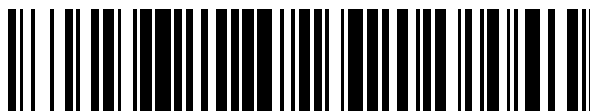


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 572**

51 Int. Cl.:

**G01P 3/36** (2006.01)

**G01S 17/58** (2006.01)

**G01S 17/93** (2006.01)

**B60T 7/22** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09787112 .3**

96 Fecha de presentación: **07.09.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2335080**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.06.2011**

54 Título: **Aparato de determinación de velocidad**

30 Prioridad:  
**09.09.2008 EP 08163980**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.10.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.10.2012**

73 Titular/es:  
**Koninklijke Philips Electronics N.V.**  
**Groenewoudseweg 1**  
**5621 BA Eindhoven , NL**

72 Inventor/es:  
**MOENCH, Holger;**  
**CARPAIJ, Mark y**  
**VAN DER LEE, Alexander**

74 Agente/Representante:  
**Zuazo Araluze, Alexander**

**ES 2 388 572 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**

Aparato de determinación de velocidad.

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un aparato de determinación de velocidad, un método de determinación de velocidad y un programa informático para determinar una velocidad relativa entre un primer objeto, al que puede acoplarse el aparato de determinación de velocidad, y un segundo objeto. La invención se refiere además a un vehículo que comprende el aparato de determinación de velocidad.

**Antecedentes de la invención**

10 El artículo "A Double-Laser Diode Onboard Sensor for Velocity Measurements", X. Raoul, T. Bosch, G. Plantier y N. Servagent, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 53, febrero de 2007, da a conocer un sensor de interferencia por automezclado (SMI) en un coche para una medición de velocidad en tiempo real. Sin embargo, esta velocidad medida generalmente no puede usarse en un programa electrónico de estabilidad (ESP) o en otro sistema de seguridad de coche, porque no se garantiza que la velocidad medida sea fiable y no desencadena una acción en relación con la seguridad.

15 El documento US 6.233.045 B1 da a conocer un sensor por automezclado que puede usarse para medir de manera remota la velocidad, las vibraciones, el intervalo, y la longitud.

**Sumario de la invención**

20 Es un objeto de la presente invención proporcionar un aparato de determinación de velocidad, un método de determinación de velocidad y un programa informático, que permitan usar la velocidad determinada en un sistema de seguridad de objeto como en un ESP o como en otro sistema de seguridad de vehículo. Es un objeto adicional de la presente invención proporcionar un vehículo que comprende el aparato de determinación de velocidad.

En un primer aspecto de la presente invención se presenta un aparato de determinación de velocidad para determinar una velocidad relativa entre un primer objeto, al que puede acoplarse el aparato de determinación de velocidad, y un segundo objeto, en el que el aparato de determinación de velocidad comprende:

25 - un láser que tiene una cavidad de láser para emitir una primera radiación para reflejarse por el segundo objeto para generar una radiación reflejada que es una segunda radiación, en el que la primera radiación y al menos una parte de la segunda radiación interfieren dentro de la cavidad de láser,

- un detector de señal de interferencia para detectar una señal de interferencia, que depende de la interferencia dentro de la cavidad de láser,

30 - una unidad de determinación de velocidad para determinar la velocidad relativa basándose en la señal de interferencia,

35 - una unidad de determinación de valor de fiabilidad para determinar un valor de fiabilidad para indicar la fiabilidad de la velocidad relativa determinada, en el que la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en al menos uno del grupo que consiste en la señal de interferencia detectada, la velocidad relativa determinada y una característica del láser, en el que el primer objeto es un vehículo y en el que el aparato de determinación de velocidad comprende además un sistema de seguridad de vehículo para controlar una unidad de seguridad del vehículo dependiendo de la velocidad relativa determinada y el valor de fiabilidad determinado.

40 Puesto que la unidad de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad, que indica la fiabilidad de la velocidad determinada, este valor de fiabilidad puede usarse para determinar si la velocidad determinada puede usarse en un sistema de seguridad de objeto o no. Por tanto, el valor de fiabilidad determinado puede usarse para usar la velocidad determinada sólo si el valor de fiabilidad indica que la velocidad determinada es fiable, garantizando de este modo que la velocidad determinada se usa sólo si la velocidad determinada es fiable y no desencadena una acción en relación con la seguridad. Esto permite usar la velocidad determinada en un sistema de seguridad de objeto como en un ESP o como en otro sistema de seguridad de vehículo.

45 El láser que tiene una cavidad de láser, el detector de señal de interferencia y la unidad de determinación de velocidad forman un sensor SMI, que se usa para determinar la velocidad relativa entre el primer objeto y el segundo objeto. El primer objeto es preferiblemente un vehículo, al que puede acoplarse el aparato de determinación de velocidad, en particular, al que se acopla el aparato de determinación de velocidad, y el segundo objeto es, por ejemplo, otro vehículo o un objeto, que no está en movimiento como la superficie bajo el vehículo, es decir, por ejemplo, una superficie de carretera. Si el segundo objeto es un objeto, que no está en movimiento, la velocidad relativa determinada por el aparato de determinación de velocidad es la velocidad absoluta del primer objeto.

La primera radiación es preferiblemente un primer haz de luz emitido por el láser. La segunda radiación es

preferiblemente radiación, que se refleja, en particular, retrodispersada por el segundo objeto, en la que al menos una parte de la segunda radiación entra en la cavidad de láser e interfiere con la primera radiación presente dentro de la cavidad de láser.

5 La intensidad de la luz de láser en la cavidad se modifica por la interferencia de la primera radiación con la segunda radiación, que es preferiblemente luz retrodispersada y que está desplazada en frecuencia por un desplazamiento Doppler resultante del movimiento relativo de los dos objetos. La señal de interferencia depende preferiblemente de la intensidad de la luz de láser dentro de la cavidad de láser, que se modifica por esta interferencia. El detector de señal de interferencia es preferiblemente un detector de intensidad de luz para medir la intensidad de la luz de láser dentro de la cavidad de láser, al que se dirige al menos una parte de la luz de láser dentro de la cavidad de láser, en el que la señal de interferencia depende de o es la intensidad medida de la luz de láser, que se modifica por la interferencia dentro de la cavidad de láser. El detector de señal de interferencia se ubica preferiblemente fuera de la cavidad de láser.

15 La unidad de determinación de velocidad está adaptada preferiblemente para determinar la frecuencia fundamental de la señal de interferencia, por ejemplo, transformando por Fourier la señal de interferencia detectada. La unidad de determinación de velocidad está adaptada preferiblemente además para determinar la velocidad relativa dependiendo de la frecuencia fundamental determinada usando la siguiente ecuación:

$$v = f \frac{\lambda}{2 \cos(\phi)} \quad , \quad (1)$$

20 donde  $f$  es la frecuencia fundamental,  $\lambda$  es la longitud de onda de la luz de láser, y  $\phi$  es el ángulo entre la dirección de la primera radiación, en particular, la dirección del primer haz de luz, y el vector velocidad, que es preferiblemente paralelo a una superficie bajo un vehículo y apunta en la dirección de la dirección de conducción del vehículo, si el primer objeto es un vehículo y el segundo objeto es la superficie bajo el vehículo.

25 Se prefiere que la unidad de determinación de valor de fiabilidad esté adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en la razón señal a ruido de la señal de interferencia. En una realización, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que la velocidad relativa determinada no es fiable, si la razón señal a ruido es inferior a un valor umbral de señal a ruido predeterminado. Puesto que la velocidad determinada es más fiable si la razón señal a ruido es superior, un valor de fiabilidad fiable puede determinarse basándose en la razón señal a ruido de la señal de interferencia.

30 En una realización preferida, el aparato de determinación de velocidad está adaptado para aplicar una transformación de Fourier a la señal de interferencia, en el que la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar la razón señal a ruido determinando la altura del pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier, determinando el nivel de ruido de la señal de interferencia transformada por Fourier y dividiendo la altura determinada por el nivel de ruido determinado. Preferiblemente, una función de ajuste de ruido se ajusta a la señal de interferencia transformada por Fourier y una función de ajuste pico se ajusta al pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier, en la que el nivel de ruido de la función de ajuste de ruido ajustada y el pico de la frecuencia fundamental de la función de ajuste pico ajustada se usan para determinar la razón señal a ruido.

Si el aparato de determinación de velocidad está adaptado para aplicar una transformación de Fourier a la señal de interferencia, preferiblemente la unidad de determinación de velocidad y/o la unidad de determinación de valor de fiabilidad está(n) adaptada(s) para aplicar una transformación de Fourier a la señal de interferencia.

40 Si la señal de interferencia se transforma por Fourier, el detector de señal de interferencia, la unidad de determinación de velocidad y/o la unidad de determinación de valor de fiabilidad se adaptan preferiblemente de tal manera que el espectro resultante se representa como un espectro de potencia.

45 La función de ajuste de ruido corresponde preferiblemente a una señal detectada por el detector de señal de interferencia, si una interferencia no está presente dentro de la cavidad de láser. Esta señal es generalmente una señal de fondo plana, en particular, en un área de interés alrededor de la frecuencia fundamental de una señal de interferencia, que se espera medir, si una interferencia está presente dentro de la cavidad de láser. La función de ajuste de ruido es por tanto preferiblemente un único valor de ruido, es decir la función de ajuste de ruido es preferiblemente una función constante, que se ajusta a la señal de interferencia transformada por Fourier. Preferiblemente, la parte de la señal de interferencia, que se genera por la interferencia dentro de la cavidad de láser, se desprecia mediante el ajuste, por ejemplo, dando a los puntos correspondientes al pico de la frecuencia fundamental pesos cero en la función de ajuste, o evaluando el espectro en una escala logarítmica, en la que el número de puntos que contienen sólo ruido es tal que la influencia del pico en la función de ajuste es despreciable. Una alternativa es basar la función de ajuste de ruido sólo en una parte del espectro que no contiene la frecuencia fundamental o sus armónicos superiores y ajustar esto mediante una función de ajuste constante. Para una función de ajuste de ruido plana el procedimiento de ajuste es igual a tomar el promedio de la potencia de la señal transformada por Fourier. La función de ajuste pico es preferiblemente una función de ajuste gaussiana, que se

ajusta al pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier.

Se prefiere además que el aparato de velocidad esté adaptado para aplicar una transformación de Fourier a la señal de interferencia, en el que la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar la anchura del pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier y en el que la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en la anchura determinada, en particular, en combinación con la frecuencia fundamental. Preferiblemente, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad mayor, si la anchura es menor. Se prefiere además que la anchura se defina como la mitad del máximo de anchura completa del pico. Asimismo la anchura del pico se determina preferiblemente ajustando una función de ajuste pico al pico, en la que la anchura del pico de la función pico ajustada se usa para determinar el valor de fiabilidad. Puesto que la unidad de determinación de velocidad determina preferiblemente la velocidad relativa basándose en la frecuencia fundamental, es decir, la frecuencia del máximo de pico más alto, y puesto que generalmente cuanto menor sea una anchura de pico más precisa es la determinación de la frecuencia de un máximo de pico, la velocidad determinada es generalmente más fiable, si la anchura del pico de la frecuencia fundamental es menor. En otra realización, el valor de fiabilidad se determina dependiendo de la razón de la anchura del pico respecto a su frecuencia fundamental. Si esta razón es mayor, la unidad de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad que es menor, y si esta razón es menor, la unidad de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad que es mayor. En particular, si la anchura del pico fundamental es inferior a su frecuencia fundamental, la unidad de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad que indica que la velocidad relativa determinada es fiable, y si la anchura es mayor que la frecuencia fundamental, la unidad de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad que indica que la velocidad relativa determinada no es fiable.

Se prefiere además que el aparato de velocidad esté adaptado para aplicar una transformación de Fourier a la señal de interferencia, en el que la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar características de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier y para determinar el valor de fiabilidad basándose en las características determinadas de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier. En una realización, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en el área bajo el pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier dividida por el área bajo todos los demás picos que se producen en un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier, lo que podría indicar la presencia de armónicos. En una realización simplificada, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en o como el área bajo el pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier dividida por el área bajo el pico del primer armónico, es decir bajo el pico en dos veces la frecuencia fundamental.

En una realización, el aparato de determinación de velocidad comprende una unidad de determinación de características de láser, en particular, una unidad de determinación de potencia de láser y/o temperatura de láser, para determinar características del láser, en particular, para determinar la potencia y/o la temperatura del láser.

Se prefiere además que la característica del láser, en la que se basa la determinación del valor de fiabilidad, sea al menos una de la potencia y la temperatura del láser. Puesto que la potencia y la temperatura del láser dan una indicación sobre el rendimiento del láser con respecto a la interferencia de automezclado, la fiabilidad de la velocidad determinada puede estar caracterizada por la potencia o la temperatura del láser. Preferiblemente, el valor de fiabilidad depende de la razón de la potencia de láser respecto a la potencia máxima. Si la temperatura del láser se usa para determinar un valor de fiabilidad, el valor de fiabilidad indica una velocidad relativa determinada fiable, si la temperatura del láser está dentro de un intervalo de temperatura predeterminado, que corresponde al funcionamiento apropiado del láser. En una realización, el intervalo de temperatura predeterminado es [-20,80], [-30,80], [-40,+80], [-40,+90], [-40,+100], [-40,+110] o [-40,+120] grados Celsius. En otras realizaciones, pueden usarse otros intervalos de temperatura predeterminados.

Se prefiere además que el aparato de determinación de velocidad comprenda una unidad de almacenamiento para almacenar velocidades de al menos dos determinaciones de velocidad, en el que la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en las velocidades almacenadas en la unidad de almacenamiento. Preferiblemente, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad dependiendo de una diferencia absoluta entre velocidades, que se han determinado sucesivamente. En una realización, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad que indica que las velocidades relativas determinadas no son fiables, si una diferencia absoluta es mayor que un valor de diferencia absoluta predeterminada, que corresponde a una aceleración posible máxima.

Se prefiere además que el aparato de determinación de velocidad comprenda

- un láser adicional que tiene una cavidad de láser adicional para emitir una primera radiación adicional para reflejarse por el segundo objeto para generar una radiación reflejada adicional que es una segunda radiación adicional, en el que la primera radiación adicional y al menos una parte de la segunda radiación adicional interfieren dentro de la cavidad de láser adicional,

- un detector de señal de interferencia adicional para detectar una señal de interferencia adicional, que depende de la interferencia dentro de la cavidad de láser adicional,

en el que la unidad de determinación de velocidad está adaptada para determinar una velocidad relativa adicional basándose en la señal de interferencia adicional,

5 en el que la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para comparar la velocidad relativa y la velocidad relativa adicional dando un resultado de comparación y para determinar el valor de fiabilidad basándose en el resultado de comparación. En una realización preferida, la velocidad relativa determinada y la velocidad relativa adicional se han determinado en la misma dirección y la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad menor, si una diferencia absoluta entre la velocidad relativa y la velocidad relativa adicional es mayor. Se prefiere además que la unidad de determinación de valor de fiabilidad esté adaptada para determinar un valor de fiabilidad que indica que la velocidad determinada no es fiable, si una diferencia absoluta entre la velocidad relativa y la velocidad relativa adicional es mayor que un valor umbral predeterminado. La unidad de determinación de valor de fiabilidad también puede estar adaptada para comparar la velocidad relativa y la velocidad relativa adicional determinando un valor de correlación, que corresponde a la correlación de la velocidad relativa y la velocidad relativa adicional. Si el valor de correlación determinado para la velocidad relativa y la velocidad relativa adicional no está dentro de un intervalo de valor de correlación determinado, se considera que la velocidad relativa determinada y la velocidad relativa adicional determinada no son fiables. El intervalo de valor de correlación puede determinarse mediante mediciones de calibración, que se realizan de tal manera que se conoce que la velocidad relativa y la velocidad relativa adicional son fiables.

20 En una realización, el valor de correlación  $\alpha$  se define mediante la ecuación siguiente:

$$\alpha = \frac{v_1}{v_2} \quad (2)$$

siendo  $v_1$  la velocidad relativa determinada y siendo  $v_2$  la velocidad relativa adicional determinada.

En una realización adicional, una desviación de un valor de correlación fiable  $\alpha^R$ , que se ha determinado mediante calibración usando velocidades relativas que se conoce que son fiables, se define como

$$\Delta = v_1 - \frac{v_2}{\alpha^R} \quad (3)$$

25 La unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada entonces preferiblemente para determinar un valor de fiabilidad usando la siguiente ecuación:

$$R = 1 - \int_{-\Delta}^{\Delta} e^{-\frac{x^2}{2(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}} dx \quad (4)$$

30 siendo  $\sigma_1$  la desviación estándar de la velocidad relativa determinada  $v_1$  y siendo  $\sigma_2$  la desviación estándar de la velocidad relativa adicional determinada  $v_2$ . Las desviaciones estándar se determinan preferiblemente a partir de la anchura del pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier y la función de ajuste usada para ajustar el pico. En una realización adicional, la determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad que indica que las velocidades relativas determinadas son fiables, si el resultado de la ecuación (4) es mayor que un umbral predefinido, y para determinar un valor de fiabilidad que indica que las velocidades relativas determinadas no son fiables, si el resultado de ecuación (4) es menor que el umbral predefinido. En una realización adicional, la determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad que indica que las velocidades relativas determinadas son fiables, si  $\Delta < 2\sigma_{1,2}$  para las desviaciones estándar de ambas velocidades relativas, y para determinar un valor de fiabilidad que indica que las velocidades relativas determinadas no son fiables, si  $\Delta > 2\sigma_{1,2}$  para al menos una de las desviaciones estándar. En otras realizaciones, en lugar de  $2\sigma_{1,2}$  pueden predeterminarse otros umbrales con respecto a  $\Delta$ .

45 En una realización preferida, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para proporcionar una función de fiabilidad, que genera un valor de fiabilidad y que depende de al menos uno de los siguientes: la razón señal a ruido; la anchura del pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier; las características de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier; las características de láser, en particular, la potencia de láser y la temperatura de láser; la diferencia absoluta entre velocidades, que se han determinado sucesivamente; y la diferencia o correlación mencionada anteriormente entre la velocidad relativa determinada y la velocidad relativa adicional determinada. Esta función de fiabilidad global es preferiblemente el producto de varias subfunciones de fiabilidad, en la que cada subfunción de fiabilidad determina un valor de

5 fiabilidad basándose en uno de los siguientes: la razón señal a ruido; la anchura del pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier; las características de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier; las características de láser, en particular, la potencia de láser y la temperatura de láser; la diferencia absoluta entre velocidades, que se han determinado sucesivamente; y la diferencia o correlación mencionada anteriormente entre la velocidad relativa determinada y la velocidad relativa adicional determinada. La función de fiabilidad global y/o las subfunciones de fiabilidad están adaptadas para proporcionar un valor de fiabilidad entre 100% y 0%, en el que 100% indica la fiabilidad máxima y 0% indica la fiabilidad mínima. El primer objeto es un vehículo y el aparato de determinación de velocidad comprende además un sistema de seguridad de vehículo para controlar una unidad de seguridad del vehículo dependiendo de la velocidad relativa determinada y el valor de fiabilidad determinado. Esto permite al sistema de seguridad de vehículo usar la velocidad relativa determinada, por ejemplo, sólo si el valor de fiabilidad determinado está por encima de un valor umbral predeterminado, que indica que la velocidad relativa determinada se considera que es fiable.

10 En un aspecto adicional de la presente invención se presenta un vehículo que comprende el aparato de determinación de velocidad según la reivindicación 1 para determinar una velocidad relativa entre un primer objeto que es el vehículo, al que se acopla el aparato de determinación de velocidad, y un segundo objeto.

15 En un aspecto adicional de la presente invención se presenta un método de determinación de velocidad para determinar una velocidad relativa entre un primer objeto que es un vehículo, al que se acopla un aparato de determinación de velocidad según la reivindicación 1, y un segundo objeto, comprendiendo el método de determinación de velocidad las etapas siguientes:

20 - emitir una primera radiación para reflejarse por el segundo objeto para generar una radiación reflejada que es una segunda radiación por un láser que tiene una cavidad de láser, en el que la primera radiación y al menos una parte de la segunda radiación interfieren dentro de la cavidad de láser,

- detectar una señal de interferencia, que depende de la interferencia dentro de la cavidad de láser,

- determinar la velocidad relativa basándose en la señal de interferencia,

25 - determinar un valor de fiabilidad para indicar la fiabilidad de la velocidad relativa determinada, en el que el valor de fiabilidad se determina basándose en al menos uno del grupo que consiste en la señal de interferencia detectada, la velocidad relativa determinada y una característica del láser, y

- controlar una unidad de seguridad del vehículo dependiendo de la velocidad relativa determinada y el valor de fiabilidad determinado.

30 En un aspecto adicional de la presente invención se presenta un programa informático para determinar una velocidad relativa entre un primer objeto que es un vehículo y un segundo objeto, en el que el programa informático comprende medios de código de programa para hacer que un aparato de determinación de velocidad tal como se define en la reivindicación 1 lleve a cabo las etapas del método de determinación de velocidad tal como se define en la reivindicación 11, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador que controla el aparato de determinación de velocidad.

35 Debe entenderse que el aparato de determinación de velocidad según la reivindicación 1, el vehículo según la reivindicación 10, el método de determinación de velocidad según la reivindicación 11 y el programa informático según la reivindicación 12 tienen realizaciones preferidas similares y/o idénticas tal como se define en las reivindicaciones dependientes.

40 Debe entenderse que una realización preferida de la invención también puede ser cualquier combinación de las reivindicaciones dependientes con la reivindicación independiente respectiva.

### Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos de la invención resultarán evidentes a partir de y se dilucidarán con referencia a las realizaciones descritas a continuación en el presente documento. En los dibujos siguientes:

45 la figura 1 muestra esquemáticamente y a modo de ejemplo una realización de un aparato de determinación de velocidad acoplado a un vehículo,

la figura 2 muestra esquemáticamente y a modo de ejemplo la relación espacial entre un vector velocidad y una dirección de un primer haz de luz, si el vehículo se mueve con respecto a una superficie bajo el vehículo,

50 la figura 3 muestra esquemáticamente y a modo de ejemplo el vehículo, al que se acopla el aparato de determinación de velocidad y

la figura 4 muestra un diagrama de flujo a modo de ejemplo que ilustra una realización de un método de determinación de velocidad.

### Descripción detallada de las realizaciones

La figura 1 muestra esquemáticamente y a modo de ejemplo una realización de un aparato 2 de determinación de velocidad acoplado a un vehículo 12. El aparato 2 de determinación de velocidad está adaptado para determinar la velocidad relativa entre el vehículo 12 y un segundo objeto 1, que es, por ejemplo, otro vehículo o un objeto, que no está en movimiento.

El aparato 2 de determinación de velocidad comprende un láser 3, del que sólo se muestra la cavidad 4 de láser en la figura 1, para emitir una primera radiación que en adelante se considera como el primer haz 5 de luz a continuación. El primer haz 5 de luz se refleja, en particular, retrodispersa, por el segundo objeto 1, generando de este modo una radiación reflejada, que en adelante se considera como un segundo haz 6 de luz. Debe observarse que el segundo "haz" de luz no es generalmente un haz real como el primer haz de luz, sino radiación retrodispersada, y podría denominarse también radiación retrodispersada o reflejada.

La cavidad 4 de láser está adaptada de tal manera que al menos una parte del segundo haz 6 de luz puede entrar en la cavidad 4 de láser, en la que los haces 5, 6 de luz primero y segundo interfieren dentro de la cavidad 4 de láser. La interferencia dentro de la cavidad 4 de láser da lugar a modulaciones de la intensidad de láser, que se mide mediante un detector 7 de señal de interferencia para detectar una señal de interferencia, que depende de la interferencia dentro de la cavidad 4 de láser. El detector 7 de señal de interferencia es, en esta realización, un fotodetector, al que se dirige al menos una parte de la luz de láser para medir modulaciones de la intensidad de láser, es decir, para medir la interferencia dentro de la cavidad 4 de láser. El fotodetector convierte la luz de láser detectada en una señal eléctrica que es la señal de interferencia.

El aparato 2 de determinación de velocidad comprende además una unidad 8 de determinación de velocidad para determinar la velocidad relativa basándose en la señal de interferencia detectada. En esta realización, la unidad 8 de determinación de velocidad está adaptada para determinar la frecuencia fundamental de la señal de interferencia, por ejemplo, usando una transformación de Fourier y para determinar la velocidad relativa basándose en la frecuencia fundamental determinada usando la ecuación mencionada anteriormente (1). En otra realización, la unidad 8 de determinación de velocidad puede estar adaptada para determinar la velocidad relativa basándose en la señal de interferencia usando otro método, que se conoce para determinar una velocidad relativa basándose en interferencia de automezclado.

En una realización, el segundo objeto es la superficie 33 bajo el vehículo 12, de la que sólo se muestra una parte en la figura 2. Para este caso, la figura 2 muestra esquemáticamente y a modo de ejemplo la relación espacial entre un vector 30 velocidad, una dirección de un primer haz 31 de luz que emana de un aparato 32 de determinación de velocidad y el ángulo  $\phi$  definido en la ecuación (1). La superficie 33 es preferiblemente una superficie de carretera. El primer haz 31 de luz y el aparato 32 de determinación de velocidad son similares al primer haz 5 de luz y la unidad 2 de determinación de velocidad descritos anteriormente con respecto a la figura 1, excepto en las direcciones diferentes a las que apuntan los primeros haces de luz 5 y 32. También en la realización mostrada en la figura 2, el primer haz 32 de luz está retrodispersado y el aparato de determinación de velocidad comprende varios componentes, que corresponden a los componentes del aparato 2 de determinación de velocidad y que se describen con referencia a la figura 2. Estos componentes adicionales y los haces de luz adicionales no se muestran en la figura 2 por motivos de claridad.

El aparato 2 de determinación de velocidad comprende además una unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad para determinar un valor de fiabilidad, que indica la fiabilidad de la velocidad determinada. La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en al menos uno del grupo que consiste en la señal de interferencia detectada, la velocidad relativa determinada y una característica del láser.

En esta realización, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar la razón señal a ruido de la señal de interferencia, en la que una función de ajuste de ruido se ajusta a una señal transformada por Fourier, que se detecta por el detector 7 de señal de interferencia. La función de ajuste de ruido es sólo preferiblemente un único valor, que se ajusta a la señal mencionada anteriormente al tiempo que se desprecia la señal de interferencia presente en la cavidad de láser. Preferiblemente, la parte de la señal de interferencia, que se genera por la interferencia dentro de la cavidad de láser, se desprecia durante el ajuste, por ejemplo, dando a los puntos correspondientes al pico de la frecuencia fundamental pesos cero en la función de ajuste, o evaluando el espectro en una escala logarítmica, en el que el número de puntos que contienen sólo ruido es tal que la influencia del pico en la función de ajuste es despreciable. Una alternativa es basar la función de ajuste de ruido sólo en una parte del espectro que no contiene la frecuencia fundamental o sus armónicos superiores y ajustar ésta mediante una función de ajuste constante. Para una función de ajuste de ruido plana el procedimiento de ajuste es igual a tomar el promedio de la potencia de la señal transformada por Fourier. La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada además preferiblemente para ajustar una función de ajuste pico que tiene una forma gaussiana al pico fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier para determinar la altura del pico. Este pico fundamental es el pico más alto presente en el espectro de Fourier. La razón señal a ruido se define preferiblemente como la razón de la altura de pico ajustada respecto al valor de ruido ajustado. La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está preferiblemente adaptada además para generar un valor de fiabilidad, que

indica que la velocidad relativa determinada no es fiable, por ejemplo, cero, si la razón señal a ruido es inferior a una razón señal a ruido mínima predefinida, y la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada preferiblemente para generar un valor de fiabilidad, que indica que la velocidad relativa determinada es fiable, por ejemplo, uno, si la razón señal a ruido está por encima de la razón señal a ruido mínima predefinida. La razón señal a ruido mínima se elige preferiblemente de tal manera que corresponde a una razón señal a ruido mínima, que se requiere para usar la velocidad relativa determinada en la unidad 20 de seguridad mencionada a continuación.

En una realización adicional, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en la probabilidad de que el pico más alto en el espectro de Fourier, es decir, el pico fundamental, no esté provocado por un pico de ruido. Se supone que se conoce la potencia de ruido promedio, en particular, se ha determinado ya, por ejemplo, usando la función de ajuste de ruido constante descrita anteriormente o usando la función de ajuste de ruido descrita a continuación que contiene la función de respuesta de detector. Se supone además que el ruido es gaussiano no correlacionado, que se conoce o se ha determinado preferiblemente usando una de las funciones de ajuste de ruido descritas en esta solicitud. La distribución de probabilidad de la amplitud de un intervalo de frecuencia en el espectro de potencia por Fourier discreta viene dada preferiblemente por una función Gamma. El espectro de potencia se determina preferiblemente transformando por Fourier un número fijo de muestras de tiempo de la señal de interferencia, preferiblemente una potencia de dos, por ejemplo, 128, 256, 512 muestras. Las muestras de Fourier resultantes son números complejos, en los que preferiblemente para el espectro de potencia se toma el número complejo al cuadrado y más preferiblemente, se promedian varios de tales espectros de Fourier, por ejemplo, cinco, para reducir el ruido. La función de distribución Gamma depende del número de tramas usadas, es decir el número de espectros de Fourier sobre los que se promedia, y el valor promedio de la potencia de ruido por intervalo de frecuencia derivado de la función de ajuste de ruido, en la que la distribución de probabilidad  $p_{\text{gamma}}$  se define preferiblemente mediante la ecuación siguiente:

$$p_{\text{gamma}}(x) = \frac{x^{M-1}}{\Gamma(M)\langle x \rangle^M} e^{-\frac{x}{\langle x \rangle}} \quad , \quad (5)$$

donde  $M$  es el número de tramas sobre el que se promedia,  $x$  es la altura del pico de ruido, y  $\langle x \rangle$  es el valor promedio del ruido. Usando esta distribución de probabilidad la probabilidad de que un intervalo de frecuencia no tenga pico debido a ruido puede definirse mediante la ecuación siguiente:

$$p(\text{intervalo de ruido} \leq \text{SNR}) = \int_0^{\text{SNR}} p_{\text{gamma}}(x) dx \quad , \quad (6)$$

donde SNR indica la razón señal a ruido determinada de la señal de interferencia transformada por Fourier. El valor de fiabilidad puede definirse ahora como la probabilidad de que ninguno de los intervalos de frecuencia sea mayor que esta razón señal a ruido:

$$R = p(\text{intervalo de ruido} \leq \text{SNR})^N \quad , \quad (7)$$

donde  $N$  es el número de intervalos de frecuencia en el espectro de Fourier. Si, en otra realización, el ruido se desvía del ruido gaussiano, la distribución de probabilidad de la ecuación (5) tiene que modificarse en consecuencia.

En una realización, el espectro de Fourier, que es un espectro de potencia, está dividido en 256 intervalos realizando promediado espectral 5 veces, en el que la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada preferiblemente para determinar un valor de fiabilidad que indica que la velocidad relativa determinada no es fiable, si la razón señal a ruido es inferior a 5 dB.

La fórmula mencionada anteriormente para la función de fiabilidad puede extenderse, si la anchura del pico más alto se conoce, por ejemplo, según se ha determinado mediante la función de ajuste de señal o a partir de mediciones de calibración. Esta anchura de pico determina el número de intervalos adyacentes que tienen un valor por encima del piso de ruido. Esta información puede usarse para calcular la probabilidad de que no surgiera una forma de pico de este tipo debido sólo al ruido. Esta probabilidad puede calcularse mediante la ecuación siguiente:

$$p(\text{sin picoderuido}) = \prod_i^n p_i(\text{intervalo de ruido} < f(i)) \quad , \quad (8)$$

donde  $f(i)$  es el valor pico encontrado en el intervalo de frecuencia indicado por  $i$ , donde  $i$  indica todos los intervalos de frecuencia dentro de la anchura del pico fundamental de la señal de interferencia,  $n$  indica el número de intervalos



de frecuencia dentro de la anchura del pico fundamental de la señal de interferencia. El número de intervalos adyacentes indicados por  $i$  se determina a partir de la función de ajuste pico y consiste en las puntas que tienen un valor superior, en particular un valor significativamente superior, que el valor de ruido promedio. La probabilidad  $p(\text{intervalo de ruido} < f(i))$  se define mediante la ecuación (6), donde SNR va a sustituirse por  $f(i)$ . La función de fiabilidad puede derivarse ahora calculando la posibilidad de que este pico pueda producirse en cualquier lugar en el espectro de Fourier:

$$R = p(\text{sin picoderuido})^{N-n} \quad (9)$$

La unidad de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada también para usar una función de ajuste de ruido, que contiene una función de respuesta de detector multiplicada por una entrada de ruido blanco y una entrada de ruido de amplificador. En general la mayor parte del espectro consiste en un espectro de ruido blanco plano multiplicado por la función de respuesta de detector. Esta función de ajuste de ruido se ajusta preferiblemente a una señal, que se detecta por el detector 7 de señal de interferencia, y puede aproximarse por

$$\text{Ajuste de ruido}(f) = \text{ruido electrónico}(f) + \text{Ruido Blanco} \times \text{Respuesta de detector}(f) \quad (10)$$

La parte de ruido blanco tiene un espectro de frecuencia plano. Esta parte normalmente domina en el espectro de ruido y se multiplica por la función de respuesta de detector, que tiene una característica de transferencia de segundo orden, lo que significa que la respuesta de detector es generalmente plana hasta que alcanza su límite en el que la dependencia de frecuencia es significativa. La función de respuesta de detector se supone que se conoce y, por ejemplo, se almacena en la unidad de determinación de valor de fiabilidad. La función de respuesta de detector puede determinarse de antemano mediante mediciones de calibración. Puesto que la función de respuesta de detector se conoce, el parámetro de ajuste es la parte de ruido blanco y el ruido electrónico, o si el ruido electrónico se conoce ya a partir de otras mediciones de calibración, sólo la parte de ruido blanco. El valor de la parte de ruido blanco, que es una potencia de ruido, puede usarse para calcular la probabilidad de que un intervalo de frecuencia haya dado lugar al pico detectado tal como se describió anteriormente, en particular, con respecto a la ecuación (5), en la que el valor de fiabilidad se determina preferiblemente según las ecuaciones (6) y (7).

En caso de que la función de ajuste de ruido indique una dependencia de frecuencia significativa de la parte de ruido de la señal, la función de ajuste de respuesta conocida puede usarse para transformar la contribución de ruido dependiente de frecuencia de espectros de Fourier a una contribución espectral plana, usando la función de ajuste de respuesta inversa. Esta contribución de ruido espectral plana podría considerarse como un valor de ruido calculado, que puede usarse para determinar la razón señal a ruido dividiendo la altura del pico fundamental por este valor de ruido calculado.

La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad que depende de la razón señal a ruido usando sólo una de las determinaciones descritas anteriormente, y/o la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad usando una función, que no depende sólo de la razón señal a ruido, sino de al menos un elemento adicional, que puede usarse para determinar un valor de fiabilidad. Una función de fiabilidad de este tipo se definirá más adelante.

En esta realización, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada además para determinar la anchura del pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier y para determinar el valor de fiabilidad basándose en la anchura determinada. Una función de ajuste pico que comprende un comportamiento gaussiano se ajusta al pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier y la mitad del máximo de anchura completa ajustado se determina como la anchura de pico ajustada. Si la anchura de pico es mayor que un umbral de anchura predefinido, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad que indica que la velocidad relativa determinada es baja, en particular, que la velocidad relativa determinada no es fiable, y si la anchura de pico es mayor que el umbral de anchura predefinido, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad que indica que la velocidad relativa determinada es alta, en particular, que la velocidad relativa determinada es fiable.

La función de ajuste pico se define preferiblemente mediante

$$\text{pico}(f) = Ae^{-\frac{(f-f_0)^2}{2w^2}} \quad (11)$$

donde  $f_0$  es un parámetro de ajuste para la frecuencia fundamental de la señal de interferencia,  $A$  es una constante de ajuste que determina la altura del pico, y  $w$  es una constante de ajuste a partir de la que puede determinarse la mitad del máximo de anchura completa.

La unidad de determinación de valor de fiabilidad puede también estar adaptada para determinar el valor de fiabilidad que depende de la razón de la anchura del pico fundamental respecto a la frecuencia fundamental. Si la

anchura de pico es mayor que la frecuencia fundamental, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad que indica que la velocidad relativa determinada es baja, en particular, que la velocidad relativa determinada no es fiable, y si la anchura de pico es menor que la frecuencia fundamental, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad que indica que la velocidad relativa determinada es alta, en particular, que la velocidad relativa determinada es fiable.

Un valor de fiabilidad que indica una velocidad relativa fiable es preferiblemente uno, y un valor de fiabilidad que indica una velocidad relativa no fiable es preferiblemente cero.

La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad que depende de la anchura del pico fundamental usando sólo una de las determinaciones descritas anteriormente, y/o la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad usando una función, que no depende sólo de la anchura del pico fundamental, sino de al menos un elemento adicional, que puede usarse para determinar un valor de fiabilidad, por ejemplo, la razón señal a ruido. Una función de fiabilidad de este tipo se definirá más adelante.

La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada además para determinar características de picos múltiples de la señal de interferencia transformada por Fourier y para determinar el valor de fiabilidad basándose en las características determinadas. En esta realización, las características son las áreas bajo los picos de la señal de interferencia transformada por Fourier, que es, en esta realización, un espectro de potencia. En particular, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar la razón del área bajo el pico de la frecuencia fundamental respecto a la suma de las áreas bajo los picos adicionales. Si esta razón es superior, el valor de fiabilidad es superior. En particular, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que la velocidad relativa determinada no es fiable, si la razón definida anteriormente es menor que un umbral de razón predefinido, y, en particular, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que la velocidad relativa determinada es fiable, si la razón definida anteriormente es mayor que un umbral de razón predefinido. Este umbral de razón predefinido se elige preferiblemente de tal manera que corresponde a una razón mínima, que se requiere para usar la velocidad relativa determinada en la unidad 20 de seguridad mencionada a continuación.

La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar también adaptada para determinar un valor de fiabilidad basándose en el área bajo el pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier dividida por el área bajo el pico del primer armónico, es decir, bajo el pico en dos veces la frecuencia fundamental. Si la razón resultante es superior, el valor de fiabilidad es superior. En particular, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que la velocidad relativa determinada no es fiable, si esta razón es menor que un umbral de razón predefinido, y, en particular, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que la velocidad relativa determinada es fiable, si la razón definida anteriormente es mayor que el umbral de razón predefinido. Este umbral de razón predefinido se elige preferiblemente de tal manera que corresponde a una razón mínima, que se requiere para usar la velocidad relativa determinada en la unidad 20 de seguridad mencionada a continuación.

La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad que depende de las características descritas anteriormente de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier usando sólo una de las determinaciones descritas anteriormente, y/o la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad usando una función, que no depende sólo de las características de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier, sino de al menos un elemento adicional, que puede usarse para determinar un valor de fiabilidad, por ejemplo, la razón señal a ruido y/o la anchura del pico fundamental. Una función de fiabilidad de este tipo se definirá más adelante.

El aparato 2 de determinación de velocidad comprende además una unidad 19 de determinación de características de láser, en particular, una unidad 19 de determinación de potencia de láser y/o de temperatura de láser, para determinar características del láser, en particular, para determinar la potencia y/o la temperatura del láser. Esta unidad 19 de determinación de características de láser comprende, por ejemplo, una unidad de medición de potencia para medir la potencia de láser y un sensor de temperatura para medir la temperatura del láser. La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada además para determinar el valor de fiabilidad basándose en las características del láser 3 determinadas por la unidad 19 de determinación de características de láser. En particular, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad que depende de la potencia de láser y la temperatura de láser. La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que la velocidad relativa determinada no es fiable, si la temperatura de láser no está dentro de un intervalo de temperatura predefinido, que es, por ejemplo, [-40, +120] grados Celsius, o si la potencia de láser es inferior a un valor de potencia predefinido, que es, por ejemplo, 100  $\mu$ W, y, en particular, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que la velocidad relativa determinada es fiable, si la temperatura de láser está dentro del intervalo de temperatura predefinido, y si la potencia de láser está por encima del valor de potencia predefinido.

En una realización, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de

fiabilidad basándose sólo en la temperatura de láser o la potencia de láser. La unidad de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar el valor de fiabilidad como la razón de la potencia de láser determinada por la unidad 19 de determinación de características de láser respecto a la potencia máxima de láser.

5 La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad que depende de las características descritas anteriormente sólo del láser, en particular, de la temperatura de láser y/o la potencia de láser, usando una de las determinaciones descritas anteriormente, y/o la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad usando una función, que no depende sólo de las características del láser, sino de al menos un elemento adicional, que puede usarse para determinar un valor de fiabilidad, por ejemplo, la razón señal a ruido y/o la anchura del pico fundamental y/o las características de  
10 múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier. Una función de fiabilidad de este tipo se definirá más adelante.

El aparato 2 de determinación de velocidad comprende además una unidad 13 de almacenamiento para almacenar velocidades relativas de al menos dos determinaciones de velocidad, en el que la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en las velocidades almacenadas  
15 en la unidad 13 de almacenamiento. En esta realización, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad que depende de una diferencia entre velocidades, que se han determinado sucesivamente. La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que la velocidad determinada no es fiable, si la diferencia entre las velocidades determinadas sucesivamente es mayor que un valor de diferencia predeterminado, que corresponde preferiblemente  
20 a una aceleración posible máxima. En esta realización, el aparato de determinación de velocidad se acopla al vehículo 12. Si la diferencia entre las dos velocidades determinadas es mayor que un valor de diferencia predeterminado, que corresponde a una aceleración posible máxima del vehículo, y si la velocidad relativa se determina con respecto a un segundo objeto 1, que no está en movimiento, las velocidades relativas determinadas, que son, en este caso, velocidades absolutas, se consideran no fiables y la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad, que indica que las velocidades determinadas no son fiables.  
25

En una realización, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad según las ecuaciones siguientes:

$$R(v_t - v_{t-1}) = 1, \quad \text{si} \quad |v_t - v_{t-1}| < a_{\max} \quad (12)$$

y

$$R(v_t - v_{t-1}) = 1 - \int_{a_{\max} - (v_t - v_{t-1})}^{(v_t - v_{t-1}) - a_{\max}} e^{-\frac{x^2}{4\sigma^2}} dx, \quad \text{si} \quad |v_t - v_{t-1}| > a_{\max} \quad , \quad (13)$$

30 donde  $\sigma$  es la desviación estándar de la velocidad relativa determinada  $v_t$ . Este parámetro se obtiene a partir de la anchura de la función de ajuste pico.

La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad que depende de las velocidades relativas descritas anteriormente de al menos dos determinaciones de velocidad usando  
35 sólo una de las determinaciones descritas anteriormente, y/o la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad usando una función, que no depende sólo de velocidades relativas de al menos dos determinaciones de velocidad, sino de al menos un elemento adicional, que puede usarse para determinar un valor de fiabilidad, por ejemplo, la razón señal a ruido y/o la anchura del pico fundamental y/o las características de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier y/o las características del láser. Una función de fiabilidad de este tipo se definirá más adelante.  
40

El aparato 2 de determinación de velocidad comprende un láser 18 adicional que tiene una cavidad 14 de láser adicional para emitir un primer haz 15 de luz adicional. El primer haz 15 de luz se refleja, es decir retrodispersa, por el segundo objeto 1, generando de este modo un haz 16 de luz reflejado adicional que es un segundo haz 16 de luz adicional. Los haces 15, 16 de luz primero y segundo adicionales interfieren dentro de la cavidad 14 de láser  
45 adicional. El aparato 2 de determinación de velocidad comprende además un detector 17 de señal de interferencia adicional para detectar una señal de interferencia adicional, que depende de la interferencia dentro de la cavidad 14 de láser adicional. La unidad 8 de determinación de velocidad está adaptada para determinar una velocidad relativa adicional basándose en la señal de interferencia adicional, y la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para comparar la velocidad relativa y la velocidad relativa adicional dando un resultado de comparación y para determinar el valor de fiabilidad basándose en el resultado de comparación. En esta realización, la velocidad determinada y la velocidad adicional determinada se han determinado en la misma dirección y la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad menor, si una diferencia entre la velocidad y la velocidad adicional es mayor. En particular, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad  
50

está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que las velocidades determinadas no son fiables, si la diferencia entre la velocidad y la velocidad adicional es mayor que un valor de diferencia predeterminado, y, en particular, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad, que indica que las velocidades determinadas son fiables, si la diferencia entre la velocidad y la velocidad adicional es menor que un valor de diferencia predefinido. Este valor de diferencia predefinido se elige preferiblemente de tal manera que corresponde a un valor de diferencia máximo, que se requiere para usar la velocidad relativa determinada en la unidad 20 de seguridad mencionada a continuación.

En una realización, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad según la ecuación siguiente:

$$R = 1 - \int_{-\Delta}^{\Delta} e^{-\frac{x^2}{2(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}} dx \quad , \quad (14)$$

siendo  $\sigma_1$  la desviación estándar de la velocidad relativa determinada  $v_1$  y siendo  $\sigma_2$  la desviación estándar de la velocidad relativa adicional determinada  $v_2$ . Las desviaciones estándar se determinan preferiblemente a partir de la anchura de pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier y la función de ajuste usada para ajustar el pico.

El término  $\Delta$  indica la diferencia entre la velocidad relativa determinada  $v_1$  y la velocidad relativa adicional determinada  $v_2$ . Debe observarse que, puesto que en la presente realización se miden ambas velocidades en la misma dirección,  $\alpha R$  es uno y la ecuación (3) se convierte en  $\Delta = v_1 - v_2$ . Si en otra realización, las velocidades relativas  $v_1$  y  $v_2$  no se determinan en la misma dirección, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar un valor de fiabilidad preferiblemente según las ecuaciones (2) a (4).

La unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad que depende de la velocidad relativa determinada y la velocidad relativa adicional determinadas descritas anteriormente usando sólo una de las determinaciones descritas anteriormente, y/o la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad puede estar adaptada para determinar un valor de fiabilidad usando una función, que no sólo depende de la velocidad relativa determinada y la velocidad relativa adicional determinada, sino de al menos un elemento adicional, que puede usarse para determinar un valor de fiabilidad, por ejemplo, la razón señal a ruido; la anchura del pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier; las características de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier; las características determinadas del láser, en particular, la potencia de láser y la temperatura de láser; y la diferencia entre las velocidades determinadas sucesivamente mencionadas anteriormente. Una función de fiabilidad de este tipo, que incluye todos estos elementos, puede definirse mediante la ecuación siguiente:

$$R_{tot} = R_1 R_2 R_3 R_4 R_5 R_6 \quad , \quad (15)$$

es decir, puede definirse como producto de las funciones de fiabilidad, que describen las determinaciones mencionadas anteriormente de un valor de fiabilidad. El término  $R_1$  representa una función de fiabilidad para determinar un valor de fiabilidad que depende de la razón señal a ruido,  $R_2$  representa una función de fiabilidad para determinar un valor de fiabilidad que depende de la anchura del pico fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier,  $R_3$  representa una función de fiabilidad para determinar un valor de fiabilidad que depende de las características de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier,  $R_4$  representa una función de fiabilidad para determinar un valor de fiabilidad que depende de las características del láser, en particular, la temperatura de láser y/o la potencia de láser,  $R_5$  representa una función de fiabilidad para determinar un valor de fiabilidad que depende de la diferencia entre las velocidades determinadas sucesivamente mencionadas anteriormente, y  $R_6$  representa una función de fiabilidad para determinar un valor de fiabilidad que depende de la diferencia entre la velocidad relativa determinada y la velocidad relativa adicional determinadas mencionadas anteriormente. Cada una de estas funciones de fiabilidad  $R_1...R_6$  da un valor de fiabilidad, que se multiplican para calcular un valor de fiabilidad total.

En una realización, la unidad de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad total usando sólo una o varias pero no todas las funciones de fiabilidad  $R_1...R_6$ .

El valor de fiabilidad  $R_{tot}$  puede ser considerarse también como función de fiabilidad global y las funciones de fiabilidad  $R_1...R_6$  pueden considerarse también como subfunciones de fiabilidad.

La función de fiabilidad total y las funciones de fiabilidad  $R_1...R_6$ , que se usan para determinar el valor de fiabilidad total están adaptadas preferiblemente de tal manera que el valor de fiabilidad total es un valor, que puede oscilar entre 0% y 100%, donde 0 % indica fiabilidad mínima y 100 % indica fiabilidad máxima.

- 5 El aparato 2 de determinación de velocidad comprende además un sistema 10 de seguridad de vehículo para controlar una unidad 20 de seguridad del vehículo 12 dependiendo de la velocidad relativa determinada y el valor de fiabilidad determinado. La unidad 20 de seguridad se muestra a modo de ejemplo y esquemáticamente en la figura 3, que muestra el vehículo 12, al que se acopla el aparato 2 de determinación de velocidad. Debe observarse que la figura 3 es sólo esquemática y no limita la ubicación del aparato 2 de determinación de velocidad y/o la unidad 20 de seguridad a una cierta ubicación con respecto al vehículo 12.
- 10 En esta realización, la unidad 20 de seguridad es una unidad ESP, que sólo considera la velocidad relativa determinada, si el valor de fiabilidad está por encima de un umbral de fiabilidad predeterminado. Este umbral de fiabilidad predeterminado se elige preferiblemente de tal manera que corresponde a un valor de fiabilidad, que se requiere para usar la velocidad relativa determinada en la unidad 20 de seguridad mencionada a continuación, en particular, sin desencadenar una acción en relación con la seguridad.
- 15 El aparato 2 de determinación de velocidad comprende además una unidad 11 de salida, en particular, una unidad de salida óptica como una pantalla o una unidad de salida acústica, que emite el valor de fiabilidad determinado por la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad. En otra realización, la unidad 11 de salida puede estar adaptada también para emitir una señal, si el valor de fiabilidad es inferior al umbral de fiabilidad predeterminado.
- A continuación, se describirá una realización de un método de determinación de velocidad con referencia a un diagrama de flujo mostrado en la figura 4.
- 20 En la etapa 101, el láser 3 emite el primer haz 4 de luz, que se refleja por el segundo objeto 1, en el que el haz 6 de luz reflejado es un segundo haz de luz, que interfiere con el primer haz 5 de luz dentro de la cavidad 4 de láser.
- 25 En la etapa 102, el detector 7 de interferencia detecta una señal de interferencia, que depende de la interferencia dentro de la cavidad 4 de láser. En esta realización, el detector 7 de señal de interferencia es un fotodetector, que detecta una modulación de la intensidad de láser generada por la interferencia dentro de la cavidad 4 de láser y genera una señal eléctrica, que depende de la intensidad de láser, es decir, que depende de la modulación provocada por la interferencia dentro de la cavidad 4 de láser.
- 30 En la etapa 103, la unidad 8 de determinación de velocidad determina la velocidad relativa basándose en la señal de interferencia y el unidad 19 de determinación de características de láser determina una característica de láser, en esta realización, la potencia de láser y la temperatura de láser.
- 35 En la etapa 104, la unidad 9 de determinación de valor de fiabilidad determina un valor de fiabilidad para indicar la fiabilidad de la velocidad determinada basándose en al menos uno del grupo que consiste en la señal de interferencia detectada, la velocidad relativa determinada y las características del láser determinadas.
- Aunque en las realizaciones descritas anteriormente, se han determinado ciertas características del láser y de la señal de interferencia, que se usan para determinar un valor de fiabilidad, en otras realizaciones, pueden usarse otras características del láser y de la señal de interferencia para determinar un valor de fiabilidad. Además, aunque en las realizaciones descritas anteriormente, la unidad de seguridad de vehículo es preferiblemente una unidad ESP, en otras realizaciones, la unidad de seguridad de vehículo puede ser otra unidad como un sistema de frenado automático, un sistema para evitar colisiones, un sistema de airbag, un sistema de control de trayectoria, un sistema de estacionamiento automático, un sistema de control de velocidad de cruce, un sistema de control de tracción, etcétera.
- 40 Aunque en algunas realizaciones descritas anteriormente, sólo se usa un único umbral o valor mínimo o valor máximo para determinar un valor de fiabilidad que indica una velocidad relativa fiable o una velocidad relativa no fiable, pueden definirse umbrales intermedios o valores mínimos o valores máximos adicionales y valores de fiabilidad correspondientes, que sean preferiblemente mayores que cero y menores que uno, para hacer la transición más gradual.
- 45 El vehículo es preferiblemente un coche. Pero, en otras realizaciones, el vehículo puede ser otro objeto como un camión. Además, el aparato de determinación de velocidad puede acoplarse ser también a otro objeto, en particular, a otro objeto en movimiento como un barco, avión o un misil.
- Los expertos en la técnica pueden entender y efectuar otras variaciones de las realizaciones descritas al poner en práctica la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la descripción, y las reivindicaciones adjuntas.
- 50 En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad.
- Una única unidad o dispositivo puede cumplir las funciones de varios elementos mencionados en las reivindicaciones. El mero hecho de que se mencionen ciertas medidas en reivindicaciones dependientes diferentes entre sí no indica que no pueda usarse ventajosamente una combinación de estas medidas.

- Determinaciones como la determinación de velocidad y la determinación de valor de fiabilidad realizadas por una o varias unidades o dispositivos pueden realizarse por cualquier otro número de unidades o dispositivos. Las determinaciones y/o el control del aparato de determinación de velocidad según el método de determinación de velocidad pueden implementarse como medios de código de programa de un programa informático y/o como hardware dedicado.
- 5
- Un programa informático puede almacenarse/distribuirse en un medio adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido, suministrado junto con o como parte de otro hardware, pero también puede distribuirse de otras formas, tal como a través de Internet u otros sistemas de telecomunicación inalámbricos o por cable.
- 10 No debe interpretarse ningún símbolo de referencia en las reivindicaciones como limitativo del alcance.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato de determinación de velocidad para determinar una velocidad relativa entre un primer objeto (12), al que puede acoplarse el aparato de determinación de velocidad, y un segundo objeto (1), en el que el aparato (2) de determinación de velocidad comprende:
  - 5 - un láser (3) que tiene una cavidad (4) de láser para emitir una primera radiación (5) para reflejarse por el segundo objeto (1) para generar una radiación (6) reflejada que es una segunda radiación (6), en el que la primera radiación (5) y al menos una parte de la segunda radiación (6) interfieren dentro de la cavidad (4) de láser,
  - 10 - un detector (7) de señal de interferencia para detectar una señal de interferencia, que depende de la interferencia dentro de la cavidad (4) de láser,
  - una unidad (8) de determinación de velocidad para determinar la velocidad relativa basándose en la señal de interferencia,
  - 15 - una unidad (9) de determinación de valor de fiabilidad para determinar un valor de fiabilidad para indicar la fiabilidad de la velocidad relativa determinada, en el que la unidad (9) de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en al menos uno del grupo que consiste en la señal de interferencia detectada, la velocidad relativa determinada y una característica del láser,
  - 20 caracterizado porque el primer objeto (12) es un vehículo y en el que el aparato (2) de determinación de velocidad comprende además un sistema (10) de seguridad de vehículo para controlar una unidad (20) de seguridad del vehículo (12) dependiendo de la velocidad relativa determinada y el valor de fiabilidad determinado.
2. Aparato de determinación de velocidad según la reivindicación 1, en el que la unidad (9) de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en la razón señal a ruido de la señal de interferencia.
- 25 3. Aparato de determinación de velocidad según la reivindicación 2, estando adaptado el aparato de determinación de velocidad para aplicar una transformación de Fourier a la señal de interferencia y en el que la unidad (9) de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar la razón señal a ruido determinando la altura del pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier, determinando el nivel de ruido de la señal de interferencia transformada por Fourier y dividiendo la altura determinada por el nivel de ruido determinado.
- 30 4. Aparato de determinación de velocidad según la reivindicación 1, en el que el aparato de velocidad está adaptado para aplicar una transformación de Fourier a la señal de interferencia y en el que la unidad (9) de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar la anchura del pico de la frecuencia fundamental de la señal de interferencia transformada por Fourier y para determinar el valor de fiabilidad basándose en la anchura determinada.
- 35 5. Aparato de determinación de velocidad para determinar una velocidad de un objeto según la reivindicación 1, en el que el aparato de velocidad está adaptado para aplicar una transformación de Fourier a la señal de interferencia y en el que la unidad (9) de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar características de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier y para determinar el valor de fiabilidad basándose en las características determinadas de múltiples picos de la señal de interferencia transformada por Fourier.
- 40 6. Aparato de determinación de velocidad según la reivindicación 1, en el que la característica del láser, en la que se basa la determinación del valor de fiabilidad, es al menos una de la potencia y la temperatura del láser.
- 45 7. Aparato de determinación de velocidad según la reivindicación 1, en el que el aparato (2) de determinación de velocidad comprende una unidad (13) de almacenamiento para almacenar velocidades de al menos dos determinaciones de velocidad, en el que la unidad (9) de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para determinar el valor de fiabilidad basándose en las velocidades almacenadas en la unidad de almacenamiento.
- 50 8. Aparato de determinación de velocidad para determinar una velocidad de un objeto según la reivindicación 1, en el que el aparato (2) de determinación de velocidad comprende
  - un láser (18) adicional que tiene una cavidad (14) de láser adicional para emitir una primera radiación (15) adicional para reflejarse por el segundo objeto (1) para generar una radiación (16) reflejada adicional que es una segunda radiación (16) adicional y en el que la primera radiación (15) adicional y al menos una parte de

la segunda radiación (16) adicional interfieren dentro de la cavidad (14) de láser adicional,

- un detector (17) de señal de interferencia adicional para detectar una señal de interferencia adicional, que depende de la interferencia dentro de la cavidad (14) de láser adicional,

5 en el que la unidad (8) de determinación de velocidad está adaptada para determinar una velocidad relativa adicional basándose en la señal de interferencia adicional,

en el que la unidad (9) de determinación de valor de fiabilidad está adaptada para comparar la velocidad relativa y la velocidad relativa adicional dando un resultado de comparación y para determinar el valor de fiabilidad basándose en el resultado de comparación.

10 9. Vehículo, que comprende el aparato de determinación de velocidad según la reivindicación 1 para determinar una velocidad relativa entre un primer objeto (12) que es el vehículo, al que se acopla el aparato (2) de determinación de velocidad, y un segundo objeto (1).

10. Método de determinación de velocidad, para determinar una velocidad relativa entre un primer objeto (12) que es un vehículo, al que se acopla un aparato (2) de determinación de velocidad según la reivindicación 1, y un segundo objeto (1), comprendiendo el método de determinación de velocidad las etapas siguientes:

15 - emitir una primera radiación (5) para reflejarse por el segundo objeto (1) para generar una radiación (6) reflejada que es una segunda radiación (6) mediante un láser (3) que tiene una cavidad (4) de láser, en el que la primera radiación (5) y al menos una parte de la segunda radiación (6) interfieren dentro de la cavidad (4) de láser,

- detectar una señal de interferencia, que depende de la interferencia dentro de la cavidad (4) de láser,

20 - determinar la velocidad relativa basándose en la señal de interferencia,

- determinar un valor de fiabilidad para indicar la fiabilidad de la velocidad relativa determinada, en el que el valor de fiabilidad se determina basándose en al menos uno del grupo que consiste en la señal de interferencia detectada, la velocidad relativa determinada y una característica del láser, y

25 - controlar una unidad (20) de seguridad del vehículo (12) dependiendo de la velocidad relativa determinada y el valor de fiabilidad determinado.

11. Programa informático, para determinar una velocidad relativa entre un primer objeto (12) que es un vehículo y un segundo objeto (1), comprendiendo el programa informático medios de código de programa para hacer que un aparato (2) de determinación de velocidad tal como se define en la reivindicación 1 lleve a cabo las etapas del método de determinación de velocidad tal como se define en la reivindicación 10, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador que controla el aparato (2) de determinación de velocidad.

30



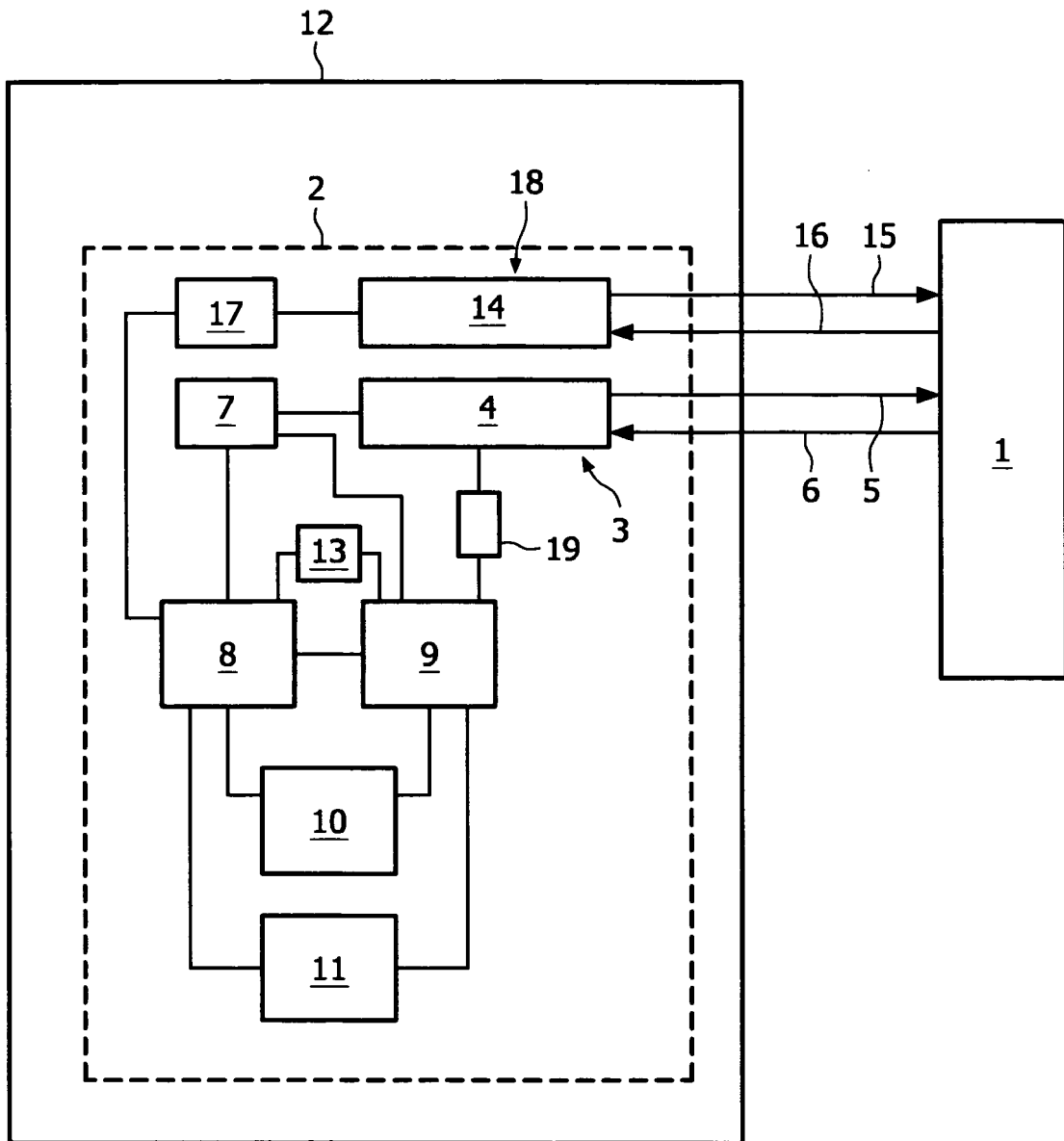


FIG. 1

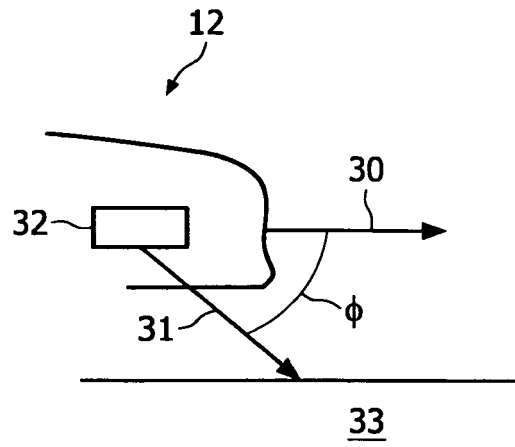


FIG. 2

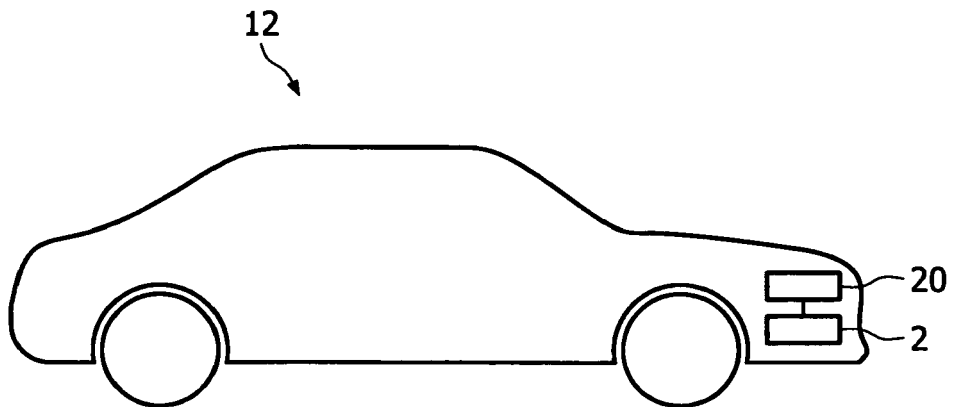
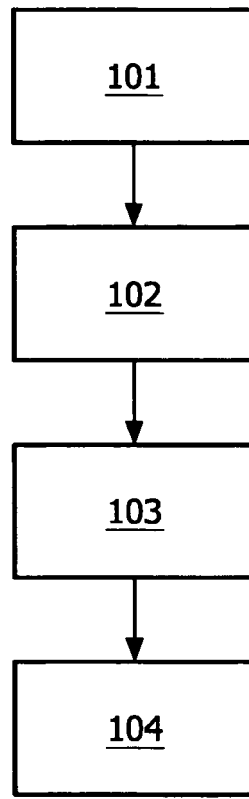


FIG. 3



**FIG. 4**