

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 987 112**

51 Int. Cl.:

G01B 21/08 (2006.01)

G01K 13/02 (2011.01)

G01K 3/14 (2006.01)

G01K 7/04 (2006.01)

G01N 25/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.04.2020 PCT/EP2020/061418**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2020 WO20216882**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2020 E 20721551 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2024 EP 3959481**

54 Título: **Sensor de capa límite, su fabricación y su uso**

30 Prioridad:
26.04.2019 DE 102019206013

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2024

73 Titular/es:
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNGDER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V. (100.0%)
Hansastr. 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:
**MAYER, ERHARD y
VISSER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:
GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 987 112 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

Sensor de capa límite, su fabricación y su uso

5 La invención se refiere a un sensor de capa límite para determinar el grosor de una capa límite sobre una superficie de un cuerpo circundado por un flujo, con un primer dispositivo para determinar una temperatura, un segundo dispositivo para determinar una temperatura y un tercer dispositivo para determinar una temperatura, que están dispuestos respectivamente a una distancia predefinible de la superficie del cuerpo circundado por un flujo.

10 Del documento DE102016107212A1 se conoce un dispositivo para determinar el coeficiente de transferencia de calor por convección en una superficie de convección. Este dispositivo conocido mide la diferencia de temperatura entre la temperatura superficial de la superficie de convección y la temperatura del fluido ambiente, así como otra diferencia de temperatura entre una temperatura en las proximidades de la superficie de convección y la temperatura del fluido ambiente. Este conocido sensor se basa en el conocimiento de que el curso de temperatura dentro de la capa límite tiene un curso exponencial, con el coeficiente de transferencia de calor por convección como constante. Mediante la determinación de tres puntos de apoyo se puede determinar por tanto el curso exponencial y, a partir de este, el coeficiente de transferencia de calor.

20 Este sensor conocido está realizado en forma de varilla o clavija que se eleva aproximadamente verticalmente desde la superficie de convección. En esta clavija están realizadas aberturas en las que están dispuestos termoelementos para la medición de temperatura. Por lo tanto, el dispositivo conocido tiene la desventaja de una fabricación costosa. Además, el dispositivo conocido es susceptible de sufrir daños y averías por influjos meteorológicos durante su funcionamiento. E. Mayer et al, Bauphysik 40(2018), págs. 336 a 343, ISSN 0171-5445, doi:10.1002/bapi.201800015 divulga un sensor de capa límite que contiene tres sensores de temperatura.

Partiendo del estado de la técnica, existe por tanto la necesidad de proporcionar un sensor de capa límite que sea fácil de fabricar, fiable en su funcionamiento y mecánicamente robusto.

30 Según la invención, el objetivo se consigue mediante un sensor de capa límite según la reivindicación 1 y un procedimiento según la reivindicación 10. Variantes ventajosas de la invención se hallan en las reivindicaciones subordinadas.

35 Según la invención, se propone un sensor de capa límite para determinar el grosor de una capa límite encima de la superficie de un cuerpo circundado por un flujo. En algunas formas de realización de la invención, el cuerpo circundado por un flujo puede ser una superficie de convección, por ejemplo un cuerpo calefactor o un cuerpo refrigerante, de modo que el sensor de capa límite según la invención puede determinar el coeficiente de transferencia de calor por convección y, por tanto, la potencia de calefacción o refrigeración disponible. En otras formas de realización de la invención, el cuerpo alrededor del cual fluye el aire puede ser un vehículo o la pala de una instalación de energía eólica o un componente de un avión, en particular el ala de un avión. En otra forma de realización, el cuerpo circundado por un flujo puede ser el casco de un barco o de un buque, de modo que pueda determinarse el grosor de capa límite del flujo de agua en el casco. El sensor es apto para detectar la capa límite de cualquier cuerpo alrededor del cual haya un flujo, por lo que los ejemplos mencionados no deben considerarse limitativos.

45 La invención se basa en el conocimiento de que, a medida que aumenta la distancia y en la dirección normal desde la superficie del cuerpo circundado por un flujo, la velocidad u_y presenta el siguiente curso:

$$u_y = u_a - u_a \cdot e^{-\frac{y}{d}}$$

. En éste, u_a designa la velocidad fuera de la capa límite y d designa el grosor de la capa límite.

50 Para el coeficiente de transferencia de calor por convección h_c es aplicable $h_c = \frac{l}{d}$, donde l designa la conductividad térmica del medio fluyente y d designa el grosor de la capa límite. El coeficiente de transferencia de calor h_c y la fuerza de cizallamiento que actúa sobre el cuerpo debido al flujo están linealmente relacionados. Según la invención, se detectó que midiendo el curso de temperatura de la capa límite, no sólo se puede medir la capa límite de temperatura sino también la capa límite de flujo, de modo que con el sensor de capa límite según la invención, a partir del curso de temperatura medido también se puede medir la fuerza de cizallamiento que actúa. Además, puede detectarse y/o regularse el ángulo de inclinación de un rotor o la posición de vuelo de un avión. En otras formas de realización de la invención, mediante la medición del grosor de capa límite en diferentes puntos de un cuerpo circundado por un flujo, se puede determinar el coeficiente de transferencia de calor h_c y, por tanto, la fuerza de cizallamiento que se produce, en función de la forma o en diferentes puntos del cuerpo, para optimizar así la forma del cuerpo o de un modelo del cuerpo definitivo o adaptarlo a las propiedades deseadas. Por consiguiente, la superficie de un cuerpo circundado por un flujo puede ser plana o curvada.

Según la invención, el sensor de capa límite presenta un primer dispositivo para determinar una temperatura, un segundo dispositivo para determinar una temperatura y un tercer dispositivo para determinar una temperatura. En

- 5 algunas formas de realización de la invención, también puede estar presente un número aún mayor de dispositivos para determinar una temperatura para aumentar de esta manera la precisión del sensor de capa límite. Por ejemplo, el número puede estar entre aproximadamente 4 y aproximadamente 10. Los dispositivos para determinar una temperatura pueden elegirse, por ejemplo, entre un termómetro de resistencia o un termoelemento. Los dispositivos para determinar una temperatura pueden estar concebidos para detectar valores absolutos de la temperatura en el respectivo lugar de medición. En otras formas de realización de la invención, los dispositivos para determinar una temperatura pueden estar conectados de tal manera que sólo detecten temperaturas diferenciales entre los respectivos lugares de medición.
- 10 Los al menos tres dispositivos para determinar una temperatura están dispuestos respectivamente a una distancia predefinible de la superficie del cuerpo circundado por un flujo. Para los fines de la presente descripción, la distancia se determina a lo largo del vector normal del plano abarcado por la superficie del cuerpo circundado por un flujo, o a lo largo del vector normal del plano definido por dos tangentes al punto de medición de una superficie curvada.
- 15 En algunas formas de realización, la distancia predefinible x_1 entre el primer dispositivo para determinar una temperatura y la superficie de un cuerpo circundado por un flujo puede ser 0, es decir, el primer dispositivo para determinar una temperatura está en contacto directo con la superficie del cuerpo circundado por un flujo y mide su temperatura. La distancia x_3 del tercer dispositivo para determinar una temperatura puede estar seleccionada de modo que se mida la temperatura del entorno fuera de la capa límite; por ejemplo, la distancia puede ser superior a 2 mm, superior a 7 mm, superior a 10 mm, superior a 15 mm o superior a 20 mm. En algunas formas de realización de la invención, la distancia puede ser inferior a 30 mm, inferior a 20 mm, inferior a 15 mm o inferior a 5 mm. Esto permite una precisión suficiente con unas dimensiones a la vez compactas del sensor de capa límite.
- 20 Según la invención reivindicada, la distancia predefinible x_2 del segundo dispositivo para determinar la temperatura está elegida de manera que se encuentra entre la primera distancia x_1 y la tercera distancia x_3 del primer y tercer dispositivos para determinar la temperatura. Por ejemplo, la distancia x_1 puede estar comprendida entre 1 mm y 4 mm aproximadamente y entre 1,5 mm y 3 mm aproximadamente.
- 25 A partir de las diferencias de temperatura así determinadas entre el primer y tercer dispositivos para determinar la temperatura y el segundo y tercer dispositivos para determinar la temperatura, el coeficiente de transferencia de calor por convección puede determinarse de una manera conocida de por sí, teniendo en cuenta el coeficiente de conductividad térmica del medio fluyente. Según la invención, se encontró que el grosor de capa límite también puede determinarse si se conoce o se mide el coeficiente de transferencia de calor por convección. Para ello, en algunas formas de realización de la invención, la superficie del cuerpo circundado por un flujo puede estar provista de un dispositivo de calentamiento en la zona del sensor de capa límite según la invención, que disipa un flujo de calor predefinible al entorno, de modo que el grosor de la capa límite puede determinarse directamente a partir de la distribución de temperatura que se ajusta a lo largo del sensor de capa límite.
- 30 Un dispositivo de calentamiento puede producirse como una resistencia de capa fina en la placa de circuito impreso o estar realizado como galga extensométrica o como un componente discreto.
- 35 Según la invención, se propone ahora que al menos el segundo y el tercer dispositivos para determinar una temperatura estén aplicados sobre una placa de circuito impreso. En algunas formas de realización de la invención, también el primer dispositivo para determinar una temperatura puede estar dispuesto sobre esta u otra placa de circuito impreso. En algunas formas de realización de la invención, todos los dispositivos para determinar una temperatura pueden disponerse sobre una placa de circuito impreso. La placa de circuito impreso propuesta según la invención se aplica sobre un cuerpo de medición.
- 40 La placa de circuito impreso puede estar hecha de poliimida o materia sintética reforzada con fibra de vidrio de una manera conocida de por sí. En algunas formas de realización de la invención, sobre la placa de circuito impreso se pueden formar pistas conductoras en forma de una capa de cobre estructurada, que entran en contacto con resistencias de medición para detectar la temperatura. La medición de la resistencia puede realizarse de manera conocida de por sí a través de un puente de Wheatstone o una medición por cuatro contactos.
- 45 La placa de circuito impreso puede estar hecha de poliimida o materia sintética reforzada con fibra de vidrio de una manera conocida de por sí. En algunas formas de realización de la invención, sobre la placa de circuito impreso se pueden formar pistas conductoras en forma de una capa de cobre estructurada, que entran en contacto con resistencias de medición para detectar la temperatura. La medición de la resistencia puede realizarse de manera conocida de por sí a través de un puente de Wheatstone o una medición por cuatro contactos.
- 50 En otras formas de realización de la invención, al menos un dispositivo para determinar una temperatura puede comprender o componerse de un termoelemento. En este caso, la placa de circuito impreso puede contener o componerse de capas estructuradas de al menos dos metales y/o aleaciones diferentes, que están unidas de forma conductiva entre sí en sus puntos de contacto, ya sea mediante soldadura indirecta, soldadura por puntos o deposición directa de película fina. De este modo, los dispositivos para determinar las temperaturas pueden fabricarse de forma especialmente compacta, lo que se traduce en una estructura mecánicamente robusta. En este caso, la aplicación de los diferentes metales o aleaciones sobre la placa de circuito impreso puede realizarse mediante deposición térmica por vapor, recubrimiento por plasma, pulverización catódica, deposición galvánica, deposición electrolítica u otros procesos de CVD o PVD, por ejemplo. La placa de circuito impreso puede enmascararse antes del recubrimiento, de modo que se recubran zonas parciales y otras queden sin recubrir. En otras formas de realización de la invención, la placa de circuito impreso también se puede recubrir en toda su superficie, en cuyo caso, posteriormente vuelven a exponerse superficies parciales individuales mediante estructuración y grabado.
- 55 En otras formas de realización de la invención, al menos un dispositivo para determinar una temperatura puede comprender o componerse de un termoelemento. En este caso, la placa de circuito impreso puede contener o componerse de capas estructuradas de al menos dos metales y/o aleaciones diferentes, que están unidas de forma conductiva entre sí en sus puntos de contacto, ya sea mediante soldadura indirecta, soldadura por puntos o deposición directa de película fina. De este modo, los dispositivos para determinar las temperaturas pueden fabricarse de forma especialmente compacta, lo que se traduce en una estructura mecánicamente robusta. En este caso, la aplicación de los diferentes metales o aleaciones sobre la placa de circuito impreso puede realizarse mediante deposición térmica por vapor, recubrimiento por plasma, pulverización catódica, deposición galvánica, deposición electrolítica u otros procesos de CVD o PVD, por ejemplo. La placa de circuito impreso puede enmascararse antes del recubrimiento, de modo que se recubran zonas parciales y otras queden sin recubrir. En otras formas de realización de la invención, la placa de circuito impreso también se puede recubrir en toda su superficie, en cuyo caso, posteriormente vuelven a exponerse superficies parciales individuales mediante estructuración y grabado.
- 60 En otras formas de realización de la invención, al menos un dispositivo para determinar una temperatura puede comprender o componerse de un termoelemento. En este caso, la placa de circuito impreso puede contener o componerse de capas estructuradas de al menos dos metales y/o aleaciones diferentes, que están unidas de forma conductiva entre sí en sus puntos de contacto, ya sea mediante soldadura indirecta, soldadura por puntos o deposición directa de película fina. De este modo, los dispositivos para determinar las temperaturas pueden fabricarse de forma especialmente compacta, lo que se traduce en una estructura mecánicamente robusta. En este caso, la aplicación de los diferentes metales o aleaciones sobre la placa de circuito impreso puede realizarse mediante deposición térmica por vapor, recubrimiento por plasma, pulverización catódica, deposición galvánica, deposición electrolítica u otros procesos de CVD o PVD, por ejemplo. La placa de circuito impreso puede enmascararse antes del recubrimiento, de modo que se recubran zonas parciales y otras queden sin recubrir. En otras formas de realización de la invención, la placa de circuito impreso también se puede recubrir en toda su superficie, en cuyo caso, posteriormente vuelven a exponerse superficies parciales individuales mediante estructuración y grabado.
- 65 En otras formas de realización de la invención, al menos un dispositivo para determinar una temperatura puede comprender o componerse de un termoelemento. En este caso, la placa de circuito impreso puede contener o componerse de capas estructuradas de al menos dos metales y/o aleaciones diferentes, que están unidas de forma conductiva entre sí en sus puntos de contacto, ya sea mediante soldadura indirecta, soldadura por puntos o deposición directa de película fina. De este modo, los dispositivos para determinar las temperaturas pueden fabricarse de forma especialmente compacta, lo que se traduce en una estructura mecánicamente robusta. En este caso, la aplicación de los diferentes metales o aleaciones sobre la placa de circuito impreso puede realizarse mediante deposición térmica por vapor, recubrimiento por plasma, pulverización catódica, deposición galvánica, deposición electrolítica u otros procesos de CVD o PVD, por ejemplo. La placa de circuito impreso puede enmascararse antes del recubrimiento, de modo que se recubran zonas parciales y otras queden sin recubrir. En otras formas de realización de la invención, la placa de circuito impreso también se puede recubrir en toda su superficie, en cuyo caso, posteriormente vuelven a exponerse superficies parciales individuales mediante estructuración y grabado.

5 El cuerpo de medición según la invención puede, por ejemplo, contener o componerse de un polímero. La placa de circuito impreso puede estar unida al cuerpo de medición mediante pegado o soldadura. Si el cuerpo de medición se fabrica mediante un proceso de moldeo por inyección, la placa de circuito impreso también puede incrustarse durante la fabricación de un cuerpo de medición. En cualquier caso, por el cuerpo de medición compacto resulta una estructura mecánicamente robusta que garantiza un funcionamiento fiable del sensor de capa límite según la invención. Mediante el uso de una placa de circuito impreso para la fabricación / la puesta en contacto de los dispositivos necesarios para determinar las temperaturas o los cursos de temperatura se hace posible, por un lado, una estructura mecánicamente robusta y, por otro, una fabricación sencilla incluso a gran escala.

10 En algunas formas de realización de la invención, el termoelemento puede estar seleccionado de Cu-CuNiMn (constantan). En algunas formas de realización de la invención, el termoelemento puede estar seleccionado de Cu-CuNi. En algunas formas de realización de la invención, el termoelemento puede estar seleccionado de NiCr-CuNi. En algunas formas de realización de la invención, el termoelemento puede estar seleccionado de Fe-CuNi. En algunas formas de realización de la invención, el termoelemento puede estar seleccionado de Ni-CrNi. Los metales o aleaciones mencionados pueden depositarse fácilmente sobre un sustrato portador que forma la placa de circuito impreso o fijarse en forma de una lámina o un alambre mediante pegado. Por otro lado, la tensión termoeléctrica generada por las composiciones de materiales mencionadas es conocida, por lo que se pueden realizar mediciones absolutas de manera sencilla. En algunas formas de realización de la invención, todos los dispositivos para determinar las temperaturas pueden estar compuestos de forma idéntica. Esto puede simplificar la producción porque, por ejemplo, sólo es necesario depositar secuencialmente dos metales o aleaciones sobre el sustrato que forma la placa de circuito impreso. En otras formas de realización de la invención, los diferentes dispositivos para determinar la temperatura se pueden componer de manera diferente con el fin de aumentar la precisión de medición por medición redundante o para plausibilizar los resultados.

25 En algunas formas de realización de la invención, la placa de circuito impreso puede comprender o componerse de poliimida. En algunas formas de realización de la invención, la placa de circuito impreso puede tener un grosor de entre 0,1 mm y aproximadamente 0,5 mm o de entre aproximadamente 0,125 mm y aproximadamente 0,25 mm. Una placa de circuito impreso de este tipo puede ser flexible, de modo que pueda adaptarse mejor a la forma del cuerpo de medición y exista una mayor libertad en la elección del cuerpo de medición utilizado para una aplicación predefinible.

30 En algunas formas de realización de la invención, el cuerpo de medición puede presentar al menos un primer lado que puede ser apto para unirse a la superficie del cuerpo circundado por un flujo y al menos un segundo lado que se eleva continuamente desde la superficie. En algunas formas de realización de la invención, el primer lado del cuerpo de medición puede tener una forma complementaria a la superficie del cuerpo circundado por un flujo. En el caso de un cuerpo plano circundado por un flujo, por lo tanto, el primer lado del cuerpo de medición puede ser plano. Si el cuerpo circundado por un flujo tiene forma convexa, por ejemplo el ala de un avión, el casco de un barco o la pala de una instalación de energía eólica, el primer lado del cuerpo de medición está conformado de forma cóncava de manera complementaria. De esta manera, por un lado, se consigue un buen contacto térmico del cuerpo de medición, de modo que un dispositivo para detectar una temperatura, dispuesto en el primer lado del cuerpo de medición, puede determinar de forma fiable la temperatura de la superficie del cuerpo de medición. Por otro lado, la fijación mecánica del cuerpo de medición puede mejorarse aumentando la altura de la superficie de contacto.

45 El segundo lado del cuerpo de medición se eleva de forma constante desde la superficie del cuerpo circundado por un flujo. A efectos de la presente descripción, se entiende por ello una forma del segundo lado que discurre sin escalones, pliegues ni grietas. Esto garantiza que el flujo pase sobre el cuerpo de medición prácticamente sin perturbaciones, sin que se formen turbulencias indeseables. Por lo tanto, el segundo lado puede ser plano, por ejemplo, de modo que el cuerpo de medición puede tener la forma básica de una cuña. En otras formas de realización de la invención, el segundo lado puede tener forma cóncava o convexa, de modo que, por ejemplo, se cree la impresión de un cono, un cono truncado, una calota esférica o incluso una superficie de forma libre cóncava o convexa.

50 En algunas formas de realización de la invención, la placa de circuito impreso puede cubrir al menos parcialmente el primero y el segundo lados del cuerpo de medición. Esto hace posible especialmente una fabricación sencilla del sensor según la invención, ya que la placa de circuito impreso puede aplicarse mediante encolado o soldadura con el cuerpo de medición y basta con una placa de circuito impreso de una sola pieza para fijar mecánicamente y poner en contacto eléctrico todos los dispositivos para determinar una temperatura tanto en el primer como en el segundo lado del cuerpo de medición.

60 A continuación, la invención se explicará con más detalle con la ayuda de figuras sin limitar la idea general de la invención. Muestran

la figura 1 un sensor de capa límite según una forma de realización de la invención.

La figura 2 muestra un cuerpo de medición según una primera forma de realización de la invención.

La figura 3 muestra una placa de circuito impreso según una primera forma de realización de la invención.

La figura 4 muestra un sensor de capa límite según una segunda forma de realización de la invención.

5 Con la ayuda de las figuras 1, 2 y 3 se explica una primera forma de realización del sensor de capa límite según la invención. La figura 1 muestra una vista en perspectiva del sensor completo. La figura 2 muestra el cuerpo de medición en sección y la figura 3 muestra la placa de circuito impreso con los dispositivos para determinar una temperatura en vista en planta desde arriba.

10 El cuerpo de medición 2 usado en la primera forma de realización tiene una forma básica aproximadamente en forma de cuña con un primer lado 21 plano que está configurado para unirse a la superficie de un cuerpo circundado por un flujo durante el funcionamiento del sensor de capa límite. El primer lado del cuerpo de medición 2 puede unirse, por ejemplo mediante pegado o soldadura, a la superficie del cuerpo circundado por un flujo.

15 El cuerpo de medición 2 tiene además un segundo lado 22 que en el ejemplo de realización representado asimismo es plano y se eleva de forma constante partiendo de la superficie del cuerpo circundado por un flujo, es decir, sin escalones, pliegues ni saltos. El cuerpo de medición 2 está concebido para apuntar con su punta hacia barlovento, de modo que el flujo se deslice hacia arriba a lo largo del segundo lado 22. El lado de sotavento, opuesto al flujo, del cuerpo de medición 2 puede estar curvado, como se muestra en la figura 2. En otras formas de realización de la invención, el lado opuesto al flujo también puede tener otra forma.

20 En algunas formas de realización de la invención, el cuerpo de medición 2 puede estar hecho de un polímero. Por ejemplo, puede usarse poliamida, polietileno, politetrafluoroetileno u otra materia sintética. Estos materiales son mecánicamente robustos, fáciles de procesar y eléctricamente aislantes, por lo que no cabe esperar ninguna alteración de los equipos de determinación de las temperaturas. La precisión de la medición puede aumentar gracias a la baja conductividad térmica del cuerpo de medición. En algunas formas de realización de la invención, el cuerpo de medición 2 puede fabricarse en un procedimiento de fabricación generativo. Esto hace posible una conformación libre para adaptarlo a distintas aplicaciones.

25 En algunas formas de realización, el flujo que actúa sobre el sensor de capa límite 1 o el cuerpo de medición 2 puede ser un flujo forzado, por ejemplo un flujo de aire atmosférico o la corriente de aire generada cuando se mueve un vehículo, avión o barco. En otras formas de realización de la invención, el flujo puede ser un flujo térmico que se forma en superficies calentadas o enfriadas, cuya temperatura difiere de la temperatura del entorno.

30 Como además puede verse en la figura 1, el cuerpo de medición 2 está provisto de una placa de circuito impreso que se extiende desde el segundo lado 22, pasando sobre la punta 25, hasta el primer lado 21. La placa de circuito impreso 3 puede estar unida al cuerpo de medición 2 mediante encolado o soldadura. En otras formas de realización de la invención, se pueden usar dos placas de circuito impreso asignadas al segundo lado 22 y al primer lado 21 del cuerpo de medición 2. La invención no divulga el uso de exactamente una placa de circuito impreso como principio de solución.

35 Como puede verse en la figura 3, la placa de circuito impreso 3 presenta un sustrato sustancialmente plano. En algunas formas de realización, el sustrato de la placa de circuito impreso puede ser flexible y contener, por ejemplo, una lámina de poliimida. La placa de circuito impreso 3 puede estar provista de una metalización estructurada, que forma pistas conductoras de manera conocida, con las que se ponen en contacto dispositivos para determinar una temperatura 31, 32 y 33. En este caso, los dispositivos para determinar una temperatura pueden ser, por ejemplo, termómetros de resistencia.

40 En el ejemplo de realización ilustrado, los dispositivos para determinar una temperatura 31, 32 y 33 comprenden respectivamente un termoelemento. Por tanto, metales o aleaciones diferentes inciden entre sí en los respectivos puntos de medición, de modo que se forma una tensión termoeléctrica cuando se produce una diferencia de temperatura. La tensión termoeléctrica es conducida a través de contactos de conexión 45 en la placa de circuito impreso y cables de conexión 5 a un dispositivo de medición de tensión no representado que convierte las pequeñas tensiones termoeléctricas en un valor de temperatura o un valor de medición que caracteriza las diferencias de temperatura y lo hace accesible para su posterior evaluación analógica o digital.

45 Para formar los termoelementos, en la placa de circuito impreso están aplicadas dos metalizaciones 41 y 42 estructuradas, por ejemplo pegándolas sobre una lámina o mediante procedimientos conocidos de por sí para depositar capas finas, como por ejemplo, la pulverización catódica, la deposición por vapor, el recubrimiento por plasma, la deposición electrolítica o galvánica u otros procedimientos de CVD o PVD no mencionados aquí.

50 En algunas formas de realización de la invención, el material de la primera metalización 41 puede estar seleccionado de entre cobre o una aleación que comprenda cobre y níquel o níquel y cromo. En estos casos, el material de la segunda metalización 42 está seleccionado de entre níquel o hierro o, a su vez, una aleación que contiene cobre y níquel o níquel y cromo. Es esencial que el material de la primera metalización 41 se seleccione de forma diferente al material de la segunda metalización 42.

55 Cuando la placa de circuito impreso 3 se monta sobre el cuerpo de medición 2, los contactos de conexión 45 quedan situados fuera del cuerpo de medición, como puede verse en la figura 1. En otras formas de realización de la invención, el cuerpo de medición 2 también puede llevar un dispositivo para la reducción de tracción o un conector enchufable.

- 5 El primer dispositivo para determinar una temperatura 31 queda situado en el primer lado 21 del cuerpo de medición 2 y está así en contacto con la superficie del cuerpo circundado por un flujo y puede detectar su temperatura. La parte distal de la placa de circuito impreso 3, partiendo de los contactos de conexión 45, queda situada en el segundo lado 22 del cuerpo de medición 2 y mide así la temperatura dentro o fuera de la capa límite usando el segundo dispositivo para determinar una temperatura 32 y el tercer dispositivo para determinar una temperatura 33. Según la invención reivindicada, a partir de las tres temperaturas o de las diferencias de temperatura se determinan entonces de una manera conocida de por sí el grosor de capa límite y/o el coeficiente de transferencia de calor por convección.
- 10 Con la ayuda de la figura 4 se explica una segunda forma realización del sensor de capa límite según la invención. Los componentes idénticos de la invención están provistos de signos de referencia idénticos, de modo que la siguiente descripción se limita a las diferencias esenciales.
- 15 Están representados un cuerpo 6 circundado por un flujo y una superficie 65. El cuerpo 6 puede ser, por ejemplo, un cuerpo calefactor o un cuerpo refrigerante si se debe determinar un coeficiente de transferencia de calor o el grosor de capa límite de un flujo térmico. En otras formas de realización de la invención, el cuerpo 6 circundado por un flujo también puede ser la pala de una instalación de energía eólica, el ala de un avión o parte del casco de un barco, de modo que se pueda detectar el flujo de aire o agua generado durante el funcionamiento de estas instalaciones.
- 20 Como además puede verse en la figura 4, el cuerpo de medición 2 tiene una forma sustancialmente convexa, que puede, por ejemplo, estar configurada como calota esférica, como parábola o como hipérbola. En otras formas de realización de la invención, el cuerpo de medición 2 también puede ser un cono o un cono truncado, en cuyo caso los dispositivos para determinar las temperaturas pueden estar fijados, al menos parcialmente, a la superficie exterior del cono. La realización simétrica del cuerpo de medición 2 como calota esférica puede ofrecer la ventaja de que el flujo
- 25 puede ser detectado independientemente de su dirección de incidencia. Además, el flujo saliente puede abandonar la zona de medición con menores turbulencias.
- 30 Están representados a su vez tres dispositivos para determinar una temperatura 31, 32 y 33. El primer dispositivo 31 está dispuesto en el primer lado 21 del cuerpo de medición 2 y, por tanto, en contacto con la superficie 65 del cuerpo 6 alrededor de la cual hay un flujo. El segundo y tercer dispositivos para determinar una temperatura 32 y 33 se encuentran a su vez en diferentes lugares en el segundo lado 22 del cuerpo de medición 2, de manera que están dispuestos a diferentes distancias x_2 y x_3 de la superficie 65. De esta manera, pueden ser detectadas la temperatura de la superficie 65, la temperatura del medio circundante que fluye y un valor intermedio en la capa límite. De la misma manera, también pueden disponerse sobre el cuerpo de medición 2 dispositivos adicionales para determinar la
- 35 temperatura, ya sea para usar diferentes dispositivos para determinar la temperatura para diferentes direcciones de flujo o para mejorar la precisión del sensor de capa límite. Por ejemplo, en algunas formas de realización de la invención, el número de dispositivos para determinar una temperatura puede estar comprendido entre 3 y aproximadamente 20 o entre aproximadamente 6 y aproximadamente 18.
- 40 Evidentemente, la invención no se limita a las formas de realización representadas. Por lo tanto, la descripción que antecede no debe considerarse como limitación, sino como explicación. Las siguientes reivindicaciones deben entenderse en el sentido de que una característica mencionada está presente en al menos una forma de realización de la invención. Esto no excluye la presencia de características adicionales. Si las reivindicaciones y la descripción anterior definen una "primera" y "segunda" formas de realización, esta designación sirve para distinguir entre dos
- 45 formas de realización similares sin fijar un orden de prioridad.

REIVINDICACIONES

1. Sensor de capa límite (1) para determinar el grosor de una capa límite sobre una superficie (65) de un cuerpo (6) circundado por un flujo, con
- 5 al menos un primer dispositivo para determinar una temperatura (31), al menos un segundo dispositivo para determinar una temperatura (32) y al menos un tercer dispositivo para determinar una temperatura (33), que están concebidos respectivamente para estar dispuestos a una distancia (X1, X2, X3) predefinible de la superficie (65) del cuerpo (6) circundado por un flujo durante el funcionamiento del sensor de capa límite (1), estando elegida la distancia X2 predefinible del segundo dispositivo (32) para determinar la temperatura de manera que se sitúa entre la primera distancia X1 y la tercera distancia X3 del primer y tercer dispositivos (31, 33) para determinar la temperatura, conteniendo el sensor de capa límite (1) además un dispositivo de evaluación que está concebido para determinar a partir de las tres temperaturas o de las diferencias de temperatura el grosor de capa límite y/o el coeficiente de transferencia de calor por convección, **caracterizado porque**
- 10 al menos el segundo y el tercer dispositivos para determinar una temperatura (32, 33) están aplicados sobre una placa de circuito impreso (3) que está aplicada sobre un cuerpo de medición (2).
2. Sensor de capa límite según la reivindicación 1, **caracterizado porque** al menos un dispositivo para determinar una temperatura (31, 32, 33) contiene o se compone de un termoelemento.
3. Sensor de capa límite según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el termoelemento está seleccionado de entre Cu-CuNiMn y/o Cu-CuNi y/o NiCr-CuNi y/o Fe-CuNi y/o Ni-CrNi.
4. Sensor de capa límite según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la placa de circuito impreso (3) contiene o se compone de políimida.
5. Sensor de capa límite según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el cuerpo de medición (2) tiene al menos un primer lado (21) que puede unirse a la superficie (65) del cuerpo (6) circundado por un flujo y tiene al menos un segundo lado (22) que se eleva de forma constante partiendo de la superficie (65).
6. Sensor de capa límite según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la placa de circuito impreso (3) cubre al menos parcialmente el primer y segundo lados.
7. Sensor de capa límite según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el segundo lado (22) del cuerpo de medición (2) está conformado de forma plana o convexa.
8. Sensor de capa límite según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el cuerpo de medición (2) tiene forma de cuña o de calota esférica.
9. Instalación de energía eólica o vehículo o avión o aparato de medición del clima ambiental o buque con un sensor de capa límite según una de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Procedimiento para la fabricación de un sensor de capa límite (1), con los siguientes pasos:
- 45 La puesta a disposición de una placa de circuito impreso (3),
la generación de al menos un primer dispositivo para determinar una temperatura (31), un segundo dispositivo para determinar una temperatura (32) y un tercer dispositivo para determinar una temperatura (33) sobre la placa de circuito impreso (3),
50 la puesta a disposición de un cuerpo de medición (2) con al menos un primer lado (21) y al menos un segundo lado (22),
la aplicación de la placa de circuito impreso (3) sobre el cuerpo de medición (2), de modo que el primer, segundo y tercer dispositivos para determinar una temperatura (31, 32, 33) están dispuestos respectivamente a una distancia (X1, X2, X3) predefinible del primer lado (21) del cuerpo de medición (2), estando seleccionada la distancia X2 predefinible del segundo dispositivo (32) para determinar la temperatura de manera que se sitúa entre la primera distancia X1 y la tercera distancia X3 del primer y tercer dispositivos (31, 33) para determinar la temperatura,
- 55 la puesta a disposición de un dispositivo de evaluación que está concebido para determinar a partir de las tres temperaturas o de las diferencias de temperatura un grosor de capa límite y/o un coeficiente de transferencia de calor por convección.
- 60 11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** el primer, segundo y tercer dispositivos para determinar una temperatura (31, 32, 33) comprenden o se componen respectivamente de un termoelemento, realizándose su generación depositando y estructurando un primer metal (41) y un segundo metal (42) sobre la placa de circuito impreso (3).
- 65

12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el primer metal y el segundo metal están seleccionados de entre Cu y/o CuNiMn y/o NiCr y/o CuNi y/o Fe y/o CuNi y/o Ni y/o CrNi.
- 5 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado porque** el primer metal (41) y/o el segundo metal (42) se aplican por pulverización catódica o evaporación térmica o sin corriente externa o de forma galvánica.
- 10 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado porque** el cuerpo de medida (2) se produce en un procedimiento de fabricación generativo y/o porque el cuerpo de medida (2) contiene o se compone de un polímero.

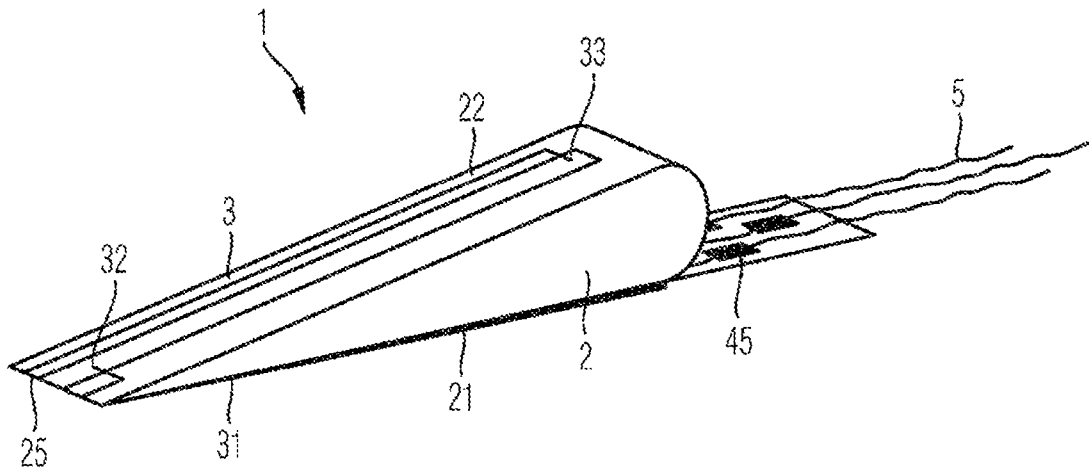


Fig. 1

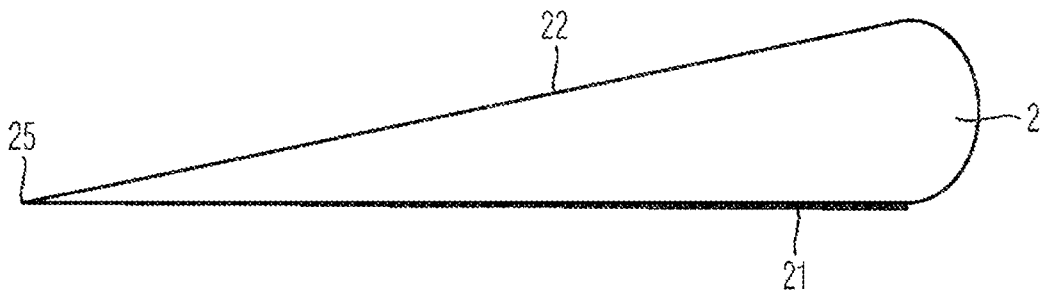


Fig. 2

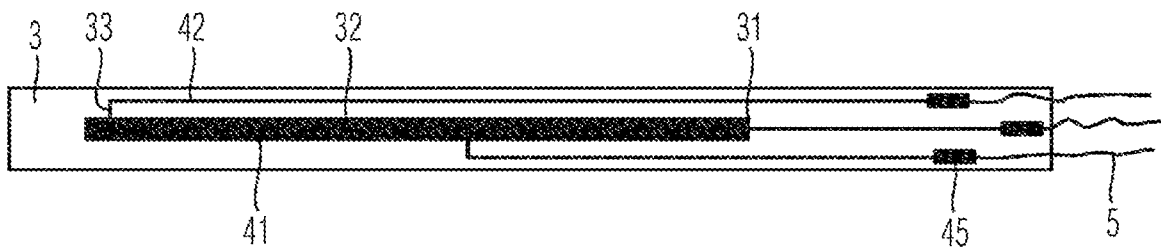


Fig. 3

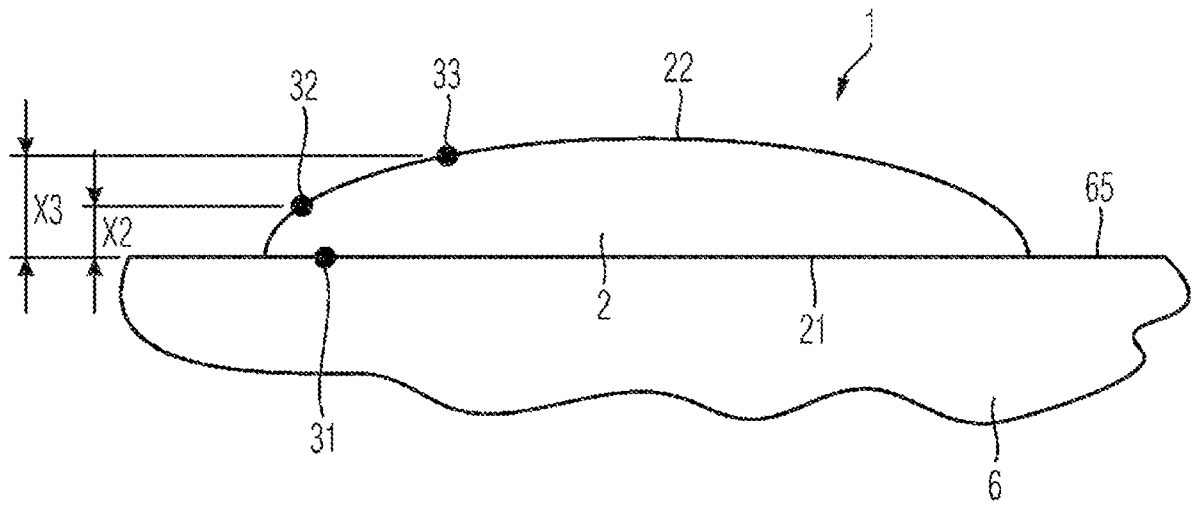


Fig. 4