(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 419 165**

(51) Int. Cl.:

G01N 21/35 (2006.01)
G01N 21/47 (2006.01)
G01N 21/86 (2006.01)
G01N 21/89 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2007** **E 07253181 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013** **EP 2026059**

(54) Título: **Método y aparato para la detección electromagnética para su uso en la fabricación de una lámina fibrosa**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.08.2013

(73) Titular/es:

NDC INFRARED ENGINEERING LIMITED (100.0%)
Bates Road
Maldon, Essex CM9 5FA, GB

(72) Inventor/es:

JONES, PHILIP COLEMAN y
HARTELL, ANTHONY DOUGLAS

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 419 165 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

Método y aparato para la detección electromagnética para su uso en la fabricación de una lámina fibrosa.

La presente invención está relacionada con un método y un aparato para la detección electromagnética, particularmente con tal método y aparato para uso en la medición de al menos un parámetro de una lámina fibrosa durante la fabricación.

La invención tiene particular aplicación en la fabricación de láminas fibrosas, tales como el papel o el material laminar no tejido, para uso en las industrias médicas e higiénicas. En particular, la invención puede ser empleada para la medición en línea de un parámetro, por ejemplo el contenido de humedad y/o el gramaje, de una lámina fibrosa para proporcionar una salida de control, por ejemplo, para un proceso o control de calidad, durante la fabricación de la lámina.

La invención, al menos en su forma preferida descrita a continuación, emplea técnicas y detectores de medición por infrarrojos en la fabricación de láminas fibrosas.

En la memoria, el término “parámetro” se utiliza para indicar la propiedad (contenido de humedad, espesor, gramaje, etc.) que se está midiendo, el término “muestra” se utiliza para indicar la parte del objeto (substrato, hoja, lámina, etc.) presentado al indicador de medición para medir, y el término “lámina fibrosa” cubre todas las formas de material laminar que comprenda fibras compactadas conjuntamente, incluyendo el papel y los materiales no tejidos.

Se ha empleado anteriormente una diversidad de indicadores de medición en las industrias del papel y de los no-tejidos, en procesos para fabricar continuamente lámina fibrosa, con el fin de detectar diversos parámetros de la lámina. Por ejemplo, es extremadamente importante conocer el peso por unidad de superficie de la lámina fibrosa cuando se produce, ya que la densidad o gramaje de la lámina puede tener una estrecha correlación con su resistencia final a la tensión, la resistencia a reventar y la transmitancia del agua. También es extremadamente importante en estas industrias supervisar el contenido de humedad de la lámina cuando se está tratando, con el fin de asegurar la eficiencia del secado y la esterilidad del producto acabado.

Sin embargo, las técnicas existentes en estas industrias para medir el gramaje y el contenido de humedad, incluyendo las que emplean la espectroscopia por absorción de infrarrojos, han demostrado ser hasta ahora insatisfactorias. La interacción de la luz con las pequeñas fibras y huecos de la lámina fibrosa es muy compleja, y esto puede originar serios problemas de medición, particularmente en el caso de láminas de poco peso que tienen típicamente un peso en la gama de 8 - 20 gsm y un tamaño de fibra de 10 - 20 µm. Por ejemplo, la luz que incide en la lámina en la región de los huecos, tenderá a pasar a través de la lámina con poca o ninguna interacción, de manera que el detector de medición capta solamente una débil señal de absorción desde la lámina objetivo. Y en la región de las fibras, la luz que incide sobre la lámina interactúa fuertemente con las fibras y se dispersa, y puede ser desviada a menudo alejándose del detector de medición al mismo tiempo.

Además, la inclusión entre las señales de la medición obtenidas a partir de la luz que pasa recta a través de los huecos, y las señales obtenidas a partir de la luz dispersa que se aleja del detector de medición, distorsiona significativamente las mediciones obtenidas y, en algunos casos, puede dar como resultado la generación de un diseño característico de absorción espectral totalmente impreciso. Tales problemas son particularmente acusados en el caso de materiales ligeros, en los que la proporción de huecos a masa fibrosa es mucho mayor.

Hasta ahora, no se ha encontrado un indicador de medición satisfactorio para medir parámetros de material laminar fibroso ligero.

En otras industrias, los indicadores por absorción de infrarrojos son muy conocidos, y se utilizan para medir diversos constituyentes o parámetros de muestras o substratos, tales como el contenido de humedad de la muestra, el espesor o peso del recubrimiento de una película sobre una capa base o substrato, o el espesor o peso base de la muestra.

Los indicadores por absorción de infrarrojos funcionan convencionalmente proyectando una radiación de infrarrojos en dos o más longitudes de onda sobre una muestra, y midiendo la intensidad de la radiación reflejada, transmitida o dispersada por la muestra. Se procesan señales proporcionales a la intensidad medida para proporcionar un valor del parámetro que se está midiendo. Al menos una de las dos o más longitudes de onda proyectadas por el indicador se elige de manera que sea absorbida por el parámetro de interés, mientras que al menos la otra longitud de onda se elige de manera que no sea sustancialmente afectada por el parámetro de interés. Por ejemplo, cuando se mide la cantidad de agua en una muestra, una de las longitudes de onda (la “longitud de onda de la medición”) puede ser elegida como la longitud de onda de absorción del agua (ya sea 1,45 micrometros (micras) o bien 1,94

micrometros (micras)) y la otra longitud de onda (conocida como “longitud de onda de referencia”) se elige de manera que no sea significativamente absorbida por el agua.

Generalmente, los indicadores incluyen una fuente de radiación de infrarrojos que tienen un espectro de emisión predeterminado, y un detector para recibir la radiación reflejada, transmitida o dispersada por la muestra; se colocan filtros entre la fuente y la muestra para exponer la muestra solamente a la medición deseada y a las longitudes de onda de referencia; en este caso, se expone la muestra sucesivamente a la radiación en longitudes de onda elegidas, por ejemplo, colocando filtros apropiados sobre una rueda giratoria frente a la fuente de radiación. Alternativamente, se puede colocar una rueda de filtros entre la muestra y el detector, y colocar cada filtro sucesivamente interpuesto entre la muestra y el detector.

El detector mide la intensidad de la luz tras la interacción con la muestra, y produce una señal de acuerdo con la intensidad de la radiación que incide sobre ella. En el caso más simple, calculando la relación entre la señal del detector cuando recibe luz en la longitud de onda de la medición y la señal del detector cuando recibe luz en la longitud de onda de referencia, se puede obtener una señal de medición que proporciona una medida del parámetro en cuestión, por ejemplo, la cantidad de humedad de la muestra. A menudo, se utilizan varias longitudes de onda de medición y/o varias longitudes de onda de referencia, y las señales de las longitudes de onda de medición y de las longitudes de onda de referencia se utilizan para calcular el parámetro en cuestión.

Tales indicadores de absorción de infrarrojos han sido propuestos para ser usados en la fabricación de láminas fibrosas, pero solamente con un éxito parcial y solamente en el caso de materiales de peso medio y pesado.

El documento US 2004/0042011 concierne a un método y un dispositivo para determinar de manera no invasiva la densidad aparente y la uniformidad del material laminar, que puede incluir el papel, haciendo pasar la luz desde un mecanismo de iluminación a través de la lámina, y recogiendo la luz de para la medida en un colector-detector de luz. El mecanismo de iluminación comprende una fuente de luz, un elemento de colimación de la luz, y una unidad de control. La luz recogida por el colector-detector de luz incluye tanto la luz dispersa como la luz transmitida, siendo captada la luz dispersa por medio de un espejo plano, un espejo parabólico y un primer, segundo y tercer sensores electro-ópticos, mientras que la luz transmitida se recoge por medio de un cuarto sensor electro-óptico. Las señales de los sensores son procesadas después para determinar los parámetros en cuestión.

El documento WO 03/087814 está relacionado con un método y un aparato para medir la cantidad de recubrimiento sobre una lámina de papel, en el cual se emplea la medición de la luz reflejada. Como se ha descrito antes, una fuente de radiación, que puede ser una lámpara de halógeno, dirige un haz de infrarrojos a través de una primera lente hacia un seccionador, y después a través de una segunda lente hacia la lámina. Tras la reflexión, la luz de infrarrojos se recoge y se filtra antes de ser aplicada a detectores para proporcionar señales de detección para el proceso.

El documento US2001/0028459 divulga un método para medir propiedades del papel y/o una placa sobre una lámina móvil. El método emplea la espectroscopia por infrarrojos y una serie de pasos de modelación para determinar la composición del material, el refinado y otras variables del material en cuestión.

Las pruebas en una lámina fibrosa ligera, utilizando un indicador de medición estándar que emplea luz en la gama cercana al infrarrojo (NIR) de 1 - 2,5 µm y la medición basada en dispersión, averiguaron que las medidas obtenidas fueron demasiado sensibles a los filtros, al tamaño de la fibra y a la distribución de las fibras para producir una medición sólida. Al mismo tiempo, las pruebas con un indicador de medición estándar por transmisión directa, que emplea luz en la gama cercana al infrarrojo (NIR) y en la gama media del infrarrojo (MIR) de 1 - 4 µm, averiguaron que los datos de la medición fueron muy variables y poco fiables como resultado de los efectos del tamaño de las fibras y de los huecos de la lámina.

Por tanto, existen problemas de medición significativos en el uso de indicadores estándar de medición por infrarrojos en la fabricación de una lámina fibrosa, tanto en el caso de la luz de transmisión directa como en los indicadores de medición de la luz dispersa. Las pruebas adicionales revelaron también que existen problemas de medición con la mayoría de los materiales laminares fibrosos, pero son particularmente acusados cuando el material laminar es un material ligero.

Consecuentemente, existe una necesidad significativa en las industrias de fabricación de lámina fibrosa , como el papel y el material laminar no tejido, de un indicador de medida capaz de producir medidas precisas de diversos parámetros, independientemente de la gama de pesos de la lámina e independientemente de la distribución de los huecos y las fibras por la lámina, y especialmente en el extremo de poco peso de las posibles gamas de pesos en las que la proporción de huecos a masa fibrosa es alta y la densidad de las fibras en baja.

La presente invención busca superar estos problemas y proporcionar un nuevo indicador de medición capaz de producir una medida altamente sensible, precisa y reproducible.

Por razones de claridad, en esta invención, las bandas de frecuencia cercanas al infrarrojo (NIR) pueden ser consideradas como aquellas que están generalmente en la gama de 1 - 2,5 µm, las bandas de frecuencia del infrarrojo medio (MIR) puede ser consideradas como aquellas que generalmente están en la gama de 2,5,- 5 µm, las láminas fibrosas de peso medio y de mucho peso pueden ser consideradas como aquellas que tienen un gramaje en exceso de 30 gsm, y las láminas fibrosas ligeras pueden ser consideradas como aquellas que tienen un gramaje en la gama de 5 - 30 gsm y un tamaño de fibra de hasta 20 µm.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método de medida de al menos un parámetro de la lámina fibrosa, que comprende:

dirigir un haz de radiación electromagnética hacia la lámina fibrosa;
hacer pasar el haz de radiación electromagnética a través de la lámina fibrosa, donde la radiación electromagnética que emerge de la lámina fibrosa comprende radiación electromagnética directamente transmitida, que constituye una radiación electromagnética sustancialmente transmitida directamente a través de la lámina fibrosa y radiación electromagnética dispersa que constituye la radiación electromagnética dispersada por la interacción con la lámina fibrosa;
recoger la radiación electromagnética dispersa;
detectar la radiación electromagnética dispersa recogida; y
generar señales eléctricas que representen la radiación electromagnética recogida;
caracterizado por:

seleccionar longitudes de onda de la radiación electromagnética por medio de un dispositivo de selección de longitudes de onda, donde la gama de longitudes de onda del dispositivo de selección de longitudes de onda incluye la gama cercana al infrarrojo (NIR) de 1 - 2,5 µm y se extiende más allá de la gama NIR hacia la gama media de infrarrojos (MIR) de 2,5 - 5 µm, y donde el paso de selección incluye seleccionar una longitud de onda en la gama media de infrarrojos (MIR de 2,5,- 5 µm; y
diferenciar dicha radiación electromagnética que emerge desde la lámina fibrosa entre dicha radiación electromagnética transmitida directamente y dicha radiación electromagnética dispersa, por medio de un elemento de separación interpuesto en el camino de la radiación electromagnética directamente transmitida que emerge de la lámina fibrosa para crear un halo de radiación electromagnética dispersa, y donde dicho paso de recogida comprende recoger la radiación electromagnética dispersa en dicho halo de radiación electromagnética dispersa.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un aparato de detección para uso en la medición de al menos un parámetro de una lámina fibrosa, que comprende:

elementos ópticos para dirigir un haz de radiación electromagnética hacia la lámina fibrosa y a través de ella, donde la radiación electromagnética que emerge desde la lámina fibrosa comprende la radiación electromagnética directamente transmitida que constituye la radiación electromagnética sustancialmente transmitida directamente a través de la lámina fibrosa, y la radiación electromagnética dispersa que constituye la radiación electromagnética dispersada por la interacción con la lámina fibrosa; un colector para recoger la radiación electromagnética dispersa; y
al menos un detector para detectar la radiación electromagnética recogida por el colector y para generar una señal eléctrica que representa la radiación recogida;
caracterizado por

una dispositivo de selección de longitudes de onda para seleccionar longitudes de onda para la radiación electromagnética, donde la gama de longitudes de onda del dispositivo de selección de longitudes de onda incluye la gama cercana al infrarrojo (NIR) de 1 - 2,5 µm y se extiende más allá de la gama NIR hacia la gama media de infrarrojos (MIR) de 2,5 - 5 µm, y donde el dispositivo de selección de longitudes de onda está configurado para seleccionar una longitud de onda en la gama media de infrarrojos (MIR) de 2,5 - 5 µm; y
un sistema óptico para diferenciar la radiación electromagnética que emerge desde la lámina fibrosa en dicha radiación electromagnética directamente transmitida y dicha radiación electromagnética dispersa, incluyendo dicho sistema óptico un elemento de separación dispuesto en el camino de la radiación electromagnética directamente transmitida desde la lámina fibrosa, para crear un halo de radiación electromagnética dispersa, y un colector para recoger la radiación electromagnética dispersa en dicho halo de radiación electromagnética dispersa.

Se ha averiguado que la diferenciación de luz directamente transmitida y luz dispersa para la medición de la luz dispersa, junto con el uso de una gama de longitudes de onda significativamente extendida más allá de la gama NIR hacia la gama MIR, tiene ventajas muy considerables para proporcionar una medición consistente, fiable y precisa de los parámetros, tal como el contenido de humedad y/o el gramaje, aún en el caso de materiales fibrosos muy ligeros que tienen gramajes en la gama de 5 - 30 gsm y un tamaño de fibra de hasta 20 µm.

La radiación electromagnética dispersa se recoge ventajosamente con un ángulo muy ancho. Preferiblemente, la luz dispersa pasa directamente a un colector para recogerla al emerger desde la lámina fibrosa. En un modo de realización, después de la recogida, la radiación electromagnética dispersa se dirige alejándose del eje del haz para la detección, por ejemplo empleando al menos un colector asimétrico y un colector dispuesto asimétricamente para dirigir la radiación electromagnética dispersa alejándola del eje del haz para la detección.

Los modos de realización preferidos de la invención descritos a continuación miden también la luz directamente transmitida para proporcionar mediciones comparativas y eliminar los efectos de las formas de interferencia. Como antes, la luz directamente transmitida puede ser dirigida alejándose del eje de transmisión para la detección.

Otros modos de realización preferidos miden la luz dispersa reflejada, lo cual ofrece las ventajas de facilitar la medición del recubrimiento superficial y/o la corrección de las variaciones de la cobertura de fibras.

Se describirá ahora la invención con más detalle, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

Las figuras 1a a 1f son diagramas que representan los efectos en el haz de luz de medición de diferentes clases de material laminar, para explicar los antecedentes de la invención;
La figura 2 es un diagrama esquemático de un proceso de fabricación y un sistema convencionales de una lámina fibrosa;
La figura 3 es una vista esquemática de un bastidor de montaje de un sensor del sistema de la figura 2;
La figura 4 es una diagrama esquemático de un sensor de transmisión de infrarrojos convencional;
La figura 5 es un diagrama esquemático de un primer modo de realización de la presente invención, que emplea un detector de luz dispersa, adecuado para uso en el sistema y el en proceso de las figuras 2 y 3;
La figura 6 es un diagrama adicional del primer modo de realización que ilustra, en forma diagrama de bloques, los circuitos para procesar las señales de medición obtenidas por el detector;
La figura 7 es un diagrama de un segundo modo de realización de la invención, que emplea un detector de luz dispersa;
La figura 8 es un diagrama de un tercer modo de realización de la invención, que emplea un detector de luz dispersa y un detector de luz de transmisión directa;
La figura 9 es un diagrama de un cuarto modo de realización de la invención, que emplea un detector de luz dispersa y un detector de luz de transmisión directa;
La figura 10 es un diagrama de un quinto modo de realización de la invención, que emplea un detector de luz dispersa y un detector de luz de transmisión directa;
La figura 11 un diagrama de un sexto modo de realización de la invención, que emplea un detector de luz dispersa y un detector de luz reflejada;
La figura 12 es un diagrama de un séptimo modo de realización de la invención, que emplea un detector de luz dispersa, un detector de luz de transmisión directa y un detector de luz reflejada;
La figura 13 es un diagrama de un octavo modo de realización de la invención, que emplea un detector de luz dispersa, un detector de luz de transmisión directa y un detector de luz reflejada;
La figura 14 es un diagrama esquemático de un proceso adicional de fabricación convencional de una lámina fibrosa y de un sistema en el que se emplea un indicador de medición de acuerdo con la invención;
La figura 15 es un gráfico que muestra los resultados obtenidos utilizando un indicador convencional de medición de luz de transmisión directa y diferentes muestras de lámina fibrosa ligera;
La figura 16 es un gráfico que muestra los resultados obtenidos utilizando un indicador de medición de acuerdo con la invención, con diferentes pesos de una lámina de polipropileno no tejida;
La figura 17 es un gráfico que compara los resultados obtenidos, respectivamente, utilizando un indicador de medición de luz dispersa de acuerdo con la invención, y utilizando un indicador convencional de medición de luz transmitida directamente; y
La figura 18 es un gráfico que compara los resultados obtenidos, respectivamente, utilizando un indicador de medición de luz dispersa de acuerdo con la invención y utilizando un indicador convencional de medición de luz dispersa.

Haciendo referencia en primer lugar a las figuras 2 a 4, se describirán a modo de explicación un proceso de fabricación convencional de lámina fibrosa y un sensor convencional de luz de transmisión directa por infrarrojos o un indicador de medición.

Las figuras 2 y 3 muestran un sistema de fabricación de una lámina fibrosa, en el cual un aparato 1 de suministro de fibra deposita y distribuye fibras sobre un cable o correa móvil 2. El aparato 1 puede comprender una torre de formación de fibra que contiene troqueles para depositar fibras hiladas o sopladas en forma de capa o capas de pelusa sobre la correa 2, en el cual el flujo de aire de la torre está controlado con el fin de difundir las fibras uniformemente sobre la correa 2. Alternativamente, el aparato 1 puede comprender un aparato 1 de desenmarañado de las balas para recibir y desenmarañar las balas de fibra y distribuirlas como una capa o capas de pelusa sobre la correa 2. La capa (o capas) de pelusa es (son) suministrada(s) a un aparato 3 de enmarañado, el cual puede utilizar aire y agua o medios mecánicos para enmarañar las fibras y formar una capa de fieltro húmedo. La capa de fieltro húmedo se suministra a un secador 4 para secarla y a una pila 5 de calandrado de rodillos calientes 5a, para iniciar la unión laminar 30. La pila 5 de calandrado desarrolla la suavidad, diseño y brillo de la superficie laminar utilizando hasta dieciséis rodillos 5a que aplican presión y temperatura a la lámina 30. La lámina se suministra después a un aparato 6 de tratamiento/recubrimiento/humidificación para aplicar los tratamientos y/o el recubrimiento superficial y/o la humidificación de la lámina 30, y de ahí a un secador 7 para secar la lámina 30 antes de pasarla a través de una zona 8 de indicadores, a una bobinadora 9 para bobinar la lámina 30 bajo tensión formando un rollo.

Debe apreciarse que el número de aparatos 1 de suministro, secadores 4, aparatos 6 de tratamiento/recubrimiento/humidificación, etc., puede variar de acuerdo con la aplicación. Además, el enmarañador 3 y el secador 4 pueden omitirse en algunas aplicaciones.

Durante la producción, el gramaje de la capa (o capas) de pelusa sobre la correa 2, el peso del recubrimiento producido por el aparato 6 y la humedad de la lámina 30 que emerge de las capas 7, se supervisa y se ajusta constantemente de manera continua.

Para este fin, se sitúa un indicador 10 de medición, como se ilustra en la figura 4, en la zona 8 de indicadores, para detectar parámetros de la lámina fibrosa, tal como el gramaje, el peso del recubrimiento y el contenido de humedad. El indicador 10 suministra señales de medición a un sistema 11 de proceso de perfiles y presentación, donde las señales de medición se procesan y opcionalmente se presentan los resultados. Basándose en los resultados de la medición, el sistema 11 de proceso suministra señales de retroinformación a un sistema 13 de control de procesos, que aplica una salida de control a uno o más de los aparatos 1 de suministro de fibra, la correa 2, el secador 4, el aparato 6 de tratamiento/recubrimiento/humidificación y al secador 7. El sistema 11 de proceso suministra también señales de alimentación anticipada basadas en los resultados de la medición a un sistema 15 de control de calidad del registro de datos, el cual procesa los resultados para fines de control de calidad en procesos subsiguientes de conversión en rollos.

Como se ilustra en la figura 3, la zona 8 de indicadores comprende un marco 8a de exploración que se extiende transversalmente a través de la lámina 30, en ambos lados, para proporcionar el montaje de un cabezal sensor superior 10a y un cabezal sensor inferior 10b del indicador 10 de medición. De una manera convencional, el marco 8a de exploración incluye raíles paralelos (no ilustrados) sobre los cuales se montan los cabezales 10a, 10b, y se dispone convencionalmente un motor (no ilustrado) para la exploración de los cabezales sensores 10a, 10b, en sincronismo de avance y retroceso ortogonalmente a través de la anchura de la lámina 30, para obtener un perfil transversal de medición de la lámina. En una variante de esta configuración, los cabezales pueden fijarse para proporcionar datos de tendencia en línea.

Se describirá ahora un indicador 10 de medición convencional, con referencia a la figura 4.

El indicador conocido 10 de medición es un indicador de infrarrojos que incluye una fuente 12 de luz blanca, cuya luz es dirigida hacia un espejo condensador 14 dispuesto para enfocar la luz en un haz que incide sobre una rueda 16 de filtros. La rueda 16 de filtros es accionada de una manera convencional por un motor (no ilustrado). La rueda 16 de filtros transporta una serie de filtros, por ejemplo 5 filtros, y cada filtro está diseñado para hacer pasar la radiación infrarroja con una banda de frecuencias de emisión de banda estrecha diferentemente seleccionada, en la gama de longitudes de onda de 1 - 4 µm. La luz que pasa por los respectivos filtros es dirigida hacia un repartidor 18 del haz, el cual refleja una parte del haz de luz por medio de una lente 20 hacia un detector 22 de calibración, y el cual transmite una parte del haz de luz por medio de una lente adicional 24 hacia un espejo angulado 26. El espejo 26 refleja el haz de luz con 90º hacia abajo, por medio de otra lente 28 hacia una lámina fibrosa del material laminar 30, cuyos parámetros han de medirse. El eje del haz de luz es perpendicular a la lámina 30 y por tanto este haz de luz se transmite directamente a través de la lámina 30 y se recoge por medio de un detector 32 de luz transmitida colocado sobre el mismo eje por debajo de la lámina 30. Las piezas del indicador 10 de medición ilustrado en la figura 4 por encima de la lámina 30 son transportadas por el cabezal 10a, y las ilustradas por debajo, es decir, el detector 32, son transportadas por el cabezal 10b.

Volviendo a la figura 1, se presentan diferentes ejemplos posibles de material laminar que proporcionan la lámina 30,

ilustrando en cada caso el efecto sobre el haz de luz proyectado cuando se transmite a través de la lámina 30.

El material de la lámina 30 de la figura 1a y la figura 1b es una película de plástico transparente, hecha por otro proceso diferente al descrito con referencia a las figuras 2 y 3, y la luz proyectada en la figura 1a tiene una longitud de onda en la cual no es absorbida, mientras que la luz proyectada en la figura 1b tiene una longitud de onda en la cual tiene lugar una absorción significativa. Consecuentemente, en el ejemplo de la figura 1a, la mayor parte de la luz pasa a través de la lámina 30 para ser recogida en el detector 32 y, en el ejemplo de la figura 1b, una proporción sustancial de la luz es absorbida, dejando solamente que una pequeña proporción sea recogida por el detector 32.

El material de la lámina 30 de las figuras 1c y 1d es una lámina pesada de material fibroso o plástico relleno, típicamente con un gramaje de 60 -100 gsm, en el cual las fibras y los filtros tienen la tendencia a dispersar la luz transmitida. De nuevo, en el ejemplo de la figura 1c, la luz proyectada tiene una longitud de onda en la cual la lámina 30 no absorbe la luz, mientras que en el ejemplo de la figura 1d, la luz proyectada tiene una longitud de onda en la cual se absorbe una proporción significativa de la luz. Sin embargo, como está ilustrado, en ambos casos la luz se dispersa alejándose del detector 32 con una proporción relativamente pequeña de la luz dispersada en el ejemplo de la figura 1c que todavía alcanza al detector 32, y muy poca en absoluto de la luz dispersada que alcanza el detector 32 del ejemplo de la figura 1d.

Volviendo a las figuras 1e y 1f, el material de la lámina 30 es una lámina fibrosa ligera, típicamente con un gramaje de 5 - 30 gsm, que transmite tanto la luz proyectada directamente como dispersa la luz proyectada. En el ejemplo de la figura 1e, la luz proyectada tiene una longitud de onda en la cual tiene lugar muy poca absorción por la lámina 30 y, en el ejemplo de la figura 1f, la luz proyectada tiene una longitud de onda en la cual las fibras de la lámina 30 absorben la luz. Como está ilustrado, la proporción de luz que es transmitida directamente puede o no variar entre el ejemplo de la figura 1e y el ejemplo de la figura 1f, siendo el nivel de absorción de la luz de transmisión directa del ejemplo de la figura 1f dependiente de la proporción de huecos a fibras, es decir, de la densidad de huecos en la lámina. Como contraste, la proporción de luz que se dispersa es estrechamente dependiente de la longitud de onda de la luz que incide en la lámina 30. En el caso del ejemplo de la figura 1e, una cierta proporción de la luz proyectada se dispersa, pero no se absorbe, mientras que en el ejemplo de la figura 1f, la misma proporción de luz se dispersa y se absorbe. Consecuentemente, en este ejemplo, la proporción de luz directamente transmitida que cae sobre el detector 32 y es afectada por la lámina 30 es incierta, ya que no se sabe si tal luz ha interactuado o no con la lámina 30, y la proporción de luz proyectada que se dispersa caerá en pequeña medida sobre el detector 32 del ejemplo de la figura 1e, y apenas alcanzará el detector 32 en el ejemplo de la figura 1f.

Será evidente, por tanto, que el indicador convencional de medición por infrarrojos ilustrado en la figura 4 es altamente adecuado para medir parámetros asociados con un material tal como una película de plástico transparente, pero es menos eficaz en la medición de parámetros asociados con una lámina fibrosa pesada, y es apenas eficaz en absoluto para medir parámetros asociados con una lámina fibrosa ligera.

Volviendo a las figuras 5 y 6, se describirá un primer modo de realización del indicador de medición de acuerdo con la invención, para uso en el sistema y en el proceso de fabricación de lámina fibrosa de las figuras 2 y 3, en lugar del indicador 10 de medición. Las figuras 5 y 6 muestran un indicador 50 de infrarrojos por luz dispersa, cuya geometría es considerablemente convencional, pero en la cual el diseño individual de un número significativo de elementos ilustrados ha sido modificado de acuerdo con la invención. La geometría del indicador 50 de medición será por tanto descrita en primer lugar.

El indicador 50 de medición incluye una lámpara 52 de halógenos que proporciona una fuente de luz blanca. La luz de la lámpara 52 es dirigida hacia un espejo condensador 54, que enfoca la luz en un haz que incide en un dispositivo 56 de selección de longitudes de onda, que en este ejemplo es una rueda de filtros accionada de una manera convencional por medio de un motor (no ilustrado). La rueda 56 de filtros transporta una serie de filtros, por ejemplo 8 filtros, y cada filtro está diseñado para dejar pasar una banda de frecuencias diferente de emisión de banda estrecha seleccionada en la gama de longitudes de onda de infrarrojos. La luz que pasa por los respectivos filtros es dirigida hacia el repartidor 58 de haz, que refleja una parte del haz de luz por medio de una lente 60 sobre un detector 62 de calibración, y que transmite una parte del haz de luz por medio de una lente adicional 64 hacia un espejo angulado 66. El espejo 66 gira el haz de luz en 90 grados y dirige el haz de luz hacia abajo por medio de otra lente 68 hacia una lámina fibrosa del material laminar 70, cuyos parámetros están siendo medidos. El eje del haz de luz es perpendicular a la lámina 70 y el haz de luz pasa a través de la lámina 70, la cual transmite una parte de la luz directamente y la cual dispersa la luz restante, como está ilustrado.

Es una característica de la invención que la luz transmitida directamente, y preferiblemente un pequeño ángulo de la luz dispersa, caiga en un elemento 72 que actúa como un tope del haz para separar la luz directamente transmitida de la luz dispersa. Un halo de la luz dispersa cae convencionalmente sobre un espejo colector 74, el cual refleja la luz hacia un espejo 76 de enfoque situado inmediatamente por detrás del tope 72 del haz. El espejo 76 enfoca a su

vez la luz sobre el detector 78 de medición de luz dispersa montado sobre la superficie del espejo 74. El tope 72 del haz, el espejo colector 74, el espejo 76 de enfoque y el detector 78 descansan todos ellos sobre el eje del haz proyectado que incide sobre la lámina 70, pero el tope 73 de luz asegura que solamente la luz dispersa es recogida por el detector 78.

De acuerdo con la invención, el elemento 72 sirve para diferenciar la luz de transmisión directa de la luz dispersa, después de lo cual se detecta y se mide la luz dispersa. De acuerdo con la invención, además, la radiación de infrarrojos emitida por la rueda 56 de filtros reside sobre la banda de frecuencias de 1 a 5 µm. También debe indicarse que esta banda de frecuencias está ampliada en comparación con las bandas de frecuencias empleadas normalmente en un indicador convencional de medición de infrarrojos de transmisión directa, tal como el ilustrado en la figura 4, en la cual la banda de frecuencias comienza típicamente en la gama NIR y se extiende parcialmente en la gama MIR y es generalmente de alrededor de 1 a 4 µm, y es significativamente ampliada en comparación con las bandas de frecuencia normalmente empleadas en un indicador convencional de infrarrojos basado en la dispersión, en el cual la banda de frecuencias reside en la gama NIR y es normalmente de 1 a 2,5 µm. Para este fin, se requieren diversas modificaciones a los diversos elementos empleados en el indicador de medición, como sigue.

En primer lugar, los filtros normalmente empleados en la rueda 56 de filtros están complementados para incluir filtros adicionales dispuestos para dejar pasar la luz infrarroja en la gama de longitudes de onda de 2,5 - 5 µm y, especialmente, en la gama $\geq$ 3,5 µm. En la rueda 56 de filtros de la presente invención, hay por tanto al menos un filtro que deja pasar la luz infrarroja en la zona $\leq$ 2,5 µm, que es conocida para los indicadores de medición basados en dispersión, y al menos un filtro que deja pasar la luz infrarroja en la zona $\geq$ 2,5 µm, preferiblemente $\geq$ 3,5 µm, que es nueva para los indicadores de medición basados en dispersión. Los seis filtros restantes puede estar dispuestos para dejar pasar luz en cualquier lugar de la gama de 1 - 5 µm, dependiendo de la aplicación particular.

Con el fin de tratar la gama de longitudes de onda ampliada, el material de diversos elementos ópticos, con la posible excepción de espejos, debe ser alterado también, ya que el cristal que se emplea convencionalmente en las lentes y en los repartidores de haz del sistema óptico no transmite la luz infrarroja en longitudes de onda más altas. Consecuentemente, en la invención, las lentes 60, 64, 68 y el repartidor 66 de haz están hecho, en su lugar, por fluoruro de calcio o zafiro, que aunque son más costosos, proporcionan una transmisión de luz significativamente mayor y por tanto una precisión mayor en la medición.

Además, los detectores de sulfuro de plomo previamente empleados para los detectores 62 y 78, son incapaces de proporcionar mediciones de detección en longitudes de onda más largas y, por tanto, en la invención, se utilizan detectores que tienen una capacidad de gama ampliada. Tales detectores puede ser, por ejemplo, detectores de seleniuro de plomo, antimoniuro de indio, o telururo de mercurio cadmio.

Durante el uso, el detector 62 de referencia y el detector 78 de medición generan, respectivamente, señales eléctricas analógicas que representan la intensidad de la luz recibida, que en el caso del detector 62 representa la intensidad de la luz proyectada, y en el caso del detector 78 representa la intensidad de la luz afectada por la lámina 70. Como se ilustra en la figura 6, estas señales eléctricas son suministradas y amplificadas en amplificadores asociados 80, después de los cuales se desmodulan en el circuito 82 de demodulación de señales. El circuito 82 separa las señales que representan la luz que han dejado pasar los distintos filtros de la rueda 56 de filtros, determinando qué impulsos de señal están relacionados con qué filtro, y extrae la información de la longitud de onda relativa, respectivamente, a cada filtro y a la correspondiente longitud de onda de banda estrecha. El circuito 82 realiza también la conversión de analógico a digital de las respectivas señales.

Las señales digitales son suministradas después a un procesador 84, el cual normaliza las señales de medición sobre la base de las señales de calibración del detector 62 y las señales de referencia del detector 78 de una manera convencional, y el cual produce entonces señales de datos de las longitudes de onda para entregarlas a un circuito 86 de cálculo. El circuito 86 de cálculo aplica técnicas algorítmicas conocidas a las señales de datos de las longitudes de onda para evaluar los parámetros a medir. Los resultados de tales cálculos son entregados como valores digitales, que representan por ejemplo el contenido de humedad o el gramaje, a un circuito 88 de salida para suavizar y promediar los resultados y convertir los valores calculados en una forma adecuada para la salida. El circuito de salida suministra después la salida a una pantalla u otros medios 90 de salida, que pueden ser el sistema 11 de proceso de perfiles y presentación de la figura 2, para fines de retroinformación para el control del proceso y/o para fines de información anticipada para el control de calidad.

Consecuentemente, el modo de realización de las figuras 5 y 6 comprende un indicador de medición por infrarrojos de luz dispersa, el cual, en comparación con los indicadores de medición de luz dispersa convencionales, emplea una gama ampliada de longitudes de onda de la luz infrarroja desde 1 a 5 µm, que está tanto en la gama cercana al infrarrojo (NIR), como en la gama media del infrarrojo (MIR).

En pruebas experimentales, se ha averiguado que tal indicador de medición de acuerdo con la invención, presenta unos resultados muy significativamente mejorados en la medición de parámetros de material laminado fibroso, en comparación con los indicadores convencionales de medición por infrarrojos, ya sean de la variedad de transmisión directa, como de la variedad de luz dispersa. Los resultados mejorados se aplican particularmente a la medición de parámetros de láminas ligeras, típicamente con gramajes de 5 a 30 gsm, en las cuales la proporción de huecos a masa fibrosa es sustancial, y en las cuales el diámetro de la fibra es pequeño y puede ser a menudo inferior a 10 a 20 µm.

La descripción de la figura 1 anterior demuestra por qué la medición por luz dispersa es ventajosa en el caso de láminas fibrosas. Se estudiarán ahora a continuación las ventajas de ampliar la gama de longitudes de onda y el rendimiento significativamente mejorado del indicador de detección por infrarrojos de acuerdo con la invención, con referencia a las figuras 15 a 18.

La figura 15 es un gráfico que muestra los diferentes espectros de infrarrojos obtenidos utilizando un indicador convencional de detección por transmisión directa, aplicado para medir el gramaje de cinco muestras diferentes de lámina fibrosa ligera que tiene gramajes en la gama de 5 a 30 gsm. Tal indicador convencional de detección por transmisión directa emplea longitudes de onda de medición en la gama de 1 a 4 µm. En cada caso, la curva básica tiene una forma de señal ondulada impuesta en ella como resultado de la interferencia óptica y efectos asociados originados por las fibras y filtros individuales, y tales efectos de interferencia ocurren principalmente cuando la longitud de onda se aproxima al orden del diámetro de la fibra. Además, las mediciones se distorsionan por la incertidumbre de si la luz detectada surge de la absorción por las fibras o del paso directo a través de los huecos en la lámina.

Como contraste, la figura 16 muestra un resultado similar obtenido por tres pesos diferentes de lámina fibrosa de un material laminar no tejido de polipropileno que emplea la medición por luz dispersa, de acuerdo con la presente invención. Se observará que emerge un modelo de detección mucho más claro, ya que la luz que ha pasado a través de la lámina con poca o ninguna interacción, y que en otro caso diluiría las características espectrales, ha sido rechazada, o en otros modos de realización que todavía han de describirse, puede haber sido medida separadamente y empleada en el cálculo de la medición para reforzar los resultados de la medición.

La medición tiene lugar, preferiblemente, en la región de fuerte absorción, es decir, aproximadamente a 3,4 µm en el ejemplo de la figura 16, que concierne a polímeros, y aproximadamente 2,95 µm para el agua, ya que esta superficie ofrece una alta sensibilidad a pequeños cambios y minimiza los efectos de otros artefactos, en comparación con el uso de longitudes de onda más cortas. Tales mediciones son relativamente insensibles a la dispersión originada por los filtros, etc.

La figura 17 compara el rendimiento de un indicador de medición de acuerdo con la invención, que emplea la detección de luz dispersa, con el de un indicador convencional de medición por infrarrojos que emplea la detección por transmisión directa. Como está ilustrado, los resultados son comparables y bastante similares para láminas fibrosas con un gramaje superior a 30 gsm. Sin embargo, por debajo de este peso, es decir, en el caso de láminas fibrosas ligeras con un gramaje en la gama de 5 a 30 gsm, puede observarse que la medición de luz dispersa de acuerdo con la invención, es coherente y consistente y lineal con el resto de mediciones de luz dispersa, mientras que la medición de la luz transmitida por técnicas convencionales produce un resultado muy variable e impredecible.

La figura 18 compara el rendimiento de un indicador de medición de acuerdo con la invención que emplea la detección por luz dispersa, con la de un indicador convencional de medición que emplea la detección de luz dispersa. El indicador de medición de acuerdo con la invención incluye longitudes de onda en la gama de 1 a 5 µm estando al menos algunas de las longitudes de onda empleadas en la gama de 3 a 5 µm, mientras que el indicador convencional de medición emplea longitudes de onda solamente en la gama de 1 a 2,5 µm. Como está ilustrado, los resultados obtenidos a partir del indicador de medición de acuerdo con la invención son consistentes y lineales, mientras que los resultados obtenidos a partir del indicador convencional de medición son muy variables e impredecibles.

En la figura 7 se ilustra un segundo modo de realización de la invención. Este modo de realización es similar en diversos aspectos al primer modo de realización de las figuras 5 y 6. Las partes similares se han designado con las mismas referencias numéricas y no serán descritas con más detalles. Solamente se estudiarán las características que son diferentes del primer modo de realización, por razones de simplicidad.

El segundo modo de realización incluye todas las características del primer modo de realización, con la excepción de que el espejo colector 74 se ha sustituido por un espejo colector asimétrico 92, que está situado también asimétricamente con respecto al eje del haz de luz proyectada y directamente transmitida hacia la lámina 70, de forma que su foco está descentrado con respecto al eje del haz de luz. Consecuentemente, la luz reflejada por el

espejo 92 no está dirigida hacia atrás al lado posterior del tope 72 de luz, sino que en lugar de eso es desviada hacia un detector 94 de medición situado en el lado del tope 72 de luz y con un eje central formando un ángulo agudo con respecto al plano de la lámina 70.

Una ventaja del segundo modo de realización es que el detector 94 de medición está desplazado hacia un lado y alejado del eje del haz de luz proyectado, y esto permite una configuración más compacta o un perfil más bajo, que en el caso del primer modo de realización. Otra ventaja surge cuando se emplea un detector refrigerado Peltier de temperatura estabilizada para el detector 94 de medición, ya que la retirada del detector del interior de la región de la luz dispersa que incide sobre el espejo 92, facilita la colocación de los componentes necesarios para el funcionamiento del refrigerador Peltier. Sin embargo, en otros aspectos, el rendimiento del segundo modo de realización es similar al del primer modo de realización.

En la figura 8 se ilustra un tercer modo de realización de la invención, y es una variante del primer modo de realización, que incorpora no un detector de medición, sino dos. De nuevo, las partes similares están designadas con las mismas referencias numéricas y no se describirán con detalle. Solamente se mencionarán las diferencias.

En el caso del tercer modo de realización, un espejo colector 74 y un espejo 76 de enfoque situados en el eje del haz de luz proyectado, enfocan la luz sobre un detector 78 de medición de luz dispersa, de la misma precisa manera que el primer modo de realización. Sin embargo, en este caso, el tope 72 de luz del primer modo de realización se sustituye aquí por un elemento alternativo de separación de luz, con forma de detector 100 de luz de medición de luz directa situado directamente sobre el eje del haz de luz proyectado, para captar y medir la proporción de luz que se transmite directamente y, opcionalmente, también un ángulo muy estrecho de la luz dispersada.

Este modo de realización de la invención diferencia la luz directamente transmitida de la luz dispersa, de la misma manera que en el primer modo de realización, empleando un elemento de separación para impedir que la luz transmitida directamente alcance el detector 78, pero además ofrece una ventaja adicional significativa en cuanto que no solamente se detecta la luz dispersada, sino también la luz directamente transmitida. Esto permite tomar medidas comparativas y hacer ajustes para eliminar los efectos de las formas de interferencia. En particular, pueden emplearse mediciones obtenidas desde la luz directamente transmitida como una función de escalado para compensar o ajustar las mediciones obtenidas desde la luz dispersada, cuando se emplea el indicador de medición para distintos tipos de productos. Esto permite que el indicador de medición tenga una aplicación más amplia con solamente un ajuste mínimo y sin necesidad de una re-calibración costosa.

En la figura 9 se ilustra una variante del tercer modo de realización, empleando nuevamente un detector de medición de luz dispersa y un detector de medición de luz de transmisión directa. Sin embargo, en este ejemplo, el detector de transmisión de luz directa está situado de manera diferente. Como antes, las partes similares se designan con las mismas referencias numéricas y solamente se describirá la diferencia.

En este cuarto modo de realización, la luz procedente del haz de luz proyectada que se transmite directamente a través de la lámina 70, incide sobre una lente 102 para enfocar el haz de luz sobre un espejo angulado 104, para desviar el haz de luz en 90º a los lados hacia un detector 106 de medición de luz de transmisión directa situado en el lado del espejo colector 74 alejado del eje de la luz proyectada. En este caso, la lente 102 y el espejo 104 funcionan como un elemento separador de luz. La medición de la luz es exactamente la misma que en el tercer modo de realización, pero la situación descentrada del detector 106 de medición tiene nuevamente ventajas en términos de manejo térmico mejorado del detector, cuando se emplea un detector Peltier refrigerado, como ya se ha afirmado. Una ventaja adicional de esta configuración es que es posible una configuración más compacta para el indicador de medición global, ya que puede conseguirse la separación necesaria entre la lámina 70 y el detector 106 de medición de transmisión directa de la luz, sin aumentar la distancia vertical entre la lámina 70 y el detector 106.

La figura 10 ilustra un quinto modo de realización de la invención, que es una variante del segundo modo de realización ilustrado en la figura 7, pero que, como contraste con el segundo modo de realización, incluye un detector de medición de transmisión directa de la luz así como un detector de medición de luz dispersa. Como antes, las partes iguales se designan con las mismas referencias numéricas y no serán descritas con más detalle. Solamente se mencionarán las diferencias.

Consecuentemente, el quinto modo de realización incluye el espejo colector asimétrico 92 fuera del eje, el cual dirige la luz dispersa hacia el detector 94 de medición de luz dispersa. Sin embargo, además, el tope 72 de luz situado en el camino de la luz directamente transmitida es sustituido por una lente 110, la cual dirige la luz hacia un detector 112 de medición de transmisión de luz directa transportado por el espejo colector 92. La lente 110 sirve en este caso como elemento separador de luz.

El presente modo de realización posee las mismas ventajas que el modo de realización de la figura 7, en cuanto a la

compacidad de la configuración permitida por el uso de un detector de medición fuera del eje para la luz dispersa, y posee además la significativa ventaja adicional de combinar la medición de luz dispersa con la medición de luz directamente transmitida, como en el caso del cuarto modo de realización de la figura 9.

En la figura 11 se ilustra una variante adicional del primer modo de realización de las figuras 5 y 6, en la cual se ilustra un sexto modo de realización de la invención. Este modo de realización añade de nuevo un segundo detector de medición al detector básico 78 de medición de luz dispersa del primer modo de realización. Sin embargo, en este caso, el segundo detector de medición se sitúa en el mismo lado de la lámina 70 que el haz de luz proyectado, y por tanto está diseñado para medir la luz reflejada en lugar de la luz que pasa a través de la lámina 70. Como antes, las partes similares se designan con las mismas referencias numéricas y solamente se describirán las diferencias.

Como se ilustra en la figura 11, el sexto modo de realización incluye un segundo espejo colector 120 centrado sobre el eje del haz de luz que incide en la lámina 70, pero por encima del espejo angulado 66 sobre el mismo lado de la lámina 70 que el haz proyectado. Un halo de luz reflejada y dispersada por las fibras de la lámina 70, sin pasar a través de la lámina, incide sobre el espejo colector 120, el cual dirige tal luz hacia un espejo 122 de enfoque por detrás del espejo angulado 66 y por tanto sobre el detector 124 de medición de luz reflejada transportado por el espejo 120.

Este modo de realización tiene la ventaja de añadir un canal de medición de reflectancia difusa a la versión básica de la invención ilustrada en las figuras 5 y 6. Tales mediciones están afectadas por la superficie de la lámina, y esto facilita la medición del recubrimiento superficial en los casos en que se ha aplicado un tratamiento superficial, y/o permite hacer correcciones en las variaciones de la cobertura de fibra dentro de la zona iluminada de la lámina fibrosa 70.

En la figura 12 se ilustra un séptimo modo de realización adicional, que combina las características del tercer modo de realización de la figura 8 con el sexto modo de realización de la figura 11. Consecuentemente, el séptimo modo de realización emplea un detector 78 de medición de luz dispersa y un detector 100 de medición de transmisión directa de la luz en el lado de la lámina 70, para detectar la luz que ha pasado a través de la lámina 70, y un detector 124 de medición de luz reflejada situado en el lado de la lámina 70 del haz de luz proyectado que incide sobre la lámina 70. Las partes similares están designadas con las mismas referencias numéricas, y la situación de los tres detectores 78, 100 y 124 de medición ya ha sido descrita, de manera que no es necesaria una descripción adicional.

En la figura 13 se ilustra una variante adicional, que muestra un octavo modo de realización de la invención, el cual combina las características del cuarto modo de realización de la figura 9 con el sexto modo de realización de la figura 11. Por tanto, el indicador de infrarrojos de la figura 13 incluye el detector 78 de medición de luz dispersa, el indicador 106 de medición de transmisión directa de la luz y el indicador 124 de medición de luz reflejada. Las partes similares están designadas con las mismas referencias numéricas, y la situación de todos estos indicadores de medición ya ha sido descrita, de manera que no es necesaria una descripción adicional.

Todos los modos de realización descritos pueden ser empleados en un sistema para la formación tendida en seco de lámina fibrosa, como se ilustra en las figuras 2 y 3. También son adecuados todos ellos para uso en un sistema para la formación tendida con humedad de la lámina fibrosa, como se ilustra en la figura 14. Este sistema comprende una sección 141 de formación de una lámina base que incluye una fuente de pulpa de fibra que es alimentada a una caja 142 de entrada. La caja 142 de entrada agita continuamente la pulpa para impedir que las fibras se agrupen conjuntamente y deposita las fibras húmedas sobre un cable o correa móvil 143. En esa etapa, el suministro es aproximadamente del 1% de fibra y 99% de agua; se despoja rápidamente del agua a medida que viaja a lo largo de la longitud de la correa móvil 143, y las fibras comienzan a unirse para formar una maraña o lámina 170. La lámina húmeda 170 pasa hacia una prensa 144, donde es escurrida entre una serie de rodillos 144a de presión, para reducir el contenido de agua, y de ahí a un secador 145 donde cada lado de la lámina pasa por turno por una serie de cilindros 145a de secado calentados con vapor. Dependiendo de su pretendido uso final, la lámina 170 puede ser suministrada después a una unidad 146 de tratamiento /recubrimiento/humidificación y a un secador 147, donde cada lado de la lámina se recubre y se seca en secuencia, utilizando por ejemplo calor por infrarrojos, pliegues de aire caliente o cilindros 147a de secado. Después del secador 147, o directamente desde el secador 145, dependiendo de la aplicación, la lámina 170 se hace pasar a una pila 148 de calandrado de rodillos 148a, para iniciar el proceso de unión y desarrollar la suavidad y el brillo en la superficie de la lámina, aplicando presión y temperatura al material (recubierto). Así, de acuerdo con el pretendido uso final, se puede omitir la unidad 146 de tratamiento /recubrimiento/humidificación y el secador 147. Después de la unión en la pila 148 de calandrado, la lámina 170 es suministrada por medio de una zona 149 de indicadores que incluye un indicador 50 de medición, como se ha descrito, hacia una bobinadora 150 para formar la lámina 170 bajo tensión formando un rollo.

Como se ha descrito con referencia a la figura 2, los resultados de la medición obtenidos por el indicador 149 de medición son entregados a un sistema 151 de proceso de perfiles y presentación y, después del proceso, se puede

retroalimentar una salida de control por medio de un sistema 152 de control a cualquiera, o a todos, de la correa 143, el secador 145, la unidad 146 de tratamiento /recubrimiento/humidificación y el secador 147. De forma similar, se puede alimentar hacia delante una salida del sistema 151 de proceso, hacia un sistema 153 de control de calidad para fines de control de la calidad.

Después de haber descrito ocho modos de realización de la presente invención, será evidente que son posibles numerosos desarrollos adicionales y modificaciones, dentro del alcance de la invención.

En particular, el elemento de diferenciación o separación de la luz puede ser seleccionado respectivamente para bloquear, desviar o enfocar la luz directamente transmitida y, opcionalmente, un pequeño ángulo de luz dispersa, con el fin de asegurar que la luz dispersa medida no queda afectada por las formas de interferencia de las fibras individuales de la lámina.

Además, aunque los modos de realización muestran todos ellos el dispositivo de selección de longitudes de onda colocado en el camino óptico antes de todos los detectores y antes de la lámina fibrosa, es igualmente posible que tal dispositivo esté colocado de manera que reciba solamente luz después de la interacción con la lámina fibrosa y, opcionalmente, que se sustituya ese único dispositivo por una pluralidad de dispositivos de selección de longitudes de onda. En este caso, puede colocarse opcionalmente un modulador de intensidad después de la fuente 52 de luz y/o del espejo 54, para ayudar a la detección de la señal.

A modo de ejemplo, una posibilidad es colocar un dispositivo de filtrado en el camino óptico después de la interacción con la lámina fibrosa, de forma que la luz desde cada filtro sea dirigida a un solo detector respectivo. Otra posibilidad es emplear una serie de filtros situados inmediatamente enfrentados a cada lugar de detector, con una correspondiente serie de detectores detrás de ellos.

Se apreciará que se pueden utilizar diferentes clases de dispositivos de selección de longitudes de onda en lugar de los dispositivos de filtrado descritos, por ejemplo, filtros sintonizables, filtros lineales variables, dispositivos de dispersión de longitud de onda tales como los prismas y las rejillas de difracción, dispositivos de codificación de longitud de onda que emplean espectroscopia por transformada de Fourier, etc.

Además, el número y tipo de detectores de medición empleados (es decir, de luz dispersada, de luz directamente transmitida y de luz reflejada) pueden variar, y pueden alterarse las posiciones de los diferentes detectores en los lados de luz incidente o emergente de la lámina fibrosa 70, para colocar los detectores de medición respectivamente sobre o fuera del eje del haz de luz proyectado.

Particularmente, los modos de realización ilustrados incluyen todos ellos detectores 62 de referencia para la normalización de las señales de medición, pero se puede prescindir de ellos y la normalización puede hacerse en su lugar contra un estándar de referencia electrónicamente almacenado en el procesador 84 ilustrado en la figura 6.

Además, la colección de espejos de cualquiera de los modos de realización descritos podría ser sustituida por sistemas de lentes u otros medios ópticos para dirigir la luz dispersada sobre el detector asociado.

REIVINDICACIONES

1. Un método de medición de al menos un parámetro de una lámina fibrosa (70), que comprende:

dirigir un haz de radiación electromagnética hacia la lámina fibrosa;
hacer pasar el haz de radiación electromagnética a través de la lámina fibrosa, donde la radiación electromagnética que emerge desde la lámina fibrosa comprende radiación electromagnética directamente transmitida, que constituye radiación electromagnética que se transmite sustancialmente de manera directa a través de la lámina fibrosa, y radiación electromagnética dispersa que constituye radiación electromagnética dispersada por la interacción con la lámina fibrosa;
recoger la radiación electromagnética dispersa;
detectar la radiación electromagnética dispersa recogida; y
generar señales eléctricas que representan la radiación dispersa recogida;
caracterizado por:

seleccionar longitudes de onda para la radiación electromagnética por medio de un dispositivo (56) de selección de longitudes de onda, donde la gama de longitudes de onda del dispositivo de selección de longitudes de onda incluye la gama cercana al infrarrojo (NIR) de 1 - 2,5 µm, y se extiende más allá de la gama NIR hacia la gama media de infrarrojos (MIR) de 2,5 - 5 µm, y donde el paso de selección incluye la selección de una longitud de onda en la gama media de infrarrojos (MIR) de 2,5 - 5 µm; y diferenciar dicha radiación electromagnética que emerge de la lámina fibrosa entre dicha radiación electromagnética directamente transmitida y dicha radiación electromagnética dispersa, por medio de un elemento (72) de separación interpuesto en el camino de la radiación electromagnética directamente transmitida que emerge de la lámina fibrosa, para crear un halo de radiación electromagnética dispersa, y donde dicho paso de recogida comprende recoger la radiación electromagnética dispersa en dicho halo de radiación electromagnética dispersa.

2. Un método según la reivindicación 1, en el que el paso de selección incluye seleccionar al menos una longitud de onda en la gama NIR y al menos una longitud de onda en la gama MIR.

3. Un método según la reivindicación 1 o 2, que comprende además detectar la radiación electromagnética directamente transmitida.

4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además definir un eje de transmisión directa a través de la lámina fibrosa y dirigir la luz que ha de ser detectada alejándola del eje de transmisión directa para su detección.

5. Un método según cualquier reivindicación precedente, que comprende además la recogida y la detección de la radiación electromagnética que ha sido reflejada y dispersada por la lámina fibrosa.

6. Un método según cualquier reivindicación precedente, que comprende además seleccionar diversas bandas de longitudes de onda discretas por medio del dispositivo de selección de longitudes de onda, recoger y detectar dicha radiación electromagnética dispersada en dichas bandas de frecuencia discretas, y procesar las señales obtenidas de dicha detección en dichas diversas bandas de frecuencia discretas, para determinar dicho al menos un parámetro.

7. Un método según cualquier reivindicación precedente, empleado para la medición en línea de al menos un parámetro de una lámina fibrosa, en un proceso para la fabricación continua de lámina fibrosa, donde las señales eléctricas son procesadas para proporcionar una salida de la medición, y donde la salida de la medición es retroalimentada al aparato (152, 143, 145, 146, 147) de producción, para proporcionar el control del proceso, y/o es alimentada hacia delante hacia un sistema (153) de evaluación de la calidad, para proporcionar el control de la calidad.

8. Un método según la reivindicación 7 para la medición en línea de al menos un parámetro de una lámina de material laminar no tejido.

9. Aparato de detección para uso en la medición de parámetros de una lámina fibrosa (70), que comprende:

elementos ópticos (52, 54, 64, 66, 68) para dirigir un haz de radiación electromagnética hacia y a través de la lámina fibrosa, donde la radiación electromagnética que emerge desde la lámina fibrosa comprende radiación electromagnética directamente transmitida que constituye una radiación electromagnética sustancialmente transmitida directamente a través de la lámina fibrosa, y radiación electromagnética dispersa que constituye

una radiación electromagnética dispersada por la interacción con la lámina fibrosa;
un colector (74, 76) para recoger la radiación electromagnética dispersa; y
al menos un detector (78) para detectar la radiación electromagnética recogida por el colector y para generar una señal eléctrica que represente la radiación recogida;
caracterizado por:

un dispositivo (56) de selección de longitudes de onda para seleccionar longitudes de onda de la radiación electromagnética, donde la gama de longitudes de onda del dispositivo de selección de longitudes de onda incluye la gama cercana al infrarrojo (NIR) de 1 - 2,5 µm y se extiende más allá de la gama NIR hacia la gama media del infrarrojo (MIR) de 2,5 - 5 µm, y donde el dispositivo de selección de longitudes de onda está configurado para seleccionar una longitud de onda en la gama media del infrarrojo (MIR) de 2,5 - 5 µm; y
un sistema óptico (72, 74, 76) para diferenciar la radiación electromagnética que emerge desde la lámina fibrosa entre dicha radiación electromagnética directamente transmitida y dicha radiación electromagnética dispersa, incluyendo dicho sistema óptico un elemento (72) de separación dispuesto en el camino de la radiación electromagnética directamente transmitida que emerge desde la lámina fibrosa, para crear un halo de radiación electromagnética dispersa, y un colector (74, 76) para recoger la radiación electromagnética dispersa en dicho halo de radiación electromagnética dispersa.

10. Aparato según la reivindicación 9, en el que el dispositivo de selección de longitudes de onda está configurado para seleccionar longitudes de onda que incluyen al menos una longitud de onda en la gama NIR y al menos una longitud de onda en la gama MIR.

11. Aparato según la reivindicación 9 o 10, en el que el elemento de separación comprende un detector para detectar la radiación electromagnética directamente transmitida.

12. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende además medios ópticos para dirigir la luz a detectar alejándola de un eje de transmisión directa a través de la lámina fibrosa para su detección.

13. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende además un colector y un detector para la radiación electromagnética que es reflejada y dispersada por la lámina fibrosa.

14. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que el dispositivo de selección de longitudes de onda está configurado para seleccionar diversas bandas de longitudes de onda discretas.

15. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, configurado para ser empleado en la medición en línea de al menos un parámetro de una lámina fibrosa en un sistema para la fabricación continua de lámina fibrosa, y que comprende un procesador para procesar las señales eléctricas y proporcionar una salida de la medición, y que comprende además al menos uno entre un sistema de retroalimentación que responde a la salida de la medición, para proporcionar una salida de control a una máquina de producción para proporcionar el control del proceso, y un sistema de alimentación hacia delante, que responde a la salida de la medición, para proporcionar una salida de control a una máquina de evaluación de la calidad para proporcionar el control de calidad.

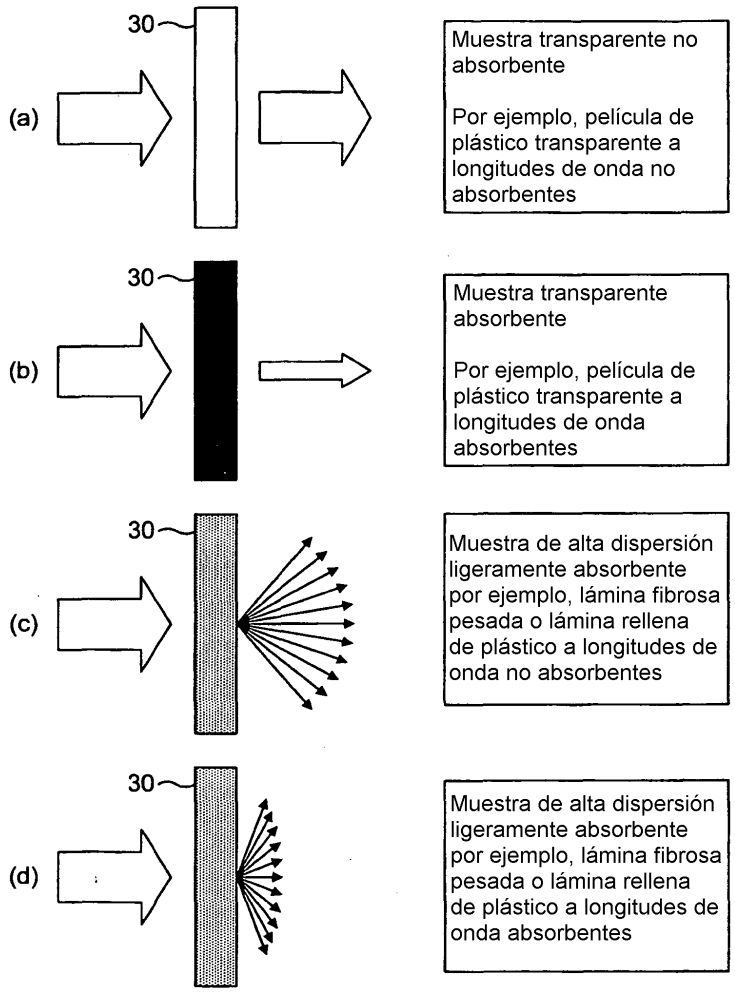
30
(a)
Muestra transparente no absorbente
Por ejemplo, película de plástico transparente a longitudes de onda no absorbentes
30
(b)
Muestra transparente absorbente
Por ejemplo, película de plástico transparente a longitudes de onda absorbentes
30
(c)
Muestra de alta dispersión ligeramente absorbente por ejemplo, lámina fibrosa pesada o lámina rellena de plástico a longitudes de onda no absorbentes
30
(d)
Muestra de alta dispersión ligeramente absorbente por ejemplo, lámina fibrosa pesada o lámina rellena de plástico a longitudes de onda absorbentes

FIG. 1

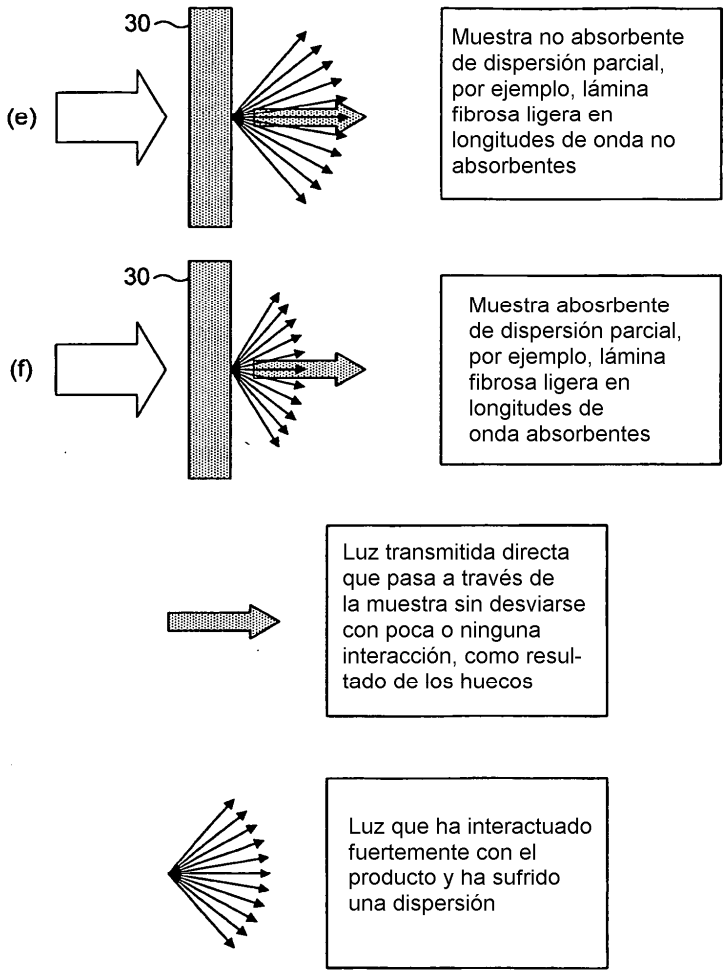

FIG. 1 CONTINUACIÓN

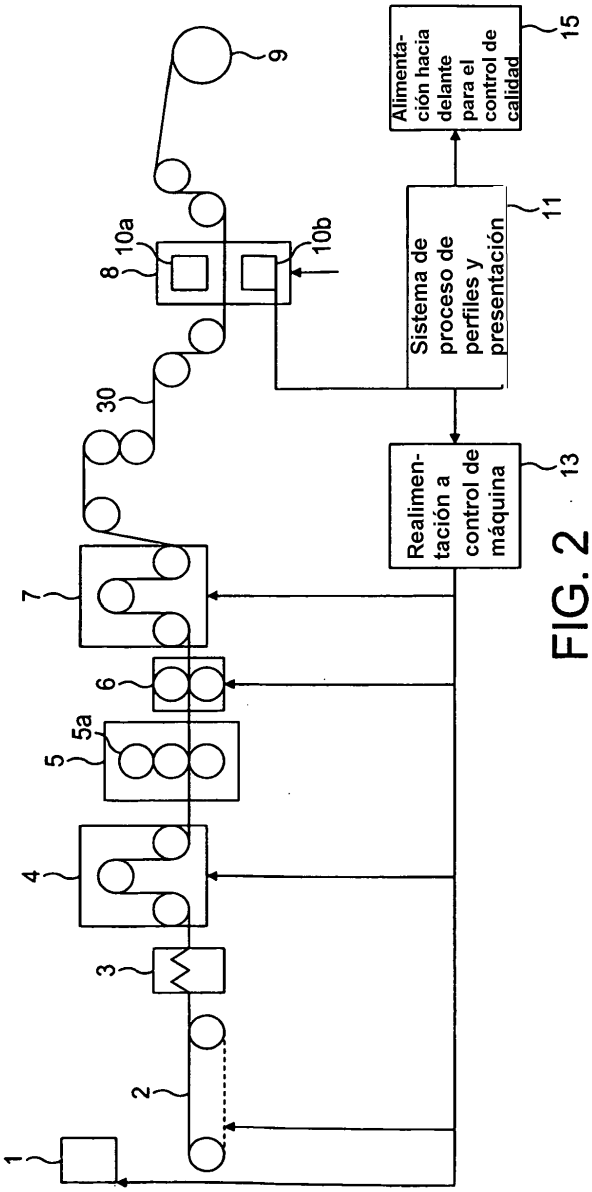
1
2
3
4
5
5a
6
7
30
8
10a
10b
9
Realimen-
tación a
control de
máquina
13
Sistema de
proceso de
perfiles y
presentación
11
Alimenta-
ción hacia
delante
para el
control de
calidad
15

FIG. 2

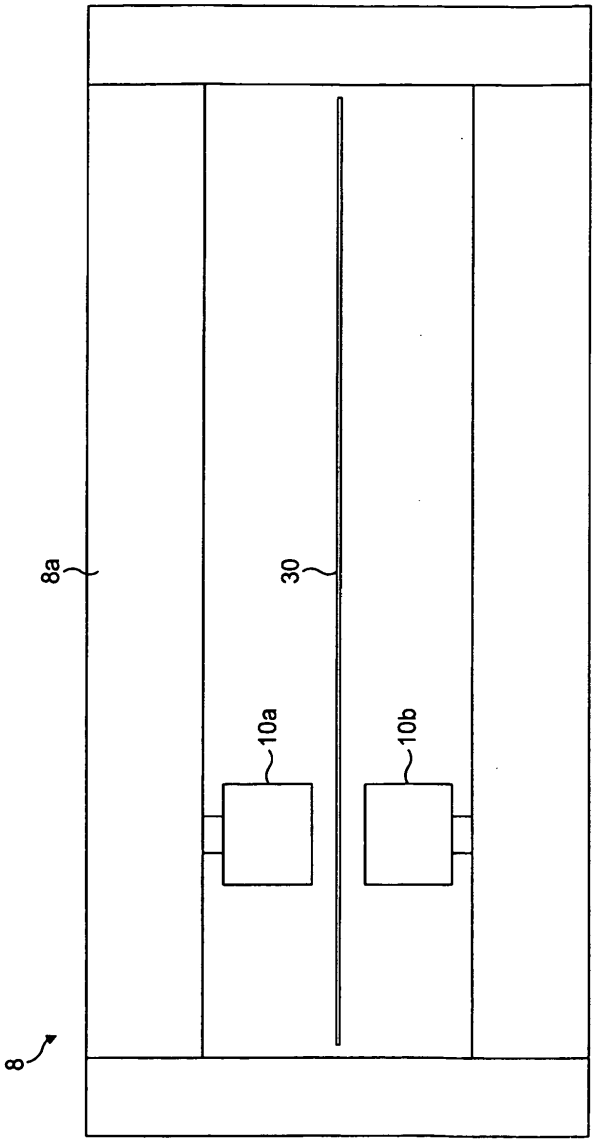

FIG. 3

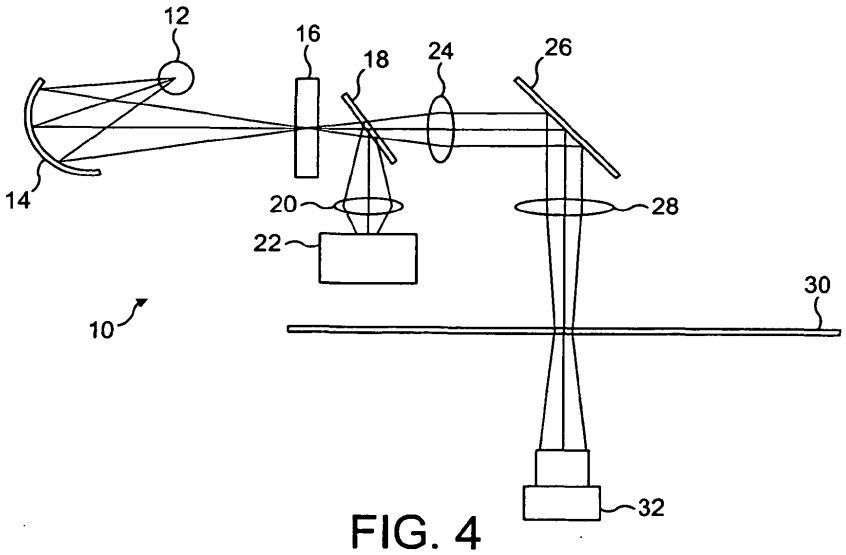

FIG. 4

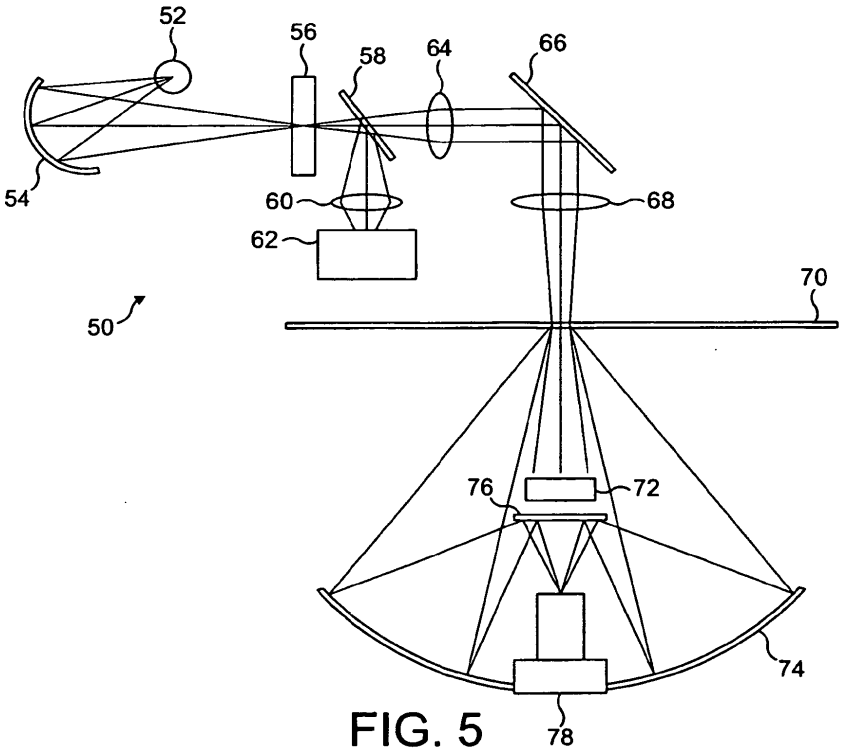

FIG. 5

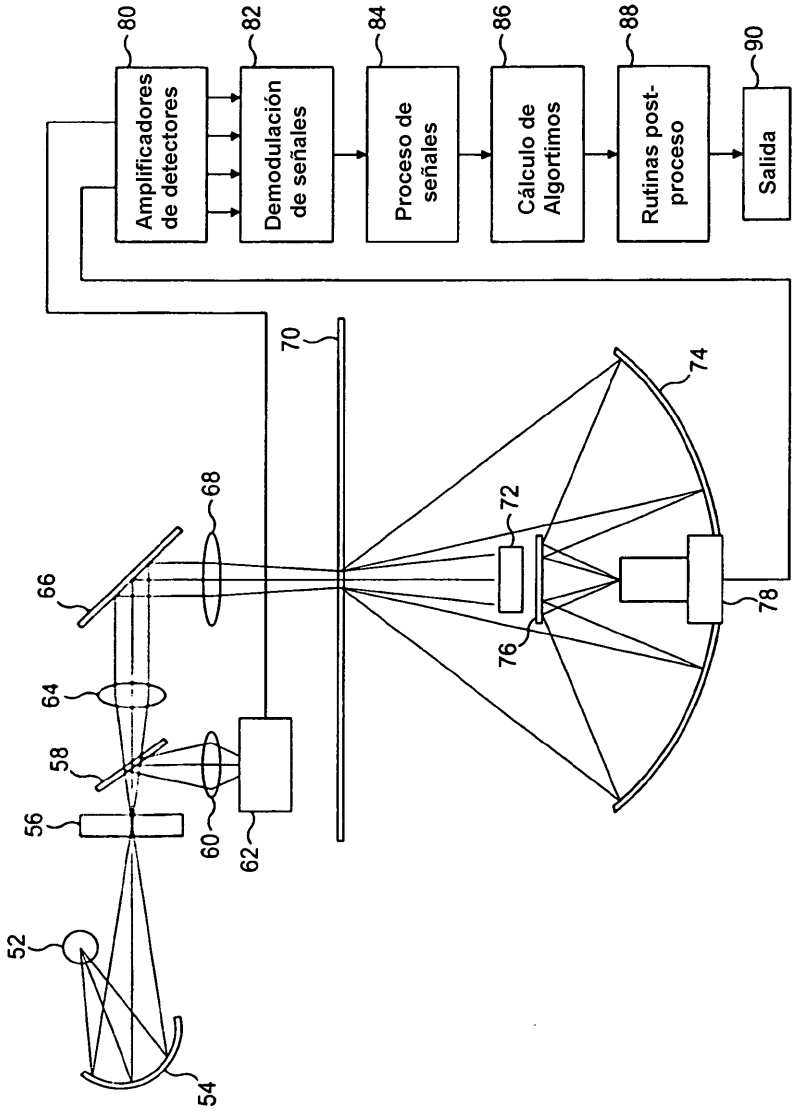
Amplificadores de detectores
Demodulación de señales
Proceso de señales
Cálculo de Algortimos
Rutinas post-proceso
Salida
80
82
84
86
88
90
52
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74
76
78

FIG. 6

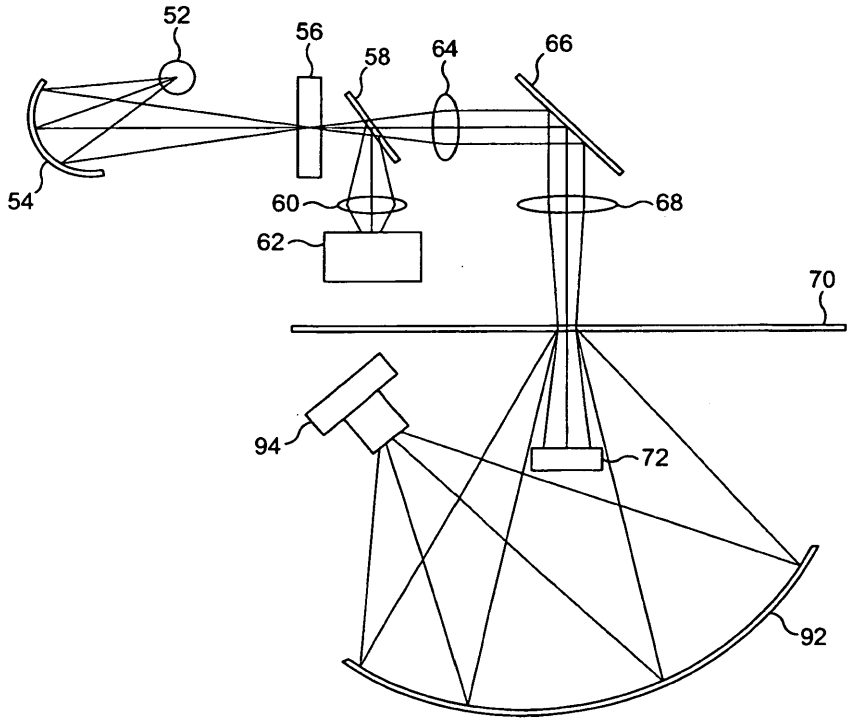

FIG. 7

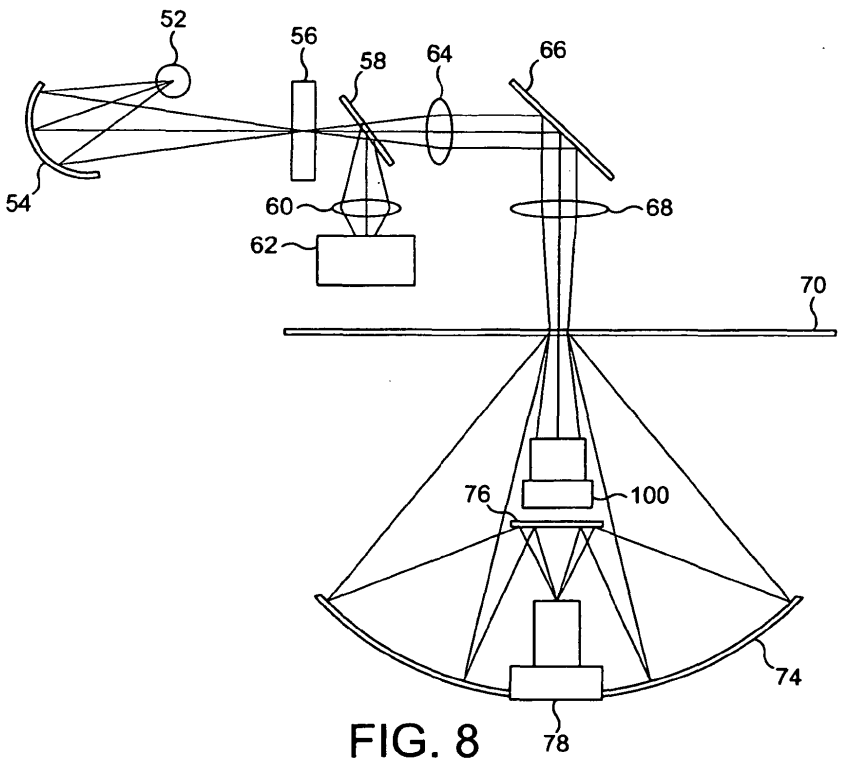

FIG. 8

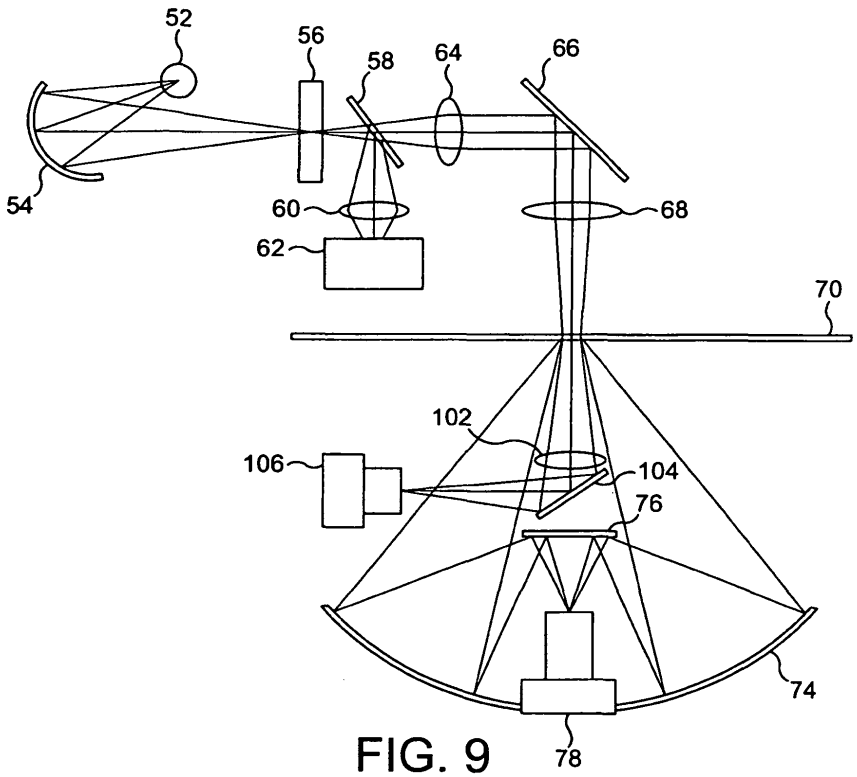

FIG. 9

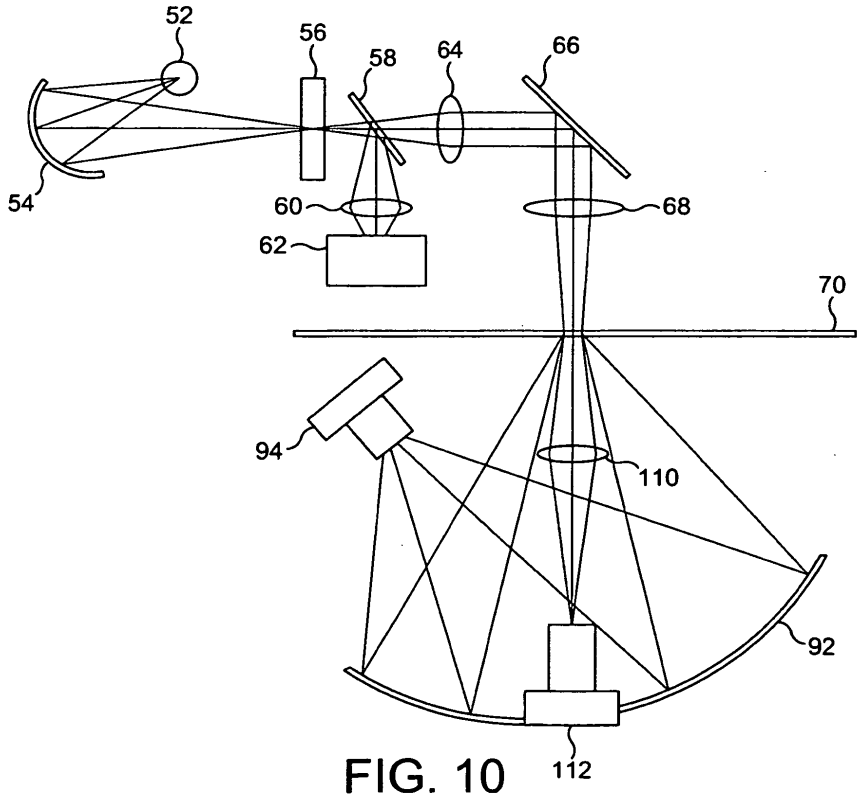

FIG. 10

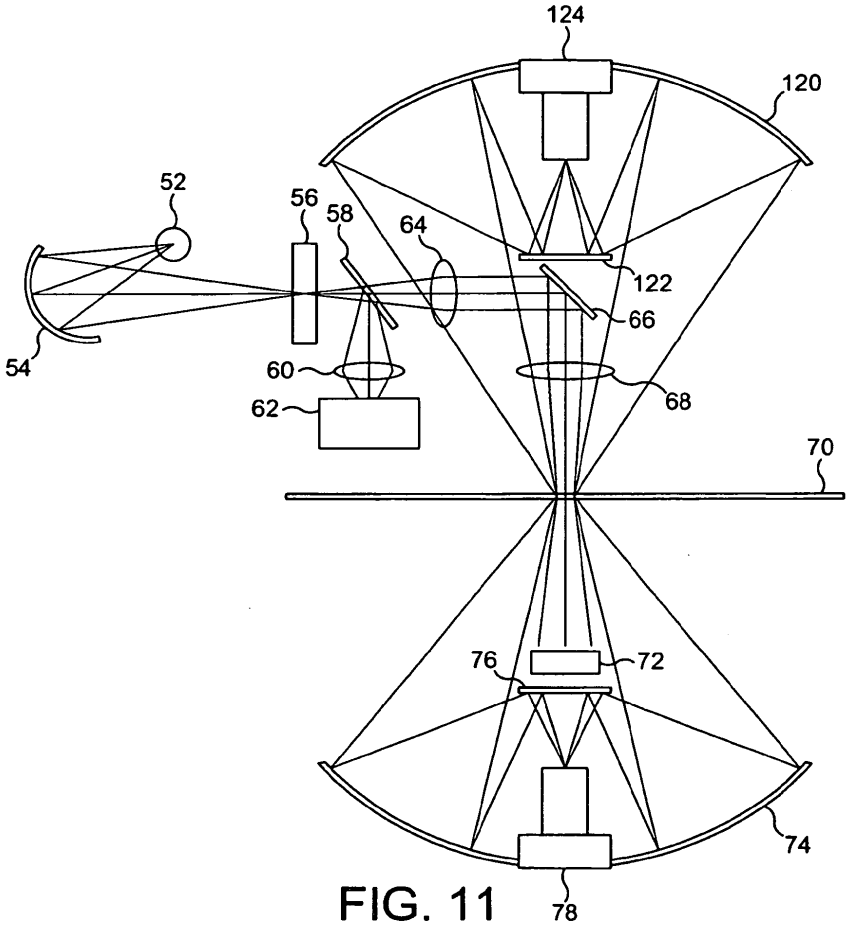

FIG. 11

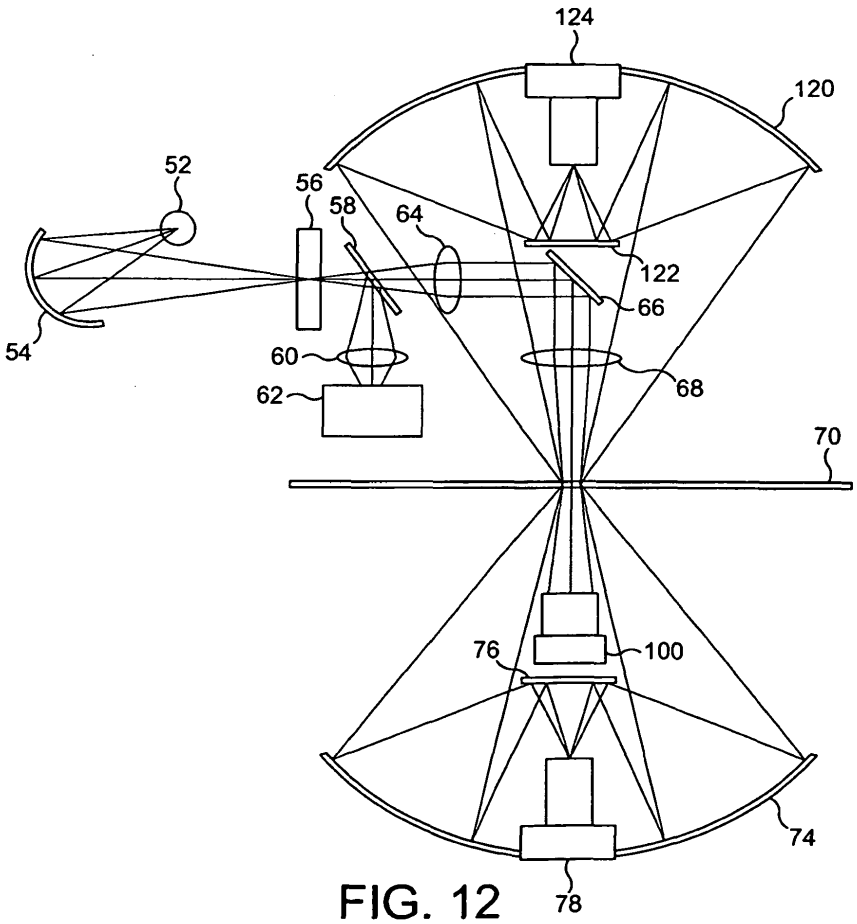

FIG. 12

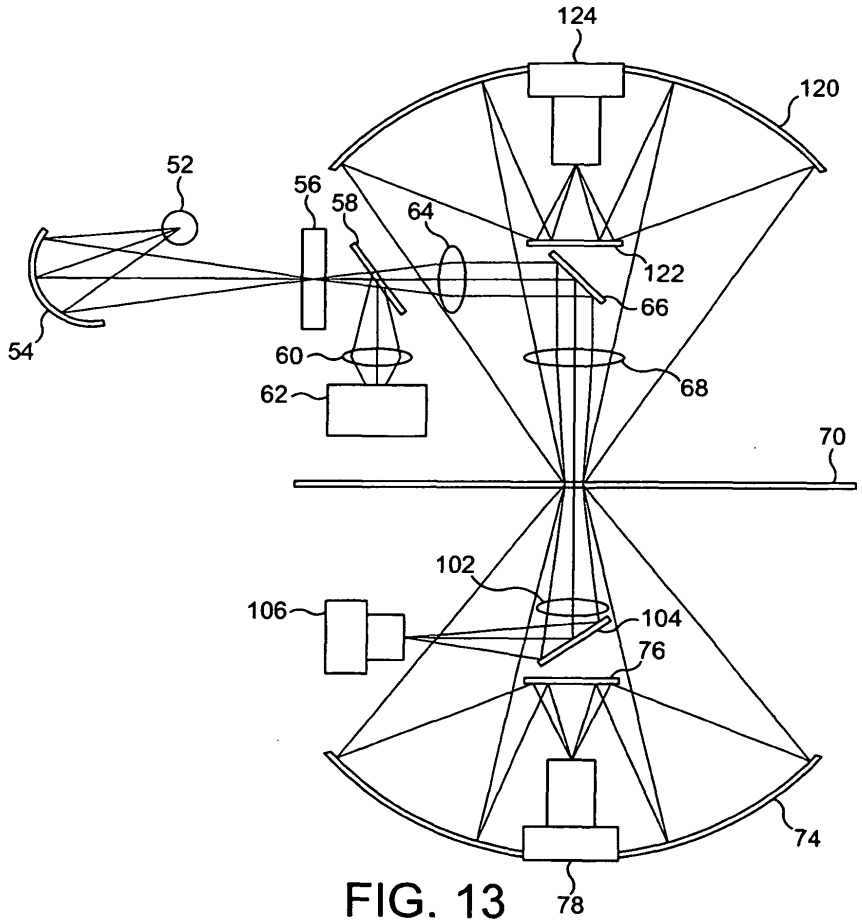

FIG. 13

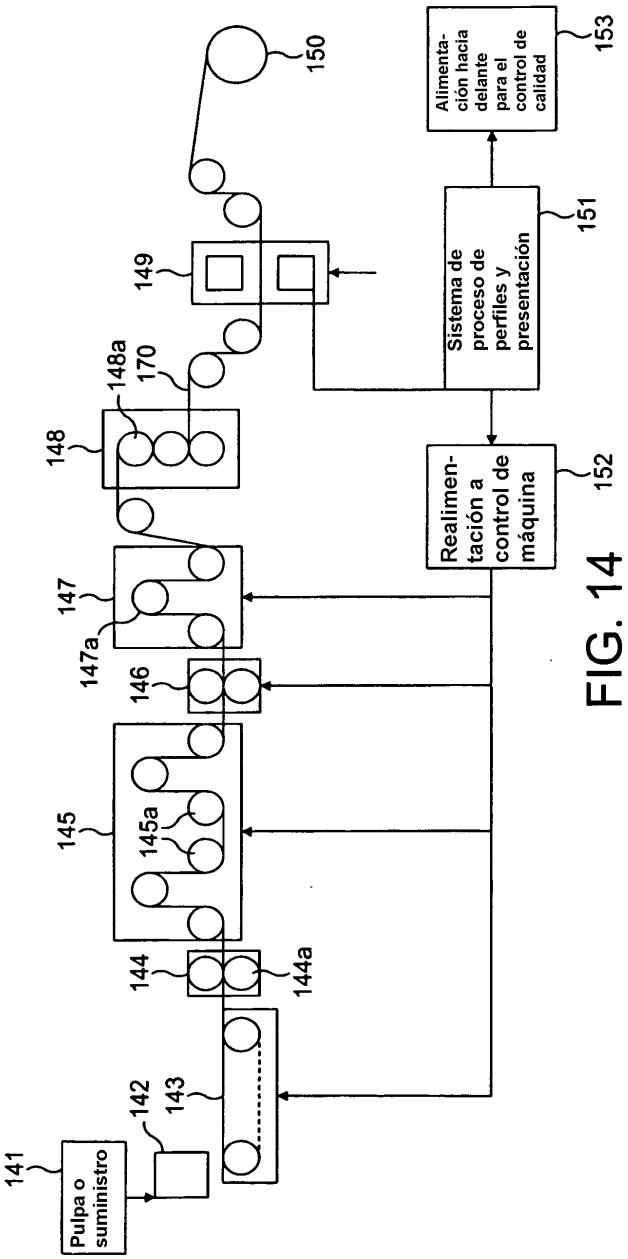
141
Pulpa o suministro
142
143
144
144a
145
145a
146
147
147a
148
148a
170
149
150
Sistema de proceso de perfiles y presentación
151
Alimenta-ción hacia delante para el control de calidad
153
Realimen-tación a control de máquina
152

FIG. 14

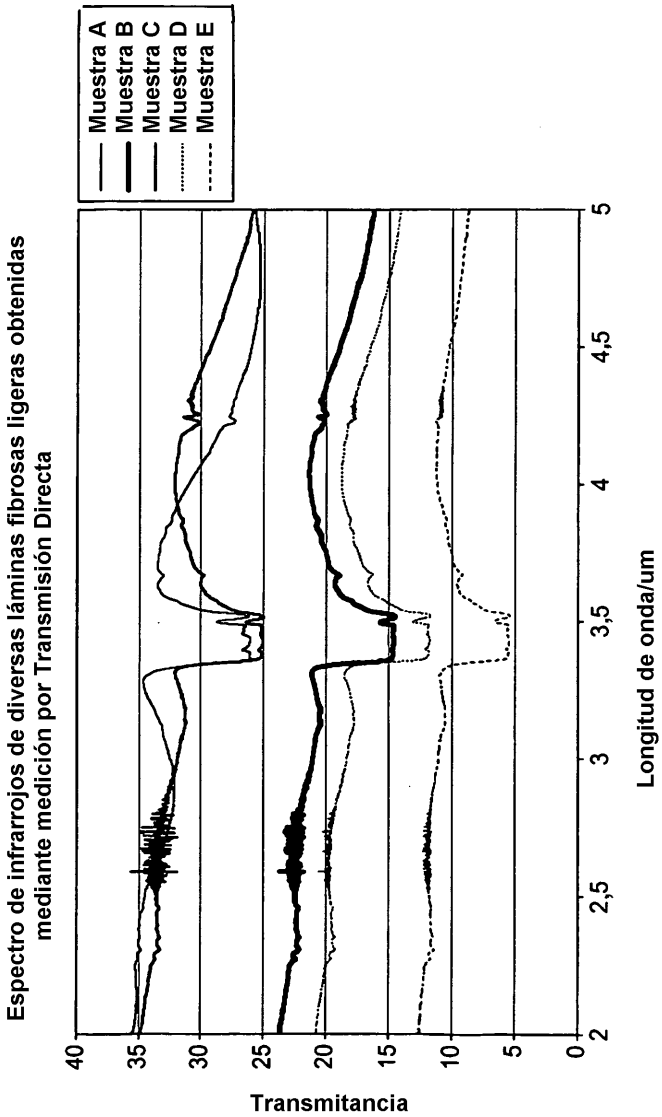
Espectro de infrarrojos de diversas láminas fibrosas ligeras obtenidas mediante medición por Transmisión Directa
Muestra A
Muestra B
Muestra C
Muestra D
Muestra E
Transmitancia
40
35
30
25
20
15
10
5
0
2
2,5
3
3,5
4
4,5
5
Longitud de onda/um

FIG. 15

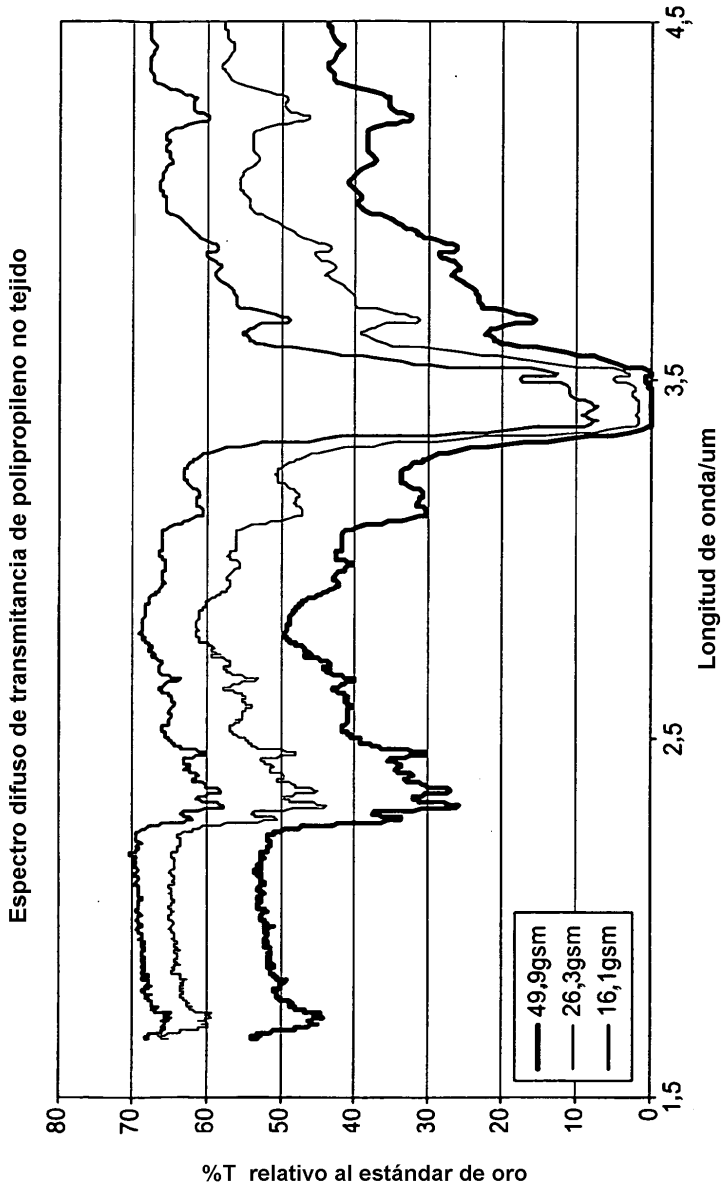
Espectro difuso de transmitancia de polipropileno no tejido
80
70
60
50
40
30
20
10
0
%T relativo al estándar de oro
1,5
2,5
3,5
4,5
Longitud de onda/um
49,9gsm
26,3gsm
16,1gsm

FIG. 16

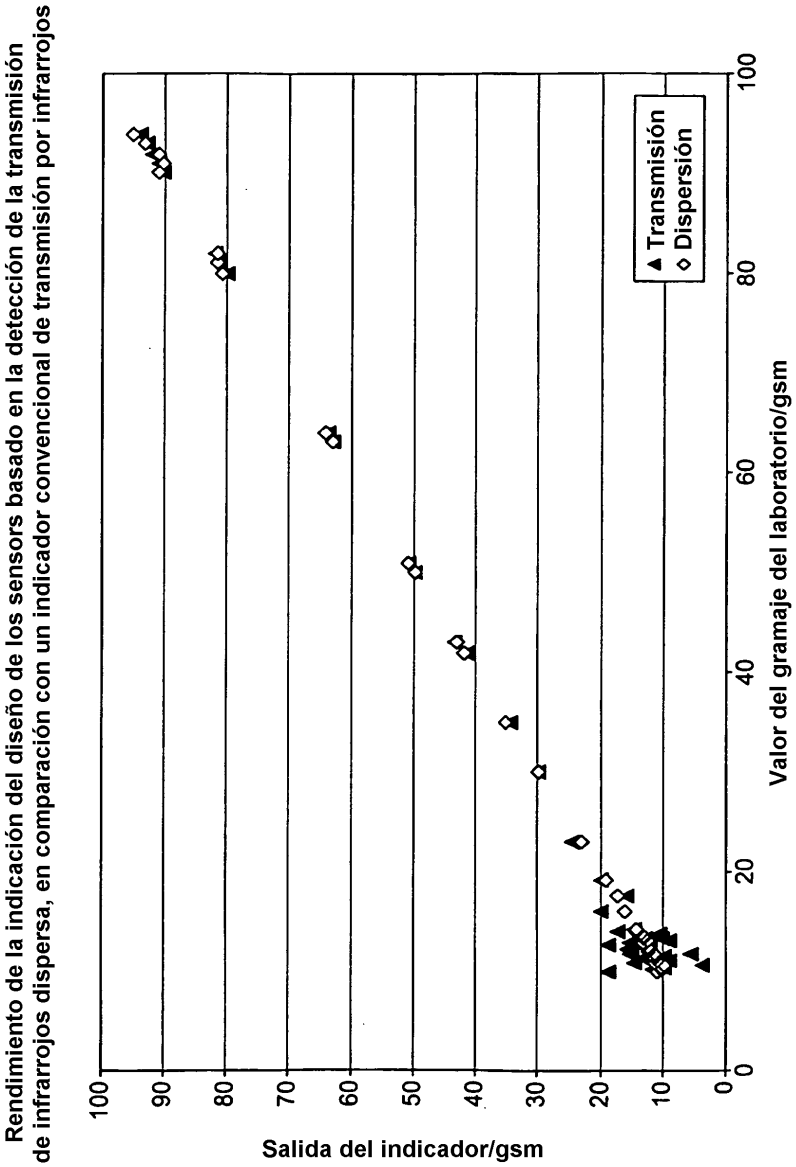
Rendimiento de la indicación del diseño de los sensors basado en la detección de la transmisión de infrarrojos dispersa, en comparación con un indicador convencional de transmisión por infrarrojos
Salida del indicador/gsm
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
20
40
60
80
100
Valor del gramaje del laboratorio/gsm
Transmisión
Dispersión

FIG. 17

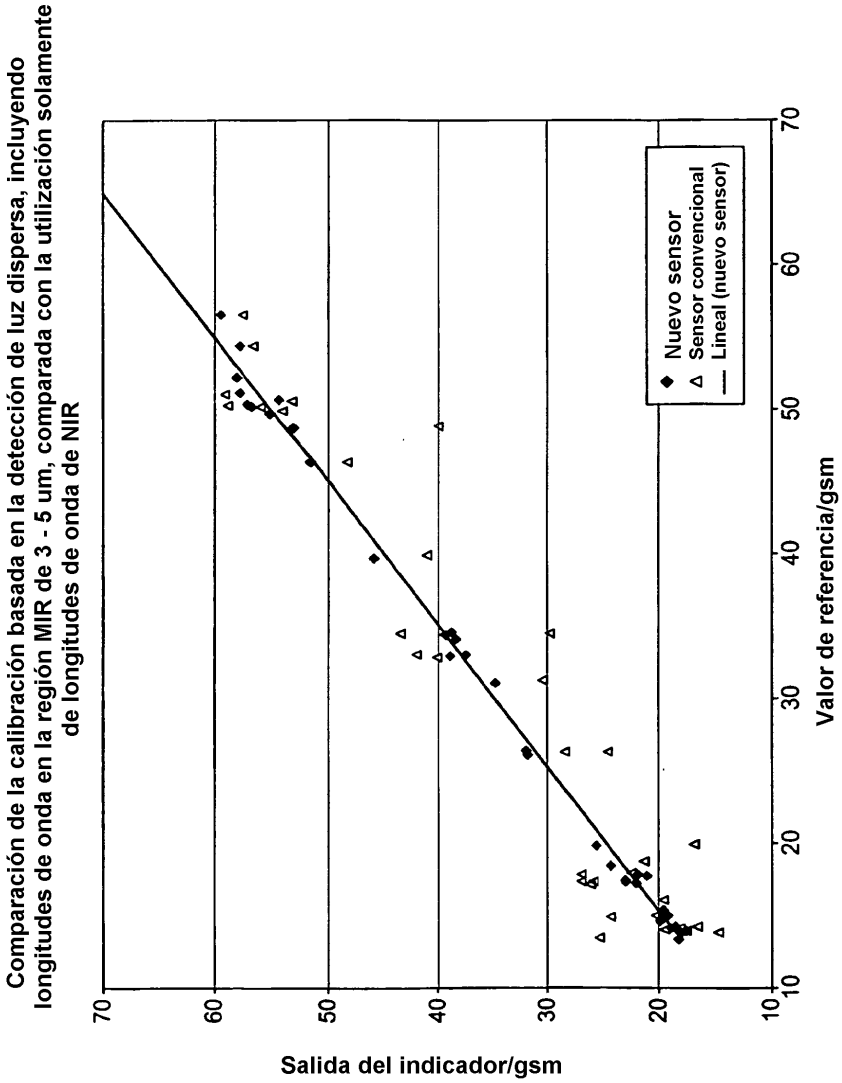
Comparación de la calibración basada en la detección de luz dispersa, incluyendo longitudes de onda en la región MIR de 3 - 5 um, comparada con la utilización solamente de longitudes de onda de NIR
Salida del indicador/gsm
Valor de referencia/gsm
Nuevo sensor
Sensor convencional
Lineal (nuevo sensor)
70
60
50
40
30
20
10
10
20
30
40
50
60
70

FIG. 18