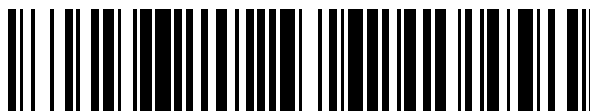


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 683**

51 Int. Cl.:

**G01F 1/00** (2006.01)

**G01F 1/64** (2006.01)

**G01N 27/414** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2006 E 06090103 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 1736740**

54 Título: **Sensor para determinar el flujo de y/o en líquidos y su uso**

30 Prioridad:

**24.06.2005 DE 102005030200**

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

**15.11.2018**

73 Titular/es:

**LEIBNIZ-INSTITUT FÜR POLYMERFORSCHUNG  
DRESDEN E.V. (100.0%)  
Hohe Strasse 6  
01069 Dresden, DE**

72 Inventor/es:

**SUTANTO, PAGRA TRUMAN;  
UHLMANN, PETRA y  
STAMM, MANFRED**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 689 683 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**

Sensor para determinar el flujo de y/o en líquidos y su uso

5 Determinación del flujo de y/o en líquidos, así como sus usos ventajosos. Se puede usar en una amplia variedad de sistemas de fluidos en los que se deba determinar el movimiento de líquidos y/o el movimiento de objetos en líquidos. Este se puede usar con bajos volúmenes de fluido, es decir, en el rango de los nano o microfluidos. También es posible usarlo en los denominados sistemas Lab-on-Chip, en donde uno o más sensores según la invención pueden prácticamente formar un laboratorio de sensores de flujo sobre una tarjeta de chip o, en términos  
10 generales, permiten supervisar los canales de líquido en los sistemas Lab-on-Chip. Las señales eléctricas de medición se pueden procesar y evaluar fácilmente.

Para determinar flujos o corrientes de líquidos hasta ahora, por lo general, se han usado métodos de medición mecánicos o térmicos. En estos casos, mediante el flujo del líquido, se ejerce una fuerza mecánica sobre un  
15 componente que se deforma o se pone en movimiento, según sea el caso, lo que permite calcular esta deformación o el movimiento.

Por otro lado, en el caso de una detección térmica, se registra el calentamiento local del líquido y la distribución de la respectiva temperatura resultante mediante los sensores de temperatura adecuados, o se detecta el enfriamiento del  
20 cable calefactor mediante la inyección de líquido.

Se sabe que los sistemas mecánicos de medición son susceptibles al desgaste y en formatos miniatura solo están disponibles dentro de ciertos rangos. Además, no es posible influir en la sensibilidad con efectos perceptibles.

25 Los procesos térmicos afectan significativamente cada uno de los líquidos, lo que produce cambios en muchas de las propiedades de cada líquido. Además, las diferentes temperaturas tienen una gran influencia en las propiedades físicas, como, por ejemplo, la viscosidad y el comportamiento de la mojabilidad. Además, las reacciones de los componentes contenidos en los líquidos, como, por ejemplo, las biomoléculas, se ven significativamente afectadas.

30 Los procesos de detección basados en principios eléctricos que se han usado hasta ahora también afectan de forma no deseada el

comportamiento de flujo de los líquidos.

35 Con ninguno de estos métodos, se puede detectar fácilmente el comportamiento de corriente en volúmenes de líquido más pequeños.

Sin embargo, desde hace tiempo en la tecnología de sensores también se están usando en una amplia variedad de aplicaciones, en particular, los transistores de efecto de campo, como, por ejemplo, la solución descrita en EP 0 751  
40 392 A2.

A partir de US 4.322.680 B1, se conoce un dispositivo químicamente sensible. En este caso, sobre la superficie del sustrato se forma una capa semiconductor. Además, sobre la superficie de la capa semiconductor entre la fuente y el drenaje, se encuentran terminales de fuente y drenaje, así como con una estructura de puerta químicamente  
45 sensible. La estructura de puerta puede interactuar con sustancias químicas y formar un campo eléctrico en función de la presencia, concentración o actividad de la sustancia.

En US 2002/0117693 A1 se hace referencia a un sensor con un circuito de transistor orgánico con un canal conductor, cuya conductividad cambia en función del olor/perfume del gas o vapor.

50 Por lo tanto, es un objetivo de la invención proporcionar un sensor capaz de detectar flujos de líquidos y/o en líquidos de bajo volumen y poco espesor de película de líquido.

Según la invención este objetivo se consigue con un sensor que presenta las características de la reivindicación 1.  
55 Los usos ventajosos se indican en las reivindicaciones 12 y 13.

Se pueden conseguir una configuración ventajosa y perfeccionamientos de la invención con las características designadas en las reivindicaciones subordinadas.

60 El sensor según la invención para determinar el flujo se basa en el principio de los transistores de efecto de campo.

En este caso, está presente al menos un canal de flujo a través del cual entra o fluye el líquido respectivo. El canal de flujo está formado por dos electrodos separados el uno del otro. La distancia de separación entre los electrodos debe ser mucho más pequeña que su longitud.

- 5 La parte inferior del canal de flujo, en contacto con los dos electrodos, consiste en un material semiconductor, en donde el material semiconductor se puede recubrir, al menos en ciertas zonas, con una capa aislante. En este caso, el espesor de la capa semiconductor debería ser menor que el doble del espesor de la zona de agotamiento formada de un sustrato a granel, donde el sustrato a granel consiste en un material semiconductor equivalente. Es concebible que el material semiconductor presente una superficie estructurada (por ejemplo, rugosidad y/o  
10 porosidad artificial) también permita influir de forma positiva en la sensibilidad o el comportamiento de flujo.

No es absolutamente necesario que los electrodos se formen en línea recta, es concebible que tengan diversas formas, donde los electrodos no tengan contacto físico para que siga siendo posible determinar la resistencia de la capa semiconductor entre los electrodos. Es ventajoso que un electrodo constituya un terminal de fuente (origen) y  
15 el otro electrodo un terminal de drenaje (depresión) de un transistor de efecto de campo. La puerta del transistor de efecto de campo es en sí mismo un líquido conductor de electricidad (aislado de la electricidad de la capa semiconductor por un aislante), un componente de cobertura sobre el canal de flujo (donde se aplica una tensión eléctrica al componente de cobertura, y el líquido es parte del dieléctrico), el entorno a un potencial ambiental no especificado (donde el líquido también es parte del dieléctrico) o grupos funcionales en la parte inferior del canal de  
20 flujo.

En el caso de líquidos conductores de electricidad, los electrodos, al menos, están aislados de la electricidad del líquido, lo que se puede conseguir, por ejemplo, con un revestimiento superficial que aisle la electricidad de los electrodos.

25 Durante la detección efectiva, se aplica una tensión eléctrica constante a los electrodos y la corriente eléctrica que fluye entre el terminal de fuente y el terminal de drenaje a través de la capa semiconductor se puede utilizar como señal de medición.

30 Si un líquido fluye hacia o a través de un canal de flujo, cambia la corriente eléctrica que fluye entre el terminal de origen y el terminal de drenaje, o si un líquido fluye a través de un canal de flujo, puede ocurrir y se puede detectar un cambio en la corriente eléctrica que fluye entre el terminal de origen y el terminal de drenaje.

Además, los cambios en el líquido, así como también las reacciones químicas o bioquímicas que ocurren cuando un  
35 líquido fluye hacia o a través de un canal de flujo pueden producir un efecto de campo que se puede detectar. Para realizar una modificación potencial adicional en el líquido respectivo, se puede sumergir un electrodo de referencia, que preferiblemente sea un electrodo con la composición Ag/AgCl, en el líquido circulante.

Este efecto se puede conseguir, en particular, en el caso de líquidos no iónicos, por medio de una tapa de un  
40 material conductor de electricidad que cubra el canal de flujo, por ejemplo, vidrio conductor de electricidad. En este caso, se aplica una tensión eléctrica constante predeterminada a un electrodo de referencia o a un componente de cobertura de este tipo.

En una versión particularmente preferida del sensor según la invención, un sustrato formado por un material  
45 conductor de electricidad o semiconductor actúa como una puerta adicional, que está cubierta con una capa aislante de la electricidad no conductora y sobre la que se forma la capa semiconductor que comunica con el canal de flujo.

Al aplicar además tensión eléctrica al sustrato, se puede modificar y optimizar la sensibilidad del sensor según la invención en función de la tensión ajustada.

50 La aplicación de tensión eléctrica al sustrato debe tener lugar de tal manera que a lo largo del eje longitudinal del canal de flujo respectivo se ajuste una distribución de potencial de tensión, preferiblemente una distribución de potencial de tensión lineal en el mismo sentido o contraria a la dirección de corriente del líquido.

55 Como resultado, no solo se puede mejorar la sensibilidad del sensor, sino que también se puede detectar la respectiva dirección de corriente del líquido o dentro del líquido.

No tiene que haber necesariamente una diferencia de potencial de tensión a lo largo de todo del canal de flujo, lo que se puede lograr con la disposición correspondiente manteniendo una distancia de los elementos de contacto en  
60 el sustrato.

Para la producción final del sensor según la invención es una ventaja poder usar un denominado sustrato de silicio sobre aislante (SOI, por sus siglas en inglés), al que se pueden aplicar los electrodos y el aislamiento deseados para la detección y la formación de canales de flujo en un método convencional de película delgada.

5

Esto permite producir de manera económica sensores según la invención muy pequeños.

Sin embargo, también es posible usar otros materiales semiconductores en lugar de silicio.

10 En un sensor según la invención, sin embargo, también se pueden formar múltiples canales de flujo. En este caso, se pueden llevar a cabo diferentes investigaciones en los canales de flujo. Sin embargo, si los canales de flujo están dispuestos entre sí en paralelo, esto también permite registrar la curva de los frentes de líquido o la curva de un frente de distribución de partículas, burbujas u otros objetos circulantes cuando estas fluyen hacia o a través de dichos canales de flujo.

15

Con el sensor según la invención, se pueden realizar diferentes investigaciones en el líquido que fluye a través del canal de flujo. De esta manera se puede detectar la velocidad de corriente de la superficie mojada o cubierta con líquido, según sea el caso, dentro de los canales de flujo, lo que a su vez permite extraer conclusiones sobre el comportamiento de mojabilidad o la viscosidad del líquido.

20

Sin embargo, las superficies de los canales de flujo pueden estar completa o incluso solo parcialmente provistas de al menos una capa funcional, con lo cual existe la posibilidad de realizar investigaciones adicionales del líquido que fluye hacia o a través del canal de flujo.

25 Algunos ejemplos de dichas capas funcionales son los cepillos de polímero, los cepillos de polielectrolitos, los revestimientos de silano, las capas funcionales formadas con polímeros, receptores, proteínas o biomoléculas.

30 Como resultado, dependiendo de la capa funcional seleccionada, se pueden llevar a cabo diferentes investigaciones en el líquido circulante. De esta manera, por ejemplo, con cepillos de polielectrolitos, como capa funcional, se pueden detectar los movimientos de los frentes líquidos, o la posible adsorción de proteínas en cepillos de polielectrolitos. Es concebible también realizar una caracterización de la capa funcional en líquido.

En capas funcionales con polímeros, se puede calcular, por ejemplo, el comportamiento de mojabilidad con un líquido en particular.

35

En el caso de capas funcionales que se forman con receptores, proteínas o biomoléculas, es posible llevar a cabo reacciones o interacciones bioquímicas.

40 Para llevar a cabo investigaciones con un sensor según la invención, se pueden usar líquidos que puedan contener ciertos iones, colorantes, tensioactivos, burbujas de gas, gotas de líquido y/o partículas. En particular, en el caso de iones, burbujas de gas, gotitas de líquido y/o partículas contenidas en el líquido, se pueden detectar cambios en la distribución en el espacio de las constantes dieléctricas y/o la densidad de carga.

45 Para graduar o realizar calibraciones certificadas de los sensores según la invención, parece ser ventajoso usar líquidos de calibración.

En particular, en los sensores según la invención que tienen varios canales de flujo, se puede usar al menos un canal de flujo para detectar un líquido de calibración.

50 A continuación se debe explicar la invención más en detalle a modo de ejemplo.

A este respecto se muestra:

Figura 1: un ejemplo de un sensor en forma esquemática;

Figura 2: un ejemplo para calcular el flujo y la mojabilidad del líquido en un ejemplo de un sensor;

55 Figura 3: otro ejemplo de un sensor según la invención en forma esquemática;

Figura 4: un ejemplo de un sensor según la invención con una diferencia de potencial aplicada y

Figura 5: un ejemplo para determinar la curva de un frente líquido.

60 Los ejemplos que se muestran en las figuras 1 a la 3, y 5 pueden servir como base para un sensor según la invención.

La figura 1 muestra una ilustración esquemática y en perspectiva de un ejemplo de un sensor. En este caso, a la película delgada de silicio de un sustrato de silicio sobre aislante (SOI, por sus siglas en inglés) se aplicaron electrodos conductores de electricidad dispuestos entre sí en paralelo en un método convencional de película delgada, como, por ejemplo, mediante el método CVD (por sus siglas en inglés), deposición de vapor o procesos de pulverización catódica. La película delgada de silicio conduce la electricidad y está conectada a los electrodos, mientras que los electrodos están en contacto con la fuente 2 y el drenaje 3. El número 4 indica la zona de la puerta, es decir, la zona de la capa semiconductoras cuyas reacciones se detectan por los cambios en el campo eléctrico.

10 El terminal de fuente 2 y el terminal de drenaje 3 también están cubiertos con una capa aislante 8, excepto los terminales de contacto 2.

Entre el terminal de fuente 2 y el terminal de drenaje 3, se forma con estos un canal de flujo para un líquido a detectar que fluye hacia o a través del canal de flujo. La corriente de líquido se muestra esquemáticamente en la figura 1 y la dirección de la corriente se indica con la flecha.

El sustrato 1 de silicio está cubierto por una capa aislante 7. Sobre la capa aislante entre el terminal de fuente 2 y el terminal de drenaje 3, se forma la película delgada de silicio. Toda o una parte de la superficie del canal de flujo entre el terminal de fuente 2 y el terminal de drenaje 3 puede formar una zona sensible del sensor.

20 Para definir las condiciones límite, se puede sumergir en el líquido circulante un electrodo de referencia 6, preferiblemente que sea un electrodo Ag/AgCl.

En lugar de un electrodo de referencia 6, el canal de flujo puede cubrirse con un componente de cobertura conductor de electricidad 5, en particular, para estudiar líquidos no iónicos, por ejemplo, desde arriba sobre las capas de aislamiento y el canal de flujo para evitar corrientes iónicas en el terminal de fuente 2 y el terminal de drenaje 3. En este caso, existe la posibilidad de poner en contacto el componente de cobertura 5 conductor de electricidad con la corriente de líquido que fluye hacia o a través del canal de flujo. En el componente de cobertura 5 conductor de la electricidad se forma un electrodo de conexión para la tensión eléctrica.

30 Cuando el líquido fluye hacia o a través del canal de flujo, la corriente entre el terminal de origen 2 y el terminal de drenaje 3 cambia a través de la capa semiconductoras sobre la que se encuentra el canal de flujo, dependiendo de la cantidad de líquido que haya entrado en el canal de flujo y la respectiva área sensible que se ha humedecido con líquido dentro del canal de flujo.

35 Como resultado, se puede detectar el flujo de dicho líquido en el canal de flujo y, según el caso, también se pueden conocer otras propiedades del líquido.

La figura 2 pretende ilustrar la señal de medición detectable en un líquido que fluye en un canal de flujo o en una corriente de un líquido a través de un canal de flujo en el que, por ejemplo, están contenidas partículas.

En este caso, se puede detectar una señal de medición con un aumento lineal casi constante, en donde el respectivo valor de la señal de medición puede representar, por ejemplo, una medida de la superficie humedecida, ilustración inferior izquierda de la figura 2, o una medida de partículas que fluyen en un líquido a través del canal de flujo (ilustración inferior derecha de la figura 2). La curva de la señal no tiene por qué ser lineal, es concebible también una curva de señal que aumente o disminuya monótonamente de forma continua.

Con las figuras 3 y 4 se pretende ilustrar las posibilidades de influir en la sensibilidad de los sensores según la invención.

50 Por lo tanto, en la figura 3 se aplica una tensión eléctrica adicional al sustrato 1, lo que permite que el sustrato 1 pueda formar prácticamente una puerta adicional. Con la tensión eléctrica respectiva también se puede ajustar, mejorar o incluso optimizar y la sensibilidad deseada.

55 La figura 4 muestra el perfeccionamiento de una solución de acuerdo con la figura 3.

Según la invención, en este caso, en el sustrato 1 se establece una diferencia de potencial eléctrico entre dos terminales, donde se debe seleccionar una disposición de los terminales de contacto paralela a la dirección de flujo del líquido a través del canal de flujo, lo que permite que además de la sensibilidad mejorada también se pueda detectar como información adicional la dirección de corriente respectiva del líquido o de las partículas que fluyen en

el líquido. Además, puede tener lugar una medición de la posición de cada una de las partículas, es decir, en el tiempo y el espacio.

Debido al gradiente de tensión que se puede conseguir con la diferencia de potencial, se puede obtener una  
5 sensibilidad local del sensor en el canal de flujo diferente.

En el ejemplo que se muestra en la figura 4, el gradiente de tensión se ha ajustado para que la sensibilidad aumente de izquierda a derecha. Si en el líquido también se mueve una o se mueven varias partículas de izquierda a derecha, se podrá detectar una señal ascendente. A partir de los respectivos valores de señal, se puede determinar  
10 la posición de una partícula o de otro cuerpo de muestra en el líquido. Si el líquido contiene una partícula o burbujas de gas o gotas de líquido, que luego fluyen en el líquido de derecha a izquierda, se detectará una señal de decreciente.

De forma análoga, también es posible detectar la posición de un frente de líquido y la dirección de corriente del  
15 líquido.

La figura 5 muestra algunas posibilidades para detectar la curva de un frente líquido con múltiples canales de flujo dispuestos en paralelo entre sí, donde a su vez cada uno de ellos está formado por dos electrodos, como terminal de fuente 2 y terminal de drenaje 3. En la ilustración de la izquierda de la figura 5, se indica la curva de un frente líquido  
20 de un líquido que fluye a través de varios de estos canales de flujo, y en la ilustración de la derecha se muestran las señales de medición detectadas por cada uno de los canales de medición. La ilustración no es fiel a la escala, ya que gracias a la miniaturización que logra alcanzar, dicho sensor permite una disposición compacta y estrecha de varios de estos canales de flujo uno al lado del otro.

Aquí no se muestra que, al menos en algunas áreas, se puede colocar al menos una capa funcional, como se menciona en la parte general de la descripción, en la parte inferior y posiblemente también en las paredes del canal de flujo, lo que permite llevar a cabo posibles investigaciones nuevas con un sensor según la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Sensor para determinar el flujo de y/o en líquidos, en los que al menos un canal de flujo está formado por dos electrodos por canal de flujo, aislados de la electricidad del líquido que se someterá a la detección, y separados uno de otro, y el fondo del canal de flujo está formado por una capa de material semiconductor donde un electrodo constituye un terminal de fuente (2), el otro electrodo un terminal de drenaje (3) y una zona de la capa semiconductor, cuyas reacciones se detectan por cambios en el campo eléctrico, o un líquido conductor de la electricidad, en donde el líquido conductor de la electricidad está aislado de la electricidad de la capa semiconductor por un aislante, la puerta (4) de un transistor de efecto de campo, donde el flujo se determina por medio de los respectivos cambios en la corriente eléctrica entre los electrodos, o entre los electrodos y la capa de material semiconductor al aplicar una corriente eléctrica constante; **caracterizado porque** se proporcionan 1 medio para ajustar la diferencia de potencial eléctrico y dos terminales dispuestos en paralelo a la dirección de corriente del líquido, en donde los medios para ajustar la diferencia de potencial eléctrico están diseñados para poder ajustar un gradiente de tensión eléctrica entre los dos terminales que permita obtener una sensibilidad local del sensor en el canal de flujo diferente.
2. Sensor según la reivindicación 1, **caracterizado porque** un electrodo de referencia (6) se sumerge en el líquido que fluye a través del canal de flujo.
3. Sensor según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el canal de flujo está cubierto por un componente de cobertura que conduce la electricidad (5).
4. Sensor según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el electrodo de referencia (6) tiene la composición de electrodo Ag/AgCl.
5. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el material semiconductor presenta una superficie estructurada.
6. Sensor según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el material semiconductor presenta rugosidad y/o porosidad.
7. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la parte inferior y/o las paredes del canal de flujo está(n) provista(s), al menos parcialmente, de una capa funcional.
8. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en un canal o en varios canales de flujo están presentes diferentes capas funcionales.
9. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una capa funcional tiene la forma de un cepillo polimérico, un cepillo de polielectrolitos, está formada de o con un polímero, con receptores, con proteínas o biomoléculas.
10. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** un sustrato (1) está formado por un material conductor de electricidad o semiconductor, y se forma una capa aislante (7) entre el sustrato (1) y la puerta (4) que forma la capa.
11. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el líquido contiene, colorantes, tensioactivos, burbujas de gas, gotas de líquido y/o partículas.
12. Uso de un sensor según una de las reivindicaciones 1 a la 11 para determinar la corriente, la viscosidad y/o el comportamiento de mojabilidad.
13. Uso de un sensor según una de las reivindicaciones 1 a la 11 para determinar la distribución en el espacio de las constantes dieléctricas, la densidad de portadores de carga, las reacciones químicas específicas, las reacciones bioquímicas y/o los procesos de adsorción.

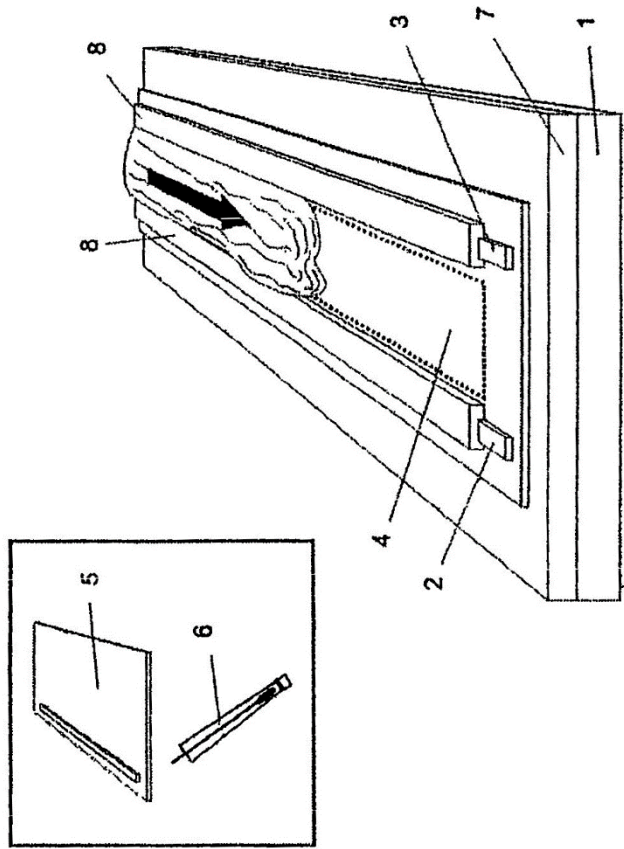


Figura 1



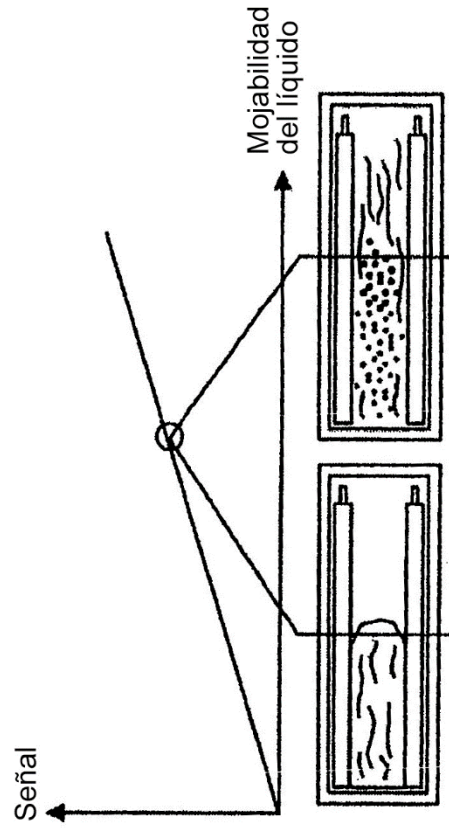


Figura 2

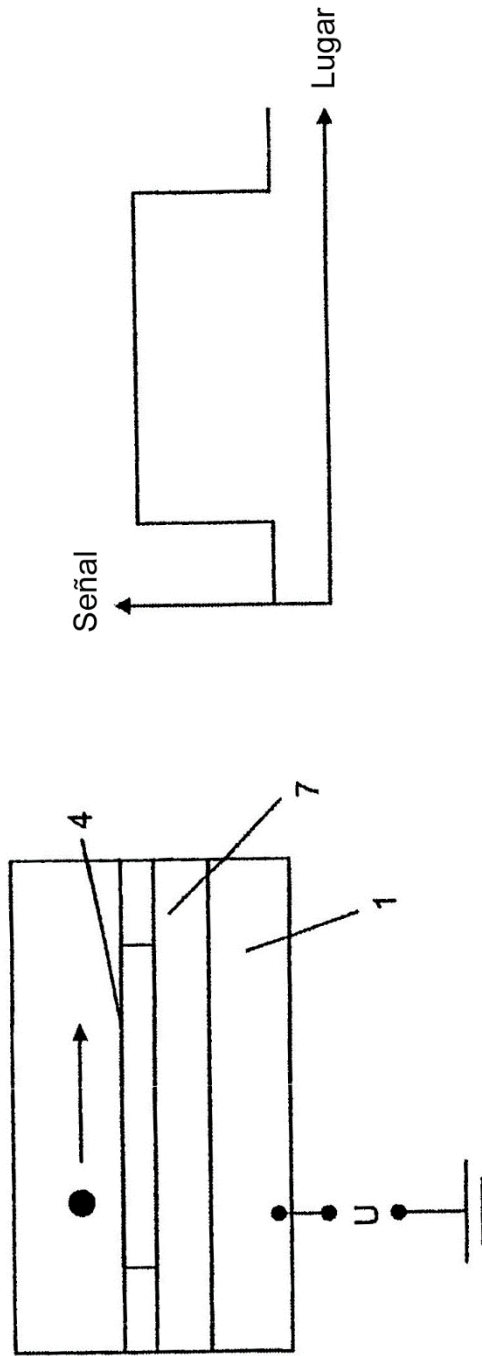


Figura 3

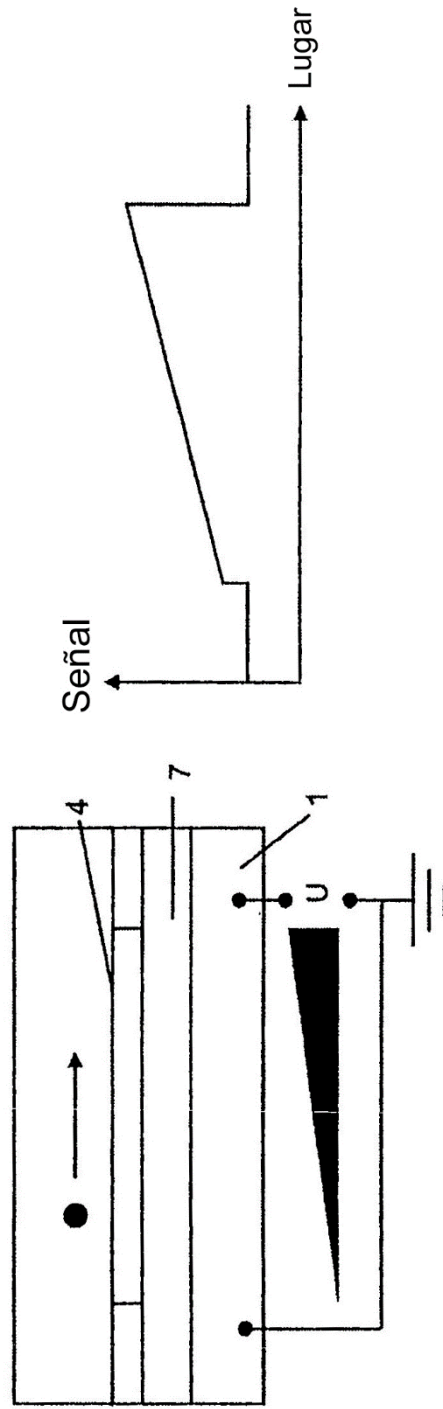


Figura 4

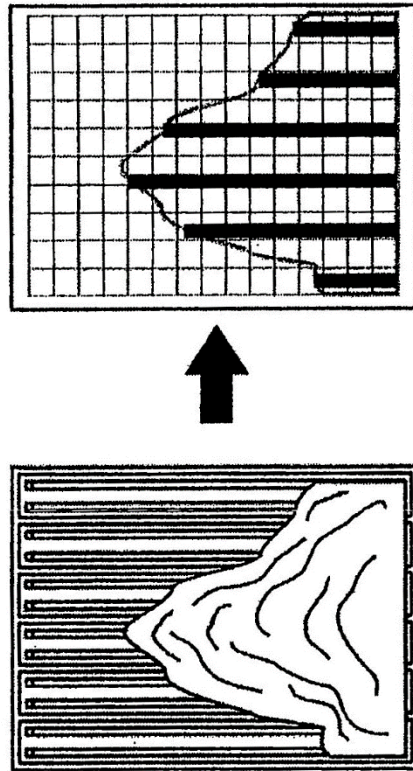


Figura 5