

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 703 385**

(51) Int. Cl.:

H01J 37/32 (2006.01)

H01L 21/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2009** PCT/EP2009/054463

(87) Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2009** WO09130148

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2009** E 09734820 (5)

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018** EP 2274763

(54) Título: **Procedimiento para fabricar piezas con superficie grabada por iones**

(30) Prioridad:

22.04.2008 US 46877 P

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

08.03.2019

(73) Titular/es:

**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,
PFÄFFIKON (100.0%)
Churerstrasse 120
8808 Pfäffikon SZ, CH**

(72) Inventor/es:

**KRASSNITZER, SIEGFRIED;
GSTOEHL, OLIVER y
ESSELBACH, MARKUS**

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 703 385 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 para fabricar piezas con superficie grabada por iones

5 La presente invención se refiere genéricamente al grabado de las superficies de piezas por impacto de iones, reduciendo así al menos la cantidad de material que se graba en dichas superficies para volver a depositarse en otras piezas de un lote de piezas o en otras áreas de la superficie de la misma pieza que está siendo grabada.

10 El documento WO 97/45857 divulga una reducción de la redeposición de productos de eliminación durante el grabado calentando uniformemente los sustratos completos.

El documento US 6,251,218 B1 divulga un aparato de grabado por haz de iones capaz de tratar múltiples sustratos con un alto rendimiento.

15 Definiciones

Por "grabado por impacto de iones" se entiende un proceso de grabado al vacío, en el que los iones inciden sobre una superficie a grabar para eliminar el material de la superficie por impacto.

20 De este modo, tal grabado puede realizarse prácticamente exclusivamente por impacto de iones, pero también puede realizarse activando adicionalmente un gas reactivo adyacente a la superficie de una pieza a grabar, de modo que dicho gas activado contribuya al proceso de grabado.

Ahora se definirá una "nube que comprende iones".

25 Se entiende por una nube que comprende iones un área de espacio limitada en el vacío, en la que hay una densidad de iones positivos que es mayor que en el vacío circundante. De este modo, se define el borde de dicha nube de iones como el lugar donde la densidad de iones se reduce al 50% de la densidad máxima de iones dentro de la nube.

30 Para establecer el borde de la nube de iones para que se ubique correctamente con respecto a las piezas a grabar y como se exemplificará más adelante, se puede introducir una o más de una pieza ficticia en el respectivo aparato de grabado y sumergirse en la nube que contiene iones. Después de un período de tiempo predeterminado, se retira la pieza ficticia y se verifica donde se alcanza el efecto de ataque químico del 50%, del efecto de grabado máximo en la pieza ficticia. De este modo, se encuentra el lugar del borde de la nube. De acuerdo con el resultado, la fuente para generar la nube y/o la posición de la pieza en relación con dicha fuente se ajusta de manera que resulte en el borde de la nube ubicada donde se desea.

Otra posibilidad para verificar dónde se ubica el borde en cuestión *in situ* es realizar mediciones tales como mediante las sondas de Langmuir.

40 La distribución de movimiento de los iones puede ser aleatoria. Este es el caso en una descarga de plasma alejada de los electrodos. Adyacente al electrodo que actúa como un cátodo, es decir, a través de la funda del cátodo, a menudo también llamado espacio oscuro del cátodo, los iones son atraídos hacia el cátodo por la diferencia de potencial eléctrico del potencial de plasma y el potencial del cátodo. Si una superficie sólida se sumerge en el plasma, 45 también se produce en la interfaz una funda y la superficie se expone a un ataque de iones de grabado incluso si se opera a un potencial flotante. La velocidad de grabado puede aumentarse polarizando dicha superficie en potencial negativo con respecto al potencial del plasma, es decir, en potencial catódico. En el caso de polarización, la distribución del movimiento de iones tiene una dirección preferencial hacia la superficie direccionada, sin dicha polarización, la distribución del movimiento es aleatoria.

50 La distribución del movimiento de iones dentro de una nube que comprende iones tiene una dirección pronunciada si la nube está presente como un haz de iones que consiste casi exclusivamente en iones como los que pueden generarse, por ejemplo, extrayendo iones con la ayuda de rejillas de un plasma remoto y acelerando tales iones en una dirección hacia una superficie que se va a grabar. La dirección de movimiento predominante de los iones en este tipo de nube se establece mediante la extracción y aceleración respectiva de los iones fuera del plasma hacia una superficie objetivo.

55 Para exemplificar mejor lo que debe entenderse bajo una nube que contiene iones en la presente descripción y las reivindicaciones, la Figura 1 muestra esquemáticamente una disposición para generar una nube en forma de haz que comprende iones que, en la práctica, consiste en iones. Como es perfectamente conocido por el experto en la materia, se genera en una cámara 5 de plasma, por ejemplo, con un cátodo 7 termoiónico 7 y la pared de la cámara 5 operada como un ánodo, introduciendo un gas noble, como Argón, una descarga de plasma PL. El plasma PL comprende electrones, así como iones positivos del gas noble. Por medio de una disposición de rejillas o diafragmas 9 de aceleración en el potencial eléctrico negativo alto con respecto a la pared de la cámara 5 de plasma, los iones positivos se extraen del plasma y se aceleran en una dirección D predominante. Se obtiene un haz B1 que está compuesto casi exclusivamente por iones I cuyo haz puede ser dirigido, por ejemplo, por medio de la atracción y repulsión electrostática

de las rejillas también a lo largo de una trayectoria curva hacia un objetivo 15 remoto. En este caso, la nube que comprende iones tiene una forma de haz pronunciada y los iones tienen una dirección de movimiento predominante.

5 En la Figura 2 se muestra esquemáticamente la generación de una nube que comprende iones que es un haz de plasma que contiene electrones, así como iones positivos. De este modo, como ejemplo, se proporciona de nuevo en una cámara de plasma un cátodo 11 termoiónico. La cámara 9 de plasma puede ser operada por lo tanto en potencial eléctricamente flotante. La cámara 9 de plasma puede por lo tanto ser operado en potencial de flotación eléctrica. Un

10 ánodo 13 coopera con el cátodo 11 para generar un haz de plasma B_{PL} . Una dirección D de movimiento predominante de iones en el plasma se establece mediante polarización del objetivo 15 en un potencial catódico, es decir, en una tensión de polarización negativa U_B para atraer iones fuera del plasma PL y repeler los electrones del plasma que no contribuyen al grabado objetivo. Sin embargo, quedan electrones en el haz B_{PL} incluso adyacente al objetivo 15. Por lo tanto, en este documento la nube que contiene iones es un haz de plasma en el que los iones tienen una dirección de movimiento predominante.

15 15 Un tercer modo de generar una nube que contiene iones se muestra en la Figura 14. Un ánodo coopera con una fuente de electrones, un cátodo 65 remoto. Los electrones ionizan un gas de trabajo justo en frente del ánodo 69 en un confinamiento 71 que se opera en un potencial flotante con respecto al ánodo 69 y la fuente 65 de electrones. El confinamiento da forma al plasma PL que emerge de allí. En el plasma los iones no tienen una dirección de movimiento predominante. Si una superficie de material sólido se sumerge en el plasma, a un potencial eléctrico flotante, la funda resultante en la interfaz plasma/sólido proporciona una aceleración de iones hacia la superficie sólida que ya es suficiente para el grabado de la superficie. Sin embargo, la nube que contiene iones en este caso no tiene por sí misma una dirección predominante del movimiento de iones. El efecto de grabado sobre la superficie sólida puede incrementarse aplicando un potencial eléctrico a la misma, un potencial de polarización, que es negativo con respecto al potencial de plasma del plasma PL .

En cuanto al grabado, el impacto de los iones es el responsable. Se puede observar que, en las tres categorías de nubes, B_I como en la Figura 1 y B_{PL} como en la Figura 2 y plasma PL como en la Figura 14, se graba una superficie objetivo.

30 30 Las Figuras 3 a 6 ejemplifican cómo se define el borde de una nube que contiene iones. La Figura 3 muestra esquemáticamente la distribución de densidad iónica ρ de una nube CL que comprende iones considerados en el plano transversal a través de la nube, por ejemplo, a lo largo del plano E de acuerdo con la Figura 2. En este caso, la nube es sustancialmente simétrica a un eje A_{CL} en la dirección Z que está centrada en un área central de densidad iónica máxima ρ_{\max} . La densidad de iones cae, por ejemplo, a 75 y 50% etc. de la densidad iónica máxima ρ_{\max} sustancialmente a lo largo de lugares circulares predeterminados. Se considera que el borde o límite de la nube en el lugar es 50% de ρ_{\max} .

40 La Figura 4 muestra la distribución cualitativa resultante de densidad iónica, $\rho (y)$.

45 45 En la Figura 5 se muestra en analogía con la Figura 3, de manera puramente cualitativamente, la distribución de densidad iónica de una nube CL que se alarga linealmente en una dirección, x , considerada en el plano transversal a través de la nube. En la Figura 6 se muestra la distribución de densidad en el plano z/y . El plano central de acuerdo con el plano x/z es el lugar central del área de densidad iónica máxima ρ_{\max} .

50 50 Se sabe perfectamente que cuando los iones impactan con una energía suficientemente alta en la superficie de un material, debido al impacto, el material se libera de dicha superficie hacia la atmósfera de vacío circundante, con una distribución de probabilidad espacial según el llamado "Ley del Coseno". Como se muestra esquemáticamente en la Figura 7, la probabilidad de material liberado en la atmósfera de vacío circundante depende de la dirección espacial 9, de acuerdo con la distribución W . Por lo tanto, todavía con un ojo en la Figura 7, si el material está grabado por iones en una superficie 1 de una pieza y está presente, como se muestra esquemáticamente en la Figura 7 una superficie 3, una cierta cantidad de material grabado desde la superficie 1 se volverá a depositar en la superficie 3. Esto es especialmente desventajoso si la superficie 3 es una superficie que también debe grabarse o, más genéricamente, es una superficie después de la cual no se deposita material grabado. Si la superficie 3 también es una superficie que debe ser grabada, entonces la eficiencia general del grabado se reduce significativamente por el hecho de que una parte del material grabado momentáneamente en una superficie se deposita nuevamente en otra área que ya ha sido grabada o que tendrá que ser grabada.

60 60 La presente invención aborda este problema de forma genérica para un lote de piezas a grabar por chisporroteo. En tal caso, la eficiencia de grabado general se reduce significativamente si el material grabado de una pieza se vuelve a depositar en otras piezas del lote.

65 Se propone un procedimiento para fabricar piezas, al menos una parte de la superficie de las piezas en cuestión que se graban, incluyendo el grabado por impacto iónico. La base de un carrusel puede girar sobre un eje del carrusel. A lo largo de la periferia y en la base del carrusel en cuestión, se proporcionan al menos dos soportes planetarios, cada uno de ellos giratorio sobre un eje planetario paralelo al eje del carrusel. Se genera una nube que comprende iones

que, considerado en un plano transversal perpendicular al carrusel y al eje planetario, tienen un eje central en un área central de densidad iónica máxima.

El eje central está dirigido de manera que se interseca con el eje del carrusel, todavía considerado en el plano transversal perpendicular al carrusel y los ejes planetarios. Se aplica al menos una pieza que se va a grabar en cada uno de los soportes planetarios, por lo que cada uno de los soportes planetarios se define por rotación alrededor de su eje planetario para un diámetro, aún considerado en el plano transversal en cuestión, con respecto a dicho eje planetario. Además, la nube que comprende iones tiene una densidad iónica que cae hasta el 50% de la densidad iónica máxima del haz a una distancia del eje central, que es como máximo la mitad de dicho diámetro en el lugar de la trayectoria de movimiento de los ejes planetarios. La base del carrusel, así como los soportes planetarios, se accionan en forma rotatoria alrededor de los ejes respectivos y las piezas respectivas se graban al moverse hacia y a través de la nube en cuestión.

Proporcionar un lote de piezas como, por ejemplo, herramientas de corte o, especialmente, piezas para la industria automotriz, tales como balancines, agujas del inyector, pistones de control, pasadores de pistón, seguidores de leva, émbolos, rodillos y zapatas, etc., soportados en una disposición de carrusel/soporte planetario para el tratamiento a vacío, son ampliamente conocidos.

Mediante el procedimiento abordado, se evita sustancialmente que el material que se grabe momentáneamente a partir de piezas en un soporte planetario se vuelva a depositar en piezas en otro soporte planetario. Además, el grabado de las superficies de piezas de forma compleja, por ejemplo, superficies cóncavas, se mejora significativamente.

En una realización del procedimiento abordado en el que los soportes planetarios se extienden en la dirección de sus ejes, la nube se genera de forma sustancialmente lineal extendida en una dirección paralela a los ejes planetarios. De este modo, se genera una nube en forma de lámina que define un plano central que comprende el eje del carrusel.

En una realización adicional, las piezas se aplican de forma excéntrica con respecto al eje planetario respectivo y preferiblemente se giran cada una, alrededor de un eje de la pieza. Esto último se realiza si la superficie de la pieza a grabar se extiende alrededor de las piezas.

En una realización adicional, la redeposición de material grabado momentáneamente de las piezas en otras piezas se evita adicionalmente al proteger mutuamente las piezas.

En una realización adicional, el enfoque o la concentración del grabado en cuestión en una pieza se incrementa aún más aplicando selectivamente un mayor voltaje de polarización negativo a las piezas que se graban momentáneamente que a las piezas que no están grabadas momentáneamente.

En una realización adicional, la generación de la nube comprende conformar la nube mediante un diafragma. Esto se hace de una de las siguientes maneras, a saber, a través de un diafragma metálico eléctricamente flotante o a través de un diafragma dieléctrico o a través de un diafragma que funciona como un ánodo.

Si el diafragma metálico se opera en un potencial eléctrico flotante, esto es relativo al potencial eléctrico de la nube. Si la nube es un plasma, entonces o bien el potencial de plasma se une a un potencial de referencia al seleccionar el potencial de un ánodo o de un cátodo para que la generación de plasma sea un potencial de referencia, por ejemplo, el potencial de tierra, y el potencial del diafragma está flotando, o el diafragma se opera sobre un potencial de referencia y el potencial de plasma está flotando, al operar ni el cátodo ni el ánodo para la generación de plasma en un potencial de referencia.

Un diafragma operado como un ánodo y, por lo tanto, sobre un potencial eléctrico positivo actúa como un elemento de enfoque en la nube con respecto a sus iones que son eléctricamente positivos.

En una realización adicional, la generación de la nube comprende la aplicación de un campo magnético a lo largo de la nube.

En una realización, la nube se genera como un plasma, conteniendo así los iones de grabado en cuestión, así como los electrones. Es especialmente importante en este caso que la aplicación a las piezas en las que se está grabando un potencial de polarización negativa tenga una ventaja significativa, ya que al hacerlo, los iones de grabado positivo son atraídos por una parte y los electrones son repelidos, evitando así el calentamiento de las piezas por la corriente de electrones.

Además, en una realización, la densidad iónica de la nube está aún más restringida a un área pequeña específica seleccionando la distancia en cuestión a la cual la densidad iónica cae al 50% ρ_{\max} para que sea como máximo un cuarto del diámetro en cuestión.

Se propone además un aparato de grabado de nubes de iones que comprende una base de carrusel que puede girar alrededor de un eje del carrusel. El aparato comprende además al menos dos soportes planetarios que están montados de manera que puedan girar en forma adyacente a la periferia de y en la base del carrusel y que pueden girar alrededor de los respectivos ejes planetarios que son paralelos al eje del carrusel.

5 Cada uno de los soportes planetarios se define para un diámetro con respecto a su eje planetario.

10 Además, se proporciona una fuente que genera una nube que comprende iones que, considerada en un plano transversal perpendicular al carrusel y los ejes planetarios, un eje central que se interseca, aún en el plano en cuestión, el eje del carrusel. El eje de la nube se define en el centro de un área de densidad iónica máxima considerada en el plano en cuestión.

15 Cada uno de al menos dos soportes planetarios comprende al menos un soporte de pieza para una pieza. La nube que comprende iones tiene una densidad iónica que cae hasta el 50% de la densidad iónica máxima de la nube a una distancia del eje del haz, que es como máximo el 50% del diámetro de los soportes planetarios considerados en el plano transversal en cuestión y en el lugar de la trayectoria de movimiento de los ejes planetarios alrededor del eje del carrusel.

20 En una realización del aparato en cuestión, la nube que comprende iones se extiende sustancialmente linealmente en dirección paralela a los ejes planetarios.

25 En una realización adicional del aparato, cada uno de los soportes planetarios comprende soportes de pieza adyacentes a su periferia, cuyos soportes son preferiblemente giratorios sobre un eje de soporte respectivo.

30 35 Todavía en una realización adicional de acuerdo con la invención, el aparato comprende un escudo entre soportes planetarios vecinos que es estacionario con respecto a la base del carrusel y que se extiende radialmente con respecto al eje del carrusel. Por dicho escudo, la redeposición del material momentáneamente grabado de las piezas en uno de los soportes planetarios sobre piezas en otros soportes planetarios vecinos, se reduce adicionalmente.

40 45 El escudo en cuestión, ya sea entre soportes planetarios vecinos y/o entre soportes de piezas en los soportes planetarios, están en una realización hecha de metal y operados de forma eléctricamente flotante o son de material dieléctrico.

50 Si en los soportes planetarios se proporcionan soportes para piezas como se abordó anteriormente, en una realización adicional se proporcionan elementos de blindaje alrededor de cada uno de los soportes de piezas, teniendo cada uno de dichos elementos de blindaje una abertura que se dirige radialmente hacia afuera con respecto al eje del carrusel.

55 De nuevo, los elementos de blindaje en cuestión recién mencionados alrededor de los soportes planetarios y/o los soportes de la pieza están, en una realización, hechos de metal y operados de forma eléctricamente flotante o están hechos de un material dieléctrico.

60 En una realización adicional, se proporciona un suministro eléctrico para polarizar los soportes de la pieza a fin de atraer los iones del haz.

65 En una realización adicional, se proporciona una unidad de control de polarización que controla la polarización que se acaba de abordar para ser mayor cuando uno de los respectivos soportes de la pieza se sumerge en la nube que cuando dicho soporte no se sumerge en la nube.

Todavía en una realización adicional, se proporciona un diafragma a lo largo de la nube que es un diafragma metálico eléctricamente flotante o un diafragma de material dieléctrico o que funciona como un ánodo. Con respecto al funcionamiento de dicho diafragma en el potencial eléctrico flotante, se hace referencia a la explicación de este tema como se indicó anteriormente.

Todavía en una realización adicional, se proporciona una disposición de bobina, que genera un campo magnético de enfoque a lo largo de la nube.

5 Todavía en una realización adicional, la fuente que genera la nube que comprende iones es una fuente de plasma y la nube es un plasma.

10 Debido a la presente invención siempre que se trate de lotes de piezas, por ejemplo, de un tipo como se mencionó anteriormente, están grabados en una disposición de carrusel/soporte planetario, se evita la redeposición o al menos se reduce sustancialmente.

10 La presente invención se ejemplificará adicionalmente con la ayuda de figuras.

Las figuras muestran:

15 Figura 1: puramente esquemáticamente y simplificada, una fuente para generar una nube que comprende iones que prácticamente consiste en iones como un tipo de dicha nube;

20 Figura 2: en una representación en analogía con aquella de la Figura 1, una fuente que genera un haz de plasma como un tipo adicional de una nube que comprende iones;

25 Figura 3: esquemática y cualitativamente, una distribución de densidad iónica en una nube centralmente simétrica que comprende iones;

30 Figura 4: la distribución de la densidad iónica en cuestión en una representación a lo largo de una dirección transversal a través de la nube;

35 Figura 5: en una representación en analogía con aquella de la Figura 3, la distribución de densidad iónica en una nube extendida linealmente y

40 Figura 6: en analogía a la representación de la Figura 4, la distribución de densidad de iones en la nube de acuerdo con la Figura 5;

45 Figura 7: en una representación esquemática, el efecto del chisporroteo de la ley del coseno que muestra el problema de redeposición resultante;

50 Figura 8: en una representación simplificada y esquemática, una primera realización de acuerdo con la presente invención;

55 Figura 9: todavía esquemáticamente y simplificada, una vista lateral de la realización de acuerdo con la Figura 8;

60 Figura 10: en una representación de acuerdo con aquella de la Figura 8, medidas adicionales para minimizar la redeposición de grabado en los soportes planetarios vecinos de la disposición de carrusel/planetaria como la de la Figura 8;

65 Figura 11: partiendo de una realización como se muestra en la Figura 8, que también se puede combinar con la realización de la Figura 10, una realización adicional con medidas adicionales para evitar además la redeposición mediante la polarización controlada de la pieza;

70 Figura 12: todavía partiendo de una realización de acuerdo con la Figura 8 y posiblemente combinado con la realización de la Figura 10 y/o de la Figura 11, medidas adicionales para prevenir la redeposición mediante blindaje protector;

75 Figura 13: en una representación en analogía con aquella de la Figura 8, una disposición en la que se proporcionan soportes de pieza que pueden moverse de forma giratoria en los respectivos soportes planetarios y con medidas para reducir la redeposición, que pueden aplicarse por separado o en combinación;

80 Figura 14: puramente esquemáticamente, una fuente de plasma tal como se aplica hoy en día para practicar la presente invención y con base en una fuente de plasma como se divulga en el documento PCT/EP2006/067869, y el plasma generado es un tipo adicional de nube que comprende iones, y

85 Figura 15: esquemáticamente, una disposición de acuerdo con la Figura 14 para el grabado de piezas con superficies complejas.

90 En la Figura 8 se muestra esquemáticamente una primera realización de un aparato para el grabado por lotes de piezas de acuerdo con la presente invención. Se proporciona en una cámara de vacío (no mostrada) un carrusel 19 que tiene una base 20 de carrusel. Este último puede moverse de forma giratoria alrededor de un eje de carrusel A₂₀.

Adyacente a la periferia de la base 20 del carrusel se proporcionan al menos dos, de acuerdo con la Figura 8, por ejemplo, ocho, soportes 22 planetarios del carrusel 19, cada uno de los cuales puede moverse en forma giratoria alrededor de un eje planetario A_{22} , que está montado en la base 20 del carrusel. Fuera del carrusel 19 se proporciona una fuente 24 que genera una nube CL que comprende iones. Teniendo en cuenta lo que entendemos bajo una "nube que comprende iones" y como se definió en contexto con las Figuras 1 y 2 y 14, cualquier fuente para tal nube puede usarse como fuente 24, por lo que, por ejemplo, fuentes de cátodos huecos, fuentes de iones de emisión térmica, fuentes de evaporación de arco o fuentes de iones, por ejemplo, como las disponibles comercialmente a través del Fa. Veeco.

5 Una fuente 24 tal como se aplica hoy para realizar la presente invención se describirá más adelante con más detalle en el contexto de la Figura 14.

10 La fuente 24 genera una nube CL que, considerada en el plano transversal del dibujo de acuerdo con la Figura 8 y, por lo tanto, en un plano perpendicular al eje A_{20} del carrusel, así como a los ejes planetarios A_{22} , un A_{CL} del eje central que intersecta el eje planetario A_{20} y, por lo tanto, todavía se considera en el plano en cuestión, alineado radialmente con el eje en cuestión.

15 Cada uno de los soportes 22 planetarios se define por rotación para un diámetro Φ con respecto a su eje planetario A_{22} . La nube CL generada por la fuente 24 tiene un perfil de densidad iónica en el lugar de la trayectoria de movimiento T de los ejes planetarios A_{22} , que cae al 50% de la densidad iónica máxima $\rho_{máx}$ a una distancia del eje central A_{CL} que está a lo sumo $\Phi/2$ e incluso preferiblemente $\Phi/4$. Por lo tanto, cuando uno de los soportes 22 planetarios se alinea con el eje central A_{CL} de la nube CL considerada en el plano transversal en cuestión, sus áreas más externas con respecto al eje A_{22} y perpendiculares al eje central A_{CL} , están expuestas a una densidad iónica que es como máximo el 50% de la densidad iónica máxima $\rho_{máx}$ de la nube CL. De este modo, el grabado predominante se realiza mediante iones de la nube CL que impactan en el área de la superficie de los soportes planetarios que son perpendiculares al eje central A_{CL} . El material grabado en esa área no se vuelve a depositar en los soportes planetarios vecinos, sino que se expulsa hacia la pared de la cámara de vacío (no se muestra). Los iones que salen de la nube que golpean el soporte 22 planetario lateralmente separados del eje central A_{CL} , por un lado, tienen una menor eficiencia de grabado y son de densidad reducida, p, por lo que, además, considerando la distribución de coseno W de la Figura 7, solo pequeñas cantidades de material grabado se volverán a depositar en los soportes 22 planetarios vecinos.

20 En la Figura 9 se muestra esquemáticamente la disposición de la Figura 8 en una vista lateral. Las consideraciones con respecto al grabado y la redeposición, como se han discutido hasta ahora, son especialmente válidas si se proporciona en el soporte 22 planetario una pieza sustancialmente cilíndrica como se muestra esquemáticamente en 24 de la Figura 9 o una multitud de piezas que se agrupan a lo largo de una superficie cilíndrica sobre los soportes 22 planetarios y que solo deben grabarse en las áreas de la superficie que apuntan radialmente hacia afuera con respecto al eje A_{22} .

25 Una mejora adicional con respecto a prevenir la redeposición de material grabado en las piezas del lote se logra mediante la realización de acuerdo con la Figura 10. A partir de la Figura 8, es evidente que la redeposición restante se hará más acentuada cuanto más cerca de los soportes 22 planetarios se dispongan mutuamente a lo largo de la periferia de la base 20 del carrusel. Por lo tanto, se debe mantener un espacio entre los soportes 22 planetarios vecinos en la realización de la Figura 8 que concuerda al menos con el diámetro Φ como se muestra esquemáticamente en la 30 Figura 8. Para permitir reducir dicho espacio sin aumentar la redeposición, de acuerdo con la Figura 10 en una realización los soportes planetarios vecinos están mutuamente protegidos. Dicho blindaje se realiza mediante placas 35 26 de blindaje que se montan radialmente con respecto al eje A_{20} del carrusel en la base 20 del carrusel. Estos elementos 26 de blindaje, mostrados en la línea de puntos también en la Figura 9, puede hacerse de forma reemplazable fija en la base 20 del carrusel para que se pueda reemplazar fácilmente cuando una cantidad predeterminada de material se haya vuelto a depositar en el mismo.

40 Como se ha explicado, una nube que comprende iones puede realizarse mediante un plasma, desde el cual los iones de grabado se atraen sobre la superficie para ser grabados al polarizar negativamente la pieza. Sin embargo, la 45 polarización negativa de la pieza puede agregarse genéricamente a la energía de los iones del haz, pero dicha polarización se debe realizar especialmente cuando se explota un plasma. Por ejemplo, observando la Figura 8 cuanto más forme un haz o se enfoque la nube CL al impactar en un soporte 22 planetario, el material menos grabado se volverá a depositar en las piezas transportadas en los soportes 22 planetarios vecinos. Además, como ya se mencionó 50 observando la Figura 8 sin mediciones adicionales, la distancia azimutal mutua entre los soportes 22 planetarios vecinos no debe ser menor que una distancia de acuerdo con el diámetro Φ de los accionadores planetarios. Esto 55 para evitar que cada vez que la nube CL transite entre dos soportes planetarios vecinos, las piezas soportadas en ellas se graben sustancialmente de forma simultánea, lo que lleva a que el material grabado se vuelva a depositar de forma transversal. Por lo tanto, en una realización adicional, y especialmente cuando se realiza la nube como un plasma, las piezas en los soportes planetarios solo se polarizan en un potencial eléctrico negativo para atraer los iones de grabado cuando un soporte planetario está ubicado justo en frente del plasma. De este modo, se proporciona un 60 suministro de polarización controlada para las piezas, por el cual solo las piezas se suministran con una tensión de polarización que se sumerge en la nube CL. Dicha realización se muestra en la Figura 11 en una representación 65

esquemática y simplificada. Una fuente 30 de suministro de polarización tiene un contacto 32 que es estacionario en una posición orientada hacia la fuente 24. Cada uno de los soportes 22 planetarios tiene un contacto 34 planetario que es estacionario con respecto a la base 20 del carrusel. A partir de los contactos 34 planetarios se establece una conexión eléctrica (no mostrada) por ejemplo a través del eje A₂₂ planetario a los soportes de pieza provistos en los soportes 22 planetarios. Los contactos 34 planetarios se contactan eléctricamente con el contacto m32 de la fuente de polarización estacionaria solamente cuando el respectivo soporte 22 planetario está alineado con el plasma PL. Por lo tanto y como se muestra en la línea de puntos en la Figura 11 en 32' dimensionando apropiadamente la extensión azimutal de uno o de ambos contactos 34 y 32, se puede hacer un control durante el cual el ángulo de movimiento de los soportes 22 planetarios se suministrará voltaje de polarización a las piezas. En la Figura 11, dicho ángulo de rotación de la base 20 del carrusel durante el cual se suministra un soporte 22 planetario respectivo con el voltaje de polarización de la fuente 30 de polarización se aborda mediante α .

Por lo tanto, el interruptor que se establece por el contacto 32 por un lado y 34 por la otra de acuerdo con la Figura 11 establece un suministro de polarización controlada para las piezas transportadas en los soportes 22 planetarios.

Volviendo a la técnica de blindaje que se ha ejemplificado con la ayuda de la Figura 10, la Figura 12 muestra una realización adicional. Considerando que las placas 26 de blindaje a partir de la Figura 10 se proporcionan más bien como escudos de captura de material, los escudos como se ejemplifica en la Figura 12 pueden considerarse más bien como escudos protectores de piezas o soportes planetarios. En la base 20 del carrusel hay montado para cada uno de los soportes 22 planetarios un escudo 36 protector que rodea al soporte 22 planetario respectivo que tiene una abertura 38 de ranura que apunta radialmente hacia afuera del carrusel 20 con respecto al eje del carrusel A₂₀. De este modo, los soportes 22 planetarios se accionan de forma giratoria alrededor de sus ejes A₂₂ dentro del escudo 36 protector que lo rodea. Estos escudos también pueden hacerse fácilmente intercambiables en la base 20 del carrusel para actuar como una parte de reemplazo. Además, estos escudos 36 protectores pueden actuar, con respecto a la nube que contiene iones (no se muestra en la Figura 12), como un diafragma por su abertura 38, concentrando la interacción iónica de la nube con las piezas en los soportes 22 planetarios en un área de superficie determinada.

Los escudos 36 están hechos de metal y operados eléctricamente de manera flotante o están hechos de un material dieléctrico. Además, y en vista de sus aberturas 38 formadoras de diafragma, también es posible, especialmente cuando se usa un plasma como una nube que contiene iones, operar los escudos 36 protectores en cuestión en un potencial eléctrico positivo, es decir, como un ánodo para mejorar el enfoque de los iones a través de la abertura 38. De este modo y como se muestra en la Figura 12 a 40, el área del borde de la abertura 38 en cuestión se puede adaptar en una forma que aumenta adicionalmente su efecto de enfoque. La polarización de los escudos 36 protectores en cuestión se muestra esquemáticamente en la Figura 12 mediante la fuente 42 de polarización.

La provisión de los escudos 36 protectores sí permite, de manera similar a como se abordó en contexto con la técnica de apantallamiento de la Figura 10, reducir el espaciamiento de los soportes 22 planetarios vecinos muy por debajo de la distancia Φ como se abordó en el contexto de la realización de la Figura 8.

Hasta ahora, se ha discutido la presente invención siempre que se proporciona en los respectivos soportes 22 planetarios una pieza única que es sustancialmente cilíndrica y se soporta coaxialmente con el eje planetario A₂₂ respectivo o una multitud de piezas que están dispuestas a lo largo de una superficie cilíndrica con respecto al eje planetario A₂₂, donde solo se graban las superficies que apuntan radialmente hacia afuera con respecto a los respectivos ejes planetarios A₂₂.

Con frecuencia, las piezas tienen que estar grabadas por todas partes y, por lo tanto, son perfectamente conocidas por los expertos en la técnica suspendidas por su propia rotación en los respectivos soportes planetarios.

Un soporte 22a planetario para este propósito se muestra esquemáticamente en la Figura 13. De este modo, los soportes 22 planetarios que pueden moverse de forma giratoria alrededor sus ejes planetarios A_{22a}, están provistos de soportes 44 para piezas agrupados adyacentes a lo largo de la periferia de los soportes A_{22a} planetarios. Cada uno de los soportes 44 de piezas, provisto para transportar una pieza tal como, por ejemplo, una herramienta de corte, puede moverse de forma giratoria sobre un eje A₄₄ de soporte de la pieza.

Con el fin de evitar la redeposición del material grabado por el ion que contiene la nube CL en las piezas que se apoyan en soportes planetarios vecinos (no mostrados en la Figura 13), todas las medidas que se han discutido hasta ahora en contexto con Figuras 8-12 también se pueden aplicar para tal realización. Adicionalmente, y para evitar la redeposición de material grabado de una pieza en un soporte 44 de pieza en piezas en soportes 44 vecinos en un mismo soporte 22a planetario, la distribución de densidad iónica de la nube CL puede limitarse aún más al límite de densidad del 50% como se ejemplificó en contexto con las Figuras 3-6, así como en la Figura 8 en una distancia tan pequeña como Φ_{44} de acuerdo con el diámetro del soporte 44 de pieza o de una pieza apoyada sobre el mismo respectivamente. Además, las medidas de apantallamiento y control de polarización que se discutieron hasta ahora se pueden aplicar en los soportes 22a planetarios en lugar o además de tales medidas aplicadas a la base 20 del carrusel que se discutieron en contexto con las Figuras 8-12. De este modo, en la Figura 13 se muestra aplicando placas 46 colectoras de apantallamiento, en analogía con las placas 26 protectoras de la Figura 10 y/o de una polarización 50 controlada en analogía con la polarización controlada como se ejemplificó con la ayuda de la Figura

11 y/o de escudos 56 protectores en analogía con tales escudos 36 como se ejemplificaron con la ayuda de la Figura 12.

5 Como se muestra adicionalmente en la Figura 8 en una realización adicional que puede combinarse con cualquiera de las otras realizaciones ejemplificadas hasta ahora, se proporciona a lo largo del eje central A_{CL} , una disposición 58 de bobina que genera un campo magnético de enfoque H a lo largo de la nube CL que contiene iones.

10 Una fuente de nube de iones en la que se basa una fuente utilizada hoy en día para llevar a cabo la presente invención se divulga en detalle en la solicitud PCT, PCT/EP2006/067869 del mismo solicitante, presentada el 27 de octubre de 2006 y no publicada cuando la presente solicitud fue presentada por primera vez, lo que concuerda con la solicitud de Estados Unidos No. 11/870 119, presentada el 10 de octubre de 2007 y que se incorporan en la presente descripción por referencia. Ahora se presentará un resumen de cómo se concibe la fuente de nube en cuestión con la ayuda de la Figura 14. Por lo tanto, debe indicarse que la diferencia esencial de la fuente de acuerdo con las solicitudes PCT/US para la fuente de nube de iones aplicada para la práctica de la presente invención es que el confinamiento para la práctica de la presente invención y en oposición al confinamiento como se divulga en las solicitudes PCT/US en cuestión tienen un diafragma u orificio que restringe el plasma generado.

15 De acuerdo con la Figura 14 se proporciona en una cámara 60 de vacío que se evaca mediante una disposición 63 de bombeo, un cátodo 65 de fuente de electrones y una disposición 67 de ánodo. La disposición 67 de ánodo comprende un electrodo 69 de ánodo y un confinamiento 71. El confinamiento tiene, para operar la presente invención, un orificio o diafragma 72 que apunta hacia el espacio de reacción R dentro de la cámara 60 de vacío. El confinamiento 71 se define para un espacio interior. El ánodo 69 provisto dentro del espacio interior del confinamiento 71 con el diafragma 72 está eléctricamente aislado del confinamiento 71. El confinamiento 71 está hecho de un metal y/o de material dieléctrico, por lo que en una realización al menos la superficie interna del confinamiento 71 es de metal. El confinamiento 71 se opera en un potencial eléctrico flotante con respecto al potencial plasmático del plasma PL, como se describió anteriormente. Para un control adicional, el confinamiento 71 puede operarse en un potencial eléctrico predeterminado o ajustable con respecto a la pared de la cámara 1 de vacío. El cátodo 65 de la fuente de electrones y el electrodo 69 del ánodo son alimentados eléctricamente por una fuente 79 de poder que genera una señal que comprende un componente de CC o que consiste en un componente de CC con una polaridad como se muestra en la Figura 14. Los electrones generados por el cátodo 65 de la fuente de electrones son impulsados por el campo eléctrico desde la superficie emisora del cátodo 65 de la fuente de electrones hacia el electrodo 69 del ánodo. Debido al confinamiento 71 que se opera en un potencial eléctrico que es diferente del potencial eléctrico del electrodo 69 del ánodo, en cualquier caso, produce una mayor densidad de electrones dentro del confinamiento 71 y adyacente a su diafragma 72. Un gas de trabajo, por ejemplo, argón, criptón o xenón o una mezcla de los mismos, se introducen en la cámara 60 de vacío y se ionizan por impacto de electrones. Debido al aumento de la densidad de electrones en el confinamiento 71 y adyacente a su diafragma 72, el área tratada produce un aumento de la tasa de ionización del gas de trabajo y, si se aplica, un aumento de la activación de un gas reactivo. Las piezas que se apoyan en los soportes 22 o 22a planetarios en la base 20 del carrusel pasan adyacentes al diafragma 72 y están expuestas al grabado con el plasma PL de alta densidad que se concentra en el área limitada como se discutió hasta ahora con la ayuda del diafragma 72. Todas las medidas que se discutieron hasta ahora pueden aplicarse por separado o en combinación a la disposición de la Figura 14 que simplemente divulgará una fuente de plasma que se utiliza hoy en día para practicar la presente invención. El cátodo 65 de la fuente de electrones puede por lo tanto ser, por ejemplo, un cátodo emisor de electrones termiónico o un cátodo de descarga de arco.

20 45 La Figura 15 muestra una disposición de acuerdo con la presente invención que hace uso esquemáticamente de una fuente de nube como se ejemplificó con la ayuda de la Figura 14, para el grabado de superficies complejas, especialmente cóncavas de las piezas 23, por ejemplo, las llamados zapatas.

25 50 Mediante la presente invención, se evita la redeposición de material que ha sido grabado a partir de las superficies de la pieza por impacto de iones sobre superficies en las que no se desea dicha redeposición, especialmente en las superficies de la pieza que deben mantenerse limpias o que también deben grabarse, se evita limitando respectivamente una nube que contiene iones de grabado, aplicando elementos de blindaje y/o polarización seleccionada a las piezas. De este modo, la eficiencia neta de grabado aumenta significativamente.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para fabricar piezas, estando al menos una parte de la superficie de dichas piezas grabada, incluyendo el grabado por impacto de iones, que comprende:

5 • proporcionar una base (20) de carrusel que puede moverse de forma giratoria alrededor de un eje de carrusel (A₂₀);

10 • proporcionar a lo largo de la periferia de y sobre dicha base (20) de carrusel al menos dos soportes (22; 22a) planetarios, cada uno que puede moverse de forma giratoria alrededor de un eje planetario (A₂₂; A_{22a}) paralelo a dicho eje de carrusel;

15 • generar una nube (CL; B_i; B_{PL}; PL) que comprenda iones y que tenga, considerado en un plano transversal perpendicular a dicho carrusel y dichos ejes planetarios, un eje central (A_{CL}) en el centro de un área de densidad iónica máxima (ρ_{\max});

20 • dirigir dicho eje central de manera que se intersecte con dicho eje de carrusel, considerado en dicho plano de sección transversal;

25 • aplicar al menos una pieza a grabar en cada uno de dichos soportes planetarios, definido cada uno de dichos soportes planetarios por rotación alrededor de su eje planetario para un diámetro (Φ) con respecto a dicho eje planetario;

30 • establecer dicha nube que comprende iones que tiene una densidad iónica (ρ) que cae al 50% de la densidad iónica máxima de dicha nube a una distancia de dicho eje central que es como máximo igual al 50% de dicho diámetro, considerado en dicho plano de sección transversal, y en el lugar de la trayectoria del movimiento (T) de dichos ejes planetarios, para evitar que el material, que se grabe momentáneamente de las piezas en uno de dichos soportes planetarios, se vuelva a depositar en las piezas de otro de dichos soportes planetarios;

35 • rotar dicha base de carrusel en dichos soportes planetarios alrededor de dichos ejes respectivos;

40 • grabar las piezas a medida que se mueven dentro y a través de dicha nube.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha nube se genera sustancialmente linealmente extendida en una dirección paralela a los ejes planetarios.

35 3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, que comprende aplicar dichas piezas de forma excéntrica con respecto al eje planetario respectivo y preferiblemente rotar cada pieza alrededor de un eje de la pieza.

40 4. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además prevenir adicionalmente la redeposición del material grabado momentáneamente de dichas piezas a otras de dichas piezas mediante blindaje mutuo.

45 5. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además concentrar adicionalmente dicho grabado aplicando selectivamente un mayor voltaje de polarización negativo a una o más de una pieza que se está grabando momentáneamente que a piezas que no están siendo grabadas.

50 6. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 5, comprendiendo dicha generación conformar dicha nube mediante un diafragma (72) de una de las siguientes maneras, a saber, a través de un diafragma metálico eléctricamente flotante o a través de un diafragma dieléctrico o a través de un diafragma de ánodo.

55 7. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 6, comprendiendo dicha generación la aplicación de un campo magnético a lo largo de dicha nube.

60 8. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 7, que genera dicha nube como un plasma.

55 9. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 8, siendo dicha distancia a lo sumo igual a un cuarto de dicho diámetro.

65 10. Un aparato de grabado iónico que comprende:

60 • una base (20) de carrusel que puede moverse de forma giratoria alrededor de un eje de carrusel (A₂₀) en una cámara de vacío;

65 • al menos dos soportes (22) planetarios que pueden moverse montados en forma adyacentes a la periferia de y sobre dicha base de carrusel y que pueden moverse de forma giratoria alrededor de los respectivos ejes planetarios (A₂₂; A_{22a}), que son paralelos a dicho eje de carrusel (A₂₀);

- cada uno de dichos soportes planetarios se define girando alrededor de su eje planetario para un diámetro (Φ) con respecto al eje planetario respectivo;

5 • una fuente (24) que genera una nube (CL; Bi; B_{PL}; PL) que comprende iones y que tiene, considerados en un plano transversal perpendicular a dicho carrusel y dichos ejes planetarios, un eje central, dicho eje central que se interseca con dicho eje del carrusel;

10 • al menos un soporte de pieza para una pieza en cada uno de dichos al menos dos soportes planetarios;

15 10. caracterizado porque el aparato comprende además medios adaptados para concebir que dicha nube que comprende iones tenga una densidad iónica (p) que cae al 50% de su densidad iónica máxima a una distancia del eje central que es como máximo igual al 50% de dicho diámetro, considerado en dicho plano de la sección transversal, y en el lugar de la trayectoria de movimiento (T) de dichos ejes planetarios para evitar que el material, que se graba momentáneamente a partir de piezas en uno de dichos soportes planetarios, se vuelva a depositar en las piezas de otro de dichos soportes planetarios.

20 11. El aparato de grabado de la reivindicación 10, en el que dicha nube que comprende iones se extiende sustancialmente linealmente en dirección paralela a dichos ejes planetarios.

25 12. El aparato de una de las reivindicaciones 10 u 11, en el que cada uno de dichos soportes planetarios comprende soportes (44) de pieza adyacentes a la periferia respectiva de dichos soportes planetarios, pudiendo dichos soportes moverse en forma giratoria alrededor del eje de soporte (A₄₄) respectivo.

30 13. El aparato de una de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende además un blindaje (26; 36; 46; 56) entre soportes planetarios vecinos, siendo dicho blindaje estacionario con respecto a dicha base de carrusel y que se extiende radialmente con respecto a dicho eje de carrusel.

35 14. El aparato de una de las reivindicaciones 12 o 13, que comprende además un blindaje (26; 36; 46; 56) entre vecinos de dichos soportes de pieza montados en los respectivos soportes planetarios y que se extienden radialmente con respecto a los respectivos ejes planetarios.

40 15. El aparato de una de las reivindicaciones 13 o 14, en el que dichos blindajes son de metal y se operan eléctricamente de forma flotante o son de un material dieléctrico.

45 16. El aparato de una de las reivindicaciones 10 a 15, que comprende además alrededor de cada uno de dichos soportes planetarios un elemento de blindaje montado en dicha base de carrusel y que tiene una abertura (38) dirigida radialmente hacia fuera con respecto a dicho eje de carrusel.

50 17. El aparato de una de las reivindicaciones 12 a 16, que comprende además un elemento (46) de blindaje alrededor de dichos soportes de pieza montados en dichos soportes planetarios, cada uno de los cuales tiene una abertura dirigida radialmente hacia fuera con respecto a los respectivos ejes planetarios.

55 18. El aparato de una de las reivindicaciones 16 o 17, en el que dichos miembros de blindaje son de metal y se operan eléctricamente de forma flotante o son de un material dieléctrico.

60 19. El aparato de una de las reivindicaciones 10 a 18, que comprende además un suministro eléctrico para polarizar dichos soportes de pieza para atraer iones de dicho haz.

20. El aparato de la reivindicación 19, que comprende además una unidad de control de polarización que controla dicha polarización para que sea mayor siempre que uno de los respectivos soportes esté sumergido en dicha nube que cuando dicha pieza no esté sumergida en dicha nube.

21. El aparato de una de las reivindicaciones 10 a 20 que comprende un diafragma (72) a lo largo de dicho haz que es un diafragma metálico, eléctricamente flotante o un diafragma dieléctrico o que actúa como un ánodo.

22. El aparato de una de las reivindicaciones 10 a 21, que comprende además una disposición (58) de bobina que genera un campo magnético de enfoque a lo largo de dicha nube.

23. El aparato de una de las reivindicaciones 10 a 22, en el que dicha fuente es una fuente de plasma y dicha nube es un plasma.

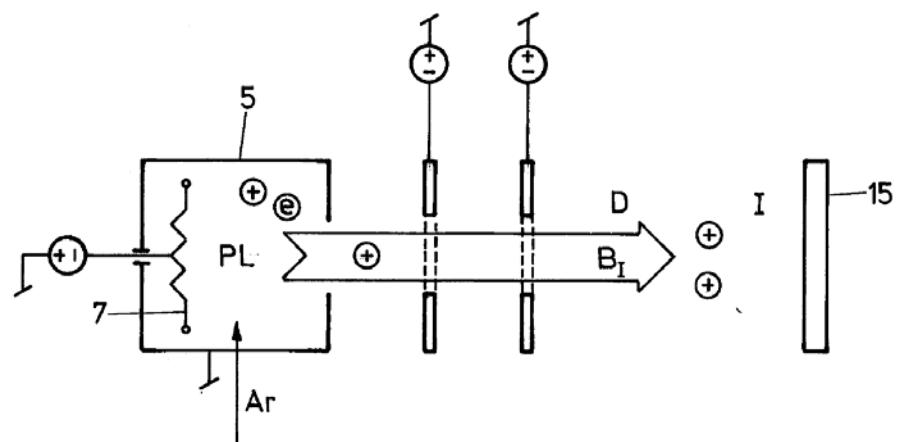


FIG.1

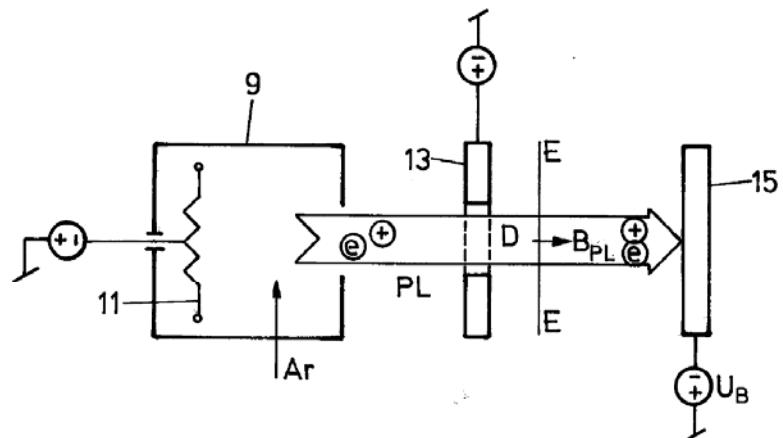


FIG.2

FIG.3

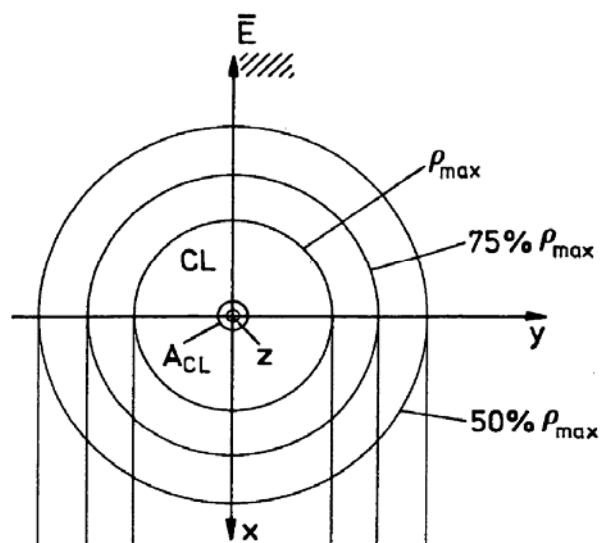


FIG.4

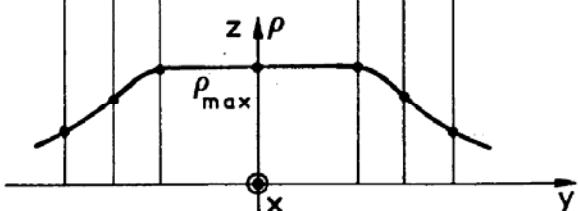


FIG.5

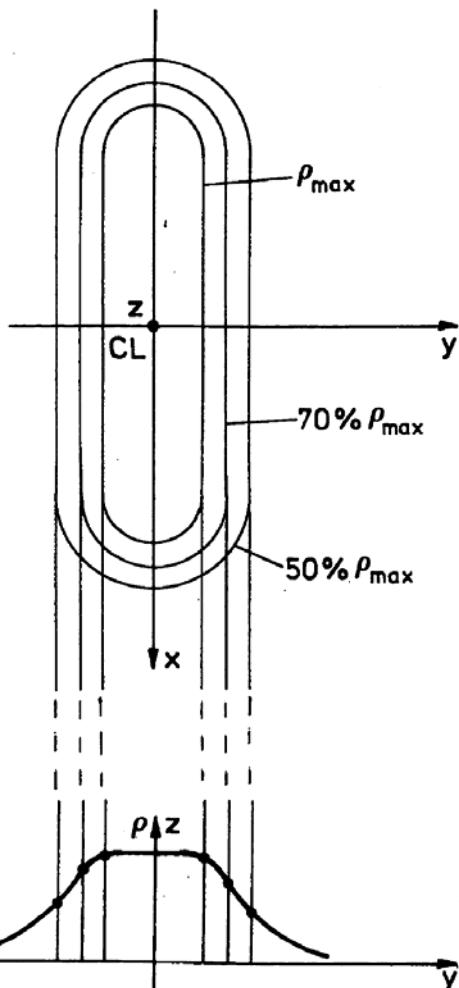


FIG.6

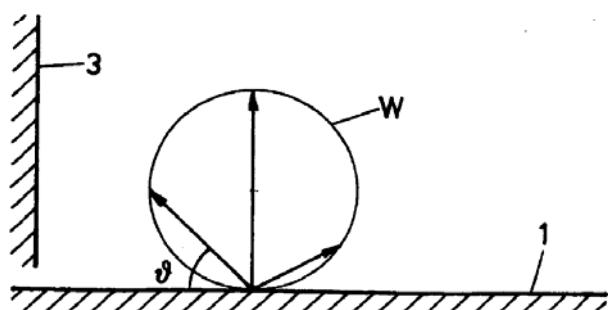
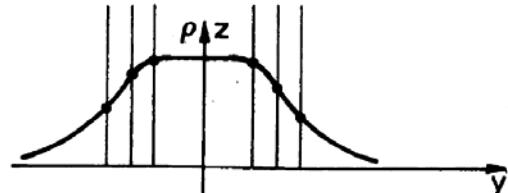


FIG.7

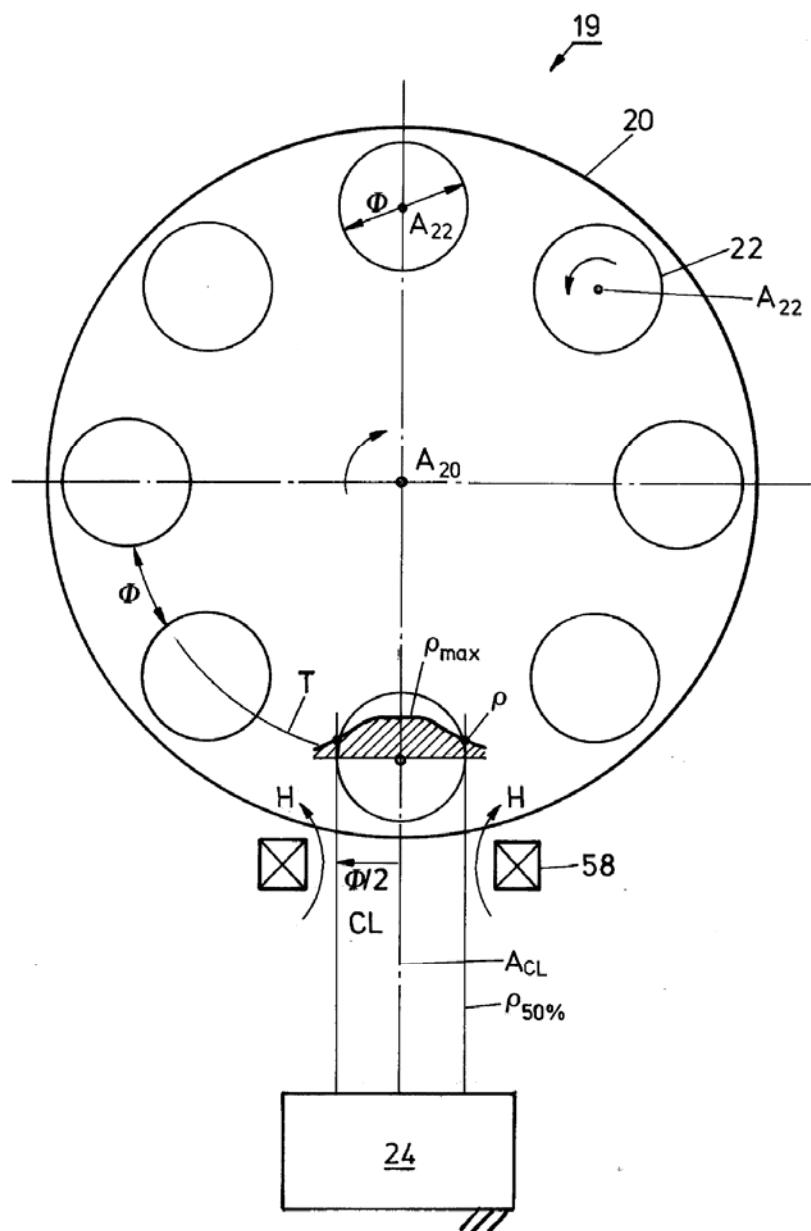


FIG. 8

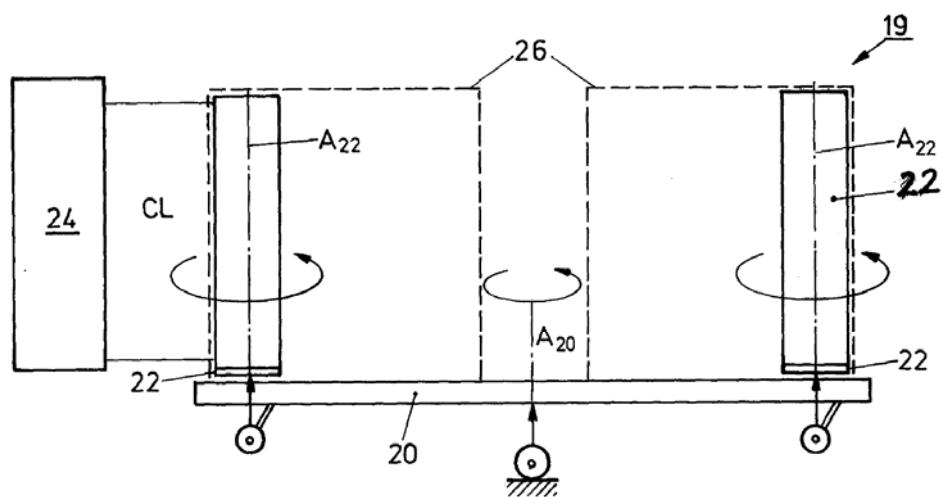


FIG.9

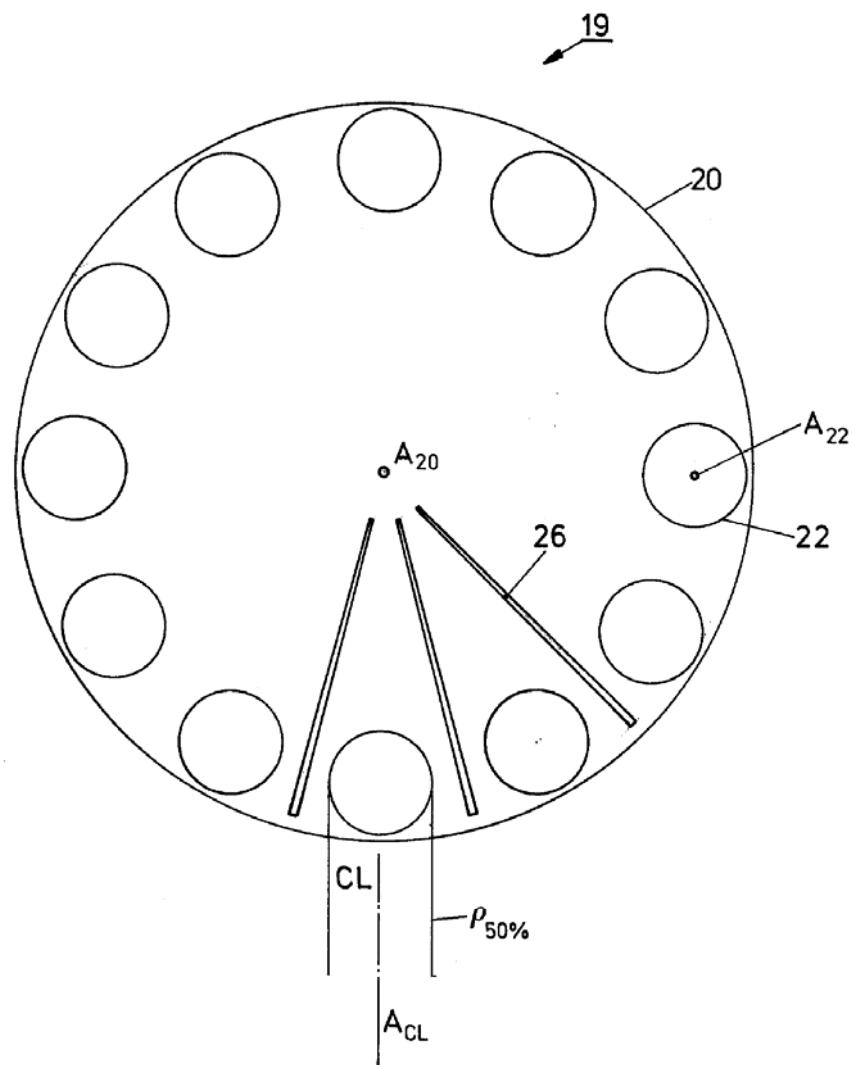


FIG.10

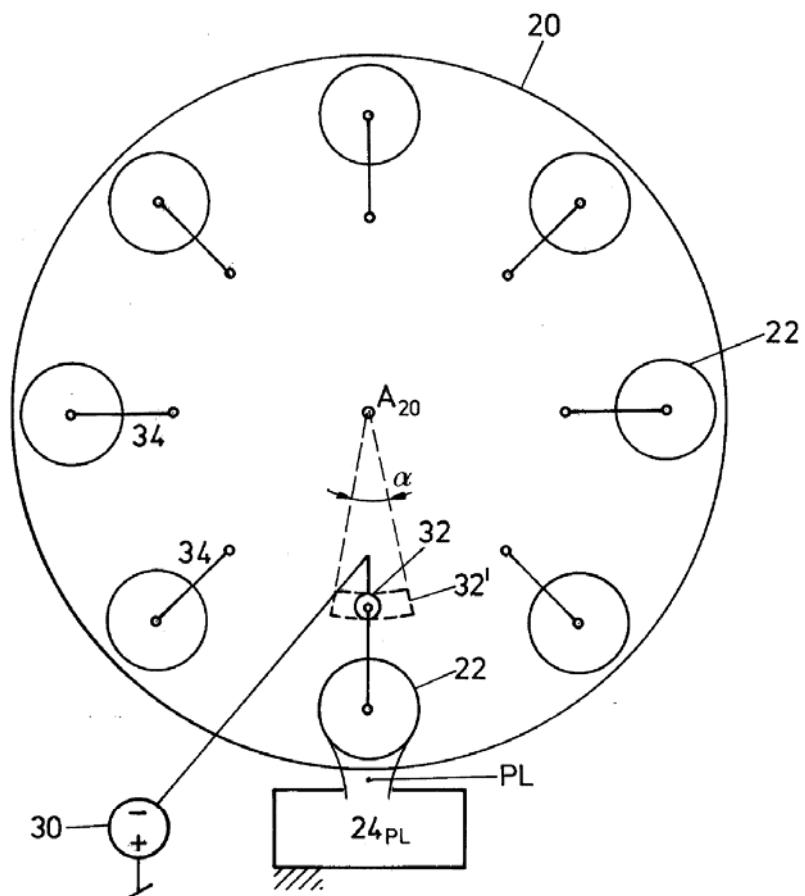


FIG.11

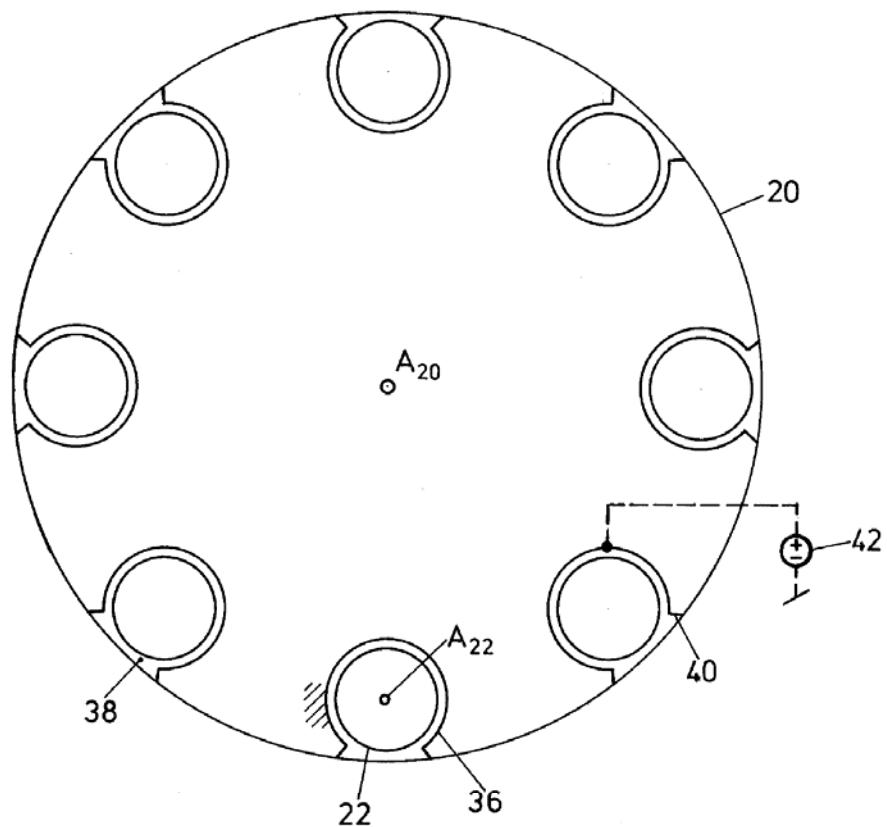


FIG.12

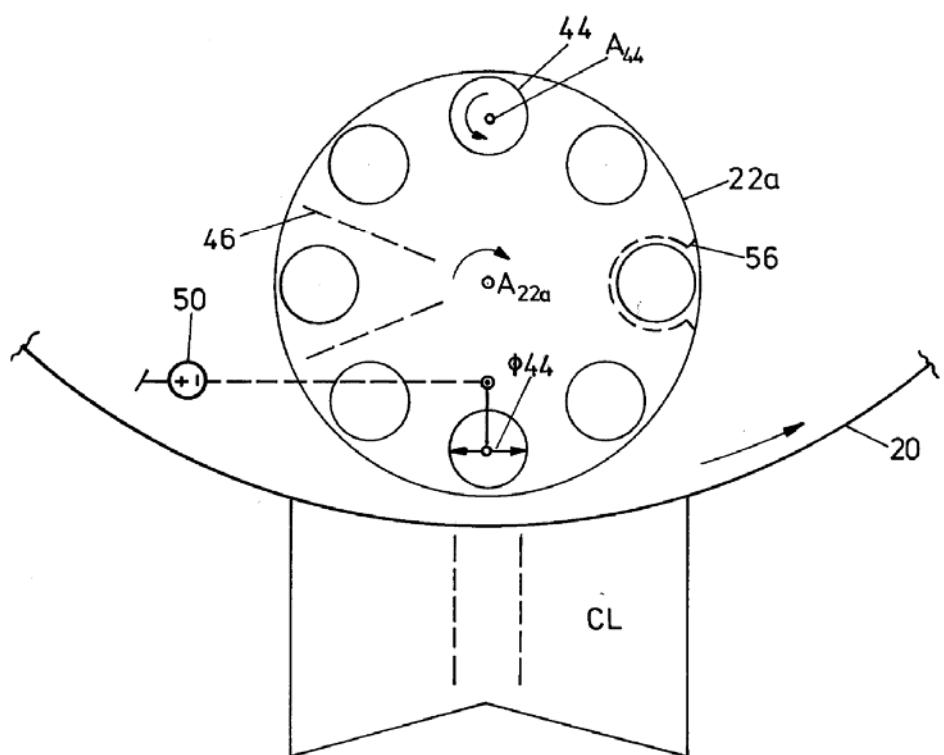


FIG.13

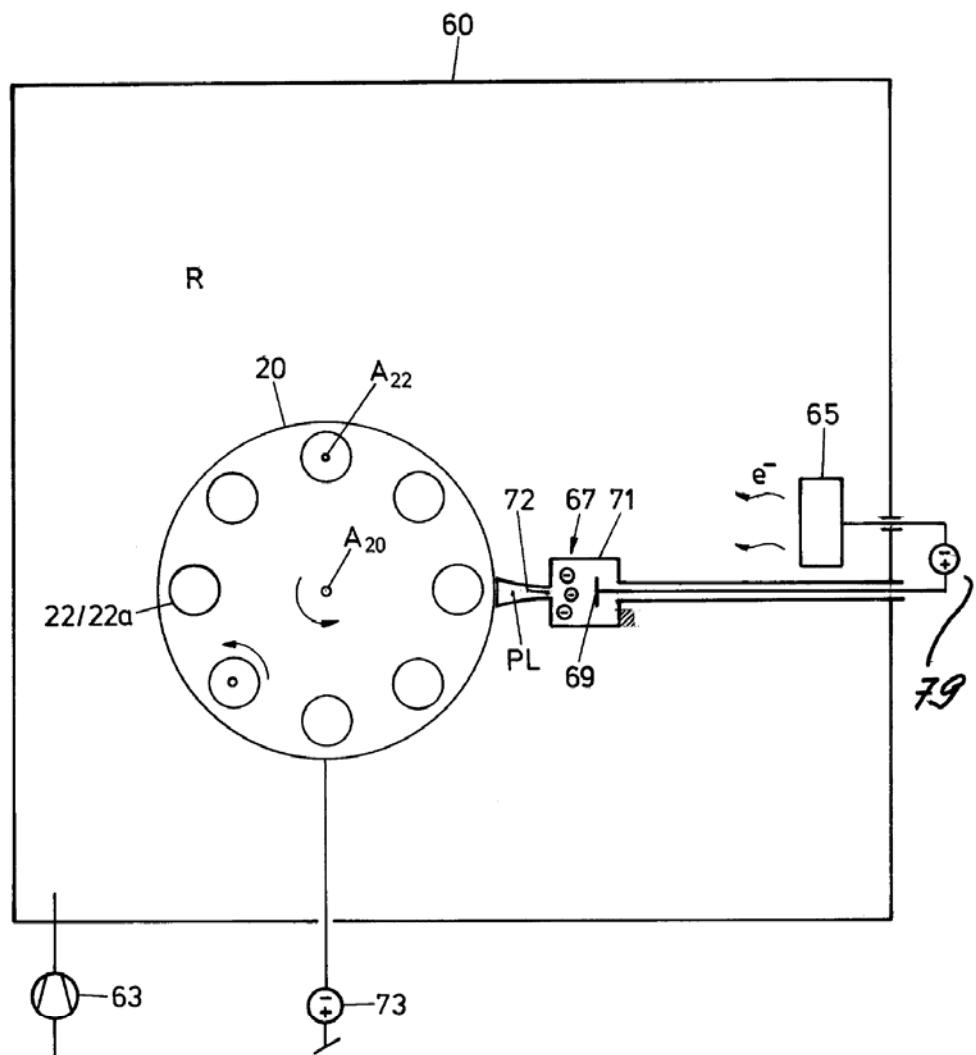


FIG.14

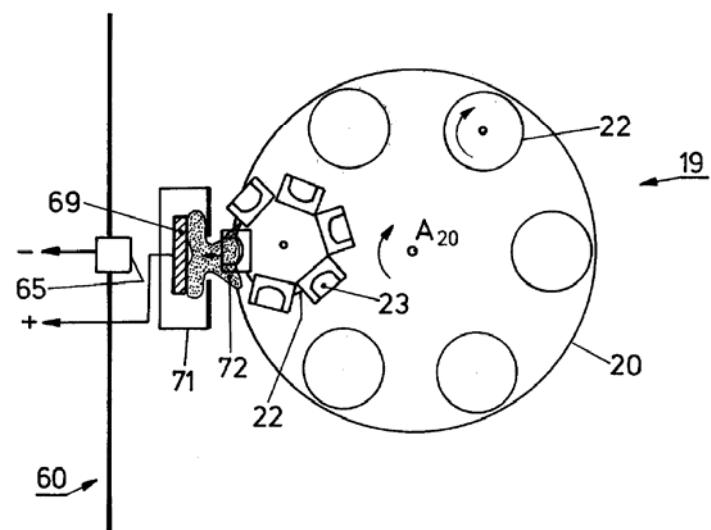


FIG.15