el sustrato. Es por eso que el aparato de procesamiento PVD descrito en cualquiera de las publicaciones de patentes 1 y 2 es incapaz de formar un revestimiento adecuado en un miembro tal como se ha mencionado anteriormente.

55 Sin embargo, incluso el aparato de procesamiento PVD anterior podría realizar el revestimiento compuesto anterior sobre el sustrato así formado, si se modifica, por ejemplo, no solo para girar sino también para hacer girar el sustrato sobre su propio eje durante la formación del revestimiento. Por ejemplo, el revestimiento compuesto anterior podría formarse sobre el sustrato: proporcionando una mesa giratoria capaz de girar alrededor de un eje de revolución en una cámara de vacío; proporcionar una mesa rotatoria capaz de girar alrededor de su eje paralelo al eje de revolución en la mesa giratoria; colocar un sustrato en la mesa rotatoria para hacer que el sustrato gire y rote sobre su propio eje; y proporcionar una pluralidad de diferentes tipos de fuentes de vaporización radialmente fuera de la mesa giratoria.

65 Sin embargo, incluso en caso de girar y rotar un sustrato mediante el uso de un mecanismo con la función giratoria y rotatoria mencionada anteriormente, puede quedar el problema de no obtener un revestimiento compuesto homogéneo si la relación de rotación (relación de transmisión) de la rotación de la mesa rotatoria a la revolución de

la mesa giratoria no se fija a un valor adecuado. Por ejemplo, fijar la relación de rotación de la mesa rotatoria con respecto a la mesa giratoria a un valor adecuado permite un revestimiento compuesto que tiene una forma de sección transversal con una pluralidad de capas de revestimiento en forma de anillo circular laminadas concéntricamente, mientras que no fijar la relación de rotación de la mesa rotatoria a la mesa giratoria a un valor adecuado puede causar que se forme un revestimiento compuesto con una estructura no homogénea. Específicamente, genera la posibilidad de que se incluya un revestimiento con forma de C que carezca de una parte de la circunferencia de un anillo circular en un revestimiento compuesto, o la posibilidad de provocar algunas capas de revestimiento circulares en forma de anillo, en las que solo una parte de la circunferencia respectiva se superponen entre sí.

La publicación de patentes 3 describe un método para la fabricación de un artículo que tiene una primera y una segunda regiones de superficie de diferentes coeficientes de fricción en una cámara de tratamiento con un soporte giratorio para los artículos y capaz de realizar simultáneamente al menos dos procesos de revestimiento PVD. El primer proceso de revestimiento PVD se lleva a cabo con un flujo de vapor comparativamente dirigido desde uno o más objetivos que pueden componer uno o más de los elementos B, Si, Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta y W, carburos de estos elementos y carbono. Un segundo proceso de revestimiento PVD se lleva a cabo con un flujo de vapor de carbono comparativamente menos dirigido o no dirigido.

## Lista de citas

### Publicaciones de patentes

Publicación de patentes 1: JP 11-200042 A  
 Publicación de patentes 2: JP 2 836 876 B  
 Publicación de patentes 3: US 6 767 617 B2

## Sumario de la invención

Para abordar los problemas anteriores, la invención proporciona un aparato de procesamiento PVD según la reivindicación 1 y un método de procesamiento PVD según la reivindicación 3, capaz de formar un buen revestimiento compuesto en una superficie periférica exterior de un sustrato a través de la rotación y la revolución del sustrato.

Se proporciona un aparato de procesamiento PVD para realizar la formación de revestimiento sobre superficies respectivas de una pluralidad de sustratos, el aparato de procesamiento PVD comprendiendo: una cámara de vacío conteniendo la pluralidad de sustratos; una mesa giratoria provista en la cámara de vacío y configurada para soportar la pluralidad de sustratos y hacer girar los sustratos soportados alrededor de un eje de revolución; una pluralidad de mesas rotatorias configuradas para soportar los sustratos respectivos de la pluralidad de sustratos y para hacer girar los sustratos soportados, sobre la mesa giratoria, sobre sus respectivos ejes de rotación paralelos al eje de revolución; una pluralidad de objetivos formados por diferentes tipos respectivos de materiales de formación de revestimiento, los objetivos dispuestos en posiciones respectivas espaciadas en la circunferencia en el exterior radial de la mesa giratoria; y un mecanismo de rotación de la mesa para rotar cada una de las mesas rotatorias alrededor de su eje de rotación en sincronización con la rotación de la mesa giratoria. El mecanismo de rotación de la mesa está configurado para rotar la mesa rotatoria, sobre la cual se coloca el sustrato, sobre su eje de rotación en un ángulo de 180° o más con respecto a la mesa giratoria, mientras que el sustrato pasa a través de una región entre dos líneas tangentes dibujadas desde un centro de cada uno de los objetivos a un arco que envuelve las mesas rotatorias.

También se proporciona un método de procesamiento PVD para recubrir la formación en superficies respectivas de una pluralidad de sustratos, el método de procesamiento PVD comprendiendo: preparar una cámara de vacío conteniendo la pluralidad de sustratos, una mesa giratoria provista en la cámara de vacío y configurada para soportar la pluralidad de sustratos y hacer girar los sustratos soportados alrededor de un eje de revolución, y una pluralidad de objetivos formados por diferentes tipos respectivos de materiales de formación de revestimiento, los objetivos dispuestos en las posiciones respectivas espaciadas en la circunferencia en el exterior radial de la mesa giratoria; y realizar el procesamiento PVD que implica rotar cada uno de los sustratos sobre su eje de rotación en un ángulo de 180° o más con respecto a la mesa giratoria mientras el sustrato pasa a través de una región entre dos líneas tangentes dibujadas desde un centro de cada uno de los objetivos hasta un arco que envuelve cada uno de los sustratos.

## Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista en planta superior de un aparato de procesamiento PVD según una realización de la presente invención.

La Fig. 2A es una vista en planta superior que muestra un estado de formación de revestimiento en un sustrato sin rotación de cada mesa rotatoria en el aparato de procesamiento PVD sobre su eje.

La Fig. 2B es una vista en planta superior que muestra un estado de formación de revestimiento sobre un

sustrato con las respectivas rotaciones de mesas rotatorias en el aparato de procesamiento PVD en sus respectivos ejes.

La Fig. 3A es una vista en perspectiva que muestra la apariencia de una parte sustancial de un aparato de procesamiento PVD usado en cada uno de un ejemplo de la invención y un ejemplo comparativo.

5 La Fig. 3B es una vista en planta superior de la parte esencial del aparato mostrado en la Fig. 3A.

La Fig. 4A es una vista en planta superior que muestra un mecanismo de rotación de la mesa en el ejemplo de la invención.

La Fig. 4B es una vista en planta superior que muestra un mecanismo de rotación de la mesa en el ejemplo comparativo.

10 La Fig. 5A es un gráfico que muestra el resultado de la medición del espesor del revestimiento de acuerdo con el ejemplo de la invención.

La Fig. 5B es un gráfico que muestra el resultado de la medición del espesor del revestimiento de acuerdo con el ejemplo comparativo.

15 La Fig. 6A es una vista en planta superior en sección que muestra un revestimiento compuesto formado en una superficie periférica exterior de un sustrato en un ejemplo de la invención.

La Fig. 6B es una vista en planta superior en sección que muestra un revestimiento compuesto formado en una superficie periférica exterior de un sustrato en un ejemplo convencional.

20 La Fig. 7 es una vista en planta superior en sección que muestra un revestimiento compuesto formado sobre una superficie periférica exterior de un sustrato en un ejemplo de la invención, con las partes de las circunferencias respectivas de algunas capas de revestimiento del revestimiento compuesto superpuestas.

### Descripción de las realizaciones

25 Con referencia a los dibujos, se describirá un aparato de procesamiento PVD 1 de acuerdo con una realización de la presente invención. El aparato de procesamiento PVD 1 de acuerdo con la realización está diseñado para realizar la formación de revestimiento compuesto en una superficie de un sustrato W mediante el uso de dos o más tipos de procesos PVD o mediante el uso alternativo o simultáneo de dos o más tipos de objetivos en el mismo tipo de proceso PVD. En el aparato de procesamiento PVD 1 de acuerdo con la realización que se describe a continuación, se realiza la formación de un revestimiento compuesto mediante el uso del proceso de galvanización por arco iónico y el proceso de pulverización incluido en varios procesos PVD.

30 La Fig. 1 es una vista en planta superior que muestra el aparato de procesamiento PVD 1 según esta realización. El aparato de procesamiento PVD 1 comprende una cámara de vacío 2, una mesa giratoria 3, una pluralidad de mesas rotatorias 4, una pluralidad de objetivos 5 y un mecanismo de rotación de la mesa 6. La cámara de vacío 2 encierra un espacio de procesamiento que puede ser evacuado a vacío o a una presión extremadamente baja mediante el uso de una bomba de vacío no mostrada o similar. La mesa giratoria 3, la pluralidad de mesas rotatorias 4, la pluralidad de objetivos 5 y el mecanismo de rotación de la mesa 6 están contenidos en la cámara de vacío 2. La mesa giratoria 3 soporta la pluralidad de sustratos W y gira los sustratos soportados W. Las mesas rotatorias 4 soportan sustratos respectivos W de la pluralidad de sustratos y hacen girar el sustrato soportado W en la mesa giratoria 3. Los objetivos 5 están formados por diferentes tipos respectivos de materiales de formación de revestimiento y están dispuestos en las posiciones respectivas espaciadas en la circunferencia en el exterior radial de la mesa giratoria 3. El mecanismo de rotación de la mesa 6 gira la mesa giratoria 3 y cada una de las mesas rotatorias 4 en una relación de transmisión dada.

45 Como se muestra en la Fig. 1, la mesa giratoria 3 es un miembro en forma de disco capaz de involucrar la pluralidad de sustratos W alrededor del eje de revolución 7 girando sobre el eje de revolución 7 mientras soporta los sustratos W. En el ejemplo mostrado gráficamente, el eje de revolución 7 se fija a uno que se extiende verticalmente en la cámara de vacío 2. Las mesas rotatorias 4 están dispuestas en posiciones respectivas (ocho en la realización mostrada) en la circunferencia espaciadas cerca de la periferia exterior de la mesa giratoria 3 y soportan los sustratos W, respectivamente. El mecanismo de rotación de la mesa 6 está provisto debajo de la mesa giratoria 3 y gira la mesa giratoria 3 alrededor del eje de revolución 7, por ejemplo, en el sentido de las agujas del reloj en la vista en planta superior, como indican las líneas en forma de flecha en la Fig. 1, haciendo girar los sustratos alrededor del eje de revolución 7 W en sentido horario.

50 Cada una de las mesas rotatorias 4 es un miembro en forma de disco con un diámetro exterior menor que el diámetro exterior de la mesa giratoria 3, que tiene una superficie superior que permite que el sustrato W, que tiene un miembro de forma cilíndrica, forma cónica o forma de disco, se coloque sobre el mismo. Cada una de las mesas rotatorias 4 es accionada por el mecanismo giratorio de la mesa 6 para girar alrededor de su eje de rotación 8 paralelo al eje de revolución 7. El sustrato W que se colocará en cada una de las mesas rotatorias 4 es un artículo que tiene una superficie periférica exterior curvada circularmente a lo largo de una dirección de su circunferencia, tal como un taladro o una punta, la superficie periférica exterior curvada que permite que se forme un revestimiento sobre la misma. El sustrato W en esta realización es un artículo de forma cilíndrica; sin embargo, el sustrato que se somete a la formación de revestimiento según la presente invención no está limitado a uno cilíndrico. Por ejemplo, el término "sustrato" en el presente documento incluye un miembro de forma cónica con una punta afilada, y un ensamblaje de sustrato que incluye una pluralidad de miembros en forma de disco apilados para formar un contorno cilíndrico como un todo.

- Cada uno de los objetivos 5 está hecho de un material que sirve como materia prima para un revestimiento, como Ti, Al, Ni y C, formado en forma de placa en esta realización. La pluralidad de objetivos 5 incluye un objetivo para la galvanización por arco iónico y un objetivo para la pulverización catódica, que está formado por diferentes tipos respectivos de materiales de formación de revestimiento. El objetivo 51 para la galvanización por arco iónico y el objetivo 52 para la pulverización catódica están dispuestos en posiciones respectivas separadas en la circunferencia de la mesa giratoria 3 en el exterior radial de la mesa giratoria 3. En el ejemplo mostrado gráficamente, el objetivo 52 para la pulverización catódica está dispuesto en un lateral de la mesa giratoria 3 (en el lado superior en la hoja de dibujo de la Fig. 1) y el objetivo 51 para la galvanización por arco iónico está dispuesto en el otro lateral opuesto al objetivo 52 para pulverizar a través del eje de revolución 7 (en el lado inferior en la hoja de dibujo de la Fig. 2).
- El mecanismo de rotación de la mesa 6 distribuye una fuerza motriz rotatoria generada por un motor de accionamiento no mostrado a la mesa giratoria 3 y las mesas rotatorias 4, girando así los dos tipos de mesas 3, 4 en una relación de transmisión dada.
- El aparato de procesamiento PVD 1 mostrado en la Fig. 1 incluye ocho de las mesas rotatorias 9 montadas en la mesa giratoria 3, mientras que la Fig. 4A muestra un mecanismo de rotación de la mesa 6 en un ejemplo de la invención que incluye cuatro mesas rotatorias 9 montadas en una mesa giratoria 3 y la Fig. 4B muestra un mecanismo de rotación de la mesa 16 en un ejemplo comparativo con respecto al ejemplo de la invención.
- Específicamente, cada uno de los mecanismos de rotación de la mesa 6, 16 incluye un engranaje central 9 provisto en el lado de la mesa giratoria 3, y una pluralidad de engranajes rotatorios 10 provistos en los respectivos lados de la mesa rotatoria 4. El engranaje central 9 y cada uno de los engranajes rotatorios 10 están engranados entre sí en la disposición en la circunferencia de los engranajes rotatorios 10 alrededor del engranaje central 9. Como se muestra en la Fig. 4A y la Fig. 4B, cambiando el diámetro exterior y/o el número de engranajes de un engranaje que se va a utilizar como cada uno de los engranajes 9, 10 permite que cada una de las mesas rotatorias 4 se gire (es decir, gire sobre su eje de rotación) con respecto a la mesa giratoria 3 en varias relaciones de transmisión. El engranaje central 9 mostrado en la Fig. 4A es un engranaje de gran diámetro, mientras que cada uno de los engranajes rotatorios 10 engranados con el engranaje central 9 es un engranaje de pequeño diámetro que tiene un diámetro menor que el del engranaje central 9. El engranaje central 9 mostrado en la Fig. 4B es un engranaje de pequeño diámetro, mientras que cada uno de los engranajes rotatorios 10 engranados con el engranaje central 9 es un engranaje de gran diámetro que tiene un diámetro mayor que el del engranaje central 9.
- Al mecanismo de rotación de la mesa 6 se le proporciona una relación de transmisión del engranaje central 9 a cada uno de los engranajes rotatorios 10 de manera que cada una de la mesa rotatoria 4 en la que se coloca el sustrato W gira alrededor de su eje de rotación en un ángulo de 180° o más en relación con la mesa giratoria 3, mientras que cada uno de los sustratos W pasa a través de la región entre dos líneas tangentes L1, L2 dibujadas desde un centro de cada uno de los objetivos 5, es decir, cada uno de los objetivos 51, 52, más específicamente, un centro a lo ancho de una de las superficies opuestas del objetivo que mira hacia la mesa giratoria 3, siendo el centro a lo ancho un centro con respecto a una dirección perpendicular al eje de revolución, a un arco que envuelve las mesas 4 giratorias, preferiblemente, un arco 13 que envuelve las superficies periféricas exteriores de los sustratos W soportados por las respectivas mesas rotatorias 4, como se muestra en la Fig. 2A y la Fig. 2B. En otras palabras, la relación de transmisión se determina de manera que cada una de las mesas rotatorias 4 gire alrededor de su eje de rotación en un ángulo de 180° o más con respecto al sistema de coordenadas de revolución establecido en la mesa giratoria, mientras que cada uno de los sustratos W pasa a través de la región entre las líneas tangentes L1, L2.
- El engranaje central 9 de acuerdo con esta realización está dispuesto debajo de la mesa giratoria 3 y se fija a una base de mesa diferente a la mesa giratoria 3 para permitir que la mesa giratoria 3 gire en relación con el engranaje central 9. El engranaje central 9 tiene una disposición de engranajes alrededor del eje de revolución 7. Los engranajes rotatorios 10 están dispuestos alrededor del engranaje central 9 mientras están engranados con el engranaje central 9. Cada uno de los engranajes rotatorios 10 está soportado por la mesa giratoria 3 para que pueda girar integralmente con las respectivas mesas rotatorias 4 sobre sus respectivos ejes de rotación 8. La mesa giratoria 3 es impulsada para ser girada por el motor de accionamiento mencionado anteriormente, que implica el accionamiento de rotación de cada una de las mesas rotatorias 4 acopladas al engranaje central 9 a través de los respectivos engranajes rotatorios alrededor de sus respectivos ejes de rotación 8. En otras palabras, cada una de las mesas giratorias 3 y las mesas rotatorias 4 giran, en donde cada uno de los engranajes rotatorios 10 se aplica con la fuerza motriz rotatoria desde el motor de accionamiento no mostrado gráficamente para ser desplazado a lo largo de una periferia exterior del engranaje central 9 mediante el uso de la fuerza de accionamiento giratoria aplicada.
- Para el procesamiento PVD de una pluralidad de sustratos W mediante el uso del aparato de procesamiento PVD 1 con la configuración mostrada en la Fig. 1, los sustratos W se colocan primero en las respectivas mesas rotatorias 4. Luego, la mesa giratoria 3 se impulsa para girar alrededor del eje de revolución 7 mediante el uso de una fuerza motriz rotatoria producida por un motor de accionamiento. Esta fuerza motriz rotatoria también se transmite a las mesas rotatorias 4 a través del mecanismo giratorio de la mesa 6, girando las mesas rotatorias 4 alrededor de sus respectivos ejes de rotación 8 siguiendo la rotación de la mesa giratoria 3. Esto hace que cada uno de los sustratos W se coloque en las respectivas mesas rotatorias 4 para girar alrededor del eje de revolución 7 mientras gira

alrededor de sus respectivos ejes de rotación 8.

Mientras tanto, el mecanismo de rotación de la mesa 6 rota los sustratos W y las mesas rotatorias 4 que soportan los sustratos W, respectivamente, sobre sus respectivos ejes de rotación en un ángulo de  $180^\circ$  o más, en relación con la mesa giratoria 3, mientras que cada uno de los sustratos W pasa a través de la región entre las dos líneas tangentes L1, L2 dibujadas desde el centro de cada uno de la pluralidad de objetivos 5, es decir, los objetivos 51, 52 en esta realización, al arco 13 que envuelve las mesas rotatorias 4. La razón por la que se debe fijar dicho ángulo de rotación se describirá con referencia al aparato de procesamiento PVD 1 mostrado en las Figs. 1 y 2.

Desde el centro de la superficie de un electrodo del objetivo 52 para la pulverización, se dispersa un material de formación de revestimiento mientras se extiende en forma de pulverización, hacia la mesa giratoria 3 (hacia el lado del eje de revolución 7). Más específicamente, el material de formación de revestimiento pulverizado del objetivo 52 para la pulverización se dispersa de manera que se extienda en forma de abanico o sector, en una dirección desde el centro de la superficie del electrodo hasta la mesa giratoria 3, como se muestra en la Fig. 2A y la Fig. 2B. En este proceso, el material se dispersa en la mayor cantidad delante del objetivo 52 para la pulverización, y la cantidad del material dispersado disminuye con un aumento del ángulo con una línea perpendicular al objetivo 52. El rango de pulverización del material desde el objetivo 52 para la pulverización se expande en todas las direcciones hacia delante, y el material que se dispersa en un rango entre una primera línea L1 de las dos líneas tangentes y la otra segunda línea tangente L2 con respecto al arco 13 que envuelve las mesas rotatorias 4 forman un revestimiento sobre una superficie del sustrato W, mientras que cada uno de los sustratos W pasa a través del material dispersado.

A continuación se describirá el caso de ausencia de rotación de cada una de las mesas rotatorias 4 como se muestra en la Fig. 2A. Incluso en este caso, cada una de las mesas rotatorias 4 y los sustratos W producen sus revoluciones, lo que lleva a un punto (indicado por la marca • en la Figura 2A) existente en la superficie periférica exterior del sustrato W a la región entre los dos líneas tangentes L1, L2. En resumen, el punto indicado por la marca • llega a la posición Pa que se muestra en la Fig. 2A. Desde este punto en el tiempo, se permite que el material de formación de revestimiento disperso desde el objetivo 52 para la pulverización alcance la superficie periférica exterior del sustrato W, así depositado para formar un revestimiento en una región en forma de arco A1 oscurecida en la Fig. 2A.

Incluso en la región entre las dos líneas tangentes L1 y L2, una parte específica de la superficie periférica exterior del sustrato W puede ocultarse del objetivo 52 para que se pulverice detrás del sustrato W hasta que la parte específica alcance la posición Pa, lo que evita que se forme un revestimiento sobre la superficie de la pieza específica.

La rotación de la mesa giratoria 3 provoca la revolución del sustrato W, la revolución cambia la posición relativa del sustrato W a cada uno de los objetivos 5 en un plano horizontal. Por lo tanto, el sustrato W provisto en la mesa giratoria 3 tiene una posición cambiante en un sistema de coordenadas absolutas en relación con cada uno de los objetivos 5, incluso cuando el sustrato W no produce rotación en su eje, lo que también provoca una posición donde el material de formación de revestimiento se depositará en la superficie periférica exterior del sustrato W para variar en la superficie periférica exterior.

Por ejemplo, la deposición del material de formación de revestimiento se puede describir con un enfoque en un punto específico en la superficie periférica exterior del sustrato W, como sigue. La rotación de la mesa giratoria 3 mueve el punto específico indicado por la marca • en la Fig. 2A a las posiciones Pa, Pb, Pc en la Fig. 2A secuencialmente, es decir, mueve el punto específico desde una posición en la primera línea tangente L1 a una posición en la segunda línea tangente L2 a través de una posición delante del objetivo 5. Cuando la posición relativa del sustrato W al objetivo 5 por tanto se modifica para alcanzar la posición Pc, el material de formación de revestimiento también puede depositarse en una posición adyacente a la región oscurecida, formando así un revestimiento no solo en la región A1 oscurecida sino también en la región rayada A2.

Como se ha descrito anteriormente, la rotación de cada uno de los sustratos W no genera ninguna posibilidad de cubrir toda la superficie periférica exterior del sustrato W, incluso con la combinación del revestimiento en la región A1 oscurecida y el revestimiento en la región rayada A2 mostrado en la Fig. 2A. Esto puede causar, en el caso mostrado en la Fig. 2A, una capa de revestimiento que carece de una parte de la circunferencia de la misma que se formará en la superficie periférica exterior del sustrato W, por ejemplo, como se muestra en la Fig. 6B.

En contraste, la rotación de cada una de las mesas rotatorias 4 en su eje con un ángulo suficiente, como se muestra en la Fig. 2B, involucrada por la rotación de la mesa giratoria 3 permite la combinación del revestimiento en la región A1 oscurecida y el revestimiento en la región rayada A2 para cubrir toda la superficie periférica exterior del sustrato W, permitiendo así un revestimiento compuesto que tiene una estructura homogénea que se formará en la superficie periférica exterior del sustrato W, por ejemplo, como se muestra en la Fig. 6A. Específicamente, es preferible determinar dicha relación de transmisión de cada uno de los engranajes rotatorios 10 al engranaje de revolución 9 del mecanismo giratorio de la mesa 6 del mecanismo giratorio de la mesa 6 para permitir que cada una de las mesas rotatorias 10 gire un ángulo de  $180^\circ$  o más, en relación con la mesa giratoria 3, mientras que cada uno de los

sustratos W pasa a través de la región entre las dos líneas tangentes L1, L2. De este modo, la relación de transmisión determinada permite que la mesa rotatoria 4 gire sobre un ángulo mayor para permitir que se amplíe el rango del revestimiento en la región rayada A2, lo que permite formar un revestimiento continuo sin costuras en toda la circunferencia de la superficie periférica exterior del sustrato W.

5 Por ejemplo, en el caso donde el punto indicado por la marca • en la Fig. 2B alcanza la posición PC a través de la posición PA y la posición PB en la Fig. 2B, se puede formar un revestimiento, en la posición PC, en la superficie periférica exterior del sustrato W en una región más ancha que la región rayada A2 mostrada en la Fig. 2A por 180°. Esto significa que la combinación del revestimiento en la región A1 oscurecida y el revestimiento en la región rayada A2 pueden cubrir toda la superficie periférica exterior del sustrato W. Esto permite que se forme un revestimiento continuo sin costuras sobre toda la circunferencia de la superficie periférica exterior del sustrato W como se muestra en la Fig. 6A, es decir, permite que se forme un revestimiento con una estructura homogénea en la superficie periférica exterior del sustrato W.

15 Aunque la realización anterior utiliza el objetivo 52 para la pulverización catódica para formar un revestimiento continuo en la circunferencia sin costuras, el funcionamiento del mecanismo de rotación de la mesa 6 para satisfacer la relación mencionada anteriormente con el objetivo 51 para la galvanización por arco iónico también permite formar un revestimiento continuo sin costuras en la circunferencia, es decir, un revestimiento compuesto que tiene una estructura homogénea en la superficie periférica exterior del sustrato W.

20 Sin embargo, incluso cuando se puede formar un revestimiento continuo sin costuras en toda la circunferencia de la superficie periférica exterior del sustrato W, sigue existiendo la posibilidad de un solapamiento parcial de una capa de revestimiento formada inicialmente y una capa de revestimiento formada finalmente en un revestimiento compuesto, como se muestra en la Fig. 7, que puede generar irregularidades en el espesor del revestimiento dificultando la formación de un revestimiento compuesto con una estructura homogénea.

Contra esto, es preferible fijar la relación de transmisión que permite que la mesa rotatoria 4 en la que se coloca el sustrato W gire en un ángulo de 360° o más, preferiblemente, un ángulo de 720° o más, en relación con la mesa giratoria 3 mientras que cada uno de los sustratos W pasa a través de la región entre las dos líneas tangentes L1, L2. Esto suprime la irregularidad en el espesor del revestimiento para permitir que se forme un revestimiento compuesto con una estructura más homogénea. Específicamente, con respecto al ángulo de rotación que es un ángulo por el cual la mesa rotatoria 4 gira en relación con la mesa giratoria 3, mientras que el sustrato W pasa a través de la región entre las dos líneas tangentes L1, L2, el ángulo de rotación de 180° permite que se produzca aproximadamente ±50 % de la variación en el espesor del revestimiento, mientras que el ángulo de rotación de 360° reduce la variación a aproximadamente ±30 % y, además, el ángulo de rotación de 720° reduce la variación a aproximadamente ±10 %.

### Ejemplos

40 A continuación se describirán los efectos del método de procesamiento PVD de la presente invención, más específicamente, basado en un ejemplo de la invención y un ejemplo comparativo.

Se usa en experimentos un aparato de procesamiento PVD 1 mostrado en las Figs. 3A y 3B, empleando una mesa giratoria 3 que tiene un diámetro exterior D1 de 400 mm y cuatro mesas rotatorias 4, cada una con un diámetro exterior D2 de 160 mm  $\phi$ , en donde las mesas rotatorias 4 están espaciadas uniformemente y en la circunferencia de la mesa giratoria 3, sobre la mesa giratoria 3. Cada una de las mesas rotatorias 4A permite que se forme un sustrato W, y el sustrato W es un cuerpo cilíndrico con un diámetro de 160 mm  $\phi$ . En la invención y en los ejemplos comparativos, la formación de revestimiento se realiza en una superficie periférica exterior del sustrato W mediante un proceso de galvanización por arco iónico.

Se utiliza un objetivo 51 para el proceso de galvanización por arco iónico, siendo el objetivo 51 una placa circular con un diámetro de 100 mm y dispuesta en una posición radialmente hacia fuera desde un borde periférico exterior de la mesa giratoria 3 en una distancia DT de 160 mm. La formación de revestimiento se realiza a través del suministro de una corriente del arco de 150 A al objetivo 51 para la galvanización por arco iónico y el suministro de gas nitrógeno a un espacio de procesamiento en una cámara de vacío 2 hasta que la presión en el espacio de procesamiento alcanza los 3 Pa.

En los ejemplos de la invención y comparativos, se proporciona un engranaje central 9 para la mesa giratoria 3 mientras que se proporciona un engranaje rotatorio 9 para cada una de las mesas rotatorias 4, y la relación de transmisión del engranaje rotatorio 10 del engranaje central 9 en el ejemplo de la invención es diferente de la del ejemplo comparativo. Estas relaciones de transmisión se presentan en la Tabla 1. En el mecanismo de rotación de la mesa 6 en el ejemplo de la invención mostrado en la Fig. 4A, cada uno de los cuatro engranajes rotatorios 10 que tienen un diámetro de 60 mm  $\phi$  rota sobre su propio eje y gira mientras está engranado con el engranaje central 9 que tiene un diámetro de 180 mm  $\phi$ , en el que el ángulo de giro del engranaje rotatorio 10 con respecto al sistema de coordenadas de revolución es de 337,5°. En el mecanismo de rotación de la mesa 16 en el ejemplo comparativo mostrado en la Fig. 4B, cada uno de los cuatro engranajes rotatorios que tienen un diámetro de 150 mm  $\phi$  rota sobre

su propio eje y gira mientras se engrana con el engranaje central 9 que tiene un diámetro de 90 mm  $\phi$ , en el que el ángulo de rotación del engranaje rotatorio con respecto al sistema de coordenadas de revolución es de 67,5°.

TABLA 1

	Ejemplo de la invención	Ejemplo comparativo
Diámetro del engranaje central	90 mm $\phi$	180 mm $\phi$
Diámetro del engranaje rotatorio	150 mm $\phi$	60 mm $\phi$
Ángulo mediante el cual la mesa rotatoria gira en relación con la mesa giratoria durante el paso a través de la región entre dos líneas tangentes	67,5°	337,5°

5 En los ejemplos de la invención y comparativos anteriores, se mide el espesor de un revestimiento formado sobre una superficie del sustrato W mientras que el sustrato W gira 180° desde la posición P1 hasta la posición P2 en la Fig. 3B. Las Figs. 5A y 5B presentan los resultados respectivos de la medición del espesor del revestimiento para los ejemplos de la invención y comparativos. Las Figs. 5A y 5B indican valores del espesor del revestimiento en el eje vertical, siendo cada valor relativo al espesor de un revestimiento formado cuando el sustrato está ubicado frente a uno de los objetivos 5, e indica una posición en la circunferencia sobre el eje horizontal cuya posición se expresa como un ángulo suponiendo que la posición en la circunferencia cuando el sustrato W está delante de cada uno de los objetivos 5 es de 0°.

15 Como se muestra en la Fig. 5A, el espesor del revestimiento formado en el ejemplo de la invención varía dentro del rango de 0,7 a 1,0, en un rango angular de la posición en la circunferencia de -180° a +180°; por lo tanto, no se produce una variación significativa en el espesor del revestimiento, incluso cuando se modifica la posición en la circunferencia. En contraste, como se muestra en la Fig. 5B, el espesor del revestimiento formado en el ejemplo comparativo se reduce considerablemente cuando la posición en la circunferencia se encuentra en el rango de -180° a -100° y en el rango de +100° a +180°; por lo tanto, se produce una variación significativa en el espesor del revestimiento. Además, el espesor del revestimiento en la posición en la circunferencia alrededor de -180° o alrededor de +180° se reduce a aproximadamente 0, lo que indica que casi no existe formación de revestimiento en el mismo.

25 Esto muestra que al rotar cada una de las mesas rotatorias 4 en un ángulo de 180° o más con respecto a la mesa giratoria 3, mientras cada uno de los sustratos W pasa a través de la región entre las dos líneas tangentes L1, L2, hace posible la formación de un revestimiento continuo sin costuras en toda la circunferencia de la superficie periférica exterior del sustrato W para formar así un revestimiento compuesto que tiene una excelente uniformidad de espesor del revestimiento, en la superficie periférica exterior del sustrato W.

30 Cabe señalar que la presente invención no se limita a la realización y los ejemplos anteriores, sino que se pueden realizar varios cambios y modificaciones en términos de forma, estructura, material, combinación, etc., de cada componente, sin apartarse del espíritu y alcance de la invención que se define a continuación. Además, en lo que respecta a cuestiones que no se describen explícitamente en la realización anterior, tales como las condiciones de operación y procesamiento, se pueden emplear diversos parámetros, y el tamaño, peso y volumen de cada componente, y cualquier valor fácilmente asumible por una persona experta en la materia sin apartarse de un rango generalmente implementado por un experto en la materia.

40 Como anteriormente, la presente invención proporciona un aparato de procesamiento PVD y un método de procesamiento PVD capaz de formar un buen revestimiento compuesto en una superficie periférica exterior de un sustrato a través de la rotación y revolución del sustrato.

45 La presente invención proporciona un aparato de procesamiento PVD para realizar la formación de revestimiento sobre superficies respectivas de una pluralidad de sustratos, el aparato de procesamiento PVD comprendiendo: una cámara de vacío conteniendo la pluralidad de sustratos; una mesa giratoria provista en la cámara de vacío y configurada para soportar la pluralidad de sustratos y hacer girar los sustratos soportados alrededor de un eje de revolución; una pluralidad de mesas rotatorias configuradas para soportar los sustratos respectivos de la pluralidad de sustratos y para hacer girar los sustratos soportados, sobre la mesa giratoria, sobre sus respectivos ejes de rotación paralelos al eje de revolución; una pluralidad de objetivos formados por diferentes tipos respectivos de materiales de formación de revestimiento, los objetivos dispuestos en posiciones respectivas espaciadas en la circunferencia en el exterior radial de la mesa giratoria; y un mecanismo de rotación de la mesa para rotar cada una de las mesas rotatorias sobre su eje de rotación. El mecanismo de rotación de la mesa está configurado para rotar la mesa rotatoria, sobre la cual se coloca el sustrato, sobre su eje de rotación en un ángulo de 180° o más con respecto a la mesa giratoria, mientras que el sustrato pasa a través de una región entre dos líneas tangentes dibujadas desde un centro de cada uno de los objetivos a un arco que envuelve las mesas rotatorias.

60 También se proporciona un método de procesamiento PVD para realizar la formación de revestimiento sobre superficies respectivas de una pluralidad de sustratos, el método de procesamiento PVD comprendiendo: preparar una cámara de vacío conteniendo la pluralidad de sustratos, una mesa giratoria provista en la cámara de vacío y configurada para soportar la pluralidad de sustratos y hacer girar los sustratos soportados alrededor de un eje de



5 revolución, y una pluralidad de objetivos formados por diferentes tipos respectivos de materiales de formación de revestimiento, los objetivos dispuestos en las posiciones respectivas espaciadas en la circunferencia en el exterior radial de la mesa giratoria; y realizar el procesamiento PVD que implica rotar cada uno de los sustratos sobre su eje de rotación en un ángulo de 180° o más con respecto a la mesa giratoria mientras el sustrato pasa a través de una región entre dos líneas tangentes dibujadas desde un centro de cada uno de los objetivos hasta un arco que envuelve cada uno de los sustratos.

10 De acuerdo con el aparato y método de procesamiento PVD anterior, la rotación del sustrato sobre su eje en un ángulo de 180° o más con respecto a la mesa giratoria mientras el sustrato pasa a través de la región entre las dos líneas tangentes permite formar un revestimiento que tiene una excelente uniformidad sobre la superficie periférica exterior del sustrato. Esto permite que se forme un revestimiento compuesto que tiene una excelente uniformidad de espesor de revestimiento sobre la superficie periférica exterior del sustrato.

15 Por ejemplo, es preferible que el mecanismo de rotación de la mesa del aparato de procesamiento PVD incluya: un engranaje central que tenga una disposición de engranajes alrededor del eje de revolución, el engranaje central fijo para permitir que la mesa giratoria gire con respecto al engranaje central; y una pluralidad de engranajes rotatorios configurados para girar integralmente con las respectivas mesas rotatorias alrededor de sus respectivos ejes de rotación, estando dispuestos los engranajes rotatorios alrededor del engranaje central mientras se engranan con el engranaje central para permitir que los engranajes rotatorios giren sobre sus respectivos ejes de rotación en sincronización con la rotación de la mesa giratoria sobre el eje de revolución. En este caso, es más preferible fijar una relación de transmisión del engranaje central a cada uno de los engranajes rotatorios de manera que la mesa rotatoria en la que se coloca el sustrato gire sobre su eje de rotación en un ángulo de 180° o más con respecto al mesa giratoria mientras el sustrato pasa a través de una región entre las dos líneas tangentes.

25

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de procesamiento PVD (1) para realizar la formación de revestimiento sobre superficies respectivas de una pluralidad de sustratos (W), el aparato de procesamiento PVD (1) comprendiendo:

5 una cámara de vacío (2) conteniendo en su interior la pluralidad de sustratos (W);  
 una mesa giratoria (3) provista en la cámara de vacío (2) y configurada para soportar la pluralidad de sustratos (W) y para hacer girar los sustratos soportados (W) alrededor de un eje de revolución (7);  
 10 una pluralidad de mesas rotatorias (4) configuradas para soportar los sustratos respectivos (W) de la pluralidad de sustratos (W) y rotar los sustratos soportados (W), sobre la mesa giratoria (3), sobre sus respectivos ejes de rotación paralelos al eje de revolución (7); y  
 una pluralidad de objetivos (5) formados por diferentes tipos respectivos de materiales de formación de revestimiento, los objetivos dispuestos en posiciones respectivas espaciadas en la circunferencia en el exterior radial de la mesa giratoria (3);  
 15 **caracterizado por**  
 un mecanismo de rotación de la mesa (6) para rotar cada una de las mesas rotatorias (4) sobre su eje de rotación, el mecanismo de rotación de la mesa (6) configurado para rotar la mesa rotatoria, sobre el cual se coloca el sustrato (W), sobre su eje de rotación en un ángulo de 180° o más con respecto a la mesa giratoria (3) mientras el sustrato (W) pasa a través de una región entre dos líneas tangentes (L1, L2) dibujadas desde un  
 20 centro de cada uno de los objetivos (5) hasta un arco (13) que envuelve las mesas rotatorias (4), en donde los respectivos sustratos (W) son miembros cilíndricos, cónicos o en forma de disco.

2. El aparato de procesamiento PVD (1) según la reivindicación 1, en el que el mecanismo de rotación de la mesa (6) del aparato de procesamiento PVD (1) incluye:

25 un engranaje central (9) que tiene una disposición de engranajes alrededor del eje de revolución (7), el engranaje central (9) fijado para permitir que la mesa giratoria (3) gire con respecto al engranaje central (9); y  
 una pluralidad de engranajes rotatorios (10) configurados para girar integralmente con las respectivas mesas rotatorias (4) alrededor de sus respectivos ejes de rotación, los engranajes rotatorios (10) que están dispuestos  
 30 alrededor del engranaje central (9) mientras están engranados con el engranaje central (9) para permitir que los engranajes rotatorios (10) giren en sus respectivos ejes de rotación en sincronización con la rotación de la mesa giratoria (3) alrededor del eje de revolución (7), y una relación de transmisión del engranaje central (9) a cada uno de los engranajes rotatorios (10) se ajusta de tal manera que la mesa rotatoria en la que se coloca el sustrato (W) gire sobre su eje de rotación en un ángulo de 180° o más con respecto a la mesa giratoria (3)  
 35 mientras que el sustrato (W) pasa a través de una región entre las dos líneas tangentes (L1, L2).

3. Un método de procesamiento PVD para realizar la formación de revestimiento sobre superficies respectivas de una pluralidad de sustratos (W), el método de procesamiento PVD comprendiendo:

40 preparar una cámara de vacío (2) conteniendo la pluralidad de sustratos (W), una mesa giratoria (3) provista en la cámara de vacío (2) y configurada para soportar la pluralidad de sustratos (W) y para hacer girar los sustratos soportados (W) alrededor de un eje de revolución (7), y una pluralidad de objetivos (5) formados por diferentes tipos respectivos de materiales de formación de revestimiento, los objetivos dispuestos en posiciones respectivas espaciadas en la circunferencia en el exterior radial de la mesa giratoria (3);  
 45 **caracterizado por**  
 realizar el procesamiento PVD que implica rotar cada uno de los sustratos (W) sobre su eje de rotación en un ángulo de 180° o más con respecto a la mesa giratoria (3) mientras que el sustrato (W) pasa a través de una región entre dos líneas tangentes (L1, L2) desde el centro de cada uno de los objetivos hasta un arco que envuelve cada uno de los sustratos (W), en donde los sustratos respectivos (W) son miembros cilíndricos,  
 50 cónicos o en forma de disco.

FIG.1

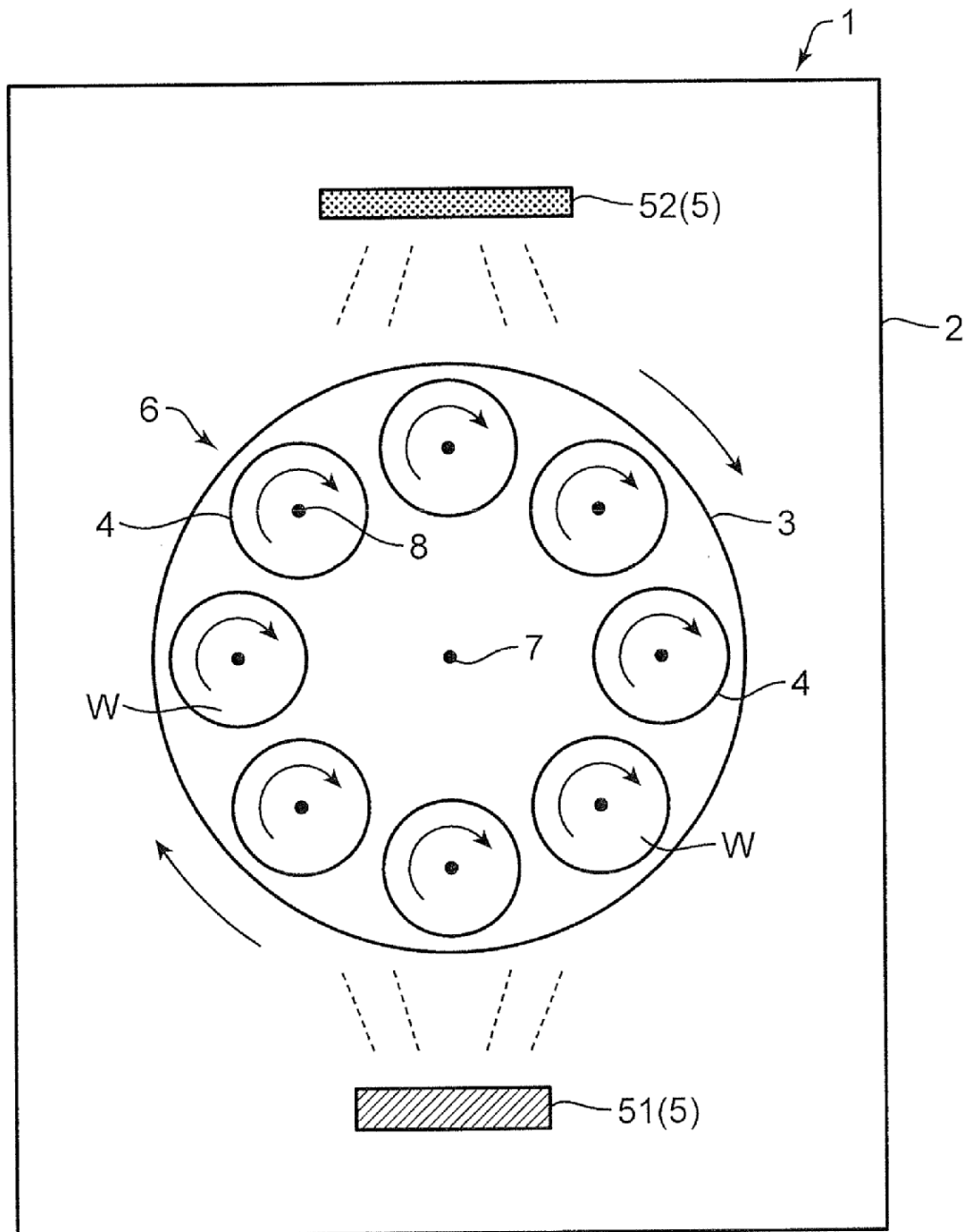


FIG.2A

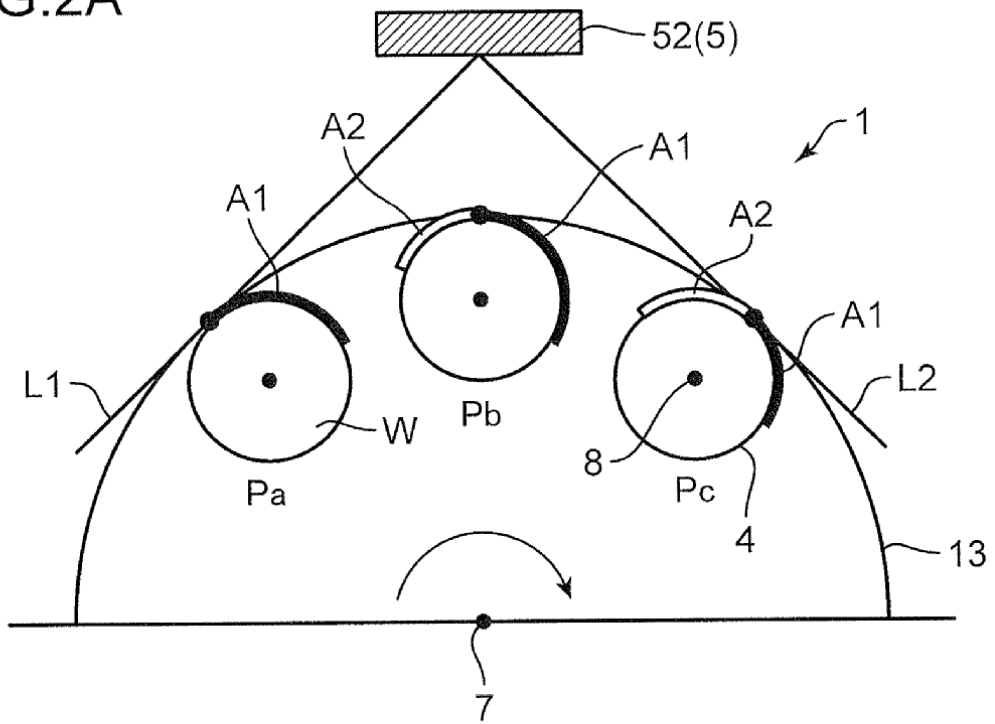


FIG.2B

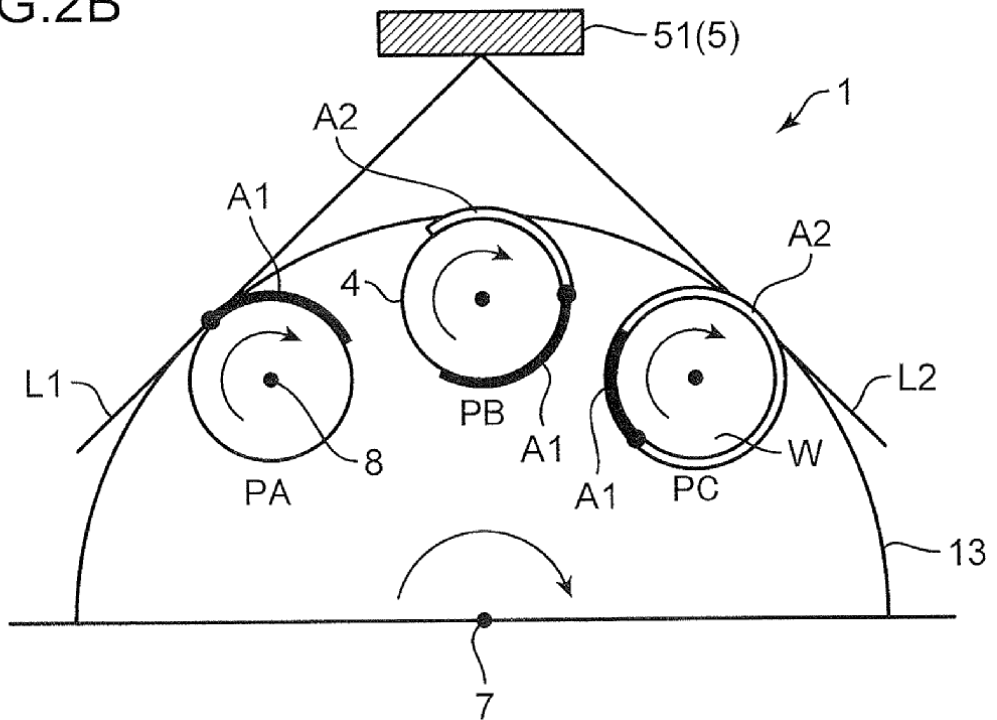


FIG.3A

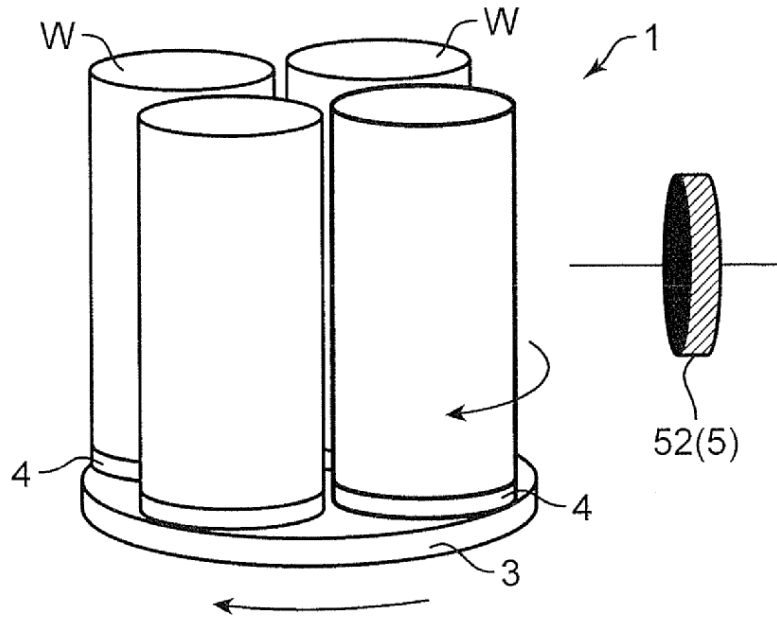


FIG.3B

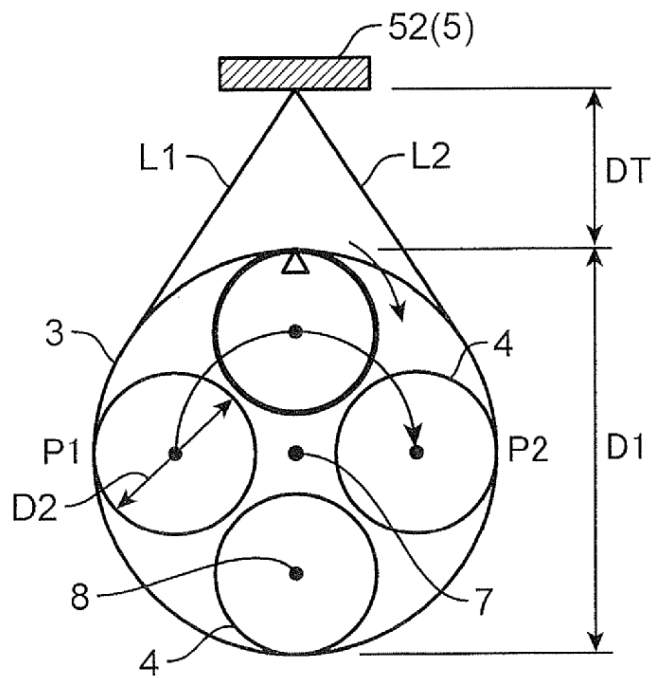


FIG.4A

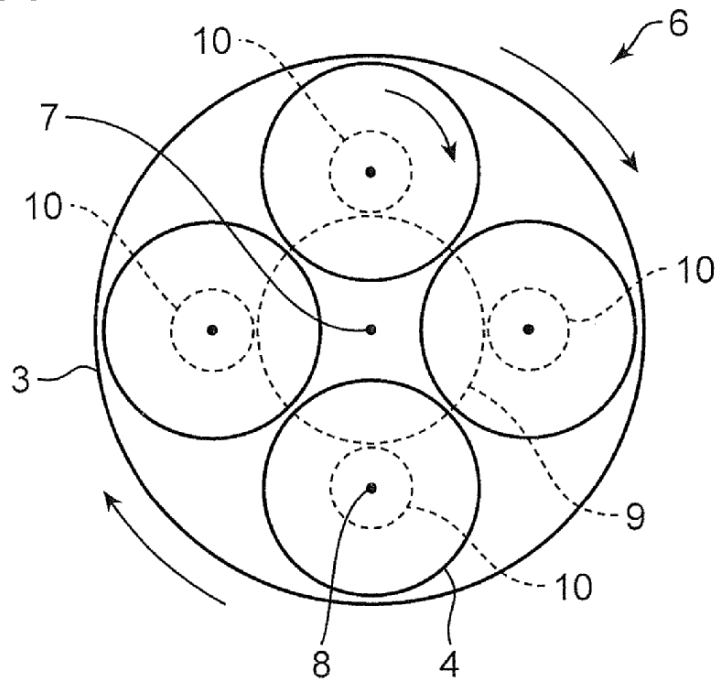


FIG.4B

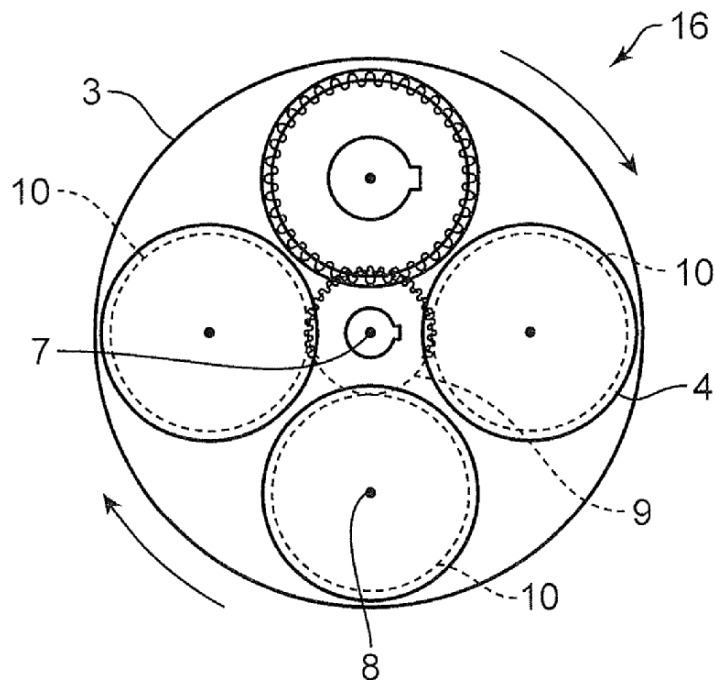


FIG.5A

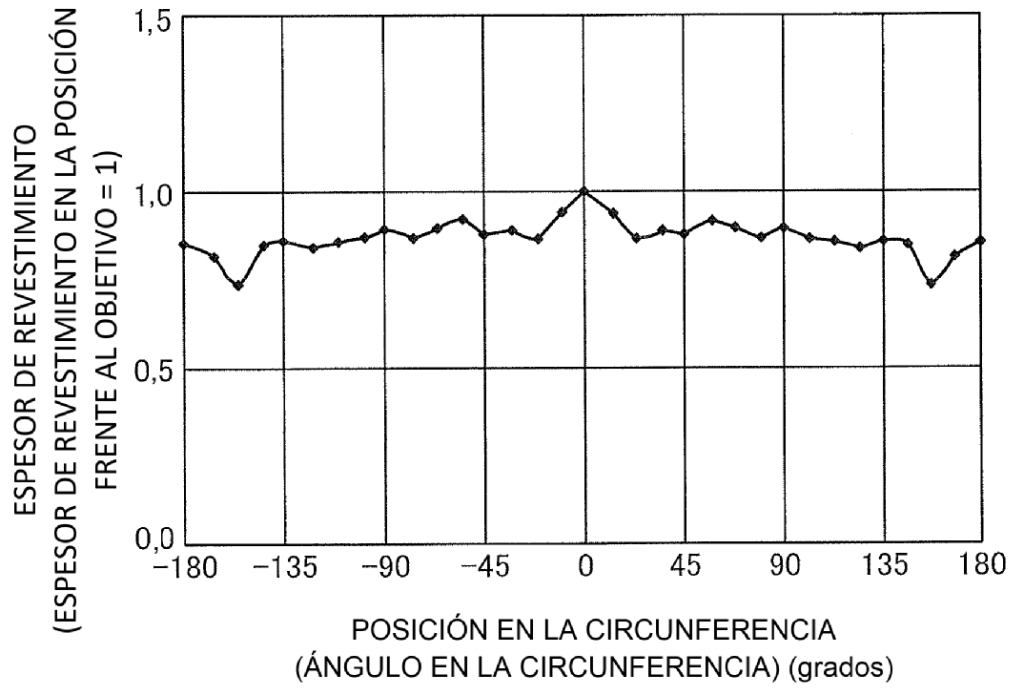


FIG.5B

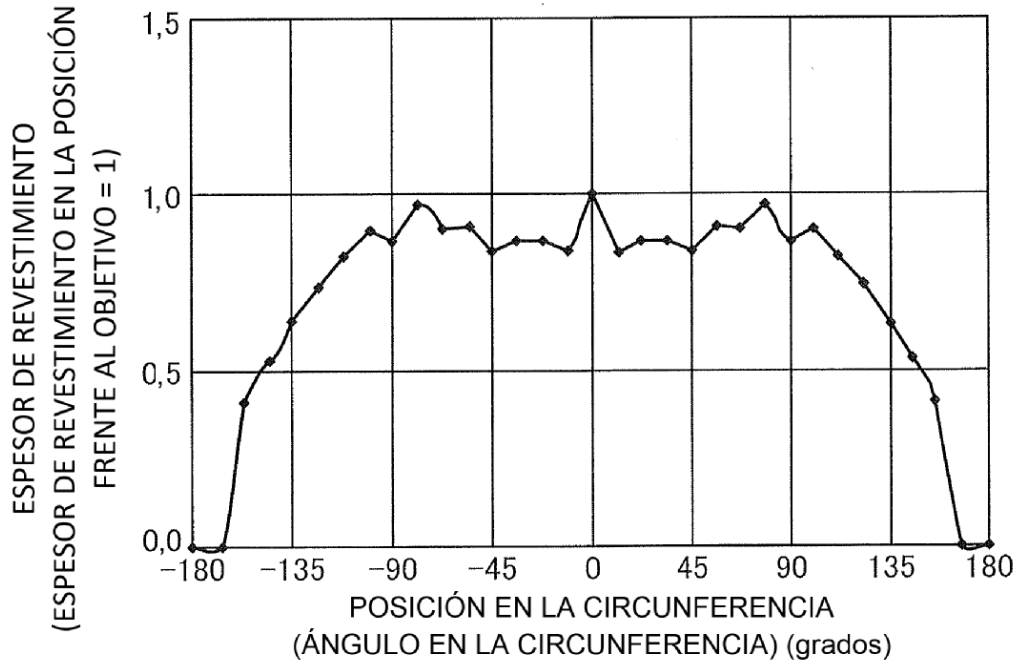


FIG.6A

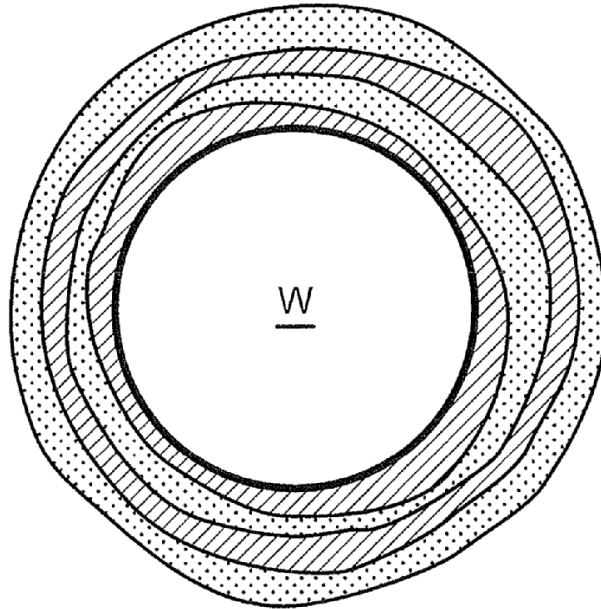


FIG.6B

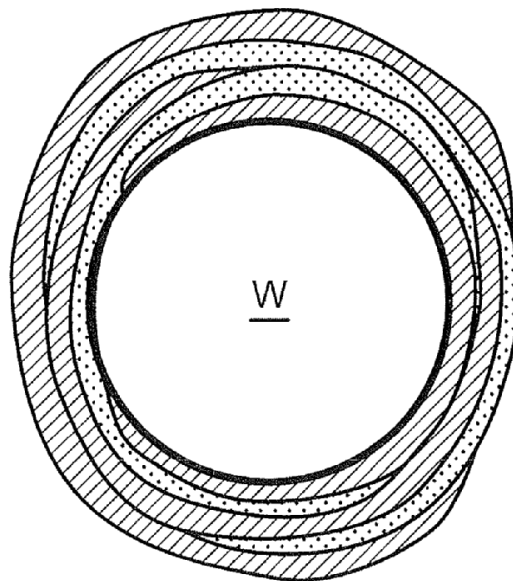




FIG.7

