

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 213**

51 Int. Cl.:

B64C 21/04 (2006.01)

F15D 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2010 PCT/US2010/061145**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2011 WO11093957**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2010 E 10799214 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2528809**

54 Título: **Actuación de control de flujo de etapas múltiples**

30 Prioridad:

29.01.2010 US 696529

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

23.03.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**CLINGMAN, DAN JOHN y
WHALEN, EDWARD ANDREW**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 606 213 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

Actuación de control de flujo de etapas múltiples

5 Antecedentes

Los actuadores de control de flujo son utilizados comúnmente para controlar las características de flujo de una corriente de aire u otro flujo de fluido. Por ejemplo, el flujo de aire sobre una superficie aerodinámica se puede manipular utilizando actuadores de control de flujo para alterar el lugar de la separación del flujo en la superficie aerodinámica. Hay numerosos tipos de actuadores de control de flujo existentes utilizados para controlar alguna característica de un flujo de aire. Para muchas aplicaciones, un mecanismo preferido para controlar un flujo de aire es usar un actuador de chorro sintético para expulsar una corriente o impulso de aire hacia el flujo de aire a velocidades, frecuencias, cantidades y lugares controlados. Los actuadores de chorro sintético a menudo utilizan un disco piezoeléctrico u otro mecanismo para aspirar alternativamente el aire hacia dentro y expulsarlo hacia fuera de una cámara impelente o cámara de aire, y hacia el flujo de aire ambiente.

15 Una bomba piezoeléctrica de canales múltiples es conocida, por ejemplo, por el documento JP 6 147 104 A.

Sin embargo, debido a las limitaciones en las propiedades del material de los discos piezoeléctricos existentes, la velocidad del aire expulsado hacia el flujo de aire ambiente es limitada, lo que restringe la eficacia de un actuador de chorro sintético que utiliza un disco piezoeléctrico cuando es aumentada la velocidad del flujo de aire a manipular. Específicamente, para incrementar la velocidad de salida de actuadores de chorro sintético típicos piezoeléctricos, que usan arquitecturas de actuador existentes que tienen un solo disco piezoeléctrico o dos discos opuestos, son requeridos actuadores de muy alto poder. Estos actuadores de alto poder requieren grandes discos piezoeléctricos que aumentan significativamente el impacto del actuador. Incluso con estas configuraciones, uno o dos discos piezoeléctricos dentro de un único actuador de chorro sintético, a menudo no es suficiente para proporcionar las características deseables de flujo de accionamiento para la manipulación de la corriente de aire ambiente de una manera satisfactoria.

Es con respecto a estas consideraciones y otras por lo que se presenta la divulgación contenida en este documento.

30 Compendio

Debe apreciarse que este Compendio es ofrecido para introducir una selección de conceptos de una forma simplificada, que más adelante son descritos con más detalle en la Descripción Detallada. Este Compendio no está destinado a ser usado para limitar el alcance de la materia reivindicada.

Los conceptos y tecnologías descritas en el presente documento proporcionan un actuador de chorro sintético de etapas múltiples que crea un flujo de accionamiento adecuado para controlar flujos de fluido ambiente de alta velocidad. De acuerdo con un aspecto de la descripción proporcionada en el presente documento, un sistema de accionamiento de fluido para controlar un flujo de fluido ambiente de alta velocidad (reivindicación 1) incluye un mecanismo de accionamiento interior y un mecanismo de accionamiento periférico. El mecanismo de accionamiento interior incluye un primer diafragma y una cámara impelente, mientras que el mecanismo de accionamiento periférico incluye un segundo y tercer diafragmas que rodean una segunda cámara impelente. Las dos cámaras impelentes están conectadas para paso de fluido de tal manera que el flujo de accionamiento creado por los diafragmas puede fluir entre las cámaras impelentes y fuera de la primera cámara impelente a través de una abertura de salida. El mecanismo de accionamiento periférico está conectado al mecanismo de accionamiento interior de modo que los primer, segundo y tercer diafragmas están alineados a lo largo de un eje y apilados uno encima del otro.

De acuerdo con otro aspecto, un método para proporcionar un de flujo de fluido de accionamiento para controlar un flujo de fluido ambiente de alta velocidad (reivindicación 7) incluye alternativamente la compresión y la expansión de una primera cámara impelente con un primer diafragma. Una segunda cámara impelente es alternativamente comprimida y expandida con un segundo diafragma, y un tercer diafragma en coordinación con la compresión y la expansión de la primera cámara impelente, estando el primer diafragma, el segundo diafragma y el tercer diafragma alineados a lo largo de un eje y apilados uno encima del otro. Un flujo de fluido creado por la compresión y la expansión alternadas de la segunda cámara impelente se dirige a la primera cámara impelente y es expulsado desde la primera cámara impelente a través de una abertura de salida.

De acuerdo también con otro aspecto de la descripción, el sistema de accionamiento de fluido incluye un número de etapas, cada una de las cuales incluye una cámara impelente y al menos un disco piezoeléctrico que comprime y expande la cámara impelente de forma alternada.

Las etapas están posicionadas en una configuración apilada con cada disco piezoeléctrico y cámara impelente alineados a lo largo de un eje central. Una vía de fluido conecta las cámaras impelentes y una abertura de salida expulsa el flujo de accionamiento creado por la compresión y expansión de cada cámara impelente.

Las características, funciones y ventajas que se han explicado pueden ser conseguidas independientemente en varias formas de realización de la presente invención, o pueden ser combinadas en otras formas de realización, más

detalles de las cuales pueden verse con referencia a la descripción y dibujos siguientes.

Breve descripción de los dibujos

5 La FIGURA 1A es la representación de una vista lateral de un sistema de accionamiento de fluido que proporciona un flujo de accionamiento hacia un flujo de aire ambiente de acuerdo con las diversas formas de realización presentadas en este documento;

La FIGURA 1B muestra un diagrama esquemático del actuador de chorro sintético de etapas múltiples de acuerdo con diversas formas de realización presentadas en este documento;

10 La FIGURA 2 es una vista en perspectiva del despiece ordenado de un sistema de accionamiento de fluido que tiene dos mecanismos de accionamiento de acuerdo con las diversas formas de realización presentadas en este documento;

La FIGURA 3 es una vista en perspectiva del despiece ordenado de un sistema de accionamiento de fluido que tiene tres mecanismos de accionamiento de acuerdo con las diversas formas de realización presentadas en este documento;

15 La FIGURA 4 es una vista en sección transversal de una placa de diafragma a lo largo de las líneas 4-4 de la figura 3, ilustrando la vista en sección transversal un mecanismo de ventilación o evacuación de acuerdo con las diversas formas de realización presentadas en este documento;

La FIGURA 5 es una vista en sección transversal de una placa de ventilación a lo largo de las líneas 5-5 de la figura 3, ilustrando la vista en sección transversal un mecanismo de ventilación de acuerdo con las diversas formas de realización presentadas en este documento;

20 La FIGURA 6 es un diagrama de flujo que muestra un método para proporcionar un actuador de chorro sintético de etapas múltiples de acuerdo con las diversas formas de realización presentadas en este documento; y

La FIGURA 7 es un diagrama de flujo que muestra un método para proporcionar un flujo de fluido de accionamiento que utiliza un actuador de chorro sintético de etapas múltiples de acuerdo con las diversas formas de realización presentadas en este documento.

25

Descripción detallada

30 La siguiente descripción detallada está referida a sistemas y métodos para proporcionar un flujo de fluido de accionamiento que utiliza un actuador de chorro sintético que tiene una arquitectura de múltiples etapas. Tal como se ha explicado anteriormente, los actuadores de chorro sintético convencionales no son capaces de proporcionar flujos de accionamiento capaces de manipular satisfactoriamente corrientes de aire de alta velocidad, manteniendo al mismo tiempo un impacto mínimo. Los actuadores de chorro sintético convencionales a menudo utilizan un único accionador piezoeléctrico para comprimir y expandir una cámara impelente, el cual fuerza el aire de la cámara hacia fuera por un agujero o rendija y hacia una corriente externa de aire para ser accionada. Con el fin de aumentar la velocidad del flujo de accionamiento producido por el actuador de chorro sintético, dos accionadores piezoeléctricos pueden estar configurados en lados opuestos de la cámara impelente para aumentar la salida de flujo. Sin embargo, incrementar aún más la salida de flujo, manteniendo al mismo tiempo un impacto mínimo del actuador, no ha sido posible anteriormente dada las configuraciones de los actuadores convencionales y las propiedades de los materiales piezoeléctricos.

35

40

Utilizando los conceptos y las tecnologías descritas en este documento, una configuración de actuador de chorro sintético de etapas múltiples permite que más de dos discos piezoeléctricos sean apilados y coordinados de una manera que aumenta significativamente la salida del actuador, en comparación con un actuador convencional, sin aumentar su impacto. Debe entenderse que las diversas realizaciones de esta descripción serán descritas en el contexto de la creación de un flujo de aire de accionamiento a introducir en un flujo de aire ambiente con el propósito de controlar algún aspecto de ese flujo de aire ambiente. Esta ejecución es útil en el contexto del control de un flujo de aire sobre una superficie aerodinámica. Sin embargo, los conceptos presentados en este documento son igualmente aplicables a cualquier aplicación en la que sería deseable aumentar la salida, o la velocidad de la salida, de un fluido desde un actuador de chorro sintético convencional. El fluido de accionamiento y/o ambiente puede ser aire, agua, o cualquier otro fluido de acuerdo con la aplicación específica del actuador, sin apartarse del ámbito de esta invención.

45

50

En la siguiente descripción detallada, se hacen referencias a las figuras adjuntas que forman parte de la misma, y que son mostradas a modo de ilustración, realizaciones específicas, o ejemplos. Números iguales representan elementos similares a través de las diversas figuras. Con referencia ahora a la FIGURA 1A, será descrito un entorno ilustrativo 100 de accionamiento de flujo. De acuerdo con una realización, el entorno 100 de accionamiento de flujo incluye un flujo de aire ambiente 102 sobre una superficie de una estructura 104. La estructura 104 puede ser la superficie de un avión, cohete, misil, u otro vehículo. Un actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples, de acuerdo con las diversas realizaciones descritas a continuación, está colocado debajo de la superficie expuesta de la estructura 104, y es operativo para expulsar y extraer un flujo de accionamiento 108 hacia dentro y hacia fuera del flujo de aire ambiente 102.

55

60

La FIGURA 1B muestra un diagrama esquemático simplificado del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples para ilustrar los conceptos que son explicados en detalle a continuación con respecto a las FIGURAS 2-5. Como se ve en la FIGURA 1B, el actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples puede incluir cualquier

65

número de etapas 110 de actuador alineadas a lo largo de un eje y apiladas una encima de la otra. Cada etapa 110 incluye una cámara impelente 112 que es expandida y contraída usando uno o dos diafragmas (no mostrados en la FIGURA 1B). La expansión y contracción de las cámaras impelentes 112 crean el flujo de accionamiento 108 que fluye entre las cámaras impelentes 112 a través de la vía 114 y hacia dentro y hacia fuera del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples a través de una abertura de salida 116. La configuración de etapas múltiples apilada de las etapas 110 múltiples permite la suma de los flujos de accionamiento 108 de cada etapa 110 para crear el flujo de accionamiento 108 que posee la velocidad de flujo de accionamiento incrementada que permite que las realizaciones descritas en el presente documento sean eficaces en aplicaciones de alta velocidad. Cada uno de los diafragmas del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples descritos en el presente documento es descrito como un disco piezoeléctrico, o es accionado por un disco piezoeléctrico, el cual reacciona a una entrada eléctrica para crear un movimiento lineal oscilante que expande y contrae una correspondiente cámara impelente 112. Cualquier otro diafragma o mecanismo para crear el suficiente movimiento oscilatorio para actuar adecuadamente en una cámara impelente 112 correspondiente puede ser utilizado.

La FIGURA 2 muestra una vista más detallada, en despiece ordenado, de un actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples de acuerdo con una realización. De acuerdo con esta realización, el actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples incluye un mecanismo de accionamiento interior 202 y un mecanismo de accionamiento periférico 204 que constituyen las dos etapas 110 apiladas que se muestran en la FIGURA 1B, las cuales trabajan juntas para proporcionar el flujo de accionamiento 108. El mecanismo de accionamiento interior 202 incluye un disco piezoeléctrico 206A que reacciona a la entrada eléctrica para comprimir y expandir una primera cámara impelente 112A entre el disco piezoeléctrico 206A y un panel 205. El panel 205 puede ser la propia estructura 104, o puede ser una placa de cualquier material adecuado que luego es montada, unida a, o de otra forma colocada contra una superficie interior de la estructura 104.

Al describir el actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples de acuerdo con las realizaciones mostradas en las FIGURAS 2 y 3, los componentes serán descritos con una designación sólo numérica cuando sean referidos en general, y usando una combinación de número y letra para referirse al componente específico mostrado en las ilustraciones. Por ejemplo, observando la FIGURA 2, "disco piezoeléctrico 206" se referiría a todos los discos piezoeléctricos que tienen "206" en el número de referencia en las figuras, incluyendo 206A, 206B y 206C. Por el contrario, "disco piezoeléctrico 206A" se referiría únicamente al disco piezoeléctrico específica 206A mostrado en el mecanismo de accionamiento interior 202.

Como se ve en la FIGURA 2, el disco piezoeléctrico 206A está montado dentro de una abertura de disco 214A de una placa de disco 212A. Las placas de disco 212 descritas en este documento pueden ser fabricadas de cualquier material adecuado y están dimensionadas y configuradas para recibir un disco piezoeléctrico 206 dentro de una abertura de disco 214. Por la unión de la placa de disco 212 a una placa de disco 212 adyacente o al panel 205, se forma una junta hermética al aire entre los dos componentes unidos que impide que el aire u otro fluido aplicable penetre o se desplace entre los componentes, excepto a través de rutas o pasos de fluido diseñados, tal como será descrito a continuación. Queda claro que la unión de placas de disco 212 adyacentes dentro de un mecanismo de accionamiento puede formar una cámara impelente para la creación de una porción del flujo de accionamiento 108, mientras que la unión de placas de disco 212 entre las placas de disco 212 adyacentes puede dar lugar a la ventilación para maximizar la eficiencia de los discos piezoeléctricos 206.

La abertura de disco 214A permite una junta hermética al aire entre la placa de disco 212A y el panel 205, permitiendo al mismo tiempo el movimiento oscilante del disco piezoeléctrico 206A. La cámara de aire, o primera cámara impelente 112A, es creada entre el panel 205 y el disco piezoeléctrico 206A. Aunque la primera cámara impelente 112A se muestra incrustada en el panel 205, se debe apreciar que la placa de disco 212A puede ser configurada con un espesor que le permita al disco piezoeléctrico 206A estar empotrado dentro de la placa para crear la primera cámara impelente 112A. El flujo de accionamiento 108 es empujado fuera de la primera cámara impelente 112A a través de una abertura de salida 116 del panel 205. La abertura de salida 116 puede estar configurada como una hendidura o cualquier otra abertura que tenga las dimensiones y propiedades deseadas para expulsar el flujo de accionamiento 108 con características optimizadas. Estas características exactas de la abertura de salida 116, así como las dimensiones y las características de los otros componentes del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples son una opción de diseño que puede ser hecha por los expertos de acuerdo con el flujo de accionamiento 108 de salida deseado.

El panel 205 es mostrado teniendo una entrada 218 para la primera cámara impelente 112A. La entrada 218 proporciona una vía para la porción del flujo de accionamiento 108 que viene del mecanismo de accionamiento periférico 204 para entrar en la primera cámara impelente 112A. Tal como se ha explicado anteriormente con respecto a la configuración de la primera cámara impelente 112A, la entrada 218 puede, alternativamente, ser creada a través de una parte rebajada o depresión de un lado superior (no mostrado) de la placa de disco 212A, en lugar de estar formada dentro del panel 205. Una abertura de enrutamiento de fluido 216A proporciona una vía de fluido a través de la placa de disco 212A y hacia la entrada 218 del mecanismo de accionamiento interior 202 desde el mecanismo de accionamiento periférico 204.

Para aumentar la velocidad de flujo del flujo de accionamiento 108, el actuador 106 de chorro sintético de etapas

múltiples incluye el mecanismo de accionamiento periférico 204, que está configurado como una segunda etapa 110 del actuador que está apilada sobre la parte superior del mecanismo de accionamiento interior 202. Como se verá y es descrito a continuación con respecto a la FIGURA 3, entre los mecanismos de accionamiento interior y periférico mostrados en la FIGURA 2 puede ser incluido cualquier número de mecanismos de accionamiento intermedios adicionales con el fin de aumentar aún más la velocidad del flujo de accionamiento 108. El mecanismo de accionamiento periférico 204 incluye una placa de disco 212B y una placa de disco 212C, que tienen dentro montados los discos piezoeléctricos 206B y 206C, respectivamente.

La unión de la placa de disco de 212C a una placa de disco 212B crea una segunda cámara impelente 112B entre el disco piezoeléctrico 206B y el disco piezoeléctrico 206C. De acuerdo con una realización, el tamaño de la segunda cámara impelente 112B puede ser establecido de acuerdo con la cantidad en que uno o ambos discos piezoeléctricos 206B y/o 206C están rebajados dentro de las placas de disco 212B y/o 212C, respectivamente. El flujo de accionamiento 108 es dirigido desde la segunda cámara impelente 112B hacia una abertura de enrutamiento de fluido 216B a través de una salida 220. La salida 220 puede estar configurada de manera similar como la entrada 218, y puede ser formada dentro de la placa de disco 212C, o alternativamente, dentro de la placa de disco 212B. Juntas, la salida 220, las aberturas de enrutamiento de fluido 216A y 216B, y la entrada 218 proporcionan una vía para que el flujo de accionamiento 108 se desplace entre la segunda cámara impelente 112B y la primera cámara impelente 112A. Se debe apreciar que la configuración de la trayectoria de flujo entre cámaras impelentes dentro del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples no se limita a la forma, tamaño o ubicación de la salida 220, las aberturas de enrutamiento de fluido 216A y 216B, o la entrada 218 mostradas en las FIGURAS 2 o 3.

Por la unión de la placa de disco 212A a la placa de disco 212B al apilar el mecanismo de accionamiento interior 202 y el mecanismo de accionamiento periférico 204, la junta hermética al aire típica entre las placas de disco 212 adyacentes podría crear un espacio vacío y/o presurizado entre el disco piezoeléctrico 206A y el disco piezoeléctrico 206B. Debido a que los discos piezoeléctricos 206A y 206B oscilan linealmente uno hacia y desde otro, cualquier vacío o presurización podría impedir este movimiento, lo cual podría dar lugar a un rendimiento o eficiencia degradada del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples. Para evitar este problema, está dispuesto una salida de ventilación 224 entre las placas de disco 212A y 212B.

La salida de ventilación 224 incluye una depresión o canal en la placa de disco 212A que se extiende desde el espacio entre los discos piezoeléctricos 206A y 206B hacia el exterior hasta un borde de las placas. Varias configuraciones de este canal, así como implementaciones alternativas de la salida de ventilación 224 se muestran y describen a continuación con respecto a las FIGURAS 3-5. Mediante el uso de la salida de ventilación 224, el espacio entre las placas está expuesto a la atmósfera ambiente, lo cual permite a los discos piezoeléctricos 206A y 206B operar sin impedimentos. La salida de ventilación 224 puede estar formada alternativamente en un lado superior (no mostrado) de la placa de disco 212B, además, o en lugar de, la placa de disco 212A, tal como es mostrado. Debido al desplazamiento lineal de los discos piezoeléctricos 206A y 206B uno hacia y desde el otro, y porque la salida de ventilación 224 proporciona una salida al espacio entre los dos discos que permite que el aire se mueva libremente entre las dos placas, habrá un flujo de aire inducido hacia dentro y fuera de la salida de ventilación 224. Aunque no es mostrado, se contempla mediante esta descripción que este flujo de ventilación puede ser emparejado con cualquier otro flujo de ventilación por el acoplamiento de otras etapas 110 del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples y dirigido a una segunda abertura de salida para accionar aún más el flujo de aire ambiente 102.

En la operación, de acuerdo con una forma de realización, los discos piezoeléctricos 206 dentro de una sola etapa 110 se moverán 180 grados fuera de fase uno respecto del otro. De este modo, los discos piezoeléctricos 206, los cuales proporcionan lados opuestos a la cámara impelente 112 entre los discos, al mismo tiempo se mueven hacia dentro para comprimir la cámara impelente 112, y hacia afuera para expandir la cámara impelente 112. Estas compresión y expansión alternadas de la cámara impelente 112 crean el flujo de accionamiento 108. La frecuencia de las oscilaciones puede ser controlada de acuerdo con las características de los discos piezoeléctricos 206 y/o la entrada eléctrica proporcionada a los discos con el fin de producir las características de flujo deseadas del flujo de accionamiento 108. Se debe apreciar que la diferencia de fases entre los discos piezoeléctricos 206 de las diversas etapas 110 dependerá de las longitudes de las trayectorias de flujo entre las etapas 110.

Pasando ahora a la FIGURA 3, se describirá una realización alternativa en la que el actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples incluye tres etapas 110 de los mecanismos del actuador. De acuerdo con esta realización, el actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples incluye el mecanismo de accionamiento interior 202 y el mecanismo de accionamiento periférico 204 descritos anteriormente con respecto a la FIGURA 2. Sin embargo, el actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples incluye además un mecanismo de accionamiento intermedio 302 que está dispuesto entre el mecanismo de accionamiento interior 202 y el mecanismo de accionamiento periférico 204. Este mecanismo de accionamiento intermedio proporciona una tercera etapa 110 en el actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples que aumenta aún más la velocidad de flujo del flujo de accionamiento 108. Si bien sólo tres etapas 110 son mostradas en las figuras, debe entenderse que cualquier número de mecanismos de accionamiento intermedio puede ser añadido a la pila de mecanismos de accionamiento para alterar más las características del flujo de accionamiento 108 como se desee.

Al igual que en el mecanismo de accionamiento periférico 204, el mecanismo de accionamiento intermedio 302 incluye dos placas de disco 212D y 212E, que tienen aberturas de disco 214D y 214E para recibir los discos piezoeléctricos 206D y 206E, respectivamente. El acoplamiento de las placas de disco 212D y 212E crea la tercera cámara impelente 112C. La abertura de enrutamiento de fluido 216D proporciona una vía para que el flujo de accionamiento 108 se desplace entre la tercera cámara impelente 112C y la primera cámara impelente 112A, mientras que la abertura de enrutamiento de fluido 216E proporciona una vía para el flujo de accionamiento 108 desde la segunda cámara impelente 112B. Una salida 304 proporciona una vía desde la tercera cámara impelente 112C hacia la abertura de enrutamiento de fluido 216D para completar la ruta abierta entre las primera y tercera cámaras impelentes 112A y 112C. Como se ha descrito anteriormente con respecto a la entrada 218 y la salida 220, la salida 304 no está limitada a la configuración mostrada en la FIGURA 3 y puede ser incluida en las placas de disco 212D, 212E, o parcialmente dentro de ambas.

Las FIGURAS 3-5 ilustran también dos formas de realización alternativas correspondientes a la salida de ventilación 224 entre las etapas 110 del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples. Como se ve en la placa de disco 212A y anteriormente descrita con respecto a la FIGURA 2, la salida de ventilación 224 puede ser una depresión o canal formado dentro de cualquiera de las placas de disco 212 (o ambas) que limitan con una etapa 110 adyacente. La FIGURA 4 muestra una vista en sección transversal de la placa de disco 212A para ilustrar el canal de ventilación 402 en mayor detalle de acuerdo con una realización.

Una segunda realización correspondiente a la salida de ventilación 224 es utilizar una placa de ventilación 312, como se muestra en la FIGURA 3, como separando el mecanismo de accionamiento intermedio 302 del mecanismo de accionamiento periférico 204. La placa de ventilación 312 es una placa separada similar a las placas de disco 212, pero sin un correspondiente disco piezoeléctrico 206 montado dentro. La placa de ventilación 312 incluye una abertura de enrutamiento 316 para permitir que el flujo de accionamiento 108 fluya entre las etapas. La placa de ventilación 312 puede incluir también una abertura de ventilación 314 para permitir el movimiento sin obstáculos de los discos piezoeléctricos 206E y 206B adyacentes. La abertura de ventilación 314 se ventila hacia la atmósfera ambiente utilizando los canales de ventilación 502 en lados opuestos de la placa de ventilación 312, como se muestra en la vista en sección transversal de la placa de ventilación 312 ilustrada en la FIGURA 5.

Se ha de apreciar que la placa de ventilación 312 puede incluir alternativamente un único canal de ventilación 502 a cada lado de la placa de ventilación 312, similar a la salida de ventilación 224 mostrada en la FIGURA 4. Debe apreciarse además que la placa de ventilación 312 es una alternativa a la utilización de canales de ventilación 402 en una o ambas placas de disco 212 que limitan con una etapa 110 adyacente. Por ejemplo, en lugar de utilizar la placa de ventilación 312 en la realización mostrada en la FIGURA 3, una o ambas placas de disco 212E y 212B podría incluir un canal de ventilación 402, similar a la placa de disco 212A. De modo similar, en lugar de la placa de disco 212A que incluye el canal de ventilación 402, como se muestra, una placa de ventilación 312 podría ser utilizada entre las placas de disco 212A y 212D para ventilar el espacio entre el mecanismo de accionamiento interior 202 y el mecanismo de accionamiento intermedio 302.

Por último, aún de acuerdo con otra realización alternativa, las placas de disco 212 adyacentes entre las etapas 110 adyacentes pueden incluir solamente una única placa de disco 212 sobre la cual estén montados los discos piezoeléctricos 206 adyacentes. Por ejemplo, observando la FIGURA 4, se contempla que el disco piezoeléctrico 206A pueda estar montado en la placa de disco 212D, eliminando la placa de disco 212A. De este modo, la abertura de disco 214D sería ventilada para eliminar cualquier presión entre los discos piezoeléctricos 206A y 206D.

Pasando ahora a la FIGURA 6, una rutina ilustrativa 600 para proporcionar un actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples será descrita ahora en detalle. Se ha de apreciar que las operaciones lógicas descritas en este documento con respecto a las FIGURAS 6 y 7 pueden ser ejecutadas (1) como una secuencia de actos ejecutados en ordenador o módulos de programa que se ejecutan en un sistema de computación y/o (2) como los circuitos lógicos de máquina interconectada o módulos de circuitos dentro del sistema de computación. La ejecución es una cuestión de elección dependiente del rendimiento y otros requisitos de un sistema de computación. Por consiguiente, las operaciones lógicas descritas en este documento se denominan diversamente como operaciones de estados, dispositivos estructurales, actos, o módulos. Estas operaciones, dispositivos estructurales, actos y módulos pueden ser implementados en software, en firmware, en lógica digital de propósito especial y en cualquier combinación de los mismos. También debe apreciarse que pueden ser realizadas más o menos operaciones que las mostradas en las figuras y descritas aquí. Estas operaciones también pueden ser realizadas en un orden diferente de los descritos en este documento.

La rutina 600 comienza en la operación 602, en la que las placas de disco 212 son preparadas con aberturas de disco 214. En la operación 604, los discos piezoeléctricos 206 son montados dentro de las correspondientes aberturas de disco 214 de las placas de disco 212. Las vías 114 son dispuestas en la operación 606 para conectar para paso de fluido las diversas cámaras impelentes 112. Tal como se describió anteriormente, estas vías 114 pueden incluir aberturas de enrutamiento de fluido 216, así como una entrada 218 y una salida correspondiente a cada etapa 110, tal como la salida 220 para un actuador de dos etapas y salidas 220 y 304 para un actuador de tres etapas. Desde la operación 606, la rutina 600 continúa hacia la operación 608, donde se provee la ventilación entre las etapas 110 del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples. Por ejemplo, los canales de ventilación 402

5 pueden ser usados en una o ambas placas de disco 212 adyacentes entre las etapas 110, o pueden ser usadas placas de ventilación 312 entre las etapas 110. En la operación 610, las placas de disco 212 están unidas entre sí para crear cámaras impelentes 112 para los mecanismos de accionamiento de cada etapa 110. La rutina 600 continúa hacia la operación 612, donde los mecanismos de accionamiento que representan cada etapa 110 son apilados y unidos entre sí para completar el actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples, y la rutina 600 es finalizada.

10 En cuanto a la FIGURA 7, una rutina ilustrativa 700 para proporcionar un flujo de accionamiento 108 que utiliza un actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples será descrita ahora en detalle. La rutina 700 comienza en la operación 702, en la que es provista la entrada eléctrica para los discos piezoeléctricos 206. En respuesta a la entrada eléctrica, en la operación 704, los discos piezoeléctricos 206 oscilan para comprimir y expandir alternativamente las cámaras impelentes 112 de cada etapa 110 del actuador 106 de chorro sintético de etapas múltiples. Como se ha descrito anteriormente, los discos piezoeléctricos 206 opuestos dentro de una sola etapa
15 oscilan 180 grados fuera de fase uno respecto del otro con el propósito de, simultánea y alternativamente, comprimir y expandir la cámara impelente 112 entre los discos. La compresión y expansión de las cámaras impelentes 112 crea un flujo de accionamiento 108 que se dirige entre los cámara impelentes 112 a través de las vías 114 en la operación 706. En la operación 708, el flujo de accionamiento 108 es expulsado de la primera cámara impelente 112A en el flujo de aire ambiente 102 a través de la abertura de salida 116, y la rutina 700 es finalizada.

20 Con base en lo anterior, se apreciará que las tecnologías para proporcionar un actuador de chorro sintético de varias etapas han sido descritas en este documento.

25 El objeto descrito anteriormente es ofrecido solamente a modo de ilustración y no debe ser interpretado de forma limitante. Diversas modificaciones y cambios pueden ser realizados en el objeto descrito en este documento sin seguir el ejemplo de las formas de realización y aplicaciones ilustradas y descritas, pero sin apartarse del verdadero ámbito de la presente invención, el cual está expuesto en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de accionamiento de fluido para controlar un flujo de fluido ambiente (102) de alta velocidad, que comprende:

5 un mecanismo de accionamiento interior (202) que comprende al menos un primer diafragma (206A) y una primera cámara impelente (112A), estando el primer diafragma (206A) adaptado para expulsar fluido de la primera cámara impelente (112A) a través de una abertura de salida (116); y
 10 un mecanismo de accionamiento periférico (204) que comprende un segundo diafragma (206B) y un tercer diafragma (206C) que abarca una segunda cámara impelente (112B) acoplada para paso de fluido a la primera cámara impelente (112A), estando el segundo diafragma (206B) y el tercer diafragma (206C) adaptados para expulsar fluido desde la segunda cámara impelente (112B) hacia la primera cámara impelente (112A), **caracterizado por que** el mecanismo de accionamiento periférico (204) está conectado al mecanismo de accionamiento interior (202) de tal manera que el primer diafragma (206A), el segundo diafragma (206B), y el tercer diafragma (206C) están alineados a lo largo de un eje y apilados uno encima del otro.

2. Sistema de accionamiento de fluido de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el primer diafragma (206A), el segundo diafragma (206B), y el tercer diafragma (206C) comprenden cada uno un disco piezoeléctrico.

3. Sistema de accionamiento de fluido de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual el fluido comprende aire y en el que la abertura de salida (116) comprende una abertura en la superficie de una aeronave de tal manera que el sistema de accionamiento de fluido expulsa aire en un flujo de aire ambiente a través de la abertura en la superficie de la aeronave.

4. Sistema de accionamiento de fluido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, que comprende además un panel (205), teniendo el panel (205) un primer lado de cara hacia un flujo de fluido a ser accionado y un segundo lado de cara hacia el mecanismo de accionamiento interior (202), en el cual el segundo lado del panel (205) constituye un lado de la primera cámara impelente (112A), y en el que el panel (205) comprende la abertura de salida (116) de manera que el fluido es expulsado de la primera cámara impelente (112A) adyacente al segundo lado del panel (205) a través de la abertura de salida (116) hacia el primer lado del panel (205) dentro del flujo de fluido a ser accionado.

5. Sistema de accionamiento de fluido de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual el mecanismo de accionamiento interior (202) comprende además una primera placa de disco (212A) que tiene una primera abertura de disco (214A) dimensionada para recibir el primer diafragma (206A), en el cual el mecanismo de accionamiento periférico (204) comprende además una segunda placa de disco (212B) que tiene una segunda abertura de disco (214B) dimensionada para recibir el segundo diafragma (206B) y una tercera placa de disco (212C) que tiene una tercera abertura de disco (214C) dimensionada para recibir el tercer diafragma (206C), y en el cual el panel (205), el mecanismo de accionamiento interior (202), y el mecanismo de accionamiento periférico (204) están colocados en una configuración apilada de tal manera que la placa de disco (212A) hace tope con el panel (205) y define la primera cámara impelente (112A) entre el segundo lado del panel (205) y el primer diafragma (206A), la segunda placa de disco (212B) hace tope con la primera placa de disco (212A), y la tercera placa de disco (212C) hace tope con la segunda placa de disco (212B) y define la segunda cámara impelente (112B) entre el segundo diafragma (206B) y el tercer diafragma (206C).

6. Sistema de accionamiento de fluido de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la primera placa de disco (212A) comprende además una primera abertura de enrutamiento de fluido (216A) configurada para dirigir el fluido desde la segunda cámara impelente (112B) hacia la primera cámara impelente (112A), y en el que la segunda placa de disco (212B) comprende además una segunda abertura de enrutamiento de fluido (216B) configurada para dirigir el fluido desde la segunda cámara impelente (112B) hacia la primera abertura de enrutamiento fluido.

7. Método para proporcionar un flujo de fluido de accionamiento (108) para controlar un flujo de fluido ambiente (102) de alta velocidad, comprendiendo el método:

la compresión y la expansión alternadamente de una primera cámara impelente (112A) con un primer diafragma (206A);

la compresión y la expansión alternadamente de una segunda cámara impelente (112B) con un segundo diafragma (206B) y un tercer diafragma (206C) en coordinación con la compresión y la expansión de la primera cámara impelente (112A), en el cual el primer diafragma (206A), el segundo diafragma (206B), y el tercer diafragma (206C) están alineados a lo largo de un eje y apilados uno encima del otro;

enrutamiento del flujo de fluido entre la segunda cámara impelente (112B) y la primera cámara impelente (112A); y

la expulsión de fluido de la primera cámara impelente (112A) a través de una abertura de salida (116) para proporcionar el flujo de fluido de accionamiento (108).

5 8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual el primer diafragma (206A), el segundo diafragma (206B), y el tercer diafragma (206C) comprenden cada uno un disco piezoeléctrico, en el que la compresión y la expansión alternadas de la primera cámara impelente (112A) comprende proporcionar entrada eléctrica para el primer disco piezoeléctrico para mover el primer disco piezoeléctrico de tal manera que la primera cámara impelente (112A) es alternadamente comprimida y expandida, y en el que la compresión y la expansión alternadas de la segunda cámara impelente (112B) comprende proporcionar entrada eléctrica para los segundo y tercer discos piezoeléctricos para mover los segundo y tercer discos piezoeléctricos de tal manera que la segunda cámara impelente (112B) es comprimida y expandida alternadamente.

15 9. Método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que proporcionar la entrada eléctrica para los segundo (206B) y tercer (206C) discos piezoeléctricos para mover los segundo y tercer discos piezoeléctricos, de tal manera que la segunda cámara impelente (112B) sea comprimida y expandida alternadamente, comprende proporcionar entrada eléctrica de tal modo que los segundo y tercer discos piezoeléctricos se muevan 180 grados fuera de fase uno respecto del otro de tal manera que cada disco se mueva simultáneamente hacia dentro de la segunda cámara impelente (112B) para comprimir la segunda cámara impelente (112B), y hacia el exterior de la segunda cámara impelente (112B) para expandir la segunda cámara impelente (112B).

20 10. Método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende además:
el montaje del primer disco piezoeléctrico (206A) dentro de una primera abertura de disco (214A) de una primera placa de disco (212A);
25 la unión de la primera placa de disco (212A) a un panel (205) que tiene la abertura de salida (116) de manera que es creada la primera cámara impelente (112A) entre el primer disco piezoeléctrico y la abertura de salida (116) del panel (205);
el montaje del segundo disco piezoeléctrico (206B) dentro de una segunda abertura de disco (214B) de una segunda placa de disco (212B);
30 la unión de la segunda placa de disco a la primera placa de disco de tal manera que el primer disco piezoeléctrico y el segundo disco piezoeléctrico estén sustancialmente alineados;
el montaje del tercer disco piezoeléctrico (206C) dentro de una tercera abertura de disco (214C) de una tercera placa de disco (212C); y
la unión de la tercera placa de disco (212C) a la segunda placa de disco (212B) de manera que el segundo disco piezoeléctrico y el tercer disco piezoeléctrico (206C) estén sustancialmente alineados y de modo que se crea la segunda cámara impelente (112B) entre el segundo disco piezoeléctrico y el tercer disco piezoeléctrico.

35 11. Método de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual el enrutamiento del flujo de fluido entre la segunda cámara impelente (112B) y la primera cámara impelente (112A) comprende:
40 proporcionar aberturas de enrutamiento de fluido (216A, 216B) alineadas en cada una de la primera (212A) y segunda (212B) placas de disco;
proporcionar una salida de la segunda cámara impelente (112B) entre la segunda placa de disco y la tercera placa de disco (212C) que conecta para paso de fluido la segunda cámara impelente (112B) a las aberturas alineadas de enrutamiento de fluido; y
45 proporcionar una entrada (218) a la primera cámara impelente (112A) entre el panel (205) y la primera placa de disco que conecta para paso de fluido las aberturas alineadas de enrutamiento de fluido hacia la primera cámara impelente (112A).

50 12. Método de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende además proporcionar una salida de ventilación (224) entre la primera placa de disco (212A) y la segunda placa de disco (212B) de tal modo que cualquier espacio entre el primer disco piezoeléctrico (206A) y el segundo disco piezoeléctrico (206B) esté expuesto a la atmósfera ambiente.

55 13. Método de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende además:
el montaje de un cuarto disco piezoeléctrico (206D) dentro de una cuarta abertura de disco (214D) de una cuarta placa de disco (212D);
60 la unión de la cuarta placa de disco a la tercera placa de disco (212C);
el montaje de un quinto disco piezoeléctrico (206E) dentro de una quinta abertura de disco (214E) de una quinta placa de disco (212E);
la unión de la quinta placa de disco a la cuarta placa de disco de tal manera que el cuarto disco piezoeléctrico y el quinto disco piezoeléctrico estén sustancialmente alineados y de modo que sea creada una tercera cámara impelente (112C) entre el cuarto disco piezoeléctrico y el quinto disco piezoeléctrico;
65 las compresión y la expansión alternadas de la tercera cámara impelente con el cuarto disco piezoeléctrico y

el quinto disco piezoeléctrico en coordinación con la compresión y la expansión de la primera cámara impelente (112A) y la segunda cámara impelente (112B); y enrutamiento del flujo de fluido entre la tercera cámara impelente y la primera cámara impelente (112A).

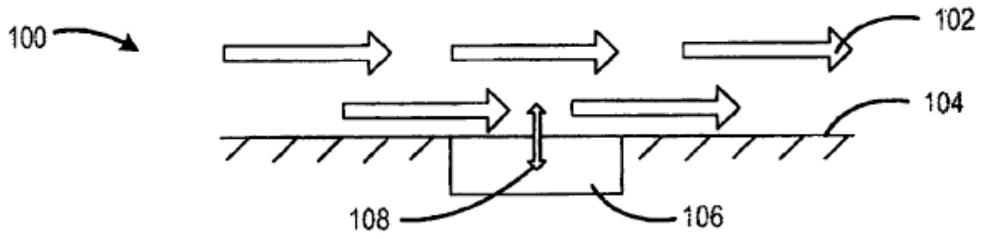


FIG. 1A

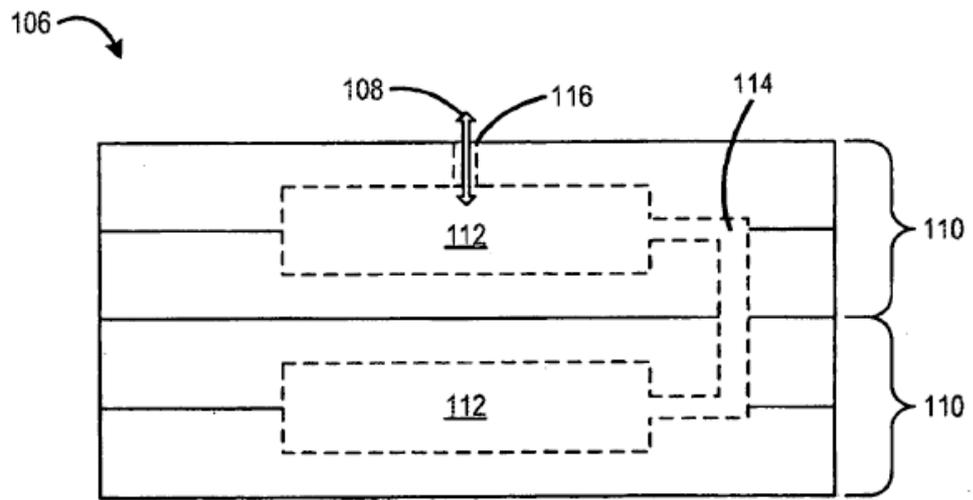


FIG. 1B

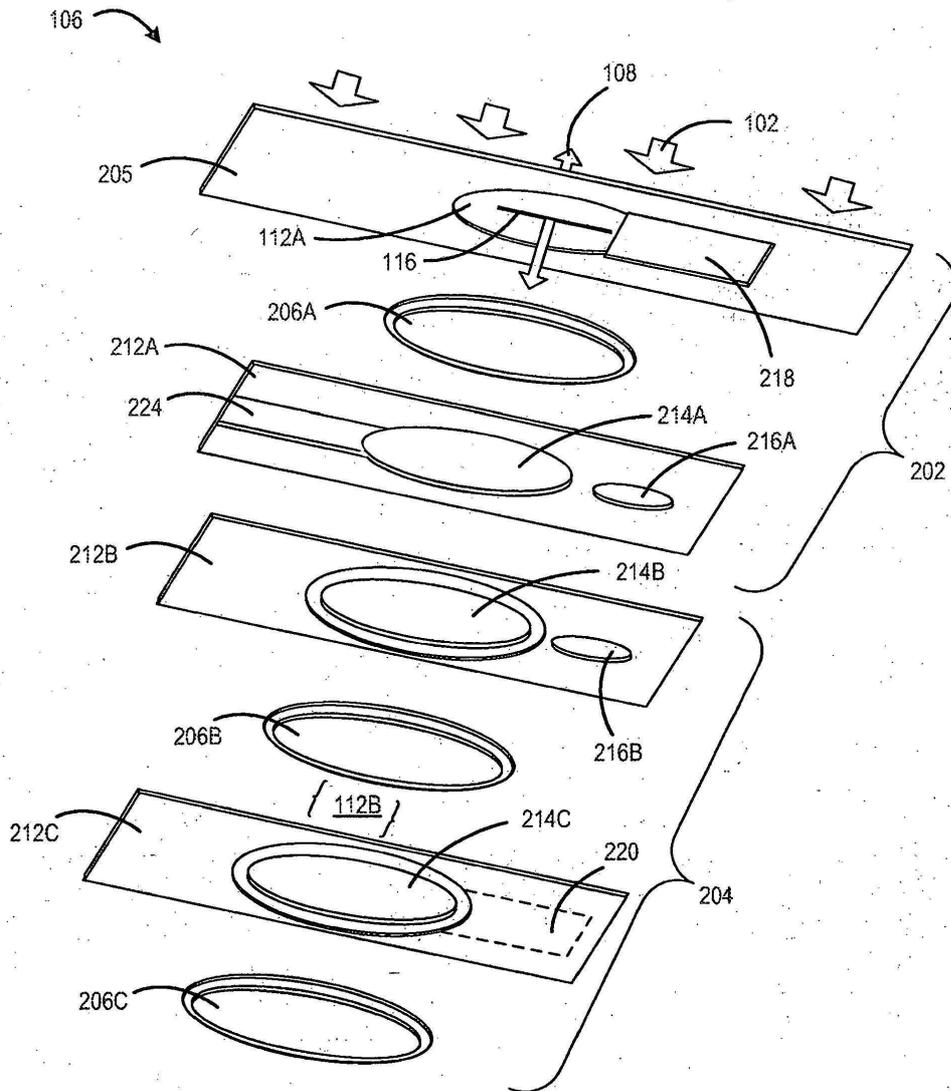
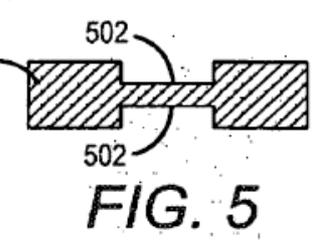
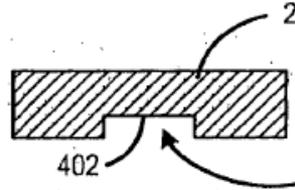
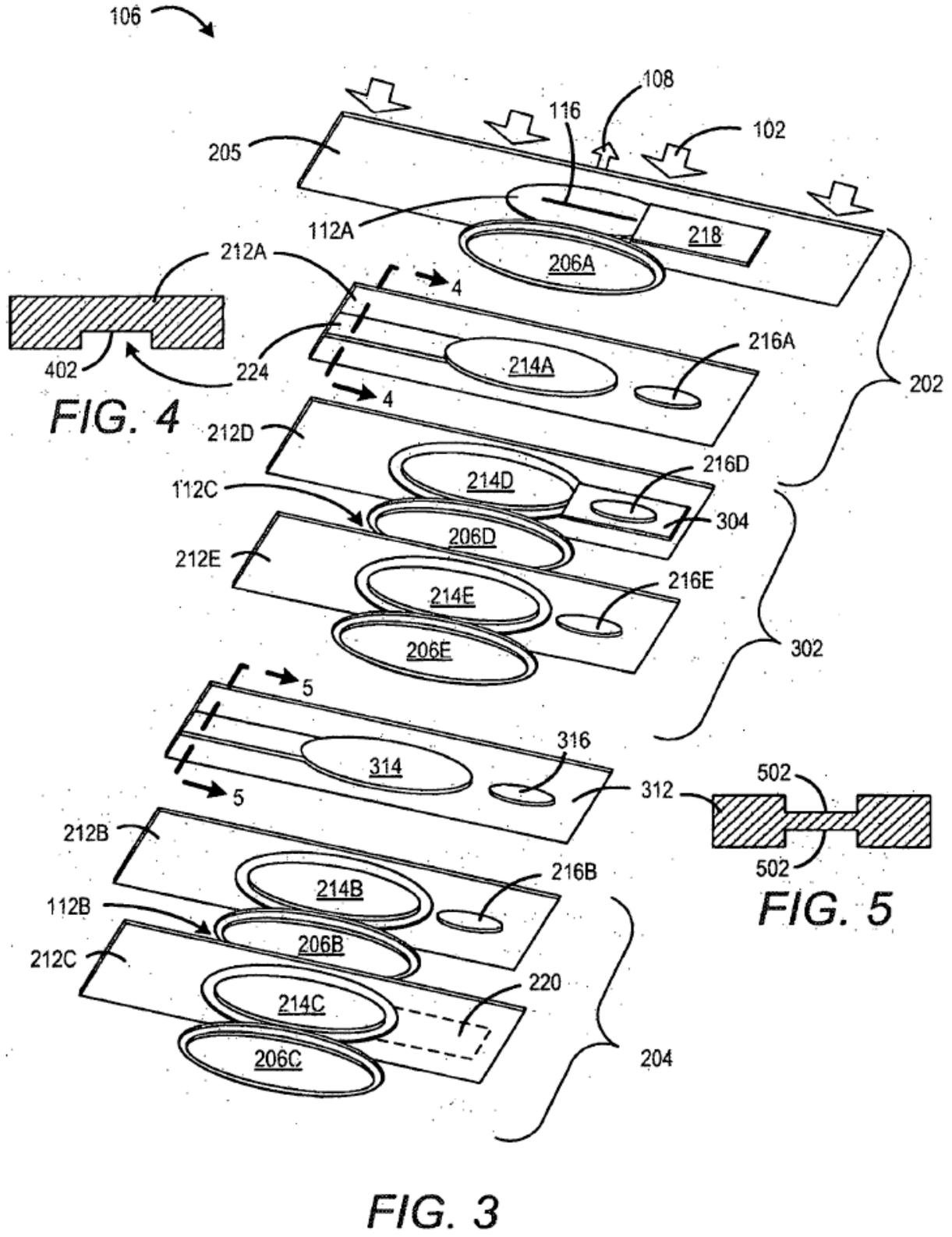


FIG. 2



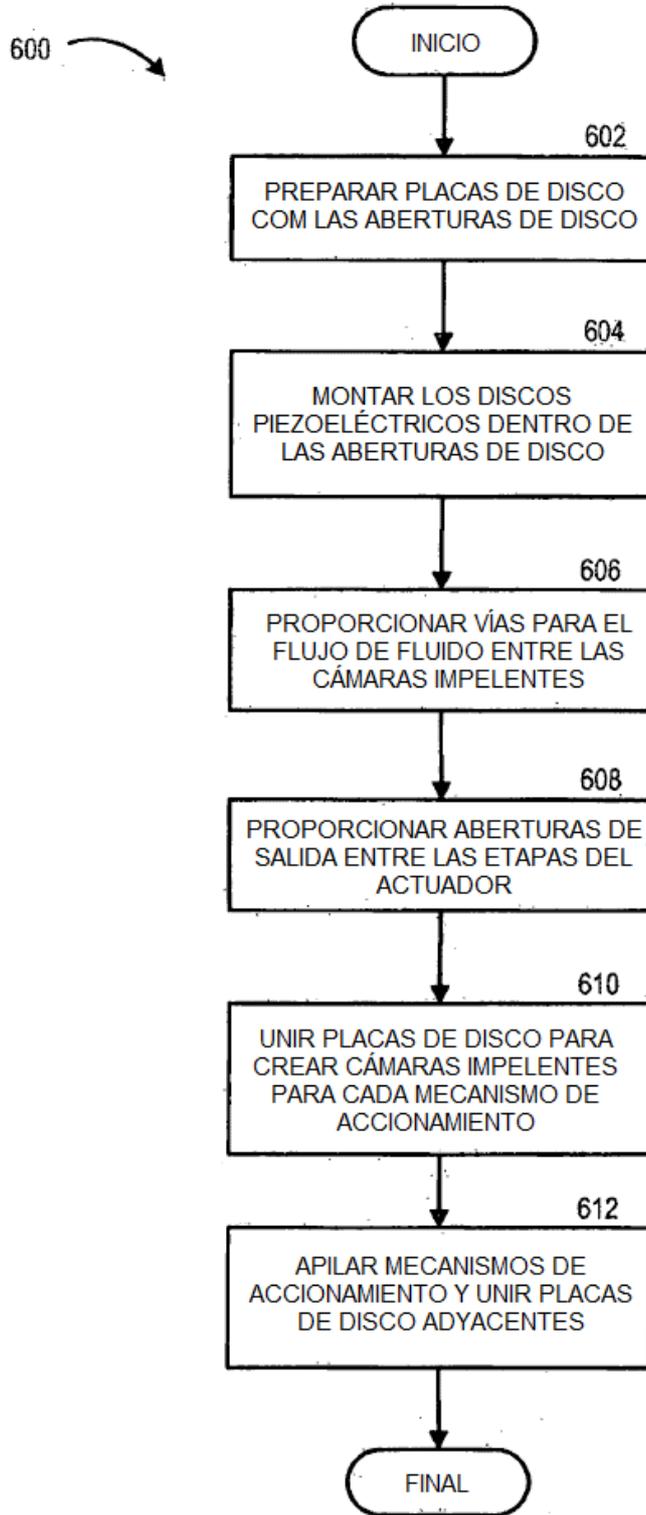


FIG. 6

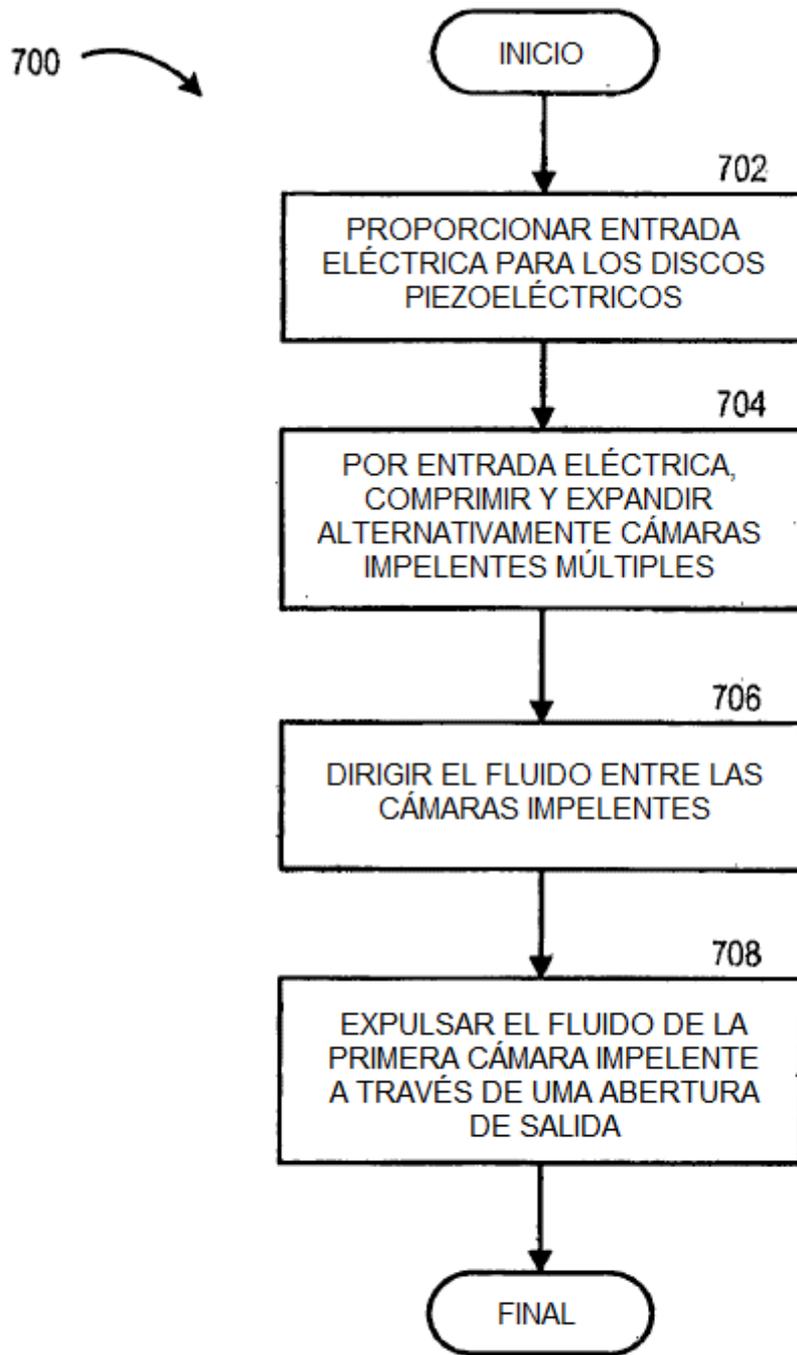


FIG. 7