

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 982**

51 Int. Cl.:

B23K 26/06 (2014.01)
B23K 26/40 (2014.01)
B23K 26/00 (2014.01)
B21D 22/02 (2006.01)
B31F 1/07 (2006.01)
B42D 15/00 (2006.01)
B41M 5/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2010 E 10710161 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.02.2015 EP 2414130**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para estructurar una superficie de cuerpo sólido con un revestimiento duro con un primer láser con pulsos en el campo de nanosegundos y un segundo láser con pulsos en el campo de pico- o femtosegundos; lámina de embalaje**

30 Prioridad:

30.03.2009 EP 09156583
25.11.2009 EP 09405203

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.05.2015

73 Titular/es:

BOEGLI-GRAVURES S.A. (100.0%)
Rue de la Gare 24-26
2074 Marin, CH

72 Inventor/es:

BOEGLI, CHARLES;
WEISSMANTEL, STEFFEN;
REISSE, GÜNTER;
ENGEL, ANDY;
BOETTCHER, RENE y
STEFFEN, WERNER

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 534 982 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 y dispositivo para estructurar una superficie de cuerpo sólido con un revestimiento duro con un primer láser con pulsos en el campo de nanosegundos y un segundo láser con pulsos en el campo de pico- o femtosegundos; lámina de embalaje.

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para estructurar por lo menos una zona de la superficie de un cuerpo sólido revestido con un material duro, con un dispositivo que comprende por lo menos un láser con duraciones de pulso del orden de los nanosegundos, los picosegundos o los femtosegundos. Más particularmente, la superficie mecanizada puede ser la superficie de una herramienta de estampación, tal como un rodillo de estampación o una matriz de estampación, cuya estructura de superficie se transfiere a un medio, tal como una lámina de embalaje o similar, o puede ser la superficie de una pieza de joyería, tal como una parte de una caja de reloj. En adelante, el término "láser" se refiere a todo el sistema láser.

En la técnica se conocen un procedimiento y un dispositivo de este tipo, por ejemplo, a partir del documento WO 2007/012215, del solicitante de la presente invención. Esta solicitud PCT da a conocer la creación mediante un láser de femtosegundos de unas así denominadas ondulaciones en una pieza, la cual puede estar provista de una capa de material duro consistente en carbono amorfo superduro con una fracción de más del 50% de enlaces sp^3 de tipo diamante, lo que se conoce con la denominación ta-C, de carburo de tungsteno, WC, carburo de boro, B_4C , carburo de silicio, SiC , o materiales duros similares. Tal como se desprende de diferentes documentos disponibles en Internet, las películas de carbono amorfo superduro, o ta-C, son muy adecuadas para diversas aplicaciones, más particularmente para aplicaciones tribológicas, aunque también para aplicaciones de difracción óptica.

Además de la aplicación de dispositivos láser con duraciones de pulso del orden de los femtosegundos y los picosegundos, también se conoce la utilización de láseres de excímeros con duraciones de pulso del orden de los nanosegundos y longitudes de onda en el rango ultravioleta para microestructuraciones. Una microestructuración por láser de las superficies resistentes al desgaste de los cuerpos sólidos se requiere principalmente para rodillos o matrices de estampación cuando dichos rodillos o matrices de estampación están destinados, por ejemplo, a la estampación de características de autenticación antifraude o de determinados signos atractivos de difracción óptica en láminas de embalaje de cigarrillos o alimentos. Dichas láminas de embalaje están constituidas, principalmente, por una capa de papel o plástico provista de una capa de metal depositada por vapor o por pulverización catódica, o están completamente constituidas por metal, particularmente aluminio, o están completamente constituidas por papel o plástico con un tratamiento superficial que produce las características y estructuras eficaces ópticamente y para la difracción óptica.

La publicación "Surface periodic structures induced by pulsed laser irradiation of fullerite", Applied Physics Letters, AIP, vol. 68, nº 13, páginas 1769-1771, ISSN: 0003-6951, en la que se basa el preámbulo de las reivindicaciones 1, 9 y 15, da a conocer el grabado de una capa de fullerita con pulsos de láser cortos con una anchura de nanómetros, con el que se obtiene un efecto de ondulación. Aunque este experimento demuestra la formación de ondulaciones con pulsos de láser cortos para una determinada capa de material, no menciona la producción de estructuras de ondulación en un cuerpo sólido, tal como un rodillo de estampación.

El documento US 2003/0062347 A1 da a conocer un procedimiento y un aparato para el desbarbado de paquetes de circuitos integrados con dos láseres, en los que se utiliza un láser de CO_2 para eliminar una capa superior de rebaba y un láser YAG para eliminar la capa delgada restante.

El documento US 2008/0116610 A1, del mismo solicitante, da a conocer un dispositivo para el satinado y el estampado con rodillos de estampación, producido de acuerdo con la técnica anterior con estructuras relativamente gruesas.

A partir de los antecedentes de esta técnica anterior, más particularmente del documento WO 2007/012215, mencionado en la introducción, el objetivo de la presente invención consiste en mejorar el procedimiento mencionado para estructurar la superficie de un cuerpo sólido, más particularmente de un rodillo de estampación o una matriz de estampación para la estampación de características de autenticación antifraude y/o signos con un efecto ópticamente atractivo, de modo que es posible llevar a cabo una producción en serie de estas superficies para producir las características de autenticación con una resistencia al fraude aumentada, así como un mayor alcance del diseño para superficies con un efecto óptico atractivo producido por difracción de la luz. Dicho objetivo se alcanza mediante el procedimiento según la reivindicación 1, mediante el dispositivo según la reivindicación 9 y mediante la lámina de embalaje según la reivindicación 15.

En las reivindicaciones dependientes se definen otras formas de realización preferidas.

A continuación se describe la presente invención con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos de los ejemplos de formas de realización.

La figura 1 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo según la presente invención con dos láseres,

la figura 2 muestra la conformación de la intensidad de haz mediante una combinación de máscara y diafragma,

la figura 3 muestra una zona microestructurada que presenta forma de estrella,

la figura 4 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo intercambiador con máscara lineal y diafragma según una vista superior,

la figura 5 muestra el dispositivo intercambiador de la figura 4 según la dirección indicada por la flecha V de la figura 4,

la figura 6 muestra el dispositivo intercambiador de la figura 4 según el plano de sección VI-VI de la figura 4,

la figura 7 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo intercambiador de máscara rotativa y diafragma según una vista superior,

la figura 8 muestra el dispositivo intercambiador de la figura 7 según la dirección indicada por la flecha VIII de la figura 7,

la figura 9 muestra el dispositivo intercambiador de la figura 7 según el plano de sección IX-IX de la figura 7,

la figura 10 muestra un diagrama esquemático de otra forma de realización de un dispositivo intercambiador de máscara y diafragma que presenta depósitos para máscaras y diafragmas,

la figura 11 muestra una sección a lo largo de la línea XI-XI de la figura 10,

la figura 12 muestra una sección a lo largo de la línea XII-XII de la figura 10, y

la figura 13 muestra un diagrama esquemático de un difractor para medir y ajustar las máscaras, diafragmas y rodillos de estampación, así como para el control de calidad en la producción de estructuraciones en un rodillo de estampación.

La figura 1 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo según la presente invención con dos láseres para la microestructuración y nanoestructuración de rodillos de estampación recubiertos con ta-C, siendo representativo el material duro ta-C de los materiales duros en general.

El primer láser, por ejemplo un láser de excímeros de KrF con una longitud de onda de 248 nanómetros (nm), produce microestructuras en la capa de ta-C según la técnica de proyección de máscara, y el segundo láser, un láser de femtosegundos con una longitud de onda central de 775 nm, produce nanoestructuras en la capa de ta-C según la técnica de focalización.

Las microestructuras pueden ser, por ejemplo, estructuras de rejilla en forma de zanja con períodos de rejilla comprendidos entre 1 y 2 μm , y las nanoestructuras pueden ser, por ejemplo, estructuras de ondulación autoorganizadas con períodos de aproximadamente 500 nm, que actúan como rejilla de difracción óptica. A este respecto, es posible cualquier matriz periódica de las estructuras activas para difracción óptica que produzca una dispersión dependiente del ángulo, es decir, una separación en colores espectrales por difracción tras la irradiación con luz policromática.

En la figura 1 se muestra un primer láser, un láser de excímeros 1, cuyo haz 2 tiene una sección transversal rectangular. La intensidad de este haz láser puede ajustarse y variarse mediante un atenuador 3. Mediante un homogeneizador 3A y una lente de campo 3B, se obtiene una distribución de intensidad homogénea en toda la sección transversal del haz láser en el punto homogéneo HS. El perfil de intensidad a través de la sección transversal del haz láser necesario para que se produzca la microestructura se conforma a partir de dicha distribución de intensidad homogénea mediante la máscara 18 situada en el punto homogéneo HS.

La forma geométrica de la abertura del diafragma 6, dispuesto después de la máscara, y preferentemente en contacto con la misma, da lugar a la geometría transversal o contorno de forma del perfil de intensidad del haz láser conformado por la máscara 18. La máscara 18 y el diafragma 6 están comprendidos en un dispositivo intercambiador de máscara y diafragma, que se describe con mayor detalle a continuación.

En lugar de un láser de excímeros de KrF, se puede utilizar como primer láser un láser de excímeros de ArF con una longitud de onda de 193 nm, un láser de flúor con una longitud de onda de 157 nm o un láser de excímeros de XeCl con una longitud de onda de 308 nm.

El haz láser conformado por la máscara 18 y el diafragma 6, véase también la figura 2, incide sobre un espejo de deflexión 7 que guía el haz a través de una óptica de representación 8 apropiada para este haz láser, que forma la

imagen del perfil de intensidad del láser apropiado para la microestructura sobre la superficie 9 de la capa de ta-C del rodillo de estampación 10 en una escala de representación predeterminada de, por ejemplo, 8:1. Mediante las flechas de rotación 11 se indica que el rodillo de estampación 10 se puede hacer girar alrededor de su eje longitudinal en ángulos predeterminados. El rodillo de estampación 10 está dispuesto en un dispositivo de transferencia 32.

A fin de ajustar, controlar y estabilizar la potencia, y de este modo la intensidad del haz láser, una pequeña fracción del haz láser se dirige mediante la placa semirreflectante 4 en un medidor de potencia 5 que proporciona datos para el control del atenuador 3 y/o el láser 1. Dicho medidor de potencia 5 puede sustituirse selectivamente por un dispositivo de medición del perfil de intensidad del haz láser 5A, que se indica mediante una flecha doble en la figura 1. Los dispositivos 5 y 5A están situados a la misma distancia de la placa semirreflectante 4, como la máscara 18 situada en el punto homogéneo HS, a fin de permitir una medición correcta de la potencia y de la distribución de la intensidad del haz láser en el punto homogéneo HS, es decir, en el plano de la máscara. Una cámara 26 sirve para observar el proceso de microestructuración. Con este fin, el espejo de deflexión 7 tiene un sistema de capas de interferencia que refleja la radiación del láser de excímeros de 248 nm de longitud de onda, pero transmite luz visible.

Para ajustar una posición focal determinada con precisión del haz láser representado por la óptica de representación 8 sobre la capa de ta-C que pretende estructurarse sobre toda la superficie del rodillo de estampación 10, la posición y las desviaciones relacionadas con la producción del rodillo de estampación con respecto a la geometría ideal se miden mediante el dispositivo 16 a fin de controlar la posición del rodillo de estampación, por ejemplo, mediante métodos trigonométricos de medición. A continuación, estos datos de medición se utilizan para el ajuste automático del rodillo de estampación 10 mediante el dispositivo de desplazamiento 32 y para el control de corrección del eje z del dispositivo de desplazamiento 32 durante el proceso de estructuración.

Tal como se ha mencionado brevemente en la descripción del ejemplo de forma de realización de la figura 1, el perfil de intensidad necesario para el proceso de estructuración por láser de excímeros de acuerdo con la técnica de proyección de máscara se conforma mediante una máscara y un diafragma.

Este proceso se explica con mayor detalle a continuación haciendo referencia a la figura 2: A partir de la distribución de intensidad homogénea 27 del haz láser 29 en el punto homogéneo HS, el perfil de intensidad a través de la sección transversal del haz láser necesario para que la microestructura se produzca en la capa de ta-C del rodillo de estampación 10 se conforma mediante la máscara 18, situada en el punto homogéneo HS. En la presente vista esquemática, la máscara 18 presenta unas zonas transparentes 19 dispuestas en forma de rejilla y unas superficies 20 opacas al haz láser, y de este modo forma un perfil de intensidad 75 de tipo rejilla con porciones de perfil de intensidad en forma de cuboide.

El diafragma 6, que está dispuesto en la dirección del haz láser, después de la máscara y preferentemente en contacto con la misma, produce la geometría de sección transversal del perfil de intensidad del haz láser conformado por la máscara 18 a través de la forma geométrica de su abertura o superficie transparente. En el presente ejemplo, la forma de la abertura de diafragma 6T o la superficie del diafragma dentro de la porción opaca 6P, que es transparente al haz láser, tiene forma de triángulo y, en consecuencia, después del diafragma, el perfil de intensidad 76 del haz láser 29A presenta una sección transversal con geometría triangular.

En la figura 2, el período de rejilla de la máscara 18 y el espesor, así como la separación entre las porciones de perfil de intensidad cuboides del perfil de intensidad de haz láser 76 posterior a la máscara, se representan a una escala muy ampliada en la dirección de las coordenadas x; de hecho, en una relación de representación del sistema de proyección de máscara de 8:1, sólo miden, por ejemplo, entre 8 y 16 μm , a fin de producir, según la presente invención, microestructuras ópticamente eficaces en forma de zanja con períodos de rejilla comprendidos entre 1 y 2 μm en la capa de ta-C del rodillo de estampación 10 mediante el haz láser 29A conformado por la máscara. En realidad, con tamaños iguales de las superficies del punto homogéneo HS y de la zona estructurada de la máscara 18, por ejemplo de 8 mm x 8 mm = 64 mm², la zona estructurada de la máscara, a diferencia de lo que se observa en el ejemplo esquemático de la figura 2, consiste en una rejilla con entre 1.000 y 500 períodos de rejilla, y el haz láser conformado con la misma comprende entre 1.000 y 500 porciones cuboides de perfil de intensidad.

El tamaño, la forma, la separación, la posición y el número de zonas superficiales transparentes de la máscara 18, en adelante denominada estructura de máscara, determinan el perfil de intensidad del haz láser para crear la microestructura en la capa de ta-C que presenta un efecto óptico predeterminado, y el diafragma 6 determina la geometría de la sección transversal del perfil de intensidad del haz láser y, por consiguiente, la forma geométrica del área básica microestructurada sobre el rodillo de estampación. En la presente memoria, el término "área básica" se utiliza para designar la superficie del rodillo de estampación o matriz de estampación que se estructura mediante el haz láser, conformado por la máscara y el diafragma y representado sobre la superficie del rodillo recubierta con ta-C en un tren de pulsos de haz láser (secuencia de pulsos), sin que haya movimiento relativo entre el haz láser y la superficie del rodillo.

En consecuencia, mediante una variación de la estructura de máscara, y en particular mediante la rotación de la

máscara alrededor del eje óptico del haz láser en ángulos predeterminados, se puede variar la orientación del perfil de intensidad del haz láser conformado por la máscara y representado sobre la capa de ta-C del rodillo de estampación mediante la óptica de focalización 8 y, de este modo, se puede variar el efecto óptico del área básica microestructurada tras la irradiación con luz policromática, por ejemplo la dirección y el ángulo de visión, así como el color y la intensidad.

Mediante la rotación del diafragma 6 alrededor del eje óptico del haz láser en ángulos predeterminados, se varía la orientación de la geometría de la sección transversal conformada por el diafragma del haz láser representado en la capa de ta-C del rodillo de estampación mediante la óptica de focalización, y por consiguiente se varía la orientación del área básica estructurada por láser en la superficie del rodillo de estampación. Este procedimiento se describe a continuación.

Las áreas básicas microestructuradas pueden yuxtaponerse de acuerdo con un patrón determinado o, tras hacer rotar la máscara en un ángulo predeterminado, superponerles la misma microestructura a dicho ángulo predeterminado. Además, si se utilizan diferentes máscaras, se pueden superponer diferentes microestructuras en un área básica, creando así nuevos efectos ópticos de difracción al irradiar con luz policromática. Si se yuxtaponen, las áreas básicas pueden tener formas superficiales y microestructuras iguales o diferentes.

La figura 3 muestra esquemáticamente una estrella de seis puntas 100 microestructurada, compuesta por doce áreas básicas de sección transversal triangular en seis orientaciones diferentes, y en la que se observan dos orientaciones diferentes de las microestructuras difractantes en forma de rejilla dentro de las áreas básicas. Cuando esta estrella se observa con luz policromática, el hexágono interior 101 análogamente microestructurado, compuesto por seis áreas básicas triangulares, y las puntas 102 de la estrella análogamente microestructuradas, aparecen en diferentes colores y diferentes intensidades en la misma dirección de visión y bajo el mismo ángulo de visión. Cuando se modifica la dirección de visión mediante la rotación de la estrella alrededor de su eje de simetría ortogonal, o cuando se modifica el ángulo de visión inclinando la superficie de la estrella, cambian el color y la intensidad de la luz difractada por el hexágono interior y por las puntas.

Para la microestructuración con láser de excímeros, deben emplearse superficies complejas compuestas por un gran número de áreas básicas, que a su vez pueden tener, opcionalmente, diferentes formas de superficie y partes que produzcan diferentes efectos ópticos en el rodillo de estampación recubierto de ta-C, múltiples máscaras con diferentes estructuras de máscara y múltiples diafragmas con diferentes geometrías de abertura, siendo rotativos la máscara 18 y el diafragma 6 alrededor del eje óptico del haz láser, independientemente el uno del otro, en un ángulo α predeterminado. Más específicamente, α puede tener un valor comprendido entre 1° y 180° .

Los siguientes parámetros de mecanizado son apropiados, por ejemplo, para la estructuración de la capa de ta-C del rodillo de estampación: Frecuencia de repetición de pulsos del láser de excímeros de 30 Hz, fluencia del haz láser sobre la capa de 8 J/cm^2 , número de pulsos de láser por área básica de 10.

A fin de optimizar el ajuste de la máscara 18 y el diafragma 6, se utiliza una disposición de difractómetro 12 *in situ*, véanse las figuras 1 y 13, dirigiéndose un haz láser de medición de un láser 79 a la superficie del rodillo y evaluándose mediante el difractómetro los rayos 14 reflejados y difractados por las estructuras creadas.

Según la presente invención, para producir microestructuras aún más finas, de acuerdo con la figura 1, se utiliza además un segundo láser 15, que puede ser un láser de femtosegundos o de picosegundos. El haz láser 2F se emite con una distribución de intensidad gaussiana a través de la sección transversal circular del haz, cuya intensidad es ajustable y variable mediante un atenuador 3F. Mediante el polarizador 17 se modifica la dirección de polarización del haz láser, es decir, la dirección del vector de intensidad del campo eléctrico en el plano xz ortogonal a la dirección de propagación y del haz láser.

A fin de alcanzar secciones transversales de foco muy pequeñas en la capa de ta-C, la sección transversal del haz láser no focalizado se amplía en un expansor de haz 3FC. El haz láser linealmente polarizado y ampliado es desviado por el espejo 7F y se focaliza sobre la capa de ta-C mediante la óptica de focalización 8F, que es apropiada para la longitud de onda del láser de femtosegundos y se monta desplazable en la dirección z.

Para ajustar, controlar y estabilizar la potencia, y por consiguiente la intensidad, del haz láser, una pequeña fracción del haz láser se dirige mediante una placa semirreflectante 4F a un medidor de potencia 5F, que proporciona unos datos para el control del atenuador 3F y/o el láser 15. Una cámara 26F sirve para observar el proceso de estructuración. El espejo de deflexión 7F está recubierto de un modo apropiado para reflejar la radiación del láser de femtosegundos a la vez que transmite la luz visible.

A fin de estructurar unas superficies predeterminadas, debe llevarse a cabo un movimiento relativo entre el haz láser, focalizado sobre la capa de ta-C del rodillo de estampación, y la superficie del rodillo, mediante la rotación del rodillo de estampación en intervalos angulares α y ϕ predeterminados y su desplazamiento en las direcciones x e y. Este movimiento relativo se logra mediante un dispositivo de desplazamiento 32F.

Opcionalmente, un homogeneizador 3FA que transforma la distribución de intensidad gaussiana a través de la sección transversal del haz láser en una distribución de intensidad homogénea y/o un dispositivo 23F para duplicar o triplicar la frecuencia del haz láser se puede introducir en la trayectoria del haz del láser de femtosegundos con el fin de poder realizar el proceso de estructuración con una distribución de intensidad homogénea y también unas longitudes de onda más cortas del haz láser. Esto resulta ventajoso, por ejemplo, para la fabricación de máscaras 18 y diafragmas 6 con cristal de cuarzo por estructuración mediante láser de femtosegundos.

Si se utiliza el dispositivo de duplicación de la frecuencia 23F, el expansor de haz 3FC, el espejo de deflexión 7F y la óptica de focalización 8F deben ser adecuados para la longitud de onda más corta.

Alternativamente, en lugar de la óptica de focalización 8F, puede utilizarse un escáner 8FS con objetivo adaptado, con lo que se puede llevar a cabo un movimiento relativo más rápido entre el haz láser focalizado sobre la capa de ta-C del rodillo de estampación y una superficie limitada de la superficie del rodillo en función de los parámetros del escáner, de manera que el tiempo necesario para la estructuración de esta superficie limitada se puede reducir sustancialmente en comparación con el movimiento relativo que se lleva a cabo mediante el sistema de desplazamiento 32F. Si se utiliza el sistema de deflexión de espejo y escáner 8FS, el sistema de desplazamiento 32F sólo sirve para yuxtaponer diversas superficies limitadas ya estructuradas cuando pretenden estructurarse superficies mayores del rodillo de estampación.

Mediante el sistema de medición de la distancia 32FA se ajusta y se controla la posición focal del haz láser antes del proceso de estructuración y de forma alternada con el mismo.

La estructuración por láser de femtosegundos según la técnica de focalización se utiliza, según la presente invención, para crear estructuras de ondulación eficaces para difracción óptica en las capas de ta-C del rodillo de estampación 10. Estas estructuras de ondulación pueden ser, por ejemplo, estructuras de rejilla de ondas paralelas con períodos de rejilla de entre 500 nm y 800 nm y profundidades de zanja de 300 nm, donde las ondulaciones paralelas, tal como se describe en la solicitud PCT WO 2007/012215, del solicitante de la presente invención, son siempre perpendiculares a la dirección de polarización del haz láser.

Análogamente a las microestructuras superpuestas producidas por el láser de excímeros en un área básica, una estructura de ondulación de láser de femtosegundos, producida por pulsos de haz láser de femtosegundos, se puede superponer a una segunda estructura de ondulación, cuya orientación sea diferente de la primera estructura de ondulación debido a una variación de la dirección de polarización del haz láser. Además, es posible superponer una microestructura producida en un área básica por medio del láser de excímeros con una estructura de ondulación producida por medio del láser de femtosegundos, creando así nuevos efectos ópticos de difracción tras la irradiación con luz policromática, ya que el efecto óptico de la microestructura producida por el láser de excímeros se superpone al efecto de difracción óptica de la estructura de ondulación producida por el láser de femtosegundos.

Los siguientes parámetros de mecanizado son adecuados, por ejemplo, para producir las estructuras de ondulación en ta-C: Velocidad de desplazamiento de 15 mm/s, longitud de onda central de 775 nm, duración de los pulsos de 150 fs, frecuencia de repetición de pulsos de 1 kHz, fluencia en el foco del haz láser de $2,3 \text{ J/cm}^2$, radio de foco gaussiano de 21 μm . El láser de picosegundos que se puede aplicar, alternativamente, para producir estructuras de ondulación, puede ser de tipo Nd:YAG con una longitud de onda de 1.064 nm, o un láser de este tipo con duplicación de frecuencia y una longitud de onda de 532 nm.

Las ondulaciones se producen en la capa de ta-C del rodillo de estampación mediante el escaneo de la superficie línea a línea, seleccionándose preferentemente el desplazamiento de línea de tal modo que el espaciado de línea corresponde al espaciado de los impulsos individuales a lo largo de la línea.

Para controlar la calidad de estas nanoestructuras producidas en la capa de ta-C del rodillo de estampación, se utiliza el mismo difractómetro *in situ* 12 mencionado anteriormente, que comprende otra fuente de luz blanca o un diodo láser y varias matrices de cámaras CCD para registrar los órdenes de difracción creados por las nanoestructuras ópticamente eficaces. Alternativamente, puede utilizarse un segundo difractómetro *in situ*. A causa de los períodos más pequeños, de por ejemplo 0,5 μm , de la rejilla de ondas formada por las ondulaciones, en comparación con los períodos de rejilla mayores, de por ejemplo entre 1 y 2 μm , producidos en las capas de ta-C por el láser de excímeros, los órdenes de difracción correspondientes aparecen en ángulos más pequeños. El principio de funcionamiento de este difractómetro se describe a continuación haciendo referencia a la figura 16.

Las estructuras producidas por el láser de excímeros según la técnica de proyección de máscara difieren de las estructuras producidas por el láser de femtosegundos, según la técnica de focalización, en sus dimensiones, de modo que las estructuras anteriores presentan una profundidad de estructura comprendida, por ejemplo, entre 250 nm y 450 nm, y un período de rejilla igual a 1,5 μm , mientras que estas últimas estructuras presentan una profundidad de estructura comprendida entre 250 nm y 400 nm y un período de rejilla comprendido entre 0,4 μm y 0,7 μm .

Mediante la superposición de las estructuras de rejilla producidas por un láser de excímeros y de estructuras de

rejilla de ondulación producidas por un láser de femtosegundos, la imitación se vuelve tanto más difícil que, debido a los complejos patrones de difracción creados en la lámina de embalaje por estampación, la falsificación resulta prácticamente imposible. Por otro lado, se crean áreas de color ópticamente muy eficaces.

En el presente ejemplo de forma de realización, se fijan los elementos ópticos, excepto la óptica de focalización, y, con el fin de producir diferentes zonas estructuradas en la superficie del rodillo, éste se coloca sobre una mesa transversal desplazable en el plano X e Y a la vez que puede rotar alrededor de su eje. Además, el rodillo puede ser también desplazable en el plano Z. Sin embargo, en lugar de desplazar el rodillo con respecto al haz, también es posible proporcionar una óptica de ajuste con un escáner, tal como se ha descrito anteriormente, o una combinación de ambas posibilidades.

Tal como se ha mencionado en la introducción, la superficie del rodillo está provista de una capa de ta-C que se ha aplicado, por ejemplo, por deposición por láser pulsado. En el documento WO 2007/012215, mencionado en la introducción, se mencionan diferentes revestimientos en los que se han llevado a cabo ensayos, y se ha puesto de manifiesto que una capa superdura de carbono enlazado tetraédricamente producida por deposición por láser pulsado es muy adecuada para la estructuración pretendida de gran precisión. Más específicamente, un espesor de capa comprendido aproximadamente entre 1 y 2 μm , más particularmente de 1,5 μm , puede ser muy adecuado para los fines previstos. Para mejorar la adhesión de la capa de ta-C al material subyacente, resulta ventajoso proporcionar una capa intermedia de WC con un espesor comprendido entre 50 nm y 300 nm.

Tal como se indica esquemáticamente en la figura 1, se dispone por lo menos una máscara en la trayectoria del haz del láser de excímeros, situándose entre el láser de excímeros y la óptica de focalización. En las figuras 4 a 12 se representan y describen con mayor detalle las combinaciones de máscara y diafragma de los dispositivos intercambiadores.

Como material de sustrato para las máscaras y diafragmas, se utiliza preferentemente cristal de cuarzo de alta calidad óptica. Sin embargo, se pueden utilizar alternativamente, por ejemplo, fluoruro de calcio, CaF_2 , o fluoruro de magnesio, MgF_2 . En un ejemplo de forma de realización preferida, la parte de la máscara o diafragma no transparente se crea confiriéndole rugosidad.

El campo 26F simboliza dos cámaras que sirven para la observación del proceso, es decir, para observar la superficie de la pieza. En general, las máscaras de cuarzo están provistas de un patrón regular sobre una superficie de, por ejemplo, 8 x 8 mm; este patrón puede ser un simple rayado, pero pueden considerarse y crearse otros patrones. Las cámaras 26F están conectadas a un monitor 27. Alternativamente, las superficies opacas de las máscaras de difracción o diafragmas de cristal de cuarzo pueden producirse mediante un láser de flúor según la técnica de focalización o proyección de máscara. También puede resultar ventajosa una duplicación o triplicación de la frecuencia si se utiliza un láser de femtosegundos.

En algunas aplicaciones sencillas, puede ser suficiente proporcionar una máscara de cuarzo o máscaras de cuarzo en un soporte para dar forma al haz del láser de excímeros. En cambio, si se aplican patrones de color muy finos y complejos, que en general se ven también sujetos a condiciones estéticas y deben ser mayormente resistentes al fraude, deben utilizarse múltiples máscaras con diferentes estructuras de máscara y múltiples diafragmas con diferentes geometrías de abertura.

Más específicamente, la conformación simultánea del perfil de intensidad del haz láser a fin de producir las microestructuras para la generación de superficies con un patrón de difracción óptica predeterminado, es decir, un efecto multicolor, se alcanza mediante una máscara, y la conformación de la geometría de la sección transversal y, en consecuencia, de la forma de contorno del haz láser para producir las áreas básicas microestructuradas predeterminadas disponibles sin discontinuidades con un efecto de difracción óptica predeterminado, se alcanza mediante un diafragma.

Con este propósito, las máscaras y los diafragmas pueden modificarse de modo programado y, en particular, independientemente entre sí, y pueden hacerse rotar en ángulos predeterminados. La estructura de máscara determina la dirección y el ángulo de visión para el efecto óptico del área básica microestructurada, y el diafragma determina la forma geométrica y la posición de superficie del área básica microestructurada con un efecto óptico predeterminado.

El intercambio y la rotación de las máscaras y diafragmas se pueden alcanzar mediante el dispositivo intercambiador y de rotación de máscaras y diafragmas que se describe a continuación:

En las figuras 4 a 12 se ilustran algunas formas de realización de dispositivos intercambiadores para soportes de máscara y diafragma; básicamente se pueden contemplar dispositivos intercambiadores lineales o rotativos o combinados, y es importante en todos los dispositivos que las máscaras y los diafragmas se puedan intercambiar independientemente entre sí y con rapidez, a fin de permitir una variedad muy grande de patrones. Esto permite una producción eficiente y económica de un gran número de patrones y características de autenticación sobre la pieza subyacente, por ejemplo, un rodillo de estampación o una matriz de estampación, que satisfacen los más exigentes

requisitos estéticos y ópticos.

Un dispositivo intercambiador no sólo permite producir diferentes patrones entre un rodillo de estampación y otro, sino también crear, con gran eficiencia y rapidez, un gran número de estructuras diferentes, que sirven como características de autenticación y como patrones estéticamente eficaces, en el mismo rodillo de estampación.

En las figuras 4 a 6 se representa un dispositivo intercambiador lineal 28. La figura 4 muestra una vista superior, en la que el haz láser incidente se indica mediante la flecha 29 y el haz láser conformado se indica mediante la flecha 29A. El dispositivo intercambiador presenta una placa de montaje 30 para los soportes de máscara 31A a 31E, que está montada sobre un primer eje de mesa de coordenada x 40A, véase la figura 5, insertándose las máscaras 18A a 18E en los soportes de máscara 31A a 31E. Análogamente, el dispositivo intercambiador presenta una placa de montaje 33 para los soportes de diafragma 34A a 34E, que está montada sobre un segundo eje de mesa de coordenada x 40B, véase la figura 9, insertándose los diafragmas 6A a 6E en dichos soportes. Los primer y segundo ejes de mesa de coordenada x 40A y 40B están montados sobre los respectivos ejes de mesa de coordenada y 40C y 40D.

Además, en la figura 4 se observa que el haz láser 29 pasa primero a través de una máscara y luego a través de un diafragma, con lo que se conforma el haz láser saliente 29A, véase también la figura 2, que a continuación incide sobre la óptica de representación 8, con lo que se representan los perfiles de intensidad de láser resultantes sobre la superficie del rodillo recubierta de ta-C en una escala reducida. Los soportes de máscara son desplazados por una correa dentada 36 y los soportes de diafragma por una correa dentada 37, que actúan con las correspondientes ruedas dentadas 41A a 41E, respectivamente 42A a 42E, sobre los soportes, tal como se observa particularmente en la figura 4.

En este ejemplo de forma de realización, todos los soportes son accionados por una sola correa dentada impulsada por un respectivo motor paso a paso 38, 39. Alternativamente, también es posible hacer rotar cada soporte individualmente en un ángulo predeterminado mediante un motor paso a paso.

De este modo, las máscaras y diafragmas individuales se pueden intercambiar linealmente, es decir, una de las máscaras 18A a 18E y uno de los diafragmas 6A a 6E se pueden colocar en la trayectoria del haz, y, además, las máscaras individuales y los diafragmas individuales se pueden hacer rotar en un ángulo determinado.

En la figura 5, que es una vista en el sentido de la flecha V de la figura 4, es decir, en el sentido del haz láser, se observa que los soportes de máscara 31A a 31E están provistos de anillos de rodadura portabolas interiores 45A a 45E, que cooperan con los anillos de rodadura portabolas exteriores 46A a 46E. Los soportes de máscara se montan sobre la placa de montaje 30.

La figura 6 muestra una sección a lo largo del plano VI-VI de la figura 4 y en el sentido del haz láser, donde los soportes de diafragma 34A a 34E y el motor paso a paso 39, así como la correa dentada 37, son visibles, y los soportes de diafragma están dispuestos sobre la placa de montaje 33. En la figura 6 se observa con más claridad que cada soporte de diafragma 34A a 34E comprende un anillo de rodadura portabolas interior 43A a 43E, que coopera con un anillo de rodadura portabolas exterior 44A a 44E.

En lugar de las transmisiones por correa dentada para la rotación de las máscaras y diafragmas, se pueden utilizar transmisiones de rueda sinfín y husillo accionadas por los respectivos ejes comunes, impulsados a su vez por los respectivos motores paso a paso. Alternativamente, sin embargo, la rotación de cada máscara y de cada soporte de diafragma en ángulos predeterminados puede alcanzarse también mediante un motor paso a paso independiente para cada máscara y cada soporte de diafragma.

El eje de mesa de coordenada y 40C, que permite un desplazamiento de la placa de montaje 30 en paralelo a la dirección de propagación del haz láser, sirve para el posicionamiento preciso de la zona estructurada de la máscara 18C, que en este momento se encuentra en la posición de mecanizado en el punto homogéneo HS del haz láser, y desplazando el eje de mesa de coordenada y 40D, que permite un desplazamiento de la placa de montaje 33 en paralelo a la dirección de propagación del haz láser, se ajusta una distancia mínima predeterminada entre la máscara 18C, que en este momento se encuentra en la posición de mecanizado, y el diafragma 6C, que en este momento se encuentra en la posición de mecanizado, o bien los lados de superficie estructurada de la máscara 18C y el diafragma 6C, es decir, la abertura del diafragma, se ponen en contacto directo entre sí.

En las figuras 7 a 9, se ilustra una disposición rotativamente desplazable de máscaras y diafragmas, en la que las mismas máscaras y diafragmas de las figuras 4-6 con los soportes, anillos de rodadura portabolas interiores y exteriores, ruedas dentadas, correas dentadas y motores paso a paso están dispuestos rotativamente en una placa de montaje circular 47 y 48, respectivamente, en lugar de linealmente sobre una placa de montaje rectangular, y un motor paso a paso 38 o 39 impulsa simultáneamente todos los soportes de máscara o diafragma, respectivamente, a través de una correa dentada, o bien cada soporte es impulsado independientemente por un respectivo motor paso a paso.

La figura 8 es una vista en el sentido de la flecha VIII de la figura 7, es decir, en el sentido del haz láser, y la figura 9 es una sección a lo largo del plano IX-IX de la figura 7. Las placas de montaje están impulsadas por un respectivo motor paso a paso 49 con un soporte 49H para la placa de montaje 47, y 50 con un soporte 50H para la placa de montaje 48, y están dispuestas en un eje de mesa de coordenada y 51 para posicionar las máscaras 18A-18E, y respectivamente en un eje de mesa de coordenada y 52 para posicionar los diafragmas 6A-6C en la dirección y. La disposición circular 53 permite un diseño más compacto que la disposición lineal 28.

En las figuras 10 a 12 se ilustra otro dispositivo intercambiador 54, en el que las máscaras y diafragmas, con sus fijaciones, están dispuestos en unos depósitos respectivos 57 y 58, y pueden extraerse de los mismos e introducirse en la trayectoria del haz independientemente entre sí. En esta posición, se pueden hacer rotar alrededor de su propio eje.

Tal como puede apreciarse en la figura 10, cada máscara 18 está montada en una fijación 55 y cada diafragma 6 está montado en una fijación 56, y las fijaciones de las máscaras y los diafragmas están dispuestas en unos depósitos respectivos 57 y 58, disponiéndose las fijaciones de las máscaras en un intercambiador de máscaras 59 y en un deslizador de máscaras 60, y disponiéndose análogamente las fijaciones de los diafragmas en un intercambiador de diafragmas 61 y en un deslizador de máscaras 62, indicándose estos dispositivos mediante flechas.

Particularmente en la figura 12, que es una sección a lo largo del plano XII-XII de la figura 10, se observa que tanto la máscara como el diafragma se pueden hacer rotar. Con este objetivo, la fijación de máscara o diafragma se coloca en un soporte de máscara 63 o un soporte de diafragma 67, respectivamente, dispuestos de forma rotativa, que se pueden hacer rotar en un ángulo predeterminado mediante un motor paso a paso 64 o 68, respectivamente, accionando el motor paso a paso 64 una correa dentada 65 conectada a una rueda dentada 66 en el soporte de máscara. Del mismo modo, el soporte de diafragma 67 se hace rotar en un ángulo predeterminado mediante un motor paso a paso 68, que acciona una rueda dentada 70 en el soporte de diafragma a través de una correa dentada 69.

Los mecanismos de rotación de la máscara y el diafragma están montados sobre unas respectivas placas de montaje 71 y 72. La placa de montaje 71 del soporte de máscara y el depósito de máscara 57, así como la placa de montaje 72 del soporte de diafragma y el depósito de diafragma 58, están dispuestas en unos respectivos ejes de mesa de coordenada y 73, 74.

Cuando se utiliza un dispositivo complejo con dos sistemas de láser y dispositivos intercambiadores de máscara y diafragma para la producción de estructuras eficaces de difracción óptica, es indispensable implementar un control eficaz de las estructuras producidas. Teóricamente, es posible estructurar un rodillo de estampación o una matriz de estampación y luego inspeccionar estas piezas en un laboratorio a fin de ajustar el dispositivo si se dan imperfecciones. Sin embargo, esta manera de proceder es demasiado compleja y larga para una producción eficiente de piezas mecanizadas, más particularmente de rodillos de estampación.

Por consiguiente, se propone disponer un dispositivo de medición y de ajuste con una disposición de difractor según la figura 13 para medir las estructuras creadas mientras se estructura el rodillo de estampación y para permitir un ajuste de la intensidad de la radiación, de la posición focal, respectivamente de la posición del plano de representación, etc. En este caso se evalúan simultáneamente múltiples órdenes de difracción y se comparan entre sí y con determinados registros de difracción de referencia.

La disposición de difractor 12, muy simplificada y esquemáticamente ilustrada, está montada encima del rodillo de estampación 10 y comprende, esencialmente, una disposición semicircular de dos primeros segmentos de retención 78 y 81, sobre los cuales están montados los diodos láser 79 para generar un haz de medición 14 con una sección transversal predeterminada, y, respectivamente, unas matrices de cámaras CCD 80 para medir las fracciones de haz 14 difractadas en las microestructuras producidas, así como una disposición semicircular de dos segundos segmentos de retención 78F y 81F, sobre los cuales están montados los diodos láser 79F para generar un haz de medición 14F con una sección transversal predeterminada, y, respectivamente, unas matrices de cámaras CCD 80F para medir las fracciones de haz 14F difractadas en las estructuras de ondulación producidas. Además, se dispone un dispositivo electrónico de evaluación, no representado en la figura. Cada matriz CCD es desplazable a lo largo de cuartos de círculo con el fin de detectar diferentes órdenes de difracción, o bien las matrices son espacialmente desplazables, análogamente a un detector de rayos X, a fin de registrar los diferentes órdenes de difracción.

De este modo, para cada estructura de estampación, la posición de las imágenes de orden de difracción puede detectarse y registrarse automáticamente durante el primer barrido espacial de la matriz, por ejemplo, durante el proceso de prueba de los rodillos de estampación recién estructurados. El rodillo de estampación está fijado a un dispositivo de desplazamiento giratorio y desplazable, por ejemplo mediante, como mínimo, un actuador piezoeléctrico 82, a fin de permitir la alineación horizontal precisa de la superficie del cuerpo sólido que se está estructurando o se pretende estructurar en una mesa giratoria 83 que, a su vez, está dispuesta sobre una mesa elevadora 84 y está conectada a una mesa de coordenadas x-y 85.

Para el control de calidad *in situ* según la figura 1, el haz láser monocromático del diodo láser, o el haz de la fuente de luz blanca de sección transversal pequeña, se dirige sobre el área básica que se pretende examinar. Las diferentes intensidades de las difracciones que aparecen bajo diferentes ángulos de difracción debido al efecto óptico de las micro y nanoestructuras, respectivamente, o las distribuciones de intensidad en los órdenes de difracción, se registran mediante la disposición de difractómetro 12 y se comparan entre sí. Las intensidades y, más particularmente, las distribuciones de intensidad en los órdenes de difracción están determinadas por la forma geométrica, la profundidad y la precisión dimensional de las estructuras producidas, de modo que pueden detectarse los cambios dimensionales y una profundidad insuficiente de la estructura. En caso de desviación excesiva con respecto a la estructura de referencia predeterminada, el proceso de estructuración se interrumpe y se lleva a cabo una adaptación de los parámetros del haz láser y de la posición del rodillo.

Para llevar a cabo el control de calidad global mediante el difractómetro que se ilustra en la figura 13, el haz de la fuente de luz blanca de sección transversal pequeña se dirige sobre la superficie de un rodillo de estampación estructurado 10 acabado. Más específicamente, las porciones de superficie microestructuradas por el láser de excímeros se irradian con una fuente de luz blanca y, a continuación, las porciones de superficie nanoestructuradas por el láser de femtosegundos se irradian con otra fuente de luz blanca. El ángulo de incidencia de los rayos se puede variar desplazando las fuentes de luz blanca en los retenedores en forma de arco de círculo. Los órdenes de difracción creados por el efecto óptico de las porciones de superficie microestructuradas se registran mediante las matrices de cámaras CCD 80F, y los órdenes de difracción creados por el efecto óptico de las porciones de superficie nanoestructuradas se registran mediante las otras matrices de cámaras CCD 80.

Para registrar con precisión los órdenes de difracción que aparecen para diferentes ángulos de difracción, las matrices se pueden desplazar en los retenedores en forma de arco de círculo.

Teniendo en cuenta los mayores períodos de las estructuras de difracción de, por ejemplo, entre 1 y 2 μm , producidas en las capas de ta-C por microestructuración mediante el láser de excímeros según la técnica de proyección de máscara, en comparación con los períodos de rejilla menores de las ondulaciones de, por ejemplo, 0,5 μm producidas por nanoestructuración mediante el láser de femtosegundos, los órdenes de difracción correspondientes aparecen bajo distintos ángulos. Por consiguiente, a fin de evitar la superposición de los diferentes órdenes de difracción, el radio del retenedor en forma de arco de círculo 81 se escoge menor que el radio del retenedor en forma de arco de círculo 81F.

A partir de estas mediciones, las siguientes propiedades pueden determinarse cuantitativamente sobre toda la superficie estructurada del rodillo de estampación:

Nitidez de la imagen, contraste de la imagen o impresión de color a través de la comparación de la intensidad.

Tamaño y distribución de porciones de superficie óptimamente y no óptimamente estructuradas.

Grado de estructuración diferencial, es decir, relación entre las áreas de difracción óptima de las estructuras producidas, detectadas en una pequeña superficie predeterminada, y el tamaño de esa superficie pequeña.

Grado de estructuración integral, es decir, relación entre la superficie sumada de todas las zonas de difracción óptima de las estructuras producidas y la superficie total del campo de medición.

Parámetros de calidad para las superficies micro- y nanoestructuradas.

En cuanto a la aplicación de un rodillo de estampación estructurado según el método anterior, por ejemplo, se hace pasar una lámina de embalaje entre un rodillo de estampación estructurado de este modo y un contrarrodillo, y los lugares en los que debe crearse un logotipo según una técnica conocida omitiendo los dientes se microestructura con el fin de satinarse a continuación del modo convencional mediante un subsiguiente par de rodillos de estampación.

En un procedimiento de este tipo también es posible utilizar una versión correspondientemente modificada y adaptada de una disposición de difractómetro para la medición de las estructuras creadas en la lámina de embalaje y utilizar los valores medidos para llevar a cabo correcciones en la producción de las estructuras sobre el rodillo de estampación.

A partir de la descripción anterior, es posible introducir variaciones dentro del alcance de la presente invención. De este modo es posible, en lugar de disponer máscaras y diafragmas constituidos por placas de cuarzo, fabricar máscaras y/o diafragmas, por ejemplo, de CaF_2 , o formarlos mediante cristales eléctricamente variables, en los que pueden crearse zonas de transparencia alta o muy baja para el haz láser. Los diafragmas también pueden obtenerse a partir de láminas metálicas.

En la descripción, se ha indicado un rodillo de estampación como ejemplo de superficie de una pieza, pero la

presente invención resulta igualmente adecuada para estructurar otras superficies revestidas o no revestidas, por ejemplo, una superficie elevada de una matriz o diente de estampación, o los dientes de un rodillo de estampación, o una superficie que difracta la luz incidente directamente, tal como una pieza de una caja de reloj o una moneda, por ejemplo, una moneda decorativa, o una moneda de curso legal, o una pieza de joyería.

5

REIVINDICACIONES

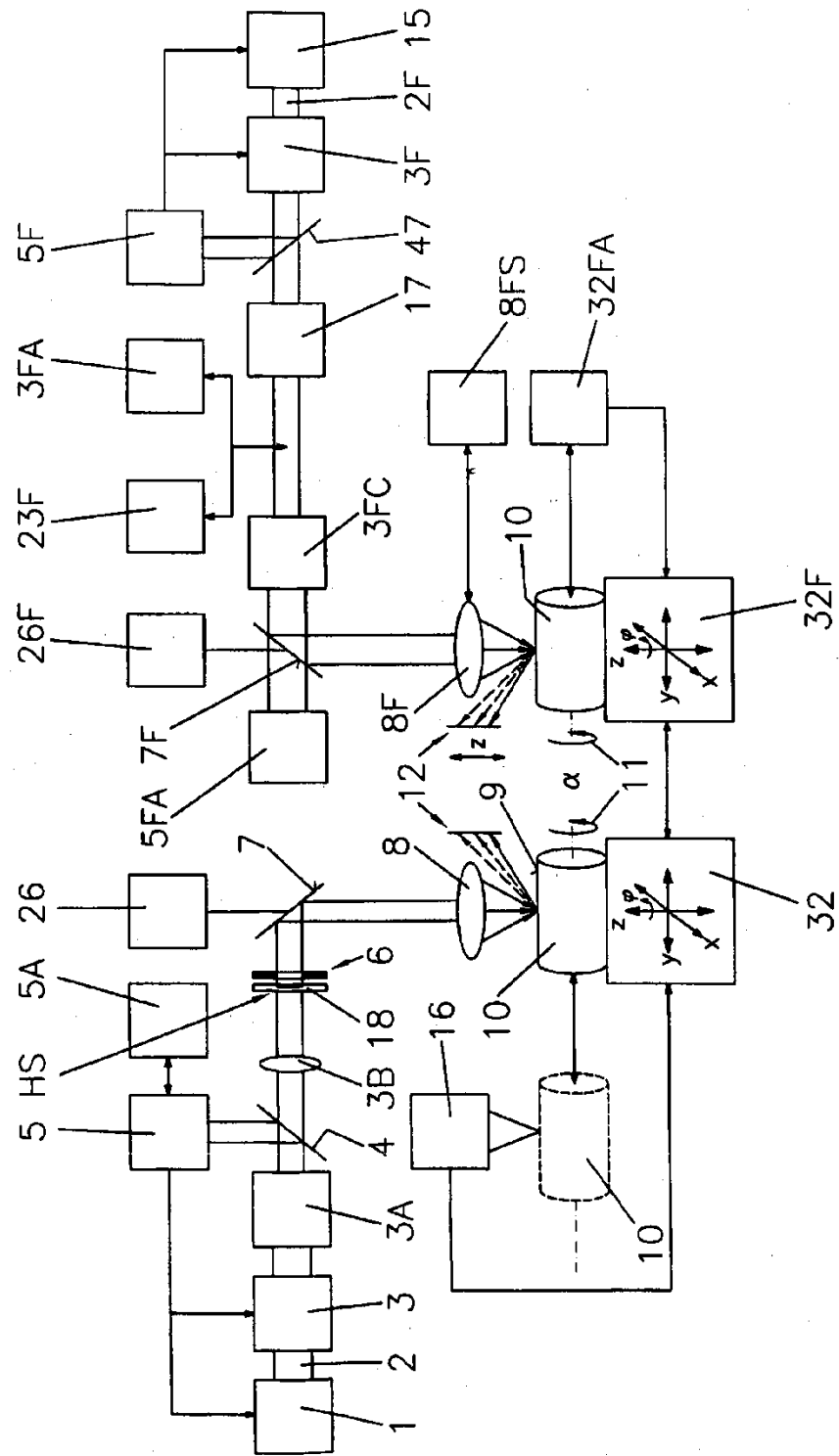
1. Procedimiento de estructuración de por lo menos una zona de una superficie de un cuerpo sólido provista de un revestimiento de material duro mediante un láser (1, 15) que puede producir una estructura de ondulación, caracterizado por que mediante un primer láser (1) que presenta unas duraciones de pulso en el intervalo de nanosegundos, se produce una primera estructura sobre la que se superpone una segunda estructura en forma de ondulación mediante un segundo láser (15) que presenta unas duraciones de pulso en el intervalo de pico- o femtosegundos.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la primera estructura se produce según la técnica de proyección de máscara, y la segunda estructura según la técnica de focalización.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el revestimiento de material duro consiste en ta-C, carburo de tungsteno (WC), carburo de boro (B_4C), carburo de silicio (SiC) o materiales duros similares.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que entre una capa de material duro ta-C y el material subyacente, está prevista una capa de carburo de tungsteno que presenta un espesor entre 50 y 300 nm.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la primera y/o la segunda estructura son producidas cada una mediante la superposición de múltiples microestructuras, formando cada una de las estructuras de superposición un ángulo (α) con las estructuras superpuestas (100) o presentando una orientación diferente.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que para producir la primera estructura mediante el primer láser (1), se utilizan una máscara (18) en el punto homogéneo (HS) del sistema óptico y a continuación un diafragma (6) delante de la óptica de formación de imágenes (8), y, para producir la segunda estructura, se utiliza un polarizador (17) entre el láser de femtosegundos (15) y la óptica de focalización (8F) asociada.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que están dispuestos por lo menos una máscara (18) y un diafragma (6) en un dispositivo intercambiador (28), pudiéndose ubicar cualquier máscara seleccionada y cualquier diafragma seleccionado en la trayectoria del haz del primer láser independientemente entre sí y pudiendo girar alrededor de sí mismos, así como pudiendo desplazarse lineal o rotativamente.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que durante la producción de las estructuras sobre la superficie de la pieza de trabajo (9), estas estructuras se miden mediante un difractor (12) y los valores medidos se utilizan para ajustar la intensidad del haz y/o la óptica de formación de imágenes y de focalización.
9. Dispositivo para implementar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende un láser (1, 15) que presenta unas duraciones de pulso en el intervalo de nano- o pico- respectivamente femtosegundos y que puede producir una estructura de ondulación, caracterizado por que comprende un primer láser (1) en el intervalo de nanosegundos así como un segundo láser (15) en el intervalo de picosegundos o femtosegundos, comprendiendo el dispositivo unos medios (32, 32F) para colocar en primer lugar la superficie (9) del objeto (10) que se va a estructurar en el plano de formación de imágenes de la óptica de formación de imágenes (8) del primer haz láser (2) y a continuación en el plano focal de la óptica de focalización (8F) del segundo haz láser (2F).
10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que el primer láser (1) es un láser de excímeros de KrF que presenta una longitud de onda de 248 nm, o un láser de excímeros de ArF que presenta una longitud de onda de 193 nm, o un láser de flúor que presenta una longitud de onda de 157 nm, o un láser de excímeros de XeCl que presenta una longitud de onda de 308 nm, y por que el segundo láser para producir las estructuras de ondulación es un láser de femtosegundos (15) que presenta una longitud de onda central de 775 nm o un láser de picosegundos de tipo Nd:YAG que presenta una longitud de onda de 1.064 nm o la longitud de onda de doble frecuencia de 532 nm.
11. Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado por que entre el primer láser (1) y su óptica de formación de imágenes (8) está dispuesta por lo menos una combinación de máscara y diafragma (18, 6), y están dispuestas varias combinaciones de máscara y diafragma en un dispositivo intercambiador (28, 53, 54), y el dispositivo intercambiador está adaptado para colocar una de las máscaras (18) y uno de los diafragmas (6) en la trayectoria del haz (29) del primer láser (1) independientemente entre sí, pudiendo las máscaras (18, 18A-18E, 18/1-18/9) y los diafragmas (6, 6A-6E) desplazarse lineal o rotativamente, y pudiendo girar sobre sí mismos en los soportes (31A a 31E; 34A a 34E).
12. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que las máscaras (18) y los diafragmas (6) del dispositivo intercambiador (54) están colocados cada uno en una fijación (55, 56), estando esta última dispuesta en los depósitos respectivos.
13. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que comprende un difractor (12) que presenta por lo menos una matriz de CCD (80, 80F) para medir la radiación (14, 14F) reflejada y difractada por las estructuras

producidas por el láser de excímeros y el láser de femtosegundos, respectivamente.

5 14. Dispositivo según la reivindicación 9, para estructurar unas zonas sobre piezas de reloj, monedas, o piezas de joyería revestidas o sin revestir para producir unas características de autenticación y/o signos efectivos de difracción óptica.

10 15. Lámina de embalaje producida mediante el dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizada por que presenta unas zonas efectivas de difracción óptica y/o unas características de autenticación que comprenden por lo menos una primera microestructura en forma de zanja en el intervalo de micrómetros y por lo menos una segunda estructura superpuesta sobre la primera microestructura que presenta una estructura de ondulación efectiva de difracción óptica autoorganizada en el intervalo submicrométrico.

FIG. 1



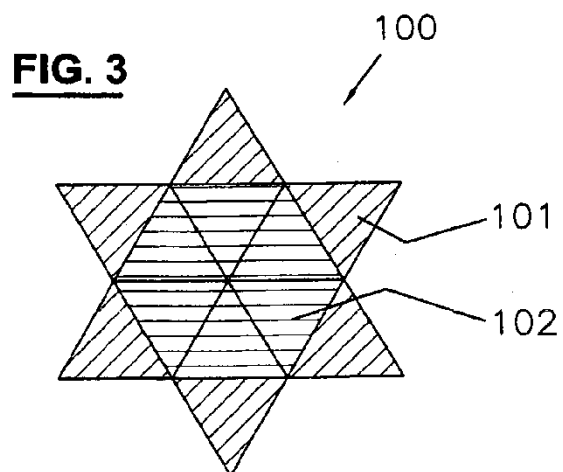
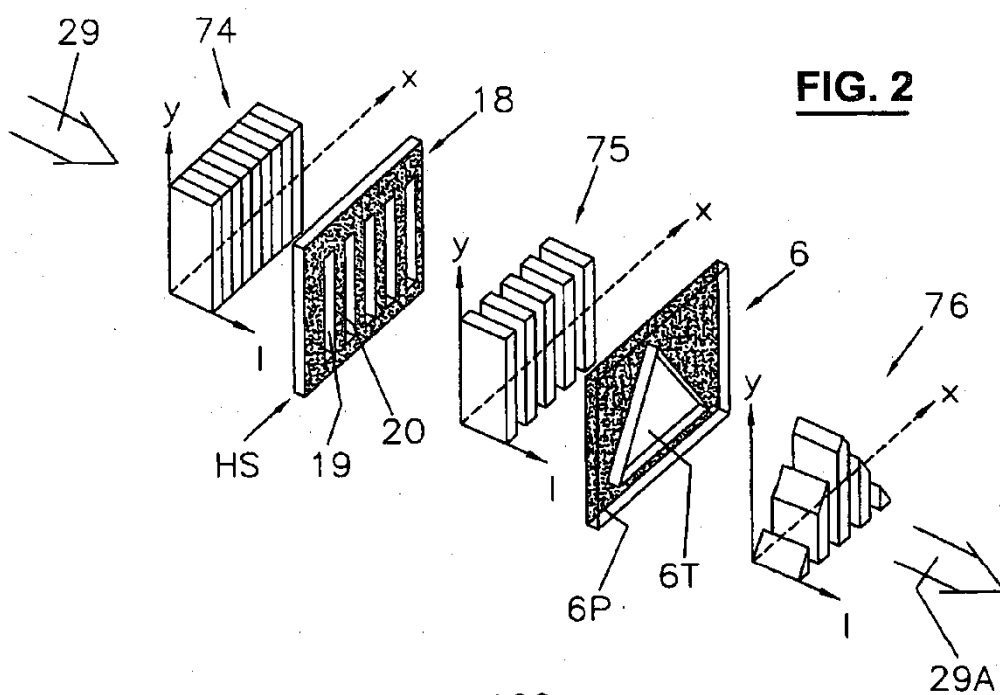


FIG. 4

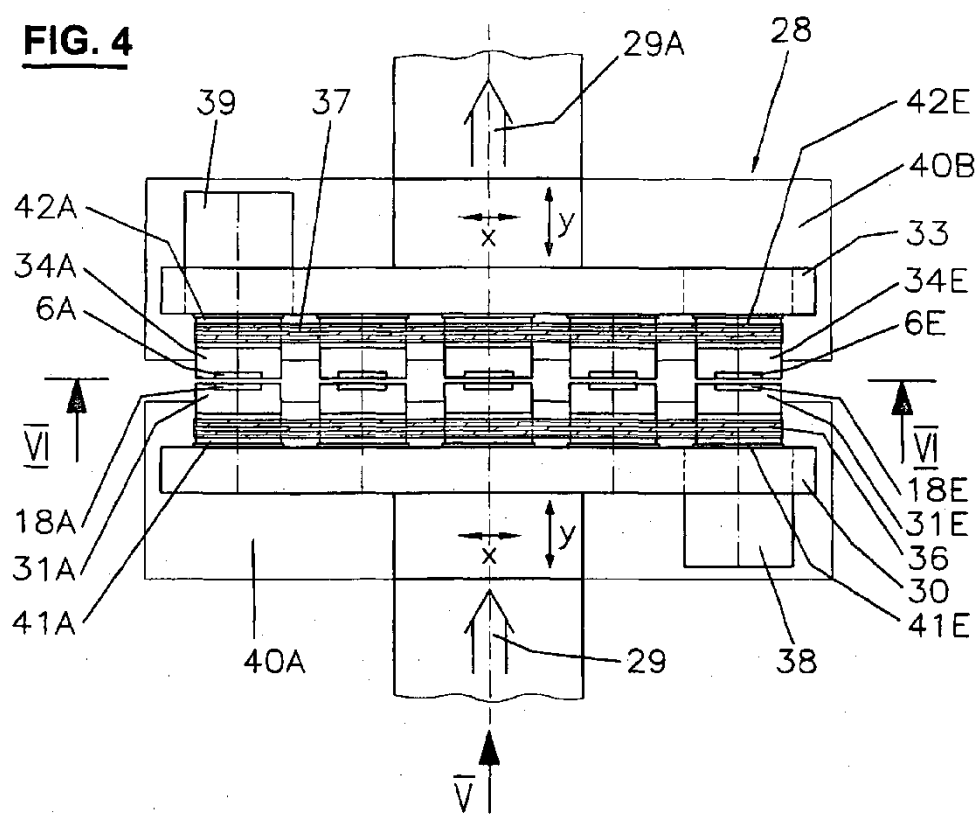


FIG. 5

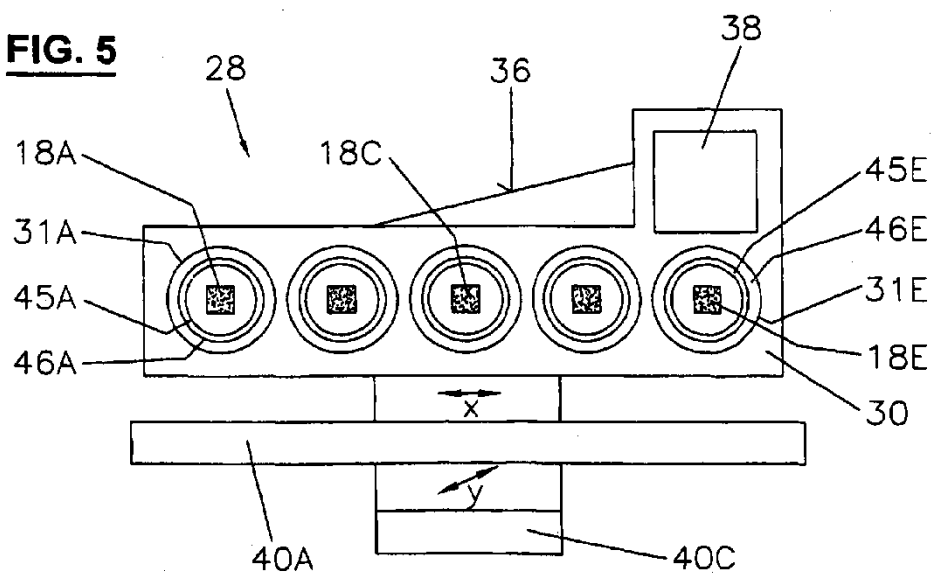


FIG. 6

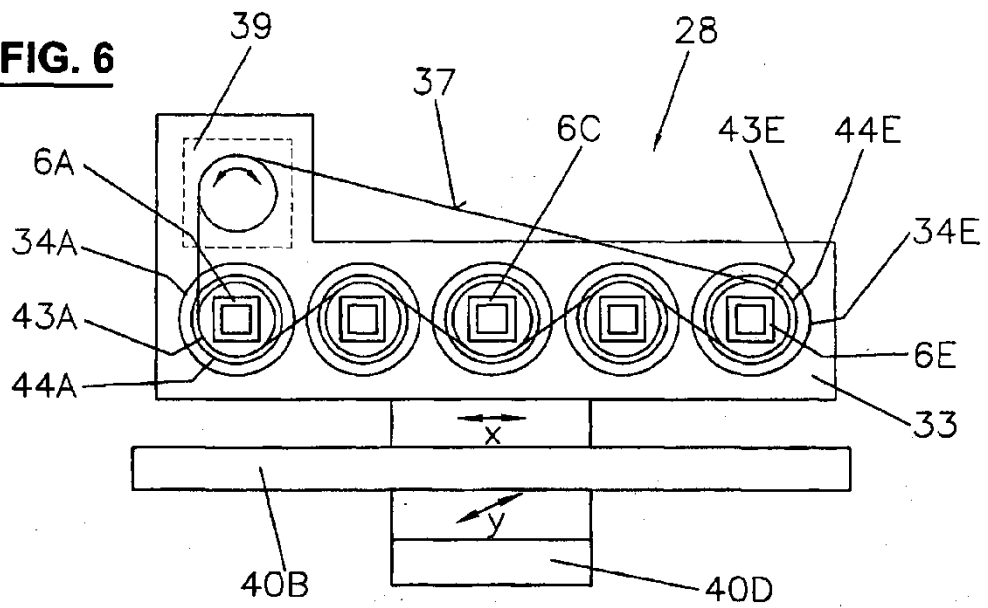


FIG. 7

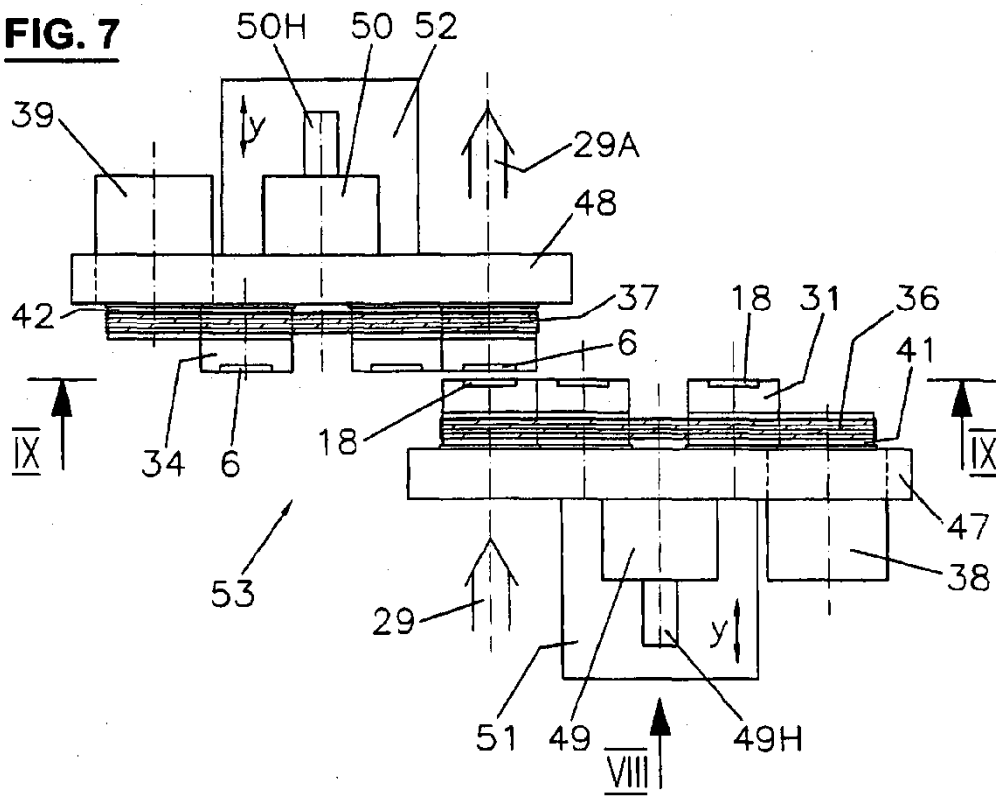


FIG. 8

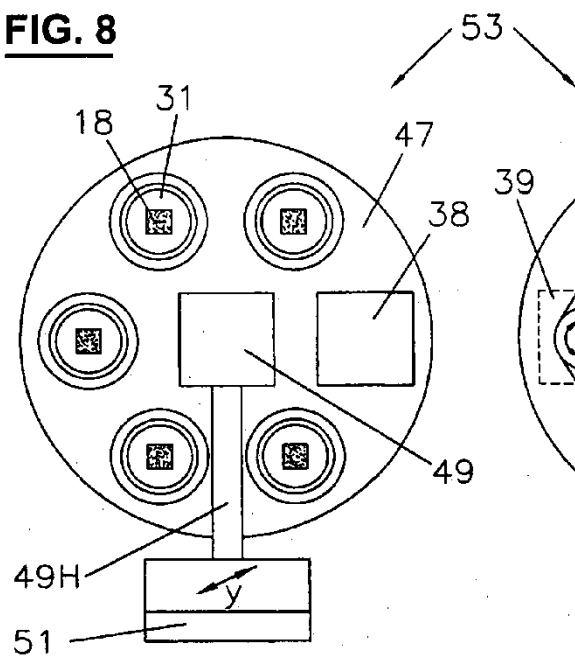


FIG. 9

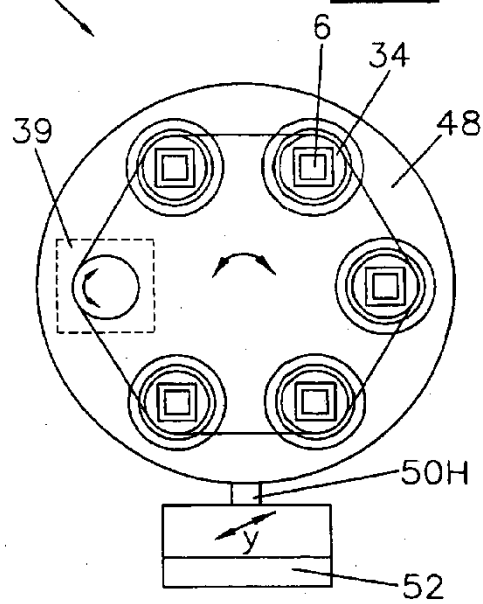


FIG. 10

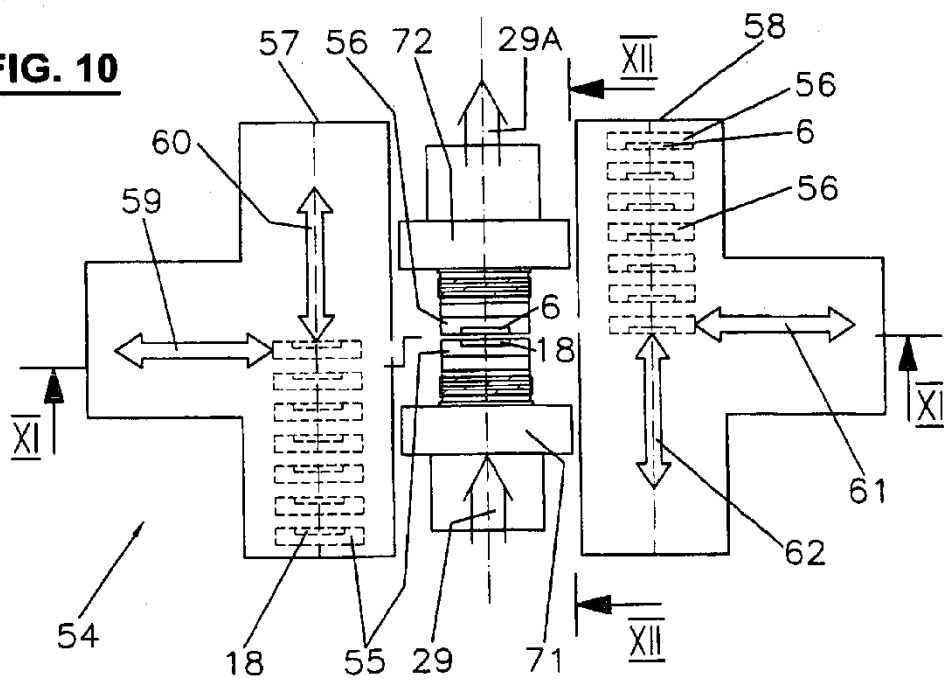


FIG. 11

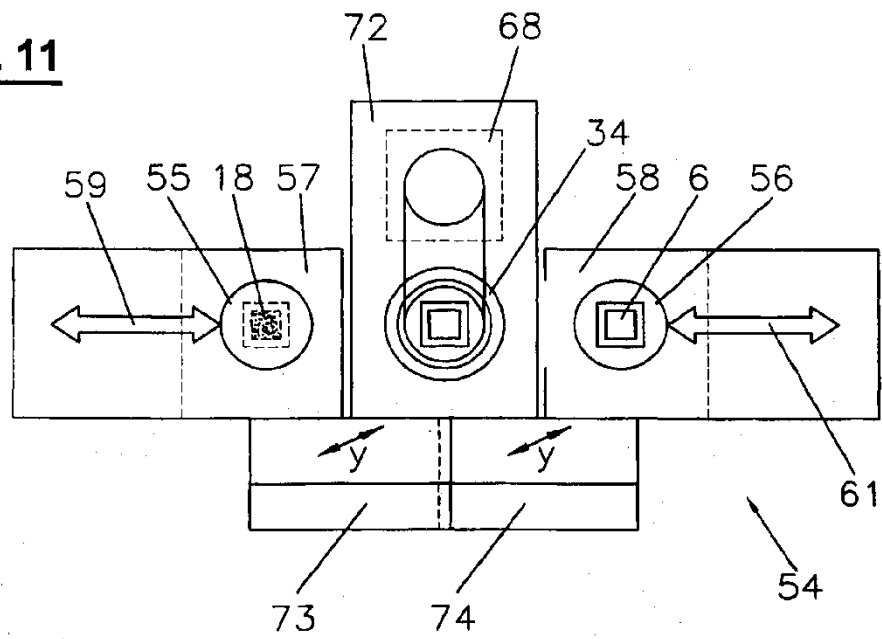


FIG. 12

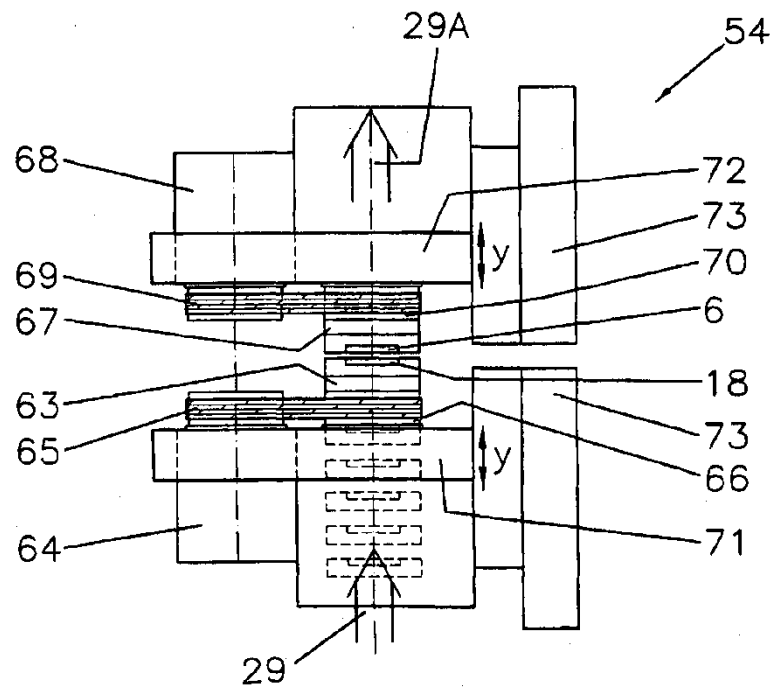


FIG. 13

