

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 333**

51 Int. Cl.:

**G01M 11/00** (2006.01)

**G01B 11/30** (2006.01)

**G01N 15/08** (2006.01)

**G01N 21/88** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2009** **E 09014262 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018** **EP 2322907**

54 Título: **Procedimiento para detectar las superficies de borde frontales de fibras huecas y procedimiento para detectar los espacios interiores de fibras huecas, no obstruidas, de un haz de fibras huecas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.05.2018**

73 Titular/es:

**VMT VISION MACHINE TECHNIC  
BILDVERARBEITUNGSSYSTEME GMBH (100.0%)  
Mallastrasse 50-56  
68199 Mannheim, DE**

72 Inventor/es:

**GRÜNEWALD, FRANK;  
HINKELMANN, ANDREAS;  
MIKESKA, HARALD;  
RIEGER, CHRISTIAN;  
EDELMANN, MARKUS y  
RUPPENTHAL, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 670 333 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

Procedimiento para detectar las superficies de borde frontales de fibras huecas y procedimiento para detectar los espacios interiores de fibras huecas, no obstruidas, de un haz de fibras huecas

5

### Campo de la técnica

La invención se refiere a un procedimiento para detectar los espacios interiores de fibras huecas, no obstruidas, que forman parte de un haz de fibras huecas,

10

- presentando el haz una superficie frontal y una superficie posterior,
- estando fabricadas las fibras huecas de un primer material, en particular plástico, por ejemplo, polisulfona u otro polímero, y extendiéndose las mismas desde la superficie frontal hasta al menos la superficie posterior del haz, y
- estando formada conjuntamente la superficie frontal por las superficies de borde frontales de las fibras huecas y la superficie frontal de una masa aglutinante que
- es parte asimismo del haz y está fabricada de un segundo material, en particular plástico, por ejemplo, resina de poliuretano o poliuretano, y
- se encuentra en la zona situada entre la superficie frontal y la superficie posterior entre las fibras huecas y en la que
- las fibras huecas están embebidas al menos en esta zona, y
- siendo la superficie frontal de la masa aglutinante tan lisa que la masa aglutinante refleja la luz de prueba, irradiada hacia la superficie frontal, al menos parcialmente de manera especular y como máximo parcialmente de manera difusa.

20

### Estado de la técnica

Los haces de fibras huecas se usan en particular en la medicina como filtros de diálisis para filtrar la sangre. Por lo general, los filtros de este tipo presentan miles de fibras huecas que se extienden esencialmente en paralelo y están embebidas al menos por sus zonas extremas en una masa aglutinante situada entre las fibras huecas. La cantidad de fibras huecas en tal haz de fibras puede ser usualmente, por ejemplo, de 10.000 a 16.000. La masa aglutinante sirve para fijar las fibras huecas entre sí y sellar el filtro. La masa aglutinante es generalmente una masa de sellado solidificada de resina de poliuretano. Las fibras huecas son mangueras o tubos estrechos de forma capilar y están fabricados preferentemente de polisulfona. La masa aglutinante está hecha preferentemente de resina de poliuretano.

35

Para la fabricación de este tipo de filtros de diálisis, miles de estas fibras huecas se agrupan para formar un haz y sus dos zonas extremas se sellan con una masa aglutinante líquida o viscosa. Cuando la masa aglutinante se solidifica, forma en cada zona extrema un bloque (generalmente cilíndrico), a través del que las fibras huecas se extienden esencialmente en paralelo entre sí en dirección axial, quedando embebidas las zonas extremas de las fibras huecas en el bloque debido al sellado. Las fibras huecas se extienden sin masa aglutinante entre los bloques.

40

Como resultado del sellado con masa aglutinante, al menos una parte de los extremos de las fibras huecas se cubre con masa aglutinante. Durante el sellado, la masa aglutinante penetra también una cierta distancia a partir de los extremos de las fibras huecas en los espacios interiores de las fibras huecas y forma aquí tapones después de solidificarse. Por consiguiente, los extremos de muchas o de todas las fibras huecas quedan obstruidos con masa aglutinante después del sellado.

45

Por tanto, los bloques se cortan después de solidificarse la masa aglutinante con una cuchilla a lo largo de una línea de corte circular que discurre por la periferia o la superficie de revestimiento del bloque, realizándose el corte en perpendicular al eje del bloque y de las fibras huecas. En otras palabras, de cada bloque se corta una capa de recubrimiento exterior frontal esencialmente en forma de disco. Durante el corte se cortan también forzosamente las zonas extremas de las fibras huecas, es decir, se acortan las fibras huecas embebidas en la masa aglutinante, de modo que en la zona extrema de cada fibra hueca, afectada por el corte, queda expuesta una nueva superficie anular, cuya forma corresponde a la sección transversal de la fibra hueca. Estas superficies extremas de las fibras huecas, expuestas debido al corte, se identifican a continuación como superficies de borde frontales de las fibras huecas.

55

El grosor de la capa de recubrimiento frontal a cortar se selecciona de tal modo que el corte elimina, por lo general, el recubrimiento de los extremos de las fibras huecas con masa aglutinante y también las zonas extremas de las fibras huecas, obstruidas con tapones de la masa aglutinante que ha penetrado en las fibras huecas, por lo que la mayoría de las fibras huecas están libres, es decir, no obstruidas, después del corte y finalizan con sus extremos, abiertos ahora, en la nueva superficie frontal del bloque que quedó expuesta debido al corte. Esta nueva superficie expuesta forma junto con las superficies de borde frontales de las fibras huecas una superficie esencialmente plana que se identifica a continuación como superficie frontal.

60

65

Sin embargo, ocurre con una cierta probabilidad que la masa aglutinante penetra de tal modo en el espacio interior de una fibra hueca durante el sellado que la zona obstruida de la fibra hueca no se corta completamente durante el corte, por lo que el extremo de la fibra hueca sigue obstruida con el resto de masa aglutinante después del corte.

5 El filtro de diálisis puede cumplir su función satisfactoriamente si presenta una cantidad suficiente de fibras huecas. Por tanto, se desea detectar las fibras huecas, por ejemplo, sus superficies de borde frontales, mediante un procedimiento automático adecuado, en particular para obtener una información sobre el número de fibras huecas contenido en el haz.

10 Las fibras huecas obstruidas no contribuyen a la eficacia del filtro de diálisis. Además, el filtro de diálisis puede cumplir su función sólo si una cantidad suficiente de fibras huecas o una fracción suficientemente grande de las mismas no está obstruida. Si más de una fracción determinada o más de una cantidad determinada de fibras huecas está obstruida, no se puede o no se debe usar el filtro de diálisis. Por tanto, se desea también detectar las fibras huecas no obstruidas mediante un procedimiento automático adecuado, por ejemplo, con el fin de poder contarlas de una manera completamente automática.

15 El documento EP1744141A1 da a conocer un procedimiento para comprobar un haz de fibras huecas, en el que una superficie frontal del haz se ilumina con una luz roja y verde, irradiándose la luz roja casi en perpendicular y la luz verde casi de manera inclinada. Con ayuda de una cámara de líneas se toman dos imágenes, específicamente una llamada imagen de agujeros y una llamada imagen de fibras, a través de un diafragma hendido.

20 El documento JP2004113894 da a conocer un procedimiento que permite comprobar durante la fabricación de un módulo de fibras huecas si y en qué medida ha quedado obstruida una fibra y además si un módulo está defectuoso.

25 Con el fin de poder diferenciar defectos mecánicos, tales como depresiones y elevaciones, que dan lugar a sombras proyectadas en caso de una irradiación inclinada, respecto a patrones de superficies muy contrastantes, tales como las vetas de la madera, durante la inspección óptica de una superficie plana en sí, el documento DE19534716A1 propone una irradiación simultánea desde direcciones diferentes, por ejemplo, con luces de colores diferentes. Por consiguiente, para evitar las sombras proyectadas se usan dos fuentes de luz que irradian de manera inclinada la superficie a reproducir desde una dirección opuesta. El documento DE102006044307A1 se refiere asimismo a la inspección multisensorial de superficies de madera natural mediante el uso de una fuente de luz UV y una cámara.

30 El documento WO02/06798A1 muestra una fuente de luz que consiste en una pluralidad de fuentes de luz individuales y sirve para iluminar objetos de prueba.

35 El documento US6552783B1 se refiere a problemas existentes durante la evaluación y la identificación de componentes de placas de circuitos impresos. En este caso, el sistema óptico se ha seleccionado de modo que permite mediciones tridimensionales en las placas de circuitos impresos examinadas, en las que los componentes pueden presentar diferencias de altura esenciales.

40 **Objetivo técnico**

45 La invención tiene el objetivo de posibilitar una detección o un conteo automático de fibras huecas de un haz de fibras huecas, en particular de un filtro de diálisis, y/o una detección o un conteo automático de las fibras huecas no obstruidas del haz de fibras huecas.

[A1] El objetivo se consigue según la invención mediante un procedimiento genérico de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por las etapas siguientes:

50 d) la superficie frontal SF1, SF2 se ilumina con una fuente de luz de prueba PQ1, PQ2, compuesta de una única o una pluralidad de fuentes de luz de prueba individuales que irradian su luz de manera no direccional hacia un semiespacio situado por debajo de la fuente de luz de prueba PQ1, utilizándose como fuente de luz de prueba PQ1, PQ2 una fuente de luz PQ1, PQ2 extendida de manera plana que, visto desde cada punto de la superficie frontal SF1, SF2, forma en su totalidad una envolvente que aparece en un ángulo de apertura

55 (alfa) de al menos 60° o de al menos 35° y genera luz de prueba PL1, PL2, PL3,  
e) mediante una cámara de prueba PK se registra la luz de prueba PL1, PL2, PL3 después de su reflexión especular en la superficie frontal de la masa aglutinante BM y de este modo se genera mediante la cámara de prueba PK una imagen de luz especular GLB1, GLB2 de la superficie frontal SF1, SF2, en la que los espacios interiores H de fibras F no obstruidas aparecen más oscuros que la superficie frontal de la masa aglutinante BM, así como en particular también más oscuros que los espacios interiores de tales fibras huecas F que están obstruidas en la zona de superficie frontal SF1, SF2 con masa aglutinante BM, y

60 f) las imágenes H' de los espacios interiores H de fibras huecas F no obstruidas se detectan o se detectan y se cuentan automáticamente por medio de este oscurecimiento en la imagen de luz especular GLB1, GLB2 con ayuda del procesamiento de imagen.

65

Por reflexión difusa se entiende aquí que durante la reflexión, la luz no se refleja de manera especular, sino que se dispersa, o sea, la luz incidente de manera direccional se refleja de manera isotrópica o de acuerdo con una distribución estadística bidimensional continua de los ángulos de reflexión.

5 Mediante la detección o el conteo de las superficies de borde frontales de las fibras huecas se detectan o se cuentan implícitamente también las propias fibras huecas.

10 [A2] En una configuración ventajosa del procedimiento está previsto que para detectar las superficies de borde frontales de fibras huecas, las fibras huecas reflejen de manera difusa en sus superficies de borde frontales la luz de ensayo, que se irradia hacia la superficie frontal, con un primer albedo  $A_1$ , y que la masa aglutinante refleje de manera difusa la luz de ensayo, que se irradia hacia la superficie frontal, con un segundo albedo  $A_2$  menor que el primer albedo  $A_1$ , por lo que  $A_1 > A_2$ , ejecutándose de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 1 o

- 15
- antes del procedimiento de la reivindicación 1 o
  - simultáneamente con el procedimiento de la reivindicación 1 o
  - de manera solapada en el tiempo con el procedimiento de la reivindicación 1 las etapas siguientes:

- 20 a) la superficie frontal se ilumina con una fuente de luz de ensayo que está compuesta de una única o una pluralidad de fuentes de luz de prueba individuales y genera luz de ensayo,
- 25 b) mediante una cámara de ensayo se registra la luz de ensayo después de su reflexión difusa en la superficie frontal y de esta manera se genera una imagen de luz difusa de la superficie frontal, en la que las superficies de borde frontales de las fibras huecas aparecen más claras que la masa aglutinante, porque  $A_1 > A_2$ , y
- 30 c) las imágenes de las superficies de borde frontales de las fibras huecas se detectan o se detectan y se cuentan automáticamente por medio de este aclaramiento en la imagen de luz difusa con ayuda del procesamiento de imagen.

30 Por reflexión especular se entiende aquí que se aplica la ley ángulo de incidencia de la luz = ángulo de reflexión de la luz.

[A5] La luz de ensayo es preferentemente luz con una longitud de onda de ensayo  $\mu$ . Asimismo, la luz de prueba es preferentemente luz con una longitud de onda de prueba  $\lambda$ .

35 El haz puede ser en particular un filtro de diálisis o parte del mismo.

[A15] Las fibras huecas están fabricadas preferentemente de polisulfona o mayormente de polisulfona o de un polímero o mayormente de un polímero o de un primer plástico. La masa aglutinante está hecha preferentemente de poliuretano o mayormente de poliuretano o de resina de poliuretano o mayormente de resina de poliuretano o de un segundo plástico.

40 El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y la configuración de acuerdo con la reivindicación 2 se pueden ejecutar en cualquier secuencia temporal sucesivamente o al mismo tiempo o de manera solapada en el tiempo.

45 [A3] Según una variante particularmente ventajosa de la invención, el haz de fibras huecas se somete tanto al procedimiento de la reivindicación 1, es decir, el procedimiento 1, como al procedimiento de la reivindicación 2 y los resultados de los procedimientos se comparan o se combinan entre sí. Mediante la comparación o la combinación de los resultados de ambos procedimientos se puede determinar ventajosamente en particular si fibras huecas del haz están obstruidas con masa aglutinante en la zona de una superficie frontal del haz.

50 Esta variante del procedimiento sirve entonces en particular para analizar un haz de fibras huecas, en particular de un filtro de diálisis, respecto a si las fibras huecas están obstruidas con masa aglutinante en la zona de una superficie frontal del haz.

55 Las etapas de procedimiento a) hasta f) se pueden ejecutar también, por ejemplo, en la secuencia a), d), b), e), c), f) o en la secuencia d), a), e), b), f), c). Son posibles otras secuencias.

60 Por superficies de borde frontales de las fibras huecas se entienden sus superficies límites frontales que tienen, por lo general, la forma de anillos circulares, cuya anchura corresponde al espesor del material de la fibra hueca y cuyo diámetro corresponde al diámetro de las fibras huecas. La forma de las superficies de borde frontales corresponde a la forma de la sección transversal de las fibras huecas.

65 El albedo es una medida del poder de reflexión difusa de un material al irradiarse con una luz que puede ser, por ejemplo, una luz UV, y que depende generalmente de la longitud de onda. El albedo de una superficie con una longitud de onda  $x$  está definido por la relación de la intensidad de la reflexión difusa de esta superficie con una longitud de onda  $x$  respecto a la intensidad de la radiación con una longitud de onda  $x$  hacia esta superficie.

La reflexión difusa puede tener lugar sólo en la superficie del material o adicionalmente también, en caso de un material transparente, en capas más profundas del material, por ejemplo, en centros dispersos integrados. Incluso la reflexión difusa en el interior del material contribuye al albedo en un material transparente, pero, por ejemplo, mate. Las superficies muy lisas, que reflejan de manera especular la mayor parte de la luz irradiada, tienen entonces sólo un pequeño albedo, si presentan un alto poder de reflexión para la reflexión especular, porque a este albedo no contribuye el porcentaje de reflexión especular (brillante), sino sólo el porcentaje de reflexión difusa de la luz irradiada.

La luz de prueba puede ser una luz UV, en particular una luz UV-A, y puede estar situada en particular en el intervalo de longitud de onda de 320...400 nm. La luz de prueba no tiene que ser monocromática, sino que puede contener una mezcla de distintas longitudes de onda y/o un continuo de longitudes de onda. En este caso, según una variante preferida de la invención, se dispone en el recorrido de luz de la luz de prueba, en particular entre el haz y la cámara de prueba, un filtro paso banda, cuya transmisión es máxima para la longitud de onda de prueba  $\lambda$ .

La luz de ensayo puede ser también una luz UV, en particular una luz UV-A, y puede estar situada en el intervalo de longitud de onda de 320...400 nm. La luz de ensayo tampoco tiene que ser monocromática, sino que puede contener una mezcla de distintas longitudes de onda y/o un continuo de longitudes de onda. En este caso, según una variante preferida, se dispone en el recorrido de luz de la luz de ensayo, en particular entre el haz y la cámara de ensayo, un filtro paso banda, cuya transmisión es máxima para la longitud de onda de ensayo  $\mu$ .

[A4] Según una variante preferida del procedimiento según la invención, la cantidad de fibras huecas obstruidas con la masa aglutinante se determina al sustraerse la cantidad de fibras huecas no obstruidas, determinada en la imagen de luz especular, de la cantidad de fibras huecas determinada en la imagen de luz difusa. El resultado se puede usar como criterio cuantitativo de calidad para el estado del haz.

[A4] Según otra variante preferida del procedimiento según la invención, el porcentaje relativo de las fibras huecas no obstruidas con masa aglutinante en la totalidad de fibras huecas se determina al dividirse la cantidad de fibras huecas no obstruidas, determinada en la imagen de luz especular, por la cantidad de fibras huecas determinada en la imagen de luz difusa. El resultado obtenido de esta manera se puede usar también como criterio cuantitativo de calidad para el estado del haz.

[A4] Según otra variante preferida del procedimiento según la invención, el porcentaje relativo de las fibras huecas obstruidas con masa aglutinante en la totalidad de fibras huecas se determina al dividirse la diferencia entre la cantidad de fibras huecas determinada en la imagen de luz difusa y la cantidad de fibras huecas no obstruidas, determinada en la imagen de luz especular, por la cantidad de fibras huecas determinada en la imagen de luz difusa. El resultado obtenido de esta manera se puede usar también como criterio cuantitativo de calidad para el estado del haz.

[A6] La longitud de onda de ensayo  $\mu$  puede ser distinta a la longitud de onda de prueba  $\lambda$ . En el recorrido de luz de la luz de prueba puede estar situado un filtro óptico que presenta para la longitud de onda de prueba  $\lambda$  una transmisión mayor que para la longitud de onda de ensayo. Asimismo, en el recorrido de luz de la luz de ensayo puede estar situado un filtro óptico que presenta, por el contrario, para la longitud de onda de ensayo  $\mu$  una transmisión mayor que para la longitud de onda de prueba  $\lambda$ . Los filtros ópticos pueden estar conectados ópticamente en particular por delante de la cámara de prueba o la cámara de ensayo. Los filtros ópticos pueden estar situados en particular entre el haz y la cámara de prueba o entre el haz y la cámara de ensayo en el recorrido de luz de la luz de prueba o la luz de ensayo.

[A6] La luz de ensayo y la luz de prueba pueden estar polarizadas de manera diferente o se pueden polarizar de manera diferente a lo largo de su recorrido de luz mediante un filtro de polarización situado en el recorrido de luz de la luz de prueba y la luz de ensayo, por ejemplo, pueden estar polarizadas linealmente en direcciones diferentes o polarizadas de manera circular en sentido de giro contrario. Por delante de la cámara de prueba puede estar conectado un filtro de polarización que presenta para la luz de prueba polarizada una transmisión alta o máxima y para la luz de ensayo polarizada una transmisión menor o mínima. Asimismo, por delante de la cámara de ensayo puede estar conectado un filtro de polarización que presenta para la luz de ensayo polarizada una transmisión alta o máxima y para la luz de prueba polarizada una transmisión menor o mínima.

En caso de una polarización lineal de la luz de prueba y de la luz de ensayo, sus direcciones de polarización se seleccionan preferentemente en perpendicular entre sí.

[A7] La luz de prueba se irradia hacia la superficie frontal preferentemente con un ángulo de elevación de al menos 60°, en particular preferentemente de al menos 75°. La luz de ensayo se irradia hacia la superficie frontal preferentemente con un ángulo de elevación de 60° como máximo, en particular preferentemente de 45° como máximo o de 30° como máximo o de 20° como máximo. Por ángulo de elevación se entiende el ángulo entre el rayo de luz incidente y la superficie, en la que incide el rayo de luz.

- 5 [A8] El segundo material y la longitud de onda de prueba  $\lambda$  se seleccionan preferentemente de tal modo que el coeficiente de extinción de la masa aglutinante en caso de una longitud de onda de prueba  $\lambda$  es superior a 0,1/cm. El segundo material y la longitud de onda de prueba  $\lambda$  se seleccionan en particular preferentemente de tal modo que el coeficiente de extinción de la masa aglutinante en caso de una longitud de onda de prueba  $\lambda$  es superior a 1/cm o incluso superior a 10/cm. El coeficiente de extinción  $a$ , identificado también como coeficiente de atenuación, es una medida de la atenuación durante el paso de la luz a través de un medio y está definido por la función exponencial  $I(d)=I_0 \cdot \exp(-a \cdot d)$ , donde  $d$  es el recorrido de luz en el medio,  $I_0$ , una intensidad cualquiera en el lugar  $d=0$  e  $I$ , la intensidad en el lugar  $d$ .
- 10 [A8] El segundo material y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  se seleccionan preferentemente de tal modo que el coeficiente de extinción de la masa aglutinante en caso de una longitud de onda de ensayo  $\mu$  es superior a 0,1/cm. El segundo material y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  se seleccionan en particular preferentemente de tal modo que el coeficiente de extinción de la masa aglutinante en caso de una longitud de onda de ensayo  $\mu$  es superior a 1/cm o incluso superior a 10/cm.
- 15 [A9] El primer material, el segundo material y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  se seleccionan preferentemente de tal modo que el primer albedo  $A1$  en caso de una longitud de onda de ensayo  $\mu$  es mayor que el segundo albedo  $A2$  en al menos un factor 1.1, en particular preferentemente en al menos un factor 1.5 o un factor 2. El primer material y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  se seleccionan preferentemente de tal modo que el primer albedo  $A1$  en caso de la longitud de onda de ensayo  $\mu$  es al menos de 10 %, en particular preferentemente de al menos 20 %.
- 20 [A10] La longitud de onda de prueba  $\lambda$  y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  se seleccionan preferentemente de manera idéntica o incluso de modo que se diferencian entre sí en menos de 10 %, en particular preferentemente en menos de 1 %.
- 25 [A11] Según una variante del procedimiento, la longitud de onda de prueba  $\lambda$  es de 360 nm a 380 nm y/o la longitud de onda de ensayo  $\mu$  es de 360 nm a 380 nm. Por ejemplo, la longitud de onda de prueba  $\lambda$  y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  pueden ser en cada caso de 362 nm a 370 nm o en cada caso de 363 nm a 368 nm y en particular en cada caso de 365 nm.
- 30 [A12] Según una variante preferida del procedimiento, la cámara de prueba y la cámara de ensayo son idénticas, es decir, se utiliza la misma cámara como cámara de prueba o como cámara de ensayo.
- 35 Según una variante se utiliza un divisor de haz, dispuesto de tal modo que la luz de prueba llega mediante el divisor de haz a la superficie frontal y desde aquí pasa nuevamente mediante el divisor de haz a la cámara de prueba.
- 40 La luz de prueba puede ser en particular una luz anular. Asimismo, la luz de ensayo puede ser en particular una luz anular. La fuente de luz de prueba puede tener en particular una forma anular o puede estar compuesta de fuentes de luz individuales dispuestas de forma anular. Asimismo, la fuente de luz de ensayo puede tener una forma anular o puede estar compuesta de fuentes de luz individuales dispuestas de forma anular. La fuente de luz de prueba puede presentar uno o varios diodos luminosos UV. Asimismo, la fuente de luz de ensayo puede presentar uno o varios diodos luminosos UV.
- 45 Según una variante muy ventajosa de la invención, la cantidad de fibras huecas no obstruidas con masa aglutinante, que se han detectado en la imagen de luz especular, se cuenta preferentemente de manera automática mediante el procesamiento de imagen.
- 50 Según una variante de la invención, también muy ventajosa, la cantidad total de fibras huecas detectadas en la imagen de luz difusa se cuenta preferentemente de manera automática mediante el procesamiento de imagen.
- 55 [A13] Preferentemente se usa un filtro paso banda óptico, en particular un filtro de banda estrecha, u otro filtro óptico selectivo de longitud de onda que es permeable a la luz de la longitud de onda de ensayo  $\mu$  y está situado entre el haz y la cámara de ensayo en el recorrido de luz de la luz de ensayo, de modo que sólo la luz de ensayo, que ha atravesado este filtro, contribuye a la imagen de luz difusa. El filtro puede estar conectado ópticamente en particular por delante de la cámara de ensayo.
- 60 El filtro situado entre el haz y la cámara de ensayo en el recorrido de luz de la luz de ensayo es permeable a la luz con la longitud de onda de ensayo  $\mu$  o presenta una alta transmisión para la luz de ensayo y presenta una pequeña transmisión al menos para otras longitudes de onda determinadas o se bloquea para estas longitudes de onda. Con ayuda de este filtro se pueden filtrar en gran medida longitudes de onda no deseadas o perturbadoras, por ejemplo, luz ambiental o luz fluorescente, para mejorar el contraste de la imagen de luz difusa.

[A13] Preferentemente se usa un filtro paso banda óptico, en particular un filtro de banda estrecha, u otro filtro óptico selectivo de longitud de onda que es permeable a la luz con la longitud de onda de prueba  $\lambda$  y está situado entre el haz y la cámara de prueba en el recorrido de luz de la luz de prueba, de modo que sólo la luz de prueba, que ha atravesado este filtro, contribuye a la imagen de luz especular. El filtro puede estar conectado ópticamente en particular por delante de la cámara de prueba.

El filtro situado entre el haz y la cámara de prueba en el recorrido de luz de la luz de prueba es permeable a la luz con la longitud de onda de prueba  $\lambda$  o presenta una alta transmisión para la luz de prueba y presenta una pequeña transmisión al menos para otras longitudes de onda determinadas o se bloquea para estas longitudes de onda. Con ayuda de este filtro se pueden filtrar en gran medida longitudes de onda no deseadas o perturbadoras, por ejemplo, luz ambiental o luz fluorescente, para mejorar el contraste de la imagen de luz especular.

[A14] Entre el haz y la cámara de ensayo está situado preferentemente en el recorrido de luz de la luz de ensayo un filtro óptico que presenta una transmisión máxima en caso de una longitud de onda de 350 nm a 380 nm y se bloquea en caso de una longitud de onda de 460 nm o presenta una transmisión que asciende como máximo a 50 % o como máximo a 10 % de la transmisión máxima. Este tipo de filtro permite atenuar o suprimir la luz fluorescente que se excita mediante la luz de ensayo con una longitud de onda de ensayo de, por ejemplo,  $\mu = 365$  nm, en fibras huecas de polisulfona, lo que aumenta el contraste de la imagen de luz difusa.

[A14] Entre el haz y la cámara de prueba puede estar situado en el recorrido de luz de la luz de prueba un filtro óptico que presenta una transmisión máxima en caso de una longitud de onda de 350 nm a 380 nm y se bloquea en caso de una longitud de onda de 460 nm o presenta una transmisión que asciende como máximo a 50 % o como máximo a 10 % de la transmisión máxima.

[A16] Después de ejecutarse el procedimiento de la reivindicación 1, es decir, el procedimiento 1, el haz se puede girar en un ángulo determinado alrededor de su eje longitudinal y a continuación se puede volver a ejecutar el procedimiento 1. El haz se puede girar después nuevamente en un ángulo en su eje longitudinal y se puede ejecutar otra pasada del procedimiento 1, etc.

Asimismo, después de ejecutarse el procedimiento de la reivindicación 2, es decir, el procedimiento 2, el haz se puede girar en un ángulo determinado alrededor de su eje longitudinal y a continuación se puede volver a ejecutar el procedimiento 2. El haz se puede girar después nuevamente en un ángulo en su eje longitudinal y se puede ejecutar otra pasada del procedimiento 2, etc.

Los resultados de las pasadas ejecutadas del procedimiento 1 se pueden comparar o combinar entre sí. Asimismo, los resultados de las pasadas ejecutadas del procedimiento 2 se pueden comparar o combinar entre sí. De esta manera se puede obtener información redundante y se puede reducir considerablemente el peligro de detecciones erróneas durante la detección de las superficies de borde frontales de las fibras huecas o de las fibras huecas no obstruidas y aumentar, por consiguiente, la fiabilidad del análisis del haz mediante la comparación o la combinación de los resultados de las distintas pasadas del procedimiento 1 o 2.

Si la detección no es errónea, se obtienen de manera correspondiente los mismos resultados para todas las posiciones angulares, es decir, los procedimientos según la invención funcionan con invariancia rotacional.

[A17] La cámara de ensayo está dispuesta preferentemente de tal modo que ninguna luz de ensayo, reflejada de manera especular en la superficie frontal de la masa aglutinante, llega a la cámara de ensayo.

[A18] Según una variante muy ventajosa de la invención, la longitud de onda de ensayo  $\mu$  es distinta a la longitud de onda de prueba  $\lambda$ ,

- estando situado en el recorrido de luz de la luz de ensayo un filtro óptico selectivo de longitud de onda, en particular un filtro paso banda o filtro de banda estrecha, que transmite luz con la longitud de onda de ensayo  $\mu$  hasta al menos un porcentaje  $x_1$  y transmite luz con la longitud de onda de prueba  $\lambda$  hasta como máximo un porcentaje  $x_2$ , siendo  $x_2 < 0,5 * x_1$ , y
- estando situado en el recorrido de luz de la luz de prueba un filtro óptico selectivo de longitud de onda, en particular un filtro paso banda o filtro de banda estrecha, que transmite luz con la longitud de onda de prueba  $\lambda$  hasta al menos un porcentaje  $y_1$  y transmite luz con la longitud de onda de ensayo  $\mu$  hasta como máximo un porcentaje  $y_2$ , siendo  $y_2 < 0,5 * y_1$ , y

y ejecutándose la etapa a) simultáneamente o solapadamente en el tiempo con la etapa d) y/o ejecutándose la etapa b) simultáneamente o solapadamente en el tiempo con la etapa e).

Según esta variante es posible ventajosamente trabajar al mismo tiempo con la luz de ensayo y la luz de prueba, manteniéndose alejada en gran medida en cada caso la luz de ensayo de la cámara de prueba y la luz de prueba de la cámara de ensayo mediante al menos uno de los filtros ópticos. Los filtros ópticos se seleccionan preferentemente

de modo que  $x_2 < 0,1 * x_1$  y de modo que  $y_2 < 0,1 * y_1$ .

[A19] Como fuente de luz de prueba se usa preferentemente una fuente de luz extendida de manera plana que, visto desde cada punto de la superficie frontal, aparece con un ángulo de apertura de al menos 60° o de al menos 35° o de al menos 30°.

[A20] En particular, como fuente de luz de prueba se puede utilizar una fuente de luz que presenta una pluralidad o una gran cantidad de fuentes de luz individuales que definen en su totalidad una envolvente que, visto desde cada punto de la superficie frontal, aparece con un ángulo de apertura  $\alpha$  de al menos 60° o de al menos 35° o de al menos 30°.

[A22] Como fuente de luz de prueba se usa preferentemente una fuente de luz con una entalladura A o una abertura, alrededor de la que la fuente de luz de prueba se extiende de forma anular o anular circular. La fuente de luz de prueba se dispone preferentemente de tal modo que la abertura o la entalladura aparece, visto desde cada punto de la superficie frontal, con un ángulo de apertura  $\phi$  de 40° como máximo o de 25° como máximo.

[A23] La cámara de prueba se dispone preferentemente de tal modo que ésta o su objetivo mira hacia la superficie frontal a través de la abertura o la entalladura.

[A21] Según una variante, dentro de la envolvente, exceptuando la posible entalladura central A, no existe una zona no luminosa que, visto desde un punto cualquiera de la superficie frontal, aparezca con un ángulo de apertura  $\varphi$  superior a 10° o superior a 5° o superior a 3°.

Las siguientes explicaciones se refieren a variantes de la invención.

#### 1. Objetivo:

Objetivo: 2 objetivos de prueba ("Localización y conteo de las fibras" y "Clasificación de las fibras de acuerdo con fibras abiertas/cerradas")

#### 2. Objeto de prueba (superficie de corte de dializador) propiedades:

Las fibras (capilares) están encerradas completamente mediante la masa de sellado en la zona de la superficie de corte (material no homogéneo). Las fibras tienen una orientación perpendicular hasta ligeramente inclinada respecto a la superficie de corte. En el caso normal, los capilares están abiertos en su interior (aire). Las fibras defectuosas están cerradas con la masa de sellado.

##### 2.1. Fibras:

Las fibras están fabricadas de polisulfona (PSU), un polímero realmente transparente. Como resultado del proceso de fabricación, su superficie es microscópicamente rugosa. Ésta aparece en un color blanco mate, es decir, refleja de manera intensa y difusa. La absorción en el intervalo UV-A comienza a partir de una longitud de onda de 360 nm y alcanza un máximo a 330 nm. La energía de radiación absorbida se cede en parte como emisión de fluorescencia en el intervalo visible en 460 nm y provoca un aclaramiento desde la profundidad de la zona de sellado.

##### 2.2. Masa de sellado:

La masa de sellado está fabricada de resina de poliuretano (PU) y es altamente transparente en el intervalo de la luz visible. La absorción en el intervalo UV-A comienza a partir de una longitud de onda de 380 nm y alcanza un máximo a 360 nm.

##### 2.3. Interacciones:

La radiación, que penetra en la zona de sellado, se refleja en las superficies/paredes de las fibras e ilumina, por tanto, fibras contiguas (dispersión a través de la macroestructura del material no homogéneo). Dado que las fibras no se extienden exactamente en perpendicular o en dirección de la trayectoria de rayos de reproducción, esto provoca un aclaramiento, reductor del contraste, de la imagen de la superficie de corte.

##### 2.4. Propiedades de superficie de la superficie de corte:

Con las nuevas cuchillas, la superficie de corte (de la masa de sellado) es lisa. Resultado: Su reflexión es especular. Debido al desgaste de la cuchilla, la superficie se vuelve rugosa. En detalle, se produce en la misma una microestructura en forma de diente de sierra más o menos marcada regularmente (véase también, por ejemplo, la imagen de microscopio RE de la figura 7). Dado que la reflexión depende de la microsuperficie, la iluminación se realiza preferentemente de manera inclinada en contra de la dirección de corte. El desgaste de las cuchillas es



parcialmente diferente (sección transversal circular, diámetro de producto diferente) y, por consiguiente, también la rugosidad y la definición de la microestructura.

### 3. Imágenes:

5 Los requisitos de los 2 objetivos de prueba (“Localización y conteo de las fibras” y “Clasificación de las fibras”) no se pueden unificar en un procedimiento de contraste. Por esta razón, se toman 2 imágenes con iluminaciones diferentes. Con el fin de que los resultados de la primera evaluación se puedan utilizar directamente como información a priori para el segundo objetivo de prueba, se trabaja con una cámara de superficie de alta resolución,  
10 dispuesta en sentido ortogonal a la superficie de corte.

#### 3.1. Procedimiento de contraste para la localización y el conteo de las fibras (iluminación UV inclinada):

- 15 - Requisitos: Todas las fibras (abiertas y cerradas) se deberán reproducir con el mayor contraste posible, de modo que se puedan identificar fácilmente mediante el procedimiento de procesamiento de imagen digital. El término identificar significa la separación respecto a la masa de sellado (fondo), así como respecto a fibras contiguas y el conteo de las fibras. Es posible también determinar la posición.
- 20 - Si la superficie de corte se ilumina en el intervalo visible, la luz penetra profundamente en la masa de sellado (PU), se dispersa en las fibras y aclara las fibras desde abajo e ilumina las paredes de las fibras inclinadas. Resultado: La imagen aparece lechosa y con poco contraste y, por consiguiente, no resulta adecuada para la evaluación. Si la superficie de corte se ilumina en el intervalo UV-A (por ejemplo, 365 nm), la luz se refleja bien en las fibras (clara), pero se absorbe rápidamente en la masa de sellado (oscuro). Por tanto, se sigue iluminando sólo la capa superior por debajo de la superficie de corte. Resultado: Los extremos de las fibras aparecen  
25 definidos y con mucho contraste como anillos claros respecto a la masa de sellado oscura.
- Efecto perturbador y su eliminación: Debido a la fluorescencia de las fibras de polisulfona se produce un aclaramiento, reductor de contraste, de la zona de sellado. La emisión de fluorescencia (siempre de energía más baja y, por tanto, de onda más larga que la excitación) está situada en el verde azulado visible con el máximo a  
30 460 nm y puede penetrar, por tanto, profundamente en la masa de sellado. Resulta una dificultad el hecho de que la cámara sea más sensible para estas longitudes de onda que para la longitud de onda de iluminación de 365 nm. Un filtro paso banda UV, ajustado a la longitud de onda de iluminación y situado por delante del objetivo de la cámara, filtra esta emisión de fluorescencia perturbadora.
- 35 - Mediante la iluminación inclinada de la superficie de corte con un ángulo de 20° respecto a la superficie con ayuda de una lámpara anular se sigue mejorando el contraste. Los extremos de las fibras se iluminan bien, la luz penetra menos en la masa de sellado y se evitan reflejos en irregularidades de la superficie de corte.
- 40 - Con este procedimiento de iluminación, los extremos de las fibras aparecen definidos y con mucho contraste como anillos claros respecto a la masa de sellado oscura. Sin embargo, las fibras abiertas y cerradas no se pueden diferenciar, porque los dos núcleos aparecen oscuros.

#### 3.2. Procedimiento de contraste para la clasificación de las fibras (iluminación con luz incidente UV):

- 45 - Requisitos: Las fibras abiertas se deben diferenciar con el mayor contraste posible de las fibras cerradas de modo que se puedan clasificar fácilmente mediante el procedimiento de procesamiento de imagen digital. Las posiciones de las fibras son conocidas de la primera evaluación, por lo que se trata esencialmente del contraste entre fibras abiertas y cerradas.
- 50 - Como principio básico del contraste se aplica la reflexión especular de la superficie de corte con una iluminación desde la dirección de la cámara. Las superficies de corte de la masa de sellado y de las paredes de las fibras reflejan la iluminación y aparecen claras respecto a las cavidades capilares oscuras (orificios). Si una fibra/capilar está cerrado con masa de sellado, refleja y aparece clara.
- 55 - Efecto perturbador 1: Debido al desgaste de la cuchilla, la superficie se vuelve rugosa y la microestructura en forma de diente de sierra cambia el ángulo de reflexión. Esto reduce la reflexión especular y, por tanto, el contraste entre fibras abiertas y cerradas.
- 60 - Efecto perturbador 2: Si la superficie de corte se ilumina en el intervalo visible, la luz penetra profundamente en la masa de sellado transparente (PU), se dispersa en las paredes de las fibras y aclara las fibras y sus orificios capilares desde abajo. El contraste de las fibras abiertas se reduce respecto a la superficie de corte de sellado y respecto a las fibras abiertas. Los dos efectos perturbadores dificultan la diferenciación entre la masa de sellado y las paredes de las fibras.
- 65 - Eliminación del efecto perturbador 2: Si la superficie de corte se ilumina en el intervalo UV-A (por ejemplo, 365 nm), la reflexión especular permanece invariable en la superficie de corte (la reflexión especular es un efecto de

superficie límite y, por tanto, apenas depende de la longitud de onda), pero en la masa de sellado (PU) se absorbe rápidamente la luz y deja de producirse la dispersión y, por tanto, el aclaramiento mutuo de las fibras. Resultado: Los orificios capilares aparecen siempre oscuros.

5 Para ambos procedimientos de contraste es decisivo impedir la entrada de la radiación de iluminación en la masa de sellado transparente. Esto se consigue mediante la selección de una longitud de onda, en la que la masa de sellado absorbe claramente, o sea, en gran medida, y es impermeable a la luz. En el caso de la primera evaluación, esto impide el aclaramiento del fondo o del entorno de la fibra. En el caso de la segunda evaluación se impide entonces el aclaramiento de los orificios capilares.

10 4. Componentes del aparato de toma de imágenes:

- Los componentes ópticos deben representar la imagen mediante iluminación UV-A a 365 nm. El objetivo debe tener aún una transmisión suficiente. La cámara debe tener aún una sensibilidad suficiente.
- 15 - La iluminación inclinada UV se implementa mediante LEDs UV, dispuestos de forma anular alrededor de la superficie de corte, de modo que el ángulo de incidencia respecto a la superficie de corte es aproximadamente de 20°.
- La iluminación incidente UV se implementa con LEDs UV, dispuestos de forma anular alrededor del objetivo de la cámara de tal modo que la ley de la reflexión entre la dirección de iluminación y la trayectoria de rayos de reproducción se cumple aproximadamente para todos los puntos de la superficie de corte.
- 20 - El filtro paso banda óptico UV impide que se represente la emisión de fluorescencia de las fibras de polisulfona.

Breve descripción del dibujo, en los que por medio de ejemplos, las figuras siguientes muestran esquemáticamente y no a escala:

- 25
- Figura 1 una pieza en bruto de un filtro de diálisis, fabricado a partir de fibras huecas y masa aglutinante, para explicar el estado de la técnica;
  - Figura 2 un haz de fibras huecas, previsto para el análisis mediante un procedimiento según la invención, para explicar también el estado de la técnica;
  - 30 Figura 3 una disposición para generar según la invención una imagen de luz difusa;
  - Figura 4 una disposición para generar según la invención una imagen de luz especular;
  - Figura 5 otra disposición para generar según la invención una imagen de luz especular;
  - Figura 6 una imagen de una sección de la superficie frontal de un haz de fibras huecas, tomada con un microscopio electrónico de barrido, para explicar también el estado de la técnica;
  - 35 Figura 7 una imagen de una sección de la superficie frontal de otro haz de fibras huecas, tomada con un microscopio electrónico de barrido, para explicar también el estado de la técnica;
  - Figura 8 una fotografía de una imagen de luz difusa;
  - Figura 9 una fotografía de una imagen de luz especular;
  - Figura 10 una fotografía de una sección a escala ampliada de una imagen de luz difusa;
  - 40 Figura 11 una fotografía de una sección a escala ampliada de una imagen de luz especular;
  - Figura 12 una vista en planta de una forma de realización particularmente ventajosa de una fuente de luz de prueba; y
  - Figura 13 una representación en corte transversal de la fuente de luz de prueba según la figura 12.

45 La figura 1 muestra de manera esquemática una pieza en bruto FR de un filtro de diálisis, correspondiente al estado de la técnica, directamente después de su fabricación. La pieza en bruto de filtro FR está compuesta de numerosas fibras huecas de tipo tubular o capilar, por ejemplo, de polisulfona, que se extienden esencialmente en paralelo entre sí. La cantidad de fibras huecas F es usualmente de 10.000 a 16.000, aunque en la figura 1 están representadas sólo seis fibras huecas F para una mejor comprensión. El diámetro de las fibras huecas F, representadas en las

50 no están representadas a escala.

Las fibras huecas F están rodeadas en cada uno de sus dos zonas extremas por una masa aglutinante BM, situada entre las fibras huecas F. La masa aglutinante BM forma en cada zona extrema de las fibras huecas F un bloque cilíndrico E, E', en el que las fibras huecas F están embebidas en el lado extremo. La masa aglutinante BM fija las fibras huecas F entre sí en sus zonas extremas y es una masa de sellado solidificada, por ejemplo, de resina de poliuretano. Las fibras huecas G sin masa aglutinante se extienden entre los dos bloques E, E'.

Después del sellado con masa aglutinante BM, los extremos de las fibras huecas F o al menos algunos de las mismas, quedan cubiertos con masa aglutinante y las zonas extremas de muchas o todas las fibras huecas F quedan obstruidas con masa aglutinante BM, porque durante el sellado, la masa aglutinante penetra en los extremos abiertos de las fibras huecas F.

Por tanto, el bloque E, representado a la izquierda en la figura 1, se corta con una cuchilla de corte después de solidificarse la masa aglutinante BM a lo largo de una línea de corte SL cerrada de forma circular que discurre en su periferia o su superficie de revestimiento. Asimismo, el bloque E', representado a la derecha en la figura 1, se corta

después de solidificarse la masa aglutinante BM a lo largo de una línea de corte SL' cerrada de forma circular que discurre en su periferia.

5 De cada bloque E, E' se corta de esta manera su capa de recubrimiento extrema exterior D o D', siendo usualmente el grosor de la capa de recubrimiento D, D', cortada en forma de disco, de algunos centímetros, es decir, con este corte se reduce el grosor, pero no el diámetro de los bloques E, E'.

10 El bloque de masa aglutinante representado a la izquierda de la figura 1, que queda después del corte, con las fibras huecas F embebidas en el mismo se identifica a continuación como "haz" B1 o "haz de fibras huecas" B1 y está representado por separado y a escala ampliada en la figura 2. El bloque de masa aglutinante representado a la derecha de la figura 1, que queda después del corte, con las secciones de fibras huecas embebidas en el mismo forma de manera correspondiente un haz de fibras huecas B1'.

15 Durante el corte mencionado se cortan también forzosamente los extremos de las fibras huecas F embebidas, de modo que en la zona extrema de cada fibra hueca F, afectada por el corte, queda expuesta una nueva superficie de las respectivas fibras huecas F. Esta nueva superficie es anular, usualmente anular circular, y su forma corresponde a la sección transversal de la fibra hueca F. Estas nuevas superficies representan los extremos de sección transversal, generados por el corte, de las fibras huecas F y se identifican a continuación como superficies de borde frontales de las fibras huecas F y no se pueden observar en la figura 1, porque la figura 1 muestra el estado antes del corte, o sea, las superficies de borde frontales mencionadas de las fibras huecas F no están expuestas aún aquí. En las figuras 2 a 5, estas superficies de borde frontales, generadas por el corte, se han identificado con el signo de referencia SR.

25 Mediante el corte, la superficie de la masa aglutinante BM, definida por la línea de corte SL, se convierte junto con las superficies de borde frontales SR en la nueva superficie exterior extrema del haz B1 representado a la izquierda en la figura 1. Esta nueva superficie exterior del haz B1 se identifica a continuación como "superficie frontal" que tampoco se puede observar en la figura 1, porque la figura 1 muestra el estado antes del corte, o sea, la superficie frontal no está expuesta aún aquí. En las figuras 2 a 5, a la superficie frontal expuesta por el corte se ha asignado el signo de referencia SF1 o SF2.

30 La superficie frontal está compuesta de la nueva superficie exterior frontal o superficie de la masa aglutinante BM, expuesta por el corte, y de las superficies de borde frontales SR, expuestas asimismo por el corte, de las fibras huecas F. Los espacios exteriores H de las fibras huecas F no obstruidas finalizan en la superficie frontal. Por tanto, la misma está cubierta de numerosos orificios.

35 Asimismo mediante el corte, la superficie circular, definida por la línea de corte SL', se convierte en la nueva superficie exterior extrema del haz B1' representado a la derecha en la figura 1. Esta nueva superficie exterior se identifica a continuación como "superficie trasera".

40 Como ya se mencionó, la masa aglutinante BM penetra en las zonas extremas de los espacios interiores de las fibras huecas F durante la fabricación de la pieza en bruto de filtro FR, específicamente durante el sellado, y después de solidificarse forma aquí tapones que obstruyen las fibras huecas F. Con el corte mencionado, la mayor parte de las zonas extremas afectadas de las fibras huecas se cortan con los tapones, de modo que la mayoría de las fibras huecas quedan libres, es decir, no obstruidas, después del corte y finalizan con sus extremos, abiertos ahora, en la superficie frontal expuesta mediante el corte.

50 Sin embargo, en algunos de los espacios interiores de las fibras huecas, la masa aglutinante ha penetrado tan profundamente durante el sellado que los tapones en cuestión no se eliminan completamente con el corte, sino que se recortan, de modo que los extremos de estas fibras huecas siguen estando obstruidos con tapones residuales de masa aglutinante BM después del corte. Las fibras huecas obstruidas afectan la eficacia del filtro de diálisis.

El filtro de diálisis se coloca usualmente después del corte en una carcasa G, cilíndrica y abierta en los extremos, que se ha representado en la figura 1 con puntos y de manera transparente.

55 La figura 2 muestra la situación después del corte. El haz de fibras huecas cilíndrico B1 de la figura 1 está representado en la figura 2 esquemáticamente y a escala ampliada en comparación con la figura 1.

60 La superficie frontal SF1 está formada conjuntamente por las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F y la superficie frontal de la masa aglutinante BM. Las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F están formadas por aquellas superficies de las fibras huecas F que quedaron expuestas debido al corte de la pieza en bruto de filtro FR de la figura 1, es decir, debido a la eliminación de la capa de recubrimiento D del bloque E, mediante cuchillas de corte. Las superficies de borde frontales SR están situadas en un plano con la superficie frontal de la masa aglutinante BM y con la superficie frontal SF1.

65 La superficie frontal de la masa aglutinante BM es aquella superficie de la masa aglutinante BM que quedó expuesta mediante el corte.

Para una mejor comprensión, en la figura 2 está representada también sólo una pequeña fracción de las 10.000 a 16.000 fibras huecas F aproximadamente del haz B1, mostrándose también aquí el diámetro de las fibras huecas representadas F de una manera excesivamente grande.

5 El haz B1 está delimitado por la superficie frontal SF1, una superficie posterior HF1 y una superficie de revestimiento MF1 curvada de manera cilíndrica. Las fibras huecas F se extienden esencialmente en paralelo entre sí y respecto al eje de cilindro L1 del haz B1 desde la superficie frontal SF1 del haz B1 a través del mismo, a continuación a través del espacio sin masa aglutinante entre los haces B1, B1' y a través del haz B1', hasta llegar a la superficie trasera del haz B1' (véase figura 1). Las fibras huecas F se prolongan entonces desde el haz B1 más allá de la superficie posterior HF1 (en la figura 2, hacia abajo), lo que no se muestra en la figura 2. En este caso se ha representado sólo el haz B1 con las partes de las fibras huecas F contenidas aquí.

15 La luz visible y la luz ultravioleta con una longitud de onda de 365 nm son dispersadas de manera muy difusa por las fibras huecas F, fabricadas de polisulfona en el presente ejemplo. La masa aglutinante BM está hecha en el presente ejemplo de resina de poliuretano y es transparente u opaco transparente a la luz visible (o sea, su absorción es débil), pero muy opaca a la luz ultravioleta con una longitud de onda de 365 nm.

20 La reflexión de la luz UV-A, irradiada frontalmente, en las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F se produce en parte de manera difusa (es decir, dispersa) con un primer albedo A1 y en parte de manera brillante (es decir, especular), es decir, la luz UV-A se divide por reflexión en un porcentaje de reflexión especular y un porcentaje de reflexión difusa. Por lo general, el porcentaje de reflexión difusa supera aquí al porcentaje de reflexión especular.

25 En la superficie frontal de la masa aglutinante BM generada por el corte, la reflexión de la luz UV-A irradiada frontalmente, por ejemplo, con una longitud de onda de 365 nm, se produce asimismo en parte de manera brillante (es decir, especular) y en parte de manera difusa con un segundo albedo A2, siendo el segundo albedo A2 menor que el primer albedo A1, es decir,  $A2 < A1$ . Aquí, en cambio, el porcentaje de reflexión especular supera el porcentaje de reflexión difusa.

30 Como ya se mencionó, la masa aglutinante BM puede penetrar durante el sellado tan profundamente en los espacios interiores H de fibras huecas individuales F que el grosor de la capa de recubrimiento D, separada durante el corte, no es suficiente para dejar libres los espacios interiores de estas fibras huecas. En otras palabras, algunos tapones no se eliminan completamente mediante el corte, sino que se recortan, quedando entonces un tapón residual en la fibra hueca. Por consiguiente, las fibras huecas afectadas siguen obstruidas después del corte con tapones residuales P. En la figura 2 están representados a modo de ejemplo algunos de estos tapones residuales P.

35 Con referencia a las figuras 3 a 5 se explica ahora una variante de la invención que permite analizar un haz de fibras huecas, por ejemplo, el haz de fibras huecas B1, en relación con la cantidad de fibras huecas F de dicho haz que quedan obstruidas con tapones P de masa aglutinante BM incluso después del corte.

40 La figura 3 muestra una disposición para generar según la invención una imagen de luz difusa DLB con un haz B2 representado en corte longitudinal que está compuesto de fibras huecas F y masa aglutinante BM y está fabricado mediante un corte con una cuchilla de corte a partir de una pieza en bruto de filtro de la misma manera que el haz B1 de la figura 2, así como con una fuente de luz de ensayo TQ, una cámara de ensayo TK, un sistema de procesamiento de imagen BV conectado a la misma y un monitor M conectado al mismo, en el que aparece la imagen de luz difusa DLB suministrada por la cámara de ensayo TK. El haz B2 de la figura 3 es igual al haz B1 de la figura 2 respecto a sus propiedades principales. Los dos haces B1, B2 se diferencian esencialmente sólo por la disposición aleatoria de las fibras huecas y las tolerancias de fabricación.

50 En la imagen de luz difusa DLB, que aparece en el monitor M en la figura 3, la imagen del haz B2 está identificada con el signo de referencia B2", las imágenes de las superficies de borde frontales SR están identificadas con el signo de referencia SR", la imagen de la masa aglutinante BM está identificada con el signo de referencia BM", las imágenes de espacios interiores de fibras huecas no obstruidas están identificadas con el signo de referencia H" y las imágenes de tapones P, con el signo de referencia P".

55 La fuente de luz de ensayo TQ está dispuesta en un soporte T4 que está situado, por su parte, mediante un soporte T3 en un soporte transversal T1. Éste soporta a la vez también la cámara de ensayo TK. En el soporte transversal T1 está dispuesta también una fuente de luz de prueba PQ1 que está desconectada, sin embargo, durante la ejecución de las etapas de procedimiento siguientes a), b) y c) y no entra en funcionamiento para la generación de la imagen de luz difusa DLB.

60 La imagen de luz difusa DLB sirve para detectar las superficies de borde frontales SR de fibras huecas F que son parte del haz B2 de fibras huecas F. El haz B2 puede formar parte en particular de un filtro de diálisis, tiene esencialmente una forma cilíndrica y presenta una superficie frontal plana SF2, una superficie de revestimiento MF2 curvada de manera cilíndrica y una superficie posterior HF2.

65

Las fibras huecas F están fabricadas de un primer material, específicamente de polisulfona en el presente ejemplo, y se extienden de la superficie frontal SF2 a la superficie posterior HF2 del haz. En el lado de la superficie posterior HF2, opuesto a la superficie frontal DF2, las fibras huecas F se prolongan hasta otro haz de fibras huecas (de manera similar a las fibras huecas del haz B1 de la figura 1, hasta el haz B1'), lo que no se muestra en la figura 3.

5 La superficie frontal SF2 está formada conjuntamente por las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F y la superficie frontal de la masa aglutinante BM del haz B2 que quedaron expuestas debido al corte durante la fabricación del haz B2.

10 La masa aglutinante BM está fabricada de un segundo material, específicamente de resina de poliuretano o de poliuretano en el presente ejemplo, forma parte asimismo del haz B2 y se encuentra en una zona contigua a la superficie frontal SF2, específicamente la zona situada entre la superficie frontal S2" y la superficie posterior HF2, entre las fibras huecas F. En esta zona, las fibras huecas F están embebidas en la masa aglutinante BM y son sujetadas por la misma.

15 La mayoría de las fibras huecas F presenta espacios interiores H o cavidades H continuas, no obstruidas. No obstante, algunas de las fibras huecas F están obstruidas con tapones P de masa aglutinante BM que se mantienen como tapones residuales P en las fibras huecas afectadas F después del corte.

20 Según la invención, para la generación de la imagen de luz difusa DLB se genera en una etapa de procedimiento a) una luz de ensayo TL con una longitud de onda de ensayo  $\mu$  mediante la fuente de luz de ensayo TQ y se irradia preferentemente con un ángulo de incidencia plano, o sea, preferentemente un pequeño ángulo de elevación, hacia la superficie frontal SF2, es decir, ésta se ilumina con la luz de ensayo TL.

25 Como ejemplo, en la figura 3 se ha representado un rayo de luz de ensayo TLS que se genera mediante la fuente de luz de ensayo TQ, incide con un ángulo de elevación  $\beta$  en la superficie frontal SF2, se refleja aquí de manera difusa y llega a la cámara de ensayo TK.

30 La longitud de onda de ensayo  $\mu$  está situada preferentemente en el intervalo UV-A, en particular preferentemente a 365 nm.

35 Las fibras huecas F reflejan de manera difusa la luz de ensayo TL, incidente en sus superficies de borde frontales SR, con un primer albedo A1. La masa aglutinante BM o su superficie frontal, expuesta mediante el corte, refleja en gran parte de manera especular la luz de ensayo TL, irradiada hacia la superficie frontal SF2, con una longitud de onda de ensayo  $\mu$  (es decir, de acuerdo con la ley ángulo de incidencia = ángulo de reflexión), pero también de manera difusa en un porcentaje determinado. Este porcentaje se refleja de manera difusa en la superficie frontal de la masa aglutinante con un segundo albedo A2 que es menor que el primer albedo A1, de modo que  $A1 > A2$ .

40 En una etapa de procedimiento b) se registra la luz de ensayo TL después de su reflexión difusa en las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F mediante la cámara de ensayo TK, que presenta un objetivo OT y es sensible a la longitud de onda de ensayo  $\mu$ , y de esta manera se genera la imagen de luz difusa DLB de la superficie frontal SF2, en la que las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F aparecen más claras que la masa aglutinante BM, porque  $A1 > A2$ .

45 La cámara de ensayo TK está unida mediante una conexión V1 al sistema de procesamiento de imagen BV que está unido a su vez mediante una conexión V2 al monitor M, en el que aparece la imagen de luz difusa DLB suministrada por la cámara de ensayo TK y no modificada mediante el sistema de procesamiento de imagen BV.

50 En la imagen de luz difusa DLB están representadas entonces todas las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F de manera clara como las imágenes SR" y, por tanto, se pueden diferenciar bien de la masa aglutinante BM, que aparece más oscura en la imagen de luz difusa DLB, mediante el sistema de procesamiento de imagen BV. Por consiguiente, la imagen de luz difusa DLB es muy adecuada para la detección automática de las superficies de borde frontales SR de todas las fibras huecas F a fin de determinar si están obstruidas o no.

55 En una etapa de procedimiento c), las imágenes SR" de las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F se detectan y se cuentan sobre la base de este aclaramiento de las superficies de borde frontales SR respecto a la masa aglutinante BM en la imagen de luz difusa DLB mediante el procesamiento de imagen ejecutado automáticamente por el sistema de procesamiento de imagen BV.

60 La cantidad de fibras huecas F determinada en la imagen de luz difusa DLB se puede almacenar. En vez del conteo de esta cantidad es posible también determinar, por ejemplo, la superficie total de todas las fibras huecas, es decir, las superficies de borde frontales SR.

65 Los lugares en la imagen de luz difusa DLB, en que se localizaron imágenes SR" de superficies de borde frontales SR de fibras huecas F, se pueden almacenar también, aunque esto no es indispensable.

A fin de aumentar el contraste en la imagen de luz difusa DLB se selecciona preferentemente como longitud de onda de ensayo  $\mu$  una longitud, en la que el albedo A1 del material de fibra hueca (por ejemplo, polisulfona) es mayor en al menos un factor 2 que el albedo A2 del material de masa aglutinante (por ejemplo, resina de poliuretano).

5 La longitud de onda de ensayo  $\mu$  se selecciona también preferentemente de tal modo que el coeficiente de extinción de la masa aglutinante BM para la luz de ensayo TL es superior a 2/cm para evitar que la luz de ensayo TL, que penetra profundamente en la masa aglutinante BM y se dispersa en las fibras huecas F, afecte el contraste de la imagen de luz difusa DLB.

10 Estas dos últimas condiciones mencionadas se cumplen, por ejemplo, al mismo tiempo si las fibras huecas F están fabricadas de polisulfona y la masa aglutinante, de resina de poliuretano y la longitud de onda de ensayo se selecciona con  $\mu=365$  nm.

15 Según una variante, la fuente de luz de ensayo TQ está dispuesta de modo que en cada punto de la imagen de luz difusa DLB, como máximo r % de la radiación, que contribuye a la imagen de luz difusa DLB, se refleja de manera especular en el lado frontal S, siendo r un número entre 10 y 40.

20 La fuente de luz de ensayo TQ y la cámara de ensayo TK se disponen preferentemente de modo que ninguna luz, reflejada en la superficie frontal de la masa aglutinante BM (es decir, de manera especular) y procedente de la fuente de luz de ensayo TQ, llega a la cámara de ensayo TK o ninguna luz, reflejada en el lado frontal SF2 de manera brillante (es decir, especular) y procedente de la fuente de luz de ensayo TQ, llega a la cámara de ensayo TK.

25 Dado que la superficie frontal de la masa aglutinante BM refleja la luz de ensayo TL de manera más especular que difusa y  $A2 < A1$ , la masa aglutinante aparece relativamente oscura en la imagen de luz difusa DLB. Lo mismo se aplica para los tapones P, porque están hechos también de masa aglutinante BM. Los espacios interiores H de fibras huecas F no obstruidas aparecen también oscuros en la imagen de luz difusa DLB, porque absorben en gran parte la luz de ensayo incidente en los mismos. Por tanto, las fibras huecas F obstruidas o no obstruidas se pueden diferenciar mal entre sí o no se pueden diferenciar con seguridad en la imagen de luz difusa DLB mediante el sistema de procesamiento de imagen BV. Sin embargo, esta diferenciación es posible de una manera muy segura mediante las variantes de procedimiento según la invención que se explican a continuación con referencia a las figuras 4 y 5.

35 La figura 4 muestra una disposición para generar según la invención una imagen de luz especular GLB1. La disposición de la figura 4 comprende el haz B2, el soporte transversal T1, la fuente de luz de prueba PQ1, que está extendida de forma plana y emite luz de prueba PL1, el sistema de procesamiento de imagen BV, el monitor M y las líneas de conexión V1, V2 de la figura 3. La cámara de ensayo TK de la figura 3 se ha sustituido en la disposición de la figura 4 por una cámara de prueba PK con un objetivo OP, que es sensible a la luz con una longitud de onda de prueba  $\lambda$ . Dado que la fuente de luz de ensayo TK de la figura 3 no se necesita para generar la imagen de luz especular GLB1, ésta y los soportes T3, T4 se han suprimido en la disposición de la figura 4.

La disposición de la figura 4 sirve para detectar según la invención fibras huecas F no obstruidas en el haz B2 de la figura 3 con ayuda de la imagen de luz especular GLB1.

45 En la imagen de luz especular GLB1, que aparece en el monitor M de la figura 4, la imagen del haz B2 está identificada con el signo de referencia B2', la imagen de la masa aglutinante BM está identificada con el signo de referencia BM' y las imágenes de espacios interiores de fibras huecas no obstruidas están identificadas con el signo de referencia H'.

50 Después de ejecutarse las etapas de procedimiento a) hasta c), explicadas arriba, se ejecutan adicionalmente con la disposición de la figura 4 según una variante particularmente ventajosa del procedimiento según la invención las etapas de procedimiento siguientes d), e) y f):

55 Etapa de procedimiento d): Mediante la fuente de luz de prueba PQ1 se genera (con la fuente de luz de ensayo TQ desconectada) una luz UV-A PL1 con la longitud de onda de prueba  $\lambda$  como luz de prueba PL1 para iluminar la superficie frontal SF2 del haz B2. Con la luz de prueba PL1 se ilumina la superficie frontal S. La superficie luminosa de la fuente de luz de prueba PQ1 es preferentemente mayor que la superficie frontal SF2 del haz B2. La fuente de luz de prueba PQ1 está dispuesta en el soporte T1 por encima de la superficie frontal SF2. La luz de prueba PL1 es preferentemente difusa, es decir, se emite con preferencia de una manera completamente no direccional hacia el semiespacio situado por debajo de la fuente de luz de prueba PQ1, lo que se indica en la figura 4 por medio de varios grupos de flechas PL1 discontinuas divergentes que parten de la fuente de luz de prueba PQ1.

65 La cámara de prueba PK está dispuesta por encima de la superficie frontal SF2 y mira hacia la misma mediante el objetivo OP.

La cámara de prueba PK está unida mediante el cable de conexión V1 al sistema de procesamiento de imagen BV que está acoplado al monitor M mediante el cable de conexión V2.

5 Etapa de procedimiento e): Mediante la cámara de prueba PK se registra la luz de prueba PL1 después de su reflexión especular en la superficie frontal de la masa aglutinante BM.

10 La superficie frontal de la masa aglutinante BM es tan lisa debido a las propiedades del material de la masa aglutinante BM después del corte realizado con la cuchilla de corte durante la fabricación del haz B2 que la masa aglutinante BM refleja la luz de prueba PL1, irradiada hacia la superficie frontal SF2, con la longitud de onda de prueba  $\lambda$  en mayor medida de manera brillante (o sea, especular, es decir, con el cumplimiento de la regla ángulo de incidencia = ángulo de reflexión) y en menor medida de manera difusa.

15 Esta luz de prueba PL1 reflejada de manera especular en la superficie frontal de la masa aglutinante BM se registra mediante la cámara de prueba PK y de este modo se genera la imagen de luz especular GLB1 de la superficie frontal SF2, que en la disposición de la figura 4 se reproduce en el monitor M como imagen de luz especular GLB1 sin verse influenciada por el sistema de procesamiento de imagen BV.

20 La disposición u orientación mutua de la fuente de luz de prueba PQ1, de la cámara de prueba PK, así como de la superficie frontal SF2 se ha seleccionado preferentemente de modo que la luz de prueba PL1, que llega a la cámara PK, incide para cada lugar de la superficie frontal SF2 con un ángulo de elevación de al menos  $60^\circ$  sobre la superficie frontal SF2, lo que se indica en la figura 4 con el ejemplo de un rayo de luz de prueba PLS1. El rayo de luz de prueba PLS1 incide con un ángulo de elevación  $\varepsilon_1 > 60^\circ$  sobre la superficie frontal SF2 y abandona la misma después de la reflexión especular con el mismo ángulo de elevación  $\varepsilon_1$ . El rayo de luz de prueba PLS1 llega después de su reflexión especular en la superficie frontal SF2 al objetivo OP de la cámara de prueba PK.

25 La disposición u orientación mutua de la fuente de luz de prueba PQ1, de la cámara de prueba PK, así como de la superficie frontal SF2 se ha seleccionado preferentemente también de modo que toda la superficie frontal de la masa aglutinante BM se ha registrado en la imagen de luz especular, es decir, en cada punto de la superficie frontal de la masa aglutinante BM se refleja de manera especular un rayo de luz de prueba con un ángulo de elevación superior a  $60^\circ$  de tal modo que después de esta reflexión llega a la cámara de prueba PK y contribuye a la imagen de luz especular GLB1. Como resultado de la reflexión especular de luz de prueba PL1, la imagen BM' de la masa aglutinante BM aparece clara en la imagen de luz especular GLB1.

30 Las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F son también relativamente lisas debido al corte. En dichas superficies se refleja la luz de prueba en parte de manera difusa, pero en parte también de manera especular. Por tanto, las imágenes de las superficies de borde frontales SR aparecen asimismo claras en el monitor M y apenas sobresalen de la imagen BM' de la masa aglutinante BM y, por consiguiente, no se pueden identificar como tal en el monitor M en la figura 4. Éstas se pueden detectar como tal de manera deficiente o sólo con gran inseguridad en la imagen de luz especular GLB1 mediante el sistema de procesamiento de imagen BV.

35 Debido al corte realizado durante la fabricación del haz B2, los tapones P de las fibras huecas F obstruidas se cierran esencialmente a ras con las superficies de borde frontales SR de las fibras huecas F y con la superficie frontal de la masa aglutinante BM. Las superficies dirigidas hacia la cámara de prueba PK, o sea, las superficies frontales de los tapones P (en la disposición de la figura 4, éstas son sus lados superiores) se encuentran en el plano de la superficie frontal SF2 y son tan lisas también debido al corte que reflejan mayormente de manera especular la luz de prueba PL1 irradiada con la longitud de onda de prueba  $\lambda$ . Por tanto, tal luz de prueba PL, incidente sobre la superficie frontal de tapones P, se refleja de manera especular respecto a la cámara de prueba PK.

40 En las superficies frontales de los tapones P tiene lugar también una reflexión especular de la luz de prueba PL1. Los tapones P aparecen entonces claros en la imagen de luz especular GLB1 y también en el monitor M. Por consiguiente, en la imagen de luz especular GLB1 no sobresalen o sobresalen sólo ligeramente de la imagen BM' del resto de la masa aglutinante BM, así como sólo ligeramente de las imágenes SR' de las superficies de borde frontales SR. Éstas no se pueden identificar o apenas se pueden identificar en la imagen de luz especular GLB1 y, por consiguiente, no se muestran como tal en la figura 4.

45 La luz de prueba PL, incidente en los espacios interiores H de fibras huecas F no obstruidas, no se refleja por el contrario de manera especular respecto a la cámara de prueba PK, sino que es absorbida en gran parte. Dado que desde los espacios interiores H de fibras F, no obstruidas, no llega entonces ninguna luz de prueba PL1 por reflexión especular a la cámara de prueba PK, los espacios interiores H de fibras F no obstruidas aparecen en la imagen de luz especular GLB1 más oscuros que la superficie frontal de la masa aglutinante BM. Por tanto, las imágenes H' de los espacios interiores H no obstruidos aparecen oscuros en la imagen de luz especular GLB1 y también en el monitor M y sobresalen con mucho contraste de la imagen BM' de la masa aglutinante BM.

60 Los espacios interiores H de fibras F no obstruidas aparecen entonces en la imagen de luz especular GLB1 más oscuros que la superficie frontal de la masa aglutinante BM, así como en particular también más oscuros que los

espacios interiores de tales fibras huecas F que están obstruidas en la zona de la superficie frontal SF2 con tapones P de masa aglutinante BM.

5 En la imagen de luz especular GLB1, todos los espacios interiores H de las fibras huecas F no obstruidas se pueden identificar como imágenes H' oscuras y, por tanto, se pueden diferenciar bien de la masa aglutinante BM, que aparece más clara en la imagen de luz especular GLB1, mediante el sistema de procesamiento de imagen BV. Por consiguiente, la imagen de luz especular resulta muy adecuada para la detección y el conteo automáticos de fibras huecas no obstruidas F.

10 Etapa de procedimiento f): Las imágenes H' de los espacios interiores H de fibras huecas F no obstruidas se detectan y se cuentan automáticamente mediante el procesamiento de imagen sobre la base de este oscurecimiento en la imagen de luz especular GLB1.

15 La cantidad determinada de fibras huecas con espacios interiores no obstruidos se puede almacenar. En vez del conteo de esta cantidad es posible también determinar, por ejemplo, la superficie total de todas las fibras no obstruidas.

20 Los lugares en la imagen de luz especular GLB1, en los que se localizaron imágenes H' de espacios interiores H de fibras huecas F no obstruidas, se pueden almacenar también.

25 Si la masa aglutinante BM es altamente transparente para la luz de prueba, la luz de prueba penetra en capas más profundas, muy separadas de la superficie frontal, de la masa aglutinante BM y aclara aquí los espacios interiores de las fibras huecas F a partir de la masa aglutinante BM, de modo que se aclaran las imágenes H' de las cavidades H no obstruidas en la imagen de luz especular. Es decir, se produce un deterioro del contraste. Para impedirlo, se selecciona preferentemente una longitud de onda de prueba  $\lambda$ , en la que el coeficiente de extinción de la masa aglutinante BM es superior a 2/cm, es decir, una longitud de onda de prueba que es absorbida en gran medida por la masa aglutinante BM.

30 Esta condición se cumple, por ejemplo, en caso de una masa aglutinante BM de resina de poliuretano, si la longitud de onda de prueba seleccionada es de  $\lambda=365$  nm.

35 Según otra variante explicada con referencia a la figura 5, una imagen de luz especular GLB2 se genera y se evalúa mediante el procesamiento de imagen en principio de la misma manera o de manera análoga a la imagen de luz especular GLB1 de la figura 4.

Las etapas d), e) y f) se pueden ejecutar antes o después de las etapas a), b) y c) o simultáneamente con las mismas o de manera solapada en tiempo con las mismas.

40 La figura 5 muestra una disposición alternativa para generar una imagen de luz especular que se diferencia de la disposición de la figura 4 por el hecho de que

- en vez de la fuente de luz de prueba PQ1 se utiliza una fuente de luz de prueba PQ2 que está dispuesta en el soporte transversal T1 mediante un soporte T2, emite luz de prueba PL2 con la longitud de onda de prueba  $\lambda$  y se encuentra por encima de la superficie frontal SF2, y
- 45 - la cámara de prueba PK está dispuesta y orientada de manera diferente a la figura 4.

50 En la superficie frontal lisa de la masa aglutinante BM se refleja de manera brillante (especular) al menos una parte de la luz de prueba PL2, emitida por la fuente de luz de prueba PQ2, y se registra mediante la cámara de prueba PK y de este modo se genera una imagen de luz especular GLB2 de la superficie frontal SF2, que se representa en el monitor M como imagen de luz especular GLB2 sin verse influenciada por el sistema de procesamiento de imagen BV. En la figura 5, la imagen del haz B2 está identificada con el signo de referencia B2''' y la imagen de la superficie frontal SF2, con el signo de referencia SF2''', las imágenes de los espacios interiores H de fibras huecas no obstruidas están identificadas con el signo de referencia H''' y la imagen de la superficie frontal de la masa aglutinante BM está identificada con el signo de referencia BM'''.

55 La disposición u orientación mutua de la fuente de luz de prueba PQ2, de la cámara de prueba PK, así como de la superficie frontal SF2 se ha seleccionado a su vez de modo que la luz de prueba PL2, que llega a la cámara PK, incide para cada lugar de la superficie frontal SF2 con un ángulo de elevación de al menos 60° sobre la superficie frontal SF2, lo que se indica en la figura 2 con el ejemplo de dos rayos de luz de prueba PLS3, PLS4 que inciden con un ángulo de elevación  $\varepsilon_2 > 60^\circ$  o  $\varepsilon_3 > 60^\circ$  sobre la superficie frontal S y abandonan la misma después de la reflexión especular con el mismo ángulo de elevación  $\varepsilon_2$ ,  $\varepsilon_3$ .

65 La disposición u orientación mutua de la fuente de luz de prueba PQ2, de la cámara de prueba PK, así como de la superficie frontal SF2 se ha seleccionado también de modo que toda la superficie frontal de la masa aglutinante BM aporta luz de prueba de reflexión especular a la imagen de luz especular GLB2 y toda la superficie frontal de la masa



aglutinante BM está registrada en la imagen de luz especular GLB2.

Con esta disposición de la figura 5 se ejecutan convenientemente las etapas d), e) y f) de acuerdo con una variante del procedimiento, según la invención, que representa una alternativa de la variante explicada arriba con referencia a la figura 4.

La longitud de onda de prueba  $\lambda$  y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  se seleccionan preferentemente idénticas. Esta longitud de onda común es preferentemente de 365 nm. Además, como cámara de prueba PK y como cámara de ensayo TK se utiliza preferentemente la misma cámara.

Si se usa la polisulfona como material de fibra hueca, por delante de la cámara se conecta preferentemente un filtro de banda estrecha que presenta una transmisión máxima para la luz con la longitud de onda de 365 nm y casi se bloquea en caso de una longitud de onda de 460 nm (no mostrado en las figuras). De esta manera, la luz fluorescente, que se excita en el material de fibra hueca (polisulfona) mediante la luz UV-A irradiada con una longitud de onda de 365 nm, no puede contribuir a la imagen de luz especular GLB1 ni a la imagen de luz difusa DLB, lo que mejora una vez más el contraste de estas imágenes GLB1 o GLB2 y DLB.

Las etapas de procedimiento a) hasta c) dan como resultado preferentemente la cantidad total de fibras huecas F (obstruidas y no obstruidas) detectadas en la imagen de luz difusa DLB. La cantidad determinada de esta manera se identificaría aquí con G. Las etapas de procedimiento d) a f), ejecutadas a continuación, dan como resultado preferentemente la cantidad de fibras huecas F no obstruidas, que se han detectado en la imagen de luz especular GLB1 o GLB2. La cantidad determinada de esta manera se identificaría aquí con U.

Estas dos cantidades se combinan preferentemente entre sí. Por ejemplo, la diferencia G-U proporciona la cantidad de fibras obstruidas que se identificaría aquí con V. El cociente U/G proporciona el porcentaje de fibras huecas no obstruidas en su cantidad total. El cociente V/G proporciona el porcentaje de fibras huecas obstruidas en su cantidad total.

Los resultados obtenidos a partir de la combinación de las cantidades G y U se pueden utilizar muy ventajosamente como criterios cuantitativos de calidad para el estado de obstrucción y, por consiguiente, para la calidad del haz B2.

Con el sistema de procesamiento de imagen BV se puede realizar en la etapa c) también una localización automática de todas las fibras huecas F detectadas en la imagen de luz difusa DLB, pudiéndose almacenar la posición de todas las fibras huecas F detectadas en la imagen de luz difusa DLB. Asimismo, en la etapa f) se puede realizar una localización automática de todos los espacios interiores de fibra hueca H no obstruidos, detectados en la imagen de luz especular GLB1, GLB2, pudiéndose almacenar asimismo la posición en la imagen de luz especular GLB1, GLB2. Mediante la comparación de las posiciones de todas las fibras huecas detectadas F con las posiciones de los espacios interiores de fibra hueca H no obstruidos se puede obtener una información sobre la posición de todas las fibras huecas obstruidas.

Después de analizarse según la invención el haz B1 o B2 de fibras huecas F en relación con la obstrucción del mismo en la zona de la superficie frontal SF1 o SF2, el haz B1 o B2 se puede girar naturalmente en 180° alrededor uno de sus ejes transversales y a continuación se puede analizar el haz B1 o B2 de fibras huecas F en relación con la obstrucción de las mismas en la zona de superficie trasera al ejecutarse nuevamente el procedimiento según la invención. Es decir, por ejemplo, el haz B1' de la figura 1 se puede someter también al procedimiento según la invención.

Las figuras 6 y 7 muestran en cada caso una imagen de una sección de la superficie frontal de un haz de fibras huecas, tomada con un microscopio electrónico de barrido, para explicar también el estado de la técnica, pudiéndose identificar claramente las superficies de borde frontales y los espacios interiores de las fibras huecas.

La figura 8 muestra una fotografía de una imagen de luz difusa de un haz de fibras huecas. La fotografía de la figura 8 se obtuvo mediante la realización de las etapas de procedimiento a) y b) explicadas arriba o mediante el procedimiento, según la invención, explicado con referencia a la figura 3. Las superficies de borde frontales de las fibras huecas se representan de manera marcada como anillos claros.

La figura 9 muestra una fotografía de una imagen de luz especular de un haz de fibras huecas. La fotografía de la figura 9 se obtuvo mediante la realización de las etapas de procedimiento d) y e) explicadas arriba. Los espacios interiores de fibras huecas no obstruidas se representan claramente como puntos o círculos oscuros.

La figura 10 muestra una fotografía de una sección a escala ampliada de una imagen de luz difusa que se obtuvo mediante la realización de las etapas a) y b). Las superficies de borde frontales de fibras huecas se pueden identificar aquí de una manera muy evidente y contrastante como anillos claros.

La figura 11 muestra una foto de una sección a escala ampliada de una imagen de luz especular que se obtuvo mediante la realización de las etapas a) y b). Los espacios interiores de fibras huecas no obstruidas se pueden

identificar aquí también de una manera muy contrastante como superficies oscuras, esencialmente circulares.

Imágenes del tipo mostrado en las figuras 8 a 11 a modo de ejemplo o por secciones (figuras 10 y 11) son muy adecuadas para una evaluación automática mediante procesamiento de imagen informatizado, en particular para el conteo automático de las superficies de borde frontales o de los espacios interiores de fibras huecas no obstruidas de acuerdo con las etapas c) o f).

La figura 12 muestra una vista en planta de una forma de realización particularmente ventajosa de una fuente de luz de prueba PQ3 para iluminar la superficie frontal con luz de prueba UV a fin de generar una imagen de luz especular. La figura 13 muestra una representación en corte transversal de la fuente de luz de prueba PQ3 de la figura 12, estando dispuesta la fuente de luz de prueba PQ3 en la figura 3 frente a la superficie frontal SF2 del haz B2 de las figuras 3, 4 y 5 e iluminando la superficie frontal SF2 con luz UV con una longitud de onda de 365 nm. En la figura 13 no están representadas fibras del haz B2.

La representación de la figura 12 muestra la fuente de luz de prueba PQ3 desde la superficie frontal. La fuente de luz de prueba PQ3 presenta una pluralidad de fuentes de luz individuales ELQ, estando formada cada fuente de luz individual ELQ por un diodo luminoso UV (LED UV) que irradia luz UV con una longitud de onda de 365 nm hacia la superficie frontal.

Todos los LEDs UV ELQ están dispuestos sobre una placa de soporte TP y forman aquí tres anillos concéntricos R1, R2, R3, estando formado cada anillo R1, R2, R3 por una parte respectivamente de los LEDs UV. Por ejemplo, el anillo exterior R1 puede presentar un diámetro de 150 mm y estar formado por 70 LEDs UV ELQ, el anillo central R2 puede presentar un diámetro de 120 mm y estar formado por 50 LEDs UV ELQ y el anillo interior R3 puede presentar un diámetro de 90 mm y estar formado por 40 LEDs UV ELQ.

La fuente de luz de prueba PQ3 de las figuras 12 y 13 es una fuente de luz que presenta una pluralidad de fuentes de luz individuales ELQ que definen en su totalidad una envolvente que, visto desde cada punto de la superficie frontal SF2, aparece con un ángulo de apertura  $\alpha$  de al menos 60°. En la figura 12, la envolvente es la zona anular situada entre las líneas límites G1 y G2 definidas por los LEDs UV ELQ. Según otra definición, la envolvente está definida sólo por la línea límite exterior G1 y, por tanto, no tiene forma anular.

La fuente de luz de prueba se dispone preferentemente frente a la superficie frontal SF2 (figura 13) de tal modo que la distancia angular  $\varphi$  entre dos fuentes de luz individuales cualquiera ELQ, contiguas entre sí, aparece más grande que, por ejemplo, 5°, visto desde ningún punto de la superficie frontal SF2, y dentro de la envolvente no existe, exceptuando la entalladura A, ninguna zona no luminosa que aparezca más grande que 5°, visto desde un punto cualquiera de la superficie frontal SF1, SF2.

Es decir, la envolvente es compacta y está ocupada con LEDs UV ELQ, sin grandes espacios vacíos. De este modo, la fuente de luz de prueba PQ3 actúa casi como si la envolvente irradiara luz de prueba de manera plana y no puntual. En la práctica no se origina ventajosamente ninguna diferencia entre una fuente de luz de prueba plana y una fuente de luz de prueba PQ3, formada por LEDs UV según la figura 12, para el análisis del haz de fibras B2.

La fuente de luz de prueba PQ3 actúa ventajosamente casi como una fuente de luz de extensión infinita que ilumina de manera uniforme (homogénea) durante la iluminación de la superficie frontal SF2.

La fuente de luz de prueba PQ3 presenta en su centro una zona o entalladura A no luminosa que está libre de fuentes de luz individuales ELQ que, visto desde cada punto de la superficie frontal SF2, aparece con un ángulo de apertura  $\phi$  de 25° como máximo, habiéndose dispuesto la cámara de prueba PK de modo que el objetivo OP de la cámara de prueba PK mira hacia la superficie frontal SF2 a través de la zona o entalladura libre A, estando situado el eje óptico OA del objetivo OP preferentemente en perpendicular al centro de la superficie frontal SF2. La entalladura A puede presentar, por ejemplo, un diámetro de 90 a 100 mm.

La fuente de luz de prueba PQ3, que se extiende en forma de anillo circular alrededor de la entalladura A, puede presentar un diámetro exterior de 150 a 160 mm. La distancia de las fuentes de luz individuales ELQ respecto al punto central de la superficie frontal SF2 puede ser, por ejemplo, de 240 a 250 mm.

El ángulo de apertura  $\alpha$  puede ser, por ejemplo, de 36° aproximadamente. Según una forma de realización de la invención, este ángulo es de 35° a 70°. El ángulo de apertura  $\varphi$  puede ser, por ejemplo, de 36° aproximadamente.

Las fuentes de luz de ensayo TQ están desconectadas, por lo general, durante el funcionamiento de la fuente de luz de prueba PQ3.

La realización de la fuente de luz de prueba PQ3, mostrada en las figuras 12 y 13, tiene también la ventaja de que la superficie frontal SF2 se puede iluminar con este tipo de fuente de luz de prueba PQ3 sin sombras, sin puntos de luz y de una manera altamente uniforme.

Después de generarse la imagen de luz especular y ejecutarse el procedimiento de la reivindicación 2, es decir, el procedimiento 2, en una primera pasada, el haz B2 se puede girar en un ángulo determinado alrededor de su eje longitudinal y a continuación se puede volver a ejecutar el procedimiento 2 en una segunda pasada. Esta segunda pasada del procedimiento dará con una probabilidad muy alta el mismo resultado que la primera pasada al iluminarse la superficie frontal SF2 con la fuente de luz de prueba PQ3 de las figuras 12 y 13, es decir, el resultado del procedimiento 2 se puede obtener con esta fuente de luz de prueba prácticamente de manera invariante respecto a un giro del haz B2 alrededor de su eje longitudinal. Esto significa que pruebas redundantes realizadas en el haz B2 proporcionan, por lo general, resultados idénticos, lo que mejora drásticamente la fiabilidad del análisis.

10 Lista de signos de referencia

	A	Entalladura en PQ3
	B1, B1', B2	Haz de fibras huecas
	B2', B2'''	Imagen de B2 en la imagen de luz especular GLB1, GLB2
15	B2''	Imagen de B den la imagen de luz difusa
	BM	Masa aglutinante
	BM', BM'''	Imagen de BM en la imagen de luz especular GLB1, GLB2
	BM''	Imagen de BM en la imagen de luz difusa
	BV	Sistema de procesamiento de imagen
20	D, D'	Capas de recubrimiento
	DLB	Imagen de luz difusa
	E, E'	Bloques
	ELQ	Fuente de luz individual, LED UV
	F	Fibra hueca
25	FR	Pieza en bruto de filtro
	G	Carcasa
	GLB1, GLB2	Imágenes de luz especular
	G1, G2	Primera, segunda línea límite
	H	Espacio interior de F
30	H', H'''	Imagen de H en la imagen de luz especular GLB1, GLB2
	H''	Imagen de H en la imagen de luz difusa
	HF1, HF1	Superficie posterior de B1, B2
	L1	Eje longitudinal de B1
	M	Monitor
35	MF1, MF2	Superficie de revestimiento de B1, B2
	OA	Eje óptico
	OP	Objetivo de PK
	OT	Objetivo de PK
	P	Tapón
40	P''	Imagen de P en la imagen de luz difusa
	PL1, PL2	Luz de prueba UV
	PLS1, PLS3, PLS4	Rayos de luz de prueba UV
	PK	Cámara de prueba
	PQ1, PQ2, PQ3	Fuentes de luz de prueba
45	R	Superficie trasera
	R1, R2, R3	Primer, segundo, tercer anillo
	SF1, SF2	Superficie frontal de B1, B2
	SF2', SF2'''	Imagen de SF2 en la imagen de luz especular GLB1, GLB2
	SF2''	Imagen de SF'' en la imagen de luz difusa
50	SR	Superficie de borde frontal de F
	SR''	Imagen de SR en la imagen de luz difusa
	SL, SL'	Líneas de corte
	TK	Cámara de ensayo
	TL	Luz de ensayo UV
55	TLS	Rayo de luz de ensayo
	TQ	Fuente de luz de ensayo
	TP	Placa de soporte
	T1	Soporte transversal
	T2, T3, T4	Soporte
60	V1, V2	Cable de conexión
	$\alpha, \phi, \varphi$	Ángulo de apertura
	$\beta$	Ángulo de elevación de luz de ensayo
	$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$	Ángulo de elevación de luz de prueba
65	$\Omega$	Ángulo de corte

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar los espacios interiores (H) de fibras huecas (F) no obstruidas que forman parte de un haz (B1, B2) de fibras huecas (F),

- presentando el haz (B1, B2) una superficie frontal (SF1, SF2) y una superficie posterior (HF1, HF2),
- estando fabricadas las fibras huecas (F) de un primer material, en particular plástico, por ejemplo, polisulfona u otro polímero, y extendiéndose las mismas desde la superficie frontal (SF1, SF2) hasta al menos la superficie posterior (HF1, HF2) del haz (B1, B2), y
- estando formada conjuntamente la superficie frontal (SF1, SF2) por las superficies de borde frontales (SR) de las fibras huecas (F) y la superficie frontal de una masa aglutinante (BM) que
- es parte asimismo del haz (B1, B2) y está fabricada de un segundo material, en particular plástico, por ejemplo, resina de poliuretano o poliuretano, y
- se encuentra en la zona situada entre la superficie frontal (SF1, SF2) y la superficie posterior (HF1, HF2) entre las fibras huecas (F) y en la que
- las fibras huecas (F) están embebidas al menos en esta zona, y
- siendo la superficie frontal de la masa aglutinante (BM) tan lisa que la masa aglutinante (BM) refleja la luz de prueba irradiada hacia la superficie frontal (SF1, SF2) al menos parcialmente de manera especular y como máximo parcialmente de manera difusa,

**caracterizado por** las etapas siguientes:

- d) la superficie frontal (SF1, SF2) se ilumina con una fuente de luz de prueba (PQ1, PQ2), compuesta de una única o una pluralidad de fuentes de luz de prueba individuales que irradian su luz de manera no direccional hacia un semiespacio situado por debajo de la fuente de luz de prueba (PQ1), utilizándose como fuente de luz de prueba (PQ1, PQ2) una fuente de luz (PQ1, PQ2) extendida de manera plana que, visto desde cada punto de la superficie frontal (SF1, SF2), forma en su totalidad una envolvente que aparece con un ángulo de apertura (alfa) de al menos 60° o de al menos 35° y genera luz de prueba (PL1, PL2, PL3),
- e) mediante una cámara de prueba (PK) se registra la luz de prueba (PL1, PL2, PL3) después de su reflexión especular en la superficie frontal de la masa aglutinante (BM) y de este modo se genera mediante la cámara de prueba (PK) una imagen de luz especular (GLB1, GLB2) de la superficie frontal (SF1, SF2), en la que los espacios interiores (H) de fibras (F) no obstruidas aparecen más oscuros que la superficie frontal de la masa aglutinante (BM), así como en particular más oscuros que los espacios interiores de tales fibras huecas (F) que están obstruidas en la zona de superficie frontal (SF1, SF2) con masa aglutinante (BM), y
- f) las imágenes (H') de los espacios interiores (H) de fibras huecas (F) no obstruidas se detectan o se detectan y se cuentan automáticamente por medio de este oscurecimiento en la imagen de luz especular (GLB1, GLB2) con ayuda del procesamiento de imagen.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** para la detección de las superficies de borde frontales (SR) de fibras huecas (F), las fibras huecas (F) reflejan de manera difusa en sus superficies de borde frontales (SR) la luz de ensayo (TL), que se irradia hacia la superficie frontal (SF1, SF2), con un primer albedo A1, y la masa aglutinante (BM) refleja de manera difusa la luz de ensayo (TL), que se irradia hacia la superficie frontal (SF1, SF2), con un segundo albedo A2 menor que el primer albedo A1, por lo que  $A1 > A2$ , ejecutándose de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 1 o

- antes del procedimiento de la reivindicación 1 o
- simultáneamente con el procedimiento de la reivindicación 1 o
- de manera solapada en el tiempo con el procedimiento de la reivindicación 1 las etapas siguientes:

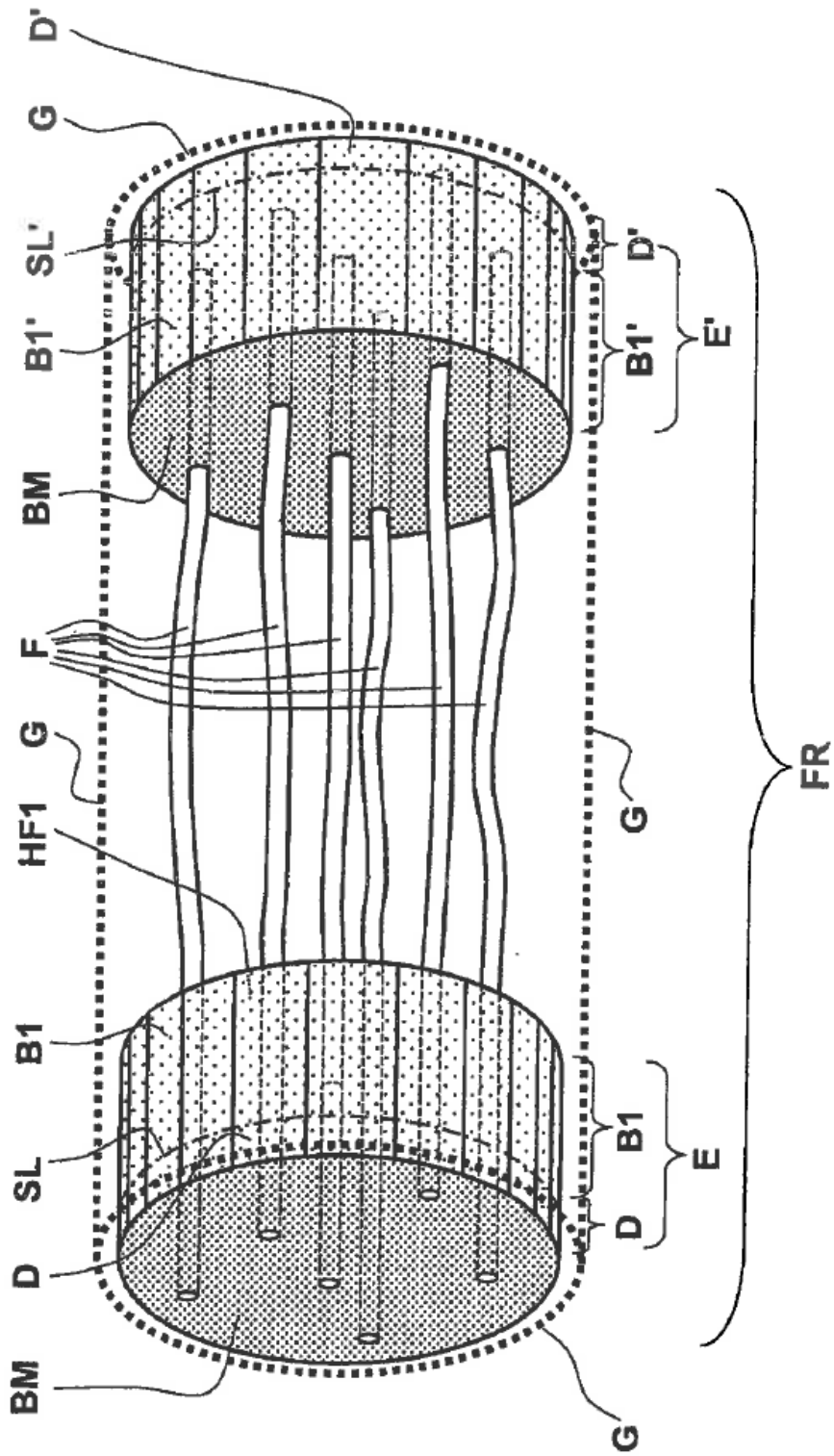
- a) la superficie frontal (SF1, SF2) se ilumina mediante una fuente de luz de ensayo (TQ) que está compuesta de una única o una pluralidad de fuentes de luz de prueba individuales y genera luz de ensayo (TL),
- b) mediante una cámara de ensayo (TK) se registra luz de ensayo (TL) después de su reflexión difusa en la superficie frontal (SF1, SF2) y de esta manera se genera una imagen de luz difusa (DLB) de la superficie frontal (SF1, SF2), en la que las superficies de borde frontales (SR) de las fibras huecas (F) aparecen más claras que la masa aglutinante BM, porque  $A1 > A2$ , y
- c) las imágenes (SR") de las superficies de borde frontales (SR) de las fibras huecas (F) se detectan o se detectan y se cuentan automáticamente por medio de este aclaramiento en la imagen de luz difusa (DLB) con ayuda del procesamiento de imagen.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** el haz (B1, B2) de fibras huecas (F) se somete tanto al procedimiento de la reivindicación 1 como al procedimiento de la reivindicación 2 y los resultados de los procedimientos de la reivindicación 1 y de la reivindicación 2 se comparan o se combinan entre sí.

4. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que**

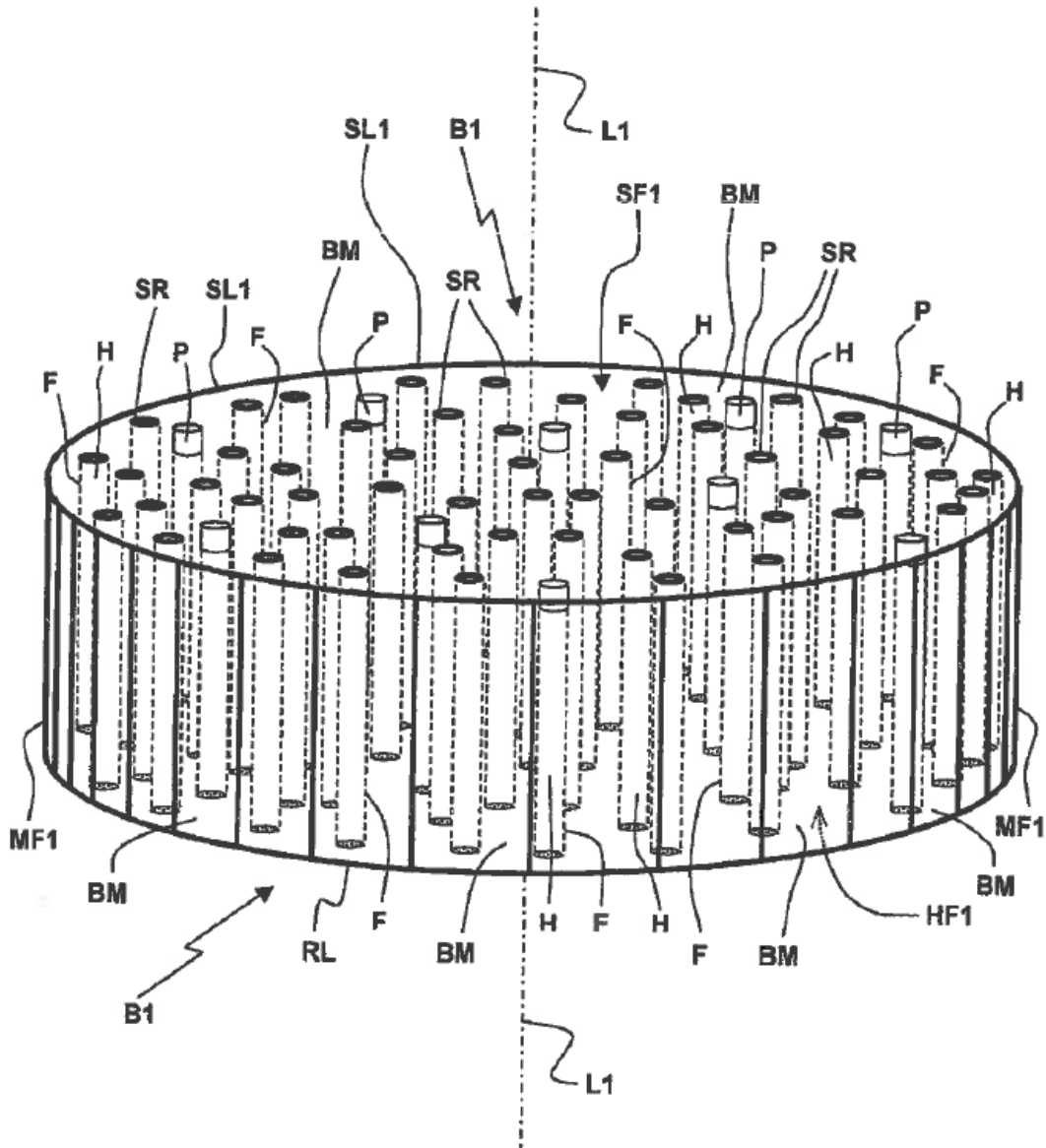
- la cantidad de fibras huecas (F) obstruidas con masa aglutinante (BM) se determina al sustraerse la cantidad de fibras huecas (F) no obstruidas, determinada en la imagen de luz especular (GLB1, GLB2), de la cantidad de fibras huecas (F) determinada en la imagen de luz difusa (DLB), o
  - el porcentaje relativo de las fibras huecas (F) no obstruidas con masa aglutinante (BM) en la totalidad de fibras huecas (F) se determina al dividirse la cantidad de fibras huecas (F) no obstruidas, determinada en la imagen de luz especular (GLB1, GLB2), por la cantidad de fibras huecas (F) determinada en la imagen de luz difusa (DLB), o
  - el porcentaje relativo de las fibras huecas (F) obstruidas con masa aglutinante (BM) en la totalidad de fibras huecas (F) se determina al dividirse la diferencia entre la cantidad de fibras huecas (F) determinada en la imagen de luz difusa (DLB) y la cantidad de fibras huecas (F) determinada en la imagen de luz especular (GLB1, GLB2) por la cantidad de fibras huecas (F) determinada en la imagen de luz difusa (DLB).
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2 o de acuerdo con la reivindicación 1 y 2, **caracterizado por que**
- la luz de ensayo es luz con una longitud de onda de ensayo  $\mu$  y/o
  - la luz de prueba es luz con una longitud de onda de prueba  $\lambda$ .
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** la longitud de onda de ensayo  $\mu$  es distinta a la longitud de onda de prueba  $\lambda$  y/o la luz de ensayo (TL) y la luz de prueba (PL1, PL2) están polarizadas de manera diferente.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que**
- la luz de prueba (PL1, PL2) se irradia hacia la superficie frontal (SF1, SF2) con un ángulo de elevación ( $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ ,  $\epsilon_3$ ) de al menos  $60^\circ$  o de al menos  $75^\circ$ , y/o
  - la luz de ensayo (TL) se irradia hacia la superficie frontal (S) con un ángulo de elevación ( $\beta$ ) de  $60^\circ$  como máximo o de  $45^\circ$  como máximo o de  $30^\circ$  como máximo o de  $20^\circ$  como máximo.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, **caracterizado por que**
- el segundo material y la longitud de onda de prueba  $\lambda$  se seleccionan de tal modo que el coeficiente de extinción de la masa aglutinante (BM) en caso de una longitud de onda de prueba  $\lambda$  es superior a  $0,1/\text{cm}$  o superior a  $1/\text{cm}$  o superior a  $10/\text{cm}$ , y/o
  - el segundo material y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  se seleccionan de tal modo que el coeficiente de extinción de la masa aglutinante (BM) en caso de una longitud de onda de ensayo  $\mu$  es superior a  $0,1/\text{cm}$  o superior a  $1/\text{cm}$  o superior a  $10/\text{cm}$ .
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5, 6 u 8, **caracterizado por que** el primer material, el segundo material y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  se seleccionan de tal modo que el primer albedo A1 en caso de la longitud de onda de ensayo  $\mu$  es mayor que el segundo albedo A2 en al menos un factor 1.1 o un factor 1.5 o un factor 2.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5, 6, 8 o 9, **caracterizado por que** la longitud de onda de prueba  $\lambda$  y la longitud de onda de ensayo  $\mu$  se seleccionan de manera idéntica o se seleccionan de tal modo que se diferencian entre sí en menos de 10 % o en menos de 1 %.
11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5, 6, 8, 9 o 10, **caracterizado por que** la longitud de onda de prueba A es de 360 nm a 380 nm y/o la longitud de onda de ensayo  $\mu$  es de 360 nm a 380 nm.
12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la cámara de prueba (PK) y la cámara de ensayo (TK) son idénticas.
13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5, 6, 8, 9, 10 u 11, **caracterizado por que** la
- se usa un filtro paso banda óptico, en particular un filtro de banda estrecha, u otro filtro óptico selectivo de longitud de onda que es permeable a la luz con la longitud de onda de ensayo  $\mu$  y está situado entre el haz (B1, B2) y la cámara de ensayo (TK) en el recorrido de luz de la luz de ensayo (TL), y/o
  - se usa un filtro paso banda óptico, en particular un filtro de banda estrecha, u otro filtro óptico selectivo de longitud de onda que es permeable a la luz con la longitud de onda de prueba  $\lambda$  y está situado entre el haz (B1, B2) y la cámara de prueba (PK) en el recorrido de luz de la luz de prueba (PL1, PL2).
14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que**

- entre el haz (B1, B2) y la cámara de ensayo (TK) está situado en el recorrido de luz de la luz de ensayo (TL) un filtro óptico que presenta una transmisión máxima en caso de una longitud de onda de 350 nm a 380 nm y se bloquea en caso de una longitud de onda de 460 nm o presenta una transmisión que asciende como máximo a 50 % o como máximo a 10 % de la transmisión máxima, y/o
- 5 - entre el haz (B1, B2) y la cámara de prueba (PK) está situado en el recorrido de luz de la luz de prueba (PL1, PL2) un filtro óptico que presenta una transmisión máxima en caso de una longitud de onda de 350 nm a 380 nm y se bloquea en caso de una longitud de onda de 460 nm o presenta una transmisión que asciende como máximo a 50 % o como máximo a 10 % de la transmisión máxima.
- 10 15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que**
- las fibras huecas (F) están fabricadas de polisulfona o mayormente de polisulfona o de un polímero o mayormente de un polímero o de un primer plástico, y/o
- 15 - la masa aglutinante (BM) está fabricada de poliuretano o mayormente de poliuretano o de resina de poliuretano o mayormente de resina de poliuretano o de un segundo plástico.
16. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que**
- 20 - después de ejecutarse la detección de las superficies de borde frontales, el haz (B1, B2) se gira en un ángulo determinado alrededor de su eje longitudinal (L1) y a continuación se ejecuta nuevamente la detección de las superficies de borde frontales, y/o
- después de ejecutarse la detección de los espacios interiores, el haz (B1, B2) se gira en un ángulo determinado alrededor de su eje longitudinal (L1) y a continuación se ejecuta nuevamente la detección de los espacios interiores.
- 25 17. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la cámara de ensayo (TK) está dispuesta de tal modo que ninguna luz de ensayo (TL), reflejada de manera especular en la superficie frontal de la masa aglutinante (BM), llega a la cámara de ensayo (TK).
- 30 18. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5, 6, 8, 9, 10, 11 o 13, **caracterizado por que** la
- la longitud de onda de ensayo  $\mu$  es distinta a la longitud de onda de prueba A,
- en el recorrido de luz de la luz de ensayo (TL) está situado un filtro óptico selectivo de longitud de onda, en particular un filtro paso banda o filtro de banda estrecha, que transmite luz con la longitud de onda de ensayo  $\mu$
- 35 hasta al menos un porcentaje  $x_1$  y transmite luz con la longitud de onda de prueba  $\lambda$  hasta como máximo un porcentaje  $x_2$ , siendo  $x_2 < 0,5 * x_1$ , y
- en el recorrido de luz de la luz de prueba (TL) está situado un filtro óptico selectivo de longitud de onda, en particular un filtro paso banda o filtro de banda estrecha, que transmite luz con la longitud de onda de prueba  $\lambda$
- 40 hasta al menos un porcentaje  $y_1$  y transmite luz con la longitud de onda de ensayo  $\mu$  hasta como máximo un porcentaje  $y_2$ , siendo  $y_2 < 0,5 * y_1$ , y la etapa a) se ejecuta simultáneamente o solapadamente en el tiempo con la etapa d) y/o la etapa b) se ejecuta simultáneamente o solapadamente en el tiempo con la etapa e).
- 45 19. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado por que** como fuente de luz de prueba (PQ3) se utiliza una fuente de luz (PQ3) que presenta una pluralidad o una gran cantidad de fuentes de luz individuales (ELQ), estando formada cada fuente de luz individual por un diodo luminoso.
20. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 19, **caracterizado por que** dentro de la envolvente, exceptuando una posible entalladura central (A), no existe una zona no luminosa que, visto desde un punto cualquiera de la superficie frontal (SF1, SF2), aparezca con un ángulo de apertura ( $\phi$ ) superior a 10° o superior a 5° o superior a 3°.
- 50 21. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 20, **caracterizado por que** como fuente de luz de prueba (PQ1, PQ3) se usa una fuente de luz (PQ1, PQ3) con una entalladura (A) o una abertura (A), alrededor de la que la fuente de luz de prueba (PQ1, PQ3) se extiende de forma anular o anular circular
- 55 22. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21, **caracterizado por que** la cámara de prueba (PK) se dispone de tal modo que ésta mira hacia la superficie frontal (SF2) a través de la abertura (A) o la entalladura (A).



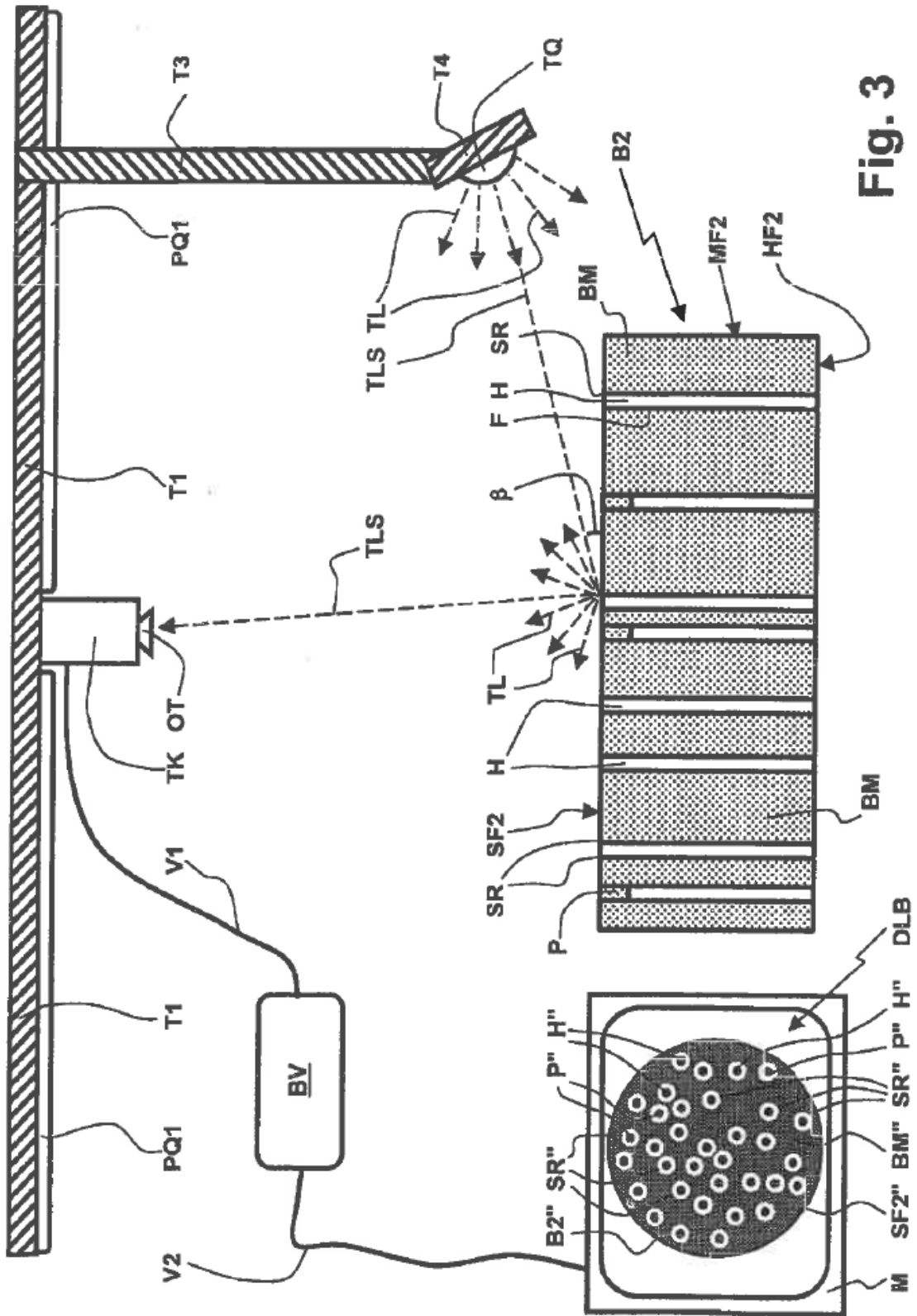
**Fig. 1**

(Estado de la técnica)



**Fig. 2**  
(Estado de la técnica)





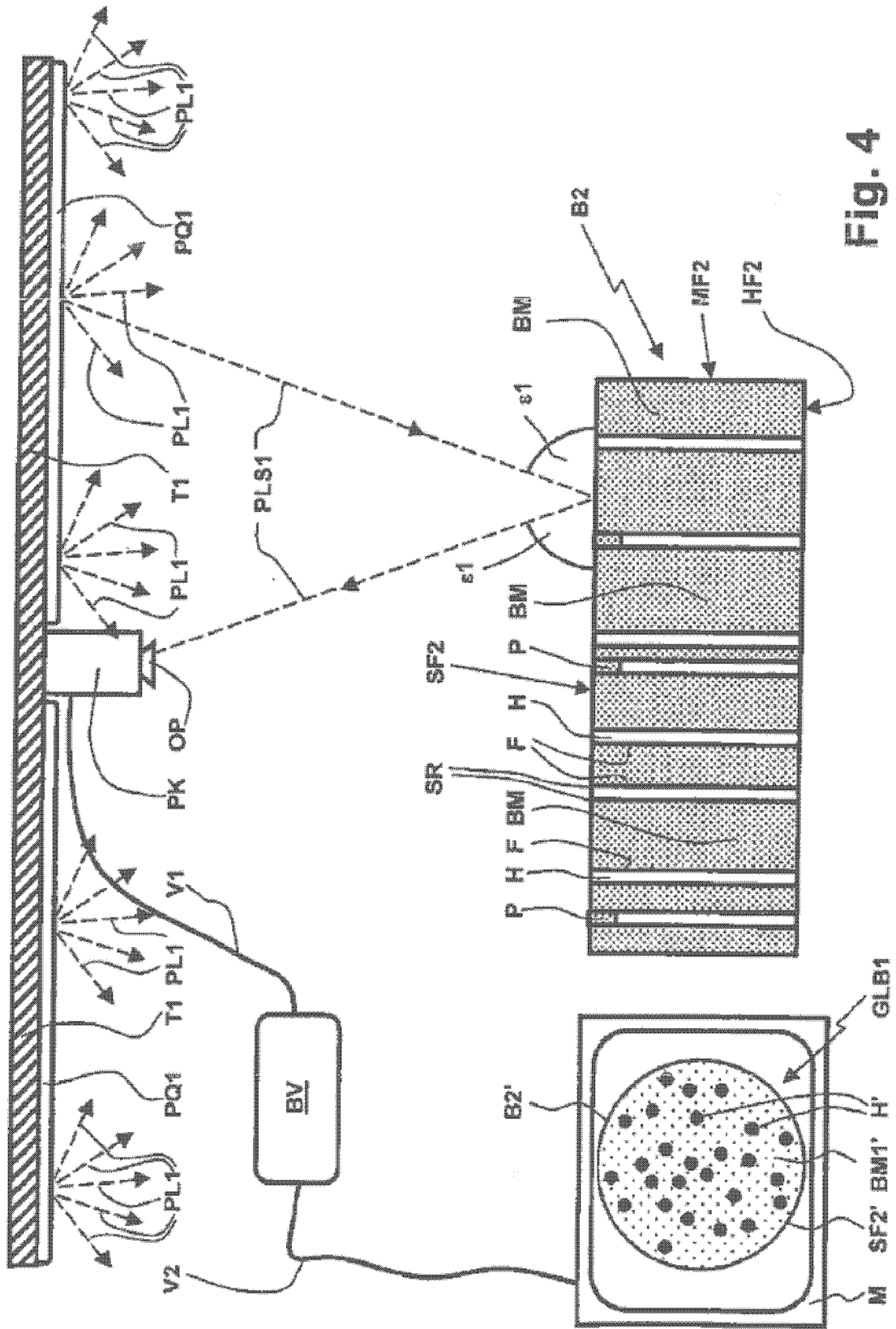


Fig. 4

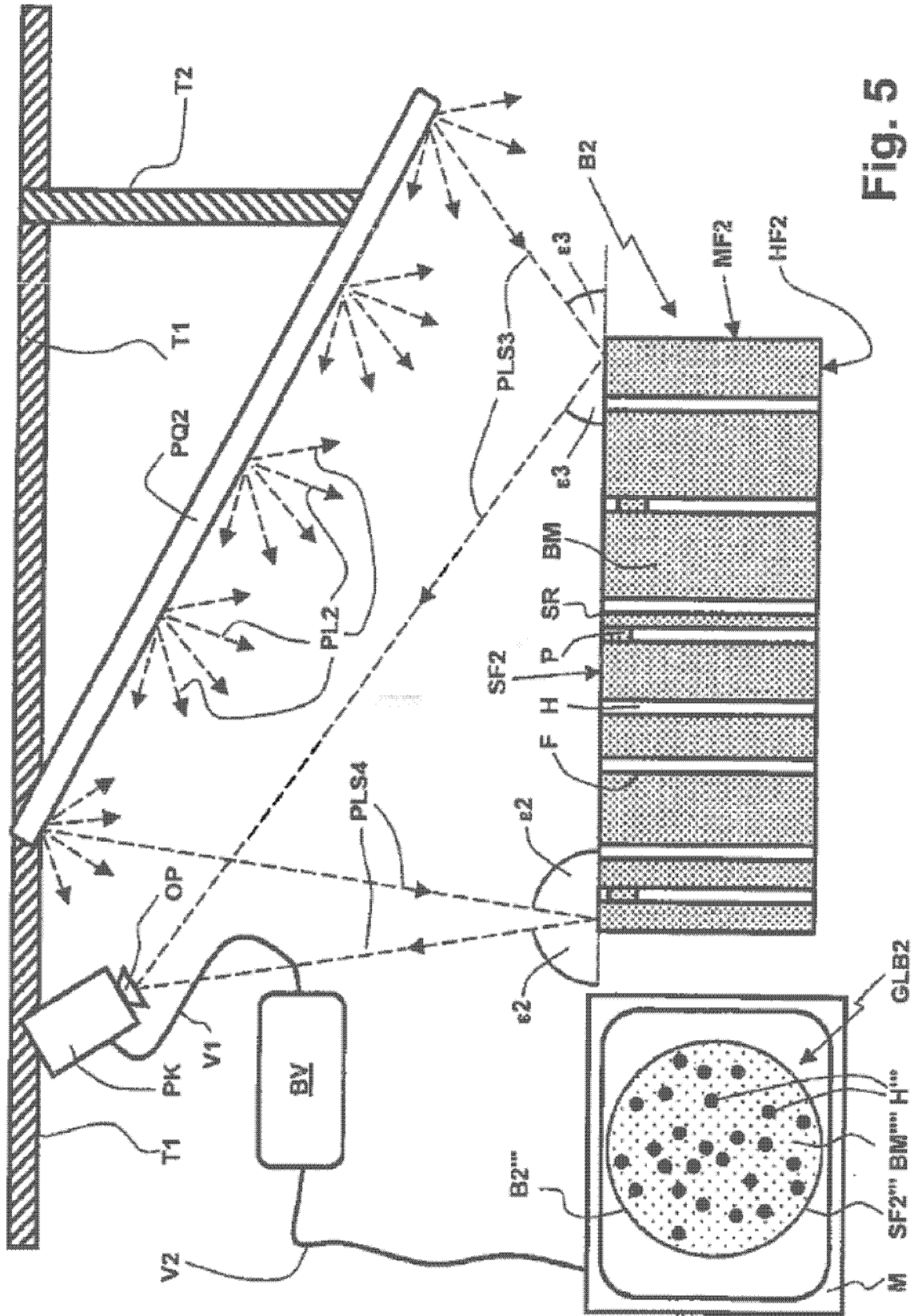
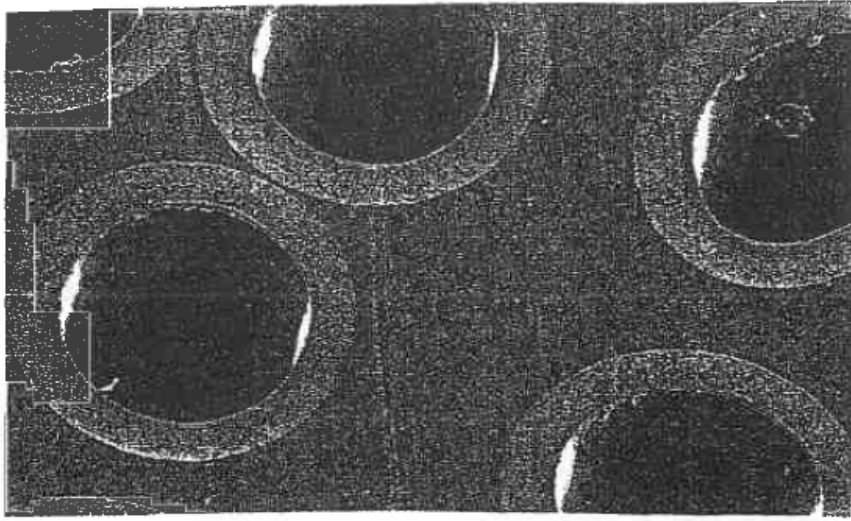
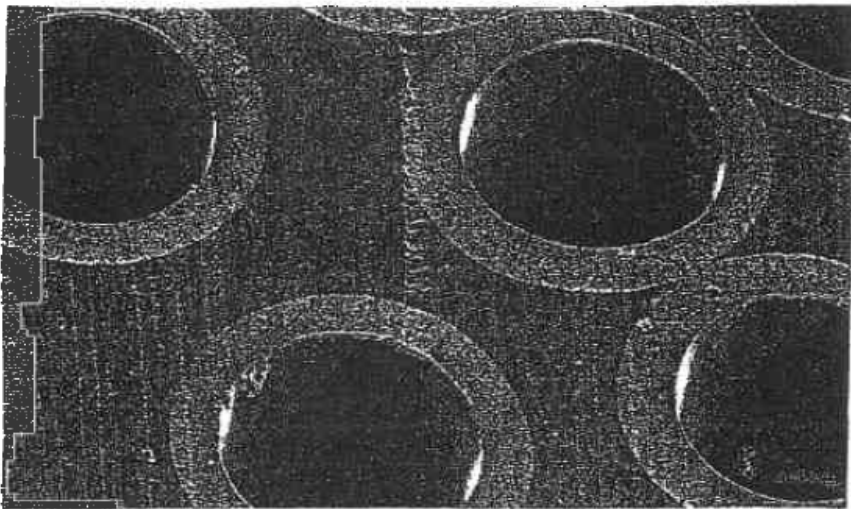


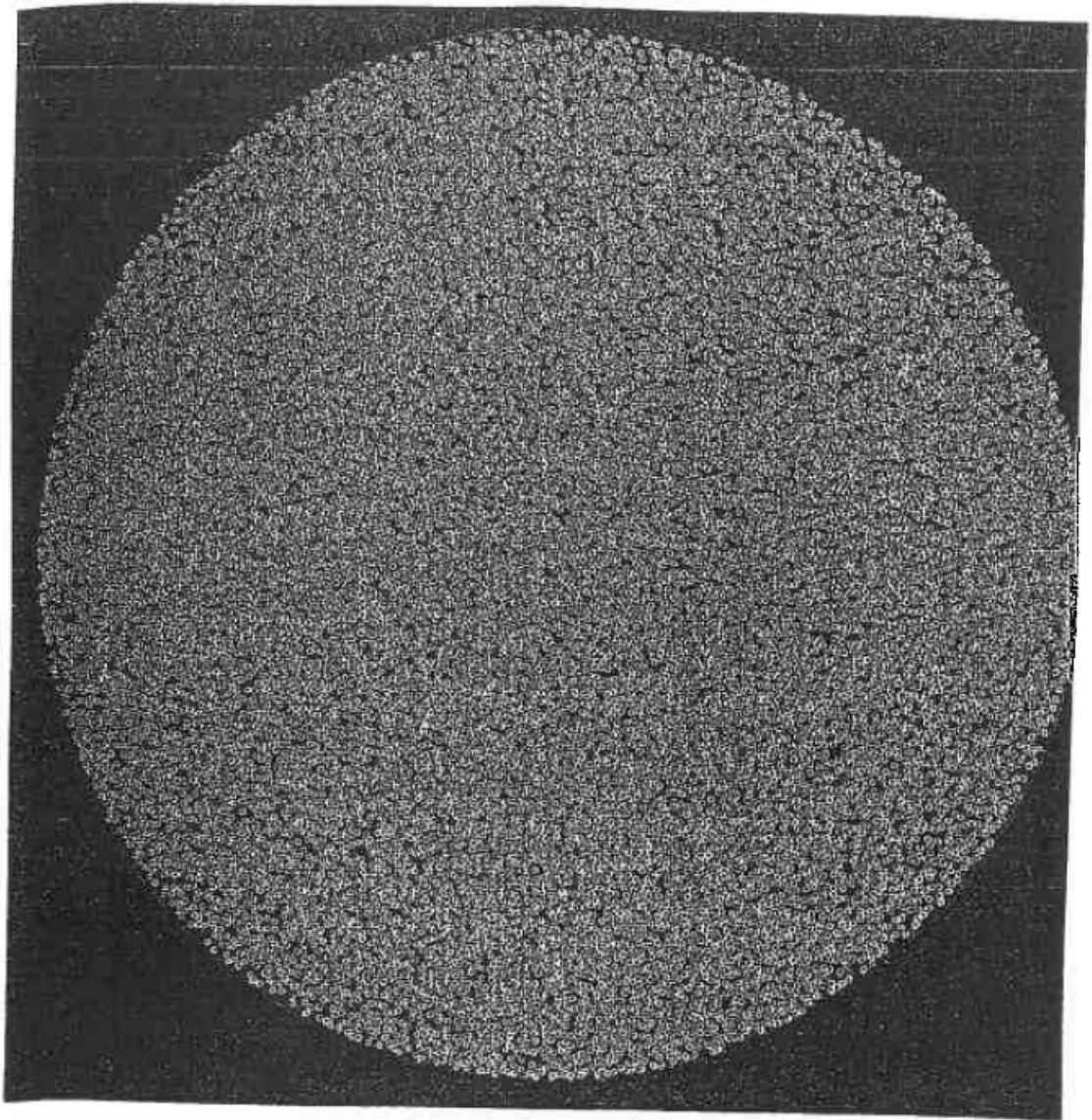
Fig. 5



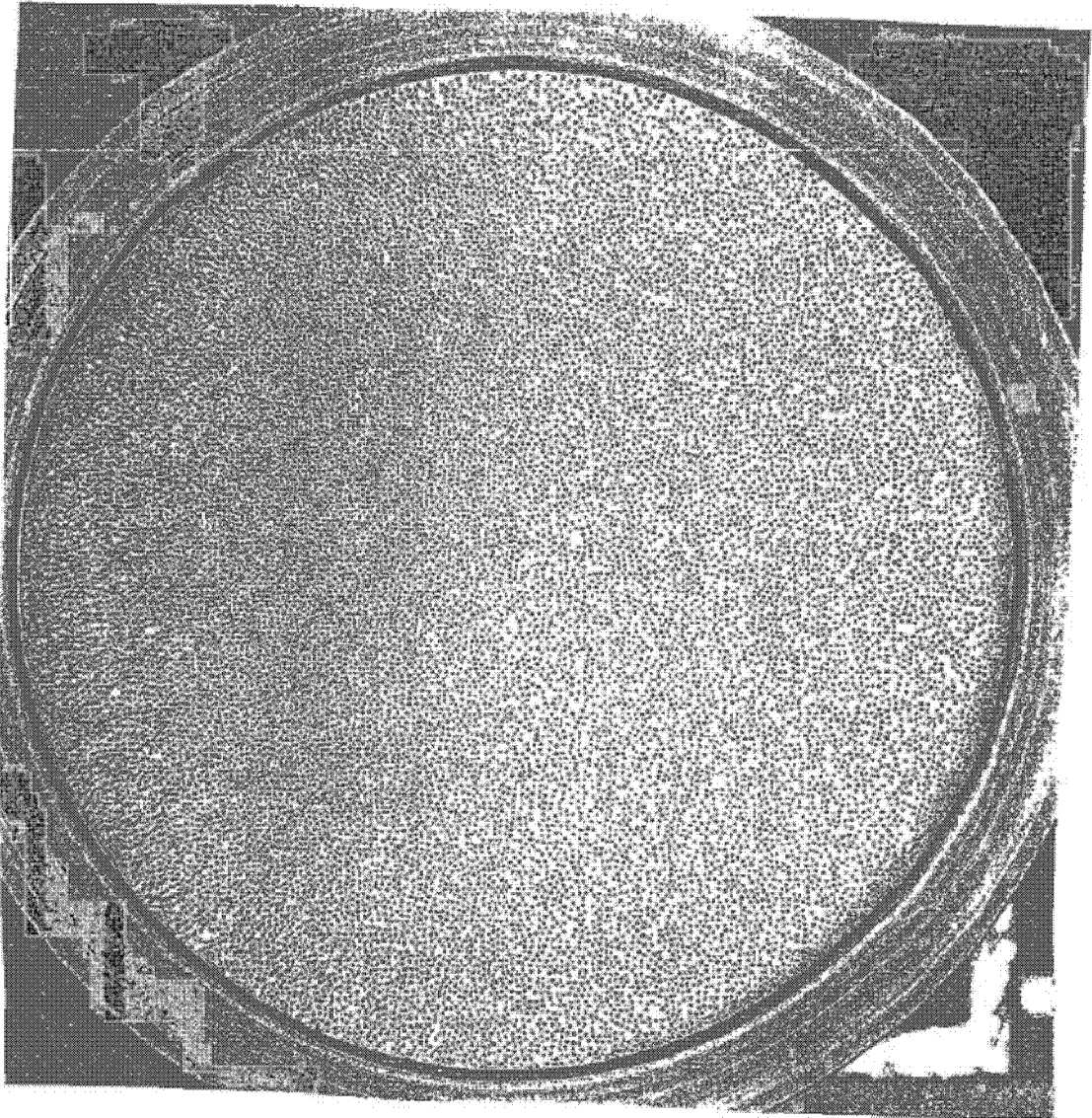
**Fig. 6**  
(Estado de la técnica)



**Fig. 7**  
(Estado de la técnica)

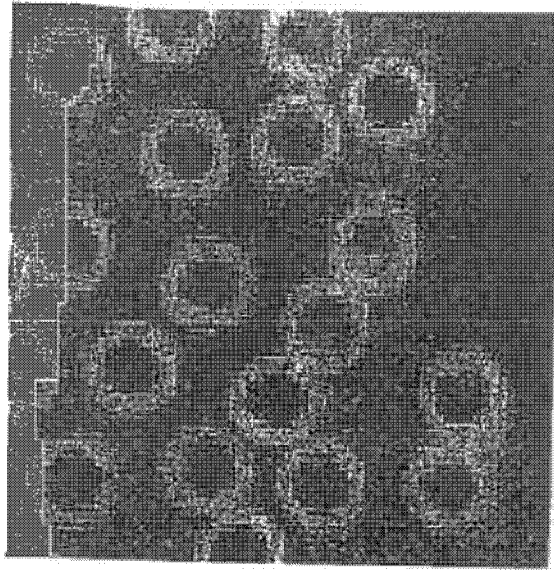


**Fig. 8**

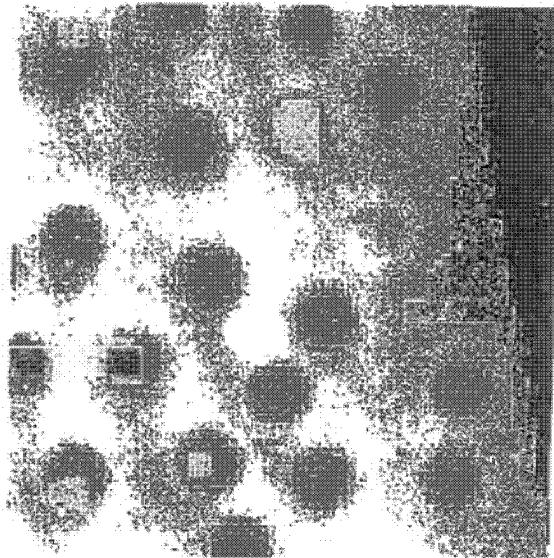


**Fig. 9**





**Fig. 10**



**Fig. 11**

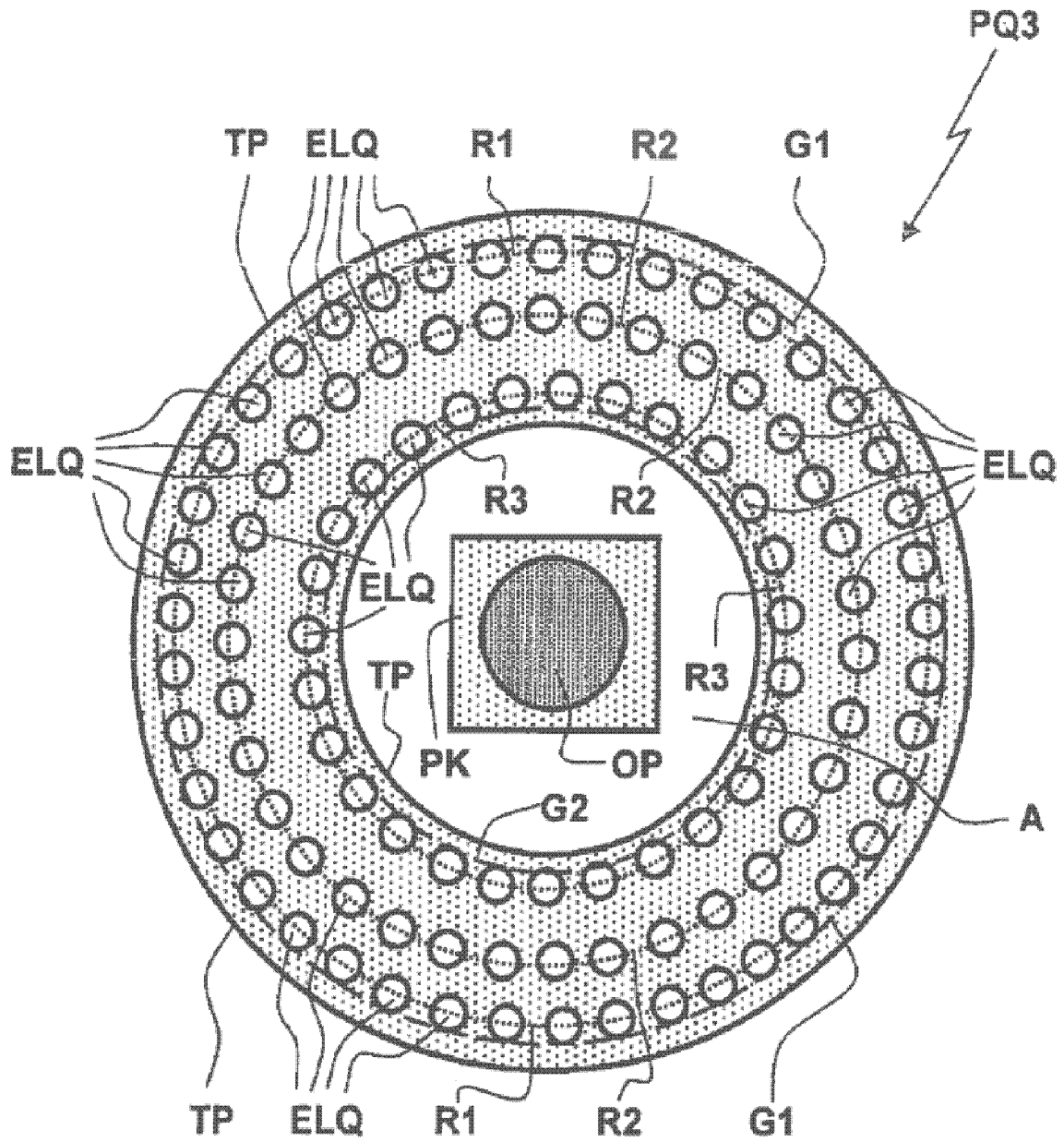


Fig. 12



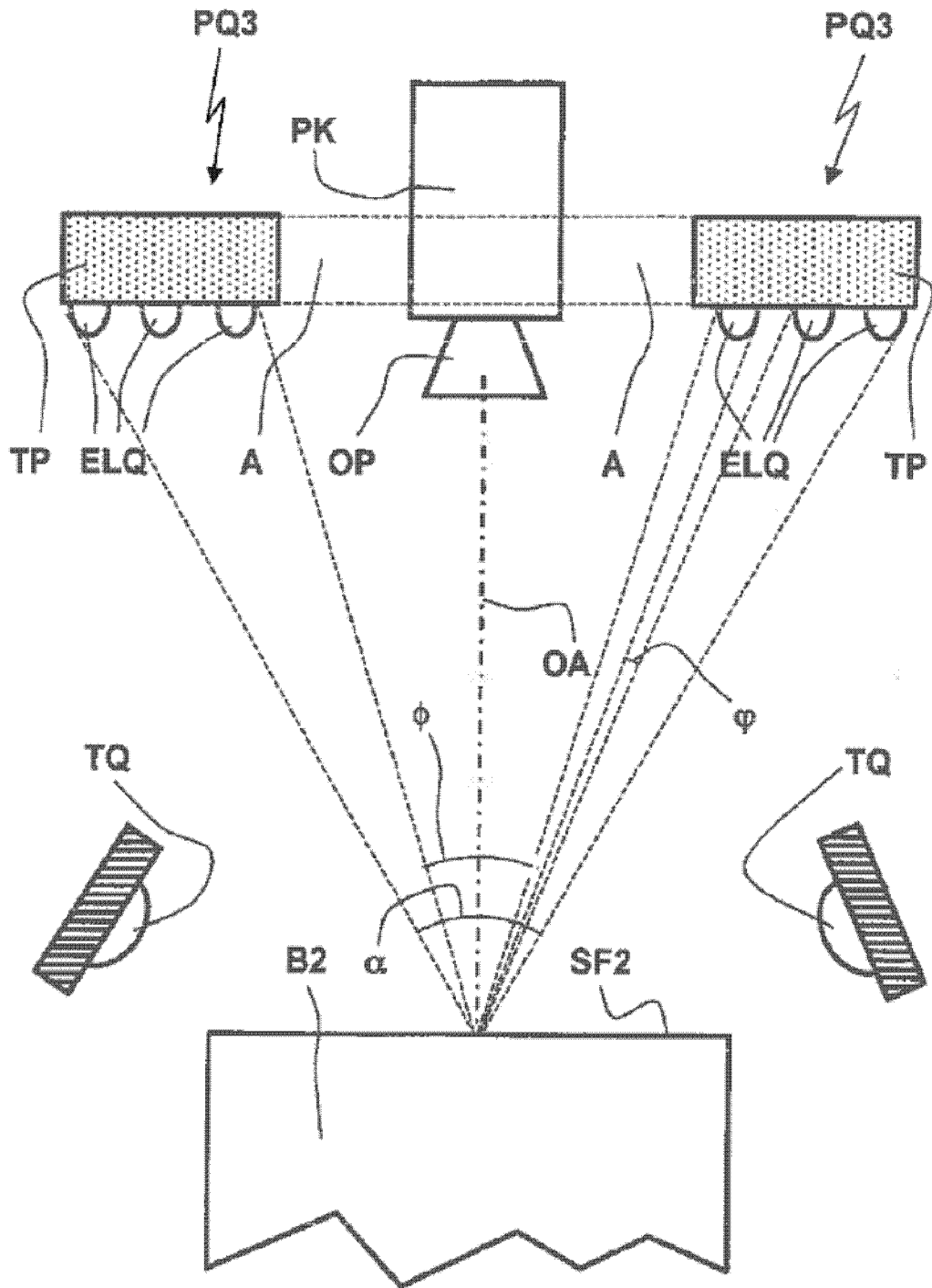


Fig. 13