

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 721**

51 Int. Cl.:

**F04B 37/14** (2006.01)

**F04B 41/06** (2006.01)

**F04C 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.12.2019 PCT/EP2019/083664**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.06.2021 WO21110257**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2019 E 19816291 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2024 EP 4069976**

54 Título: **Sistema de bombeo redundante y método de bombeo mediante este sistema de bombeo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.10.2024**

73 Titular/es:  
**ATELIERS BUSCH S.A. (100.0%)  
Rue des Moissons Zone Industrielle  
2906 Chevenez, CH**

72 Inventor/es:  
**ALERS, PAUL;  
KIM, JEIHONG y  
LARCHER, JEAN-ERIC**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 984 721 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

Sistema de bombeo redundante y método de bombeo mediante este sistema de bombeo

### Campo técnico

5 La presente invención se relaciona con el campo de la tecnología de vacío. Más precisamente, la presente invención se refiere a un sistema de bombeo redundante que comprende al menos una bomba de lóbulos primaria y dos subsistemas de bombeo dispuestos en paralelo. La presente invención se relaciona también con un método de bombeo por medio de este sistema de bombeo.

### Antecedentes de la invención

10 Los sistemas de bombeo de vacío son dispositivos indispensables en muchos campos industriales tales como, por ejemplo, en las industrias alimentaria y farmacéutica en procesos de liofilización, destilación, envasado y cristalización y, en particular, también en la industria de semiconductores.

15 Con el fin de llegar a procesos de fabricación de siempre mejor calidad en la industria de los semiconductores, es esencial que los procesos de fabricación se realicen bajo atmósferas bien controladas. Con bombas de vacío, es posible evacuar cámaras de proceso y proporcionar el entorno limpio y de baja presión requerido para muchos procesos, así como extraer el gas de proceso y los subproductos no usados. El proceso de fabricación de dispositivos semiconductores a menudo implica la deposición y el modelado secuenciales de múltiples capas. Muchas de estas etapas de proceso requieren condiciones de vacío en la cámara de proceso para evitar la interferencia y contaminación por moléculas de gas presentes en el aire. Varias etapas de proceso en la fabricación de dispositivos semiconductores se realizan habitualmente en una cámara de proceso, por ejemplo, en un horno de vacío, en las cuales se procesan obleas, por ejemplo, mediante deposición química en fase de vapor o grabado químico en fase de vapor. Todos estos procesos requieren una presión de fondo baja con el fin de evitar la contaminación, principalmente por vapor de agua, así como la capacidad de suministrar dentro de la cámara de proceso un gas de proceso. Este gas de proceso debe ser suministrado a la cámara de proceso con un caudal preciso, que normalmente es alto. Por lo tanto, los sistemas de bombeo para la evacuación y el mantenimiento de una presión predeterminada de gases de proceso en cámaras de proceso de semiconductores necesitan ser capaces de evacuar la cámara de proceso a una presión final baja, usualmente al menos  $10^{-2}$  mbar y manejar un alto caudal en el intervalo de varias decenas de miles de litros por minuto. Para este propósito, se combinan, típicamente, una bomba de lóbulos, también denominada bomba reforzadora de vacío, y una bomba de respaldo seco. La bomba de lóbulos permite el manejo del alto caudal y la bomba de respaldo, gracias a su alta relación de compresión, permite alcanzar una presión final suficientemente baja.

20 Actualmente, en la industria de semiconductores, cientos o incluso miles de obleas se procesan al mismo tiempo en una única cámara de proceso. Un fallo del sistema de bombeo durante el proceso de fabricación puede, por lo tanto, dar como resultado daños en las obleas y, en consecuencia, una pérdida financiera muy significativa. Con el fin de evitar que un fallo del sistema de bombeo tenga tales consecuencias, es conocido y habitual proporcionar un sistema de bombeo redundante. El propósito de un sistema redundante es asegurar que, cuando falla la bomba que mantiene las condiciones de proceso en la cámara de proceso, una segunda bomba puede hacerse cargo para evitar cambios demasiado importantes en las condiciones de proceso y, eventualmente, daños en las obleas.

25 Varios sistemas de bombeo redundantes, en particular en el campo de la industria de los semiconductores, se conocen de la técnica anterior. En un primer sistema de bombeo redundante conocido, ilustrado esquemáticamente en la figura 1, dos subsistemas de bombeo están dispuestos en paralelo. Cada uno de los dos subsistemas comprende una bomba de lóbulos y una bomba de desplazamiento positivo, como bomba de respaldo para la bomba reforzadora. Para cada subsistema de bombeo, se coloca una válvula en el conducto que conecta las bombas de lóbulos y la cámara de proceso. Los subsistemas de bombeo están configurados de tal manera que cada uno de los subsistemas solo puede evacuar la cámara de proceso al caudal deseado. Esto implica que durante el funcionamiento normal, los dos subsistemas siempre están funcionando pero sólo una válvula está abierta. Si falla el subsistema de bombeo cuya válvula está abierta, esta válvula se cierra y la válvula del otro subsistema de bombeo se abre para permitir que el segundo subsistema se haga cargo.

30 Sin embargo, este tipo de sistemas redundantes tiene varios inconvenientes. Cuando se produce un fallo, se observan fuertes fluctuaciones de presión y contaminación de la cámara de proceso. Esto suele dar como resultado daños importantes en las obleas presentes en la cámara de proceso y pérdidas financieras importantes.

35 Un segundo sistema de bombeo redundante conocido usado en la industria de semiconductores, ilustrado en la figura 2, comprende una bomba de lóbulos conectada a la cámara de proceso y dos bombas de desplazamiento positivo dispuestas en paralelo. Estas dos bombas de desplazamiento positivo están separadas de la bomba de lóbulos por dos válvulas. Durante el funcionamiento normal, sólo una de ambas válvulas está abierta y sólo una de las bombas de desplazamiento positivo actúa como bomba de respaldo para la bomba de lóbulos. Si esta bomba de respaldo falla, la válvula correspondiente se cierra y la otra válvula se abre, permitiendo que la segunda bomba de desplazamiento positivo actúe como bomba de respaldo para la bomba de lóbulos.

Este segundo sistema de bombeo redundante conocido tiene prestaciones ligeramente mejores que el primer sistema de bombeo redundante conocido mencionado anteriormente en términos de contaminaciones cuando falla una bomba de desplazamiento positivo. Sin embargo, se producen daños muy graves de las obleas en la cámara de proceso si falla la bomba de lóbulos del sistema.

5 Un sistema de bombeo de la técnica anterior se divulga en el documento de patente de EE.UU. US2017/200622.

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proponer un sistema de bombeo redundante novedoso y un método de bombeo correspondiente, gracias a los cuales las condiciones de presión en una cámara de proceso pueden mantenerse constantes incluso si falla una de las bombas del sistema. Así, el objeto de la presente invención es proponer un sistema de bombeo redundante novedoso y un método de bombeo correspondiente, gracias a los cuales los inconvenientes descritos anteriormente de los sistemas conocidos se superan completamente o al menos disminuyen en gran medida.

### **Compendio de la invención**

Según la presente invención, estos objetos se logran, en particular, a través de los elementos de las dos reivindicaciones independientes. Otras realizaciones ventajosas se deducen, además, de las reivindicaciones dependientes y de la descripción.

En particular, los objetos de la presente invención se logran en un primer aspecto mediante un sistema de bombeo de vacío redundante, que comprende una bomba de lóbulos primaria que tiene una entrada de succión de gas conectable a una cámara de proceso y una salida de descarga de gas conectada a un primer subsistema de bombeo y a un segundo subsistema de bombeo, en donde el primer subsistema de bombeo y el segundo subsistema de bombeo están dispuestos para bombear en paralelo el gas evacuado por la bomba de lóbulos primaria, comprendiendo el primer subsistema de bombeo una primera bomba de lóbulos secundaria, una primera bomba de desplazamiento positivo y una primera válvula, colocada entre la salida de descarga de gas de la bomba de lóbulos primaria y la entrada de succión de gas de la primera bomba de lóbulos secundaria, y comprendiendo el segundo subsistema de bombeo una segunda bomba de lóbulos secundaria, una segunda bomba de desplazamiento positivo y una segunda válvula, colocada entre la salida de descarga de gas de la bomba de lóbulos primaria y la entrada de succión de gas de la segunda bomba de lóbulos secundaria, en donde el primer subsistema de bombeo y el segundo subsistema de bombeo están configurados para bombear a un mismo caudal y en donde la bomba de lóbulos primaria está configurada para poder bombear a un caudal  $F$  igual al caudal de bombeo del subsistema de bombeo primario más el caudal de bombeo del subsistema de bombeo secundario.

Gracias a un sistema de bombeo de vacío redundante de este tipo, es posible garantizar que el nivel de presión en una cámara de proceso se pueda mantener constante incluso en caso de fallo de una de las bombas del sistema. En particular, es posible evitar una acumulación de presión o contaminación de la cámara de proceso en caso de fallo. Puesto que la bomba de lóbulos primaria está configurada para ser accionable al flujo de bombeo igual al flujo total de los dos subsistemas de bombeo, la bomba de lóbulos primaria puede, en caso de fallo de uno de los subsistemas, comprimir los gases evacuados de la cámara de proceso lo suficiente como para que las condiciones de bombeo para el subsistema que todavía está funcionando no se cambien. En caso de fallo de la bomba de lóbulos primaria, el flujo de gas puede ser bombeado por los subsistemas solos. Gracias al sistema de bombeo redundante según la presente invención es posible, por lo tanto, superar los inconvenientes de los sistemas conocidos de la técnica anterior.

En realizaciones preferidas de la presente invención, la primera bomba de desplazamiento positivo y/o la segunda bomba de desplazamiento positivo se seleccionan del grupo que consiste en una bomba de tornillo seco, una bomba de garras seca, una bomba de espiral y una bomba de diafragma.

En otra realización preferida de la presente invención, el sistema de bombeo de vacío redundante comprende un conducto de baipás con una tercera válvula dispuesta en paralelo a la bomba de lóbulos primaria. Gracias al conducto de baipás y a la tercera válvula, es posible evacuar el flujo de gas que se ha de evacuar de la cámara de proceso incluso si la bomba de lóbulos primaria se convierte en un obstáculo de bombeo debido a un fallo.

En otra realización preferida de la presente invención, la primera bomba de desplazamiento positivo y la segunda bomba de desplazamiento positivo están conectadas a instalaciones de tratamiento de gases residuales, ventajosamente depuradores. Con esto, es posible reciclar los gases de proceso y subproductos de proceso evacuados de la cámara de proceso.

En otra realización preferida más de la presente invención, el caudal de bombeo de las bombas de lóbulos primarias es de 5.000 l/min a 100.000 l/min, ventajosamente entre 10.000 l/min y 70.000 l/min, preferiblemente entre 25.000 l/min y 55.000 l/min. Con esto, el sistema de bombeo de vacío redundante de la presente invención puede implementarse en líneas de fabricación existentes, especialmente en la industria de semiconductores.

En otra realización preferida de la presente invención, el sistema de bombeo de vacío redundante comprende medios de detección de fallo para detectar un fallo de cualquiera de la bomba de lóbulos primaria, de la primera bomba de lóbulos secundaria, de la segunda bomba de lóbulos secundaria, de la primera bomba de desplazamiento positivo o

de la segunda bomba de desplazamiento positivo. Gracias a estos medios de detección de fallo, es posible detectar rápidamente cualquier fallo y, en consecuencia, conmutar una válvula, si es necesario.

5 En otra realización preferida de la presente invención, los medios de detección de fallo están configurados para poder accionar la primera válvula, la segunda válvula y/o la tercera válvula en caso de que se detecte un fallo. Esto es especialmente ventajoso ya que, en caso de que se detecte un fallo, la válvula correcta puede ser accionada automáticamente por los medios de detección de fallo.

10 En un segundo aspecto, los objetos de la presente invención se logran mediante un método de bombeo por medio de un sistema de bombeo de vacío redundante según la presente invención, en donde la bomba de lóbulos principal se acciona todo el tiempo a un caudal nominal igual a la suma del caudal del primer subsistema de bombeo y del caudal del segundo subsistema de bombeo. Con este método de bombeo, se asegura que, incluso en caso de fallo de cualquiera de las bombas del sistema de bombeo de vacío redundante, el nivel de presión en la cámara de proceso puede mantenerse constante y evitarse daños en las obleas.

15 En una primera realización preferida del segundo aspecto de la presente invención, el sistema de bombeo comprende un conducto de bajipás con una tercera válvula y en donde la tercera válvula se conmuta a su posición abierta cuando se detecta un fallo de la bomba de lóbulos primaria por los medios de detección de fallo. Gracias a esto, el flujo de gas que debe evacuarse de la cámara de proceso puede evacuarse a través del conducto de bajipás en caso de fallo de la bomba de lóbulos primaria del sistema de bombeo de vacío redundante.

20 En otra realización preferida del segundo aspecto de la presente invención, los medios de detección de fallo cierran la primera válvula cuando se detecta un fallo de la primera bomba de lóbulos secundaria o de la primera bomba de desplazamiento positivo. Con esto, es posible cerrar automáticamente la primera válvula en caso de fallo de cualquiera de las bombas del primer subsistema de bombeo.

25 En otra realización preferida más del segundo aspecto de la presente invención, los medios de detección de fallo cierran la segunda válvula cuando se detecta un fallo de la segunda bomba de lóbulos secundaria o de la segunda bomba de desplazamiento positivo. Con esto, es posible cerrar automáticamente la segunda válvula en caso de fallo de cualquiera de las bombas del segundo subsistema de bombeo.

### **Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones y ventajas específicas de la presente invención resultarán evidentes a partir de las figuras adjuntas que muestran:

30 la figura 1 es una ilustración esquemática de un primer sistema de bombeo redundante conocido de la técnica anterior;

la figura 2 es una ilustración esquemática de un segundo sistema de bombeo redundante conocido de la técnica anterior; y

la Figura 3 es una ilustración esquemática de una realización preferida de un sistema de bombeo redundante según la presente invención.

### **Descripción detallada de una realización preferida**

35 La figura 1 ilustra esquemáticamente un primer sistema de bombeo redundante 100 conocido de la técnica anterior. El sistema de bombeo redundante 100 conocido comprende dos subsistemas de bombeo 110 y 120 dispuestos en paralelo para bombear la cámara de proceso 101. Como se ha mencionado anteriormente, se proporcionan sistemas de bombeo redundantes en una situación en la que debe asegurarse absolutamente que el nivel de presión en la cámara 101 se mantenga en todo momento durante ciertos procesos de fabricación, especialmente en la industria de semiconductores.

40 El sistema de bombeo 100 debe configurarse no solo para ser capaz de alcanzar una presión final predeterminada sino para manejar un gran flujo de gases F. Esto es particularmente importante cuando están implicados procesos de grabado químico en fase de vapor o deposición química en fase de vapor. Estos procesos requieren que se alimente un flujo constante de gases de proceso a la cámara 101, teniendo que bombearse fuera estos gases y los residuos de los procesos por el sistema de bombeo 100. Con el fin de alcanzar una presión final suficientemente baja y ser capaz de bombear un gran flujo de gases, los sistemas de bombeo conocidos utilizados típicamente en la industria de los semiconductores emplean una combinación de una bomba de desplazamiento positivo, ventajosamente una bomba de tornillo seco, y una bomba de lóbulos, conocida también como bomba reforzadora. Gracias a la bomba de tornillo seco con su alta relación de compresión, se puede alcanzar una presión final baja, mientras que con la bomba de lóbulos se puede manejar eficientemente un flujo muy grande de gases.

50 Con referencia de nuevo a la figura 1, cada uno de los dos subsistemas 110, 120 de bombeo comprende, por lo tanto, una bomba de lóbulos 111, 121 y una bomba de tornillo seco 112, 122. Como se ha mencionado anteriormente, los dos subsistemas están dispuestos en paralelo y están conectados a la cámara de proceso 101 por medio de dos

válvulas 113, 123. El sistema de bombeo 100 es redundante en el sentido de que, durante el funcionamiento normal, la válvula 113 está abierta y la válvula 123 está cerrada. El flujo de gases F bombeado fuera de la cámara de proceso 101 es, por lo tanto, bombeado, durante el funcionamiento normal, por el subsistema 110 solo. Sólo en caso de fallo de cualquiera de las bombas de este subsistema, la válvula 113 se cierra y la válvula 123 se abre de manera que la cámara 101 se evacúa por el subsistema 120 solo.

Sin embargo, el sistema de bombeo redundante, como el sistema 100 de la figura 1, tiene muchos inconvenientes. En primer lugar, sufre una fuerte fluctuación de presión cuando el sistema debe cambiar del subsistema 110 al subsistema 120. Esta fluctuación de presión conduce a contaminación en la cámara de proceso 101 que es inaceptable en muchas aplicaciones. Además, durante una cierta cantidad de tiempo después de la detección del fallo del subsistema 110, la presión aumentará en la cámara de proceso 101 conduciendo finalmente a daños en la oblea mantenida en la cámara 101. Finalmente, puesto que durante el funcionamiento normal las bombas 121 y 122 del subsistema 120 están funcionando todo el tiempo, la presión entre la entrada de la bomba de lóbulos 121 y la válvula 123 se mantiene a la presión final del subsistema 120. Esto implica que, cuando la válvula 123 se abre repentinamente en reacción a una detección de fallo del subsistema 110, la presión en la cámara de proceso se verá afectada. Tales cambios de presión hacen imposible garantizar condiciones de proceso de alta calidad en la cámara de proceso.

La figura 2 ilustra esquemáticamente un segundo sistema de bombeo redundante 200 conocido de la técnica anterior. El sistema 200 difiere del sistema 100 en que los dos subsistemas de bombeo 210, 220 comprenden, cada uno, sólo una bomba de desplazamiento positivo 212, 222, tal como una bomba de tornillo seco. Con el fin de manejar un flujo importante de gas F, el sistema 200 comprende una bomba de lóbulos 202, que es "mutua" a ambos subsistemas 210 y 220. Durante el funcionamiento normal, la válvula 213 está abierta y la válvula 223 está cerrada. Por lo tanto, todo el flujo de gas F es bombeado únicamente por la bomba de lóbulos 202 y la bomba de tornillo seco 212. En caso de fallo de la bomba de tornillo seco 212, la válvula 213 se cierra y la válvula 223 se abre de manera que el flujo de gas F puede evacuarse mediante la combinación de la bomba de lóbulos 202 y la bomba de tornillo seco 222.

Aunque el sistema redundante 200, en comparación con el sistema redundante 100, tiene prestaciones mejoradas en términos de ser capaz de mantener una presión constante en la cámara de proceso 201 en caso de fallo de la bomba de tornillo seco 212, tiene el inconveniente principal de que un fallo de la bomba de lóbulos 202 da como resultado un aumento inaceptable y constante de la presión en la cámara de proceso 201.

La figura 3 ilustra esquemáticamente un sistema de bombeo redundante 300 según una realización preferida de la presente invención. El sistema de bombeo 300 comprende una bomba de lóbulos primaria 302, conectable a una cámara de proceso 301, y dos subsistemas de bombeo 310 y 320 que comprenden, cada uno de ellos, una bomba de lóbulos secundaria 311, respectivamente 321, y una bomba de desplazamiento positivo 312, respectivamente 322, tales como bombas de tornillo seco. Durante el funcionamiento normal, la válvula 313 y la válvula 323 están siempre abiertas, la mitad del flujo de gas F evacuado de la cámara de proceso 301 se bombea por el subsistema 310, y la otra mitad se bombea por el subsistema 320. Es esencial para la implementación apropiada de esta invención que la bomba de lóbulos primaria 302 pueda accionarse a la misma velocidad de bombeo que la velocidad de bombeo total de los subsistemas 310 y 320. En otros términos, durante el funcionamiento normal, la bomba de lóbulos primaria 302 no participa en el esfuerzo de bombeo y la presión P1 en su entrada 302a es la misma que la presión P2 en su salida 302b, es decir, la relación de compresión de la bomba de lóbulos primaria 302 en funcionamiento normal es igual a 1. Esto se puede lograr teniendo una bomba de lóbulos primaria cuya velocidad de bombeo se pueda adaptar o teniendo una bomba de lóbulos primaria cuya velocidad de bombeo máxima sea igual a la velocidad de bombeo de los subsistemas 310 y 320.

La idea detrás de la presente invención se explica mejor con un ejemplo de implementación concreto. Para este ejemplo, supongamos que el caudal de gas F que se requiere evacuar de la cámara de proceso es igual a 20.000 l/min. Como se mencionó anteriormente, el sistema de bombeo redundante 300 inventivo está configurado de tal manera que la bomba de lóbulos primaria 302 puede ser accionada con una velocidad de bombeo igual a F y de tal manera que cada subsistema 310 y 320 tiene una velocidad de bombeo igual a F/2, en este ejemplo igual a 10.000 l/min. Dado que los caudales de entrada y de salida de la bomba de lóbulos primaria 302 son iguales, la relación de compresión de la bomba de lóbulos primaria 302 durante la operación normal  $K_{normal}$  es igual a 1.

Esto significa que durante el funcionamiento normal, las prestaciones del sistema de bombeo 300 en términos de velocidad de bombeo y presión final son las mismas que si la bomba de lóbulos primaria 302 no estuviera presente, se apagara o fallara (siempre que no representase un obstáculo para la evacuación). Durante el funcionamiento normal, la presión final del sistema completo 300 viene dada por la presión final de cada uno de los subsistemas 310, respectivamente 320, dividida por  $K_0$ , la relación de compresión a caudal nulo, y a su presión de salida. Típicamente, los subsistemas 310, respectivamente 320, tienen una presión final del orden de 0,1 mbar. Las bombas de lóbulos primarias tienen en este intervalo de presión una relación de compresión  $K_0$  del orden de 50. La presión final del sistema 300 completo es, por consiguiente, del orden de  $2 \cdot 10^{-4}$  mbar.

Si ahora fallase el subsistema 320, la válvula 323 se cerrará y todo el flujo F necesitaría acomodarse por la combinación de la bomba de lóbulos primaria 302 y el subsistema 310. Dado que el caudal del subsistema 310 es fijo e igual a F/2, la bomba de lóbulos primaria 302 debe comprimir el gas evacuado de la cámara de proceso con un factor 2. Esto ocurre automáticamente tan pronto como el caudal más allá de la bomba de lóbulos primaria 302 cae de F a

5 F/2 debido al fallo del subsistema 320. Naturalmente, la presión P3 en la entrada del subsistema 311a se vuelve dos veces mayor que durante el funcionamiento normal, pero, dado que la bomba de lóbulos primaria 302 participa ahora en el esfuerzo de bombeo comprimiendo el gas evacuado de la cámara de procesamiento 301 en un factor 2, la presión final así como la velocidad de bombeo no se ven afectadas por el fallo del subsistema 320 y la presión en la cámara de proceso puede mantenerse constante incluso en ese caso.

10 Además, como se mencionó anteriormente, en caso de fallo de la bomba de lóbulos primaria 302, las prestaciones del sistema 300 no se ven afectadas en absoluto siempre que los dos subsistemas 310 y 320 estén funcionando normalmente. Como es extremadamente improbable que la bomba de lóbulos primaria 302 y uno de los subsistemas 310 o 320 fallen al mismo tiempo, el sistema de bombeo redundante 300 según la presente invención permite evitar los inconvenientes de los sistemas redundantes conocidos de la técnica anterior.

15 Además, es posible proporcionar, adicionalmente, un conducto 303 de baipás con una válvula 304 en el sistema de bombeo 300. Con el conducto 303 de baipás adicional es posible evacuar la cámara 301 de proceso con los dos subsistemas 310 y 320 y mantener una presión constante en la cámara 301 incluso si la bomba de lóbulos primaria 302 se convirtiera en una resistencia al bombeo debido a un fallo. En tal caso, el flujo F se desvía a través del conducto de baipás 304 y se dirige a los dos subsistemas 310 y 320.

Además, es ventajoso conectar la salida de descarga de gas de ambas bombas de desplazamiento positivo 312 y 322 a al menos una instalación de tratamiento de gases residuales, ventajosamente depuradores.

20 Finalmente, cabe señalar que lo anterior ha esbozado una realización pertinente no limitativa. Estará claro para los expertos en la técnica que se pueden realizar modificaciones a la realización no limitativa descrita. Como tal, la realización no limitativa descrita debe considerarse meramente ilustrativa de algunas de las características y aplicaciones más destacadas. Otros resultados beneficiosos pueden realizarse aplicando las realizaciones no limitativas de una manera diferente o modificándolas de maneras conocidas por los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de bombeo de vacío redundante (300), que comprende una bomba de lóbulos primaria (302) que tiene una entrada de succión de gas (302a) conectable a una cámara de proceso (301) y una salida de descarga de gas (302b) conectada a un primer subsistema de bombeo (310) y a un segundo subsistema de bombeo (320),
- 5           en donde el primer subsistema de bombeo (310) y el segundo subsistema de bombeo (320) están dispuestos para bombear en paralelo el gas evacuado por la bomba de lóbulos primaria (302),
- el primer subsistema de bombeo (310) comprende una primera bomba de lóbulos secundaria (311), una primera bomba de desplazamiento positivo (312) y una primera válvula (313) colocada entre la salida de descarga de gas (302b) de la bomba de lóbulos primaria (302) y la entrada de succión de gas (311a) de la primera bomba de lóbulos secundaria (311), y el segundo subsistema de bombeo (320) comprende una segunda bomba de lóbulos secundaria (321), una segunda bomba de desplazamiento positivo (322) y una segunda válvula (323) colocada entre la salida de descarga de gas (302b) de la bomba de lóbulos primaria (302) y la entrada de succión de gas (321a) de la segunda bomba de lóbulos secundaria (321),
- 10           caracterizado por que
- el primer subsistema de bombeo (310) y el segundo subsistema de bombeo (320) están configurados para bombear a un mismo caudal, y
- 15           la bomba de lóbulos primaria (302) está configurada para poder bombear a un caudal F igual al caudal de bombeo del subsistema de bombeo primario (310) más el caudal de bombeo del subsistema de bombeo secundario (320).
2. Sistema de bombeo de vacío redundante (300) según la reivindicación 1, en donde la primera bomba de desplazamiento positivo (312) y/o la segunda bomba de desplazamiento positivo (322) es una bomba de tornillo seco.
- 20           3. Sistema de bombeo de vacío redundante (300) según la reivindicación 1, en donde la primera bomba de desplazamiento positivo (312) y/o la segunda bomba de desplazamiento positivo (322) es una bomba de garras seca.
4. Sistema de bombeo de vacío redundante (300) según la reivindicación 1, en donde la primera bomba de desplazamiento positivo (312) y/o la segunda bomba de desplazamiento positivo (322) es una bomba de espiral.
- 25           5. Sistema de bombeo de vacío redundante (300) según la reivindicación 1, en donde la primera bomba de desplazamiento positivo (312) y/o la segunda bomba de desplazamiento positivo (322) es una bomba de diafragma.
6. Sistema de bombeo de vacío redundante (300) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende un conducto de baipás (303) con una tercera válvula (304) dispuesto en paralelo a la bomba de lóbulos primaria (302).
- 30           7. Sistema de bombeo de vacío redundante (300) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la primera bomba de desplazamiento positivo (312) y la segunda bomba de desplazamiento positivo (322) están conectadas a instalaciones de tratamiento de gases residuales, ventajosamente depuradores.
8. Sistema de bombeo de vacío redundante (300) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el caudal de bombeo de las bombas de lóbulos primarias (302) es de 5.000 l/min a 100.000 l/min, ventajosamente entre 10.000 l/min y 70.000 l/min, preferiblemente entre 25.000 l/min y 55.000 l/min.
- 35           9. Sistema de bombeo de vacío redundante (300) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios de detección de fallo para detectar un fallo de cualquiera de la bomba de lóbulos primaria (302), de la primera bomba de lóbulos secundaria (311), de la segunda bomba de lóbulos secundaria (321), de la primera bomba de desplazamiento positivo (312) o de la segunda bomba de desplazamiento positivo (322).
- 40           10. Sistema de bombeo de vacío redundante (300) según la reivindicación 9, en donde los medios de detección de fallo están configurados para poder accionar la primera válvula (313), la segunda válvula (323) y/o la tercera válvula (304) en caso de que se detecte un fallo.
11. Método de bombeo por medio de un sistema de bombeo de vacío redundante (300) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la bomba de lóbulos primaria (302) es accionada todo el tiempo
- 45           a un caudal nominal igual a la suma del caudal del primer subsistema (310) de bombeo y del caudal del segundo subsistema (320) de bombeo.
12. Método de bombeo según la reivindicación 11, en donde el sistema de bombeo (300) comprende un conducto de baipás (303) con una tercera válvula (304) y en donde la tercera válvula (304) se conmuta a su posición abierta cuando se detecta un fallo de la bomba de lóbulos primaria (302) por los medios de detección de fallo.

13. Método de bombeo según la reivindicación 10 u 11, en donde los medios de detección de fallo cierran la primera válvula (313) cuando se detecta un fallo de la primera bomba de lóbulos secundaria (311) o de la primera bomba de desplazamiento positivo (312).

5 14. Método de bombeo según la reivindicación 10 u 11, en donde los medios de detección de fallo cierran la segunda válvula (323) cuando se detecta un fallo de la segunda bomba de lóbulos secundaria (321) o de la segunda bomba de desplazamiento positivo (322).

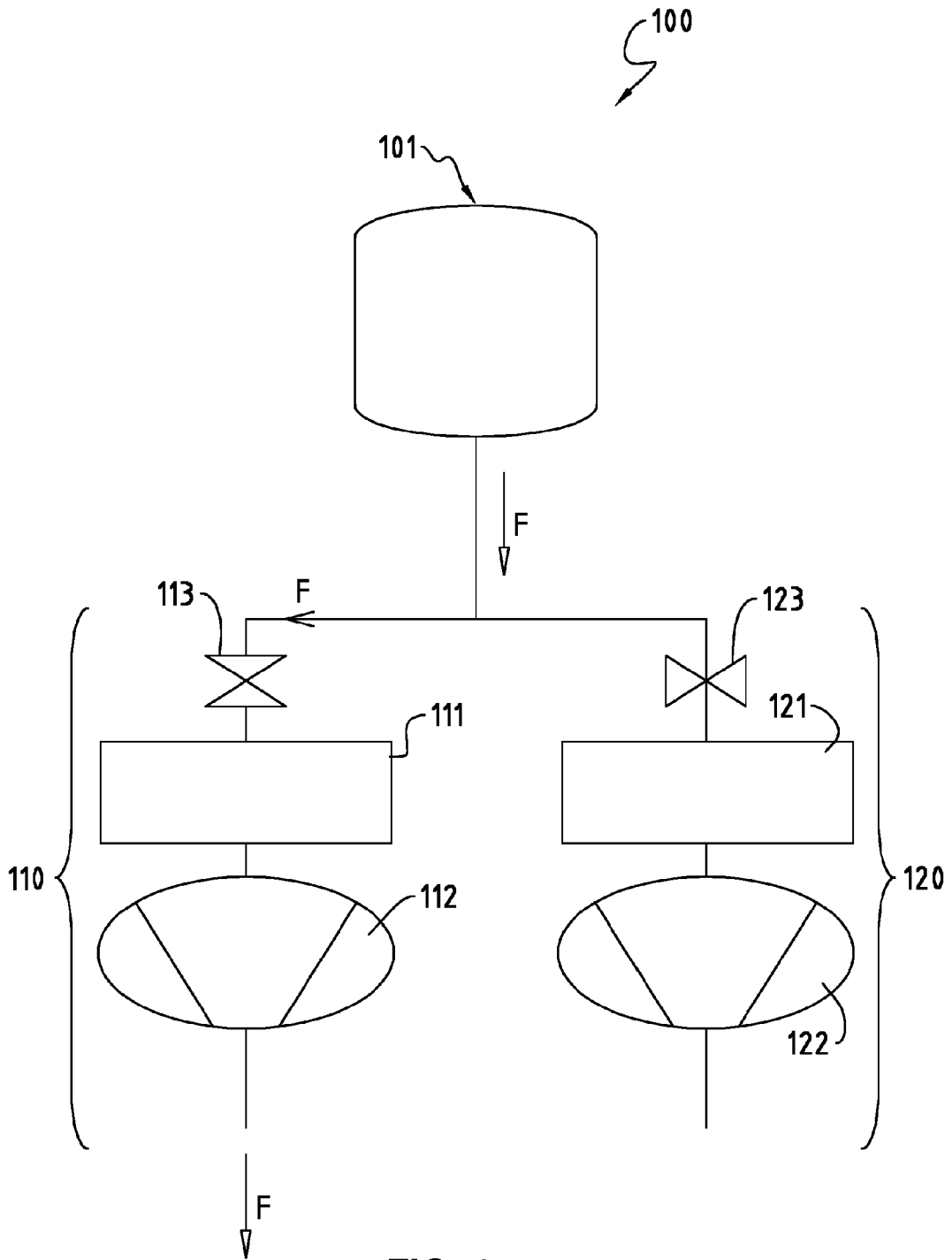


FIG. 1

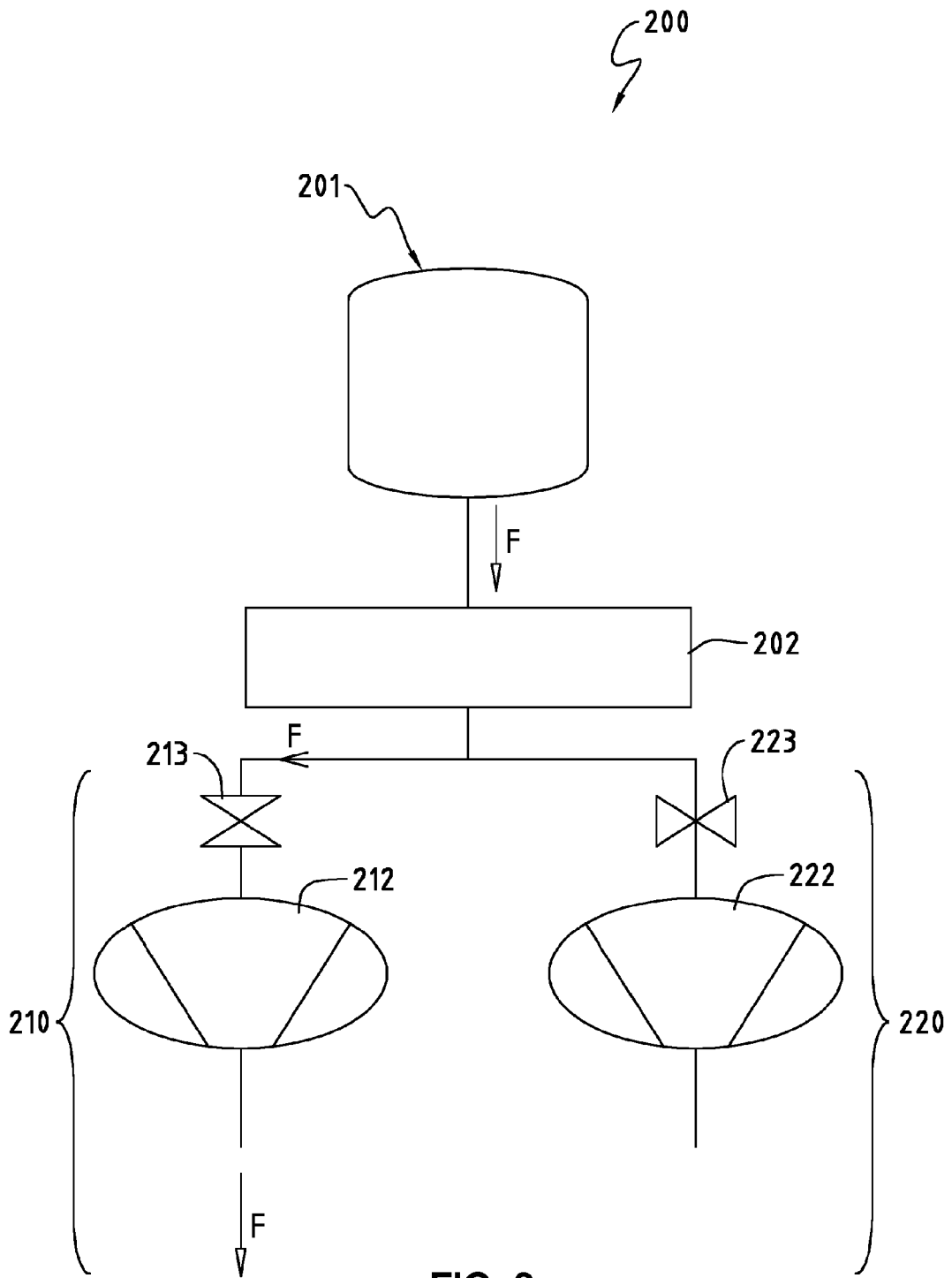


FIG. 2

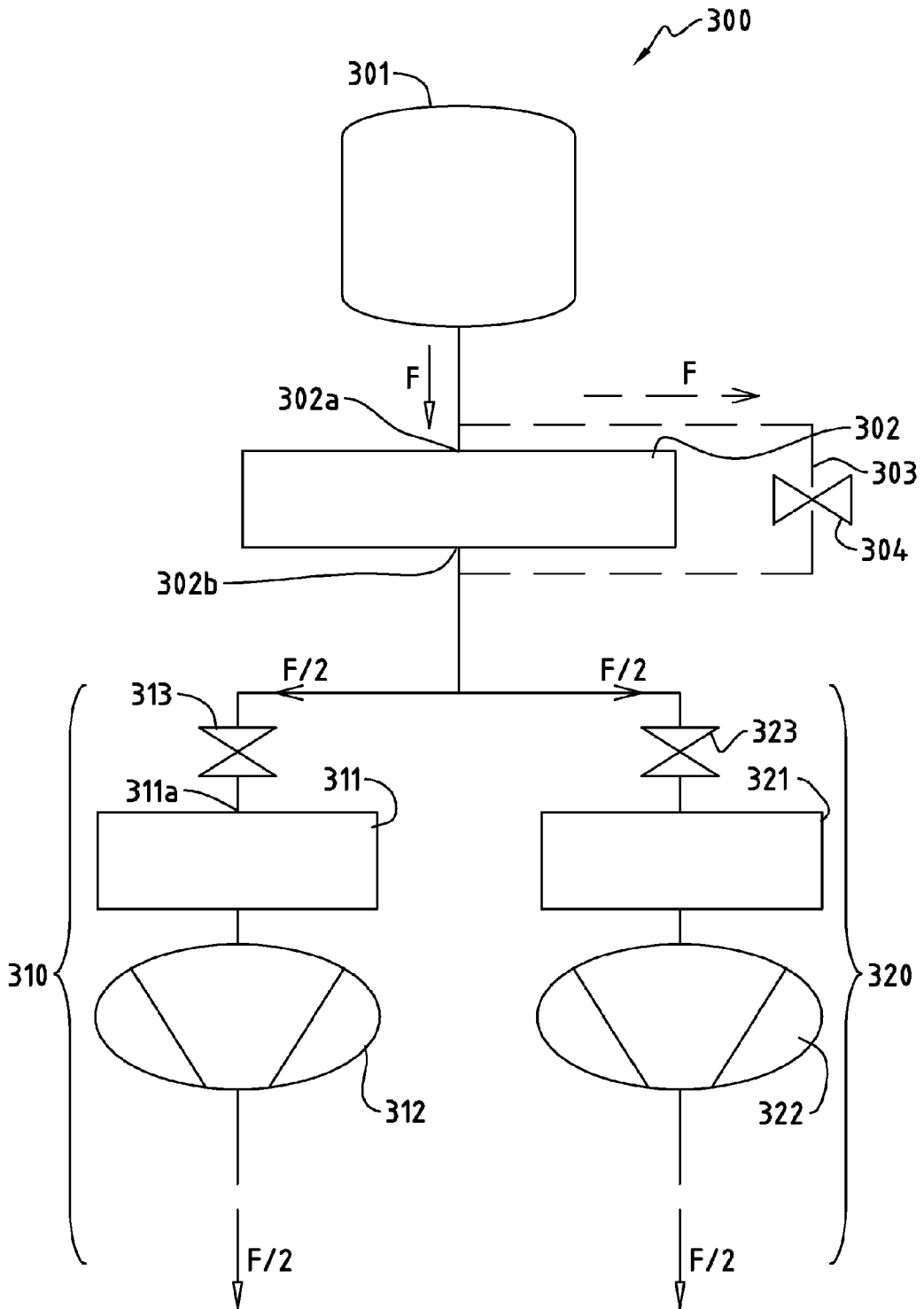


FIG. 3