

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 984**

51 Int. Cl.:

A61M 1/00

(2006.01)

A61F 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08761246 .1**

96 Fecha de presentación: **19.06.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2162160**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.03.2010**

54 Título: **LIMITADOR DE CAUDAL PARA UN FLUJO QUE CIRCULA EN UN RAMAL DE ASPIRACIÓN PARA UN SISTEMA QUIRÚRGICO Y SISTEMA QUIRÚRGICO.**

30 Prioridad:
06.07.2007 DE 102007031618

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.01.2012

73 Titular/es:
**Carl Zeiss Meditec AG
Göschwitzer Strasse 51-52
07745 Jena, DE**

72 Inventor/es:
**KÜBLER, Christoph;
KRAUS, Martin;
EICHLER, Michael y
MAIER, Tobias**

74 Agente: **Mir Plaja, Mireia**

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).

ES 2 371 984 T3

DESCRIPCIÓN

Limitador de caudal para un fluido que circula en un ramal de aspiración para un sistema quirúrgico y sistema quirúrgico

5 **Ámbito Técnico**

[0001] La invención se refiere a un limitador de caudal para un fluido que circula en un ramal de aspiración y a un sistema quirúrgico, y en particular a un sistema microquirúrgico oftálmico para facocirugía.

10 **Estado de la Técnica**

[0002] Un método muy frecuentemente usado en oftalmología es la facoemulsificación, en la cual se usa como herramienta microquirúrgica un instrumento manual quirúrgico. Este instrumento manual comprende en general una punta que está hecha en forma de aguja hueca con un diámetro relativamente pequeño, que puede estar diseñada para la emulsificación, la fragmentación y/o el corte de tejido tras haber sido introducida en una incisión practicada en la córnea o esclerótica del ojo. Esta punta del instrumento manual puede adicionalmente presentar un canal central que está en conexión con una fuente de aspiración, como por ejemplo una bomba, que aspira los residuos tisulares del cristalino destruido retirándolos así del ojo. El instrumento manual puede estar configurado para la aportación de un fluido de enjuague, como por ejemplo una solución salina (solución BSS) (BSS = solución salina equilibrada), para el enjuague del ojo durante el tratamiento. El tejido retirado, que es por aspiración retirado del ojo junto con el fluido de enjuague, se recoge por ejemplo en un depósito colector, que habitualmente está dispuesto de forma tal que queda alejado del instrumento manual. Para la destrucción del cristalino del ojo, el instrumento manual comprende típicamente un dispositivo ultrasónico que puede excitar la punta del ojo para así ponerla en oscilación. Mediante esta oscilación de la punta se destruye el cristalino, quedando así en forma de pequeños fragmentos.

[0003] Un sistema quirúrgico comprende habitualmente también una interfaz de usuario, que está configurada para la comunicación con instrumentos microquirúrgicos.

[0004] El sistema fluido en un sistema de facoemulsificación se divide en dos grupos funcionales. El sistema de irrigación realiza durante la operación la irrigación del ojo con un fluido de enjuague. Simultáneamente se retira por aspiración por medio de un sistema de aspiración con bomba el material del cristalino emulsificado mediante el proceso ultrasónico. El módulo fluido está con estas dos funciones en conexión con el facoinstrumento manual por medio de un sistema de tubos flexibles. La aportación del fluido de enjuague durante la fase operatoria es controlada en el ramal de irrigación por medio de una válvula de irrigación. Durante la aspiración se mide la presión de aspiración en el ramal de aspiración, y dicha presión de aspiración se usa para la supervisión y el control de los sistema fluido y ultrasónico.

[0005] En estos sistemas quirúrgicos, al estar los componentes en funcionamiento pueden producirse fluctuaciones de la presión del fluido. Esto puede producirse en particular en el ramal de aspiración, debido a lo cual la aspiración puede tener lugar únicamente en condiciones no del todo óptimas y puede redundar en menoscabo del desarrollo de la operación.

[0006] El facoinstrumento manual del aparato operatorio presenta en el ramal de aspiración, y en particular en la punta de la aguja hueca, el sitio más estrecho, y con ello el diámetro interior más mínimo, a través del cual debe ser retirado por aspiración el material de catarata destruido y emulsificado. Durante la intervención operatoria puede suceder que la punta de la aguja hueca sea obstruida al realizarse la aspiración de los restos del cristalino. En caso de producirse una obstrucción de este tipo, el médico tiene que incrementar la presión de aspiración en el lado de aspiración, hasta que la partícula sea aspirada pasando así a través de la zona estrecha de la punta del instrumento manual. Precisamente en este punto en el tiempo en el que se produce dicha irrupción, en la cual la partícula obstructora puede seguir siendo aspirada, se retira del ojo por aspiración por espacio de un corto periodo de tiempo un gran volumen, con lo cual la presión interna del ojo desciende de manera relativamente pronunciada. Este breve impulso de presión al producirse el paso de esta partícula obstructora puede dañar importantes elementos del ojo, y en particular del saco capsular trasero, con lo cual puede verse perjudicado el éxito global de la operación de catarata.

[0007] Por la US 6.398.754 B1 es conocido un procedimiento en el cual en la zona de la punta de la aguja hueca del instrumento manual está practicado un agujero de derivación entre el ramal de irrigación y el ramal de aspiración. Debe considerarse como una importante desventaja el hecho de que debido a la conexión de derivación entre la irrigación y la aspiración puede entonces formarse ya tan sólo una relativamente baja presión de aspiración, y ésta es considerablemente menor que la que se forma en una realización sin un orificio de derivación de este tipo. Debido a ello se ve considerablemente perjudicada la funcionalidad básica de todo el sistema. Además de ello, también al producirse el paso de la partícula sigue siendo adicionalmente retirado por aspiración del ojo a través del agujero de derivación y por espacio de un corto periodo de tiempo a través de dos conducciones un volumen de líquido, con lo cual el impulso de presión que se produce al tener lugar la irrupción ocasiona una considerable caída de presión en el ojo.

[0008] Por la US 2004/0039351 A1 es conocido un limitador de caudal en el cual mediante una sección de la conducción de aspiración se intenta producir una circulación turbulenta y limitar el caudal. Se forman para ello en la parte interior del limitador de caudal tubular ranuras o entrantes. Debido a ello, el conducto presenta en la sección transversal salientes abombados hacia el exterior. En particular para números de Reynolds relativamente pequeños, debido a estas modificaciones de la sección transversal puede debido a ello alcanzarse tan sólo una relativamente pequeña pérdida de presión. Ello es así puesto que cada entrante incrementa la sección transversal del segmento de conducto y reduce debido a ello la resistencia turbulenta.

[0009] En la US 2006/224163 A1 se menciona un limitador de caudal para un sistema quirúrgico según los preámbulos de las reivindicaciones independientes.

Exposición de la Invención

[0010] La presente invención persigue la finalidad de crear un limitador de caudal para un dispositivo de aspiración, así como un sistema quirúrgico, en el cual al producirse una irrupción de partícula en el dispositivo de aspiración pueda limitarse o reducirse el impulso de presión que se produce, o sea la fluctuación de presión que se produce.

[0011] Esta finalidad es alcanzada mediante un limitador de caudal y un sistema quirúrgico según las reivindicaciones independientes.

[0012] Un limitador de caudal según la invención está configurado para la limitación del caudal para un fluido que circula en un ramal de aspiración de un sistema quirúrgico. El fluido es un fluido quirúrgico y presenta durante una intervención operatoria partículas emulsificadas. El limitador de caudal comprende un elemento limitador que presenta al menos un sistema de canales circulatorios con al menos un canal principal y al menos un canal secundario. El canal secundario desemboca a un ángulo de 90° o más en el canal principal. Gracias a ello, en aquel estado de funcionamiento específico en el cual se produce una irrupción de partículas en el dispositivo de aspiración puede al menos reducirse considerablemente un impulso de presión o una fluctuación de presión. Mediante el limitador de caudal según la invención puede con ello crearse un elemento de resistencia fluidica que, al darse los mencionados estados de funcionamiento específicos de un dispositivo de aspiración, y en particular en un ramal de aspiración en el que circula un fluido, puede limitar de manera eficaz los impulsos de presión. Gracias a ello pueden impedirse también los estados que pueden producirse debido a un impulso de presión de este tipo o a una fluctuación de presión de este tipo al tener lugar una irrupción de partículas en el ramal de aspiración.

[0013] El limitador de caudal, y en particular el elemento limitador con el sistema de canales circulatorios, está preferiblemente configurado de forma tal que, en dependencia de un específico estado de funcionamiento del dispositivo de aspiración, y en particular del sistema quirúrgico que comprende al dispositivo de aspiración, es susceptible de producirse una circulación turbulenta del fluido en el limitador de caudal.

[0014] Ambos canales del sistema de canales circulatorios están previstos para el transporte aspirativo de fluido, y en particular para el simultáneo transporte aspirativo de fluido.

[0015] Preferiblemente, el limitador de caudal, y en particular el sistema de canales circulatorios de un elemento limitador, está configurado de forma tal que para un número de Reynolds de menos de 2000 es susceptible de producirse una circulación turbulenta. Precisamente dentro de esta gama de números de Reynolds y tomando en consideración los predeterminados dimensionados del sistema es relativamente difícil poder producir circulaciones suficientemente turbulentas como para poder lograr una eficaz limitación de tales impulsos de presión o fluctuaciones de presión al tener lugar irrupciones de partículas. Sin embargo, esto puede lograrse con el limitador de caudal según la invención.

[0016] El limitador de caudal está preferiblemente configurado de forma tal que un índice de pérdida de presión ζ por cada elemento limitador del limitador de caudal es igual a 6 o más, en particular igual a 8 o más, y en particular igual a 12 o más. El limitador de caudal está preferiblemente configurado en su conjunto de forma tal que un índice de pérdida de presión ζ presenta un valor de más de 70, y en particular de 85. Preferiblemente puede estar previsto combinar una pluralidad de elementos limitadores para poder alcanzar este índice de pérdida de presión para todo el limitador de caudal. Sin embargo, debido a la forma constructiva del elemento limitador de un limitador de caudal, con una pluralidad de tales elementos limitadores puede posibilitarse una disposición compacta y minimizada en cuanto al espacio constructivo. Mediante esta forma constructiva puede también lograrse con unas relativamente pequeñas dimensiones exteriores un alto valor del índice de pérdida de presión ζ como los de este tipo para todo el conjunto del limitador de caudal.

[0017] Un elemento limitador está hecho preferiblemente en una sola pieza. Un sistema de canales circulatorios en un elemento limitador puede estar completamente alojado en el elemento limitador. Debido a ello, todas las paredes de los canales en la extensión longitudinal de los mismos quedan formadas por el material del elemento limitador.

[0018] Puede estar también previsto que un sistema de canales circulatorios quede dispuesto al menos en parte y visto sobre su extensión longitudinal de forma tal que quede abierto hacia el exterior en el elemento limitador. En una realización de este tipo puede estar entonces prevista una adicional cubierta, que preferiblemente está configurada a modo de placa, para el cierre de los canales. La cubierta puede estar montada en el elemento limitador de forma tal que sea desmontable.

[0019] En caso de haber una pluralidad de elementos limitadores puede estar previsto que una pared exterior de un elemento limitador sirva de cubierta para los canales circulatorios parcialmente abiertos formados en el otro elemento limitador, y que esté previsto un montaje convenientemente hermético.

[0020] La salida de descarga de un elemento limitador desemboca entonces en la entrada de admisión del otro elemento limitador.

[0021] Preferiblemente, el canal secundario está dispuesto fuera del canal principal y la circulación turbulenta en la dirección de circulación del fluido es susceptible de producirse en la desembocadura del canal secundario en el canal principal. Con ello, no está prevista una realización en la que los canales van guiados unos en otros, sino que vistos en la dirección longitudinal los canales están distanciados y separados entre sí. Únicamente en los extremos queda establecido el contacto de desembocadura entre los canales. Cada canal queda con ello cuasi delimitado por sus propias paredes en su superficie lateral.

[0022] Preferiblemente, el canal secundario dispuesto fuera del canal principal desemboca con sus dos extremos en el canal principal. Gracias a ello se logra una conexión cuasi en paralelo de los canales circulatorios y una particularmente efectiva limitación del caudal al tener lugar irrupciones de partículas.

[0023] Preferiblemente, el limitador de caudal comprende una zona a través de la cual circula el fluido, y en particular el sistema de canales circulatorios, cuya zona presenta una medida interior mínima que es mayor que la medida interior mínima de una aguja hueca de un instrumento manual quirúrgico conectado con el limitador de caudal en el ramal de aspiración. Gracias a ello puede impedirse que una partícula a aspirar quede atorada en el limitador de caudal y produzca una adicional obstrucción. La sección transversal de la zona del limitador de caudal a través de la cual circula el fluido puede ser de forma redonda u ovalada o de otra forma sin esquinas. Sin embargo, puede estar también igualmente prevista una forma esquinada de la sección transversal. Se entiende por medida interior la unión rectilínea entre dos puntos de la delimitación de la sección transversal de la zona del limitador de caudal a través de la cual circula el fluido, pasando dicha unión por el centro o el centro de gravedad de la forma geométrica de la sección transversal.

[0024] Está en particular previsto que la medida interior mínima de la zona a través de la cual circula el fluido sea al menos un 10%, en particular al menos un 20%, en particular al menos un 30%, en particular al menos un 40% y en particular al menos un 50% mayor que la medida interior mínima de la aguja hueca.

[0025] Resulta particularmente preferible que la medida interior mínima de la aguja hueca sea de menos de 1 mm, y que sea en particular de 0,8 mm. La medida interior mínima de la zona del limitador de caudal a través de la cual circula el fluido presenta preferiblemente un valor de entre 1,1 mm y 1,6 mm, y en particular de entre 1,2 mm y 1,4 mm.

[0026] El limitador de caudal está preferiblemente configurado de forma tal que el caudal es de 190 ml por minuto o más, y en particular de poco más o menos 200 ml por minuto. Tales caudales son considerablemente mayores que los que se dan por ejemplo en la tecnología de los microsistemas. Debido a ello se dan también básicamente distintas condiciones circulatorias. En la tecnología de los microsistemas se usan además líquidos de gran pureza, lo cual no se da en el caso del presente limitador de caudal con la impurificación del fluido quirúrgico con partículas.

[0027] Preferiblemente, el limitador de caudal queda dispuesto en el ramal de aspiración lo más cerca posible del instrumento manual. En particular puede estar previsto que el limitador de caudal quede directamente dispuesto en el instrumento manual. Asimismo puede estar previsto que el limitador de caudal quede dispuesto al menos zonalmente en el instrumento manual. Cuanto más cerca del instrumento manual y en particular de la punta de la aguja hueca del instrumento manual quede dispuesto el limitador de caudal, tanto más eficazmente podrá impedirse el impulso de presión, o sea la fluctuación de presión, al tener lugar una irrupción de partículas.

[0028] Preferiblemente, la medida interior de la zona del limitador de caudal a través de la cual circula el fluido, y en particular el sistema de canales circulatorios de un elemento limitador, es prácticamente igual a todo lo largo. Sin embargo puede estar también previsto que la medida interior de esta zona del limitador de caudal a través de la cual circula el fluido varíe al menos una vez a todo lo largo.

[0029] Puede estar previsto que la parte interior de la zona del limitador de caudal a través de la cual circula el fluido esté al menos zonalmente configurada de forma tal que sea elástica para las acciones de las fuerzas producidas por las corrientes de fluido en la parte interior. Sin embargo, puede estar asimismo también previsto que esta parte interior sea

a todo lo largo rígida frente a las acciones de las fuerzas que son producidas por las corrientes de fluido que producen pulsaciones de presión.

[0030] El canal principal y el canal secundario están preferiblemente configurados y dispuestos de forma tal que, vista en la dirección circulatoria, la circulación turbulenta es susceptible de producirse en la zona de la desembocadura del canal secundario en el canal principal.

[0031] Un limitador de caudal preferiblemente comprende al menos dos elementos limitadores que son susceptibles de ser unidos entre sí y separados uno de otro de manera reversible y desmontable sin tener que ser destruidos. Los elementos limitadores son por consiguiente piezas individuales que pueden ser combinadas. Gracias a ello puede realizarse individualmente un sencillo cambio o un montaje de un limitador de caudal con un número cualquiera de elementos limitadores. Una forma constructiva modular del limitador de caudal permite una alta compatibilidad en la aplicación en distintos sistemas y garantiza un rápido y económico montaje.

[0032] Puede estar también previsto que al menos dos elementos limitadores de un limitador de caudal queden unidos entre sí no de manera separable sin tener que ser destruidos, sino de manera inseparable. Una configuración integral de este tipo permite un óptimo guiamiento del sistema de canales circulatorios, y mediante la misma pueden evitarse las inexactitudes de tolerancia que dado el caso pueden surgir con los elementos limitadores unidos entre sí de manera separable.

[0033] Los elementos limitadores que son al menos dos se disponen de forma tal que quedan preferiblemente apilados, con lo cual se permite una minimización del espacio constructivo. Los elementos limitadores quedan en particular dispuestos unos sobre otros a la manera de una torre.

[0034] Cada elemento limitador presenta preferiblemente al menos dos sistemas de canales circulatorios. Gracias a este acondicionamiento puede producirse más eficazmente la limitación de un impulso de presión o de una fluctuación de presión al tener lugar una irrupción de partículas en el dispositivo de aspiración o en ramal de aspiración, y además puede lograrse una compacta y limitada configuración del limitador de caudal.

[0035] Puede estar previsto que, vistos en la dirección longitudinal del limitador de caudal, los sistemas de canales circulatorios que son al menos dos queden formados en lados opuestos del elemento limitador y conectados entre sí por medio de conexiones de canales. Preferiblemente puede estar previsto que, vistos en la dirección longitudinal de un limitador de caudal, los de una pluralidad de elementos limitadores queden conectados cuasi en serie, y que cada elemento limitador comprenda al menos dos sistemas de canales circulatorios que en un segmento longitudinal del limitador de caudal quedan dispuestos en lados opuestos. Con ello, en un mismo segmento longitudinal del limitador de caudal quedan formados en lados opuestos sendos sistemas de canales circulatorios.

[0036] Preferiblemente, vistos en la dirección longitudinal del limitador de caudal, los elementos limitadores de un limitador de caudal y en particular los sistemas de canales circulatorios de los elementos limitadores pueden quedar dispuestos en cascada o bien de manera escalonada. Un sistema de canales circulatorios dispuesto en un lado del limitador de caudal desemboca entonces en un sistema de canales circulatorios dispuesto en el otro lado del limitador de caudal y formado de tal manera que queda desplazado con respecto al anterior en la dirección longitudinal. Gracias a ello se ve de nuevo considerablemente mejorada la eficacia de la limitación de un impulso de presión o de una fluctuación de presión al producirse una irrupción de partículas en el ramal de aspiración, y puede lograrse la minimización del tamaño constructivo.

[0037] Preferiblemente puede estar previsto que el canal principal y el canal secundario de un sistema de canales circulatorios queden dispuestos en un plano vertical a la entrada y/o a la salida de la conducción de aspiración del ramal de aspiración en el limitador de caudal. Gracias a esta disposición puede formarse en un espacio relativamente pequeño una pluralidad lo mayor posible de tales sistemas de canales circulatorios. Gracias al hecho de ser perpendicular a la dirección longitudinal la extensión del sistema de canales circulatorios, el limitador de caudal queda cuasi minimizado en su longitud constructiva exterior y permite no obstante contar con una gran longitud de los canales principales y de los canales secundarios.

[0038] En particular cuando el limitador de caudal está dispuesto directamente junto al instrumento manual o bien incluso parcialmente en el mismo, mediante una o varias de las realizaciones ventajosas anteriormente mencionadas puede lograrse un conjunto de muy corta longitud con una limitación de caudal altamente eficiente, y sin embargo es muy manejable el conjunto constituido por el instrumento manual y el limitador de caudal. En particular también habiendo una conducción de aspiración conectada puede garantizarse el flexible manejo y la fácil movilidad de este sistema.

[0039] Preferiblemente, un limitador de caudal comprende un componente interior con forma de barra con sistemas de canales circulatorios y un componente exterior aparte que es susceptible de ser pasado por sobre el componente interior, cuyo componente exterior cubre los sistema de canales circulatorios al estar montado con el componente

interior. Los sistemas de canales circulatorios están preferiblemente formados en la superficie lateral del componente interior y con ello quedan formados como canales circulatorios abiertos hacia el exterior. El componente exterior está preferiblemente formado con precisión de ajuste, y al ser encajado sobre el componente interior, o bien al ser introducido el componente interior en el componente exterior hueco, la pared interior del componente exterior forma una cubierta hermética para los sistemas de canales circulatorios abiertos del componente interior. Con una configuración de este tipo, el limitador de caudal queda realizado como sencillo acoplamiento o unión por encaje. Además de un sencillo y rápido montaje, puede también realizarse rápidamente y con poco gasto la limpieza de los sistemas de canales circulatorios, puesto que al extraer el componente interior del componente exterior los sistemas de canales circulatorios quedan al descubierto y son visibles cuasi a todo lo largo de los mismos. Dichos sistemas de canales circulatorios son por consiguiente también accesibles con relativa facilidad.

[0040] Preferiblemente están formados sistemas de canales circulatorios en ambos lados del componente interior con forma de barra. Estos sistemas de canales circulatorios mutuamente enfrentados pueden quedar conectados respectivamente por parejas por medio de una conexión de canales. Puede estar sin embargo también previsto que, vistas en la dirección longitudinal, estén formadas en ambos lados del componente interior sendas pluralidades de sistemas de canales circulatorios, y que a todo lo largo queden respectivamente conectados entre sí tan sólo los sistemas de canales circulatorios que están dispuestos en un lado del componente interior. Entonces tan sólo en el extremo longitudinal del limitador de caudal se establece una conexión de canales con los sistemas de canales circulatorios dispuestos en el lado opuesto del componente interior.

[0041] Puede estar asimismo previsto que, visto en la dirección longitudinal, el fluido circulante sea conducido de manera alternada de un sistema de canales circulatorios de un lado al lado opuesto al sistema de canales circulatorios dispuesto ahí y sea entonces conducido de nuevo de este lado al otro lado y entre en otro sistema de canales circulatorios dispuesto posteriormente según se mira en la dirección longitudinal del limitador de caudal.

[0042] Un sistema quirúrgico según la invención está en particular configurado como sistema microquirúrgico oftálmico para facocirugía. El sistema quirúrgico comprende un dispositivo de aspiración con un ramal de aspiración al que está asignado un limitador de caudal para un fluido que circula en el ramal de aspiración, el cual es un fluido quirúrgico con partículas emulsificadas en una intervención operatoria. El limitador de caudal comprende al menos un elemento limitador que comprende al menos un sistema de canales circulatorios con al menos un canal principal y un canal secundario que desemboca en el canal principal a un ángulo de 90° o más. Mediante esta configuración, en particular al efectuar la aspiración de restos del cristalino fuera del ojo puede permitirse que al producirse una irrupción de una partícula de cristalino que obstruye el ramal de aspiración pueda ser considerablemente limitado el impulso de presión resultante de ello, es decir que puede limitarse considerablemente la fluctuación de presión resultante de ello. Gracias a ello puede impedirse muy eficazmente que al producirse una tal irrupción de una partícula sea aspirado un relativamente gran volumen fuera del ojo.

[0043] El canal secundario desemboca en particular con ambos extremos en el canal principal.

[0044] El sistema quirúrgico está preferiblemente configurado de forma tal que, en dependencia de un específico estado de funcionamiento del sistema quirúrgico, y en particular al atravesar una partícula un sitio estrecho del dispositivo de aspiración, es susceptible de producirse una circulación turbulenta del fluido en el limitador de caudal.

[0045] Están indicados en la reivindicaciones dependientes ventajosos perfeccionamientos del sistema quirúrgico según la invención.

[0046] También los ventajosos perfeccionamientos del limitador de caudal según la invención deben además considerarse como ventajosas realizaciones del sistema quirúrgico.

Breve Descripción de los Dibujos

[0047] Se aclaran a continuación más detalladamente ejemplos de realización de la invención a base de dibujos esquemáticos. Las distintas figuras muestran lo siguiente:

La Fig. 1, una representación esquemática de un sistema quirúrgico según la invención;

la Fig. 2a, una vista en planta de un primer ejemplo de realización de un limitador de caudal según la invención;

la Fig. 2b, una representación en perspectiva del limitador de caudal según la Fig. 2a;

la Fig. 3a, una vista en planta de un segundo ejemplo de realización de un limitador de caudal según la invención;

la Fig. 3b, una representación en perspectiva del limitador de caudal según la Fig. 3a;

la Fig. 4a, una representación en perspectiva de un tercer ejemplo de realización de un limitador de caudal según la invención según una vista delantera;

la Fig. 4b, una representación en perspectiva del limitador de caudal según la Fig. 4a según una vista trasera;

la Fig. 5a, una representación en perspectiva de un cuarto ejemplo de realización de un limitador de caudal según la invención según una vista delantera;

la Fig. 5b, otra representación en perspectiva del limitador de caudal según la Fig. 5a según una vista trasera;

la Fig. 6, una representación en perspectiva de un quinto ejemplo de realización de un limitador de caudal según la invención;

la Fig. 7, una representación en perspectiva de un sexto ejemplo de realización de un limitador de caudal según la invención;

5 la Fig. 8, una representación en perspectiva de un séptimo ejemplo de realización de un limitador de caudal según la invención;

las Figs. 9a a 9p, representaciones esquemáticas de distintos sistemas de canales circulatorios en un limitador de caudal; y

10 la Fig. 10, un diagrama en el que está representado el número de Reynolds en dependencia de una medida interior de una conducción.

Realización Preferida de la Invención

15 **[0048]** En las figuras, los elementos iguales o funcionalmente iguales llevan los mismos signos de referencia.

[0049] Se muestra en la Fig. 1 en una representación esquemática un sistema microquirúrgico oftálmico I para facocirugía. En la representación según la Fig. 1 se muestran únicamente los componentes del sistema que son esenciales para la comprensión de la invención.

20 **[0050]** El sistema quirúrgico I comprende una unidad de equipo 1 que puede estar hecha por ejemplo en forma de carretón y además de unidades de mando eléctricas, de unidades excitadoras, de una interfaz de usuario y de una unidad indicadora presenta también una bomba 2. Esta bomba 2 está en el ejemplo de realización configurada como bomba peristáltica y es con ello una bomba que efectúa un bombeo discontinuo en régimen de funcionamiento activo. La bomba 2 comprende varias ruedas de rodillos 21 que están dispuestas de forma tal que quedan distanciadas entre sí en la dirección circunferencial (flecha) y extraen respectivamente de la zona de aspiración una cámara volumétrica cerrada. La bomba 2 está dispuesta en un ramal de aspiración 3 del sistema quirúrgico I y bombea el líquido contenido en una conducción de aspiración 4 del ramal de aspiración 3 desde un instrumento manual quirúrgico 5, que en el ejemplo de realización es el facoinstrumento manual, hasta un depósito colector 6. Debido a su forma constructiva, la bomba 2 está concebida de forma tal que las ruedas de rodillos 21 están configuradas de forma tal que no establecen contacto con el fluido que circula en la conducción de aspiración 4, y por consiguiente no hay conexión directa alguna entre las ruedas de rodillos 21 y el fluido.

35 **[0051]** El instrumento manual 5 comprende una punta o aguja hueca 51 que por medio de un generador de ultrasonido 52 es excitada siendo así puesta en oscilación. El generador de ultrasonido 52 puede ser por ejemplo un piezo que es excitado siendo así puesto en oscilación por medio de una tensión eléctrica. La tensión es producida por una fuente tensión 53 que está ilustrada simbólicamente. En su lado delantero encarado al ojo II, la aguja hueca 51 de sección transversal redonda está provista de una abertura que como medida interior presenta un diámetro interior d1. El diámetro d1 es menor que el diámetro del resto de la aguja hueca 51, debido a lo cual la aguja hueca 51 tiene una configuración cónica en esta abertura delantera.

40 **[0052]** El sistema quirúrgico I comprende además un ramal de irrigación 7 con una conducción de irrigación 71 que discurre entre un depósito 72 con un líquido de enjuague 72a y el instrumento manual 5. El líquido de enjuague 72a puede ser por ejemplo una solución salina. Como puede apreciarse por la representación de la Fig. 1, el depósito 72 se encuentra en comparación con el instrumento manual 5 a un nivel de altura h1, debido a lo cual la presión del líquido de enjuague 72a en la conducción de irrigación 71 puede ser variada en dependencia de esta altura h1. En la conducción de irrigación 71 está además dispuesta una válvula 73. La conducción de irrigación 71 está conectada con la conducción de aspiración 4 por medio de una conexión tubular flexible, estando dispuesta en esta conexión tubular flexible otra válvula 74.

50 **[0053]** En el ramal de aspiración 3 está además dispuesto un manómetro 41 que en el ejemplo de realización y en la dirección de circulación del fluido está montado en la conducción de aspiración 4 a continuación de la conducción de conexión con la conducción de irrigación 71.

55 **[0054]** El líquido de enjuague 72a que es aportado por medio de la conducción de irrigación 71 es durante la intervención quirúrgica en el ojo II aspirado por la bomba 2 a través de la aguja hueca 51 con los restos fragmentados del cristalino a través de la conducción de aspiración 4. El fluido aspirado a través de la conducción de aspiración 4 es por consiguiente un fluido quirúrgico en el que al realizarse una intervención operatoria quedan contenidas partículas emulsificadas.

60 **[0055]** El sistema quirúrgico I comprende además un limitador de caudal 8 que en la dirección de circulación (flecha) del fluido está dispuesto en el ramal de aspiración 3 en la conducción de aspiración 4 y antes de la bomba 2, y está previsto exclusivamente para un transporte aspirativo de fluido.

[0056] El limitador de caudal 8 no presenta una conexión directa con la conducción de irrigación 71.

[0057] El limitador de caudal 8 está ilustrado en la Fig. 1 únicamente mediante un elemento simbólico con forma de bloque, y está dispuesto relativamente cerca del instrumento manual 5. Un fluido es transportado tan sólo de manera aspirativa a través del limitador de caudal 8. El limitador de caudal está dimensionado para caudales de aproximadamente 200 ml por minuto. En la realización que se ilustra, el limitador de caudal 8 está dispuesto de forma tal que queda distanciado del instrumento manual 5 y también distanciado de la bomba 2. Puede estar también previsto que el limitador de caudal 8 esté dispuesto al menos zonalmente en el instrumento manual 5 o bien esté dispuesto directamente en el extremo trasero del instrumento manual 5 que desemboca en la conducción de aspiración 4.

[0058] Al ser retirados del ojo II por aspiración restos del cristalino, en la punta delantera de la aguja hueca 51 pueden producirse obstrucciones ocasionadas por tales restos del cristalino. Al atravesar entonces la punta esta partícula del cristalino que la obstruía y al ser dicha partícula del cristalino aspirada en el sistema de aspiración siendo así retirada, la onda de presión que se produce al tener lugar la irrupción es considerablemente limitada o amortiguada en el fluido circulante por el limitador de caudal 8. Gracias a ello puede evitarse un crítico estado operatorio en el que debido a esta irrupción de la partícula y a la ausencia de limitación de la onda de presión puede ser retirado del ojo por aspiración un gran volumen en un corto espacio de tiempo. Esta onda de presión ("surge flow" o "surge pressure") es limitada por el limitador de caudal 8 de forma tal que puede evitarse esta aspiración fuera del ojo y el descenso de la presión interna del ojo que va unido a la misma.

[0059] Del todo en general, en los problemas hidráulicos la tarea a desempeñar consiste en la determinación de la pérdida de presión de elementos de conducción tales como tubos, obturadores, toberas y elementos similares por los que circulan fluidos. Las pérdidas de presión se obtienen con el índice de pérdida de presión ζ . En circulación turbulenta el índice de pérdida de presión ζ es constante y la pérdida de presión es proporcional al cuadrado de la velocidad media v_m . La pérdida de presión se obtiene de la fórmula siguiente:

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_m^2 = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \frac{Q^2 \cdot 16}{\pi^2 \cdot d^4} = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot d^2} \cdot Re^2$$

ρ [kg/m³] designa la densidad del fluido, Q [cm³/min.] designa el caudal, d [mm] designa el diámetro del tubo o elemento similar, v [mm²/seg.] designa la viscosidad y Re designa el número de Reynolds.

[0060] El número de Reynolds Re es el índice de circulación turbulenta y puede indicarse de la manera siguiente:

$$Re = \frac{d \cdot v_m}{v} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d \cdot v}$$

[0061] En el ejemplo de realización la aguja hueca 51 está configurada con una sección transversal redonda, y la medida interior de la aguja hueca 51, que se da entonces como diámetro interior d1, tiene en la punta delantera cónica un valor de menos de 1 mm, y en particular un valor de aproximadamente 0,9 mm. Además, la medida interior mínima d2 (por ejemplo en la Fig. 2a) del limitador de caudal 8 es en el ejemplo de realización considerablemente mayor que este diámetro interior d1. La medida interior d2 es en el ejemplo de realización de poco más o menos 1,2 mm. Por cuanto que la medida interior d2 es mayor, y en particular considerablemente mayor que el diámetro interior mínimo d1 de la aguja hueca 51, puede permitirse que la emulsión a la que previamente se hizo pasar a través de la estrecha sección transversal de la aguja hueca 51 pueda también pasar sin problemas a través del limitador de caudal 8. Bajo estas condiciones constructivas el limitador de caudal 8 está dimensionado para la gama de números de Reynolds Re de menos de 2000, para gracias a ello garantizar un desarrollo de la operación sin perturbaciones con respecto a la aspiración en el ramal de aspiración 3.

[0062] El limitador de caudal 8 está además diseñado en su conjunto de forma tal que al producirse esta irrupción de partícula es susceptible de producirse una circulación turbulenta en el limitador de caudal 8 y al nivel de los mencionados números de Reynolds Re de menos de 2000 el limitador de caudal presenta una resistencia de al menos 500 mm Hg y un índice de pérdida de presión ζ de 85 en su conjunto en el ejemplo de realización.

[0063] El limitador de caudal 8 está diseñado en su configuración básica de forma tal que hay un elemento de resistencia al flujo circulatorio en el que está establecido como base el efecto de perfiles de corriente que circulan uno contra otro. En la zona de mezcla de las corrientes que chocan entre sí se produce la máxima turbulencia en el limitador de caudal 8.

[0064] Se aclaran más detalladamente a continuación distintos ejemplos de realización de un limitador de caudal 8.

[0065] En la Fig. 2a se muestra un elemento limitador 81 de un limitador de caudal 8 que está configurado a la manera de un disco. En la realización que se muestra, un limitador de caudal 8 puede presentar al menos un elemento limitador 81 de este tipo. Puede también estar previsto que esté prevista una pluralidad de tales elementos limitadores 81, que quedan entonces dispuestos inmediatamente unos a continuación de otros y apilados en la dirección z. Los elementos limitadores 81 que son al menos dos pueden quedar entonces unidos entre sí de forma tal que sean separables sin tener que ser destruidos y por consiguiente puedan ser desmontados y montados de nuevo de manera reversible.

[0066] El elemento limitador 81 presenta un diámetro exterior d_s que es menor que el o igual al diámetro del instrumento manual 5.

[0067] El elemento limitador 81 presenta en la vista en planta según la Fig. 2a un primer sistema de canales circulatorios 9a que comprende un canal principal 811 y un canal secundario 812. El canal secundario 812 parte con un primer extremo de la bifurcación en una entrada 812a en la dirección circulatoria (flechas) del fluido y desemboca con su segundo extremo en una desembocadura 812b de nuevo en el canal principal 811. El fluido aspirado con las partículas del cristalino por el instrumento manual 5, y en particular por el ramal de aspiración del instrumento manual 5, entra en una entrada de admisión 813 en el elemento limitador 81 y circula entonces en la dirección de las flechas que se muestran. En la realización según la Fig. 2a el canal principal 811 discurre en esencia rectilíneamente entre el punto de bifurcación y el punto de desembocadura del canal secundario 811. El canal secundario 812 está configurado a la manera un bucle, y en particular el extremo que desemboca en la desembocadura 812b en el canal principal 811 está curvado o configurado de forma tal que la corriente del fluido que desde el canal secundario 812 entra en el canal principal 811 entra en dirección a la entrada de admisión 813. Las corrientes de fluido en el canal secundario 812 y en el canal principal 811 producen con ello en la desembocadura 812b perfiles de corriente que circulan uno contra otro a un ángulo de más de 90° .

[0068] Al atravesar una partícula la abertura delantera de la aguja hueca 51, es con ello generada en particular en esta zona de la desembocadura 812b una alta resistencia al flujo circulatorio debido a una circulación turbulenta que se forma. Puede con ello evitarse que se produzca una onda de presión debido a la irrupción de la partícula, gracias a lo cual puede también evitarse la aspiración de un gran volumen por espacio de un corto periodo de tiempo fuera del ojo II al producirse una irrupción de partícula de este tipo.

[0069] El elemento limitador 81 comprende en la realización que se muestra según la Fig. 2a un segundo sistema de canales circulatorios 9b que presenta asimismo un canal principal 814 y un canal secundario 815. El canal secundario 815 parte con un primer extremo de la bifurcación 815a y desemboca con su segundo extremo en la desembocadura 815b de nuevo en el canal principal 814. La configuración y disposición del segundo canal secundario 815 con respecto al segundo canal principal 814 es análoga a la configuración del canal principal 811 y del canal secundario 812 del primer sistema de canales circulatorios 9a. El fluido que circula en el elemento limitador 81 sale entonces por la salida de descarga 816 y es bombeado al depósito 6 por medio de la conducción de aspiración 4 y la bomba 2.

[0070] El segundo sistema de canales circulatorios 9b está dispuesto en serie con respecto al primer sistema de canales circulatorios 9a. Ambos sistemas de canales circulatorios 9a y 9b del elemento limitador 81 están configurados de forma tal que son especularmente simétricos al eje S.

[0071] Es prácticamente igual a todo lo largo el diámetro interior d_2 de la zona del elemento limitador 81 por la que circula el fluido, y con ello en particular el sistema de canales circulatorios 9a y 9b con sus canales respectivamente correspondientes.

[0072] Esto puede también estar preferiblemente previsto en las otras formas de realización del limitador de caudal 8 que se aclararán más adelante.

[0073] Sin embargo, en principio puede también darse una variación del diámetro interior mínimo d_2 a lo largo de la zona de un limitador de caudal 8 a través de la cual circula el fluido.

[0074] En la realización que se muestra según la Fig. 2a las paredes interiores 10, que delimitan la zona del elemento limitador 81 a través de la cual circula fluido, están hechas de tal manera que son indeformables. Esto significa que las acciones de las fuerzas como las que son producidas en estas paredes interiores 10 por el fluido circulante, y en particular por las pulsaciones de presión del fluido circulante, no conducen a deformación elástica alguna de estas paredes interiores 10.

[0075] Puede sin embargo estar también previsto que un limitador de caudal 8 presente al menos zonalmente paredes interiores 10 que estén configuradas elásticamente para tales acciones de las fuerzas de un fluido circulante al producirse pulsaciones de presión.

[0076] Los canales principales 811 y 814 y los respectivos canales secundarios 812 y 815 asignados a los mismos están dispuestos de forma tal que presentan en las desembocaduras 812b y 815b un ángulo α (que en aras de la

claridad de la visión de conjunto está indicado tan sólo en el segundo sistema de canales circulatorios 9b) de más de 90°C. Además, en el ejemplo de realización los canales del elemento limitador 81 están dimensionados de forma tal que presentan el mismo diámetro hidráulico. Es con ello también posible que un canal principal 811 u 814 y un canal secundario 812 u 815 presenten también distintas geometrías de la sección transversal pero sigan presentando unas dimensiones tales que actúe en el fluido una resistencia de igual dimensión.

[0077] En la Fig. 2b se muestra una representación en perspectiva del elemento limitador 81 con forma de disco.

[0078] Los canales principales 811 y 814 y los canales secundarios 812 y 815 discurren en un plano (plano x-y) que está dispuesto perpendicularmente a la extensión (dirección z) de la salida de descarga 816 y de la entrada de admisión 813.

[0079] En la Fig. 3a se muestra en vista en planta otro ejemplo de realización de un elemento limitador 81. En esta realización el canal principal 811 y el canal secundario 812 del primer sistema de canales circulatorios 9a tienen una configuración cuasi igual. Ambos canales 811 y 812 presentan sendos segmentos parciales de forma arqueada que pasan luego en ángulo a ser sendos segmentos de canal rectilíneos. El canal principal 811 y el canal secundario 812 están configurados de forma tal que son en esencia simétricos a un eje horizontal que discurre pasando por la entrada de admisión 813 y por la salida de descarga 816. Los segmentos parciales rectilíneos de los canales 811 y 812 están orientados y dirigidos uno hacia el otro de forma tal que los perfiles de corriente del fluido circulante están dirigidos directamente uno al otro.

[0080] En correspondencia con ello están dispuestos los canales 814 y 815 del segundo sistema de canales circulatorios 9b del elemento limitador 81. A diferencia de la disposición de los canales 811 y 812, vistos en la dirección circulatoria los canales 814 y 815 presentan primeramente sendos segmentos de canal rectilíneos, que entonces pasan en ángulo a ser sendos segmentos parciales de forma arqueada. Los segmentos parciales arqueados del canal principal 814 y del canal secundario 815 desembocan entonces en la desembocadura 815b encontrándose de nuevo de forma tal que los perfiles de corriente discurren uno hacia el otro en dirección contraria.

[0081] En la Fig. 3b se muestra una representación en perspectiva del elemento limitador 81 según la Fig. 3a. También aquí se aprecia de nuevo que los canales 811, 812, 814 y 815 están formados en un plano que se extiende perpendicularmente a la orientación de la entrada de admisión 813 y de la salida de descarga 816. Cada elemento limitador 81 está preferiblemente hecho con un canal principal y un canal secundario de forma tal que por cada elemento limitador 81 presenta un índice de pérdida de presión ζ de 6 o más, y en particular de 12 o más. En particular tomando en consideración las medidas interiores preestablecidas d_1 y d_2 y un número de Reynolds Re de menos de 2000, mediante una configuración de este tipo de un elemento limitador 81 y con ello también de un limitador de caudal 8 puede lograrse una muy eficaz limitación o reducción de un impulso de presión (surge flow) o de una sobretensión transitoria al producirse una irrupción de una partícula. Un limitador de caudal 8 comprende preferiblemente tantos elementos limitadores 81 como sean necesarios para alcanzar en total un índice de pérdida de presión ζ igual a 85.

[0082] En los ejemplos de realización que se muestran en las Figs. 2a, 2b, 3a y 3b los sistemas de canales circulatorios 9a y 9b se extienden en un plano (plano x-y). El elemento limitador 81 queda preferiblemente dispuesto en la conducción de aspiración 4 de forma tal que este plano queda orientado perpendicularmente a la dirección longitudinal (dirección z) de la conducción de aspiración 4. Esta dirección (dirección z) corresponde también a la dirección de la entrada de admisión 813 y de la salida de descarga 816.

[0083] En la Fig. 4a se muestra otro ejemplo de realización de un limitador de caudal 8. En esta realización el limitador de caudal 8 está hecho con forma de barra y comprende un componente interior con forma de barra 8a y un componente exterior 8b. En el componente interior 8a está formada una conexión con forma de manguito 8c que permite una conexión con el instrumento manual 5 o con la conducción de aspiración 4 en el instrumento manual 5 o fuera del instrumento manual 5. La conexión 8d en el componente exterior 8b en el lado encarado a la bomba 2 permite además una conexión con la conducción de aspiración 4.

[0084] El componente interior 8a presenta en la realización ilustrada y en dirección longitudinal (dirección x), y con ello también en la dirección del eje longitudinal A del limitador de caudal 8, una pluralidad de sistemas de canales circulatorios. Los sistemas de canales circulatorios están configurados según la configuración de las Figs. 2a y 2b.

[0085] El componente interior 8a comprende con ello una pluralidad de sistemas de canales circulatorios dispuestos en cascada. En el lado delantero del componente interior 8a que se muestra en la Fig. 4a están más detalladamente identificados tres sistemas de canales circulatorios con sendos canales principales 811 y sendos canales secundarios 812. Están correspondientemente formados en el lado trasero opuesto del componente interior 8a correspondientes sistemas de canales circulatorios, tal como se muestra en la Fig. 4b. El fluido con los restos del cristalino a aspirar por medio del ramal de aspiración 3 circula con ello a través de la conexión 8c pasando al interior del limitador de caudal 8 y circula entonces por ejemplo a través de una primera entrada de admisión 813 del elemento limitador 81a y sigue así fluyendo para entrar en los canales 811 y 812, y sale por la salida de descarga 816. Esta salida de descarga 816 está

en conexión con un elemento limitador opuesto 81e, y el fluido circula ahí a través de la entrada de admisión 813 que se muestra en la Fig. 4b para así entrar en los correspondientes canales 811 y 812. Los elementos limitadores 81a, 81b y 81c (Fig. 4a) están con ello conectados en serie con sendos elementos limitadores 81d, 81e, 81f dispuestos alternativamente en el lado opuesto (Fig. 4b) del componente interior 8a. Dichos elementos limitadores están configurados análogamente a los elementos limitadores 81a a 81c y presentan asimismo sendos canales principales 814 y sendos canales secundarios 815.

[0086] Como se muestra en las representaciones de las Figs. 4a y 4b, los sistemas de canales circulatorios están formados en la parte lateral del componente interior 8a y son con ello cuasi abiertos hacia el exterior. Para cerrar o cubrir estos canales circulatorios abiertos se introduce con precisión de ajuste el componente interior 8a en el componente exterior 8b, que es hueco en el interior. Un lado interior, o sea una pared interior del componente exterior 8b forma con ello una cubierta hermética de los sistemas de canales circulatorios del componente interior 8a. Mediante esta configuración de un limitador de caudal 8 puede lograrse una unión separable entre los elementos, la cual constituye un sencillo acoplamiento o unión por encaje.

[0087] En la realización que se muestra según las Figs. 4a y 4b los canales principales 811 y 814 están orientados en esencia perpendicularmente al eje A.

[0088] En la Fig. 5a se muestra una representación en perspectiva de otro ejemplo de realización de un limitador de caudal 8. También aquí se realiza el principio que corresponde a la realización de las Figs. 4a y 4b. A diferencia de la misma, el componente interior 8a en la realización según la Fig. 5a está hecho con forma cilíndrica y presenta un fondo redondo. En la realización según la Fig. 4a el fondo del componente interior está hecho de forma tal que es ovalado o rectangular con lados cortos redondeados. La realización de la Fig. 5a se diferencia además en el hecho de que los canales principales 811 están orientados en esencia paralelamente al eje A. La configuración y disposición entre un canal principal 811 y 814 y un canal secundario 812 y 815 corresponde de nuevo a la configuración de la Fig. 2a y de la Fig. 4a. Los sistemas de canales circulatorios están además dispuestos de forma tal que son en esencia contiguos y quedan separados únicamente por una pared de separación 817.

[0089] En la Fig. 5b se muestra otra representación en perspectiva de esta realización del limitador de caudal 8.

[0090] En la Fig. 6 se muestra en vista en perspectiva otro ejemplo de realización de un limitador de caudal 8. También aquí se realiza el principio según el cual un componente interior con forma de barra 8a está hecho como componente aparte de un componente exterior 8b. En esta realización los canales principales 811 y los canales secundarios 812 están dispuestos cuasi simétricamente con respecto al eje longitudinal A y están configurados de forma tal que discurren en inclinación alejándose de la conexión 8c.

[0091] En la Fig. 7 se muestra otra realización de un limitador de caudal 8 en la que, a diferencia de la configuración según la Fig. 6, los canales principales 811 y los canales secundarios 812 dispuestos simétricamente entre sí no presentan inclinación alguna en el sentido de un alejamiento con respecto a la conexión 8c.

[0092] En la Fig. 8 se muestra en una representación en perspectiva otra forma de realización en la cual un limitador de caudal 8 presenta de nuevo un componente interior 8a y un componente exterior 8b. A diferencia de la configuración según la Fig. 7, los canales principales 811 que discurren en U y los canales secundarios 812 que discurren en U están dispuestos de forma tal que quedan desplazados entre sí en la dirección del eje longitudinal A. Además de ello, los elementos limitadores dispuestos en serie unos con respecto a otros ya no están totalmente separados unos de otros, sino que las paredes de separación 817 presentan un paso que las atraviesa. Además de ello, únicamente se encuentra al comienzo una entrada de admisión 813.

[0093] En las realizaciones de las Figs. 4a a 8 los sistemas de canales circulatorios ya no están dispuestos tan sólo en un plano, sino que se extienden de manera escalonada en forma de una formación tridimensional. Vistos en dirección longitudinal y por consiguiente en la dirección del eje A, están dispuestos a la misma altura a ambos lados del eje A sendos sistemas de canales circulatorios que están en conexión circulatoria entre sí.

[0094] En las Figs. 9a a 9p se muestra una pluralidad de distintas configuraciones esquemáticas de sistemas de canales circulatorios 9a y 9b. Así puede estar previsto que un canal secundario 812 presente un trazado acodado o bien presente un trazado acodado al menos zonalmente. Asimismo puede estar previsto un trazado al menos zonalmente curvado del canal. La bifurcación en la que un canal secundario 812 parte de un canal principal 811 puede producirse a un ángulo de 90°. Sin embargo puede estar también igualmente previsto que la bifurcación presente un ángulo de menos de 90° o bien un ángulo de más de 90°.

[0095] La desembocadura del canal secundario 812 en el canal principal 811 tiene lugar a un ángulo α de 90° o a un ángulo de más de 90°. Como se muestra por ejemplo en las Figs. 9a a 9d, en una conexión en serie de los sistemas de canales circulatorios 9a y 9b los canales secundarios 812 pueden partir del canal principal 811 discuriendo desde la bifurcación del mismo de manera alternada una vez hacia arriba y una vez hacia abajo. En las Figs. 9m a 9p se muestra

una correspondiente configuración. Las Figs. 9e a 9l muestran realizaciones en las cuales se muestran en cada caso dos distintas representaciones de un único sistema de canales circulatorios. También aquí pueden estar por ejemplo previstas configuraciones simétricas con respecto a un eje de simetría horizontal.

5 **[0096]** En las Figs. 9a a 9p se muestran en algunas realizaciones a título de ejemplo los ángulos α entre un canal principal y un canal secundario, siendo todos estos ángulos de 90° o más.

10 **[0097]** Las realizaciones que se muestran en las Figs. 2a a 9p pueden en aspectos parciales o en su totalidad ser combinadas a voluntad entre sí, para así poder lograr adicionales realizaciones de un limitador de caudal.

[0098] En la Fig. 10 se muestra un diagrama en el que se ilustra el número de Reynolds Re en dependencia de una medida interior d . Se muestran el diámetro interior d_1 de la aguja hueca 51 y la medida interior d_2 de un canal circulatorio del limitador de caudal 8.

REIVINDICACIONES

1. Limitador de caudal para un fluido que circula en un ramal de aspiración (3) para un sistema quirúrgico (I), cuyo fluido es un fluido quirúrgico y presenta partículas emulsificadas en una intervención operatoria, con un elemento limitador (81, 81a a 81f) que presenta al menos un sistema de canales circulatorios (9a, 9b) con al menos un canal principal (811, 814) y un canal secundario (812, 815), **caracterizado por el hecho de que** el sistema de canales circulatorios (9a, 9b) presenta al menos un canal secundario (812, 815) que desemboca en el canal principal (811, 814) a un ángulo de 90° o más.
2. Limitador de caudal según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el canal secundario (812, 815) está dispuesto fuera del canal principal (811, 814), y en la desembocadura (812b, 815b) del canal secundario (812, 815) en el canal principal (811, 814) es susceptible de producirse una circulación turbulenta en la dirección circulatoria del fluido.
3. Limitador de caudal según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el canal secundario (812, 815) dispuesto fuera del canal principal (811, 814) desemboca con sus dos extremos en el canal principal (811, 814).
4. Limitador de caudal según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el canal principal (811, 814) y el canal secundario (812, 815) presentan el mismo diámetro hidráulico.
5. Limitador de caudal según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** presenta al menos dos elementos limitadores (81, 81a a 81f) que están unidos entre sí de manera separable, y, vistos en la dirección longitudinal del limitador de caudal (8), los elementos limitadores (81, 81a a 81f) están dispuestos de forma tal que quedan apilados.
6. Sistema quirúrgico, y en particular sistema microquirúrgico oftálmico (I) para facocirugía, con un ramal de aspiración (3) al cual le está asignado un limitador de caudal (8) para un fluido que circula en el ramal de aspiración (3), cuyo fluido es un fluido quirúrgico y presenta partículas emulsificadas en una intervención operatoria, en donde el limitador de caudal (8) comprende un elemento limitador (81, 81a a 81f) que presenta al menos un sistema de canales circulatorios (9a, 9b) con al menos un canal principal (811, 814) con un canal secundario (812, 815), **caracterizado por el hecho de que** el sistema de canales circulatorios (9a, 9b) presenta al menos un canal secundario (812, 815) que desemboca en el canal principal (811, 814) a un ángulo de 90° o más.
7. Sistema quirúrgico según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** el limitador de caudal (8) está dispuesto junto a un instrumento manual (5), o bien está dispuesto al menos zonalmente en el instrumento manual (5).
8. Sistema quirúrgico según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado por el hecho de que** el limitador de caudal (8) presenta una zona a través de la cual circula fluido, cuya zona presenta una medida interior mínima (d2) que es mayor que una medida interior mínima (d1) de una aguja hueca (51) de un instrumento manual quirúrgico (5) que está en el ramal de aspiración (3) en conexión con el limitador de caudal (8).
9. Sistema quirúrgico según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** la medida interior mínima (d2) de la zona es al menos un 10%, en particular al menos un 20%, en particular al menos un 30%, en particular al menos un 40% y en particular al menos un 50% mayor que la medida interior mínima (d1) de la aguja hueca (51).
10. Sistema quirúrgico según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** la medida interior mínima (d2) de la zona a través de la cual circula el fluido es la misma a todo lo largo de esta zona del limitador de caudal (8) a través de la cual circula el fluido.
11. Sistema quirúrgico según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** la medida interior mínima (d2) del limitador de caudal (8) es de 1,2 mm o más.

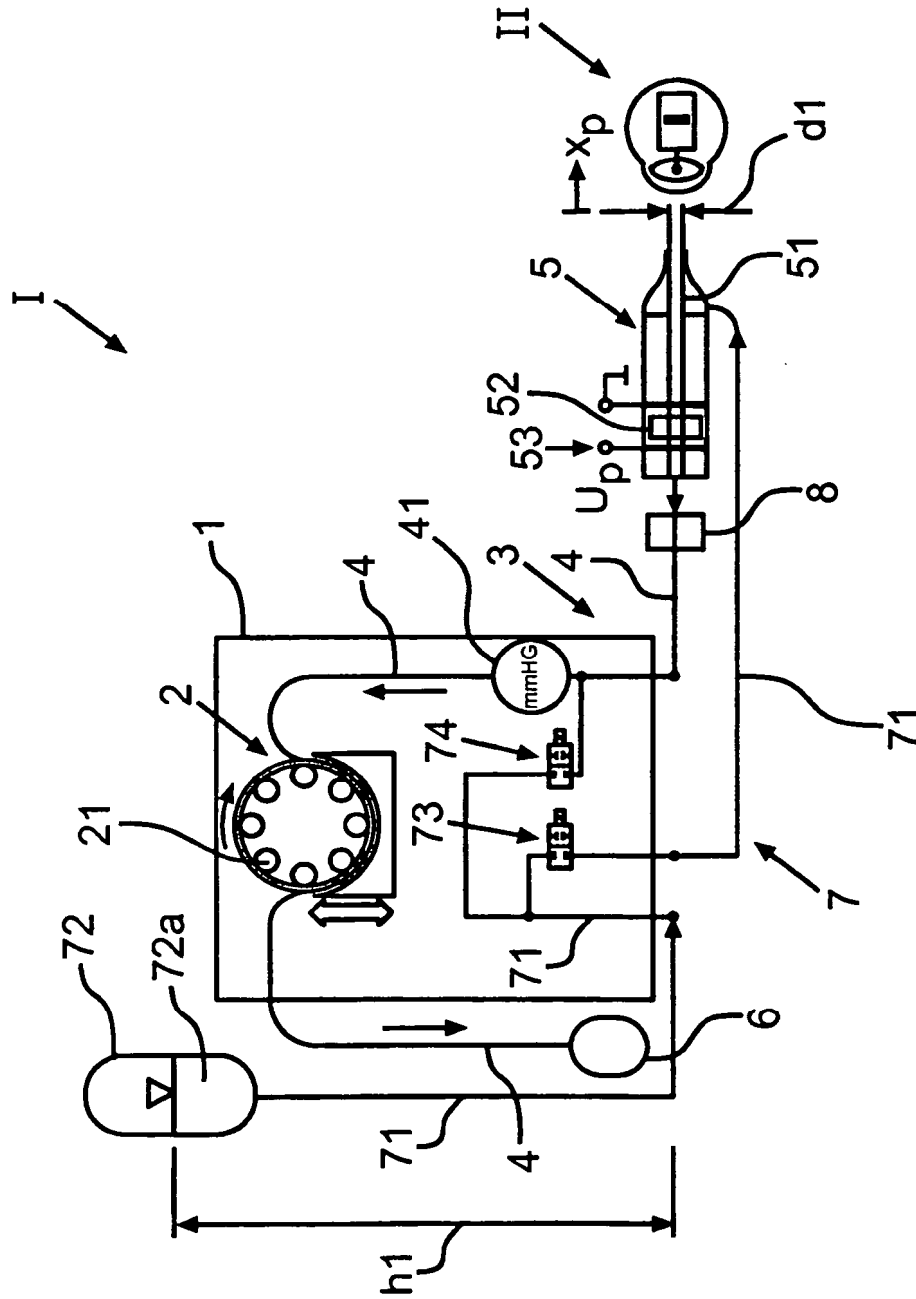


Fig.1

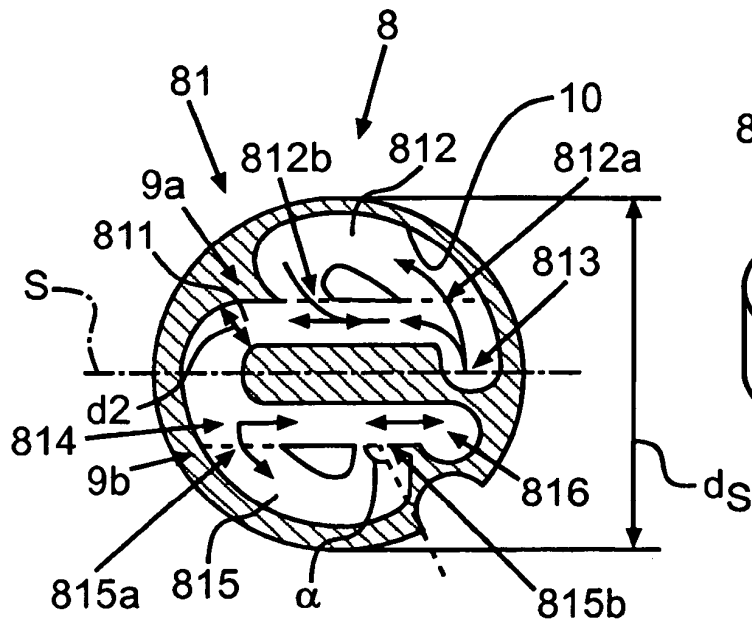


Fig.2a

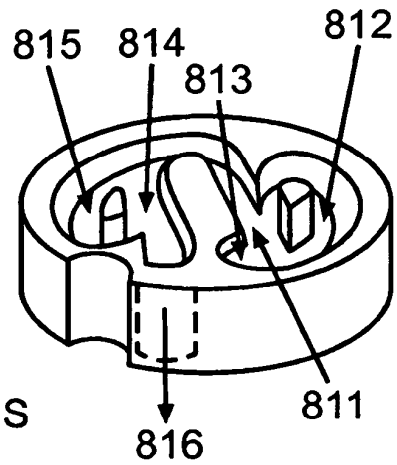


Fig.2b

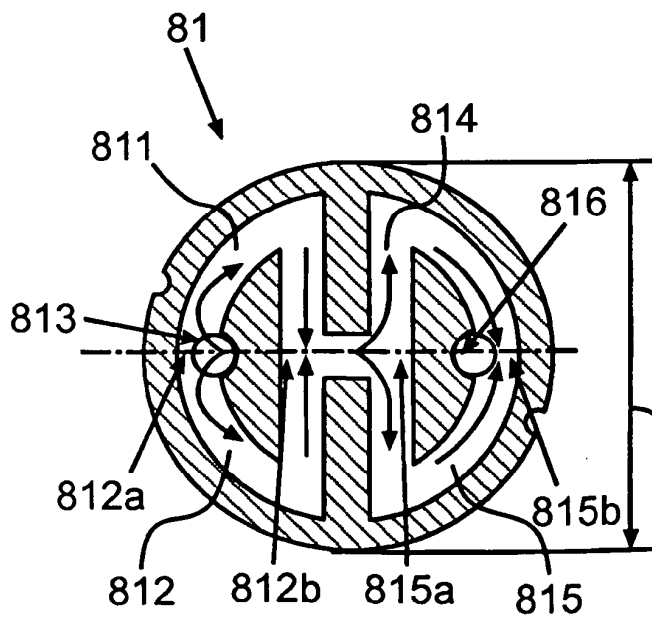
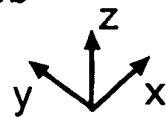


Fig.3a

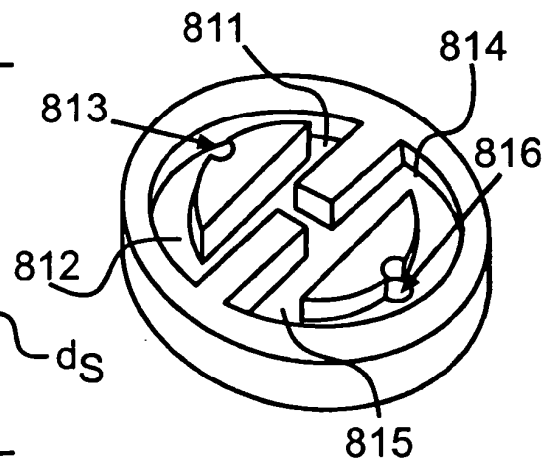
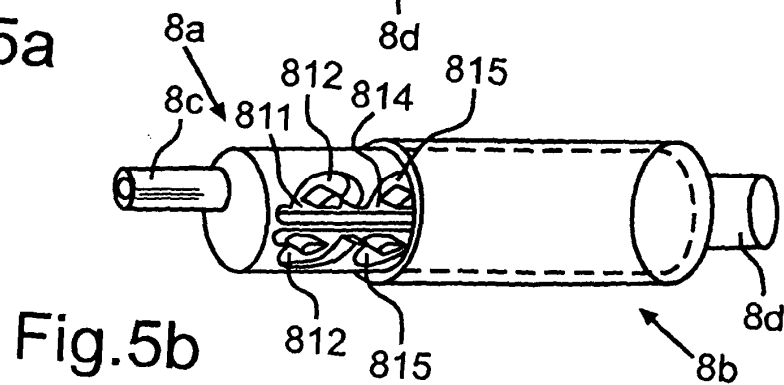
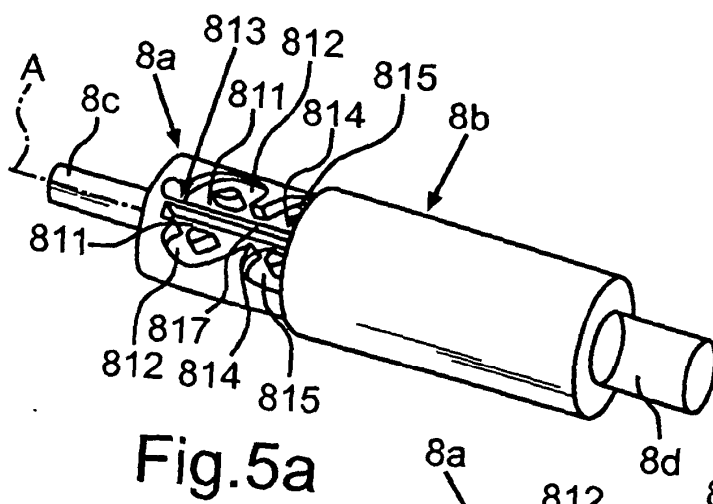
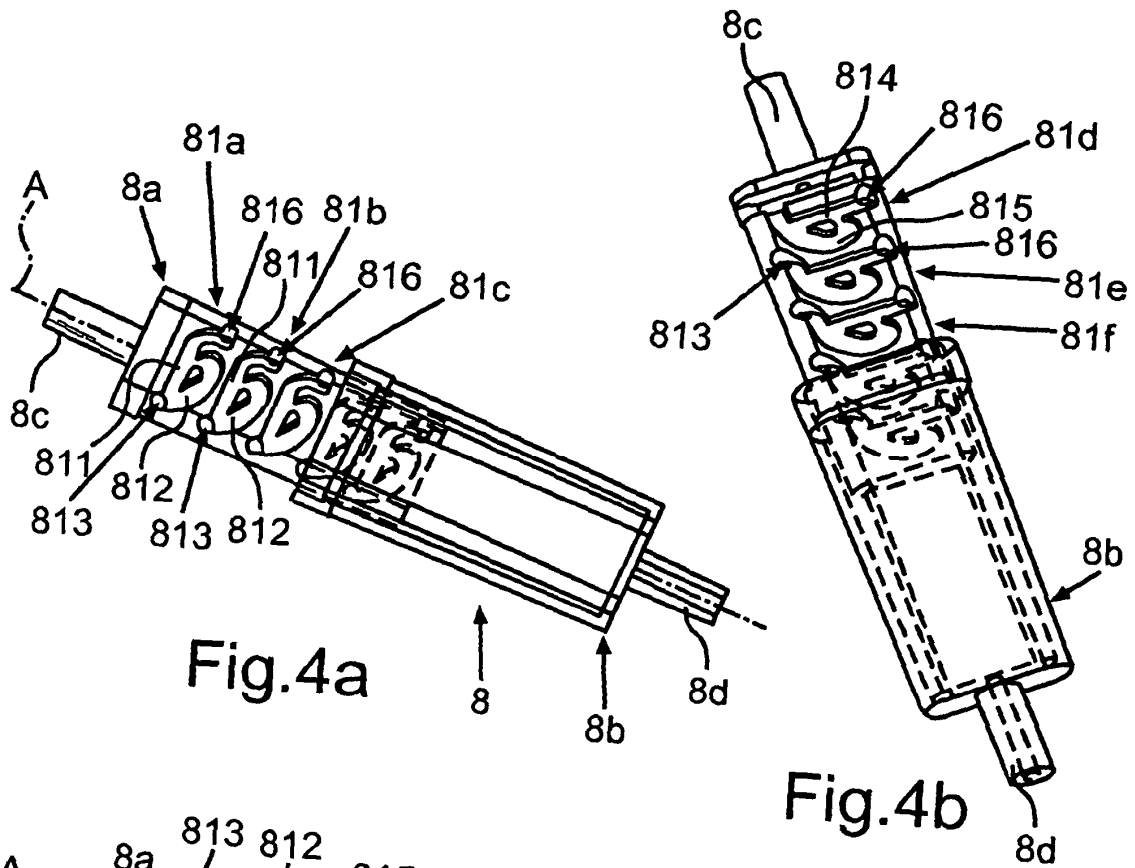
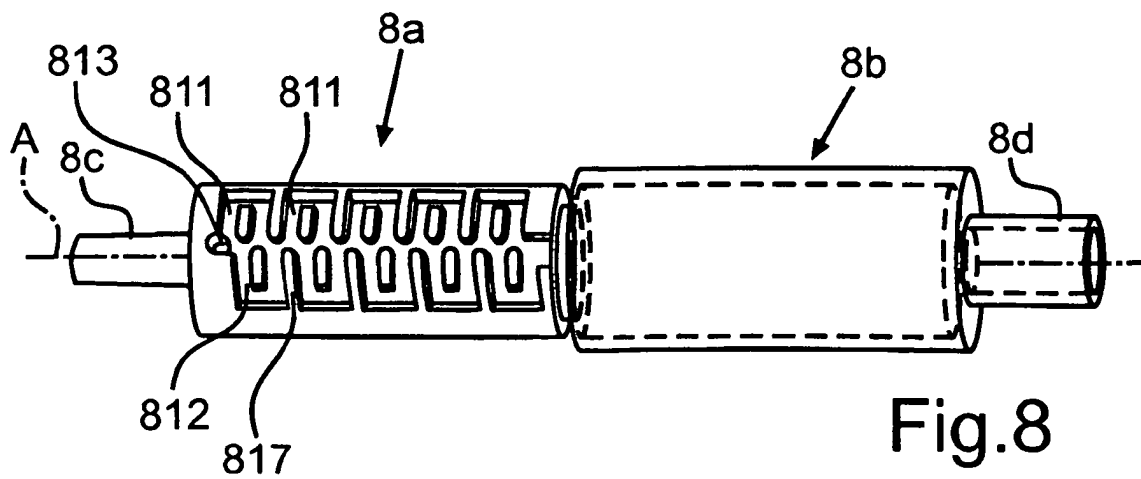
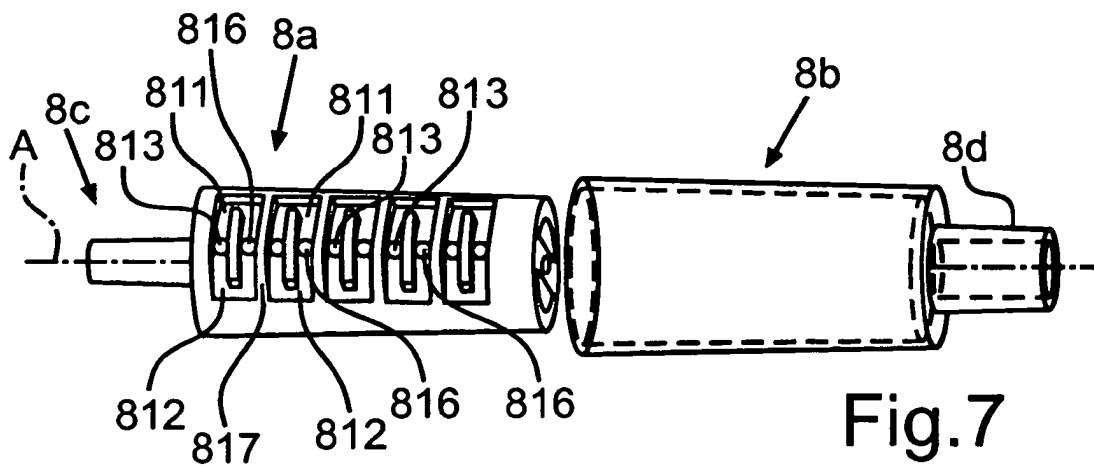
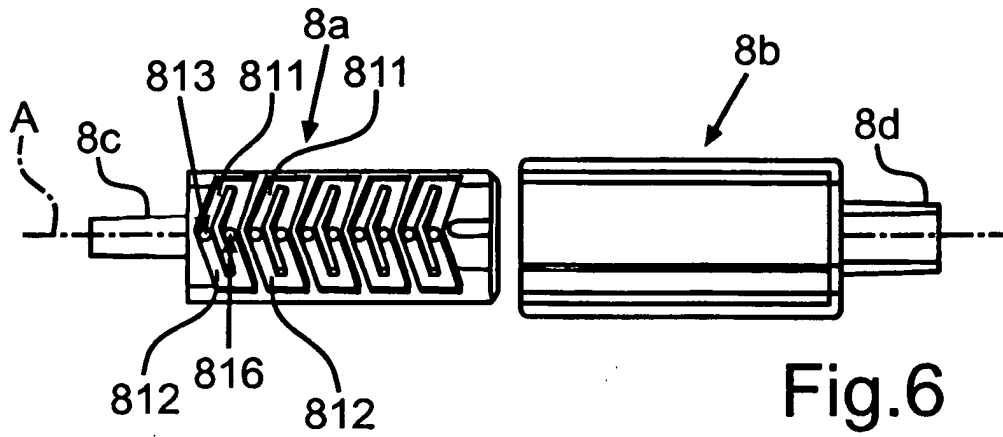


Fig.3b





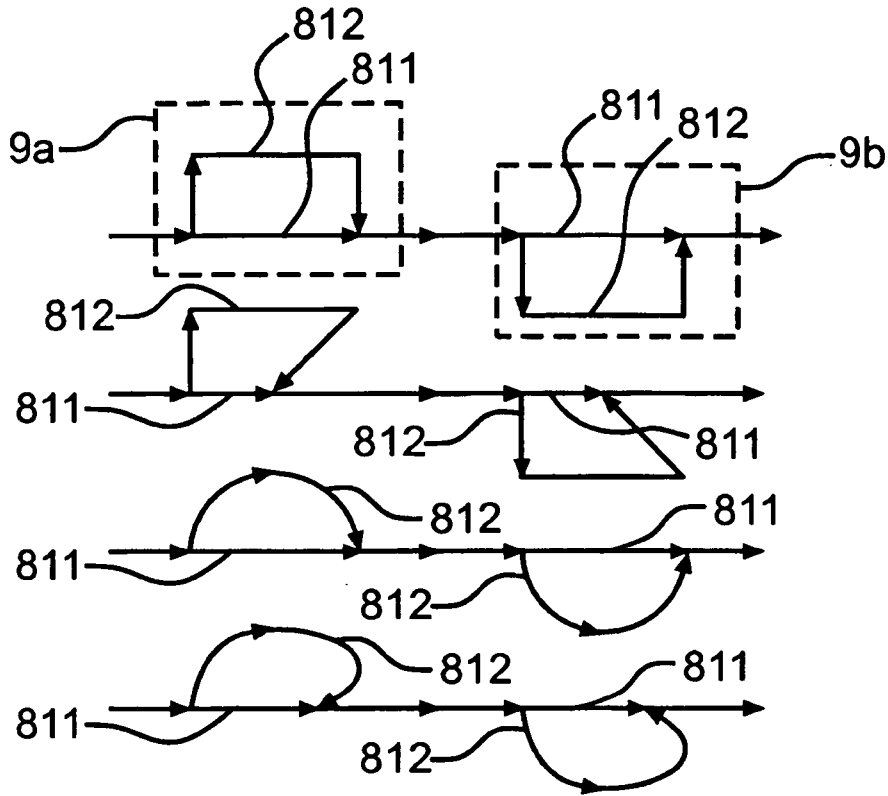


Fig.9a

Fig.9b

Fig.9c

Fig.9d

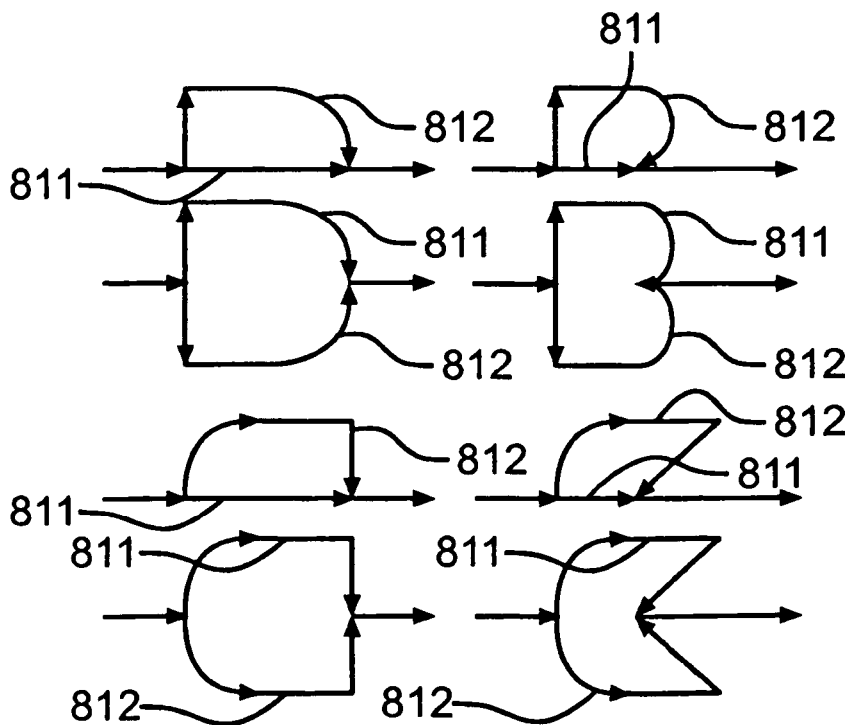


Fig.9e

Fig.9f

Fig.9g

Fig.9h

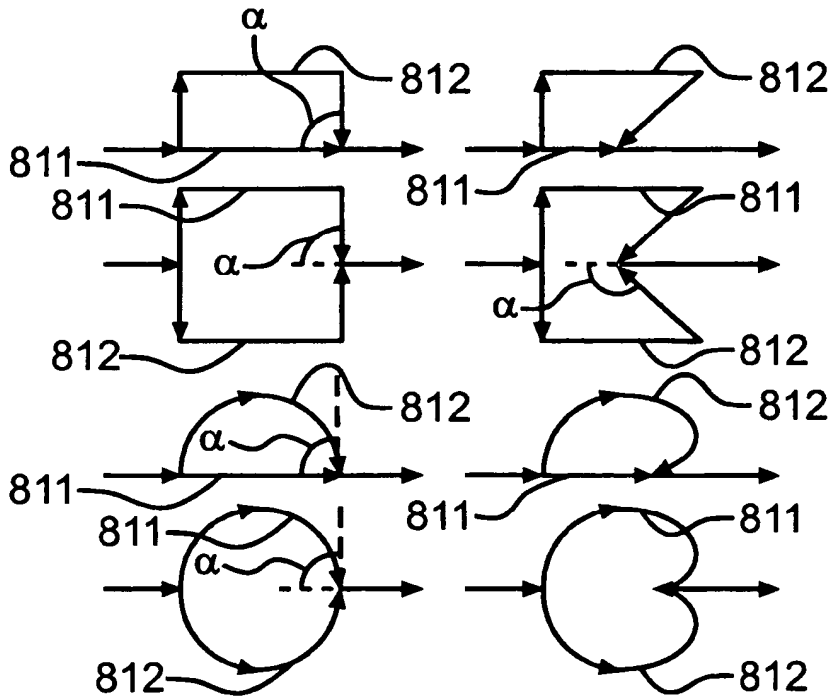


Fig.9i

Fig.9j

Fig.9k

Fig.9l

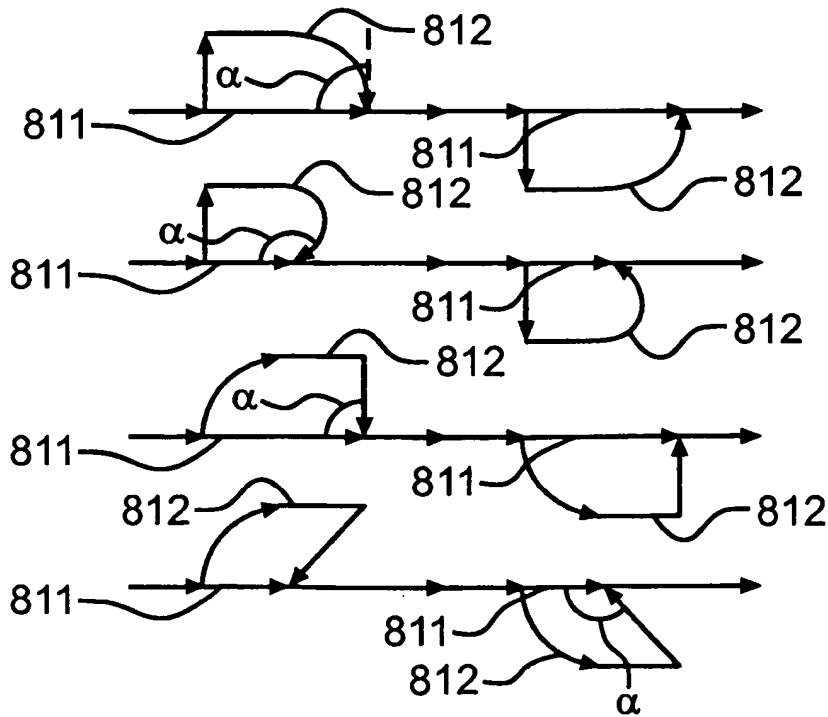


Fig.9m

Fig.9n

Fig.9o

Fig.9p

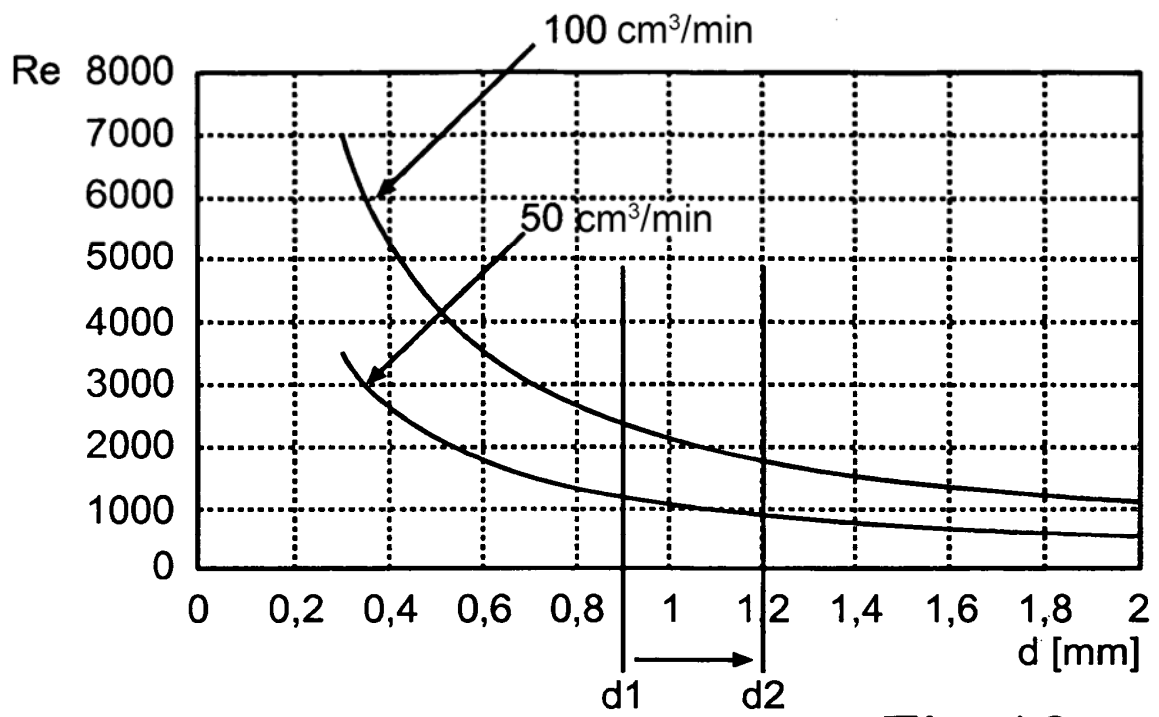


Fig.10