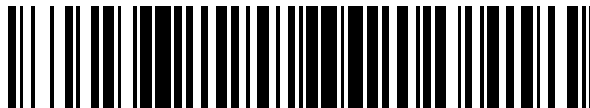


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 992**

51 Int. Cl.:

G01N 21/33 (2006.01)

G01N 21/3563 (2014.01)

G01N 21/359 (2014.01)

G01N 21/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2015 PCT/EP2015/077445**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.06.2016 WO16083342**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2015 E 15800776 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019 EP 3224599**

54 Título: **Monitoreo de proceso para curado por UV**

30 Prioridad:

25.11.2014 US 201462084004 P

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

11.10.2019

73 Titular/es:

**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,
PFÄFFIKON (100.0%)
Churerstrasse 120
8808 Pfäffikon, CH**

72 Inventor/es:

ZUEGER, OTHMAR

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 726 992 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

Monitoreo de proceso para curado por UV

5 La invención se refiere a una instalación de monitoreo de proceso *in situ* para lacas sensibles a UV sobre componentes.

10 Durante el endurecimiento de películas de laca sensibles a UV sobre componentes ha de superarse una dosis de UV específica de laca como producto de la intensidad de luz UV que incide sobre la superficie de la laca y del tiempo de la irradiación, de manera que se produce una reacción completa (polimerización) de la película de laca líquida viscosa dando lugar a un revestimiento de superficie. En caso de endurecimiento no completo no se alcanzan las propiedades mecánicas requeridas del revestimiento de laca, tal como la dureza y la resistencia al rayado, de igual manera no puede o solo puede alcanzarse de manera incompleta, la resistencia de adherencia u otras propiedades, debido a polimerización incompleta. En un uso industrial de este tipo de revestimientos de laca sobre componentes, un control de estas propiedades es posible solo en muestras aleatorias individuales debido a costes y motivos de desarrollo de producción. Al comprobarse endurecimiento insuficiente ha de partirse de que al menos una cantidad importante de componentes, los cuales se han producido desde el último control, pueden tener defectos de calidad y por tanto se pierden como mercancía defectuosa.

20 Por esta razón es muy deseable en el uso industrial, tener una instalación y procedimiento de control o de monitoreo integrados en el desarrollo de la producción, con los cuales puedan medirse propiedades de la película expuesta a luz UV como capa de superficie, para asegurar de esta manera la calidad de los componentes sin demora. Más deseable aún para esta instalación y procedimiento de monitoreo es la posibilidad de poder seguir el proceso de endurecimiento continuo de la película de laca durante la exposición a luz UV mediante señales de medición. Con un monitoreo de este tipo puede controlarse el proceso de endurecimiento, en el caso más sencillo puede adaptarse de manera controlada el tiempo de endurecimiento. De esta manera éste puede mantenerse de manera regulada tan corto como sea necesario para endurecimiento completo. De esta manera puede lograrse la productividad más alta posible manteniéndose la calidad igual para el paso de endurecimiento. En el caso de una exposición a luz con tiempo de endurecimiento fijo, debido a motivos de seguridad de proceso ha de mantenerse durante más tiempo del mínimo necesario, para obtener en caso de variaciones en el proceso de manera segura en todo caso endurecimiento completo. En una versión a modo de perfeccionamiento de un monitoreo del estado de endurecimiento puede influirse también en otros parámetros de proceso mediante técnica de regulación, de esta manera por ejemplo, podría adaptarse dinámicamente la potencia de la fuente de luz UV o la velocidad, con la cual se mueven los componentes por la zona de exposición a luz UV. De esta manera puede lograrse un tiempo de proceso mínimo para endurecimiento completo, con lo cual se maximiza la productividad.

35 Con un monitoreo de proceso de este tipo no pueden medirse directamente por lo general las propiedades, habitualmente mecánicas, a alcanzar, de la película de laca endurecida, dado que fundamentalmente deberían producirse sin contacto. Con estos métodos pueden medirse solo propiedades relacionadas, a través de las cuales puede concluirse con alta seguridad el mantenimiento de las propiedades necesarias. Un método extendido para la determinación del grado de endurecimiento es la espectroscopia óptica, en cuyo caso se analiza la modificación de reflexión (o transmisión) de la luz que incide sobre la película de laca con la ayuda de instalaciones de resolución espectral. Estas modificaciones espectrales son específicas en laca en diferentes rangos de longitud de onda. Se describen ejemplos del espectro UV en un folleto de la empresa Microchemicals GmbH, Ulm, Alemania (http://www.microchemicals.com/technical_information/exposure_photore sist.pdf), o se encuentran para el espectro infrarrojo de B. L. Gründen en la tesis "Cure characterization of an unsaturated polyester resin using near-infrared, fluorescence and UV/visible reflection spectroscopies", (Dissertation/Thesis 9924301, The University of Connecticut, 1999).

50 El documento US 2006/044555 A1 divulga un dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* en el cual la fuente de radiación y la fuente de señal son idénticas. El uso, así como la trayectoria óptica, son no obstante diferentes al presente caso.

55 El documento US 2005/143483 divulga también un dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* en el cual la fuente de radiación y la fuente de señales son idénticas y se usan espejos dicróicos. El desarrollo óptico es aquí no obstante también insatisfactorio.

El documento DE 10 2010 061767 A1 divulga el uso de un espejo perforado. Debido a ello bien es cierto que accede luz al sensor del dispositivo de monitoreo. No obstante, también se pierde luz a través de la perforación.

60 Son instalaciones de medición adecuadas habitualmente espectrómetros de rejilla o espectrómetros de transformada de Fourier como se describen en "On-line monitoring of the acrylate conversion in UV photopolymerization by near-infrared reflection spectroscopy" de Scherzer, Mehnert y Lucht (Polymer Spectroscopy Vol. 205, páginas, 151-162, 2004), o sensores de luz en combinación con elementos de filtro ópticos adaptados. Durante el endurecimiento de la película de laca se modifican los espectros en determinados intervalos. Estas modificaciones se aprovechan como medida cuantitativa para el grado de endurecimiento.

Un monitoreo de proceso de este tipo no puede reemplazar por completo un aseguramiento de calidad tipo muestra aleatoria. Mediante comparación de las propiedades espectroscópicas con las propiedades de laca relevantes técnicamente de muestras aleatorias, puede no obstante compararse y de esta manera pueden usarse los datos espectroscópicos para una supervisión continua de la calidad de la película de laca, lo cual puede servir a modo ampliado, tal como se han mencionado más arriba, para el control de proceso.

Las propiedades de los revestimientos de superficie sobre componentes se produce a modo de muestra aleatoria, fuera del proceso de producción, tanto con métodos directos de control de propiedades mecánicas, que destruyen habitualmente el revestimiento, o también métodos libres de destrucción, los cuales miden otras propiedades, que por experiencia están relacionadas directamente con las propiedades necesarias.

En el caso de los métodos libres de destrucción se conocen en particular métodos ópticos, como se describen en detalle en un folleto de la empresa Microchemicals GmbH, Ulm, Alemania (http://www.microchemicals.com/technical_information/exposure_photore sist.pdf). Durante el endurecimiento de películas de laca UV se produce una reacción de polimerización, en cuyo caso resultan de los monómeros/oligómeros en la laca viscosa-líquida cadenas poliméricas, produciéndose debido a esta modificación estructural también una modificación de las propiedades ópticas de la película de laca. Durante el endurecimiento inducido por UV se absorbe una parte de la luz UV en dependencia de la longitud de onda. Este comportamiento de absorción se modifica con el grado de endurecimiento y puede detectarse como modificación del comportamiento de reflexión dependiente de la longitud de onda (espectro de reflexión) con la ayuda de espectrómetros. Se describen ejemplos del espectro UV en un folleto de la empresa Microchemicals GmbH, Ulm, Alemania (http://www.microchemicals.com/technical_information/exposure_photore sist.pdf), o se encuentran para el espectro infrarrojo de B. L. Gründen en la tesis "Cure characterization of an unsaturated polyester resin using near-infrared, fluorescence and UV/visible reflection spectroscopies", (Dissertation/Thesis 9924301, The University of Connecticut, 1999). Son particularmente adecuados para ello espectrómetros UV con detectores de líneas, dado que con estos espectros de detección de la totalidad del rango de longitud de onda UV de 230...400 nm puede medirse en un tiempo de menos de 10 milisegundos.

Los espectrómetros con igual estructura, pero con conjunto de detectores para el espectro de infrarrojo cercano de 800...1700 nm (NIR), están disponibles a día de hoy y pueden funcionar con velocidades de lectura parecidas. De esta manera pueden seguirse simultáneamente modificaciones del comportamiento de reflexión espectral en el espectro NIR durante el proceso de endurecimiento con exposición a luz UV, como se describe en "On-line monitoring of the acrylate conversion in UV photopolymerization by near-infrared reflection spectroscopy" de Scherzer, Mehnert y Lucht (Polymer Spectroscopy Vol. 205, páginas, 151-162, 2004).

En el espectro infrarrojo IR (1500...20'000 nm) se modifican bandas de excitación con la conversión de la laca viscosa en el revestimiento endurecido, que se muestran como modificación en el espectro de reflexión infrarrojo. En una banda de números de onda determinada se produce una modificación que puede medirse bien, con la cual puede determinarse el estado de endurecimiento de la película de laca. Véase Lowry und Weesner (Using Real-Time FT-IR to Characterize UV Curable Optical Adhesives, Spektroskopie, Vol. 26, Iss. 8, páginas, 40-46, 2011). Los espectros infrarrojos se miden a día de hoy casi exclusivamente con espectrómetros de infrarrojos de transformada de Fourier (FTIR).

Para usos específicos pueden detectarse modificaciones espectrales en la reflexión también con la ayuda de uno o de varios filtros ópticos adecuados y sensores de intensidad ópticos sencillos, los filtros tienen que estar adaptados no obstante específicamente al uso y a las propiedades espectrales de la reflexión de luz de la película de laca. Para un uso industrial esta solución sencilla, pero de uso solo específico, puede tener sentido absolutamente como solución más ventajosa y robusta en lugar de un espectrómetro de banda ancha.

Del estado de la técnica resultan en particular las siguientes desventajas:
sin instalación de monitoreo es posible solamente una detección demorada de problemas de calidad mediante mediciones de muestras aleatorias en piezas producidas.

Se requiere además de ello un tiempo de exposición a la luz largo para lograr de forma segura la dosis de exposición a luz necesaria.

Además de ello, existe el riesgo de una sobreexposición a la luz de la película de laca, lo cual puede conducir a una fragilización.

Hasta el momento no existe ninguna o solo una detección temprana demorada de desvíos de proceso, los cuales pueden conducir hasta problemas de calidad graves.

La invención se refiere a un dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* para la medición del estado de endurecimiento de una laca de curado por UV de acuerdo con la reivindicación 1.

La invención se completa a continuación en detalle y mediante figuras a modo de ejemplo.

La Fig.1: representación esquemática de la detección automatizada no de acuerdo con la invención de un estado de endurecimiento de una película de laca de curado por UV sobre componentes.

La Fig.2: representación esquemática de una sincronización no de acuerdo con la invención para componentes que se mueven para la detección automática de un estado de endurecimiento de una película de laca de curado por UV, en la cual un sensor detecta la posición del componente y una señal de activación 209 genera las imágenes espectrales individuales para una serie de posiciones que se suceden, predefinidas.

La Fig.3. Representación esquemática de la detección automatizada no de acuerdo con la invención de un estado de endurecimiento de una película de laca de curado por UV sobre componentes con una disposición sobre una sujeción en forma de husillo rotativa.

La Fig.4: representación esquemática de un dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* no de acuerdo con la invención, para la detección del estado de endurecimiento de una película de laca de curado por UV sobre componentes mediante el uso de un espejo dicróico 411.

La Fig.5: representación esquemática de un dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* no de acuerdo con la invención para la detección del estado de endurecimiento de una película de laca de curado por UV sobre componentes, produciéndose el endurecimiento mediante exposición a luz UV mediante reflexión en un espejo dicróico 511 y dejando pasar un agujero en el espejo 513 una fracción de la radiación IR 527 reflejada por la superficie del componente, hacia el espectrómetro 503.

La Fig.6: representación esquemática de un dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* para la detección del estado de endurecimiento de una película de laca de curado por UV sobre componentes, optimizándose mediante elementos de espejo segmentados 631, 632 la exposición a luz UV mediante reflexión y garantizándose el aumento de la calidad de la señal del espectro en cuanto que se aumenta la proporción de la señal de medición 627, que incide sobre la ventana de entrada del espectrómetro 603 para una medición "in situ".

La Fig.7: representación esquemática de un dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* para la detección del estado de endurecimiento de una película de laca de curado por UV sobre componentes, en otra disposición de espejo a modo de ejemplo en comparación con la Fig. 6.

La Fig.8: representación esquemática de la disposición de espejos de acuerdo con la invención, apareciendo continuos los espejos segmentados en proyección a lo largo de la dirección original de la fuente de radiación, apareciendo en proyección a lo largo de la radiación reflejada por el sustrato no obstante con abertura.

La Fig.9: representación esquemática de un dispositivo de monitoreo de proceso *in situ*, la cual muestra varios espejos segmentados con diferente inclinación.

Una detección automatizada del grado de endurecimiento de una película de laca de curado por UV sobre componentes se muestra esquemáticamente en la Fig. 1. Los componentes se mueven secuencialmente al haz de luz de una fuente de luz UV 101. Allí se mantienen los componentes durante un intervalo de tiempo determinado durante el cual se solicita la película de laca con luz UV para el endurecimiento. Una parte de la radiación emitida por la fuente de UV se refleja en la superficie de la película de laca y puede detectarse con una disposición de sensores de luz (espectrómetro) 103 selectiva de longitud de onda dispuesta de manera adecuada. Las fuentes de UV de alta intensidad se basan en lámparas de descarga gaseosa, cuyo plasma no solo emite luz UV, sino al menos también luz fuertemente visible y radiación infrarroja. Por esta razón la fuente de luz UV sirve al mismo tiempo como fuente para la luz de reflexión a analizar, y no ha de usarse la fuente de luz incorporada habitualmente en espectrómetros, para el haz de medición.

Durante el intervalo de tiempo de exposición a luz se miden varios espectros (al menos 2) y se suministran a una unidad de monitoreo 105, la cual compara los espectros automáticamente y calcula a partir de estos datos espectrales el grado de endurecimiento con un algoritmo adecuado a partir de las modificaciones espectrales. Al alcanzarse un grado de endurecimiento predeterminado determinado, se envía una señal para el accionamiento del avance de los componentes 107, que lleva a cabo el cambio al siguiente componente.

Con este endurecimiento llevado a cabo con los componentes de pie, éste se produce habitualmente de manera no muy homogénea, dado que la iluminación de la superficie de componente con fuentes UV convencionales, que se extienden en la dirección perpendicular con respecto a la dirección de movimiento de los componentes, resulta no uniforme, en particular en el caso de componentes con una longitud, la cual es significativamente mayor a la extensión de la zona de iluminación o la longitud de las fuentes UV.

Resulta ventajoso mover los componentes de manera continua a través de la zona de iluminación, dado que de esta manera puede obtenerse una homogeneidad esencialmente mejor. En caso de captarse durante este movimiento continuo simultáneamente espectros de reflexión con la unidad de monitoreo 203, este ciclo de captación debería producirse de manera sincronizada con el movimiento de los componentes. De esta manera puede garantizarse que para todos los componentes expuestos a luz de manera sucesiva se mida de igual modo el comportamiento de reflexión. En la Fig. 2 se muestra esquemáticamente una sincronización de este tipo con el movimiento, en cuanto que con un sensor se detecta la posición del componente y una señal de activación 209 genera las imágenes espectrales individuales para una serie de posiciones que se suceden, predefinidas.

Dado que la intensidad reflejada puede cambiar de forma continua debido a la geometría de superficie con el movimiento de los componentes, la velocidad de captación ha de ser en este caso más rápida que la velocidad con la cual se mueven los componentes por la zona de iluminación de la fuente de UV. Esta modificación de la intensidad detectada conduce a una modulación de la intensidad tanto durante la captación de un espectro, como también de espectros que se suceden. Para la comparación de los espectros para la detección del grado de endurecimiento es ventajoso no comparar los datos espectrales directamente como espectro de intensidad, sino de un modo modificado matemáticamente, en cuyo caso se suprime la dependencia directa de la intensidad absoluta. Formas posibles se encuentran en la intensidad logarítmica $\ln[I(\lambda)]$ o en la derivación logarítmica de los espectros de intensidad $I(\lambda)$ de acuerdo con las longitudes de onda λ , $\partial \ln[I(\lambda)]/\partial \lambda$, indicando \ln la función de logaritmo natural. Mientras que el espectro $\ln[I(\lambda)]$ se desplaza en caso de intensidad absoluta cambiante a razón de un valor, el espectro $\partial \ln[I(\lambda)]/\partial \lambda$ tiene la propiedad de que en cada longitud de onda es esencialmente el mismo independientemente de la intensidad actual de la señal, dado que en caso de la formación de diferencia en relación con la derivación $\partial \ln[I(\lambda)]/\partial \lambda$ se suprime también un desplazamiento del espectro $\ln[I(\lambda)]$. Para la comparación de espectros pueden usarse también otros procedimientos, por ejemplo también algoritmos numéricos Fit, en cuyo caso el espectro medido se compara con un espectro predeterminado, calculado según un modelo adecuado. Estos algoritmos Fit pueden contener un factor de escalado dependiente de la longitud de onda como parámetro de optimización numérico, el cual se trata en el algoritmo de comparación de los espectros como grado de libertad adicional.

En el caso de espectrómetros de rejilla de UV-VIS-NIR con sensor de conjunto de detectores puede medirse con una velocidad de algunos 10 a 100 espectros por segundo, es decir, una exposición a luz de típicamente 1...100 segundos en dependencia de la laca, fuente UV, disposición geométrica, en todo caso una pluralidad de espectros y detectarse de esta manera el endurecimiento gradual a partir de modificaciones en el tiempo de señales de reflexión en determinados rangos de longitud de onda.

En caso de un espectrómetro de transformada de Fourier, tal como se usan en el espectro infrarrojo, pueden lograrse con instrumentos de escaneo rápido también velocidades de espectro de 1...100 por segundo. Dado que los rangos espectrales típicos, en los cuales son visibles las modificaciones, no son muy estrechos (de tipo algunos 100 cm^{-1}), puede trabajarse en un modo de baja resolución con intervalo bajo de escaneo de fases de interferómetro (en el caso más sencillo un movimiento lineal de un espejo del interferómetro), debido a lo cual puede aumentarse la velocidad de escaneo, dado que ésta está limitada por la mecánica del movimiento de una pieza del interferómetro por la inercia de este elemento móvil (en el caso más sencillo un movimiento lineal de un espejo).

En el caso de la detección de modificaciones espectrales mediante filtros ópticos discretos junto con sensores de intensidad sencillos han de medirse varios rangos de longitud de onda simultáneamente para detectar modificaciones en la reflexión debido a endurecimiento en aumento. Los sensores de intensidad tienen habitualmente un intervalo de dinámica de señal esencialmente más alto que los conjuntos de sensores. De esta manera apenas tienen límites espaciales prácticos de velocidades de repetición de la detección de señal en este uso, en cuyo caso el tiempo de exposición a luz mínimo para endurecimiento completo representa el límite de tiempo relevante, que tal como se ha mencionado más arriba, se encuentra en el intervalo de 1...100 segundos.

Para lograr alta productividad en la exposición a la luz de componentes, se trabaja sobre todo con fuentes de luz UV de alta intensidad con distribución de intensidad por la totalidad del espectro UV con longitudes de onda λ de 200...400 nm. Estas fuentes consisten habitualmente en lámparas de haluro metálico de alto rendimiento, en las cuales se excita eléctricamente un plasma, el cual emite la luz UV, en combinación con elementos de espejo, los cuales concentran la luz UV en la medida de lo posible en la zona de uso delante de la lámpara. Los componentes que han de exponerse a luz, cuya superficie está provista de laca UV, se llevan para la exposición a la luz a esta zona de uso. Estas fuentes UV pueden estar configuradas o bien como fuentes lineales con una lámpara tubular determinada y un elemento de espejo alargado conformado correspondientemente, o pueden consistir también en una serie de fuentes UV que se encuentran unas junto a las otras, con correspondientemente una lámpara en forma de punto y un correspondiente reflector adecuado. Estas lámparas de haluro metálico emiten además de la luz UV deseada (< 20 %) también radiación intensiva visible (- 10 %) e infrarroja (> 70 %). Esta radiación infrarroja intensiva conduce a un calentamiento de los componentes. En el caso de piezas de material plástico, cuyo material plástico permite una temperatura máxima de < 100 °C, la exposición a la luz ha de producirse de tal manera que la dosis de UV necesaria durante el tiempo se aplique de tal manera que en este caso los componentes se mantengan por debajo de la temperatura de transformación de fase crítica.

La problemática de los altos calentamientos durante la exposición a la luz puede evitarse de la siguiente manera. Por un lado los componentes no se exponen continuamente a la radiación UV, en cuanto que se conducen cíclicamente a la zona de alta intensidad, de manera que durante el tiempo, en el cual se encuentran fuera de la zona de exposición a la luz, pueden enfriarse de manera periódica. Este movimiento cíclico de los componentes se realiza sobre todo, en cuanto que los componentes se disponen sobre una sujeción en forma de husillo y esta sujeción se gira alrededor del propio eje (Fig. 3).

Naturalmente la disposición de los componentes sobre un husillo no es el único modo de mover las piezas cíclicamente a través de la zona de uso: con una disposición de los componentes sobre un plato giratorio o un movimiento activo cíclico lineal hacia delante y hacia detrás de los componentes sobre un sistema de transporte lineal puede lograrse

esencialmente lo mismo. Por otro lado, mediante un elemento de espejo 411 dicroico revestido adecuadamente, el cual se dispone entre la fuente de UV y la zona de uso, puede reflejarse la luz selectivamente y mantenerse la luz visible e infrarroja 425 mediante transmisión selectiva en el elemento de espejo en una alta medida lejos de la zona de uso (Fig. 4).

Con un elemento de espejo dicroico de este tipo puede suprimirse la radiación visible e infrarroja típicamente en hasta más de un 80 %, guiándose al mismo tiempo la radiación UV 421 de manera eficiente a la zona de uso. Incluso con este debilitamiento continúa accediendo aún una parte importante de luz IR 423 a la zona de uso. La parte relativa de la totalidad de la luz en la zona de uso es no obstante típicamente aún 30... 50 %.

Para un monitoreo de los espectros de reflexión en el espectro infrarrojo relevante esta luz sirve como fuente para la determinación del grado de reflexión de la capa de laca.

A diferencia del uso convencional de espectrómetros IR, los cuales tienen incorporada una fuente de IR interna, ésta en el uso de monitoreo aquí representado no se usa, sino directamente la luz IR 427 emitida por la lámpara de UV.

Con la disposición de los componentes sobre un husillo rotativo, debido al movimiento simultáneo de todo el husillo, un movimiento progresivo, como se describió anteriormente, para la detección espectral de la luz reflejada con un sistema de monitoreo, debido a la inercia mecánica, es técnicamente más complejo. Es esencialmente más sencillo un movimiento giratorio continuo. Siempre y cuando la velocidad circunferencial de los componentes sobre el husillo sea lo suficientemente lenta, de manera que los componentes se muevan solo mínimamente (en comparación con tamaño propio) durante el ciclo de medición del espectrómetro, puede suponerse que el espectro detectado se diferencia solo mínimamente de un espectro medido estáticamente. Los tiempos de captación típicos para un espectro están tanto con conjuntos de detectores en espectrómetros de rejilla o también espectrómetros de escaneo rápido FTIR, en el intervalo de algunos milisegundos hasta algunos pocos 10 milisegundos, Las velocidades circunferenciales sobre husillos se mueven típicamente en el intervalo de 100...500 mm/s, es decir, durante un escaneo de captación del espectrómetro el movimiento es de típicamente 1...10 mm, lo cual es para tamaños de componente típicos pequeño en comparación el propio tamaño. En caso de no usarse para la evaluación numérica adicional de los datos, tal como se ha descrito arriba, la intensidad reflejada $I(\lambda)$, sino una magnitud derivada como por ejemplo $\partial \ln(I)/\partial \lambda$, que es independiente de la intensidad absoluta, pueden suprimirse durante las captaciones del espectro mediante el movimiento simultáneo de los componentes oscilaciones en la intensidad que hacen su aparición, con las magnitudes $\ln(I)$ o $\partial \ln(I)/\partial \lambda$. Naturalmente es ventajoso para una alta estabilidad de señal espectral, tener una velocidad de escaneo de captación lo más alta posible, con lo cual se hacen relativamente más pequeñas las oscilaciones en la intensidad, y en correspondencia con ello promediar mediante varios espectros en lugar de seleccionar una velocidad lenta con oscilaciones de intensidad más altas, dado que de esta manera se minimizan los falseamientos de señal.

En el caso de un espectrómetro FTIR una intensidad de reflexión cambiante durante el escaneo conduce a una modulación del interferograma, que resulta en la transformada de Fourier en una convolución con una propagación de onda corta para la función de resolución. Dado que la velocidad de modulación se encuentra en el orden de la velocidad de escaneo, esta convolución conduce a una propagación de pico mínimo en el espectro de reflexión. Dado que sin embargo las características espectrales de la laca no son de banda muy estrecha y de esta manera sus modificaciones mediante la reacción de endurecimiento tampoco lo son, los falseamientos debido a intensidades de reacción ligeramente cambiantes durante el escaneo son reducidos y de esta manera de relevancia subordinada para un monitoreo del grado de endurecimiento de la laca.

La versión de la Fig. 4 usada preferentemente con espejo UV dicroico 411 con combinación con husillo giratorio tiene sin embargo la limitación de que la luz reflejada por la película de laca sobre el componente, que ha de detectarse con el espectrómetro, ha de ser transmitida por el espejo UV dicroico, ha de ser transmitida por el espejo UV dicroico. El revestimiento dicroico del espejo no deja pasar la luz UV, por el contrario este es transparente para la luz visible e infrarroja cercana (NIR) hasta longitudes de onda de aproximadamente 2500...3000nm 427. La luz infrarroja de onda más larga es absorbida por los sustratos de vidrio usados del espejo de UV y de esta manera ya no puede alcanzar un espectrómetro que se encuentra detrás. Bien es cierto que existen materiales de sustrato de espejo UV con una alta transparencia de infrarrojos, estos son sin embargo muy costosos, en particular en tamaños de varios 10 cm de extensión (por ejemplo sulfuro de zinc).

Con vidrios habituales para el espejo de UV puede realizarse por lo tanto un monitoreo del estado de endurecimiento de la película de laca solo limitado a la banda de longitud de onda NIR, las modificaciones espectrales típicas en IR de onda más larga por el contrario no.

Por esta razón es deseable tener una configuración, en la cual pueda lograrse aun así una alta reflexión para la luz UV de la fuente, pudiendo detectarse no obstante luz reflejada sin transmisión mediante un elemento óptico con un espectrómetro, estando presente la totalidad del rango de longitud de onda infrarrojo que atraviesa el aire, de la reflexión espectral, en el haz de medición. En la Fig. 5 se representa una realización de este tipo.

Con la ayuda de un agujero 513 en el espejo UV puede acceder luz IR 527 sin obstáculos a la ventana de medición del espectrómetro 503 tras el espejo UV. Por un lado el tamaño del espejo ha de elegirse de tal manera que el haz de

5 luz reflejado por la película de laca sobre la superficie del componente incida durante al menos el intervalo de tiempo de un escaneo de espectrómetro en la ventana de medición del espectrómetro. Para ello pueden usarse por lo tanto varios agujeros, intersticios o ranuras en el espejo. Por otro lado el agujero debería ser no obstante en la medida de lo posible pequeño, dado que en esta zona de superficie el espejo UV carece de efecto y por lo tanto localmente incide menos luz UV de la fuente 521 sobre la película de laca de los componentes.

10 Con un espejo UV, el cual consiste en lugar de en un agujero, en al menos 2 segmentos, los cuales están dispuestos a una determinada distancia (intersticio), puede eliminarse la irregularidad de la exposición a la luz que conlleva el agujero (Fig. 6). Mediante diferente inclinación, tamaño y cantidad adecuados de los segmentos de espejo 631, 632, puede no solo eliminarse en gran medida la pérdida de luz UV a través de la abertura de intersticio, con una disposición optimizada la intensidad de UV sobre los componentes puede incluso elevarse más allá del calor con un espejo UV plano, continuo. La abertura para el paso del haz de luz reflejado de vuelta puede mantenerse de esta manera alejado, para detectar en la medida de lo posible mucha luz infrarroja 627 reflejada, sin una pérdida esencial de luz UV sobre las películas de laca a endurecer sobre las superficies de componente. De esta manera puede llevarse más luz IR a la ventana de entrada del espectrómetro 603, lo cual mejora la calidad de señal del espectro para un monitoreo del proceso de endurecimiento. La segmentación del espejo UV preferentemente no debería estar hecha en el centro del espejo UV, La segmentación del espejo UV preferentemente no debería estar hecha en el centro del espejo UV, dado que por un lado en esta zona incide la mayor intensidad de UV, de esta manera la pérdida de luz UV provocada sería la más grande, por otro lado el ángulo de apertura para la luz reflejada por los componentes se ampliaría con una segmentación no por la mitad, como se representa en la Fig. 6 en la parte superior o en la Fig. 7 en la inferior, del espejo, con respecto a una segmentación central. De esta manera puede ampliarse la señal de medición, manteniéndose al mismo tiempo mínima la pérdida de luz UV.

25 Una disposición lateral del espectrómetro, es decir, desplazada lateralmente en relación con un elemento de espejo continuo, tendría no obstante un rendimiento de intensidad esencialmente inferior para la medición en comparación con la disposición tal como se describe en las figuras 6 y 7.

30 De acuerdo con la invención, la luz de endurecimiento se desvía a través de un espejo segmentado 831 y 832 hacia los sustratos 841, apareciendo ésta continua en proyección a lo largo de la dirección original de la fuente de radiación, apareciendo en proyección a lo largo de la radiación reflejada por el sustrato no obstante con abertura, y dejando pasar de esta manera una parte de la radiación reflejada por el sustrato sin obstáculos hacia el detector 803, tal como puede verse en la Fig. 8.

35 Otra forma de realización particularmente preferente se representa en la Fig. 9, en la cual pueden estar inclinados uno o varios espejos 931, 932, 933 en ángulos $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, entre el eje principal óptico de la fuente de radiación y la normal de la superficie reflectante del espejo, debiendo ser el intervalo angular $0 < \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n < 90^\circ$, y no teniendo que ser iguales los ángulos $\alpha_1 \dots \alpha_n$.

40 Con un monitoreo de la luz reflejada de la fuente UV puede detectarse el estado de endurecimiento de una película de laca sobre componentes *in situ*, es decir, durante el proceso, y libre de contacto, y de esta manera producirse un control en línea de las propiedades de laca deseables a lograr durante del desarrollo del proceso. Esto tiene múltiples ventajas en el uso en un proceso de producción para películas de laca curables por UV sobre componentes.

45 Con un monitoreo de este tipo puede aumentarse la productividad, dado que ya no se expone a la luz durante un tiempo fijo predeterminado, sino solo durante el tiempo efectivo mínimamente necesario para los componentes actuales para el endurecimiento completo de la película de laca. De esta manera pueden evitarse exposiciones a la luz potencialmente demasiado cortas y con ello problemas de calidad en el caso de que debido a indicaciones que se desvían se seleccionase un tiempo de exposición a luz demasiado corto. Además de ello puede aumentarse la uniformidad de la exposición a la luz, en cuanto que el proceso de exposición a la luz se controla con la ayuda de un monitoreo a una modificación espectral determinada, predeterminada y a lograr, en el espectro de reflexión. Una homogeneidad en la medida de lo posible alta es el objetivo de cada proceso de producción en masa para garantizar propiedades y calidades iguales de los componentes.

55 Otra mejora del dispositivo de monitoreo de proceso de acuerdo con la invención se encuentra en que siempre, es decir, con independencia del ángulo, accede una señal de medición al espectrómetro.

Fuente UV (fuente de señal, fuente de radiación)	101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901
Unidad de sensor óptico de resolución espectral	103, 203, 303, 403, 503, 603, 703, 803, 903
Sistema de monitoreo de reflexión	105, 205, 305, 405, 505, 605 705
Partes de accionamiento de movimiento	107, 207
Sensor de posición de ángulo	307, 407, 507, 607, 707
Secuenciador de proceso	109
Activador de escaneo espectral	209, 309
Activador modo de entrada	409

ES 2 726 992 T3

Señal de activación	509, 609, 709
	(continuación)
Espejo(s) dicróico(s)	411, 511, 631, 632, 731, 732, 831, 832, 931, 932, 933
Descarga IR	413
Luz UV	421
Luz visible+IR reflejada	423
Luz transmitida (luz visible+NIR; 400...3000 nm)	425, 525
Señal de medición (luz visible+NIR; 400...3000 nm)	427
Señal de medición (luz UV+visible+IR; 250...50000 nm)	527, 627, 727
Componentes revestidos de revestimiento endurecible	841, 941

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* para la medición del estado de endurecimiento de una laca de curado por UV, que se presenta como revestimiento de componentes, comprendiendo al menos una fuente de radiación (601) para el endurecimiento de la laca, al menos una fuente de señal (601), al menos un espectrómetro (603) para una medición libre de contacto de radiación reflejada por los componentes de la fuente de señal (601), así como una unidad de monitoreo (605), la cual está configurada para, calcular a partir de los espectros medidos por el al menos un espectrómetro un grado de endurecimiento de la laca, siendo idéntica la al menos una fuente de señal (601) para la medición a la al menos una fuente de radiación (601), caracterizado por que el dispositivo de monitoreo de proceso
 10 comprende al menos un espejo dicróico, el cual refleja radiación UV emitida por la fuente de radiación (601) y transmite en alta medida radiación visible e infrarroja, comprendiendo el al menos un espejo dicróico espejos segmentados (631, 632), los cuales están separados por separaciones (627) y dispuestos de tal manera que la superficie de espejo resultante aparece en proyección a lo largo de la dirección original de la radiación emitida por la fuente de radiación como continua, pero en la proyección a lo largo de la radiación reflejada por el componente aparece no obstante con
 15 aberturas y de esta manera deja pasar la radiación reflejada al menos en parte sin obstáculos hacia el espectrómetro.
- 20 2. Dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* según la reivindicación 1, en la cual los espejos segmentados (931, 932, 933) están inclinados en ángulos $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, entre el eje principal óptico de la fuente de radiación (901) y la normal de la superficie reflectante de los segmentos de espejo, siendo el intervalo angular $0 < \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n < 90^\circ$, y no teniendo que ser iguales los ángulos $\alpha_1 \dots \alpha_n$.
- 25 3. Dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* según una de las reivindicaciones anteriores, el cual comprende una o varias lámparas como fuente de radiación, la cual emite tanto radiación para el proceso de endurecimiento, como también radiación en el rango de longitud de onda necesario para la medición del proceso de endurecimiento.
- 30 4. Dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* según una de las reivindicaciones anteriores, el cual comprende como fuente de radiación una lámpara de haluro metálico.
- 35 5. Dispositivo de monitoreo de proceso *in situ* según una de las reivindicaciones anteriores, el cual comprende como fuente de radiación una lámpara halógena.
6. Dispositivo de monitoreo de proceso *in-situ* según una de las reivindicaciones anteriores, el cual comprende una unidad de activación (709) para iniciar el proceso de medición y un sensor de posición (707) para la medición de la posición de los componentes.
7. Procedimiento de monitoreo de proceso *in situ* para un proceso de endurecimiento de laca en componentes revestidos de laca de curado por UV, el cual usa un dispositivo de monitoreo de proceso según una de las reivindicaciones anteriores.

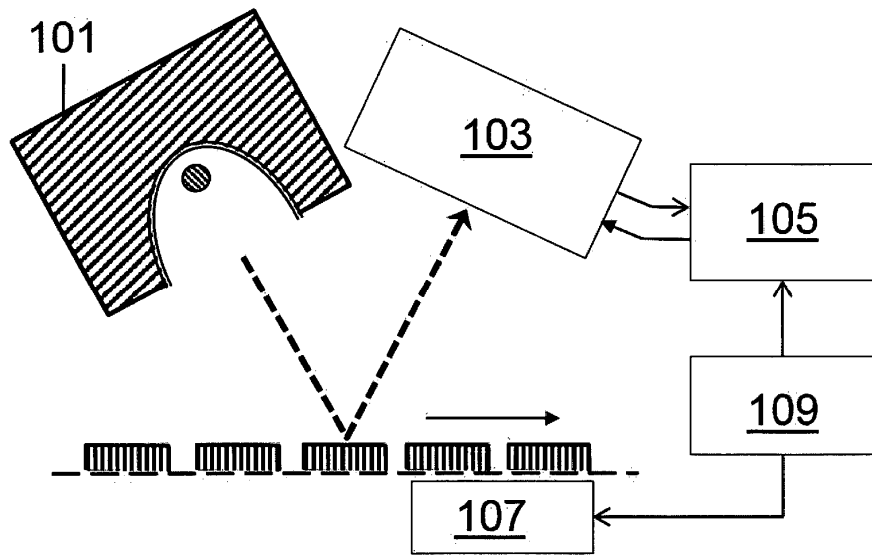


Fig.1:

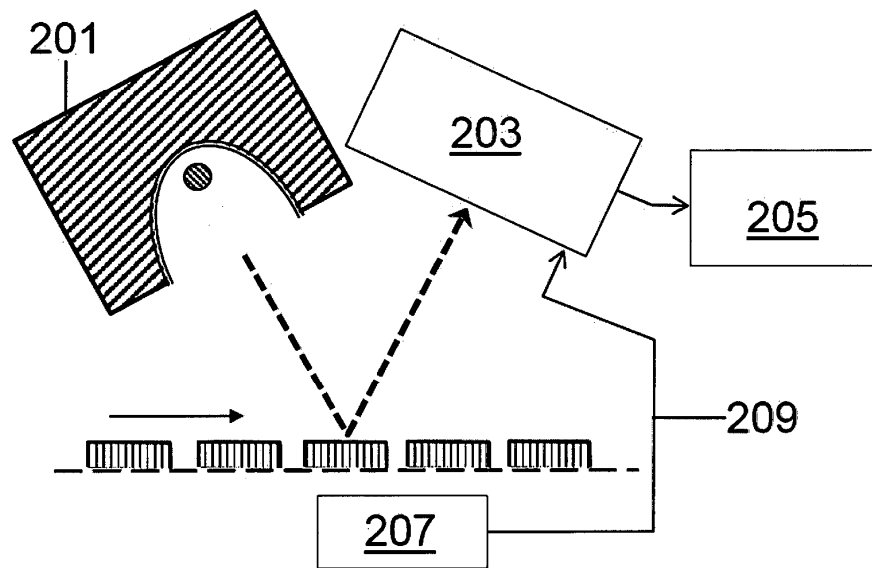


Fig.2:

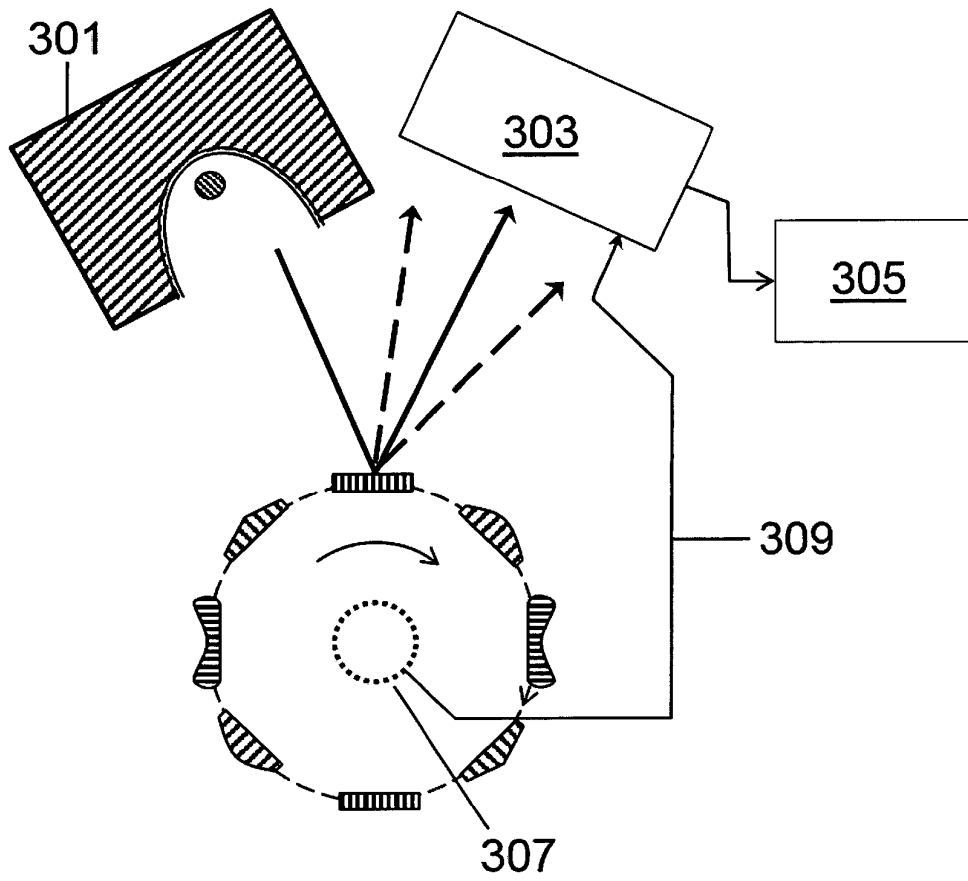


Fig.3

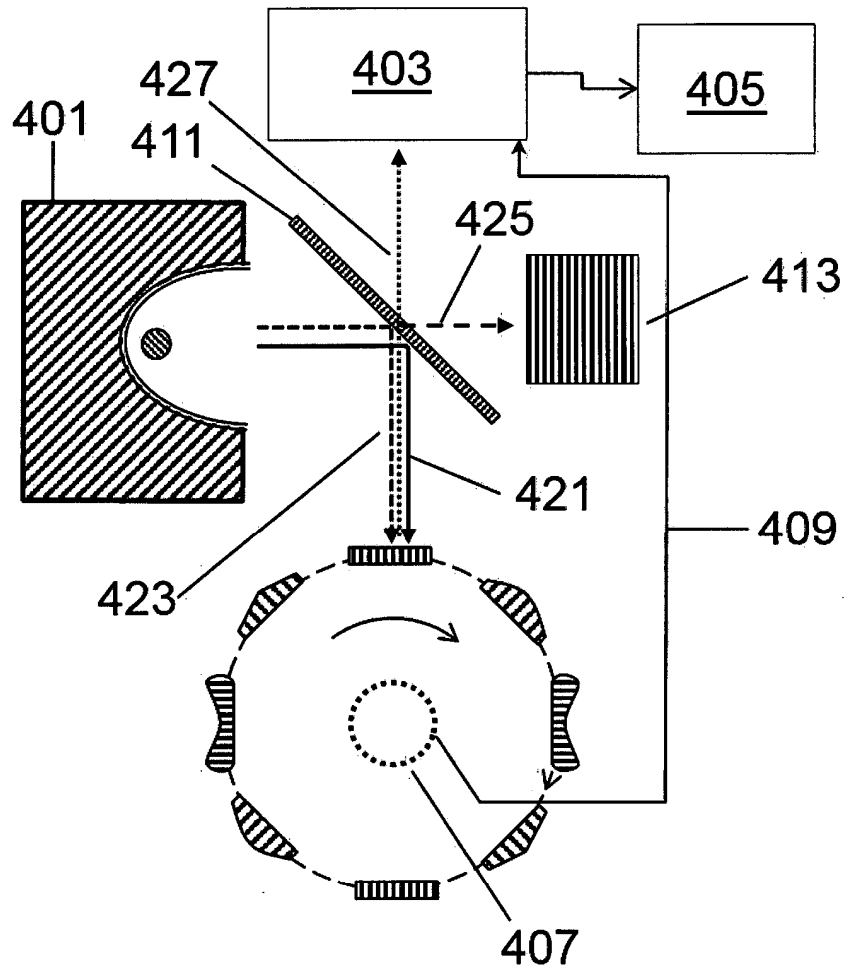


Fig.4

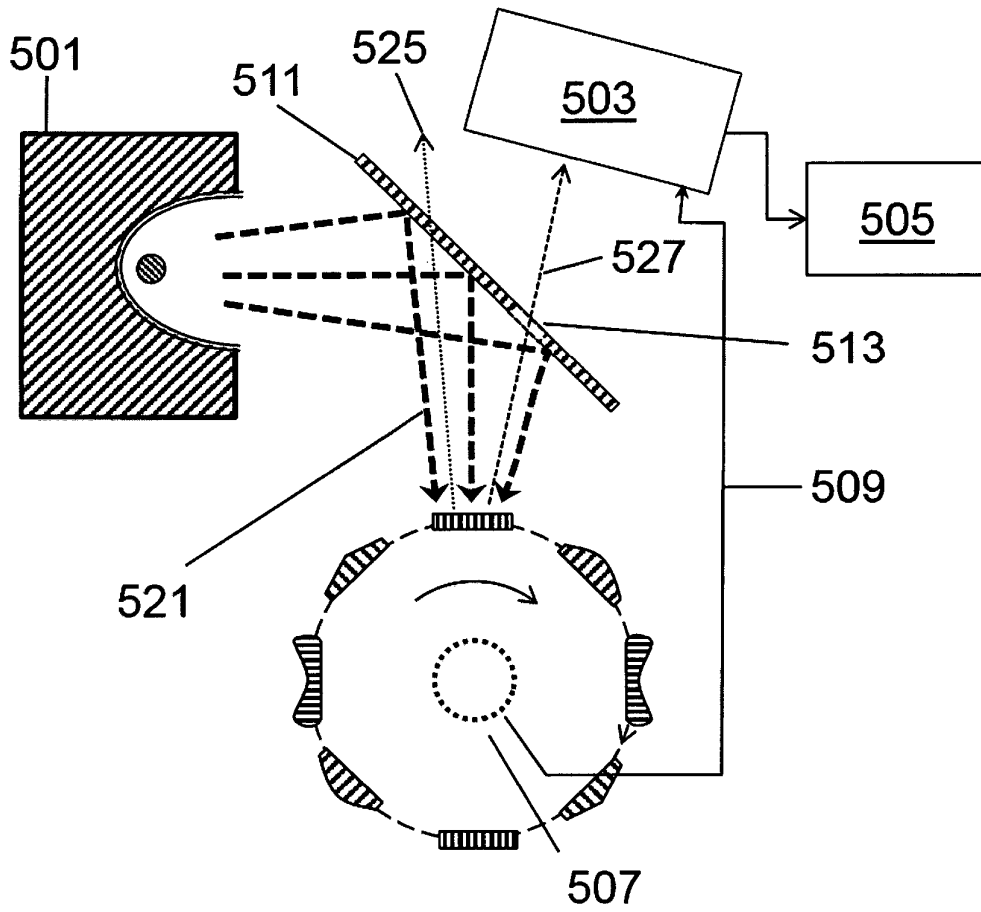


Fig.5

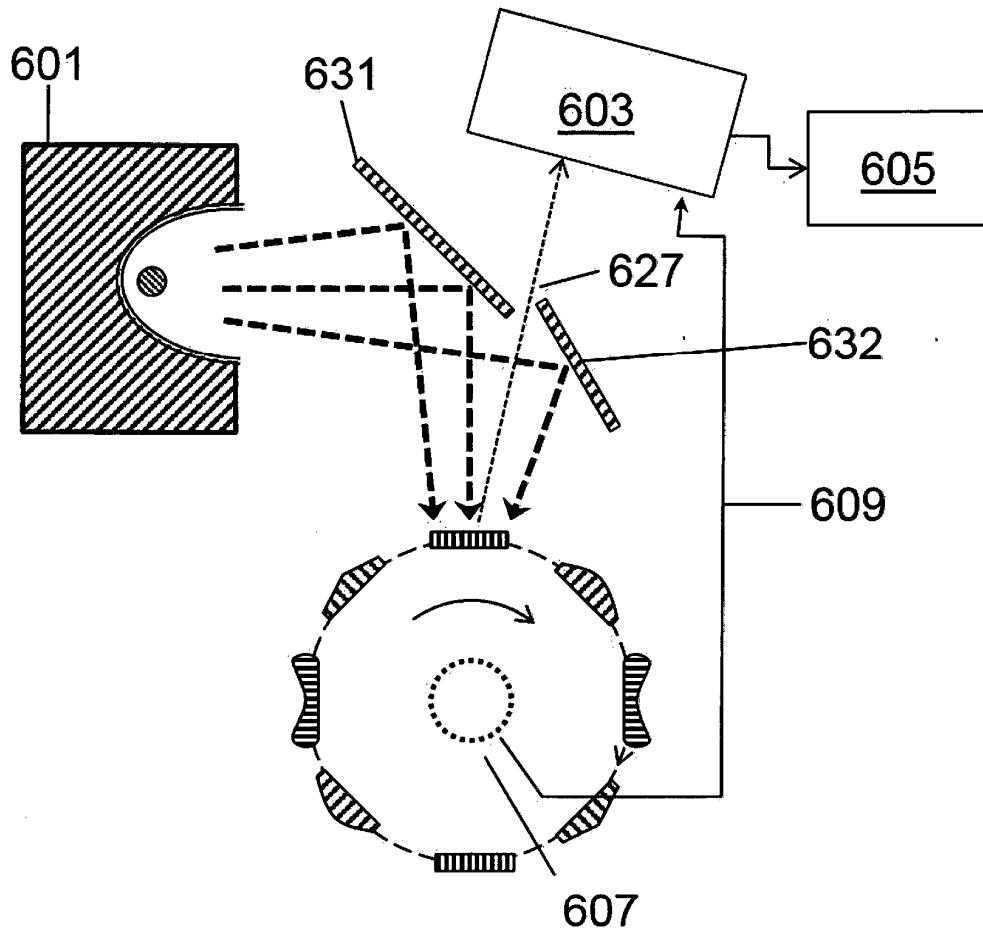


Fig.6

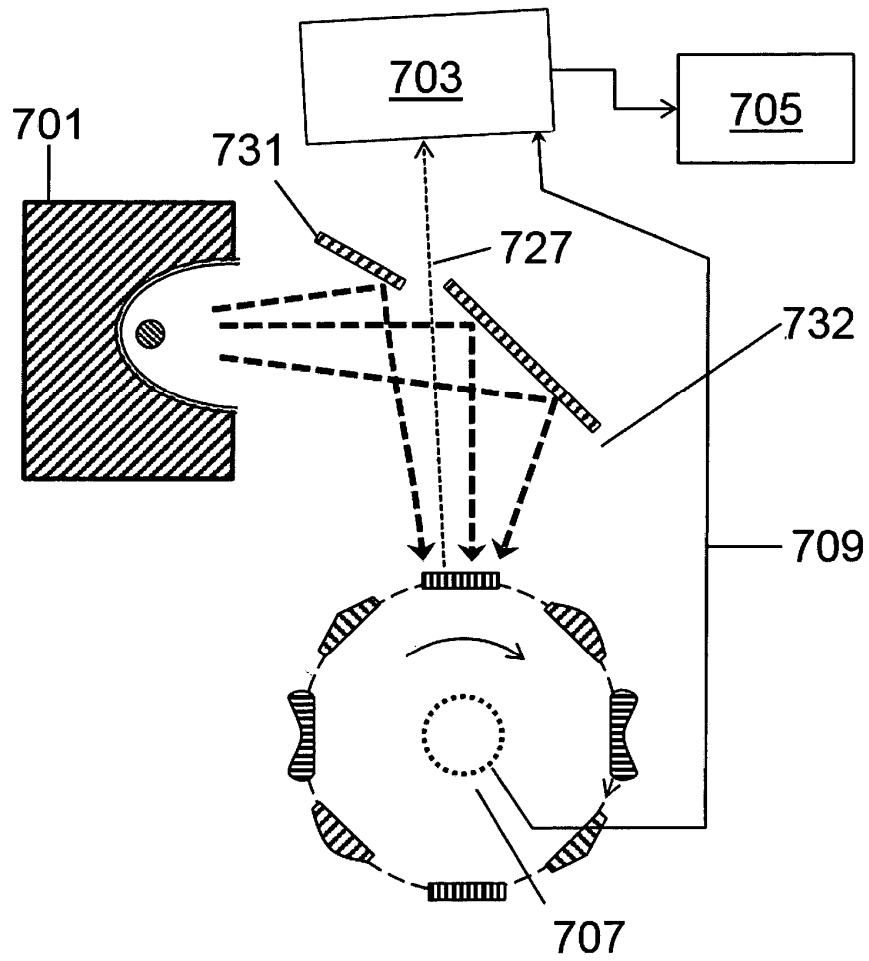


Fig.7

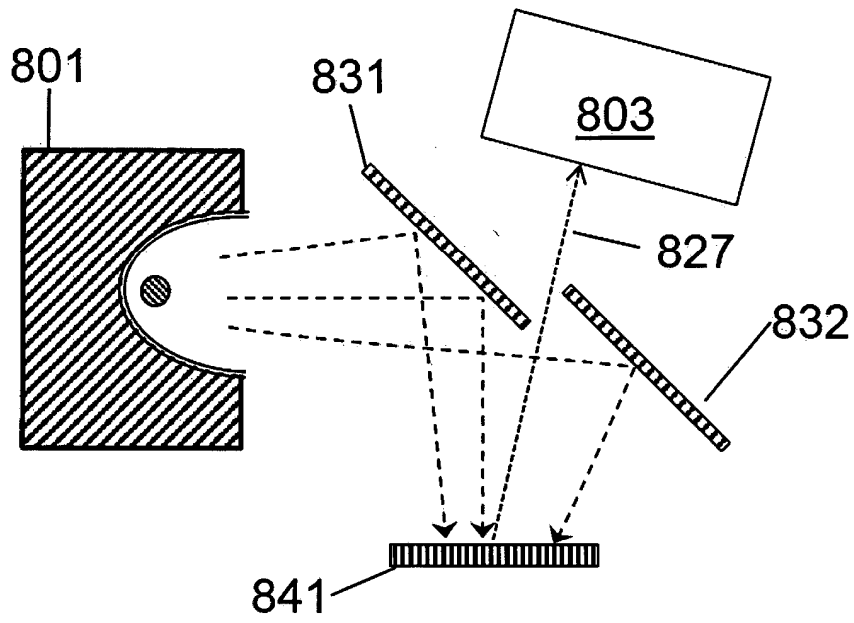


Fig.8

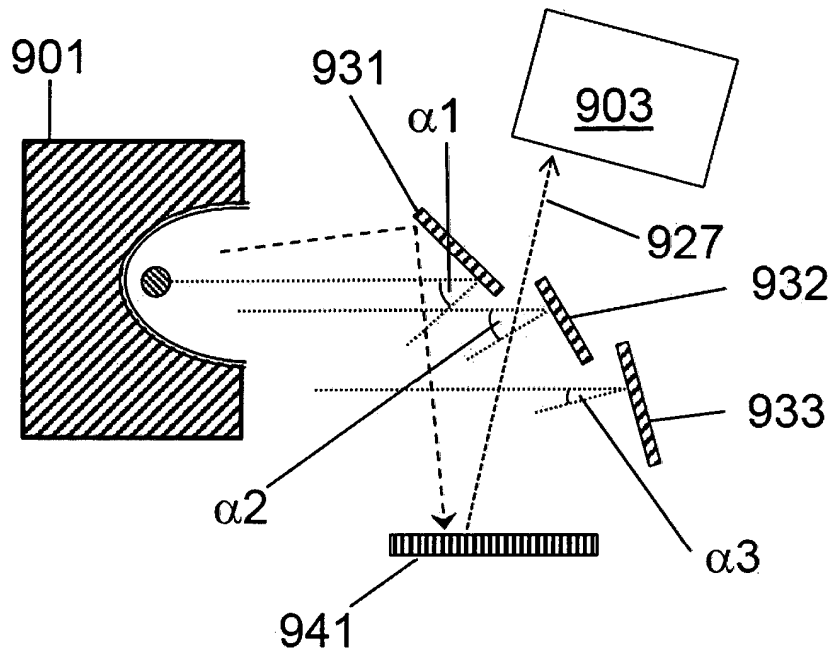


Fig.9