

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 981**

51 Int. Cl.:

G01B 21/08 (2006.01)

G01N 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2014** **E 14177708 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018** **EP 2975360**

54 Título: **Instrumento de medición fototérmica para la medición de espesores de capas así como procedimiento para la medición fototérmica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.06.2018

73 Titular/es:

OPTISENSE GMBH & CO. KG (100.0%)
Annabergstrasse 134
45721 Haltern am See, DE

72 Inventor/es:

NELKE, GEORG

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 672 981 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

Instrumento de medición fototérmica para la medición de espesores de capas así como procedimiento para la medición fototérmica

5 La invención se refiere a un instrumento de medición fototérmica para la medición de espesores de capas, especialmente de espesores de capas de pintura. La invención se refiere además a un procedimiento para la medición fototérmica con un instrumento de medición fototérmica.

10 Los instrumentos de medición fototérmica se conocen básicamente por la práctica y por la literatura. En los documentos WO 2013/005172 A2, WO 01/31293 A1 y DE 196 06 453 A1, por ejemplo, se describen instrumentos de medición fototérmica. Estos instrumentos de medición fototérmica comprenden normalmente una fuente de luz de excitación, lentes que dirigen la luz de la fuente de luz de excitación sobre una muestra, así como lentes que recogen la radiación térmica reflejada por la muestra en la región infrarroja próxima y la conducen finalmente a un sensor de infrarrojos. Al menos las lentes mencionadas se disponen habitualmente en una cabeza de medición. Después se calcula por medio de una unidad operativa el espesor de capa de la muestra a partir del aumento y/o de la disminución de la intensidad de la radiación térmica emitida por la muestra así como a partir de parámetros *a priori* conocidos, como el material a medir.

15 Para poder registrar el espesor de capa en un área mayor no sólo de manera puntual o para conseguir en general algo más de flexibilidad en el espacio, las cabezas de medición conocidas presentan un sistema de exploración o las cabezas de medición se pueden desplazar con respecto a las muestras. Los típicos sistemas de exploración hacen posibles recorridos de exploración de unos pocos milímetros hasta pocos centímetros a través de la superficie de la muestra. Los motores lineales son, por ejemplo, accionamientos típicos para el desplazamiento de las cabezas de medición. Si se trata de lograr precisiones a través de varios metros, se tienen que prever accionamientos que, debido a su gran tamaño y además al hecho de ser accionamientos fijos, resultan complejos. Sin embargo, una estructura como ésta no es en absoluto rentable.

20 En el control de calidad de capas de pintura, inherentes al proceso de fabricación, se considera muy ventajoso que los componentes recién pintados o previamente tratados en la línea de fabricación se examinen sin contacto en diferentes puntos. Durante este proceso es necesario recorrer distancias de algunos centímetros hasta muchas docenas de metros. Debido al enfoque de la luz de excitación sobre la muestra y a causa de la medición del tiempo de propagación de la radiación térmica se tiene que mantener al mismo tiempo una distancia de trabajo para lograr resultados de medición aprovechables. No obstante, la distancia de trabajo sólo tiene una tolerancia de error de pocos milímetros. Un temblor natural de la mano humana provoca rápidamente que la medición fototérmica salga movida, con lo que ya no se puede utilizar.

25 Un requisito adicional a la flexibilidad representa un requisito de seguridad. Como consecuencia del necesario calentamiento de la muestra, se necesitan elevadas potencias luminosas. Esto supone los correspondientes riesgos para las personas presentes. Por lo tanto es conveniente que la medición fototérmica se conciba de manera que no se necesiten medidas de seguridad adicionales y muy molestas, por ejemplo gafas de protección.

30 Por lo tanto, la invención se plantea el problema técnico de proponer, por ejemplo para el control de calidad de capas de pintura, inherente a la fabricación, un instrumento de medición fototérmica para la medición de los espesores de capas de pintura, que a la vez permita mediciones precisas sin contacto, garantice una mayor flexibilidad y sea además rentable. Al mismo tiempo la invención se plantea el problema técnico de proponer un procedimiento para la medición fototérmica que permita una medición precisa sin contacto, resulte flexible en cuanto al espacio y sea a la vez rentable.

35 Para resolver el problema técnico, la invención propone un instrumento de medición fototérmica para la medición de espesores de capa, especialmente de espesores de capas de pintura, especialmente de acuerdo con un procedimiento según la invención descrito más adelante, que comprende una cabeza de medición manejable, presentando el instrumento de medición fototérmica una fuente de luz de excitación para el calentamiento de una muestra, comprendiendo el instrumento de medición fototérmica un sensor de infrarrojos para la detección de radiación térmica de la muestra calentada, previéndose en el instrumento de medición fototérmica un instrumento para la medición de la distancia entre la cabeza de medición y la muestra, comprendiendo la cabeza de medición un sistema de lentes, pudiéndose activar el instrumento de medición fototérmica en dependencia de la medición de la distancia y activándose la medición fototérmica automáticamente en caso de una distancia dentro de la gama teórica.

40 El término de "manejable" indica que la cabeza de medición se puede manejar a mano en lo que se refiere al peso y a las dimensiones. Se quiere decir especialmente que la cabeza de medición se puede manejar fácilmente con una sola mano y que, en lo que se refiere a sus medidas, tiene por ejemplo un tamaño del orden de un teléfono móvil o de un ratón. Con preferencia, la cabeza de medición posee un tamaño de una linterna o de una pistola. Con especial preferencia la cabeza de medición se configura a modo de perno.

45 El instrumento de medición fototérmica presenta, según una variante de realización preferida, una base portátil y un cable. Preferiblemente, el cable une la base y la cabeza de medición. El término de "móvil" significa que se pretende que una persona pueda llevar la base en una sola mano. La base comprende preferiblemente un sistema de suministro de tensión. Con preferencia la base comprende una unidad operativa así como interfaces para la

comunicación con otras unidades operativas como, por ejemplo, PC's, Notebooks y Smartphones. Con especial preferencia la base comprende sólo el sistema de suministro de tensión, la unidad operativa así como las interfaces. Otras formas de realización prevén que la base comprenda también fuentes de luz, sensores ópticos y/o colimadores en forma de conectores de fibra óptica. El cable contiene preferiblemente líneas para la conducción de la energía eléctrica desde la base a la fuente de luz de excitación. El cable contiene preferiblemente también una línea de datos que transmite los datos medidos del sensor de infrarrojos y del instrumento de medición de la distancia a la unidad operativa. Sin embargo, en principio también es posible que la unidad operativa no se encuentre en la base, sino en la cabeza de medición, con lo que no se necesita ninguna línea de datos en el cable. Además es posible que la fuente de luz de excitación, por ejemplo, se disponga en la base y que la luz de excitación se conduzca por medio de colimadores y fibra óptica a través del cable. Según una forma de realización especialmente preferida se disponen todos los elementos ópticos en la cabeza de medición, de modo que sólo se conduzcan a través del cable la energía eléctrica y los datos.

Según otra forma de realización preferida también se disponen en la cabeza de medición el sistema de suministro de tensión en forma de una batería o de un acumulador, las interfaces así como la unidad operativa. En este caso el instrumento de medición fototérmica se compone únicamente de la cabeza de medición así como de los componentes montados en la misma. Como consecuencia, el instrumento de medición fototérmica no sólo resulta portátil, sino también móvil en el sentido de que el instrumento de medición fototérmica no dependa, al menos temporalmente, de las cajas de enchufe.

La fuente de luz de excitación es preferiblemente un diodo luminoso o un diodo láser. La fuente de luz de excitación funciona de forma continua o por impulsos. Con preferencia la fuente de luz de excitación no es una fuente de luz térmica. La fuente de luz de excitación presenta preferiblemente una potencia de emisión que permita una potencia de salida de al menos 50 mW. El término de "potencia de emisión" se refiere a la potencia óptica que se mide inmediatamente después de la salida de la fuente de luz de excitación. El término de "potencia de salida" se refiere a la potencia óptica que sale finalmente de la cabeza de medición, es decir, después de deducir todas las pérdidas dentro de la cabeza de medición. La potencia de salida es convenientemente de al menos 100 mW, ventajosamente de al menos 200 mW y con especial preferencia de al menos 300 mW. Según una forma de realización especialmente preferida la potencia de salida es de al menos 450 mW.

El término de "infrarrojo" se refiere a la gama de longitud de onda de 1,4 μm a 50 μm , preferiblemente de 3 μm a 15 μm y con especial preferencia de 7 μm a 11 μm . Por consiguiente el sensor de infrarrojos es capaz de una detección en la gama correspondiente.

El instrumento de medición de distancia se puede diseñar para cualquier método de medición de distancia sin contacto. Se consideran especialmente los métodos de medición de distancia a través de ondas de sonido, de radio y de luz. El instrumento de medición de distancia funciona preferiblemente por medio de un procedimiento óptico, es decir, con ondas de luz. El instrumento de medición de distancia funciona además preferiblemente de acuerdo con uno de los procedimientos ópticos de la triangulación, de la medición del tiempo de propagación o de la medición del desfase. Con especial preferencia el instrumento de medición de distancia funciona de acuerdo con el procedimiento de la triangulación óptica. El instrumento de medición de distancia presenta preferiblemente una segunda fuente de luz y un segundo sensor para la detección de luz reflejada de la segunda fuente de luz. La segunda fuente de luz es preferiblemente un diodo luminoso o un diodo láser. La segunda fuente de luz funciona de forma continua o por impulsos.

El segundo sensor correspondiente de la segunda fuente de luz se diseña debidamente para la detección de luz reflejada de la segunda fuente de luz.

El sistema de lentes sirve para el enfoque de los rayos de luz de excitación para la recogida de la radiación térmica de la muestra. El sistema de lentes presenta preferiblemente una primera lente para el enfoque de la luz de excitación. Con preferencia el sistema de lentes comprende una segunda lente para la recogida de la radiación térmica. Con especial preferencia la segunda lente recoge la radiación térmica divergente de la muestra y la enfoca en el sensor de infrarrojos. En el marco de la invención también es posible que el sistema de lentes presente colimadores para la segunda fuente de luz o para el segundo sensor. Los colimadores tienen preferiblemente la misma distancia focal. Los colimadores sirven ventajosamente para el colimado de la luz de la segunda fuente de luz o para el enfoque de la luz reflejada de la segunda fuente de luz de la muestra en el segundo sensor.

En el marco de la invención también cabe la posibilidad de que el sistema de lentes sea cofocal. La segunda lente y la primera lente presentan preferiblemente la misma distancia focal. El foco de la primera lente y el foco de la segunda lente se encuentran ventajosamente uno encima del otro en la muestra. La luz de la segunda fuente de luz incide preferiblemente enfocada en el foco de la primera lente o de la segunda lente. La segunda fuente de luz y el segundo sensor se desplazan preferiblemente de forma acimutal en 180° respecto al eje óptico de la primera lente. Con especial preferencia la segunda fuente de luz y el segundo sensor se encuentran en un plano perpendicular al eje óptico de la primera línea. La cofocalidad del sistema de lentes exige, por una parte, una buena coincidencia espacial de la medición fototérmica y de la medición de distancia. Esto permite una corrección exacta de los errores de la medición fototérmica. La cofocalidad del sistema de lentes permite además un excelente aprovechamiento de la radiación térmica. Por consiguiente, la potencia de salida puede ser menor, con lo que la medición fototérmica también es menos peligrosa para las personas presentes. La probabilidad de medidas de protección adicionales se reduce y la flexibilidad se incrementa.

El sistema de lentes es ventajosamente coaxial. Con preferencia, los ejes ópticos de la primera lente y de la segunda lente se superponen. Esto permite una construcción especialmente compacta de la cabeza de medición y conduce a una manejabilidad correspondiente, lo que incrementa a su vez la flexibilidad.

5 En el marco de la invención se considera la posibilidad de que el circuito óptico de la luz de excitación se desacople del circuito óptico de la radiación térmica. "Desacoplar" significa que para la conducción de la luz de excitación se emplean lentes distintas a las que se utilizan para la conducción de la radiación térmica. De esta manera las lentes correspondientes se pueden adaptar perfectamente a las respectivas longitudes de onda. En especial el instrumento de medición fototérmica no presenta ningún espejo de reflexión selectiva. Por lo tanto, los rayos de luz se pueden guiar mejor, lo que da lugar a un mejor aprovechamiento de la luz y a una mayor precisión en la medición o a una menor necesidad de potencia de emisión de la fuente de luz de excitación.

10 En el marco de la invención también se prevé que la cabeza de medición presente al menos una, preferiblemente dos y con especial preferencia tres lamparillas piloto. La o las lamparillas piloto señalan preferiblemente la zona de medición fototérmica de la muestra. Las lamparillas piloto señalan con especial preferencia la distancia de trabajo, para lo que las manchas de luz, las lamparillas piloto, se encuentran en el foco de la primera o de la segunda línea unas encima de otras. Las lamparillas piloto consisten ventajosamente en diodos luminosos. Con especial ventaja las lamparillas piloto son diodos luminosos rojos con una longitud de onda en el espectro rojo visible. Según una forma de realización preferida las lamparillas piloto se disponen en la misma órbita que el segundo sensor y la segunda fuente de luz. Con especial preferencia las lamparillas piloto se desplazan de forma acimutal unas respecto a otras a las mismas distancias angulares. Se prefiere especialmente que el plano de las lamparillas piloto se encuentre en el mismo plano perpendicular al eje óptico que la segunda fuente de luz y el sensor. Según una forma de realización especialmente preferida se asignan a las lamparillas piloto unos colimadores. Cuando el usuario acerca la cabeza de medición con las lamparillas piloto cada vez más a la muestra, las manchas de luz de las lamparillas piloto se encuentran unas encima de otras en el foco de la primera lente y de la segunda lente. Entonces el usuario sabe que se encuentra en la zona de la distancia de trabajo. Este efecto ya es posible con dos lamparillas piloto, pero a veces uno de los dos rayos se ve peor, por lo que es apropiado el uso de una tercera lamparilla piloto.

20 La fuente de luz de excitación es ventajosamente un diodo láser. El diodo láser funciona preferiblemente de forma continua. El término de "continuo" significa que el diodo láser funciona al menos a lo largo de 0,1 ms de modo continuo. Según una forma de realización preferida, el diodo láser presenta una longitud de onda de emisión de entre 1400 nm y 2200 nm. Esto sirve, por una parte, para aumentar la seguridad y, por lo tanto, la flexibilidad y, por otra parte, para garantizar así que el sensor de infrarrojos no mida erróneamente las partes de infrarrojos procedentes de la luz de excitación. En esta gama de longitud de onda la muestra absorbe además con especial intensidad la luz de excitación, con lo que se reduce la potencia de salida necesaria para el calentamiento.

30 La segunda fuente de luz es preferiblemente un diodo luminoso. Con preferencia la segunda fuente de luz presenta además una longitud de onda de emisión de entre 800 nm, y 1100 nm. Así la luz de la segunda fuente de luz se puede medir perfectamente con fotodiodos de silicio tradicionales. La segunda fuente de luz se modula especialmente para ampliar la relación señal a ruido. La modulación de la segunda fuente de luz es preferiblemente de 200 Hz a 5 kHz y con especial preferencia de 500 Hz a 2 kHz. El segundo sensor es preferiblemente sensible a la posición. El segundo sensor es preferiblemente un componente analógico. Con especial preferencia el segundo sensor es un sensor de posición óptico, sobre todo un sensor de posición óptico analógico. La distancia medida es el parámetro para la activación de la medición fototérmica. La fuente de luz de excitación se activa automáticamente con una distancia medida en una zona de activación de ± 10 mm, especialmente de ± 5 mm y muy preferiblemente de ± 3 mm alrededor de la distancia de trabajo. Con preferencia la fuente de luz de excitación sólo se conecta cuando la distancia medida se encuentra en la zona de activación y se mantiene al mismo tiempo al menos durante 0,5 s, preferiblemente al menos 0,1 s y con especial preferencia al menos 0,2 s en la zona de activación. El impulso de luz presenta una duración de 0,1 ms a 10 s, preferiblemente de 1 ms a 5 ms y con especial preferencia de 5 ms a 50 ms.

40 En el marco de la invención también es posible que el sensor de infrarrojos comprenda un detector de infrarrojos de banda ancha. El sensor de infrarrojos presenta preferiblemente una sensibilidad en la gama de 2 μ m a 20 μ m, especialmente de 5 μ m a 10 μ m. Según una forma de realización preferida, el sensor de infrarrojos comprende al menos un filtro infrarrojo que filtra las partes infrarrojas próximas.

50 Según una forma de realización preferida, el sistema de lentes presenta una distancia focal de 10 mm a 50 mm, preferiblemente de 15 mm a 40 mm. Con especial preferencia el sistema de lentes presenta una distancia focal de 25 mm a 40 mm. La distancia focal corresponde preferiblemente a la distancia de trabajo. Así se garantiza, por una parte, una distancia de trabajo lo suficientemente grande que impida un contacto no intencionado con la muestra. Por otra parte esta distancia focal relativamente corta se encuentra fuera de la posibilidad de registro del ojo humano (distancia de acomodación), lo que proporciona a su vez un aumento de la seguridad del instrumento de medición fototérmica. Finalmente la corta distancia focal significa que los rayos que salen de la cabeza de medición presentan una alta convergencia y más tarde una gran divergencia. La gran divergencia justifica a su vez la falta de peligrosidad de los rayos de luz a distancias algo mayores, con lo que se incrementa la flexibilidad.

60 Según una forma de realización preferida el sistema de lentes contiene una lente esférica. Con preferencia la primera lente es la lente esférica. La lente esférica provoca una aberración en la zona del foco, con lo que aumenta la longitud Rayleigh en el foco. La longitud Rayleigh se aumenta preferiblemente a más de 5 mm, especialmente a

más de 7 mm y preferiblemente a más de 10 mm. Esto requiere una mayor insensibilidad en cuanto a la distancia, con lo que la medición fototérmica resulta más robusta. Siendo la calidad de las mediciones fototérmicas la misma, se puede elegir, gracias a la mayor insensibilidad a la distancia, una fuente de luz de excitación más débil, de modo que se exija una potencia de salida menor y se aumente la seguridad. De acuerdo con unja forma de realización preferida, la primera lente es esférica y anular. La primera lente es ventajosamente una lente con un recubrimiento antirreflejos para la luz infrarroja próxima.

La primera lente tiene preferiblemente una forma convexa plana. El lado plano de la primera lente se orienta ventajosamente hacia la muestra.

El sistema de lentes comprende ventajosamente una lente infrarroja. La segunda lente es especialmente la lente infrarroja. La lente infrarroja es preferiblemente redonda. La lente infrarroja es preferiblemente convexa plana. Con especial preferencia el lado convexo de la lente infrarroja se orienta hacia la muestra. Según una forma de realización especialmente preferida la primera lente rodea de forma anular a la lente infrarroja.

En el marco de la invención también se considera que la luz de excitación presente por secciones una sección transversal anular. En la cabeza de medición se prevé preferiblemente un espejo cónico. La cabeza de medición comprende preferiblemente un espejo cónico exterior y un espejo cónico interior. La luz de la fuente de luz de excitación incide preferiblemente en primer lugar en el espejo cónico exterior y después en el espejo cónico interior. Esto conlleva un ensombrecimiento muy reducido, por lo que se pierde poca potencia de luz de emisión. El espejo cónico exterior separa la luz de la fuente de luz de excitación además de forma anular. Según una forma de realización especialmente preferida la luz de excitación separada de forma anular es desviada por el espejo cónico interior en dirección a la muestra. El espejo cónico interior se conforma preferiblemente de manera ligeramente parabólica para el colimado de la luz de excitación divergente. En el interior de la primera lente anular se encuentra preferiblemente la segunda lente o la lente infrarroja. En el interior del rayo anular colimado se disponen preferiblemente el sensor de infrarrojos, la segunda fuente de luz y el segundo sensor. Con especial preferencia la segunda fuente de luz, el segundo sensor y el sensor de infrarrojos se fijan en una pletina que a su vez se sujeta en la carcasa de la cabeza de medición por medio de una araña. Es conveniente que las lamparillas piloto se fijen también en la pletina. La disposición dentro de la luz de excitación anular permite una construcción especialmente compacta de la cabeza de medición.

Según una forma de realización preferida la cabeza de medición contiene un difusor. El difusor se dispone preferiblemente en el circuito óptico de la luz de excitación. Con especial preferencia el difusor se dispone entre el espejo cónico interior y la primera lente. El difusor es preferiblemente un vidrio difusor, un difusor holográfico o un conjunto electrónico activo o pasivo para la formación de rayos. Con especial preferencia la cabeza de medición contiene un difusor holográfico. Por medio del difusor es posible ensanchar el foco de la luz de excitación en la muestra, de manera que la medición fototérmica sea más sensible a la posición.

La invención propone para la resolución del problema técnico un procedimiento para la medición fototérmica con un instrumento de medición fototérmica según la invención, comprendiendo el instrumento de medición fototérmica una cabeza de medición manejable, una fuente de luz de excitación, un sensor de infrarrojos y un instrumento de medición de distancia, midiéndose con el instrumento de medición de distancia constantemente la distancia entre la cabeza de medición y una muestra, activándose automáticamente en dependencia de la distancia medida la fuente de luz de excitación y emitiendo la fuente de luz de excitación un impulso de luz, calentándose la muestra con el rayo de luz y emitiendo la misma radiación térmica, registrando el sensor de infrarrojos la radiación térmica disuelta en el tiempo y realizándose después un cálculo del espesor de capa o de los espesores de capa de la muestra. La distancia medida se puede indicar. La indicación puede llevarse a cabo de forma óptica o acústica.

La indicación óptica se puede comparar ventajosamente con el código cromático de los semáforos.

El término de “constantemente” significa que con la conexión del instrumento de medición fototérmica se producen en cualquier momento mediciones de distancia que se repiten automáticamente. Las constantes mediciones de distancia se producen preferiblemente de manera continua. El término “continuo” quiere decir que el índice de exploración del instrumento de medición de distancia es mayor que 20 Hz, preferiblemente mayor que 40 Hz y con especial preferencia mayor que 80 Hz. La distancia medida es el parámetro de activación para la activación de la medición fototérmicas. Con preferencia la fuente de luz de excitación es activada automáticamente con una distancia medida en una zona de activación de ± 10 mm, especialmente de ± 5 mm y con especial preferencia de ± 3 mm alrededor de la distancia de trabajo. Con preferencia la fuente de luz de excitación sólo se conecta cuando la distancia medida se encuentra en la zona de activación y se mantiene al mismo tiempo al menos durante 0,05 s, preferiblemente al menos 0,1 s y con especial preferencia al menos 0,2 s en la zona de activación. El impulso de luz presenta una duración de 0,1 ms a 10 s, preferiblemente de 1 ms a 100 ms y con especial preferencia de 5 ms a 50 ms.

En el marco de la invención se prevé que las mediciones de distancia sigan también en el espacio de tiempo entre la emisión del impulso de luz y la detección de la radiación térmica. Preferiblemente el comienzo y el final de la medición fototérmica se producen automáticamente. Con preferencia el comienzo de la medición depende de la distancia medida así como del tiempo de detención. El final de la medición depende preferiblemente del sistema de material a esperar o del espesor de capa a esperar. Si la distancia se mide durante toda la medición fototérmicas, se puede realizar a posteriori una corrección de errores, dado que la mano humana presenta cierto temblor natural. En

caso de movimientos muy fuertes es posible rechazar por completo una medición fototérmica con ayuda de la medición de distancia, dado que la medición fototérmica debe considerarse en este caso más bien como no fiable.

La invención se basa en el conocimiento de que el instrumento de medición fototérmica según la invención es exacto y flexible y ofrece al mismo tiempo una excelente rentabilidad. La precisión es posible gracias a las mediciones de distancia. Las mediciones de distancia permiten una activación automática de la medición fototérmica, con lo que se garantiza la medición fototérmica a la distancia de trabajo. Si la cabeza de medición se encuentra a la distancia de trabajo respecto a la muestra, el foco de los rayos de luz se sitúa en la superficie de la muestra, lo que asegura un rendimiento especialmente alto de la radiación térmica reflejada. Por consiguiente, la medición fototérmica es debidamente exacta. La medición fototérmica resulta todavía más precisa cuando las mediciones de distancia se utilizan adicionalmente para la corrección de errores. Las lamparillas piloto permiten al usuario, en primer lugar, un acercamiento eficaz y por lo tanto rápido de la cabeza de medición a la distancia de trabajo y, en segundo lugar, una sujeción relativamente tranquila a la distancia de trabajo correcta. Esto reduce a su vez el riesgo de movimiento e incrementa la precisión. La estructura cofocal y coaxial del sistema de lentes, así como el desacoplamiento de los circuitos ópticos dentro de la cabeza de medición, conducen a un rendimiento especialmente alto de la luz aprovechable. Así se reduce, por una parte, la potencia de salida óptica necesaria y se incrementa la seguridad. Por otra parte se puede prescindir de las fuentes de luz de excitación de gran potencia, menos compactas y caras. El desarrollo anular y coaxial de los rayos permite además una disposición especialmente compacta de los componentes en la cabeza de medición, de modo que la cabeza de medición se pueda configurar de forma muy manejable. Como consecuencia se consigue una flexibilidad muy alta. Las reducidas dimensiones del instrumento de medición fototérmica permiten además un coste reducido y, por lo tanto, una alta rentabilidad.

La invención se explica a continuación con mayor detalle a la vista de un dibujo que representa únicamente un ejemplo de realización. Se muestra en una representación esquemática en la

Figura 1 una vista en perspectiva de un instrumento de medición fototérmica según la invención durante su uso;

Figura 2 una sección longitudinal de una cabeza de medición del instrumento de medición fototérmica de la figura 1;

Figura 3 una vista frontal de la cabeza de medición de las figuras 1 y 2.

En la figura 1 se representa el instrumento de medición fototérmica según la invención en una forma simplificada. El instrumento de medición fototérmica comprende una base portátil 1, a la que se conecta un cable 2, desembocando este cable 2 en una cabeza de medición 3. La base 1 presenta un sistema de suministro de tensión no representado, una unidad operativa así como interfaces por medio de las cuales la base se puede conectar, por ejemplo, a ordenadores. La cabeza de medición 3 corresponde, en cuanto a sus dimensiones, a una herramienta manejable con la que se puede garantizar la correspondiente libertad de uso. Esta libertad de uso resulta especialmente ventajosa en el control de calidad, por ejemplo de capas de pintura. La cabeza de medición 3 mide, como se muestra en la figura 1, un espesor de capa de una muestra 5 sólo esbozada.

En la figura 2 se ilustra una sección longitudinal de la cabeza de medición 3 con trayectorias de rayos. Esta vista se completa con la vista frontal de la cabeza de medición 3 de la figura 3. La potencia eléctrica se conduce por medio del cable 2 a la cabeza de medición 3. En la cabeza de medición 3 la potencia eléctrica se reparte entre una fuente de luz de excitación 4 en forma de diodo láser y una pletina 15. En la pletina 15 se encuentran una segunda fuente de luz 7 en forma de un diodo luminoso SMD (*surface mounted device*), un segundo sensor 8 en forma de fotodiodo, tres lamparillas piloto 10, también en forma de diodos luminosos SMD así como finalmente un sensor de infrarrojos 6. Los diodos luminosos 7, 10 así como el sensor de infrarrojos 6 reciben la potencia eléctrica de la pletina 15.

La cabeza de medición 3 presenta en conjunto siete circuitos ópticos. En el primer circuito la luz de la fuente de luz de excitación 4 se emite en primer lugar de manera convergente en forma de diodo láser con una longitud de onda de entre 1.400 mm y 2.200 mm con menos de 0,5 W de potencia de emisión. Después incide en un espejo cónico exterior 13 que conduce la luz a un espejo cónico interior 14. El espejo cónico interior 14 presenta para el colimado de la luz de excitación una forma ligeramente parabólica. La luz así colimada presenta ahora una sección transversal anular, rodeando el rayo anular la pletina 15 de forma cilíndrica. El espejo cónico exterior 13 se une a través de una araña no representada a la carcasa de la cabeza de medición 3. El rayo anular de la luz de excitación incide en un difusor 16 en forma de difusor holográfico. A continuación el rayo de luz de excitación anular se centra por medio de una lente anular 11 en un foco F a una distancia de 35 mm. La lente anular 11 es esférica, de manera que a causa de la aberración se alarga la longitud Rayleigh en unos ± 5 mm. El diámetro del rayo en el foco F es agrandado por el difusor 16. La mancha de luz en el foco F de la muestra 5 es por lo tanto más tolerante respecto a los errores en cada una de las tres dimensiones.

El calor irradiado por la muestra 5 es recogido por una lente infrarroja 12 y enfocado en el sensor de infrarrojos 6. El sensor de infrarrojos 6 presenta filtros que permiten sólo la transmisión de la luz infrarroja. La radiación térmica en forma de luz infrarroja es detectada finalmente disuelta en el tiempo por el sensor de infrarrojos 6. Los valores disueltos en el tiempo se transmiten a través de la pletina 15 y del cable 2 a la unidad operativa de la base 1, donde se procesan y se proporcionan finalmente ya preparados a través de las interfaces.

El rayo de la segunda fuente de luz 7 (diodo luminoso en infrarrojo cercano, por debajo de 1100 nm, modulado con 1 kHz) es colimado en primer lugar por un colimador 17, centrándolo la lente anular 11 después en el foco F de la muestra 5. En función del ángulo de incidencia la luz es reflejada a través de un ángulo de reflexión, colimada por la

lente anular 11 y centrada por otro colimador 17 en el segundo sensor 8. El segundo sensor 8 es un componente analógico sensible a la posición (*position sensitive device, PSD*), con el que se realiza el método de medición de distancia de la triangulación.

5 Las lamparillas piloto 10 en forma de diodos luminosos rojos se disponen según la figura 3 en la misma órbita que la segunda fuente de luz 7 y el segundo sensor 8 y se desplazan las unas respecto a las otras en 120° . De este modo el desarrollo de los rayos de luz de las lamparillas piloto 10 corresponde, con excepción del desplazamiento acimutal, al desarrollo del rayo de la segunda fuente de luz 7 de la figura 2. Sin embargo, debido al desplazamiento acimutal, los rayos de luz de las lamparillas piloto 10 se pierden en su camino de vuelta en el vacío.

10 Con la conexión del instrumento de medición fototérmica se mide de forma constante y continua con una exploración de 100 Hz la distancia entre la cabeza de medición 3 y la muestra 5 por medio de la triangulación, lo que en principio aún no activa ninguna medición fototérmica. Con ayuda de los rayos de luz de las lamparillas piloto 10 el usuario puede llevar la cabeza de medición muy rápidamente a una distancia útil para la medición fototérmica respecto a la muestra 5. Para ello sólo tiene que acercar la cabeza de medición 3 cada vez más a la muestra 5 hasta que las tres manchas de luz de las lamparillas piloto 10 se encuentren finalmente una encima de otra. En este momento la muestra 5 se encuentra aproximadamente en el foco F del sistema de lentes 9.

15 Si el usuario sujeta la cabeza de medición 3 más o menos a ± 3 mm alrededor de la distancia de trabajo de 25 mm y si lo hace, por ejemplo, durante un espacio de tiempo de 0,5 s, se activa automáticamente la medición fototérmica. En este caso se emite un impulso de la fuente de luz de excitación 4 con una duración de 0,1 a 3 s, respectivamente en dependencia del espesor de capa a esperar. El sensor de infrarrojos 6 detecta especialmente el aumento y la disminución de la radiación térmica. La unidad operativa compara esta curva con el comportamiento característico del material correspondiente, derivándose después el espesor de capa.

20 Durante la medición fototérmica se miden además las distancias entre la cabeza de medición 3 y la muestra 5. Las mediciones de distancia permiten, por una parte, una corrección de errores de la medición fototérmica, siendo esta corrección de errores conveniente a causa del temblor de la mano humana. Por otra parte, en caso de movimientos extremos las mediciones de distancia dan lugar a que estos movimientos extremos se detecten y a que las mediciones fototérmicas correspondientes se desechen.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Instrumento de medición fototérmica para la medición de espesores de capa, especialmente de capas de pintura, que comprende una cabeza de medición manejable (3), presentando el instrumento de medición fototérmica una fuente de luz de excitación (4) para el calentamiento de una muestra (5), comprendiendo el instrumento de medición fototérmica un sensor de infrarrojos (6) para la detección de radiación térmica de la muestra calentada (5), previéndose en el instrumento de medición fototérmica un instrumento de medición de distancia para la medición de la distancia entre la cabeza de medición (3) y la muestra (5), comprendiendo la cabeza de medición (3) un sistema de lentes (9), caracterizado por que el instrumento de medición fototérmica se puede activar en dependencia de la medición de distancia, activándose la medición fototérmicas automáticamente en caso de una distancia dentro del rango objetivo.
- 10 2. Instrumento de medición fototérmica según la reivindicación 1, en el que el sistema de lentes (9) es cofocal.
- 15 3. Instrumento de medición fototérmica según la reivindicación 1 ó 2, en el que el sistema de lentes (9) es coaxial.
4. Instrumento de medición fototérmica según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el circuito óptico de la luz de excitación se desacopla del circuito óptico de la radiación térmica.
- 20 5. Instrumento de medición fototérmica según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la cabeza de medición presenta al menos una, preferiblemente dos y especialmente tres lamparillas piloto (10).
6. Instrumento de medición fototérmica según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la fuente de luz de excitación (4) es un diodo láser.
- 25 7. Instrumento de medición fototérmica según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la segunda fuente de luz (7) es un diodo luminoso.
8. Instrumento de medición fototérmica según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el sistema de lentes (9) presenta una distancia focal de 10 a 50 mm, preferiblemente de 15 mm a 40 mm.
- 30 9. Instrumento de medición fototérmica según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el sistema de lentes (9) contiene una lente esférica (11).
- 35 10. Instrumento de medición fototérmica según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el sistema de lentes (9) comprende una lente infrarroja (12).
- 40 11. Instrumento de medición fototérmica según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la luz de excitación presenta por secciones una sección transversal anular.
- 45 12. Instrumento de medición fototérmica según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la cabeza de medición (3) contiene un difusor (16).
- 50 13. Procedimiento para la medición fototérmicas con un instrumento de medición fototérmica, especialmente un instrumento de medición según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el instrumento de medición fototérmica comprende una cabeza de medición manejable (3), una fuente de luz de excitación (4), un sensor de infrarrojos (6) y un instrumento de medición de distancia, midiéndose con el instrumento de medición de distancia de forma continua la distancia entre la cabeza de medición (3) y una muestra (5), activándose en dependencia de la distancia medida automáticamente la fuente de luz de excitación (4) y emitiendo la fuente de luz de excitación (4) un impulso de luz, calentándose la muestra (5) por medio del impulso de luz e irradiando la misma calor, detectándose la radiación térmica por medio del sensor de infrarrojos (6) disuelta en el tiempo y realizándose un cálculo del espesor de capa o de los espesores de capa de la muestra (5).
- 55 14. Procedimiento para la medición fototérmicas según la reivindicación 13, continuando las mediciones de distancia también en el espacio de tiempo entre la emisión del impulso de luz y la detección de la radiación térmica.

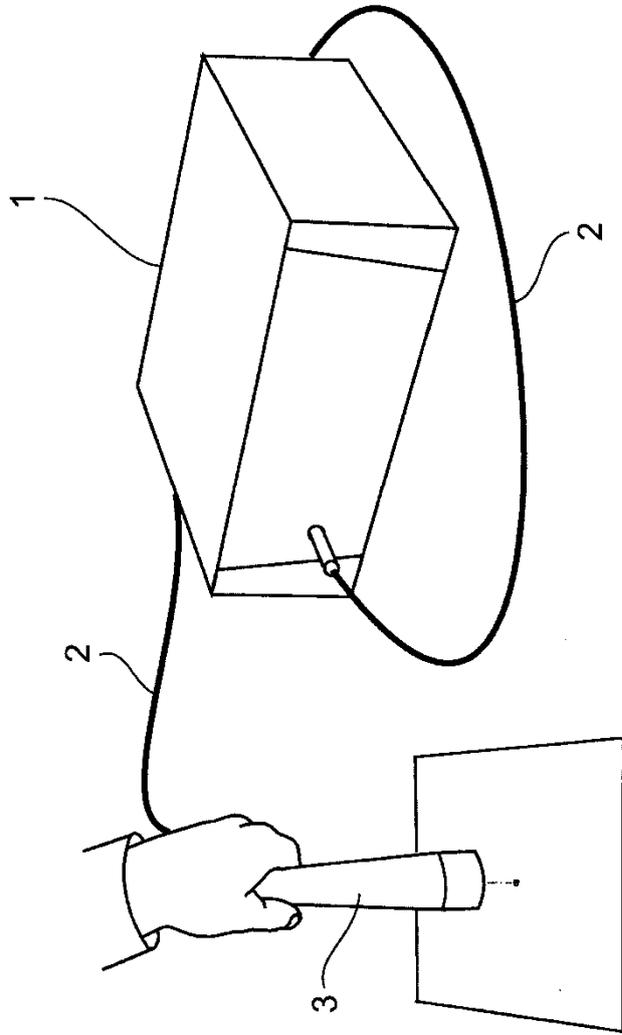


Fig. 1

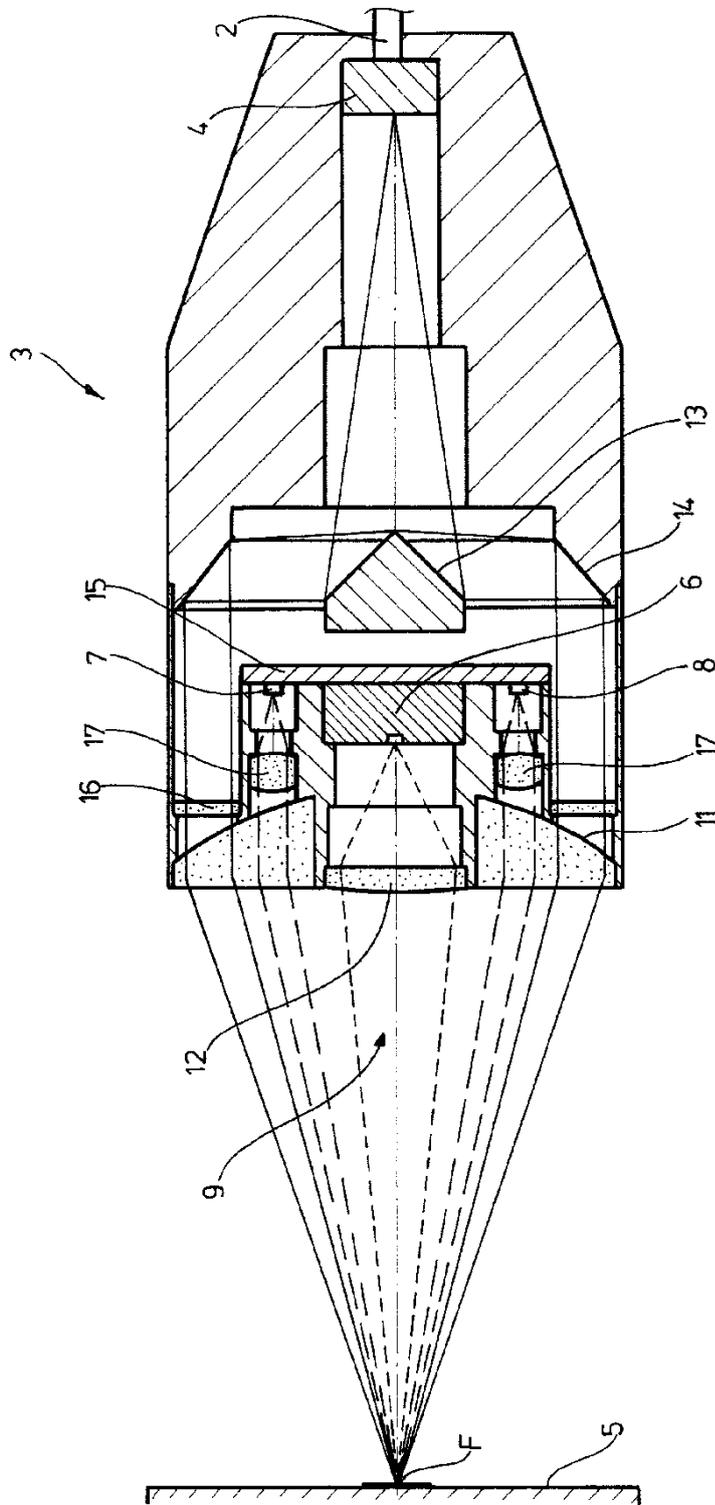


Fig. 2

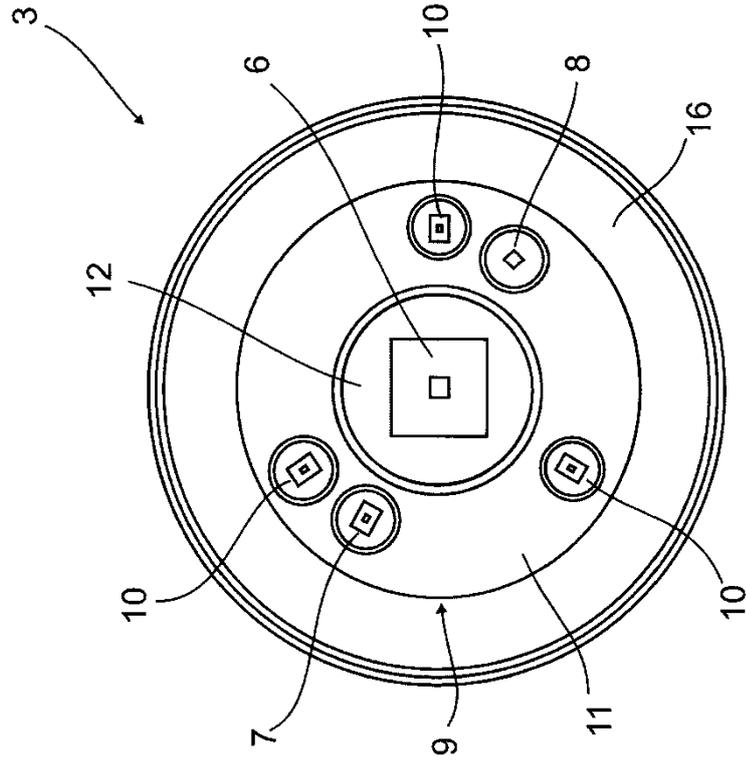


Fig. 3