

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 648 995**

(51) Int. Cl.:

**H01J 37/305** (2006.01)  
**H01J 37/32** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2008 E 14150384 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 2720248**

---

(54) Título: **Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío, así como una cámara de evaporación por arco voltaico con una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío**

(30) Prioridad:

**17.04.2007 EP 07106345**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.01.2018**

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

**VETTER, JÖRG**

(74) Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 648 995 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

Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío, así como una cámara de evaporación por arco voltaico con una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío

- 5 La invención se refiere a una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío, así como a una cámara de evaporación por arco voltaico, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación independiente 1.
- 10 Por el estado de la técnica se conoce una pluralidad de instalaciones de evaporación por arco voltaico al vacío, en las que se genera una descarga de arco con un material de evaporación, que está configurado como cátodo, en una cámara de vacío, por lo cual el material de evaporación se evapora gracias a la energía de un arco voltaico y se ioniza total o parcialmente para depositar películas finas sobre un sustrato.
- 15 En este caso, tales películas depositadas pueden cumplir funciones muy diferentes. Pueden cumplir funciones puramente decorativas, proteger contra desgaste o corrosión o proteger las superficies de las piezas de trabajo contra grandes efectos del calor, etc. Con frecuencia, las capas aplicadas por medio de evaporación por arco voltaico cumplen dos o más funciones, a menudo diferentes. De manera correspondiente se conoce también desde hace tiempo la aplicación de sistemas de estratos de varias capas de la misma o de diferente composición.
- 20 Así, por ejemplo, en el documento DD 293 145 se publica un procedimiento y un dispositivo para la fabricación de capas de varios componentes, en las que se utiliza un cátodo que está constituido de varias superficies de trabajo, al que se aplica un campo magnético variable local y temporalmente, de manera que el foco del cátodo es forzado de acuerdo con la composición requerida de las capas sobre las diferentes superficies de trabajo.
- 25 Un procedimiento relacionado con esto, así como un dispositivo correspondiente, se muestra en el documento DD 285 483 para garantizar una combustión más uniforme de los cátodos, lo que también puede emplearse de manera ventajosa al aplicar sistemas sencillos de capas que tienen una sola capa.
- 30 Independientemente de si se aplican sistemas de capas de una sola capa o de varias capas, todas las instalaciones de evaporación por arco voltaico al vacío de este tipo o similares conocidas a partir del estado de la técnica presentan diferentes desventajas decisivas.
- 35 Así, por ejemplo, en los evaporadores por arco voltaico conocidos se forman forzosamente partículas fundidas con un diámetro de hasta algunos micrómetros o más, que son claramente mayores que las pequeñas, propiamente deseadas, partículas evaporadas y ionizadas. Estas partículas esencialmente mayores se mezclan entonces en las capas o en las películas finas, lo que conduce a un empeoramiento de la estructura de las superficies, de la resistencia, de la resistencia adhesiva, de las propiedades tribológicas, etc. de las películas, y en el caso de estratos de una o varias capas puede conducir a una composición irregular de las capas aplicadas.
- 40 Para evitar esto, en el documento JP 2 194 187, por ejemplo, se propone disponer una bobina coaxial en la superficie de evaporación con un núcleo de aire entre la superficie de evaporación y un sustrato. De esta manera se fuerzan electrones en un plasma alrededor de las líneas magnéticas de fuerza generadas por la bobina y fluyen a lo largo de las líneas de fuerza, mientras que llevan a cabo un movimiento giratorio, de manera tal que el plasma llega al sustrato. Sin embargo, este efecto de inducción no actúa de manera natural sobre las partículas fundidas neutras.
- 45 Otro inconveniente decisivo de esta disposición es que la bobina está dispuesta en una posición intermedia entre el sustrato y la superficie de evaporación, lo que conduce a que el campo magnético generado por la bobina esté dirigido radialmente hacia dentro con respecto a la superficie de evaporación. Esto tiene como consecuencia que el arco voltaico es guiado a modo de tendencia más cerca del centro del cátodo, de manera que éste se consume de manera irregular. Además, otras fuentes de evaporación que pueden estar dispuestas en determinados casos adicionales en la cámara, por ejemplo, para fabricar estratos de varias capas o estratos de composición compleja, pueden ser influenciadas negativamente por la bobina magnética, lo que puede conducir naturalmente a efectos no deseados.
- 55 En la solicitud de patente europea EP 0495447 se propone, por lo tanto, destinar sobre el lado posterior del cuerpo del cátodo una fuente de campo magnético adicional que se acopla con un motor, de manera tal que un campo magnético generado por la fuente de campo magnético adicional puede variar en el espacio y en el tiempo para que pueda guiarse el arco voltaico de forma dirigida sobre la superficie de evaporación y, de esta manera pueda garantizarse, por ejemplo, una combustión más uniforme del cátodo. Naturalmente, la desventaja de esta disposición es que la construcción es muy costosa en la estructura, funcionamiento y mantenimiento. Además, de la misma manera se generan campos de dispersión que, adicionalmente, todavía varían en el espacio y en el tiempo y pueden exponer cátodos de evaporación vecinos a influencias no deseadas.
- 60 Para la solución de estos problemas conocidos a partir del estado de la técnica, en el documento DE 600 19 821 se propone disponer una fuente de generación de campos magnéticos de forma anular, de manera tal que rodee el material de evaporación y se proporcione la superficie de evaporación entre el polo norte y el polo sur de la fuente de generación de campos magnéticos. Para tal fin se agrupan las fuentes de generación de campos magnéticos,

una interior y una exterior, alrededor de la fuente de descarga del arco. Las líneas magnéticas de fuerza de la fuente de generación de campos magnéticos deben cruzar la superficie del evaporador, en este caso, bajo un ángulo de +/- 30 ° con relación a la normal.

- 5 En este caso, con preferencia sobre el lado del cátodo del evaporador, que no se enfrenta a la superficie de evaporación, se destina una fuente de campo magnético en forma de disco en el centro sobre el lado inferior del cuerpo del cátodo, con lo que las líneas de campo magnético de la fuente de generación de campos magnéticos en forma de anillo deben modificarse de manera tal que el arco voltaico sea conducido sobre la superficie de evaporación para que deba impedirse un desgaste irregular de la superficie del evaporador. Sin embargo, según  
10 muestra la experiencia, un posicionamiento de un imán en el centro provoca una amplificación del campo exactamente en el centro de la superficie de los cátodos.

El sistema es inflexible debido a su estructura. Es decir, especialmente cuando se utilizan las fuentes magnéticas permanentes, ya no pueden modificarse prácticamente la intensidad del campo y la distribución de las intensidades del campo en el cátodo. Por lo tanto, el sistema no puede adaptarse a influencias externas, por ejemplo, por fuentes magnéticas vecinas, ni a otras densidades de corriente en el arco voltaico, ni a diferentes materiales de los cátodos o a otras influencias que determinan el procedimiento de recubrimiento, o bien el procedimiento de combustión en el cátodo.

- 20 La publicación WO 2004/057642 A2, que corresponde al mismo género, describe una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío con una fuente de campo magnético en forma de anillo y un cuerpo de cátodo con un material de evaporación como cátodo para la generación de una descarga de arco voltaico sobre una superficie de evaporación del cátodo. Un anillo de amplificación de campo magnético se dispone sobre un lado que no se enfrenta a la superficie de evaporación, ante una base de cátodo. Un diámetro interior del anillo de amplificación magnética corresponde aproximadamente a un diámetro del cátodo.

En la publicación US 5 298 136 A se describe una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío con una fuente de campo magnético en forma de anillo y un cuerpo de cátodo con un material de evaporación como cátodo para la generación de una descarga de arco voltaico sobre una superficie de evaporación del cátodo.

- 30 La publicación DE 197 39 527 A1 describe una fuente de plasma de arco en vacío con una bobina de foco y una o varias bobinas de control, en cuyo caso las bobinas de control se disponen sobre un lado que no se enfrenta a la superficie de evaporación, a una segunda distancia que puede fijarse delante de la base del cátodo.

- 35 Por lo tanto, el objetivo de la invención es proporcionar una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío mejorada, así como una cámara de evaporación por arco voltaico mejorada, que realiza especialmente una amplificación del campo magnético en dirección a los sustratos, al mismo tiempo que garantiza una amplificación del campo magnético en la superficie interior del cátodo, de manera tal que, por una parte, puede conseguirse un desarrollo homogéneo durante la combustión del cátodo y se consigue un desarrollo ventajoso del campo magnético en la superficie del cátodo, de manera tal que se posibilita una aceleración óptima del arco voltaico.

40 En este caso debe evitarse una amplificación excesiva del campo en el centro de la superficie del cátodo.

- 45 En esto, el sistema mejorado debe ser al mismo tiempo muy flexible con respecto a las posibilidades de las modificaciones de la geometría del campo magnético para que de una manera sencilla y económica la fuente de evaporación por arco voltaico, o bien la cámara de evaporación por arco voltaico equipada con ella, pueda adaptarse a modificaciones variables de una manera óptima en cualquier momento.

- 50 Los objetivos de la invención que logran estos objetivos se caracterizan por las características de la reivindicación independiente 1.

55 Las reivindicaciones dependientes respectivas se refieren a formas de realización particularmente ventajosas de la invención.

- 60 Por lo tanto, la invención se refiere a una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío, que comprende una fuente de campo magnético en forma de anillo y un cuerpo de cátodo con un material de evaporación como cátodo para la generación de una descarga de arco voltaico sobre una superficie de evaporación del cátodo. En este caso, el cuerpo de cátodo se limita en una primera dirección axial por una base del cátodo y en una segunda dirección axial por la superficie de evaporación en dirección axial, y la fuente de campo magnético en forma de anillo se polariza en paralelo o antiparalelo a una normal superficial de la superficie de evaporación y se dispone de modo concéntrico a la normal superficial de la superficie de evaporación. Un anillo de amplificación de campo magnético se dispone sobre un lado, que no se enfrenta a la superficie de evaporación, a una segunda distancia predeterminable ante la base del cátodo.

- 65 En la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío, adicionalmente al anillo de amplificación de campo magnético, se dispone al menos un anillo magnético de ajuste sobre el lado que no se enfrenta a la superficie de

evaporación a una tercera distancia predeterminable delante de la base del cátodo. Mediante el anillo magnético de ajuste es posible efectuar un ajuste preciso de la geometría de la distribución de campo magnético, de modo tal que en casos complicados también se garantice una dirección del arco volcánico sobre la superficie de evaporación.

- 5 En este caso, la fuente de campo magnético puede estar dispuesta concéntricamente a la normal superficial de la superficie de evaporación, de manera tal que la superficie de evaporación se encuentre entre un polo norte y un polo sur de la fuente de campo magnético. Es decir, que en un ejemplo de realización muy especial, la fuente de campo magnético en forma de anillo rodea la superficie de evaporación del cátodo, por ejemplo, para que la superficie de evaporación tenga aproximadamente la misma distancia al polo sur de la fuente de campo magnético en forma de anillo que al polo norte de la fuente de campo magnético en forma de anillo.

10 En un ejemplo de realización especialmente muy importante en la práctica, la fuente de campo magnético en forma de anillo está distanciada, sin embargo, a una primera distancia predeterminada sobre el lado del cuerpo del cátodo, que se enfrenta a la base del cátodo, desde la superficie de evaporación.

15 En efecto, se ha mostrado de manera sorprendente que cuando la superficie de evaporación no se dispone entre el polo norte y el polo sur de la fuente de campo magnético en forma de anillo, sino que se distancia de ésta a una distancia predeterminada, puede alcanzarse una distribución todavía más óptima del campo en la zona del cuerpo del cátodo, particularmente, en la zona de la superficie de evaporación. A pesar de todo, se puede dar un ejemplo de aplicación especial determinado, en el que es preferible una disposición de la superficie de evaporación entre el polo norte y el polo sur de la fuente de campo magnético en forma de anillo.

20 Para el número predominante de las aplicaciones, sin embargo, se ha mostrado de forma sorprendente que si, por una parte, la superficie de evaporación no se dispone entre el polo norte y el polo sur de la fuente de campo magnético en forma de anillo, sino que se distancia de ésta a una distancia predeterminada y, por otra parte, en lugar de una fuente magnética conocida en forma de disco, dispuesta en el centro debajo del cuerpo del cátodo, se proporciona un anillo de amplificación del campo magnético en forma de anillo, puede lograrse una distribución óptima del campo en la zona del cuerpo del cátodo, en particular, en la zona de la superficie de evaporación que no presenta los inconvenientes conocidos a partir del estado de la técnica.

25 30 Mediante esta disposición se genera especialmente en la zona del centro del cátodo un campo claramente más uniforme en comparación con el estado de la técnica. De esta manera se consigue que el cátodo se consuma de manera muy uniforme, es decir, que se queme de manera uniforme sobre toda la superficie de evaporación, en cuyo caso al mismo tiempo este efecto positivo no es a expensas de los componentes del campo magnético paralelos a la superficie del evaporador que sirven principalmente para la aceleración del movimiento del arco voltaico. Es decir que, finalmente, mediante esta disposición se mejora de manera esencial la conducción del arco voltaico sobre la superficie de evaporación, lo que conduce, entre otras cosas, a una combustión mucho más uniforme del cátodo y a resultados de recubrimiento claramente mejores.

35 40 Además, al mismo tiempo se incrementa el campo magnético en dirección a los sustratos, lo que repercute finalmente de forma muy positiva en la calidad del recubrimiento al recubrir un sustrato.

45 Esto se consigue posicionando la fuente de campo magnético en la superficie del cátodo, o bien a una distancia de ésta en la dirección de los sustratos.

50 55 Además, la fuente de evaporación del arco voltaico, o bien la cámara de evaporación del arco voltaico de acuerdo con la presente invención son muy flexibles debido a su estructura. Esto significa que, también cuando se utilizan fuentes de imán permanente, se puede modificar muy fácilmente la intensidad de campo y la distribución de las intensidades de campo en el cátodo. Usando fuentes magnéticas permanentes al menos para el anillo de amplificación del campo magnético, la intensidad del campo y la distribución de intensidad del campo en el cátodo se modifican de manera muy sencilla. Por lo tanto, el sistema según la invención puede adaptarse fácilmente a una modificación de influencias externas, por ejemplo mediante fuentes magnéticas adyacentes, a otras densidades de corriente en el arco voltaico, a diferentes materiales del cátodo o a otras influencias que determinan el procedimiento de recubrimiento y el proceso de combustión en el cátodo.

60 65 El modo de construcción modular de la fuente de evaporación por arco voltaico según la presente invención es aquí de ventaja particular. Una fuente de evaporación por arco voltaico según la invención se compone preferentemente, a saber, de un sistema separado de imanes interiores y la placa de base del evaporador con el segundo sistema magnético, de manera tal que los sistemas magnéticos pueden manipularse, o bien modificarse o sustituirse por separado y de manera independiente unos de los otros.

En un ejemplo de realización preferido, el anillo de amplificación del campo magnético se polariza en paralelo o antiparalelo a la normal superficial y/o se dispone de modo concéntrico a la normal superficial.

- 70 75 Se entiende que según la distribución deseada del campo magnético, o bien la distribución espacial de la curva del campo magnético, el anillo de corrección magnética puede polarizarse en paralelo o antiparalelo a la normal

superficial y/o puede disponerse con preferencia de modo concéntrico a la normal superficial.

Para determinados casos de aplicación especiales, también es posible que el anillo de amplificación del campo magnético y/o el anillo de corrección magnética se alineen de modo no-concéntrico a la normal superficial y/o el anillo de amplificación del campo magnético y/o el anillo de corrección magnética tengan un área de la sección transversal no circular. Con tales disposiciones pueden construirse geometrías de alta complejidad del campo magnético en la zona del cuerpo de los cátodos de manera tal que, por ejemplo, al recubrir varios sustratos, los campos magnéticos pueden ser de diferente intensidad en dirección a los diferentes sustratos, para que puedan recubrirse diferentes sustratos al mismo tiempo desde la misma fuente en diferentes condiciones. O bien, pueden emplearse ventajosamente, por ejemplo, si el cátodo comprende diferentes zonas con diferentes materiales de recubrimiento, de modo tal que es necesaria una conducción correspondientemente complicada del arco voltaico sobre la superficie de evaporación.

Asimismo, para la práctica son muy importantes ejemplos de realización de fuentes de evaporación por arco voltaico al vacío, según la invención, en los cuales son ajustables la primera distancia y/o la segunda distancia y/o la tercera distancia, principalmente dependiendo del material de evaporación y/o del estado de combustión del cátodo y/o controlable y/o regulable dependiendo de otros parámetros de operación de la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío, por lo cual la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío obtiene una flexibilidad no conocida hasta ahora con respecto a todos los posibles estados de operación y requisitos procedimentales.

La primera distancia y/o la segunda distancia y/o la tercera distancia pueden encontrarse en este caso con preferencia en un intervalo de 0 mm a 200 mm. Tal como ya se ha mencionado antes, en este caso es determinante para la invención que las superficies de evaporación no se coloquen directamente entre el polo norte y el polo sur de una de las fuentes de campo magnético empleadas, ya que entonces no puede lograrse la geometría de distribución del campo óptima, según la invención.

Las diferentes fuentes del campo magnético ya descritas anteriormente en detalle pueden realizarse en concreto en este caso por medio de diferentes conceptos. El anillo de amplificación del campo magnético comprende, según la invención, una pluralidad de imanes permanentes alineados esencialmente en paralelo a la normal superficial.

La fuente de campo magnético en forma de anillo y/o el anillo de corrección magnética pueden comprender, en un ejemplo de realización particularmente preferido, una pluralidad de imanes permanentes alineados esencialmente en paralelo a la normal superficial. Esencialmente en paralelo significa en este caso que el ángulo entre la normal superficial de la superficie de evaporación y una dirección de polarización de los imanes permanentes está, por ejemplo, entre 0 ° y 20 °, pero de preferencia en 0 °.

La fuente de campo magnético con forma de anillo y/o el anillo de corrección magnética también pueden comprender un imán anular que preferiblemente se polariza esencialmente en paralelo a la normal superficial de la superficie de evaporación.

En otro ejemplo de realización, la fuente de campo magnético con forma de anillo y/o el anillo de corrección magnética pueden comprender un electroimán. Al usar un electroimán, la intensidad y la geometría de las líneas del campo magnético pueden adaptarse, por supuesto, de modo particularmente flexible a requisitos especiales.

En términos muy generales, en diferentes ejemplos de realización que son muy importantes para la práctica, una intensidad de campo magnético de la fuente de campo magnético con forma de anillo y/o una intensidad de campo magnético del anillo de corrección magnética son modificables y/o controlables y/o regulables, principalmente, dependiendo del material de evaporación y/o del estado de combustión del cátodo y/o dependiendo de otro parámetro de operación de la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío son ajustables y/o controlables y/o regulables.

Según una aplicación especial, la intensidad del campo magnético en este caso puede ser controlable y/o regulable mediante un control y/o regulación de una corriente eléctrica a través de electroimanes de la fuente de campo magnético con forma de anillo y/o del anillo de corrección magnética.

Si se emplean imanes anulares, entonces la intensidad del campo magnético puede ser ajustable mediante un intercambio del imán anular y/o mediante un imán anular adicional y/o retirando un imán anular de la fuente de campo magnético con forma de anillo y/o del anillo de corrección magnética.

Para muchas aplicaciones prácticas han demostrado ser particularmente ventajosos aquellos ejemplos de realización según la invención en los cuales la intensidad del campo magnético es ajustable modificando una cantidad de la pluralidad de imanes permanentes de la fuente del campo magnético con forma de anillo y/o del anillo de amplificación de campo magnético y/o del anillo de corrección magnética, que se han alineado en paralelo a la normal superficial.

En lo que se refiere a las direcciones magnéticas de polarización de las diferentes fuentes de campo magnético, la

fuente de campo magnético con forma de anillo y/o el anillo de amplificación del campo magnético y/o el anillo de corrección magnética pueden polarizarse de modo similar con respecto a la normal superficial, o en otro caso, la fuente del campo magnético con forma de anillo y/o el anillo de amplificación del campo magnético y/o el anillo de corrección magnética pueden polarizarse en sentido opuesto con respecto a la normal superficial.

- 5 Tal como se conoce *per se* del estado de la técnica, para la refrigeración de la fuente de evaporación por arco voltaico se proporciona, de preferencia, un sistema de refrigeración, en particular, una refrigeración por agua.
- 10 En particular, la fuente de campo magnético con forma de anillo y/o del anillo de amplificación del campo magnético y/o el anillo de corrección magnética pueden comprender un imán de alta temperatura, en particular, un imán de alta temperatura de SmCo para que puedan lograrse temperaturas de operación ostensiblemente más altas con una fuente de evaporación por arco voltaico, o bien puede trabajarse con una potencia refrigeración reducida en el cátodo del evaporador. En casos especiales, incluso puede prescindirse totalmente de una refrigeración.
- 15 Preferiblemente, la fuente de campo magnético con forma de anillo se dispone de manera conocida *per se* en un bloque de soporte, en particular, en un bloque de soporte de cobre y para la limitación de la descarga del arco voltaico sobre la superficie de evaporación del cátodo se proporciona un aislamiento de BN entre el bloque de soporte y el cátodo.
- 20 Para el encendido y para el mantenimiento de la descarga del arco voltaico, el bloque de soporte puede comprender en este caso un ánodo primario; el ánodo primario puede estar aislado eléctricamente contra el bloque de soporte, aunque en otro ejemplo de realización no tiene que ser obligatorio eléctricamente contra el bloque de soporte.
- 25 Para el encendido y el mantenimiento de la descarga del arco voltaico, el aislamiento BN puede estar en contacto con el cátodo, lo cual es una disposición conocida *per se* del estado de la técnica.
- 30 Para lograr un encendido mejorado del arco voltaico, la fuente de evaporación por arco voltaico puede comprender para el encendido de la descarga del arco voltaico un dispositivo detonante giratorio que se encuentra dispuesto, en particular, móvil linealmente y/o de modo giratorio.
- 35 La invención se refiere además a una cámara de evaporación por arco voltaico que comprende una fuente de evaporación por arco voltaico según la invención, tal como ha sido descrita antes y se describirá con más detalle a continuación con la ayuda de las figuras.
- 40 Tal como se conoce teóricamente del estado de la técnica, el cuerpo del cátodo de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según la invención y la misma cámara de evaporación por arco voltaico pueden estar unidos a una unidad de suministro de energía eléctrica, en cuyo caso la cámara de evaporación por arco voltaico se conecta eléctricamente como un ánodo con respecto al cátodo.
- 45 La cámara de evaporación por arco voltaico también puede estar conectada eléctricamente, de una manera conocida *per se* por el experto en la técnica, a través de una resistencia eléctrica con un ánodo primario aislado eléctricamente del bloque de soporte, o un ánodo primario aislado eléctricamente del bloque de soporte se conecta con un polo positivo de una unidad auxiliar de suministro eléctrico, en cuyo caso la cámara de evaporación por arco voltaico se une a polo negativo de la unidad auxiliar de suministro eléctrico.
- 50 Los parámetros habituales para la operación de la fuente de arco voltaico, según la invención, en el modo continuo CC, son tensiones de funcionamiento de la fuente de energía que están en el intervalo de 10 - 600 V y corrientes en el intervalo de 30 a 500 A. En el caso de que se opere con descargas de impulsos, pueden aplicarse corrientes de impulsos hasta algunos 1.000 A, de tal modo que la refrigeración de la fuente todavía sea suficiente para poder refrigerar energía promedio en el tiempo. Las frecuencias de los impulsos de la fuente de energía pueden estar en el intervalo de algunos Hz hasta algunos 10 kHz. La fuente auxiliar es operada con parámetros similares.
- 55 Las presiones de trabajo en las que se emplean los evaporadores se extienden desde alto vacío hasta 50 Pa.
- 60 A continuación la invención se explica más detalladamente mediante el dibujo esquemático.
- 65 La Figura 1 muestra un primer ejemplo de realización de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según la invención;
- La Figura 2a muestra una vista posterior de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío con una pluralidad de imanes permanentes;
- La Figura 2b muestra un corte a lo largo de la línea de corte I-I según la Figura 2a;

- La Figura 3 muestra un ejemplo de realización, de acuerdo con la invención, de una fuente de evaporación en vacío por arco voltaico con anillo de corrección magnética.
- La Figura 4 muestra una vista posterior de otro ejemplo de realización según la Figura 3 con una pluralidad de imanes permanentes;
- 5 La Figura 5 muestra un ejemplo de realización con aislamiento BN;
- La Figura 6 muestra una cámara de evaporación por arco voltaico con un dispositivo de accionamiento giratorio;
- 10 La Figura 7 muestra una cámara de evaporación por arco voltaico con un ánodo primario aislado y una resistencia;
- La Figura 8 muestra un ejemplo de realización según la Figura 8 con unidad de suministro auxiliar;
- 15 La Figura 9 muestra una primera cámara de evaporación por arco voltaico con varias fuentes de evaporación por arco voltaico;
- La Figura 10 muestra una segunda cámara de evaporación por arco voltaico con varias fuentes de evaporación por arco voltaico.
- 15 En la Figura 1 se representa de forma esquemática, en un corte, un primer ejemplo sencillo de realización de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío, que en lo sucesivo se designa en total con el número de referencia 1, en el estado de montaje en una cámara de evaporación por arco voltaico según la invención.
- 20 La fuente 1 de evaporación por arco voltaico al vacío según la invención comprende una fuente 2 de campo magnético con forma de anillo y un cuerpo de cátodo 3 con un material de evaporación 31 como cátodo 32, para la generación de una descarga de arco voltaico sobre una superficie 33 de evaporación del cátodo 32. El cuerpo del cátodo 3 se limita en una primera dirección axial por una base 34 de cátodo y en una segunda dirección axial por la superficie 33 de evaporación en dirección axial. La fuente 2 de campo magnético con forma de anillo se polariza en paralelo o antiparalelo a una normal superficial 300 de la superficie 33 de evaporación y se distancia de modo concéntrico a la normal 300 superficial de la superficie 33 de evaporación en una primera distancia A1 predeterminada sobre un lado del cuerpo del cátodo 3 que no se enfrenta a la base del cátodo 34. Según la presente invención, se dispone un anillo de amplificación del campo magnético 4 sobre un lado que no se enfrenta a la superficie de evaporación 33 en una segunda distancia A2 predeterminada ante la base del cátodo 34.
- 25 Según la invención, el anillo de amplificación del campo magnético comprende una pluralidad de imanes permanentes alineados esencialmente en paralelo con la normal superficial.
- 30 Una anchura B del anillo de amplificación del campo magnético 4 puede ser de aproximadamente 2%, en particular hasta de 5%, preferiblemente hasta de 10% o más de 10% de un diámetro del cátodo 32. Si a su vez se parte de un cátodo 32 con un diámetro de 100 mm, entonces la anchura B del anillo de amplificación magnética 4 puede ser, por ejemplo, de 2 mm, en particular hasta de 5 mm y preferiblemente hasta de 10 mm o más.
- 35 Un diámetro interior DI del anillo de amplificación del campo magnético 4 tiene en este caso cerca de 3%, en particular hasta 10%, de preferencia hasta 15%, en especial hasta 50% o más de 50% de un diámetro del cátodo 32. Por lo tanto, si se usa, por ejemplo, un cátodo 32 con un diámetro de 100 mm, entonces el diámetro interno DI del anillo de amplificación magnética 4 es, por ejemplo, de 3 mm, en particular hasta de 10 mm, preferiblemente hasta de 15 mm y en especial hasta de 50 mm o más.
- 40 Una geometría concreta del anillo de amplificación magnética 4 puede depender, en este caso, de los requerimientos especiales planteados al objetivo de recubrimiento concreto, a la geometría y/o al tamaño de las disposiciones de recubrimiento, del material de cátodo o de otras variables que influyen en el procedimiento de recubrimiento.
- 45 La geometría concreta del anillo de amplificación magnética 4 puede depender, en este caso de manera conocida *per se*, en una cámara de evaporación por arco voltaico 10 y para la refrigeración se provee de un sistema de refrigeración 6 que, como se indica por medio de la flecha 600, es atravesado por la corriente de agua de refrigeración 600 para la refrigeración. El campo magnético generado conjuntamente por la fuente del campo magnético 2 y el anillo de amplificación magnética 4 se simboliza en una representación esquemática muy simplificada por medio de las líneas de campo magnético 200, las cuales no representan la geometría real del campo magnético y las cuales influyen, por ejemplo, el movimiento de los electrones e<sup>-</sup>.
- 50 En la Figura 2a se representa una vista posterior, es decir una vista sobre la base del cátodo 34 de una fuente 1 de evaporación por arco voltaico al vacío, en la cual el anillo de amplificación magnética 4 se forma esencialmente por una pluralidad de imanes permanentes. Los imanes permanentes 40 del anillo de amplificación del campo magnético 4 se disponen en este caso sobre el lado que no se enfrenta a la superficie de evaporación 33 a una segunda distancia A2 predeterminada ante la base del cátodo 34, y se alinea esencialmente con respecto a su polarización magnética en paralelo o antiparalelo a la normal superficial 300. Se entiende que, por ejemplo, todos los imanes permanentes 40 se alinean en paralelo o antiparalelo sobre las superficies 300, o que una parte de los imanes permanentes 40 puede alinearse en paralelo y otra parte de los imanes permanentes 40 puede alinearse en antiparalelo con respecto a la normal superficial 300, por ejemplo, para realizar geometrías especiales del campo magnético en la región del cuerpo del cátodo 3.
- 55
- 60
- 65

Se entiende además que tanto el anillo de amplificación del campo magnético 4 y/o el anillo de corrección magnética 5 y/o la fuente de campo magnético 2 pueden formarse por un anillo ferrítico o un anillo ferro magnético o un anillo no magnético, sobre el que se disponen, por ejemplo, una pluralidad de imanes permanentes (20, 40, 50) que se alinean en paralelo a la normal superficial 300, de manera tal que es claro que también puede faltar el anillo ferrítico o el anillo electromagnético o el anillo no magnético.

En un ejemplo de realización importante para la práctica, el anillo de amplificación magnética 4 se forma, por ejemplo, por un anillo ferrítico, sobre el cual se disponen tres imanes permanentes 40 a una distancia de 120 ° C.

Lo dicho anteriormente también se refiere de manera evidente a disposiciones posibles de los imanes permanentes 20 de la fuente de campo magnético 2 en forma de anillo y a los imanes permanentes 50 del anillo de corrección magnética 5 que se describen más adelante todavía con más detalle.

Para ilustrar, se representa en la Figura 2b un corte a lo largo de la línea de corte I-I a través del cuerpo del cátodo 3 según la Figura 2a. Puede verse la fuente de campo magnético 2 en forma de anillo, que está dispuesta directamente por encima de la superficie de evaporación 33 de modo concéntrico a la normal superficial 3. En el ejemplo de la Figura 2b, la fuente de campo magnético 2 en forma de anillo es un imán anular 2. Se entiende que en otro ejemplo de realización el imán anular 2 puede estar formado también de varios imanes anulares 2 individuales y/o puede realizarse por medio de un electroimán 2.

El anillo de amplificación del campo magnético 4 comprende un anillo de soporte 400 magnético o no magnético, en el cual se proporcionan los imanes permanentes 40, preferiblemente desprendibles, para que estos puedan intercambiarse cómodamente y, según el requerimiento, pueda variar el número total de los imanes permanentes 40, de manera tal que puedan variar muy fácilmente el espesor y/o la geometría del campo magnético provocado por el anillo de amplificación magnética 4.

En la Figura 3, parcialmente en corte, se representa otro ejemplo de realización según la invención, particularmente importante en la práctica, de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío 1 con un anillo de corrección magnética 5. La fuente del campo magnético 2 con forma de anillo se encuentra distanciada a una distancia A1 de la superficie de evaporación 33 del cátodo 3. El anillo de corrección magnética 5 se coloca a una distancia A2 un poco más cerca de la base del cátodo 34 que el anillo de amplificación magnética 4, el cual está distanciado a una distancia A3 un poco más grande de la base del cátodo. En tal caso no se presentan medios conocidos *per se* por el experto en la técnica, no representados en la presente memoria con mayor detalle, que permitan modificar las distancias A1, A2 y A3 de una manera adecuada, según los requerimientos.

En el ejemplo de la Figura 3, la fuente del campo magnético 2, el anillo de amplificación de campo magnético 4 y el anillo de corrección magnética 5 se polarizan magnéticamente en el mismo sentido con respecto a la normal superficial 300. Se entiende que los anillos magnéticos antes mencionados también pueden disponerse en otros ejemplos de realización en cualquier otra combinación adecuada con respecto a la normal superficial 300. Esto puede variar según los requerimientos y puede determinarse, por ejemplo, mediante el espesor relativo de los imanes 2, 4, 5 usados y/o puede determinarse la disposición geométrica especial con respecto al cuerpo del cátodo 3 o mediante otras especificaciones del aparato o de la técnica del procedimiento.

La Figura 4 muestra una vista posterior de otro ejemplo de realización según la Figura 3, en el cual el anillo de amplificación magnética 4 y el anillo de corrección magnética 5 se forman por una pluralidad de imanes permanentes 40, 50. En el ejemplo de la Figura 4, el anillo de amplificación magnética 4 y el anillo de corrección magnética 5 tienen la misma distancia desde la base del cátodo 34.

En la Figura 5 se representa de forma esquemática un ejemplo de realización, en el cual el ánodo 9 se aísla eléctricamente mediante un aislamiento BN, es decir, por medio de una capa de aislamiento eléctrico que contiene nitruro de boro como componente esencial, es decir, BN contra un bloque de soporte 7 que conduce electricidad que puede estar constituido de cobre, por ejemplo. Esta disposición con una capa de BN es conocida *per se* y sirve ante todo, en el estado de funcionamiento, para impedir una diafonía del arco voltaico sobre el ánodo 9 o el bloque de soporte 7. El ánodo 9 puede servir en este caso para el encendido y el mantenimiento del arco voltaico durante una operación de recubrimiento.

En el ejemplo de realización de la Figura 6 se representa esquemáticamente una cámara de evaporación por arco voltaico 10 con un dispositivo detonante giratorio 14, en cuyo caso el dispositivo detonante 14 se conecta mediante un potencial positivo eléctricamente como ánodo contra los cuerpos de cátodo 3 que se encuentran en un potencial eléctrico negativo. El dispositivo detonante 14 sirve, de manera conocida *per se*, para el encendido y el mantenimiento de un arco voltaico y, tal como se representa por medio de la flecha 141, es giratorio alrededor de un eje de giro como también es variable a lo largo de la flecha 142 linealmente a la distancia de la superficie de evaporación 33.

La Figura 7 y la Figura 8 muestran respectivamente un ejemplo de realización de una cámara de evaporación por

arco voltaico, según la invención, con un ánodo primario aislado. La cámara de evaporación por arco voltaico 10 en ambos ejemplos está conectada con un polo positivo de una unidad de suministro de energía 11 y el cuerpo del cátodo 3 se une a un polo negativo de la unidad de suministro de energía 11. Es decir, la Cámara de evaporación por arco voltaico 10 se conecta eléctricamente como un ánodo con respecto al cuerpo del cátodo 3.

- 5 El ánodo 9 se realiza respectivamente como un ánodo primario 9 aislado eléctricamente del bloque de soporte 7. En este caso, en el ejemplo de la Figura 7, el ánodo primario 9 se acopla eléctricamente mediante una resistencia 12 eléctrica con la cámara 10 de evaporación por arco voltaico, mientras que en el ejemplo de la Figura 8 el ánodo primario 9 se acopla con la cámara 10 de evaporación por arco voltaico, representada de una manera conocida *per se*, mediante una unidad de suministro auxiliar 13.
- 10

Para este tipo de disposición eléctrica del bloque de soporte 7, de la unidad de suministro de energía 11 y del ánodo primario 9 es esencial que se produzca una separación de potencial entre la cámara de evaporación por arco voltaico 10 y el ánodo 9, para que se creen un ánodo primario 9 y un ánodo secundario, en cuyo caso el ánodo secundario se forma por la misma cámara de evaporación por arco voltaico 10.

15 Se entiende que también puede realizarse una separación de potencial entre el ánodo primario y la cámara de evaporación por arco voltaico 10 disponiendo la unidad de suministro auxiliar 13 y la resistencia eléctrica 12 entre el bloque de soporte 7 y la cámara de evaporación por arco voltaico 12, en cuyo caso el ánodo primario 9 se une eléctricamente luego al bloque de soporte 7, o el bloque de soporte 7 forma o comprende directamente el ánodo primario 9.

20 En este caso, los principios teóricos y prácticos para la conexión eléctrica entre la cámara de evaporación por arco voltaico 10 y la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío 9 son conocidos *per se* por el experto en la técnica y, por lo tanto, no es necesario seguir describiéndolos detalladamente en este apartado.

25 En la Figura 9 y en la Figura 10 se representan además, de forma ejemplar, dos ejemplos de realización especiales de cámaras de evaporación por arco voltaico según la invención, que son de particular importancia para la práctica. En este caso se describe a modo de ejemplo particularmente la disposición de las polaridades de los evaporadores individuales para el caso cuando varios evaporadores se incorporan a la cámara de evaporación por arco voltaico 10.

30 Con la ayuda de la Figura 9 y de la Figura 10 puede demostrarse, en este caso de manera especialmente gráfica, la interacción entre las líneas de campo magnético en presencia de varias fuentes de evaporación por arco voltaico 1 en una única y misma cámara de evaporación por arco voltaico 10. Según los requerimientos planteados al objetivo de recubrimiento concreto, puede ser más adecuada, por ejemplo, la variante según la Figura 9 o según la Figura 10. Naturalmente se entiende que otras disposiciones de fuentes de evaporación por arco voltaico 1, según la invención, en una cámara de evaporación por arco voltaico 10 también están comprendidas por la invención.

35 40 La Figura 9 muestra una disposición con una primera cámara de evaporación por arco voltaico 10 con varias fuentes de evaporación por arco voltaico 1, lo cual conduce a una amplificación del campo de las fuentes de evaporación por arco voltaico 1, opuestas transversalmente a la cámara de evaporación por arco voltaico 10. De preferencia, las fuentes de evaporación por arco voltaico 1 que están dispuestas una debajo de otra según la representación, se disponen alternándose con respecto a su polaridad. Mediante la disposición de las fuentes de campo magnético 2 con polaridad alterna (por ejemplo el polo N está enfrente del polo S), se conectan líneas de campo magnético transversalmente a través de la cámara de evaporación por arco voltaico 10. Esto conduce a una influencia favorable de la excitación de gases reactivos en la proximidad de los sustratos a recubrir, los cuales no se representan por razones de claridad en las Figuras 9 y 10. Mediante la disposición de la Figura 9 se influye positivamente sobre la excitación de gases reactivos en la proximidad de los sustratos a recubrir para el crecimiento de la capa.

45 50 Otra variante de una cámara de evaporación por arco voltaico 10 con varias fuentes de evaporación por arco voltaico 1 se muestra en la figura 10. Aquí los evaporadores 1 se encuentran en un plano alrededor de la cámara 10. Esta disposición alterna hace que no aparezca una amplificación del campo según la Figura 9 transversalmente a través de la cámara 10, sino que aparece un campo magnético cerrado entre los evaporadores 1. Esta estructura se prefiere cuando no es deseable una excitación adicional de la reactividad de los gases de proceso en la proximidad de los sustratos; por ejemplo, cuando deben separarse capas en las que es deseable una porción reducida de gases reactivos en las capas.

55 60 Se entiende que los ejemplos de realización descritos sólo deben entenderse de forma ejemplar y la zona de protección no está limitada a las formas de realización descritas explícitamente. En particular, cualquier combinación adecuada de ejemplos de realización está comprendida asimismo por la invención.

65 En este caso, una fuente de evaporación por arco voltaico según la invención puede emplearse de múltiples maneras para el recubrimiento de las más diferentes piezas de trabajo. Usando los gases reactivos habituales, por ejemplo, para la preparación de capas de óxido o de oxinitruro de carbono o de todas las otras capas que pueden

prepararse ventajosamente con una fuente de evaporación por arco voltaico.

A continuación se muestran algunos ejemplos prácticos para el ajuste de los campos magnéticos según el objetivo de evaporación.

- 5 La fuente de campo magnético con forma de anillo hace posible, mediante la construcción maciza de la placa de soporte con perforaciones para la carga, una elección del número de imanes, así como la fijación de su posición A1 relativa. Entonces opcionalmente se atornilla un ánodo en los agujeros de las perforaciones.
- 10 El anillo de amplificación del campo magnético y el anillo de corrección pueden sustituirse fácilmente, puesto que el espacio estructural detrás de la base del cátodo tiene configuración libre.
- 15 Los anillos mismos están constituidos, con preferencia, por imanes individuales, de manera que su número y polaridad son regulables. Una regulación de las distancias con respecto a la base del cátodo, o bien entre sí, puede realizarse con sistemas mecánicos de corredera o de sujeción sencillos.

## REIVINDICACIONES

1. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío que comprende una fuente de campo magnético con forma de anillo (2) y un cuerpo de cátodo (3) con un material de evaporación (31) como cátodo (32) para la generación de una descarga por arco voltaico sobre una superficie de evaporación (33) del cátodo (32), en cuyo caso el cuerpo de cátodo (3) se limita en una primera dirección axial de una base de cátodo (34) y en una segunda dirección axial de la superficie de evaporación (33) en dirección axial, y la fuente de campo magnético con forma de anillo (2) se polariza en paralelo o antiparalelo hacia una normal superficial (300) de la superficie de evaporación (33) y se dispone de modo concéntrico hacia la normal superficial (300) de la superficie de evaporación (33), en cuyo caso se disponen 5 un anillo de amplificación de campo magnético (4) en un lado que no se enfrenta a la superficie de evaporación (33) a una segunda distancia (A2) predeterminada ante la base del cátodo (34), y se dispone al menos un anillo de corrección magnética (5) sobre el lado que no se enfrenta a la superficie de evaporación (33) a una tercera distancia (A3) predeterminada ante la base del cátodo (34), **caracterizada por que** el anillo de amplificación de campo magnético (4) comprende una pluralidad de imanes permanentes (20, 40, 50) alineados esencialmente en paralelo a 10 la normal superficial (300).
2. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según la reivindicación 1, en la cual la fuente de campo magnético (2) se dispone de modo concéntrico hacia la normal superficial (300) de la superficie de evaporación (33), de manera tal que la superficie de evaporación (33) se encuentra entre un polo norte y polo sur de la fuente del campo magnético (2). 15
3. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según la reivindicación 1, en la cual la fuente de campo magnético (2) se distancia a una primera distancia (A1) predeterminada sobre un lado del cuerpo del cátodo (3), que no se enfrenta a la base del cátodo (34), de la superficie de evaporación (33). 20
4. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual el anillo de amplificación de campo magnético (4) o el anillo de corrección magnética (5) se polariza en paralelo o antiparalelo a la normal superficial (300) o se dispone de modo concéntrico a la normal superficial (300). 25
5. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual el anillo de amplificación de campo magnético (4) o el anillo de corrección magnética (5) se alinean de modo no concéntrico a la normal superficial (300), o el anillo de amplificación de campo magnético (4) o el anillo de corrección magnética (5) tienen una superficie de corte transversal no circular. 30
6. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual la primera distancia (A1) o la segunda distancia (A2) o la tercera distancia (A3) se encuentran en un intervalo de cero a 200 mm. 35
7. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual la fuente de campo magnético con forma de anillo (2) o el anillo de corrección magnética (5) comprenden una pluralidad de imanes permanentes (20, 40, 50) alineados en paralelo a la normal superficial (300). 40
8. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual la fuente de campo magnético con forma de anillo (2) o el anillo de corrección magnética (5) comprenden un imán anular. 45
9. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual la fuente de campo magnético con forma de anillo (2) o el anillo de corrección magnética (5) comprenden un electroimán.
10. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual una intensidad del campo magnético de la fuente de campo magnético (2) con forma de anillo o una intensidad del campo magnético del anillo de corrección magnética (5) es modificable o controlable o regulable, principalmente dependiendo del material de evaporación (31) o del estado de combustión del cátodo (32), o dependiendo de si otros parámetros de operación de la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío son controlables o regulables. 50
11. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual la fuente de campo magnético con forma de anillo (2) o el anillo de amplificación de campo magnético (4) o el anillo de corrección magnética (5) se polarizan de modo similar con respecto a la normal superficial (300). 55
12. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual la fuente de campo magnético con forma de anillo (2) o el anillo de amplificación de campo magnético (4) o el anillo de corrección magnética (5) se polarizan opuestos con respecto a la normal superficial (300). 60
13. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual la fuente de campo magnético con forma de anillo (2) o el anillo de amplificación de campo magnético (4) o el anillo de corrección magnética (5) comprenden un imán de alta temperatura, principalmente un imán de alta temperatura hecho de SmCo. 65

14. Fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según una de las reivindicaciones anteriores, en la cual la fuente de campo magnético con forma de anillo (2) se dispone en un bloque de soporte (7) y para la limitación de la descarga de arco voltaico sobre la superficie de evaporación (33) del cátodo (32), entre el bloque de soporte (7) y el cátodo (32), se proporciona un aislamiento de BN (8), en cuyo caso el bloque de soporte (7) se realiza particularmente de cobre.
- 5      15. Cámara de evaporación por arco voltaico que comprende una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío (1) según una de las reivindicaciones 1 a 14.

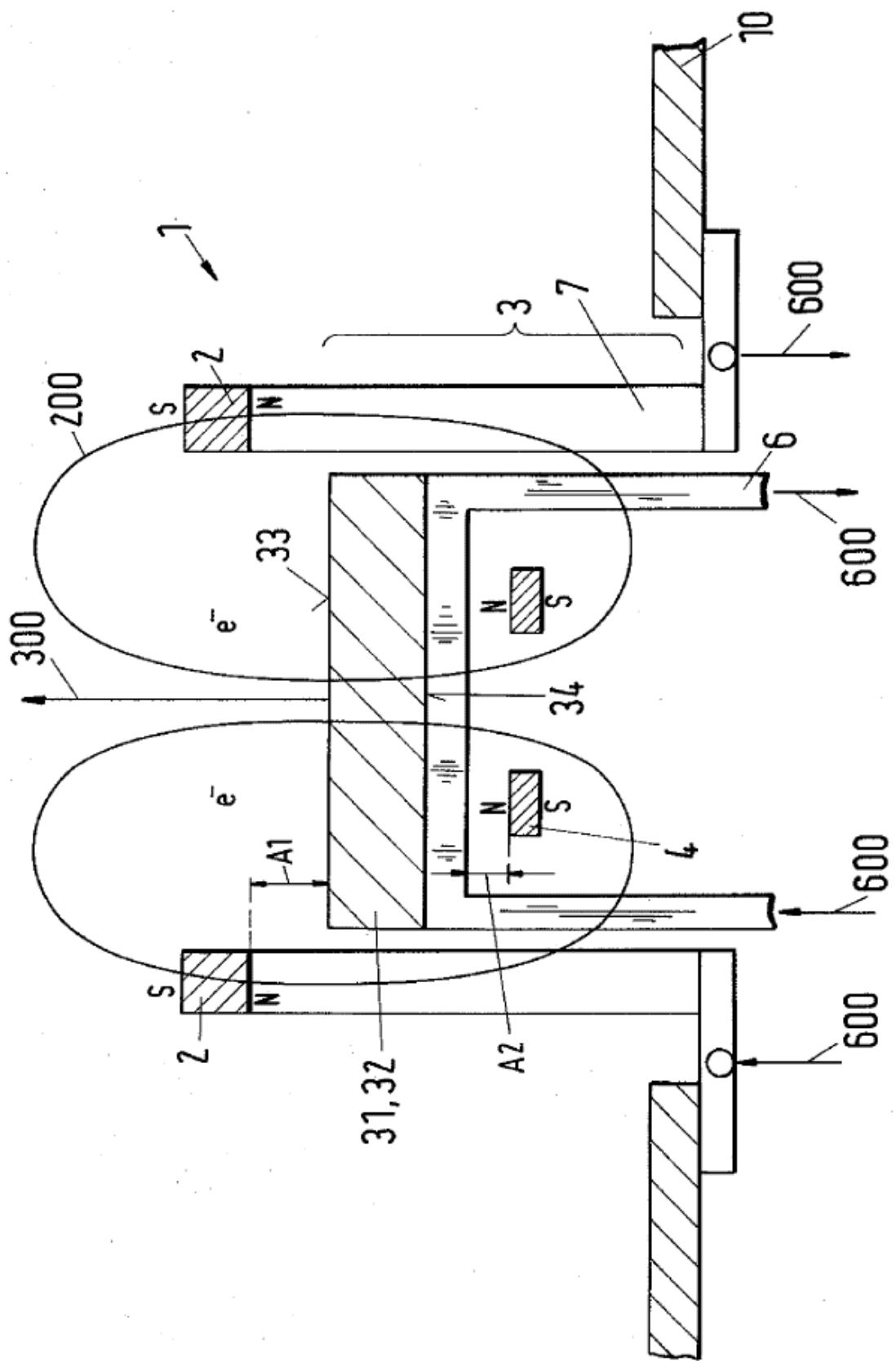


Fig.1

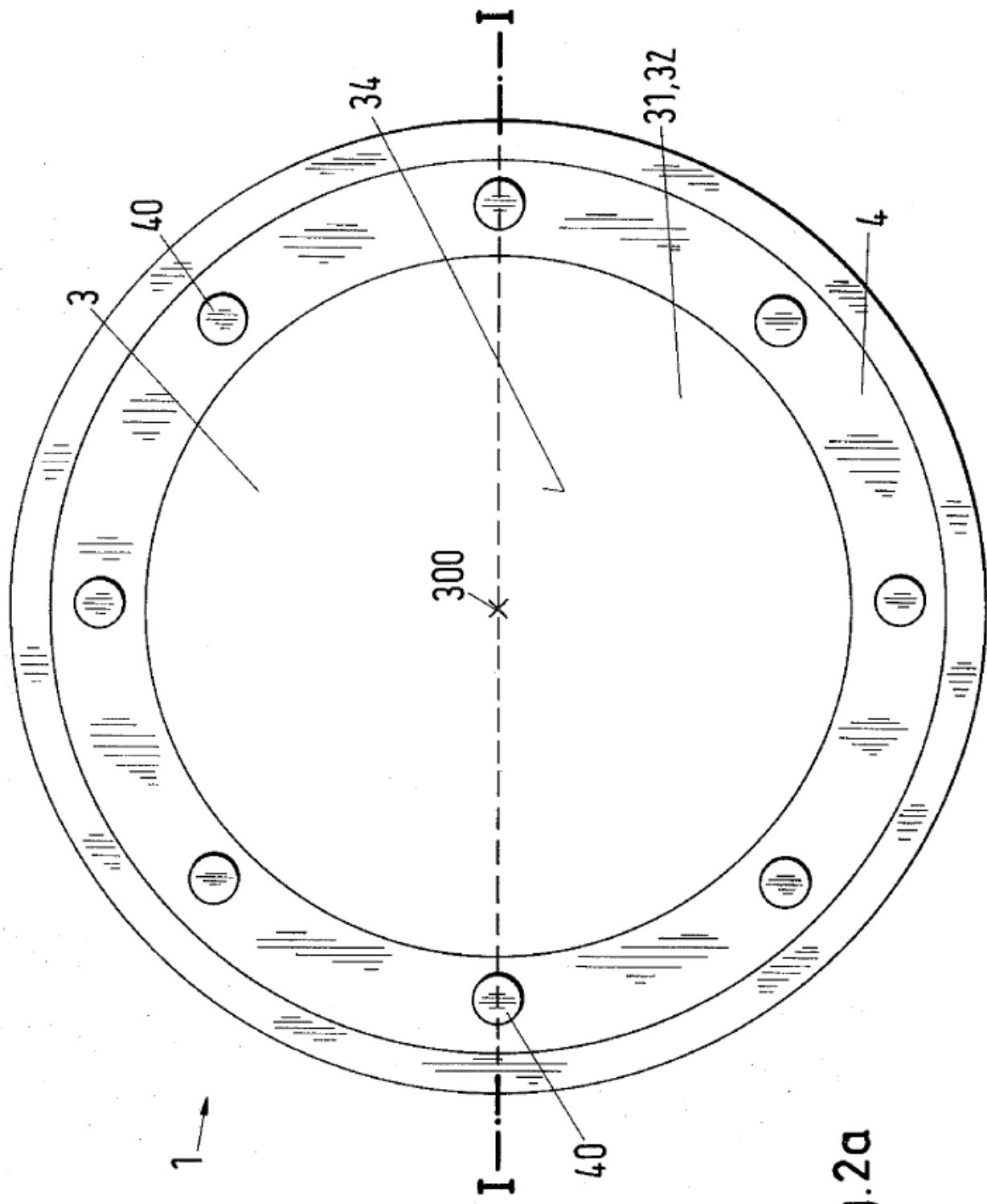


Fig. 2a

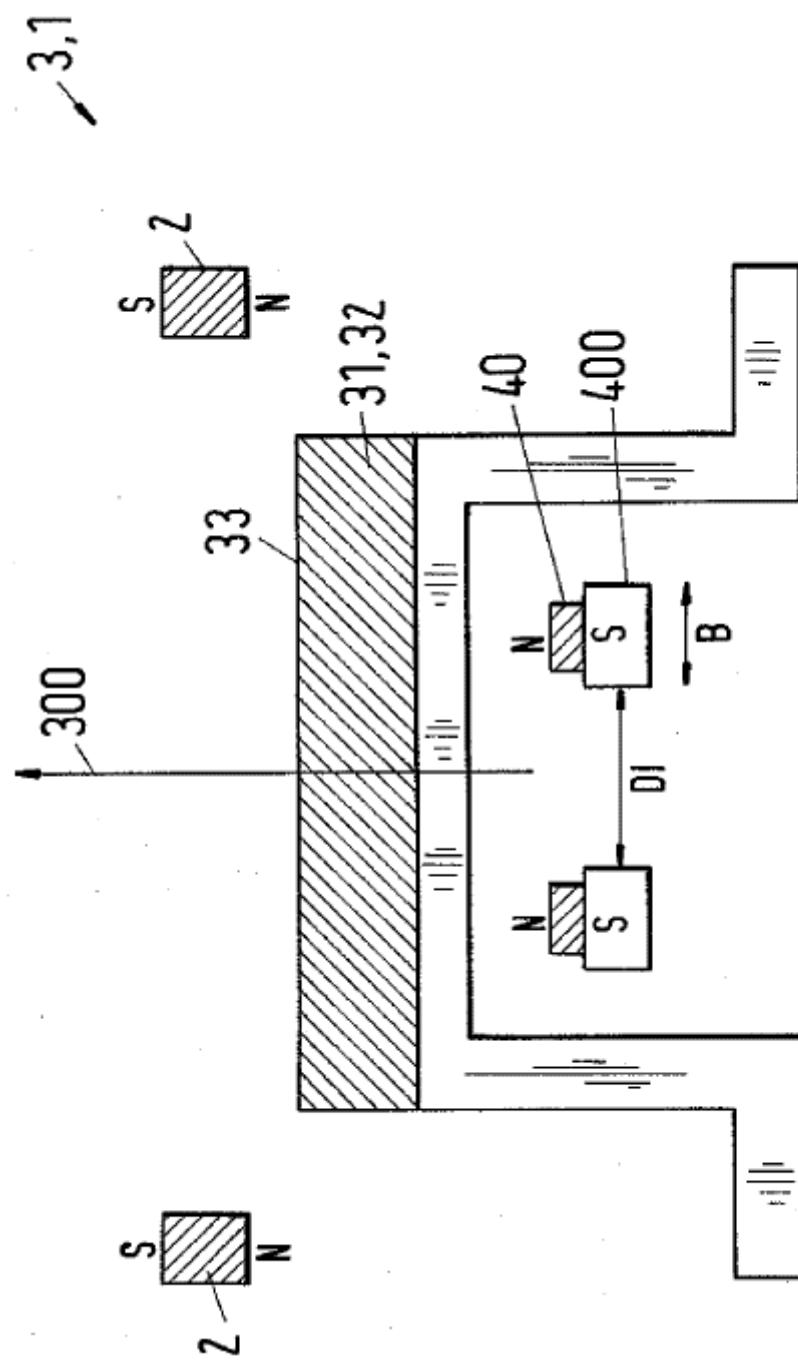


Fig. 2b

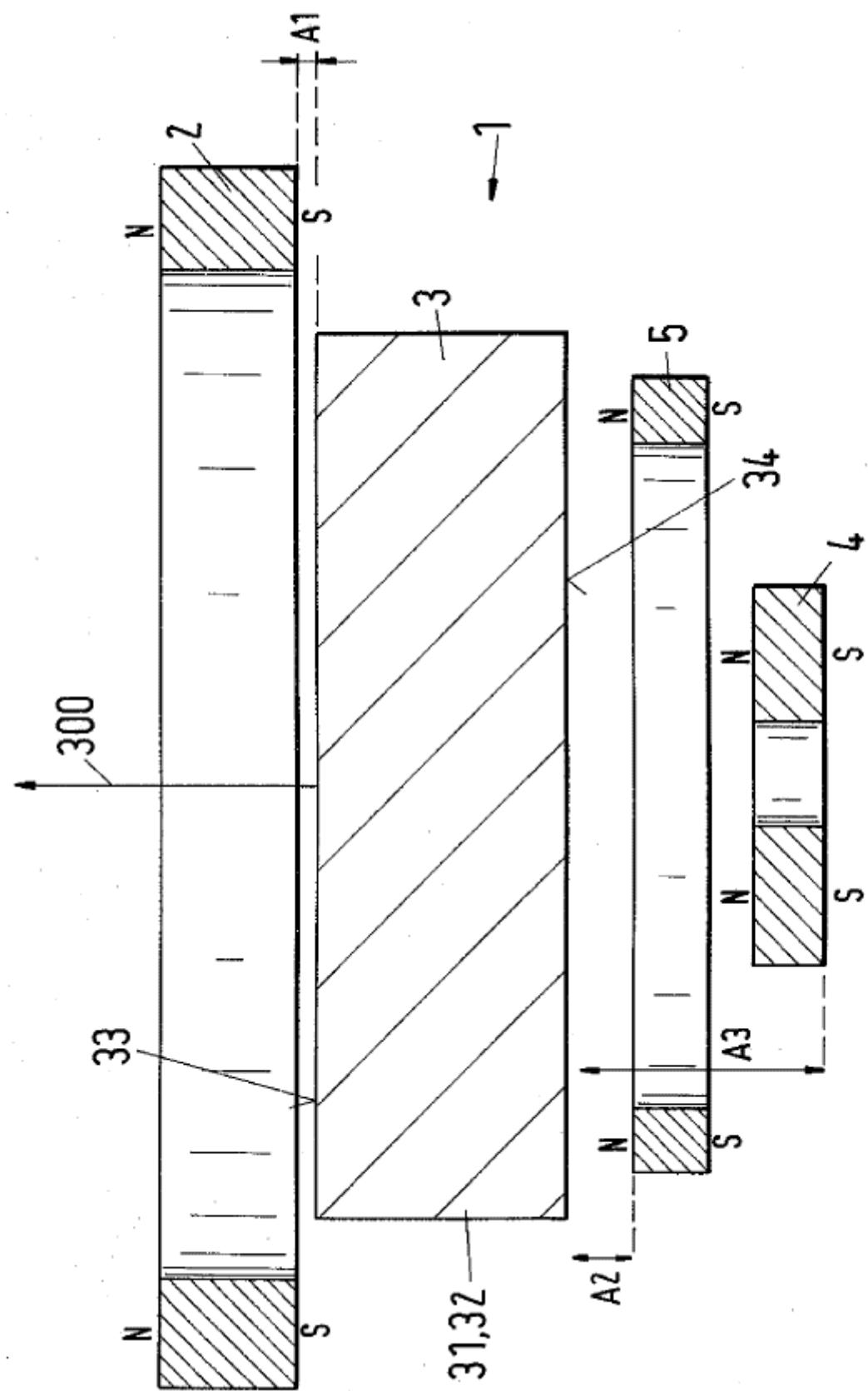


Fig. 3

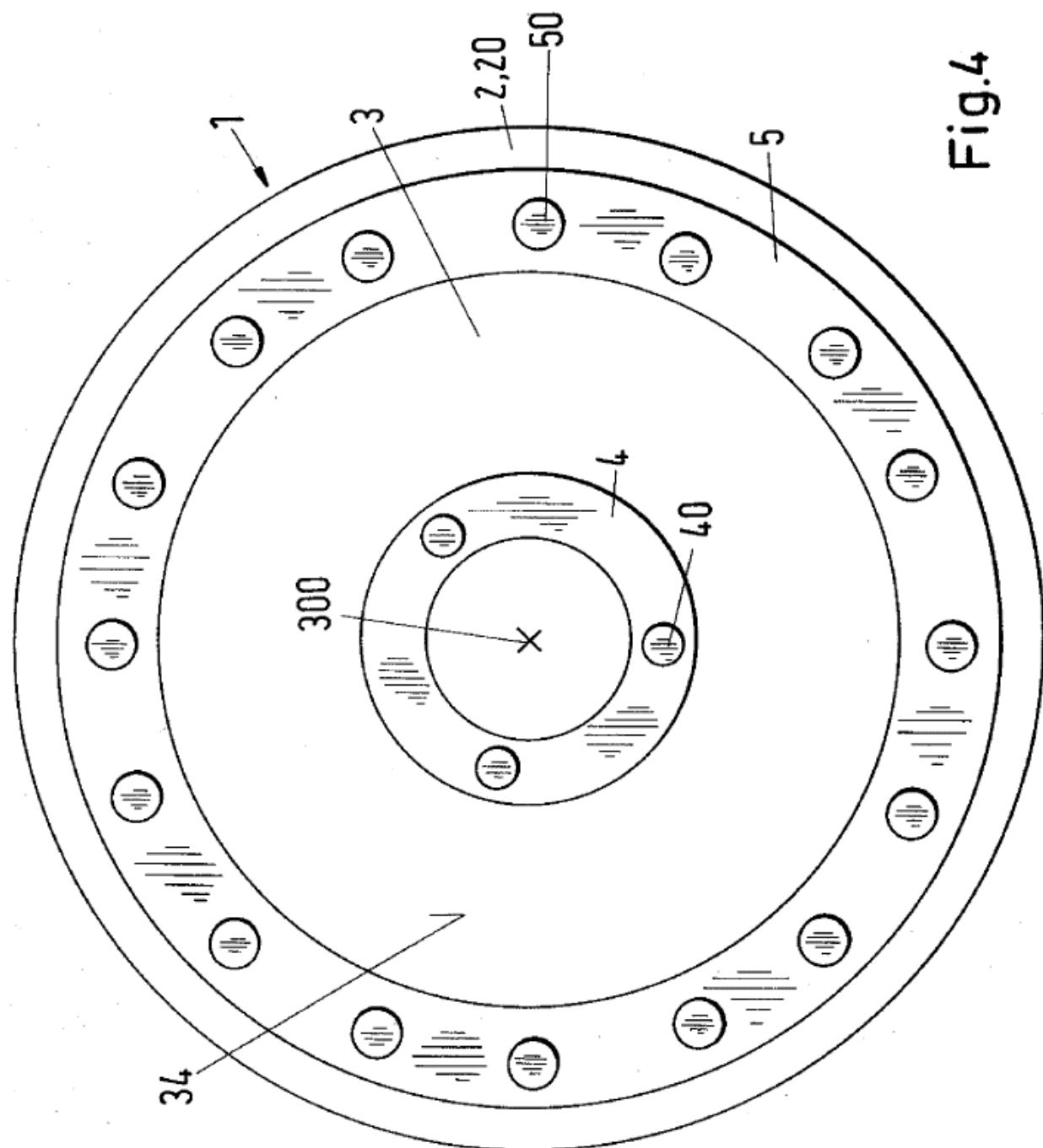


Fig.4

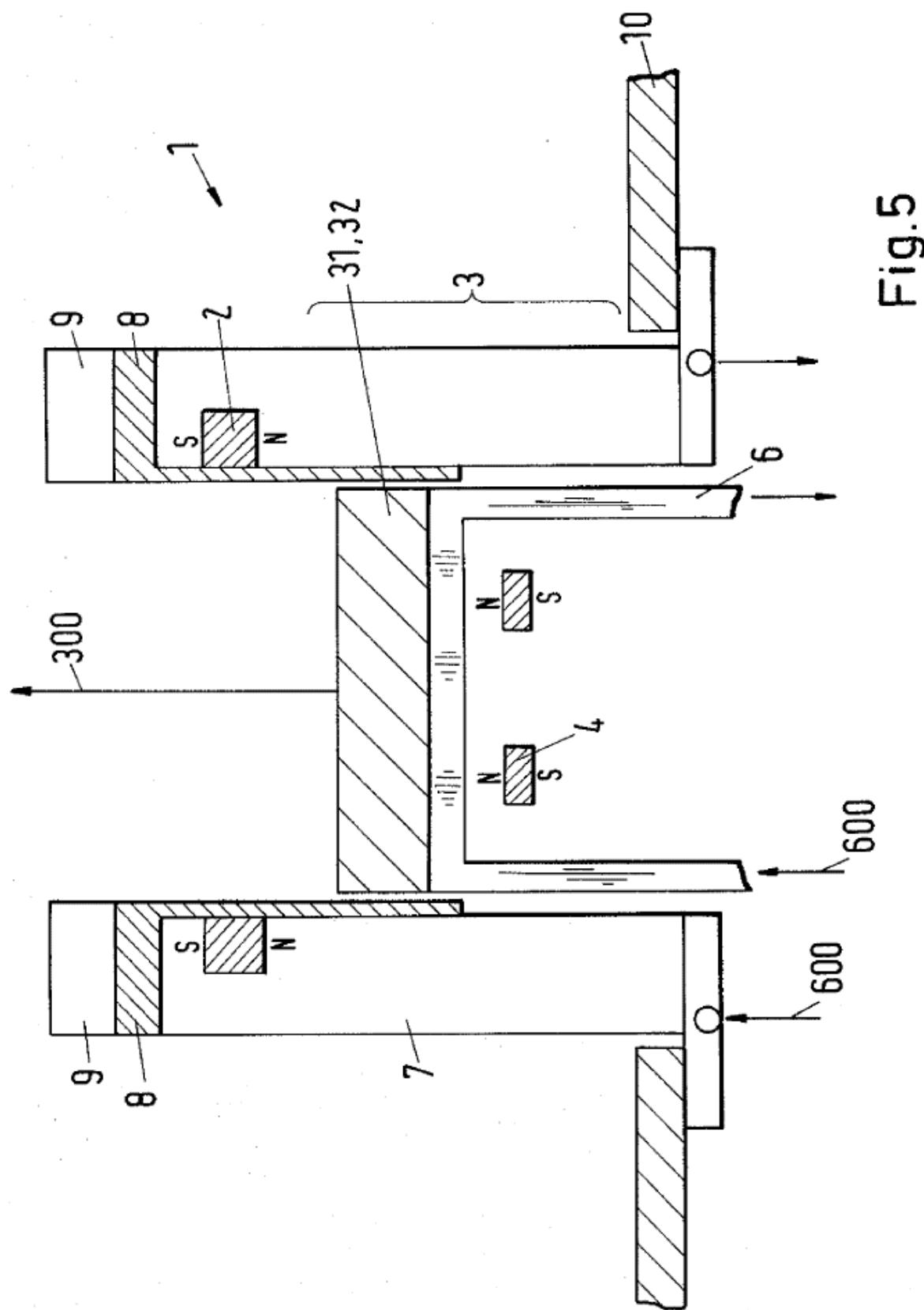


Fig. 5

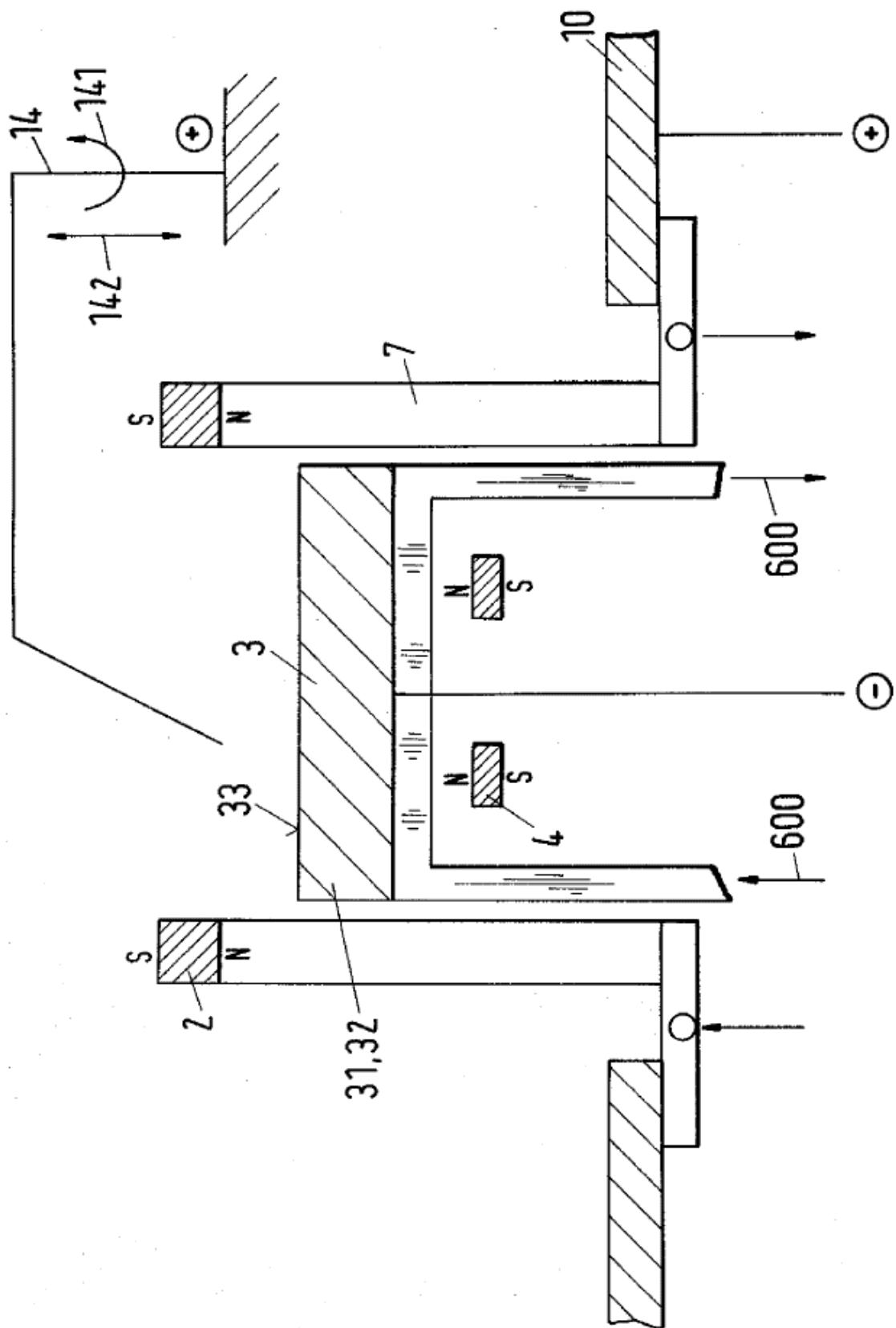


Fig.6

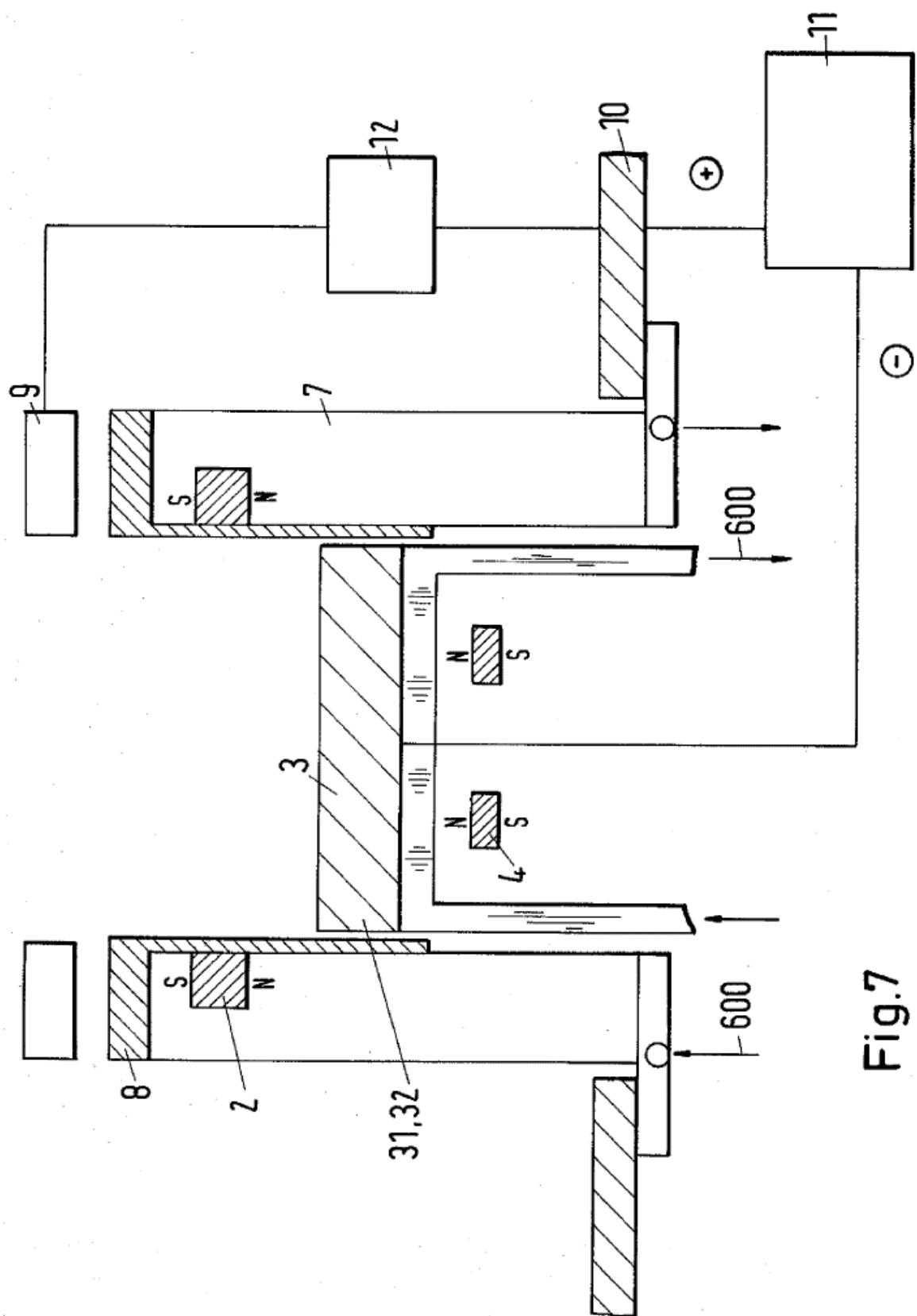


Fig.7

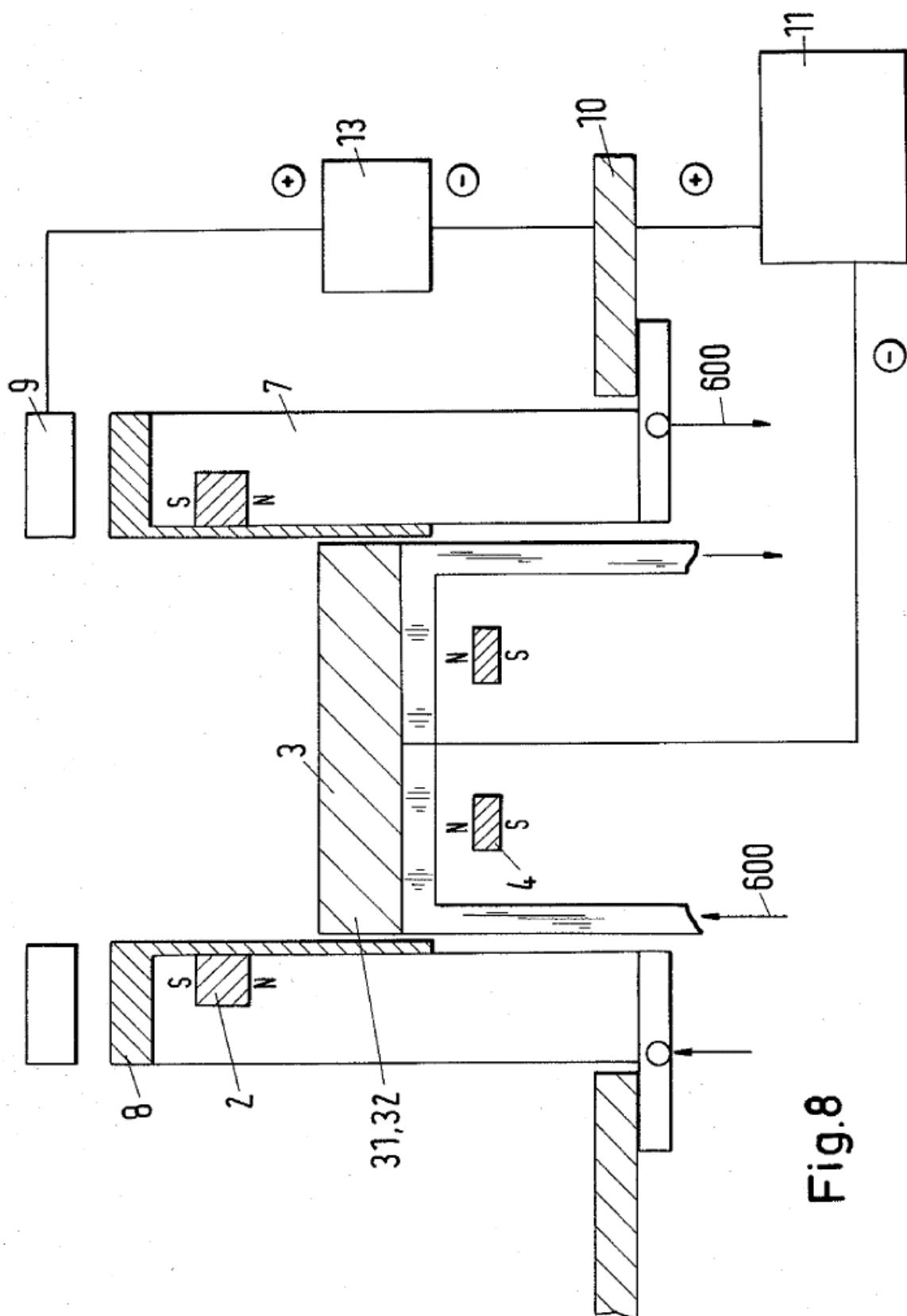


Fig. 8

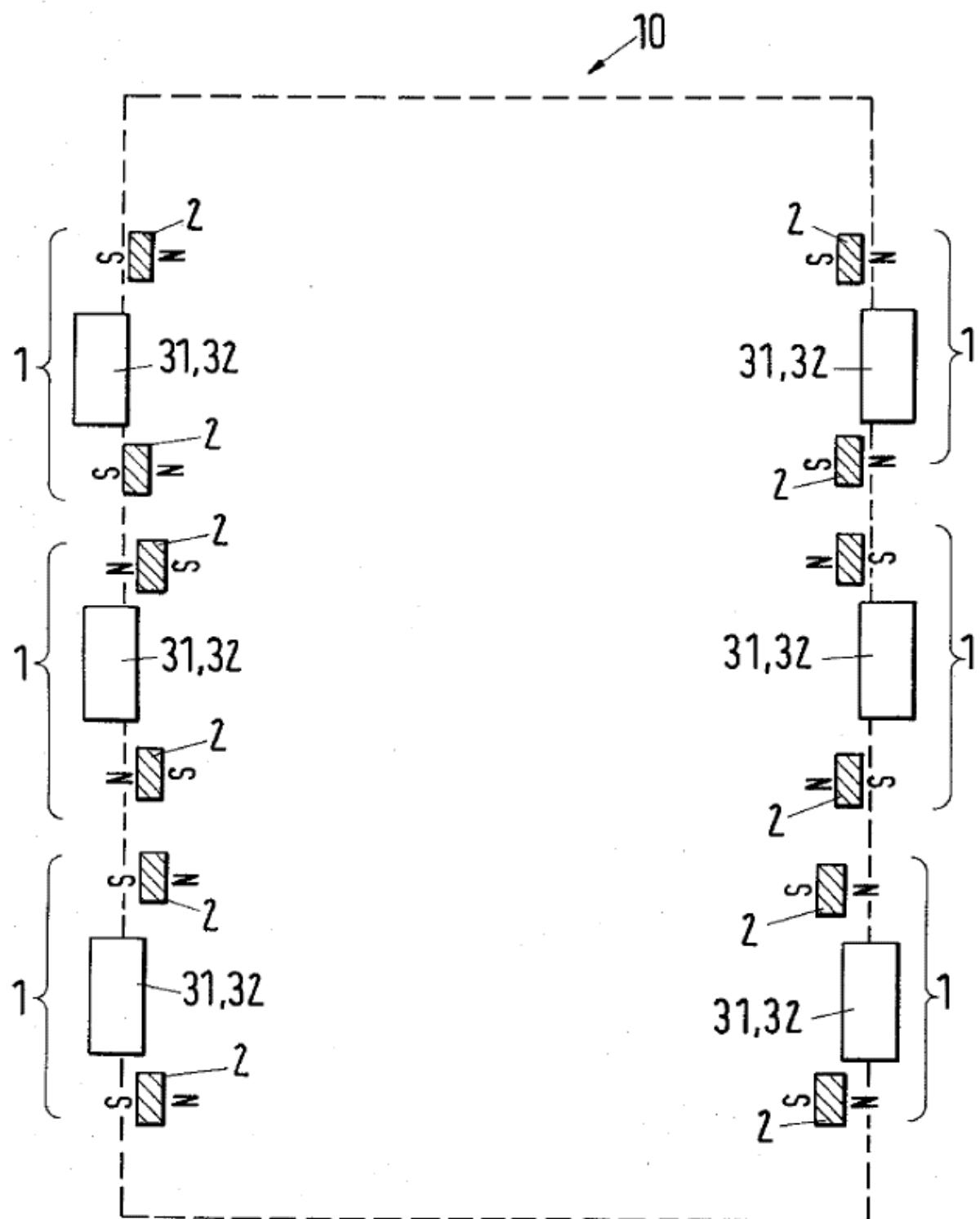


Fig.9

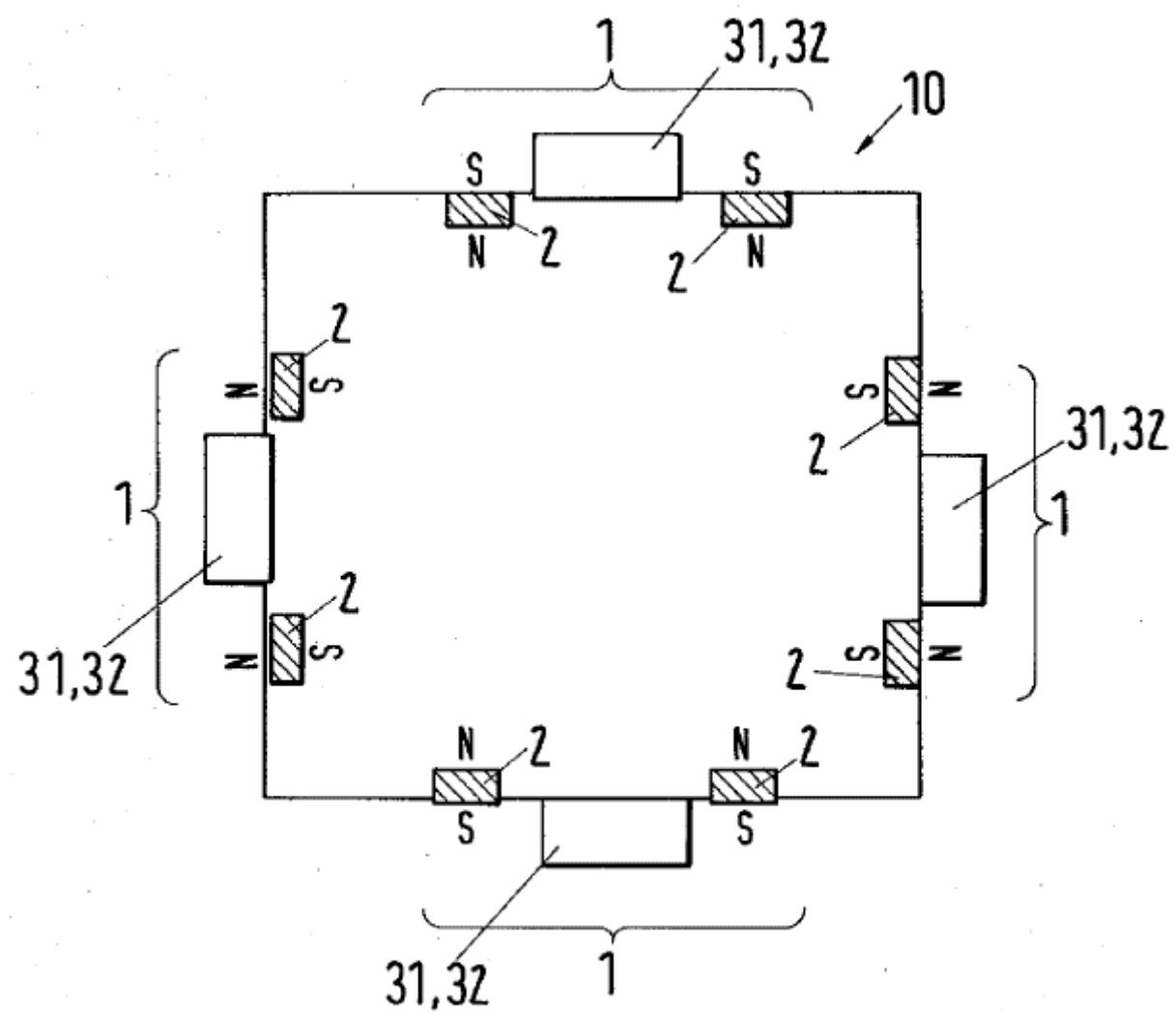


Fig.10