

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 406 966**

51 Int. Cl.:

G01N 15/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2006 E 06764397 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013 EP 2037253**

54 Título: **Analizador de movilidad diferencial**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.06.2013

73 Titular/es:

**RAMEM, S.A. (100.0%)
SAMBARA 33
28027 MADRID, ES**

72 Inventor/es:

**RIVERO JIMENEZ, ANGEL y
RAMIRO ARCAS, EMILIO**

74 Agente/Representante:

MONZÓN DE LA FLOR, Luis Miguel

ES 2 406 966 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

Analizador de movilidad diferencial.

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención consiste en un analizador de movilidad diferencial (DMA) destinado a conseguir las condiciones de campo eléctrico necesarias para que presente una componente opuesta al flujo de arrastre. Esta componente del campo eléctrico opuesta al flujo de arrastre hace que el campo eléctrico principal no sea perpendicular al campo de velocidades del flujo de arrastre sino oblicuo.

En estas condiciones es posible incrementar la resolución del dispositivo reduciendo así el umbral de errores en la detección del tipo de partícula inyectado en el analizador.

15 Caracteriza esta invención la disposición y naturaleza de los electrodos destinados a conseguir el campo eléctrico oblicuo.

Comprende igualmente la invención el uso de este analizador como parte de un dispositivo que lo comprende como uno de sus componentes en donde el otro componente es un analizador de movilidad diferencial del estado de la técnica con capacidad de discriminación para varios valores de la movilidad eléctrica. El conjunto combina la eficiencia del analizador del estado de la técnica con la alta resolución del analizador de la invención.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

25 Son conocidos analizadores de movilidad diferencial basados en establecer un flujo de arrastre con números de Reynolds elevados y el menor grado de turbulencia posible a través del cual se hace cruzar una partícula objetivo.

30 Esta partícula se inyecta en el flujo en dirección perpendicular con una carga eléctrica obtenida tras una etapa de ionización.

La presencia de un campo eléctrico perpendicular a la dirección del flujo impulsa la partícula a través del flujo cruzado en mayor o menor grado atendiendo al valor de la movilidad eléctrica que depende entre otros parámetros de la carga y del diámetro de la partícula.

35 Dado que la partícula es arrastrada aguas abajo por el flujo principal de arrastre, la mayor o menor velocidad de la partícula en función de su movilidad eléctrica dará lugar a que el punto sobre el que incide al otro lado de donde ha sido inyectada se sitúe a mayor o menor distancia.

40 El impacto a mayor o menor distancia puede ser leído mediante un multisensor que percibe la localización exacta de este impacto en la coordenada longitudinal, la que sigue el flujo. La movilidad eléctrica de la partícula es función de esta distancia donde se produce el impacto.

45 Otra alternativa que no debe ser excluyente de la primera es la de incorporar una ranura de salida. Si esta ranura se sitúa a la distancia a la que se produce el impacto de la partícula objetivo, la que se desea detectar, la partícula objetivo que entra en el analizador de movilidad lo cruzará según la trayectoria que alcanza dicha ranura de tal modo que la partícula puede ser extraída.

50 De este modo, no solo se detecta su presencia sino que puede ser llevada a través de dispositivos de mayor precisión que reduzcan el umbral de incertidumbre sobre el valor de su movilidad eléctrica.

Éste es el modo en el que en el estado de la técnica se ha llevado a cabo el incremento de la resolución, la incorporación de dispositivos a la salida del analizador; en particular, se cita la patente PCT con número 2005/ES070121.

55 Son conocidas publicaciones como ["Drift differential mobility analyzer", J. Aerosol Sci. Vol. 29, No. 9 pp. 1117-1139, 1998, Ignacio G. Loscertales] en la que se analiza la influencia en la resolución del DMA de la presencia de un campo eléctrico oblicuo E de tal modo que, además de la componente transversal E_y del campo existe una componente longitudinal E_x (respecto del flujo principal de arrastre) y en sentido contrario a dicho flujo.

60 Este estudio es una análisis teórico donde se relaciona el incremento de la resolución del DMA en función del campo eléctrico E oblicuo, en particular de su componente longitudinal E_x .

65 El desarrollo matemático de este análisis hace uso de variables adimensionalizadas χ, η . Estas variables adimensionalizadas se definen como $\chi=x/b$, $\eta=y/b$ donde x es la coordenada longitudinal siguiendo el flujo de arrastre, y es la coordenada transversal al flujo y b es la distancia de separación entre las dos paredes entre las que se establece la trayectoria de la partícula.

Denotando el campo eléctrico E en función de las variables adimensionalizadas, ahora sus componentes quedan expresadas como $E=(f_x, f_y)$.

Los resultados de este análisis determinan que el factor de reducción del error es del orden de

$$\left(\frac{E_x}{E_y}\right)^{(1/2)}$$

En particular, cuando el campo eléctrico se expresa en función de las coordenadas χ, η entonces el factor de reducción puede ser evaluado a partir del valor

$$K = \int_0^1 \left(\frac{E_x(\eta)}{E_y(\eta)}\right) d\eta$$

de tal modo que el factor de incremento en la resolución de un DMA que hace uso del campo eléctrico oblicuo respecto de otro que no, se puede expresar como $1/\sqrt{2K}$.

Esta expresión supone que el incremento del valor de K decrementa el factor de reducción del error; y también, que la resolución se puede al menos teóricamente incrementar sin cota superior todo lo que se desee. Este decremento es proporcional al valor de campo longitudinal E_x y éste será mayor cuanto mayor sea el ángulo de inclinación del campo eléctrico.

El estudio detallado de este factor K y de las ecuaciones que llevan a su deducción permiten también asegurar que el incremento de la resolución solo se obtiene si E_x está orientado en contra corriente.

Este estudio se centra en el análisis matemático que lleva a las citadas conclusiones y no explica cómo puede ser obtenido en la práctica este campo eléctrico oblicuo. Sí que se conoce un intento de obtención de un dispositivo con una estrecha región de campo eléctrico oblicuo E haciendo uso de un par de rejillas paralelas entre sí, dispuestas oblicuas en el seno de un flujo de arrastre limitando la zona de trabajo a los lugares entre las rejillas en las que se asegura el campo eléctrico oblicuo dando lugar a dispositivos muy voluminosos en los que el volumen efectivo es muy reducido. Otro serio inconveniente que presenta es la interferencia en el flujo de arrastre de la estela de las rejillas.

[0021] Documento US-A3278751 describe un electro multiplicador en el seno de un campo eléctrico inclinado mediante el empleo de electrodos que crean un gradiente de potencial en la dirección del flujo principal.

[0022] Sin embargo, el instrumento descrito en US-A3278751 no permite incrementar la resolución para acceder a un mayor grado de discernimiento en la movilidad eléctrica de la partícula que se mueve en el instrumento.

La presente invención define un dispositivo que hace uso de unos electrodos adecuadamente seleccionados y configurados de tal modo que la totalidad de la región de análisis, salvo efectos de borde, presenta un campo oblicuo sin distorsiones ni de éste ni del flujo de arrastre ya que no incluye elementos inmersos en el seno del flujo.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en un analizador de movilidad eléctrica en el que la resolución se encuentra incrementada por el uso de un campo eléctrico oblicuo obtenido por un adecuado diseño de unos electrodos que generan ese campo.

Este analizador o DMA consiste en un dispositivo que al menos comprende un conjunto de paredes laterales entre una entrada y una salida para el paso del flujo principal de arrastre a través de su interior. Las paredes laterales y una superficie de definición de la entrada y otra superficie de definición de salida establecen un volumen de control en cuyo interior es necesario asegurar las condiciones adecuadas tanto del flujo de arrastre como del campo eléctrico que provoca la aceleración de la partícula.

El número de Reynolds del flujo principal de arrastre se puede ajustar al tamaño de partícula de tal forma que los niveles de turbulencia sean menores de lo que requiere la medida.

La configuración del DMA puede ser cilíndrica o plana, esto es, queda definido con únicamente dos dimensiones. Al menos en cuanto a la región de estudio se refiere.

Cuando se hace uso de una configuración plana las dos variables a considerar serán lo que llamaremos la longitud y la anchura. Por el modo en el que se representará gráficamente en los ejemplos de realización de la invención la longitud es la variable orientada verticalmente; y, cuando la configuración es cilíndrica las dos variables a considerar son la longitudinal y la dirección radial (dispuesta horizontal).

En el caso de la configuración plana las dos paredes entre las que se establece la trayectoria son dos planos paralelos y en la configuración cilíndrica las dos paredes corresponden a dos cilindros concéntricos.

5 Por simplicidad y porque el mejor modo de realización de la invención corresponderá a la configuración plana, a partir de este punto se hará uso de vocabulario asociado a dicha configuración, siendo válida la descripción para la configuración cilíndrica sin más que aplicar el cambio de coordenadas.

10 Dado el volumen de control limitado por paredes, dos enfrentadas y en el caso de la configuración plana dos más laterales que cierran el espacio, la inyección de la partícula se lleva a cabo a través de la primera pared en un punto dado cercano a la entrada del volumen de control. La cercanía no es relevante, simplemente se considera que la trayectoria de la partícula se dirigirá hacia la salida arrastrada por el flujo principal de tal modo que ésta zona aguas abajo es la de interés.

15 Un campo eléctrico orientado hacia la pared opuesta impulsa la partícula inyectada hacia ella con una velocidad proporcional al valor de la movilidad eléctrica de la partícula. Dispondremos en el otro lado una rendija de salida a una distancia medida longitudinalmente correspondiente al punto de impacto de una partícula con la movilidad eléctrica de la partícula objetivo.

20 Este campo eléctrico, en el estado de la técnica, se consigue incorporando en cada una de las paredes un electrodo y estableciendo una diferencia de potencial entre ambos. El campo eléctrico E es paralelo y orientado transversal al flujo principal de arrastre.

25 La esencia de la invención consiste en modificar los electrodos para modificar la orientación del campo eléctrico $E=(E_x, E_y)$ para que sea oblicuo dando lugar a una componente longitudinal E_x no nula y con sentido contrario a la del flujo principal de arrastre.

30 Este cambio en los electrodos consiste en establecer un gradiente de potencial ∇V en la dirección del flujo principal. Este gradiente de potencial ∇V se aplica en cada uno de los electrodos que se disponen a uno y otro lado; y a su vez, se asigna una diferencia de potencial entre ambos por ejemplo tomando como referencia sus extremos superiores.

35 Los gradientes de potencial, si son constantes, dan lugar a una variación del potencial con un comportamiento lineal de tal modo que las líneas del campo eléctrico, aun siendo oblicuas, son paralelas en el volumen de control o al menos en la región por la que van a discurrir las partículas. Esta matización sirve para excluir los efectos de distorsión que se crean en las regiones cercanas a los bordes de los electrodos o en las regiones de entrada y salida.

40 El gradiente de potencial ∇V puede ser obtenido de dos métodos: un primer método que denominaremos continuo, haciendo por ejemplo uso de materiales o recubrimientos resistivos tales que al aplicar una diferencia de potencial entre sus extremos dé lugar a una caída de potencial progresiva a lo largo de su longitud; o un segundo método que denominaremos discreto que emplea una pluralidad de conductores separados por aislantes sobre los que se aplican alimentaciones con potenciales decrecientes.

45 Este potencial decreciente es posible obtenerlo bien mediante divisores de potencial o bien mediante fuentes de alimentación independientes adecuadamente asignadas.

50 Aunque la mayor parte de la teoría que asegura el incremento de la resolución ante la presencia de campos eléctricos con componente longitudinal E_x hace uso de campos eléctricos con líneas de campo paralelas; variaciones no lineales del potencial permiten crear campos oblicuos más complicados, por ejemplo para concentrar líneas de campo en cierto punto, o hacerlas más divergentes. Estas modificaciones pueden servir por ejemplo para incrementar la resolución discerniendo en mayor grado la movilidad eléctrica de la partícula que se mueve en su interior.

55 Dentro de esta misma invención, se contempla el uso del analizador descrito dentro de un dispositivo mayor que lo incluye. Este dispositivo incorpora un DMA que denominamos clásico porque es de los contemplados en el estado de la técnica citado por su número de publicación cuya descripción y resumen se incluyen en esta descripción por referencia, por ejemplo con un multisensor, responsable de llevar a cabo una lectura en continuo de una pluralidad de lecturas simultáneas; y, en paralelo, otro dispositivo de alta resolución con campo eléctrico oblicuo.

60 Aunque este segundo analizador de alta resolución estaría en paralelo, podrían compartir los flujos de arrastre transversales ya que no es necesaria su duplicidad.

En este caso, la desviación de la inyección al segundo DMA o analizador de alta resolución, permitiría confirmar si un positivo o detección del primer DMA es cierta o falsa. El dispositivo resultante de esta combinación se considera como parte de la invención.

65 DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se complementa la presente memoria descriptiva, con un juego de planos, ilustrativos del ejemplo preferente, y nunca limitativos de la invención.

La figura 1 muestra un esquema de analizador de movilidad diferencial como el de la invención presentado como una sección que podría corresponder a una región de un analizador plano si bien el cilíndrico sería igual salvo que las variables corresponderían a las coordenadas cilíndricas.

5 Las figuras 2a y 2b son ejemplos de realización de un electrodo constituido mediante una pluralidad de conductores equiespaciados separados por aislantes para dar lugar a un gradiente de potencial según el caso discreto.

La figura 3 es una representación esquemática de un electrodo con comportamiento resistivo que define un gradiente de potencial continuo.

10 Las figuras 4, 5 y 6 son tres gráficas en perspectiva que representan el potencial eléctrico V y las componentes E_x y E_y del campo eléctrico E respectivamente en la sección del volumen de control V_c representado en la figura 1. Los electrodos utilizados a los que corresponden las gráficas son continuos.

15 Las figuras 7, 8 y 9 son tres gráficas de contorno que representan el potencial eléctrico V y las líneas de nivel de las componentes E_x y E_y del campo eléctrico E respectivamente en la sección del volumen de control V_c representado en la figura 1. Dichas representaciones corresponden al mismo caso que las figuras 4, 5 y 6.

20 Las figuras 10, 11 y 12 son tres gráficas en perspectiva que representan el potencial eléctrico V y las componentes E_x y E_y del campo eléctrico E respectivamente en la sección del volumen de control V_c representado en la figura 1. Los electrodos utilizados a los que corresponden las gráficas son discretos.

25 Las figuras 13, 14 y 15 son tres gráficas de contorno que representan el potencial eléctrico V y las líneas de nivel de las componentes E_x y E_y del campo eléctrico E respectivamente en la sección del volumen de control V_c representado en la figura 1. Dichas representaciones corresponden al mismo caso que las figuras 10, 11 y 12.

La figura 16 es un esquema que representa la configuración de un dispositivo que hace uso de un analizador de alta resolución como el de la invención integrado junto con un analizador del estado de la técnica para operar conjuntamente.

30 La figura 17 muestra otra posible configuración en paralelo de dos analizadores integrados en un mismo cuerpo.

EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

35 Se expone la invención de un modo más detallado con apoyo de las figuras donde en la figura 1 se muestra un esquema de un ejemplo del analizador de movilidad diferencial constituido por dos paredes (S1, S2) enfrentadas. Estas paredes (S1, S2) enfrentadas junto con las superficies de entrada (S_i) y salida (S_o) del flujo principal de arrastre definen un volumen de control (V_c).

40 El flujo principal de arrastre es un gas circulando a una velocidad (v), referenciado con una "v" minúscula, con un número de Reynolds adecuado al tamaño de partícula que se quiera detectar. Según la figura el flujo circula de arriba hacia abajo según la coordenada longitudinal {x}.

45 En cada una de las paredes (S1, S2) se ha dispuesto un electrodo (3). La diferencia de potencial (U) entre uno y otro electrodo (3) determina principalmente la componente transversal E_y del campo eléctrico E. Esta diferencia de potencial (U) se ha tomado en los extremos superiores de cada electrodo (3) a modo de referencia.

Se especifica que la diferencia de potencial (U) se toma en la parte superior de los electrodos (3) porque el potencial varía a lo largo de su longitud.

50 En cada uno de los electrodos (3) existe un gradiente de potencial entre sus extremos que en la figura se ha especificado como ∇V_1 y ∇V_2 respectivamente indicando la caída de potencial a lo largo de la coordenada transversal {y}. Si por ejemplo la longitud de los electrodos (3) es la misma y se verifica que $\nabla V_1 = \nabla V_2$ entonces la diferencia de potencial entre los extremos inferiores de uno y otro electrodo (3) también será igual a la diferencia de potencial (U) entre los extremos superiores.

El resultado de esta configuración es el de un campo eléctrico $E=(E_x, E_y)$ constante, con líneas de campo paralelas y oblicuas, esto es, se verifica que E_x es no nulo.

60 Estas condiciones serán ciertas en la región interior entre los electrodos (3) salvo los efectos de borde de los electrodos (3) donde las líneas de campo están distorsionadas. La región de trabajo del DMA de la invención según este ejemplo es la que corresponde a las líneas de campo paralelas donde no obstante algún tipo de distorsión sobre dichas líneas es posible con el propósito por ejemplo de buscar la concentración o divergencia de las mismas en un punto de interés. Un ejemplo de distorsión en las líneas de campo se obtiene cuando los gradientes de potencial ∇V_1 , ∇V_2 no son iguales en uno y otro electrodo.

65 En esta misma figura 1 se muestra un punto (1) de inyección de la partícula (P) en el interior del analizador, inyección que puede realizarse con o sin flujo de entrada. Mediante una línea discontinua se indica la trayectoria

que seguirá la partícula (P) si las condiciones establecidas en el flujo (v) y el campo eléctrico E son tales que para la movilidad eléctrica de la partícula (P) se verifica que el punto de llegada a la segunda pared (S2) corresponde a la posición de la ranura (2) de salida.

5 En este ejemplo, además de establecer el campo eléctrico transversal E_y para que ante un flujo de arrastre (v) y una cierta movilidad eléctrica de la partícula (P) se tenga una trayectoria con punto de llegada a una distancia longitudinal (h) (representada verticalmente como una altura) que haga que la partícula (P) pueda salir por la rendija (2), será necesario ajustar el valor de E_x para incrementar la resolución el orden necesario como para reducir el error hasta una cota prefijada siguiendo expresiones como las incluidas en el apartado dedicado al estado de la técnica.

Esta variación de E_x puede modificar la trayectoria por lo que este cambio llevará a un reajuste de E_y . Estos ajustes se llevan a cabo actuando sobre los potenciales aplicados en los electrodos (3).

15 Las figuras 2a y 2b muestran esquemáticamente la configuración de un electrodo (3) constituido mediante una pluralidad de conductores (3.1) separados entre sí mediante un aislante (3.2). Cada uno de estos conductores (3.1) puede situarse a un potencial distinto. El aislante (3.2) no tiene porqué ser una pieza independiente como el conductor (3.1) sino que puede ser un sustrato común que emerge entre los conductores dando lugar en el caso preferente a una superficie lisa en la cara que hace de pared (S1, S2) delimitadora del volumen (V_c) de control.

20 En el ejemplo mostrado en la figura 2a se hace uso de una única fuente de alimentación de tal modo que mediante un divisor de tensión representado con una secuencia de resistencias en serie se obtienen potenciales $v_1, v_2, v_3, v_4...$ que siguen una caída escalonada tal y como se representa en la gráfica dispuesta adyacente a su derecha. Esta caída escalonada del potencial define un gradiente ∇V discreto de tal forma que, si este electrodo (3) es el empleado en el analizador de la invención, permite generar un campo E eléctrico oblicuo. Los saltos discretos del potencial únicamente generan un campo no homogéneo en una región estrecha cercana a la pared (S1, S2). En esta misma región cercana a la pared es donde existe la capa límite correspondiente al flujo de arrastre (v), siendo una región que no afecta a la zona efectiva de trabajo situada esencialmente en el interior del volumen (V_c) de control.

30 Si bien la caída escalonada de potencial se ha conseguido mediante un divisor de tensión, es posible otro medio para obtener el gradiente de potencial. De una forma genérica, en la figura 2b se ha indicado cómo cada conductor (3.1) puede ser alimentado de forma independiente pudiendo establecer su potencial de forma controlada exteriormente. En este caso sería posible definir saltos de potencial no uniformes de tal modo que, al no resultar un gradiente constante, el campo eléctrico E, aunque oblicuo, mostraría una distorsión que podría estar adecuadamente preseleccionada para conseguir por ejemplo la concentración o divergencia de líneas de campo en alguna región. La divergencia o convergencia de las líneas de campo pueden por ejemplo afectar a la resolución del analizador.

40 En la figura 3 se representa esquemáticamente un electrodo (3) constituido por un elemento resistivo. Este elemento resistivo, al ser alimentado en sus extremos mediante una fuente eléctrica muestra una caída constante del potencial. Esta caída es continua por lo que su uso daría lugar a un campo oblicuo sin distorsiones cerca de las paredes (S1, S2). La gráfica de la derecha muestra la función potencial (V) con un comportamiento lineal de tal modo que el gradiente sería constante en toda su longitud.

45 También sería posible establecer variaciones continuas en el gradiente variando la resistencia en cada punto respecto de su coordenada longitudinal por ejemplo con variaciones de la sección o de las propiedades del material resistivo empleado.

50 El modo de conseguir este tipo de electrodos (3), a modo de ejemplo, es mediante el uso de pinturas o proyecciones o depósitos resistivos en las paredes internas del analizador. También se puede hacer uso de semiconductores o materiales resistivos con los que se configura una pieza instalable en los mismos laterales siempre procurando no afectar al flujo de arrastre (v). Un modo de conseguir su inclusión sin modificar el flujo es definir un cajeadado que sirva de alojamiento asegurando que el electrodo (3) hace las veces de pared limitadora del volumen de control (V_c).

55 Se considera de gran interés el uso de proyecciones, pinturas o deposiciones de materiales resistivos para obtener un electrodo (3) continuo dado que ofrece numerosas ventajas frente por ejemplo al uso de piezas postizas incorporables en cajeados o aberturas. Entre las ventajas destaca la sencillez del conjunto, la facilidad de mecanizado, la ausencia de fugas por fallos en la estanqueidad, incorporación en superficies con una configuración geométrica más complicada entre otras.

60 Es posible también ver el electrodo (3) resistivo con caída de potencial continua como el caso límite del electrodo (3) discreto donde el paso de conductor a aislante se produce en una distancia tendente a cero.

65 Se han llevado a cabo cálculos tanto del potencial como del campo eléctrico para el caso discreto y continuo. El caso discreto se considera válido si las perturbaciones del potencial V no deterioran la precisión del campo eléctrico E y como resultado la precisión del dispositivo.

5 La figura 4 es una representación del potencial expresado en paramétricas $V=V(x,y)$ haciendo uso de electrodos (3) con caída de potencial constante. Todas las gráficas están normalizadas. Se comprueba la caída de potencial en las dos variables. El campo eléctrico (E) seguirá las líneas de máximo descenso determinadas por el operador gradiente.

10 Las gráficas 5 y 6 son las componentes E_x y E_y respectivamente, componentes del campo eléctrico E. En estas gráficas se pone de manifiesto el efecto de los bordes. Aunque no se aprecien tales variaciones en la función potencial existen y se visualizan de este modo.

15 La figura 7 es una representación de contorno donde se visualizan las líneas oblicuas del potencial eléctrico V. Estas líneas son las que establecen la dirección del campo de fuerzas actuando sobre la partícula en cada uno de los puntos del dominio. Se observa cómo existen efectos de borde en la entrada y salida del dominio pero no en las paredes (S1, S2) laterales ya que los electrodos presentan una caída continua de potencial. Las figuras 8 y 9 son representaciones de contorno de las funciones escalares E_x y E_y , componentes del campo eléctrico E, representadas en las gráficas de las figuras 5 y 6 respectivamente.

20 Si bien este es el caso preferido ya que se obtiene un campo eléctrico E oblicuo de alta calidad en una región alejada de la entrada y salida del flujo de arrastre (v), es posible disponer de un campo oblicuo también haciendo uso de un número finito de conductores (3.1) separados por un aislante (3.2).

25 La figura 10 es una representación del potencial (V) obtenido mediante estos electrodos (3), el caso discreto. Aunque a primera vista parece un campo similar al representado en la figura 4, mediante una observación más minuciosa se percibe en los bordes que éstos no siguen una línea recta sino ligeramente perturbada.

Estas perturbaciones quedan puestas de manifiesto en las figuras 11 y 12 donde se representan las componentes E_x y E_y del campo eléctrico calculados a través de las derivadas parciales del operador gradiente.

30 Se observa cómo en correspondencia con cada electrodo (3) se presenta un pico que distorsiona el campo eléctrico (E) cerca de las paredes (S1, S2).

35 Estas mismas gráficas 11 y 12 se representan como diagramas de contorno en las figuras 14 y 15 observando las mismas perturbaciones en las regiones cercanas a las paredes (S1, S2) y la casi ausencia de líneas en la región interior. Esta región interior es la que ofrece las líneas de campo oblicuas tal y como se pretende. Es la figura 13 la que muestra las líneas de potencial eléctrico V con perturbaciones tanto en la entrada y salida del flujo de arrastre (v) como en las paredes (S1, S2).

40 La figura 16 representa un dispositivo complejo en el que uno de sus componentes es una realización de la invención. A la izquierda del esquema se representa una etapa de ionización (9) común a todos los DMA. Las partículas ionizadas pueden seguir dos posibles trayectorias determinadas por dos válvulas (8) de paso, una que lleva a un DMA del estado de la técnica y otra inferior que lleva a un DMA como el de la presente invención.

45 El DMA utilizado del estado de la técnica hace uso de un inyector (5) que introduce la partícula cargada en el interior del flujo de arrastre (v). En este DMA se hace uso de un campo eléctrico transversal E_{y2} , esto es, su componente longitudinal es nula.

50 En la pared opuesta a la inyección (5) hay un multisensor (6) junto con su rendija (7) que permite la detección de partículas distintas simultáneamente. Ante la detección de una partícula (P) objetivo, se plantea la determinación de si realmente existe en el flujo que atraviesa el ionizador (9) dicha la sustancia con un nivel de confianza mayor.

55 Con este propósito, se desvía el flujo a través de las válvulas (8) hacia el DMA de la presente invención dispuesto inferiormente. Una vez introducidas las partículas por medio de su inyector (4) se observa que están sometidas a un campo eléctrico oblicuo con componente longitudinal E_x no nula. El resultado es una medida con un nivel de resolución mayor para la lectura de partículas con una movilidad eléctrica predeterminada. Este segundo DMA según la invención tiene su rendija (2) de salida también diferenciada de la rendija (7) del DMA clásico.

60 En la figura 17 se muestra otra posible configuración en paralelo de los dos analizadores integrados en un mismo cuerpo. En este caso se hace uso de una única ranura (1) de entrada que es común a ambos dispositivos. La selección de un analizador u otro se realiza mediante la conexión o desconexión de electrodos (3).

65 Se observa en la figura que existen dos interruptores (SW1, SW2) que unen los extremos de los electrodos (3) que en este caso están constituidos mediante material resistivo y por lo tanto continuos. La unión de estos extremos implica que cuando el interruptor está abierto, la alimentación en uno y otro lado con la diferencia de potencial (V) entre un lado y otro así como el gradiente (∇V_1 , ∇V_2) de potencial a lo largo de cada conductor (3) da lugar a unas condiciones como las consideradas en la descripción del DMA según la invención con campo E eléctrico oblicuo.

Al cerrar los interruptores se cortocircuitan los extremos eliminando la caída de potencial a lo largo de los conductores (3) pero no se anula la diferencia de potencial entre los conductores (3) situados a uno y otro lado.

Como resultado, los interruptores (SW1, SW2) en posición de abiertos dan lugar a un DMA de campo eléctrico oblicuo y los interruptores (SW1, SW2) cerrados recuperan las condiciones de un DMA clásico.

5 El cambio entre uno y otro daría lugar a que una partícula objetivo (P) llevaría a cabo la trayectoria (I) terminando en la rendija (2) superior si los interruptores (SW1, SW2) están en posición de abiertos y por lo tanto dicha partícula (P) estaría bajo un campo E eléctrico oblicuo.

10 Por la misma razón, la partícula (P) llevaría a cabo la trayectoria (II) terminando en la rendija (7) inferior si los interruptores (SW1, SW2) están en posición de cerrados y por lo tanto dicha partícula (P) estaría bajo un campo (E) eléctrico transversal perpendicular al flujo.

15 Cabe destacar que las rendijas (2, 7) de salida, correspondientes a un campo oblicuo o no, están intercambiadas en las figuras 16 y 17 ya que las condiciones del campo oblicuo cuando los dos analizadores se encuentran integrados en un único cuerpo pueden dar lugar a esta situación.

20 Hasta ahora se han contemplado configuraciones de electrodos (3) continuos y discontinuos para definir un campo eléctrico E oblicuo que mejore la lectura de partículas con una movilidad eléctrica determinada, las que salgan por la ranura (2) de salida.

25 Se ha observado que los electrodos con gradiente continuo de potencial dan lugar a campos eléctricos E de mayor calidad; no obstante, los electrodos (3) que corresponden al caso discreto pueden ser una alternativa para incorporar multisensores que también den mayor flexibilidad al dispositivo. Esta incorporación es posible sobre el material aislante (3.2) expuesto que se interpone entre electrodos (3) consecutivos. De este modo se combina la mejor resolución del DMA con la lectura simultánea de más de una movilidad eléctrica.

En este caso, la mayor resolución en la lectura impondrá tamaños de paso entre aislante (3.2) y conductor (3.1) también menores que darán lugar a su vez a gradientes de potencial (V) más homogéneos.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Analizador de movilidad diferencial en el que hay definido un volumen (V_c) de control limitado por paredes laterales y en el que al menos existe:
- un flujo principal de arrastre (v),
 - un punto o ranura de inyección (1) de partículas a través de una de las caras (S1) laterales y,
 - una ranura(2) de extracción o sensor lineal de detección de partículas objetivo en una cara (S2) opuesta
- 10 caracterizado porque en las caras (S1, S2) opuestas se incorporan electrodos(3) donde cada uno de ellos presenta un gradiente de potencial (∇V_1 , ∇V_2) en la dirección del flujo principal (v) y entre ellos una diferencia de potencial (U) de tal modo que el campo eléctrico(E) en el volumen (V_c) interior es oblicuo con una componente transversal (E_y) al flujo principal (v) no nula, en el sentido tomado desde la cara (S1) donde se lleva a cabo la inyección y orientado hacia la cara (S2) opuesta, y otra componente(E_x) no nula paralela y en sentido opuesto al
- 15 flujo principal(v), caracterizada en que el gradiente de potencial de alguno de los electrodos (3) es variable a lo largo de la coordenada paralela al flujo de arrastre (v), y que las variaciones no lineales del gradiente de potencial crean campos oblicuos bien para concentrar las líneas de campo eléctrico en determinado punto o bien para hacerlas divergentes
- 20 2.- Analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 1 caracterizado porque el gradiente de potencial (∇V) en cualquiera de los electrodos (3) es discreto.
- 3.- Analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 2 caracterizado porque el gradiente de potencial (∇V) discreto se obtiene haciendo uso de un material conductor (3.1) separados unos de otros mediante aislantes (3.2) de modo que cada uno de las partes conductoras están alimentadas eléctricamente de manera adecuada.
- 25 4.- Analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 3, caracterizado porque cada conductor (3.1) se alimenta de modo independiente de manera que el campo eléctrico E presenta una distorsión que está predeterminada para conseguir la concentración o divergencia de las líneas de campo en determinada región.
- 30 5.- Analizador de movilidad diferencial constituido por un analizador de movilidad diferencial clásico con un campo eléctrico perpendicular al flujo transversal de arrastre (v) y un analizador de movilidad diferencial según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque ambos analizadores quedan dispuestos en paralelo.
- 35 6.- Dispositivo analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 5 caracterizado porque ambos analizadores comparten el flujo principal de arrastre (v).
- 7.- Dispositivo analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 5 caracterizado porque ambos analizadores comparten el inyector (5) de partículas ionizadas.
- 40 8.- Dispositivo analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 5 caracterizado porque mediante válvulas (8) se determina qué analizador de los dos que lo componen es alimentado.
- 45 9.- Dispositivo analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 5 caracterizado porque los dos analizadores están integrados en un mismo cuerpo.
- 10.- Dispositivo analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 9 caracterizado porque mediante la conexión o desconexión de los respectivos electrodos (3) de cada analizador se determina qué analizador de los dos que lo componen es alimentado.
- 50 11.- Dispositivo analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 9 caracterizado porque mediante cortocircuitado de los extremos de los electrodos (3) se determina si el analizador hace uso de la componente oblicua del campo eléctrico E .
- 55 12.- Dispositivo analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 9 caracterizado porque las ranuras de salida (2, 7) quedan dispuestas de tal modo que la ranura (2) que corresponde a la existencia de componente oblicua del campo eléctrico E está dispuesta por encima o aguas arriba de la ranura (7) que corresponde a la un campo E transversal sin componente oblicua por el cortocircuitado de los electrodos (3).
- 60 13.- Dispositivo analizador de movilidad diferencial según la reivindicación 5 caracterizado porque el analizador de movilidad diferencial clásico hace uso de un multisensor.

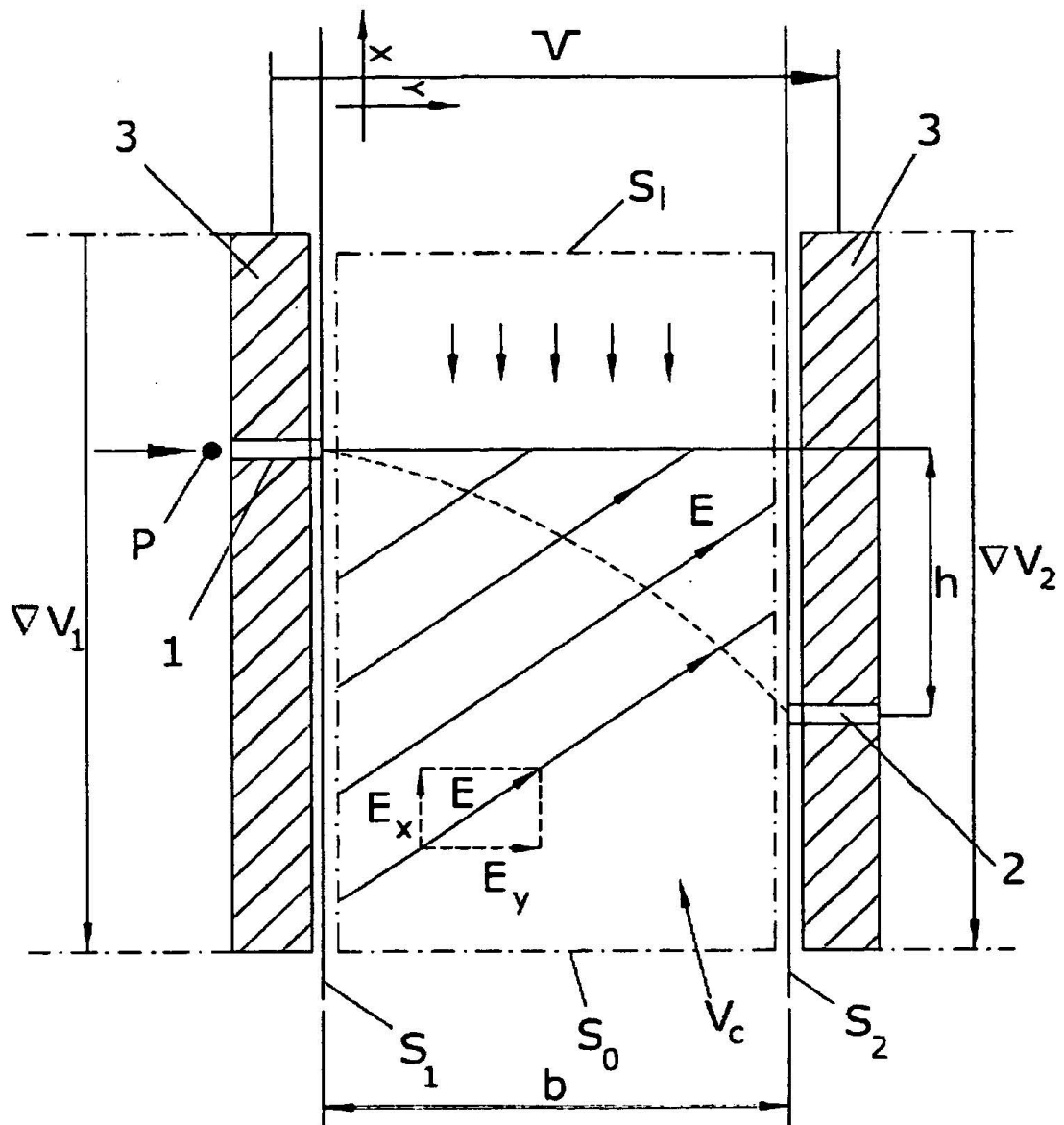


FIG.1

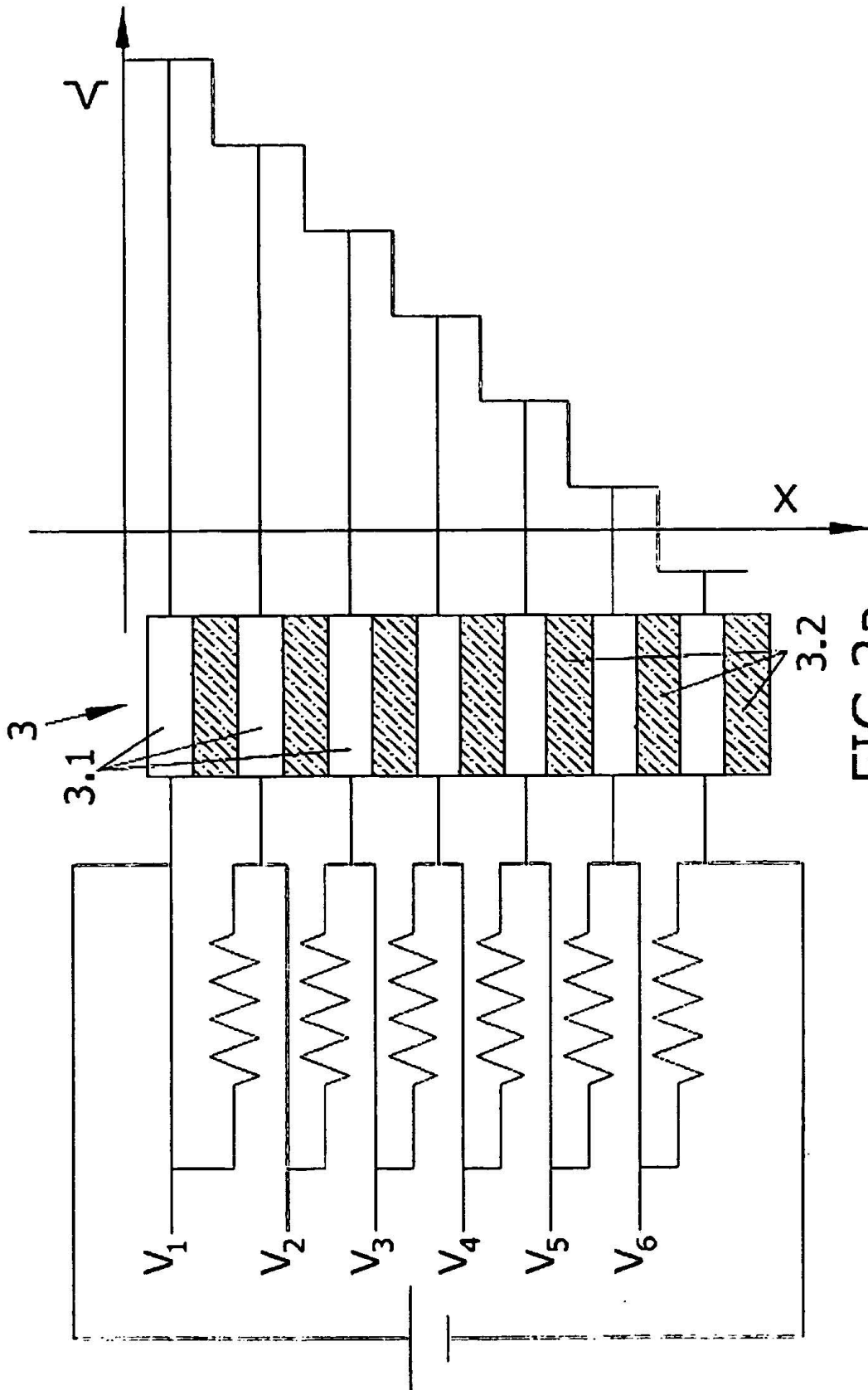


FIG.2a

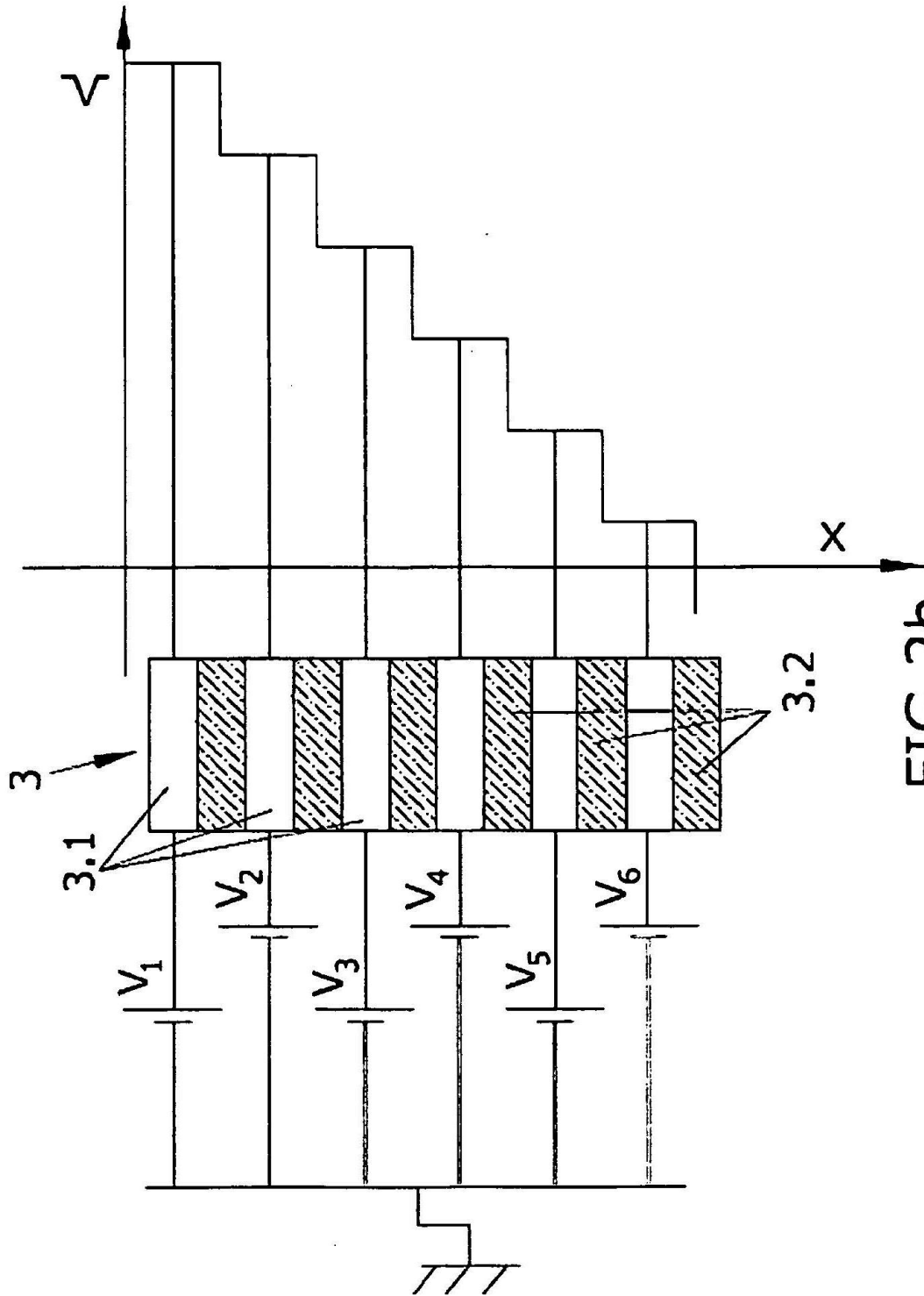


FIG.2b

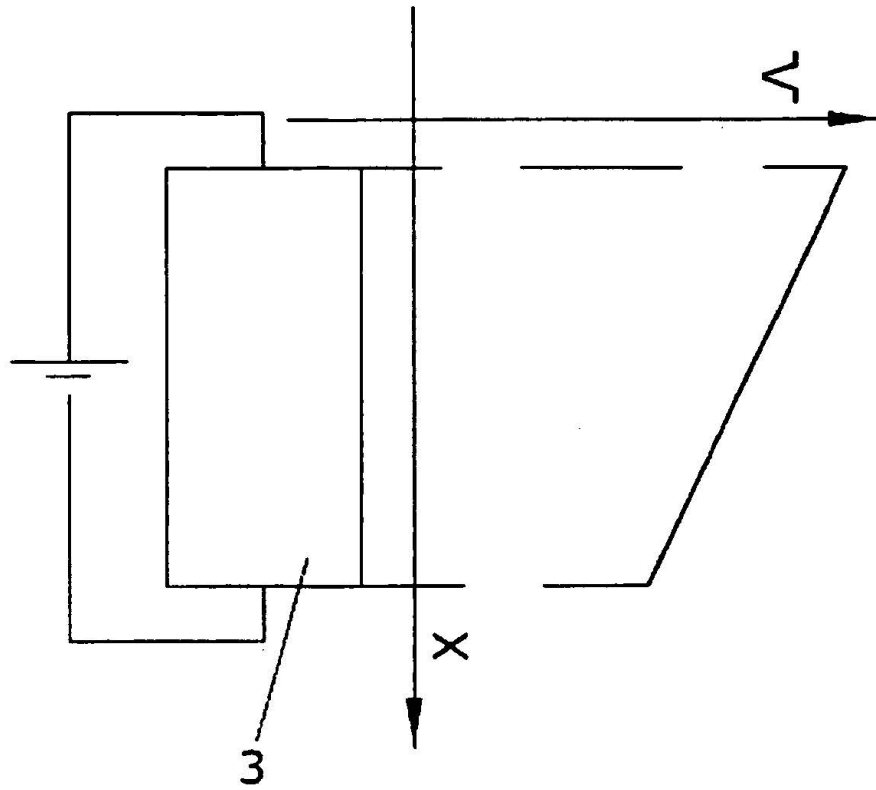


FIG.3

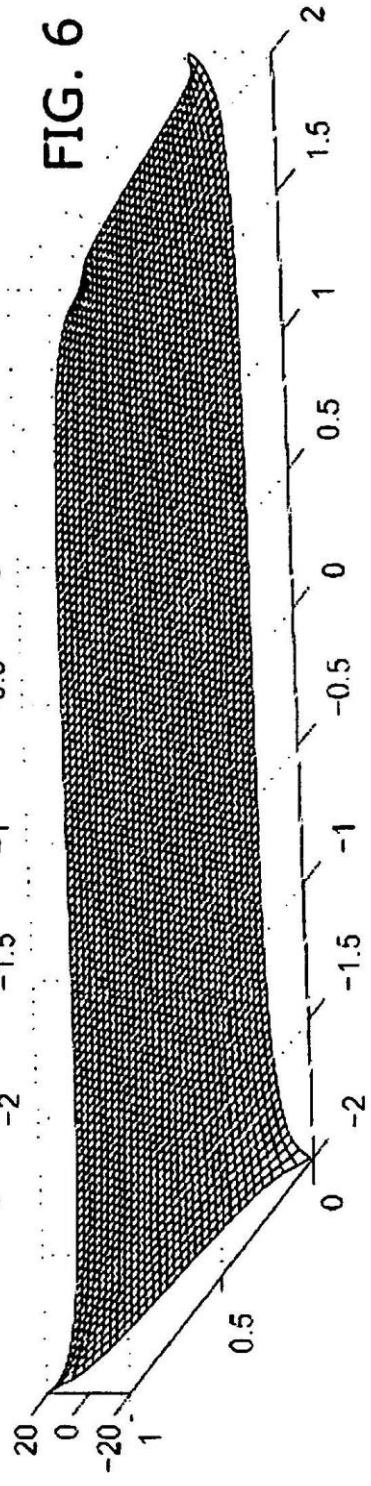
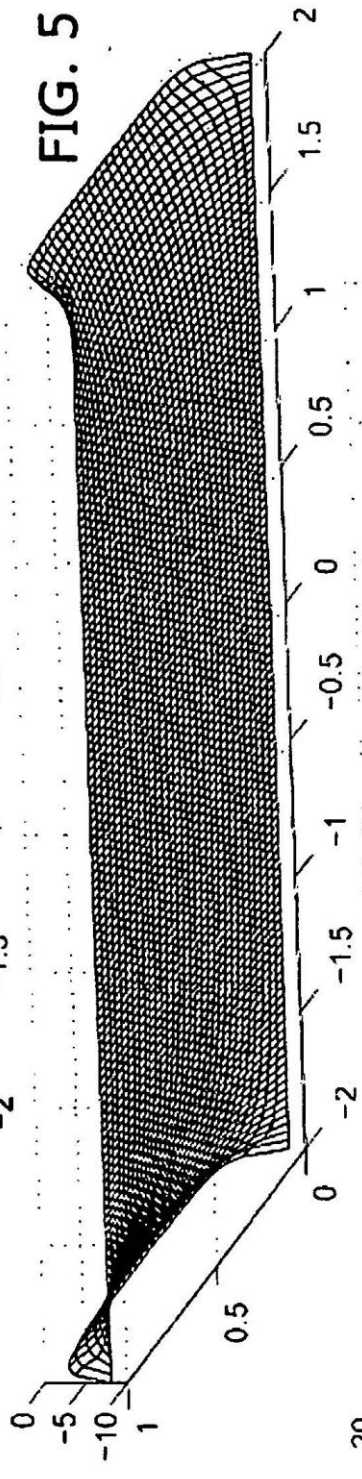
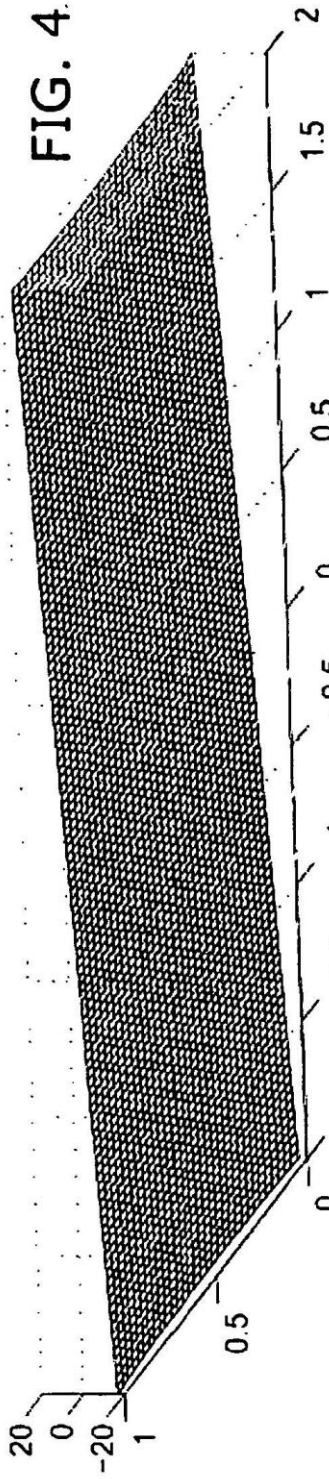


FIG. 7

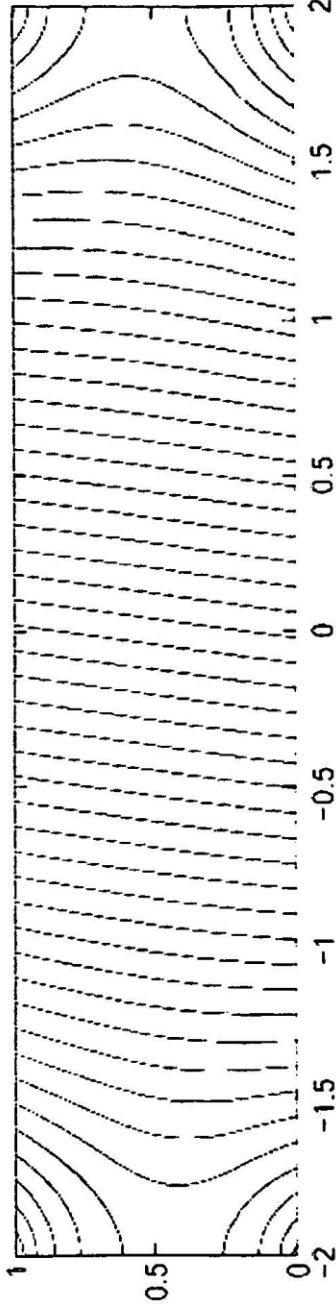


FIG. 8

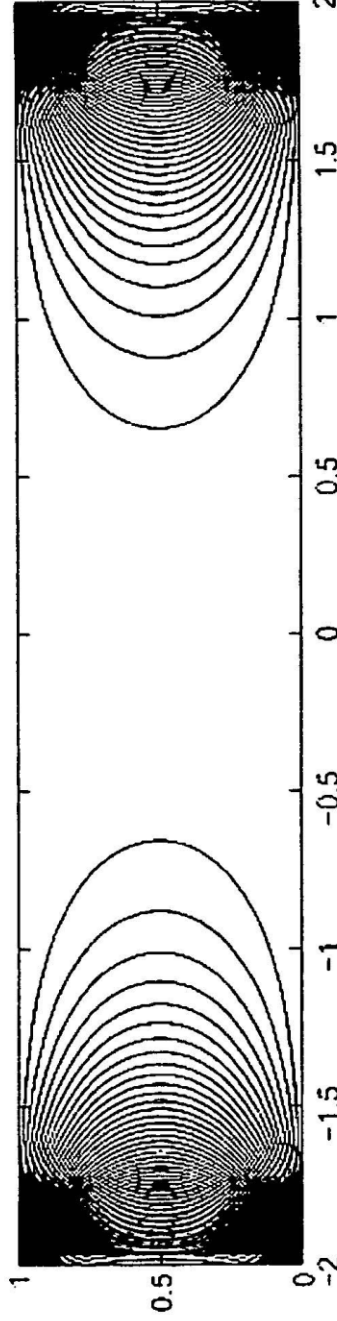
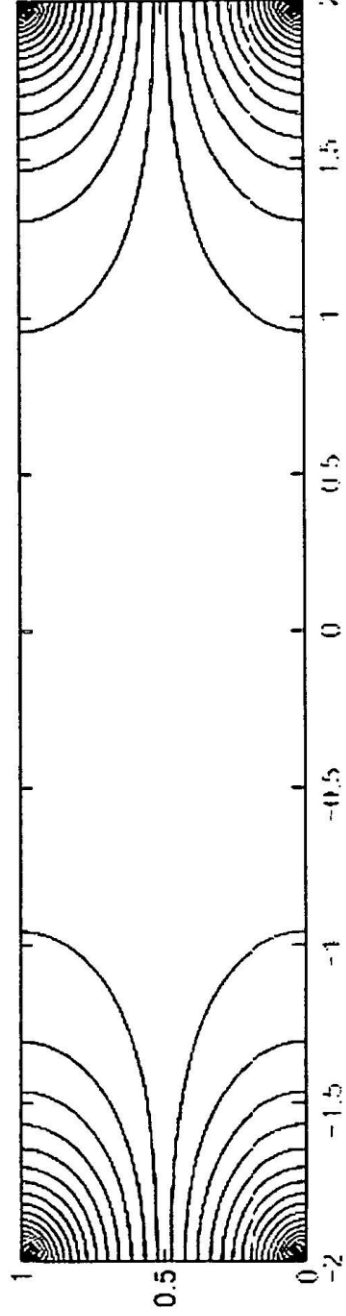


FIG. 9



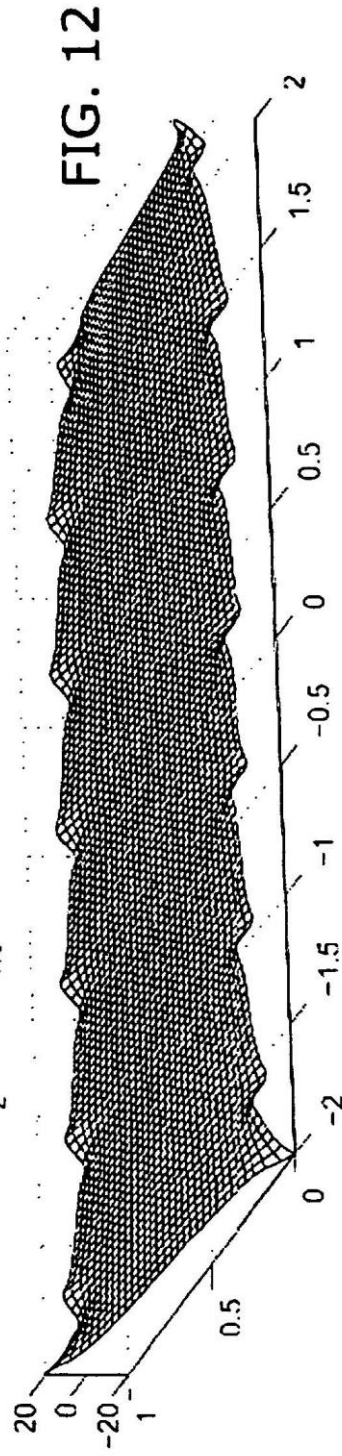
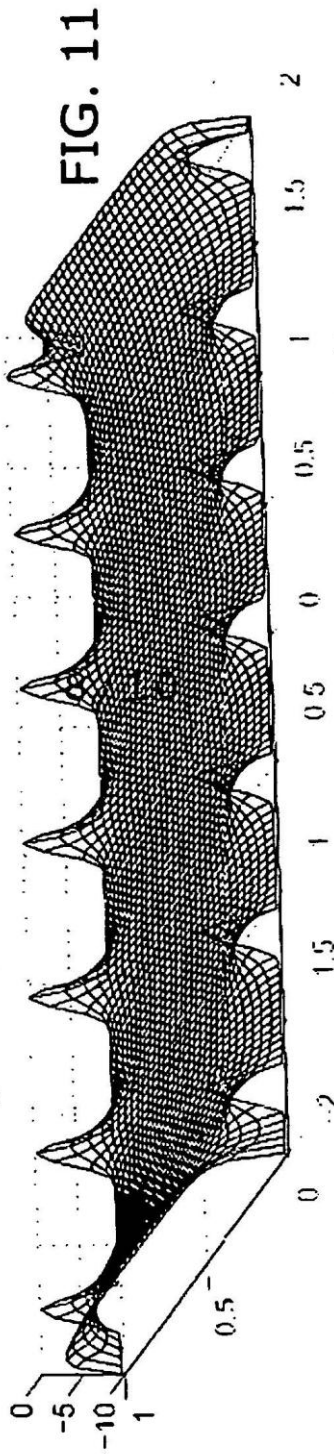
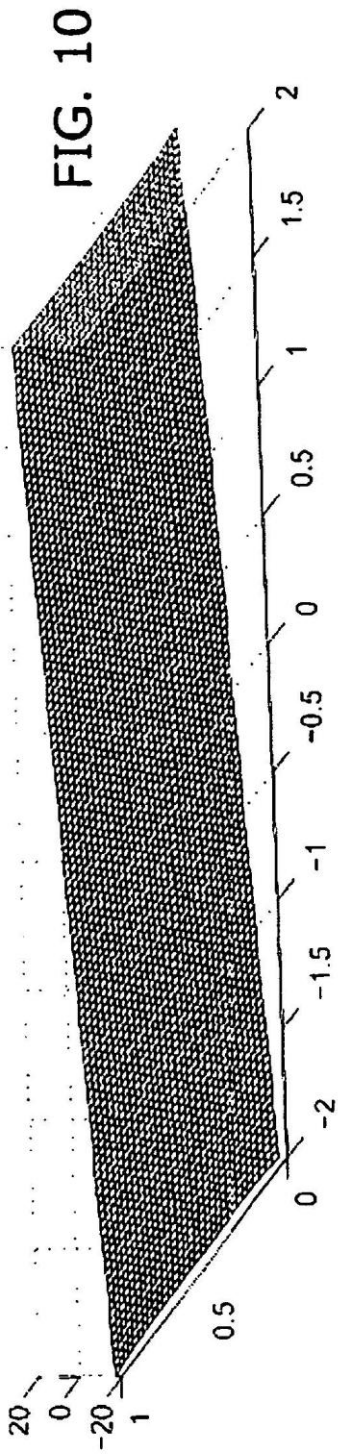


FIG. 13

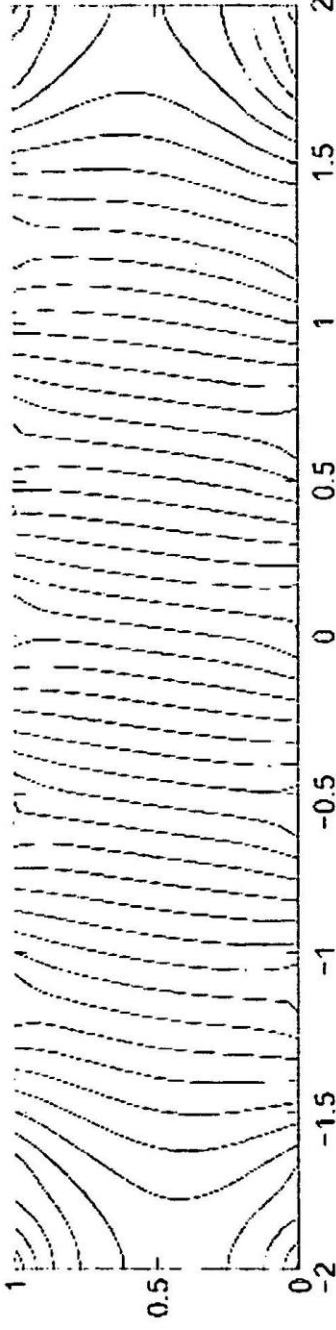


FIG. 14

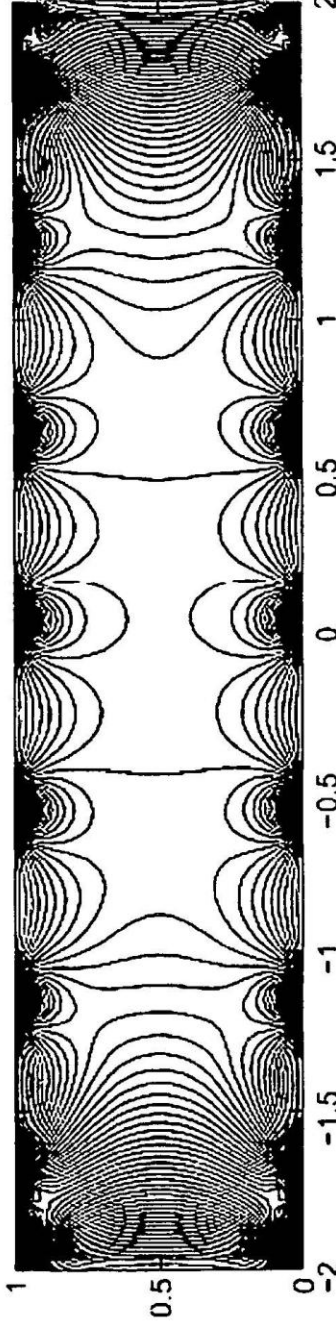
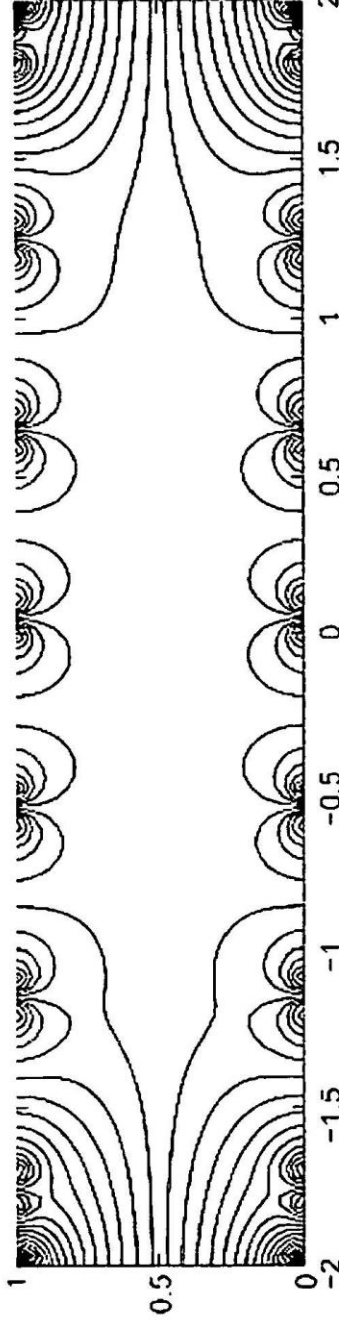


FIG. 15



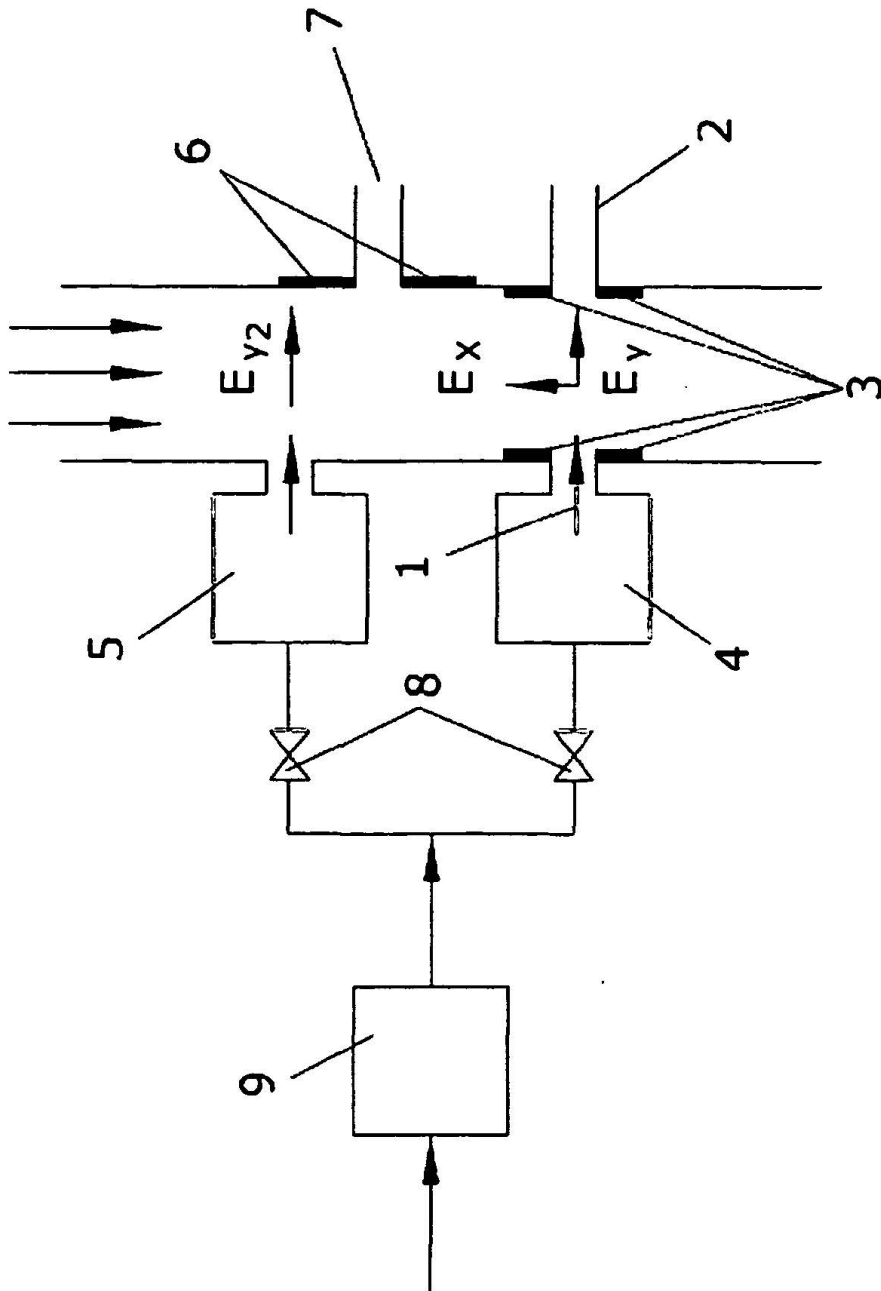


FIG.16

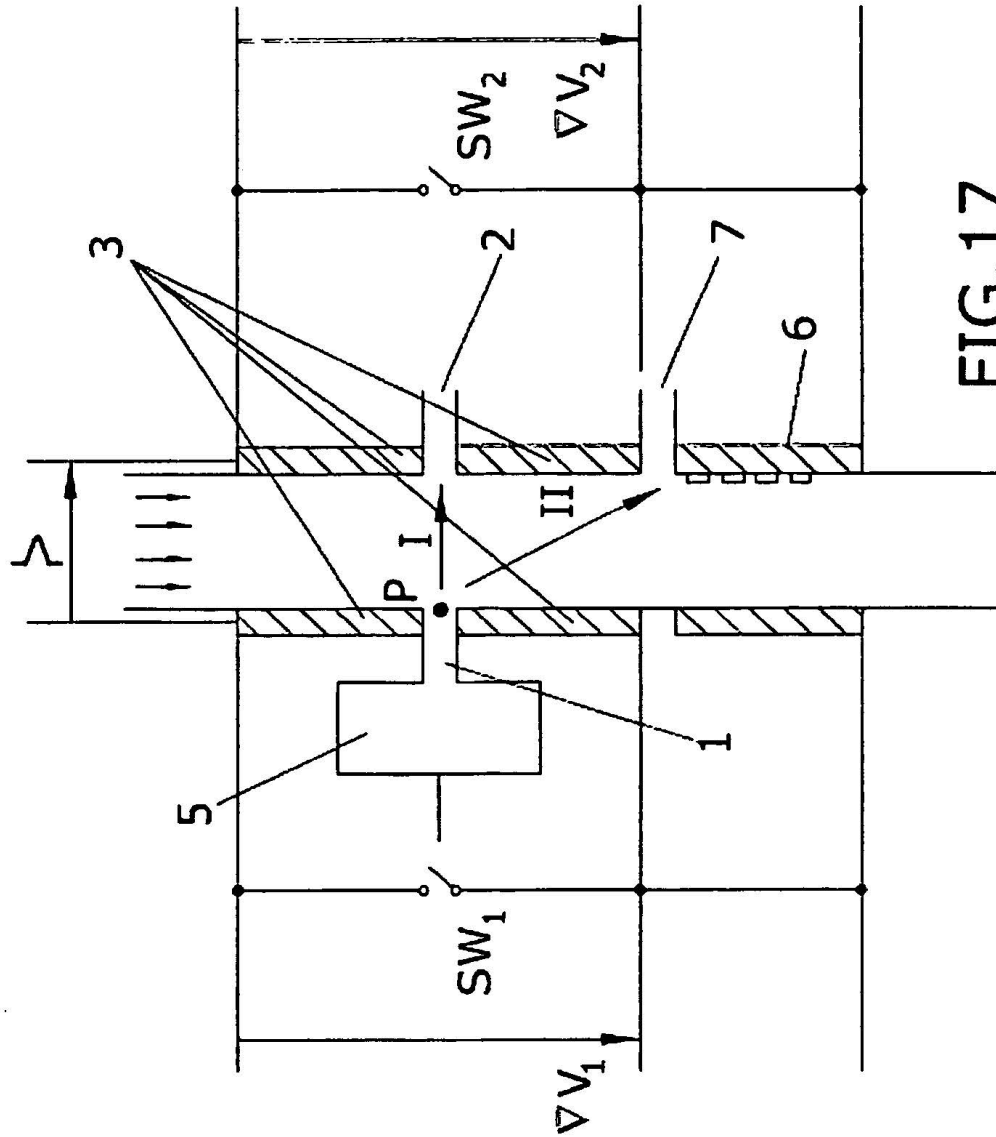


FIG.17