

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 736**

51 Int. Cl.:

G08G 1/04 (2006.01)
G01S 7/41 (2006.01)
G01S 13/91 (2006.01)
G01S 17/88 (2006.01)
G01S 13/58 (2006.01)
G08G 1/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2012 E 12729537 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2015 EP 2724175**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para detectar una rueda en rotación**

30 Prioridad:

21.06.2011 EP 11450079
21.06.2011 EP 11450080

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.09.2015

73 Titular/es:

KAPSCH TRAFFICOM AG (100.0%)
Am Europlatz 2
1120 Wien, AT

72 Inventor/es:

STELZER, ANDREAS;
PICHLER, MARKUS;
PFEFFER, CLEMENS;
NAGY, OLIVER;
SCHEIBLHOFER, WERNER y
FEGER, REINHARD

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 544 736 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

Procedimiento y dispositivo para detectar una rueda en rotación

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para detectar una rueda en rotación de un vehículo que circula sobre una vía de circulación en una dirección de circulación y cuyas ruedas se encuentran expuestas lateralmente, al menos de forma parcial.

10 La detección de las ruedas de los vehículos se considera importante en numerosas aplicaciones. De este modo, basándose en la detección de las ruedas puede detectarse con seguridad la circulación de un área de tráfico determinada, por ejemplo para vigilar las fronteras o para dar inicio a acciones determinadas, como la activación de una alarma, el encendido de un alumbrado, la apertura de una barrera, la toma de una foto para un control, etc. Con frecuencia, también los sistemas modernos de tarifas de circulación tienen en cuenta la cantidad de ejes de los vehículos para determinar las tarifas, de manera que la detección de ruedas (ejes de las ruedas) puede ser también una base importante para la recaudación o el control de las tarifas de peaje, en particular también mediante vehículos móviles de control que deben controlar la cantidad de ejes de los vehículos que deben pagar peaje al pasar o al circular en sentido contrario.

20 Por la solicitud DE 10 2008 037 233 A1 se conoce el hecho de detectar las ruedas de un vehículo en movimiento basándose en los componentes horizontales de la velocidad tangencial, diferentes en comparación con el resto del vehículo, donde dicha velocidad provoca un desplazamiento Doppler correspondiente de la frecuencia de un haz de medición del radar. Para ello se utiliza un indicador de velocidad del radar que irradia el área inferior de los vehículos que están circulando con un lóbulo del haz del radar, donde basándose en la mezcla de la frecuencia de recepción recuperada se promedia temporalmente una única señal de medición de la velocidad que, en los lugares de las ruedas, indica máximos de la señal que se utilizan para la detección de las ruedas. Sin embargo, los espacios vacíos entre un vehículo tractor y su remolque pueden aparentar mínimos de la señal y máximos "falsos" situados entre medio, los cuales conducen a una detección errónea de las ruedas.

30 El objetivo de la presente invención es crear procedimientos y dispositivos para la detección de ruedas, los cuales posibiliten una detección más segura que las soluciones conocidas.

En un primer aspecto de la invención, dicho objetivo se alcanzará mediante un procedimiento que se caracteriza por los pasos de:

35 emisión de un haz de medición electromagnético con un desarrollo temporal conocido de su frecuencia en una primera sección sobre la vía de circulación, en una dirección oblicua con respecto a la vertical y de forma normal u oblicua con respecto a la dirección de circulación;

40 recepción de un haz de medición reflejado y registro del desarrollo temporal de sus frecuencias de forma relativa con respecto al desarrollo conocido como desarrollo mixto de la frecuencia de recepción; y

detección, como rueda, de una banda de frecuencias que ascienden o descienden continuamente durante un período de tiempo en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción.

45 La invención se basa en el principio novedoso de la detección de una rueda que se desplaza por ejemplo de forma horizontal en un sensor Doppler mediante un desarrollo mixto de la frecuencia de recepción ascendente durante el pasaje (por ejemplo cuando el sensor Doppler se sitúa por encima del eje de la rueda, se encuentra orientado hacia abajo y sale al encuentro de la rueda) o descendente (por ejemplo cuando el sensor Doppler se sitúa por debajo del eje de la rueda, se encuentra orientado hacia arriba y sale al encuentro de la rueda). A diferencia de lo conocido por el estado del arte (solicitud DE 10 2008 037 233 A1) no se evalúa solamente un máximo de la señal por rueda, sino el desarrollo de la señal durante el pasaje de la rueda.

50 En el caso ideal de un haz de medición lineal que incide en la rueda desde arriba o de forma oblicua desde el costado, normalmente con respecto a la dirección de circulación, el desarrollo del desplazamiento de la frecuencia del haz de medición reflejado, condicionado por el efecto Doppler, asciende o desciende de forma lineal. Cuando el haz de medición no está orientado de forma normal, sino de forma oblicua con respecto a la dirección de circulación, a este desarrollo se agrega entonces un desplazamiento Doppler condicionado por los componentes horizontales de la velocidad tangencial de la rueda, el cual produce una inclinación adicional del desarrollo, donde sin embargo no se modifica nada en el criterio de detección de un desarrollo de la frecuencia de recepción que asciende o desciende durante el pasaje de la rueda.

60 Además, la sección transversal del haz, de un haz de medición, en realidad nunca es idealmente puntual sino siempre extendida, por ejemplo, en un área de incidencia sobre el vehículo, en el orden de magnitudes de algunos centímetros o de muchos centímetros. Debido a ello, las frecuencias de recepción se extienden, así como se dispersan, desde el desarrollo lineal descrito formando una "mezcla" o "banda" de frecuencias de recepción: puesto que en posiciones de la altura y del ancho que varían en el área de incidencia del haz de medición, la rueda en

rotación posee componentes verticales y horizontales de la velocidad tangencial respectivamente variables, generando con ello desplazamientos Doppler de la frecuencia que producen una "fragmentación" o "dispersión" de la frecuencia de emisión del haz de medición en una pluralidad de frecuencias de recepción reflejadas al mismo tiempo, produciéndose una "mezcla de frecuencias de recepción" donde, observado en el tiempo, la mezcla de
5 frecuencias de recepción se desarrolla en forma de una banda en el plano de la frecuencia/tiempo, con el desarrollo ascendente o descendente descrito.

Este efecto de dispersión condicionado por la velocidad de la rueda es superpuesto por un segundo efecto parasitario de dispersión de la frecuencia que debe atribuirse a los diferentes ángulos de proyección de los
10 componentes verticales y horizontales de la velocidad tangencial en la dirección hacia el receptor: dicho ángulo de proyección varía en función del lugar de reflexión observado en el área de incidencia. El segundo efecto de dispersión depende de si precisamente la carrocería del vehículo o la rueda en rotación pasan por el receptor, y está determinado únicamente por las condiciones de contorno geométricas de la disposición de medición. Ambos efectos se superponen en el tiempo formando el desarrollo mixto de frecuencias de recepción mencionado en forma de una
15 banda.

En una primera forma de realización de la invención, la detección mencionada puede efectuarse a través de la evaluación del desarrollo del medio de frecuencia de la banda, donde dicho medio de frecuencia muestra el ascenso o el descenso descrito durante el pasaje de la rueda.
20

En una segunda forma de realización de la invención, la detección mencionada puede efectuarse verificando si la banda es comprendida dentro de un contorno predeterminado en el plano de frecuencia/tiempo. El contorno representa los límites máximos dentro de los cuales pueden presentarse desarrollos de la frecuencia de recepción para diferentes desarrollos de exploración, y cuando durante el transcurso del tiempo los valores de medición de las
25 frecuencias de recepción Doppler están comprendidas por completo en el contorno mencionado se presenta entonces una banda de frecuencias que asciende o desciende continuamente durante un período de tiempo en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción, lo cual indica una rueda.

Según una forma de realización preferida de la invención, el haz de medición es emitido normalmente con respecto
30 a la dirección de circulación, de forma oblicua hacia abajo. Gracias a ello, en primer lugar, pueden minimizarse efectos de sombreado de las ruedas y pueden reconocerse de forma segura los espacios vacíos entre un remolque y un vehículo tractor y en segundo lugar - exceptuando los efectos de dispersión antes mencionados - se ocultan los componentes de la velocidad horizontal de la rueda en rotación, así como los componentes de la velocidad del vehículo, lo cual facilita la detección de las bandas ascendentes y descendentes mencionadas en el desarrollo mixto
35 de la frecuencia de recepción.

Para mejorar aún más la detección de la banda, en una forma de realización opcional, el procedimiento según la invención puede comprender los siguientes pasos:

40 medición de la velocidad de la carrocería del vehículo relativamente con respecto al lugar de la emisión del haz de medición y de la recepción del haz de medición reflejado; y
compensación del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción en aquellas partes de la frecuencia que son ocasionadas por la velocidad de la carrocería, antes de que se ejecute el paso mencionado de la detección de la
45 banda.

Por las mismas razones, el procedimiento de la invención puede comprender también de forma opcional:

la detección de la presencia de una parte de la carrocería del vehículo en una segunda sección que se ubica por encima de la primera sección, en el desarrollo temporal como ventana de tiempo de pasaje;
50 donde la detección de una rueda en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción se efectúa solamente durante la ventana de tiempo de pasaje.

Conociendo la ventana de tiempo de pasaje del vehículo, el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción medido puede ser procesado aún más, para facilitar la detección de la banda, a saber, a través de los pasos:

55 determinación de una fracción de señal de interferencia en una sección del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción que precede inmediatamente a la ventana de tiempo de pasaje; y
compensación del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción en la ventana de tiempo de pasaje en la fracción de señal de interferencia, antes de que se ejecute el paso mencionado de la detección de la banda.
60

En otra forma de realización del procedimiento según la invención las ruedas que son detectadas durante la misma ventana de tiempo de pasaje son asignadas al mismo vehículo. La cantidad de ruedas de un vehículo puede emplearse como base para un cálculo del peaje, por ejemplo en función de los ejes de las ruedas.

65 Para mantener al mínimo los efectos parasitarios de dispersión mencionados y alcanzar un desarrollo ascendente o descendente pronunciado de la mezcla de frecuencias de recepción, de manera preferente, se minimiza el área de

incidencia del haz de medición en el vehículo. Preferentemente, el haz de medición tiene un área de incidencia cuyo diámetro es menor que una rueda a ser detectada, preferentemente menor a 10 cm, de forma especialmente preferente menor a 5 cm.

5 En una variante de la invención puede utilizarse un haz láser concentrado o, en una variante preferente alternativa, el haz de medición es un haz del radar emitido por una antena direccional, preferentemente en el intervalo de frecuencia superior a 70 GHz. En el caso de frecuencias elevadas de ese tipo, la longitud de onda es muy reducida y, por lo tanto, las antenas con una ganancia elevada pueden realizarse mecánicamente de un tamaño muy reducido, por ejemplo en forma de antenas de bocina o disposiciones de antenas.

10 En un segundo aspecto, la invención crea un dispositivo para detectar una rueda en rotación de un vehículo que circula sobre una vía de circulación en una dirección de circulación y cuyas ruedas se encuentran expuestas lateralmente al menos de forma parcial, caracterizado por un dispositivo Doppler Lidar o de radar que emite un haz de medición electromagnético con un desarrollo temporal conocido de su frecuencia sobre un objetivo en la vía de
15 circulación, de forma oblicua con respecto a la vertical y de forma normal u oblicua con respecto a la dirección de circulación y registra el desarrollo temporal de las frecuencias del haz de medición reflejado desde el objetivo, de forma relativa con respecto al desarrollo conocido como desarrollo mixto de la frecuencia de recepción, y por un dispositivo de evaluación dispuesto de forma posterior, la cual está diseñada para detectar como rueda una banda de frecuencias que ascienden o descienden continuamente durante un período de tiempo en el desarrollo mixto de
20 la frecuencia de recepción.

Con respecto a las ventajas del dispositivo según la invención se remite a las explicaciones antes descritas, relativas al procedimiento según la invención.

25 Preferiblemente, el haz de medición del dispositivo Doppler Lidar o de radar se encuentra orientado normalmente con respecto a la dirección de circulación, de forma oblicua hacia abajo.

Se considera como especialmente conveniente que el dispositivo presente un sensor que se encuentra conectado a un dispositivo de evaluación para medir la velocidad de la carrocería del vehículo, donde el dispositivo de evaluación
30 compensa el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción en aquellas partes de la frecuencia que son ocasionadas por la velocidad de la carrocería.

Según otra característica preferida, el dispositivo comprende un sensor que se encuentra conectado al dispositivo de evaluación, donde dicho sensor detecta la presencia de una parte de la carrocería del vehículo por encima de la
35 sección sobre la cual está direccionado el haz de medición, en el desarrollo temporal como ventana de tiempo de pasaje, donde el dispositivo de evaluación detecta una rueda en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción solamente durante la ventana de tiempo de pasaje. El dispositivo de evaluación, de modo opcional, puede estar diseñado para determinar una fracción de señal de interferencia en una sección del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción que precede inmediatamente a la ventana de tiempo de pasaje y para compensar el desarrollo mixto
40 de la frecuencia de recepción en la ventana de tiempo de pasaje.

En el caso de un dispositivo Doppler o de radar, preferentemente, su haz de medición consiste en un haz del radar emitido por una antena direccional, preferentemente en el intervalo de frecuencia superior a 70 GHz; en el caso un
45 dispositivo de radar Lidar el haz de medición preferentemente consiste en un haz láser concentrado.

El dispositivo de la invención es adecuado tanto para una utilización fija, como también para una utilización transportable, en particular móvil. En el primer caso - cuando se trabaja con un dispositivo de radar Doppler - el dispositivo puede estar diseñado especialmente para ser montado con las radiobalizas de una infraestructura de la
50 carretera por balizas ya existente, como WLAN (wireless local area network/red de área local inalámbrica), WAVE (wireless access in a vehicle environment/acceso inalámbrico en entornos vehiculares) o DSRC (dedicated short range communication/comunicación dedicada de corto alcance). En una forma de realización conveniente el dispositivo de radar Doppler está formado por una radiobaliza de carretera WLAN, WAVE o DSRC. En el segundo caso, de manera preferente, el dispositivo de radar o Doppler Lidar está montado sobre una plataforma móvil, en especial sobre un vehículo de control, para posibilitar el control de vehículos en otros carriles o el control del tráfico
55 en sentido contrario.

Se deducen otras características y ventajas del procedimiento y del dispositivo de la invención de la lectura de la siguiente descripción de un ejemplo de realización preferida, haciendo referencia a los dibujos anexos, los cuales
60 muestran:

la Figura 1 y Figura 2: el dispositivo de la invención montado sobre un vehículo de control asociado a un vehículo controlado por el mismo, en un caso en una vista superior (figura 1) y en el otro observado en la dirección de
65 circulación (figura 2);
la Figura 3: las relaciones de velocidad en una rueda en rotación, en detalle;
la Figura 4: un desarrollo mixto de la frecuencia de recepción en el plano frecuencia/tiempo al medir la rueda de la figura 3, lateralmente desde arriba y de forma normal con respecto a la dirección de circulación en el tráfico en

sentido contrario;

la Figura 5: la derivación de un contorno de detección para detectar una banda que asciende o desciende en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción, en el plano de frecuencia/tiempo;

la Figura 6: las relaciones geométricas en un haz de medición extendido de forma real para ilustrar los efectos de dispersión de la frecuencia condicionados por la velocidad y la geometría;

las Figuras 7a a 7g: desarrollos de la frecuencia de recepción ideales a modo de ejemplo, así como medios de frecuencia de desarrollos mixtos de la frecuencia de recepción en el caso de diferentes posiciones angulares del haz de medición Doppler, de forma relativa con respecto a la rueda;

la Figura 8: el efecto de la dispersión de la frecuencia condicionado por la geometría durante el pasaje de un vehículo en el desarrollo temporal; y

la Figura 9: la repercusión de los efectos de la dispersión de la frecuencia, condicionada por la velocidad y la geometría, del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción durante el pasaje de un vehículo con dos ruedas, a modo de ejemplo, donde en la mitad izquierda y en la mitad derecha de la figura 9 se utilizaron dos secciones transversales diferentes del haz de medición.

En las Figuras 1 y 2, un vehículo 1 se desplaza sobre una vía de circulación 2, de forma más precisa sobre un carril 2' de la vía de circulación 2, en una dirección de circulación 3'. El vehículo 1 posee ruedas 4 que resalen hacia abajo por encima de la carrocería 5 del vehículo 2, de manera que quedan expuestas - al menos parcialmente - a los lados de la carrocería 5, en escotaduras de la misma, es decir que son lateralmente visibles.

Sobre un segundo carril 2" de la vía de circulación 2 se desplaza un vehículo de control 6 en una dirección de circulación 3" en un sentido de circulación contrario. De manera preferente, las direcciones de circulación 3', 3" son antiparalelas, donde sin embargo podrían también ser paralelas, es decir que el vehículo de control 6 podría adelantarse al vehículo 1 o de forma inversa. El vehículo de control 6 también podría ser fijo, y las direcciones de circulación 3', 3" podrían no ser paralelas; a continuación se denominará como dirección de circulación 3 del vehículo 1 la dirección de desplazamiento relativo del vehículo 1, en comparación con el vehículo de control 6. Para simplificar, se parte de la base de que la dirección de circulación 3 se extiende normalmente con respecto a los ejes 4' de las ruedas 4 y aproximadamente de forma horizontal, aun cuando eso no sea obligatorio y las desviaciones con respecto a ello se reflejan sólo en proyecciones angulares modificadas de forma correspondiente de los componentes de la velocidad que se observan a continuación.

El vehículo de control 6 dispone de un dispositivo de medición 7 con un dispositivo Doppler Lidar o de radar 8 que durante el pasaje del vehículo, así como sobre sus ruedas 4, emite un haz de medición 9 electromagnético, en este caso un haz de medición Lidar o del radar, para detectar de este modo las ruedas 4 del vehículo 1. El haz de medición 9 está orientado bajo un ángulo β con respecto a la vertical V y bajo un ángulo γ con respecto a la dirección de circulación 3. El ángulo β es $0 \leq \beta < 90^\circ$ o $90^\circ < \beta \leq 180^\circ$, en todo caso $\neq 90^\circ$, es decir que el haz de medición 9 se extiende de forma oblicua con respecto a la vertical V, preferentemente de forma oblicua hacia abajo, tal como se muestra, por ejemplo en un ángulo de $\beta = 100^\circ$ a 170° , donde preferentemente $\beta = 120^\circ$ a 150° . En una forma de realización alternativa (no representada) el haz de medición 9 también podría estar orientado de forma oblicua hacia arriba, por ejemplo donde $\beta = 10^\circ$ a 80° , preferentemente donde $\beta = 30^\circ$ a 60° , cuando el dispositivo Doppler-Lidar/de radar 8 está montado próximo al suelo, por ejemplo de forma fija, lateralmente con respecto a la carretera 2, y el vehículo 1 y sus ruedas 4 se dirigen de forma oblicua desde abajo.

El ángulo γ , de manera preferente, asciende a 90° , es decir que el haz de medición 8 está orientado de forma normal con respecto a la dirección de circulación 3. En variantes alternativas de la invención el ángulo γ puede ser también $\neq 90^\circ$, por ejemplo orientado de forma oblicua hacia delante o de forma oblicua hacia atrás, observado desde el vehículo de control 6.

El dispositivo Doppler Lidar o de radar 8, tal como se conoce en la técnica, evalúa la frecuencia de recepción del haz de medición 9 reflejado por el vehículo 1 o por su ruedas 4, donde basándose en el desplazamiento de la frecuencia, condicionado por el efecto Doppler, entre el haz de medición 9 emitido y reflejado, puede determinarse el componente v_p de la velocidad relativa v del vehículo 1, así como de la velocidad tangencial v_t de la rueda 4, en el respectivo punto P del área de incidencia del haz de medición 9 (véanse las Figuras 3 y 5), donde dicho componente se encuentra situado (proyectado) en la dirección del haz de medición 9. Por consiguiente, basándose en esa información pueden detectarse las ruedas 4 del vehículo 1, tal como se explica posteriormente de forma más detallada.

El dispositivo Doppler Lidar/de radar 8 puede ser de cualquier clase conocida en la técnica, con un haz de medición 9 continuo, modulado o pulsado. En el caso de un haz de medición 9 continuo puede determinarse un desplazamiento de frecuencia Doppler entre las frecuencias propias ("frecuencias portadoras") del haz de medición 9 emitido y del haz de medición reflejado, por ejemplo a través de la medición de la interferencia. En el caso de un haz de medición pulsado o modulado puede medirse un desplazamiento Doppler entre las tasas de pulso o frecuencias de modulación del haz de medición 9 emitido y del haz de medición reflejado. Todas las frecuencias propias, portadoras, de impulso o de modulación de esta clase se entienden bajo los conceptos aquí utilizados de "frecuencia de emisión" del haz de medición 9 y "frecuencia de recepción" del haz de medición 9 reflejado, es decir que el término frecuencia de recepción comprende cualquier frecuencia del haz de medición 9 que puede ser influenciada

por un efecto Doppler.

Tal como se muestra en la Figura 2, el dispositivo de medición 7 comprende además un sensor de velocidad 10 para medir la velocidad (relativa) v del vehículo 1 con respecto al vehículo de control 6, así como un sensor de presencia 11 para detectar la presencia de una parte de la carrocería 5 durante el pasaje del vehículo 1 en el vehículo de control 6. El sensor de presencia 11 "ve" y detecta la carrocería 5 en el área en donde también el haz de medición 9 se orienta hacia el vehículo 1, durante el pasaje del vehículo, debido a lo cual puede determinarse una ventana de tiempo de pasaje T_F del vehículo 1 con respecto al dispositivo Lidar/de radar 8, del modo que se explica después más en detalle. El sensor de presencia 11 y su eje de visión 12, de manera preferente, se encuentran dispuestos por sobre el haz de medición 9 del dispositivo Lidar/de radar 8 - o en una relación geométrica conocida con respecto a ello- para obtener una asignación temporal entre la ventana de tiempo de pasaje T_F y las señales de medición del dispositivo Lidar/de radar 8. Conociendo la velocidad v medida por el sensor 10, basada en la ventana de tiempo de pasaje T_F puede calcularse también la longitud L del vehículo 1 conforme a $L = dz \cdot T$.

El dispositivo Lidar/de radar 8 y los sensores de velocidad y presencia 10, 11 están conectados a un dispositivo de evaluación 14 del dispositivo 7 que ejecuta los cálculos de evaluación explicados para la detección de la rueda.

La Figura 3 muestra diferentes variantes del haz de medición 9 en cuanto a su concentración o extensión mediante varias áreas de incidencia 16, 16', 16" a modo de ejemplo de diferentes tamaños, sobre una rueda 4. En una primera variante, el haz de medición 9 se encuentra concentrado en alto grado, de manera que su área de incidencia 16 sobre la carrocería 5 o sobre la rueda 4 presenta un diámetro extremadamente reducido dentro del intervalo de algunos centímetros, preferentemente de < 2 cm. Dependiendo de la distancia del dispositivo 8 desde el vehículo 1 se presentan determinadas exigencias en cuanto a la concentración del haz de medición 9: En el caso ideal, el haz de medición 9 es un grupo de haces de luz o del radar casi paralelos, tal como puede obtenerse de forma preferente con un láser. Sin embargo, también en el caso de un haz de medición del radar puede alcanzarse un grupo de haces correspondiente utilizando ondas del radar de frecuencia muy elevada, preferentemente superior a 70 GHz, las cuales poseen propiedades de la luz aproximadas y pueden concentrarse como luz, por ejemplo a través de lentes del radar. La utilización de antenas direccionales, por ejemplo de antenas de bocina o disposiciones de antenas y antenas de parche con características de emisión lo más posiblemente paralelas, de diámetro reducido, genera también un haz de medición del radar correspondiente. Se consideran como especialmente adecuados los dispositivos de radar provenientes del área automotriz, como los que se incorporan en los vehículos como dispositivos de alerta de colisión y de alerta de distancia. Los haces de medición 9 concentrados de esa clase poseen una concentración, así como un área de divergencia o de dispersión (ángulo de apertura), menor a 1° (correspondiente a un ángulo sólido de menos de aproximadamente 0,00024 sr).

En una segunda forma de realización, el haz de medición 9 se encuentra disperso en alto grado, por ejemplo disperso o expandido de forma plana o en forma de embudo, a modo de un "lóbulos del haz de medición", con un área de incidencia 16' esencialmente más grande. En el caso de un dispositivo Lidar, un área de incidencia 16' de esa clase puede alcanzarse por ejemplo a través de una línea de dispersión superior, o se presenta en dispositivos de radar cuya concentración de haces no es exacta.

En el caso del radar, un haz de medición 9 ampliado se caracteriza por el ángulo de apertura de la antena del radar utilizada. Se denomina como el ángulo de apertura (o también anchura de potencia mitad) de una antena direccional, respectivamente a los puntos en donde la potencia ha descendido a la mitad (-3 dB) con respecto al máximo, Tal como es conocido por el experto, para las antenas direccionales, basándose en el conocimiento del respectivo ángulo de apertura, con la siguiente fórmula puede estimarse la ganancia de la antena en su dirección del haz principal:

$$g = 10 \lg \frac{27.000}{\Delta\varphi \Delta\vartheta}$$

donde

g = ganancia [dBi]

$\Delta\varphi$ = ángulo de apertura horizontal (en grados)

$\Delta\vartheta$ = ángulo de apertura vertical (en grados)

El ángulo de apertura de la antena del radar del dispositivo 8 debe permitir una buena separación de las ruedas 4 individuales en la señal de medición del vehículo 1 que debe ser detectado. Se considera conveniente por ejemplo que el área de incidencia 16' del haz de medición 9 no supere la mitad del diámetro de la rueda. El área de incidencia 16' óptima resulta de la distancia de medición con respecto al vehículo 1, donde la selección de la antena de radar depende además de la geometría de la disposición en su totalidad. Por lo general, se consideran como especialmente convenientes las antenas con una ganancia g superior a 10 dB, en función de la disposición y la frecuencia del dispositivo de radar 8.

Generalmente, las antenas direccionales presentan una ganancia de la antena g superior a 20 dB (correspondiente a un ángulo de apertura $\phi\Delta = \Delta\vartheta =$ aproximadamente 16°). De este modo, en el caso de una ganancia de la antena de 20 dB en una distancia de 1m entre el vehículo 1 y el vehículo de control 6, puede iluminarse un área $16'$ de aproximadamente 28 cm de diámetro. Para vehículos 1 que se encuentran más alejados puede ser necesaria una ganancia de la antena g de 30 dB para alcanzar un ángulo de apertura $\Delta\phi = \Delta\vartheta =$ aproximadamente 5° , lo cual a una distancia de 3 m implica un área $16'$ de aproximadamente 30 cm de iluminación.

En una tercera variante, el tamaño del área de incidencia $16''$ del haz de medición 9 sobre una rueda 4 se ubica entre las dos variantes $16'$ y $16''$, por ejemplo dentro del intervalo de 2 -10 cm, preferentemente de 2 -5 cm.

En la Figura 3 se muestra el movimiento del área de incidencia $16'$, $16''$ durante el pasaje por el lado opuesto del vehículo 1 y el vehículo de control 6 a lo largo de una línea de exploración 17 que en el ejemplo mostrado intersecta la rueda 4 aproximadamente en el centro de su mitad superior. La velocidad tangencial v_t así como $v_t(P)$ del punto P de la rueda 4 que rota en la dirección de rotación U, la cual respectivamente se presenta en un punto P de la línea de exploración 17 sobre el radio r , puede descomponerse relativamente en un componente horizontal $v_{t,h}(P)$ y un componente vertical $v_{t,v}(P)$. Durante el pasaje de la rueda 4, el componente horizontal $v_{t,h}(P)$ permanece esencialmente constante sobre una línea de exploración 17 predeterminada, mientras que el componente vertical $v_{t,v}(P)$ se modifica desde un valor máximo negativo $v_{t,v}(A)$ en un punto A en la circunferencia de la rueda por encima del valor 0, en un punto B por encima del eje de la rueda 4 hasta un valor máximo positivo $v_{t,v}(C)$, en un punto C, en otra circunferencia de la rueda.

De forma detallada, la velocidad tangencial $v_t(r)$ sobre un radio r es proporcional a ese radio r , es decir, conforme a

$$v_t(r) = \frac{r}{R} v_t \quad (1)$$

El componente vertical $v_{t,v}(r)$ de la velocidad tangencial $v_t(r)$ bajo un ángulo α es una proyección del coseno correspondiente a

$$v_{t,v}(r) = \frac{r}{R} v_t \cos \alpha \quad (2)$$

En donde

$$\cos \alpha = \frac{g}{r} \quad (3)$$

resulta el componente vertical de la velocidad tangencial $v_{t,v}(r)$, en donde

$$v_{t,v}(r) = v_t \frac{g}{R} \quad (4)$$

donde g es la distancia horizontal con respecto al centro de la rueda, de manera que en el caso de una exploración con una velocidad constante v es proporcional con respecto al tiempo t , lo cual describe un ascenso o un descenso lineal.

Cuando el haz de medición 9 se orienta normalmente con respecto a la dirección de circulación ($\gamma = 90^\circ$), por ejemplo de forma oblicua desde arriba ($90^\circ \ll \beta < 180^\circ$), entonces el dispositivo Lidar/de radar 8 mide un desplazamiento de la frecuencia Δf condicionado por el efecto Doppler, donde dicho desplazamiento corresponde precisamente a ese componente vertical $v_{t,v}(P)$. En la Figura 4, el desplazamiento de la frecuencia Δf se traza a lo largo del tiempo t como desarrollo de frecuencia de recepción 18. El desplazamiento Doppler Δf de la frecuencia de recepción con respecto a la frecuencia de emisión es proporcional con relación al componente de la velocidad $v_{t,v}$ de las partes (puntos P) respectivamente exploradas del vehículo 1, así como de la rueda 4; por tanto, el desarrollo de la frecuencia de recepción 18 representado en la Figura 4 es idéntico a un desarrollo de la velocidad vertical.

El desarrollo de la frecuencia de recepción 18 de la Figura 4 es un desarrollo ideal de un haz de medición 9 ideal con una sección transversal puntual del haz. El desarrollo 18, durante un período T_R que corresponde a una exploración de la rueda 4 a lo largo de la línea de exploración 17 con la velocidad v , muestra un ascenso lineal que atraviesa el punto cero desde $v_{t,v}(A)$ en $v_{t,v}(B)$. Si el haz de medición 9 se orientara desde abajo hacia la rueda 4 ($\beta > 90^\circ$) o se desplazara en dirección opuesta a lo largo de la línea de exploración 17 (por ejemplo el vehículo de control 6 se adelanta al vehículo 1), entonces el desarrollo de la frecuencia de recepción 18 mostraría un descenso, es decir que se refleja sobre el eje de tiempo t de la Figura 4.

Debido a la extensión del área de incidencia 16, 16', así como 16", de un haz de medición 9 real, no ideal, para cada frecuencia de emisión emitida en un momento t determinado no se obtiene en el haz de medición 9 reflejado sólo una frecuencia de recepción desplazada, condicionada por el efecto Doppler, sino una frecuencia de recepción algo diferente, partiendo de cada punto diferente en el área de incidencia 16, 16', 16". Esto se encuentra condicionado en primer lugar porque, en una altura h_1 de la rueda 4, diferente de la altura h del desarrollo de la exploración 17, el componente vertical $v_{t,v}$ (y también el componente horizontal $V_{t,h}$) de la velocidad tangencial del radar v_t poseen respectivamente un valor algo diferente, de manera que las frecuencias de recepción originadas respectivamente desde diferentes puntos de incidencia P en las áreas 16, 16', 16" - véase el desarrollo de exploración 17' a modo de ejemplo en la Figura 3 - se superponen a una mezcla de frecuencias de recepción diferentes o velocidades, véase la Figura 4.

Expresado de otro modo, durante el pasaje T_F de un vehículo 1, al presentarse una rueda 4, la frecuencia de recepción f se fragmenta o se dispersa en una mezcla F , condicionada por el efecto Doppler, de frecuencias de recepción (así como velocidades), lo cual conduce a un desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20 a lo largo del tiempo t .

La dispersión de la frecuencia condicionada por la velocidad de la rueda es superpuesta de forma parasitaria por un segundo efecto de dispersión de la frecuencia, el cual a su vez está condicionado por la geometría de un haz de medición 9 ampliado en forma de un embudo. Tal como puede observarse en la Figura 6, el dispositivo de rada/Lidar 8, desde una posición P_1 , observa diferentes puntos P_2, P_2' en el área de incidencia 16' del haz de medición 9, respectivamente bajo otra dirección espacial 21', 21" que respectivamente comprende un ángulo sólido diferente con los componentes verticales y horizontales $v_{t,v}$ y $v_{t,h}$ de la velocidad tangencial v_t de la rueda 4, así como de la velocidad v de la carrocería 5. La proyección de la velocidad $v_{t,v}$, así como $v_{t,h}$ en la respectiva dirección del haz de medición 21', 21" etc. en el haz de medición 9 conduce a una fragmentación o dispersión condicionada por la geometría en las áreas 16, 16', 16".

La dispersión (Figura 3) condicionada por la velocidad, causada por la rueda en rotación, se superpone a la dispersión (Figura 6) condicionada por la geometría, formando el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20 "real" mostrado en la Figura 4, con la dispersión F que varía a lo largo del tiempo t .

Tal como puede observarse en la Figura 4, durante el período del pasaje T_F de la rueda 4, en el caso de un haz de medición 9 orientado de forma oblicua desde arriba o de forma oblicua desde abajo ($0 < \beta < 180^\circ$) y aproximadamente de forma normal con respecto a la dirección de circulación 3 ($\gamma = 90^\circ$), el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20 muestra una banda 22 que - dependiendo de la dirección de observación - asciende o desciende de forma continua, lo cual puede ser utilizado como criterio al aparecer una rueda, para la detección de la rueda 4. A modo de ejemplo, la banda 22 puede detectarse de forma analítica en cuanto a la señal, determinando el promedio de la mezcla de la frecuencia de recepción F que se presenta respectivamente, es decir, analizando el valor medio de frecuencia (el cual esencialmente corresponde nuevamente al desarrollo ideal 18).

En la Figura 5 se muestra una forma alternativa de la detección de la aparición de una banda 22 ascendente o descendente, a saber, verificando si el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 22 es comprendido en un contorno 22' predeterminado que representa el valor máximo dentro del cual pueden presentarse desarrollos de la frecuencia de recepción 18₀, 18₁, 18₂, ..., en general 18_i, para diferentes desarrollos de exploración 17₀, 17₁, 17₂, ..., a diferentes alturas h_0, h_1, h_2, \dots . La superposición de todos los desarrollos de la frecuencia de recepción 18_i posibles para una determinada área de incidencia 16 da como resultado el contorno 22' predeterminado en el plano de frecuencia/tiempo de las Figuras 4 y 5, dentro del cual está comprendida la banda 22 en cualquier caso.

El tamaño y la forma del contorno 22' depende del tamaño del área de incidencia 16, donde sin embargo el desarrollo global del contorno 22' a lo largo del tiempo t siempre es ascendente o descendente. Verificando si todos los valores de medición de la frecuencia de recepción del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20 (o al menos la mayor parte, es decir, hasta algunos pocos "valores erráticos" estadísticos) se ubican dentro del contorno 22' puede detectarse nuevamente la presencia de una banda 22 que asciende o desciende de forma continua durante un período, detectando con ello la rueda 4.

Si el haz de medición 9 no se orienta de forma normal con respecto a la dirección de circulación 3, sino de forma oblicua ($\gamma \neq 90^\circ$) con respecto a la misma, sobre el vehículo 1 o las ruedas 4, entonces a través de la proyección de los componentes horizontales $v_{t,h}$ de la velocidad tangencial v_t de la rueda 4 en la dirección de medición se mide un componente adicional de la velocidad horizontal que es respectivamente constante para una altura h, h_1 determinada de la línea de exploración 17 y que se manifiesta en una inclinación del desarrollo ideal de la frecuencia de recepción 18, así como del desarrollo real mixto de la frecuencia de recepción 20 de la Figura 4. En la Figura 7, lo mencionado se muestra para el desarrollo ideal de la frecuencia de recepción 18 de la Figura 4, y en la siguiente tabla se indican los valores de β y γ para los ejemplos de las Figuras 7a) a g):

Tabla 1

Figura 7	β	γ
a)	135°	90°
b)	135°	135°
c)	135°	45°
d)	90°	45°/135°
e)	45°	90°
f)	45°	135°
g)	45°	45°

5 Conociendo la velocidad v que es medida por ejemplo por el sensor de velocidad 10 o incluso también por el dispositivo 8, pueden corregirse o compensarse los desarrollos de la frecuencia de recepción 18, así como los desarrollos mixtos de la frecuencia de recepción 20, en la respectiva parte $v_{t,h}$ condicionada por la velocidad, lo cual corresponde a una compensación de la inclinación de las Figuras 7a) a g), retornando nuevamente al desarrollo mixto de la frecuencia de recepción mostrado en forma de ejemplo en la Figura 4 o a un desarrollo representado sobre el eje de tiempo t .

10 En la Figura 8 se muestra la medición de una ventana de tiempo de pasaje T_F para el pasaje del vehículo 1 en su totalidad en el dispositivo 8, así como haz de medición 9, preferentemente con la ayuda del sensor de presencia 11 separado. El sensor de presencia 11 puede consistir nuevamente en un dispositivo de radar o Lidar que emite un haz de medición de radar o Lidar 12 sobre el vehículo 1 que está pasando, para medir la duración T_F del pasaje del vehículo y poder relacionarla con el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20 registrado.

15 En la Figura 8, a los fines de una comparación, el haz de medición 9 fue orientado exclusivamente sobre la carrocería 5 del vehículo 1, a saber, bajo un ángulo $\gamma \neq 90^\circ$, es decir de forma oblicua con respecto a la dirección de circulación 3, de manera que es posible medir la velocidad relativa v del vehículo 1 durante el pasaje del vehículo T_F como variación de la frecuencia rectangular, dispersada en una mezcla de la frecuencia de recepción F en una banda 23 que se encuentra condicionada exclusivamente por la dispersión, condicionada por la geometría, de un haz de medición 9 que se amplía en forma de un embudo, conforme a la Figura 6.

20 El número de referencia 24 indica una fracción de señal de interferencia que se presenta por fuera del pasaje del vehículo T_F en la señal de recepción del dispositivo Lidar/de radar 8. Conociendo la ventana de tiempo de pasaje T_F , del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20 puede extraerse una sección 25 que precede directamente a la ventana de tiempo de pasaje T_F o una sección 26 que precede directamente a la sección 25, determinando allí la fracción de señal de interferencia 24; dicha fracción de señal de interferencia 24 puede utilizarse para compensar el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20 en esa fracción de señal de interferencia 24. A modo de ejemplo, podría realizarse un análisis de frecuencia de las frecuencias de recepción que se presentan en las secciones 25, 26; y éstas podrían ser borradas, por ejemplo sustraídas, de las mezclas de la frecuencia de recepción F durante el pasaje del vehículo T_F .

30 De manera preferente para esto se utiliza sólo la sección 25 que precede al pasaje del vehículo T_F , ya que el vehículo 1 podría tener un remolque que en la sección 26 posterior de lo contrario podría considerarse de forma incorrecta como señal de interferencia.

35 Asimismo, la determinación de la ventana de tiempo de pasaje T_F puede utilizarse para asignar a un mismo vehículo 1 todas las ruedas 4 que son detectadas durante la ventana de tiempo de pasaje T_F , lo cual puede ser calculado de forma correspondiente por el dispositivo de evaluación 14 del dispositivo 7.

40 La ventana de tiempo de pasaje T_F del pasaje del vehículo, en lugar de a través del sensor de presencia 11 separado podría ser determinada también directamente por el dispositivo de radar/Lidar 8, es decir, con el mismo haz de medición 9. Cuando el haz de medición 9 se orienta bajo un ángulo de $\gamma \neq 90^\circ$ (como en la Figura 8), sobre el vehículo 1, entonces la ventana de tiempo de pasaje T_F podría determinarse por ejemplo mediante las variaciones de frecuencia 27, 28 de la banda 23 y/o basado en la presencia de la dispersión de la frecuencia condicionada por la geometría en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20.

45 En lugar de a través del sensor de velocidad 10 separado, la determinación de la velocidad relativa v del vehículo 1 podría ser realizada también por ejemplo por el dispositivo Lidar/de radar 8, por ejemplo mediante la magnitud de las variaciones de la frecuencia 27, 28 de la banda 23.

50 En la Figura 9, a modo de ejemplo, se muestran dos desarrollos mixtos de la frecuencia de recepción 20 después de que los mismos fueron corregidos, por una parte, en cuanto a los componentes que se atribuyen a la velocidad propia v del vehículo 1 y, por otra parte, en cuanto a aquellas fracciones de interferencia de la señal 24 que fueron determinadas en la sección 25 precedente. En la mitad izquierda de la Figura 9 puede observarse la presencia de una banda 22 que asciende de forma continua en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20, el cual indica una rueda 4, para el caso de un área de incidencia 16 reducida. En la mitad derecha de la Figura 9 se muestra la

5 misma situación cuando el área de incidencia 16' del haz de medición 9 sobre la rueda 4 es mayor que la mitad del diámetro de la rueda, de manera que el haz de medición 9, en determinados momentos, mide al mismo tiempo componentes verticales $v_{t,v}$ positivos y negativos significativos de la rueda 4. Lo mencionado conduce a una "fusión" más próxima de los extremos iniciales y finales del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción 20, es decir, a un ascenso o descenso 18 más pronunciado.

10 El dispositivo 7 puede realizarse tanto de forma móvil, por ejemplo montado en el vehículo 6, así como también de forma fija, por ejemplo utilizando una infraestructura de balizas existente de una carretera, utilizando por ejemplo radiobalizas WAVE o DSRC de un sistema de peaje o radiobalizas WLAN de una infraestructura por Internet de la
15 carretera. De este modo, pueden utilizarse transmisores ya existentes de las radiobalizas WLAN, WAVE o DSRC como transmisores del dispositivo de radar Doppler 8; del mismo modo los receptores de las radiobalizas pueden utilizarse como receptores del dispositivo de radar Doppler 8; o este último puede integrarse al menos en los transmisores de las radiobalizas. De este modo, el dispositivo y el procedimiento de la invención pueden implementarse por ejemplo como una aplicación de software que funciona en un dispositivo de control o radiobaliza
WLAN, WAVE o DSRC móvil o fijo tradicional.

20 Hasta el momento se ha partido de la base de que la frecuencia de emisión del dispositivo de radar/Lidar 8, así como del haz de medición 9, es constante, es decir que su desarrollo temporal es un desarrollo constante. Sin embargo, también es posible que el dispositivo 8 emita un haz de medición 9 con un desarrollo de la frecuencia de emisión no constante en el tiempo, por ejemplo en el caso de los procedimientos de saltos de frecuencia, en donde la frecuencia cambia continuamente según un patrón conocido o predeterminado. Los desarrollos (mixtos) de la frecuencia de recepción 18, 20 registrados se registran de forma relativa con respecto al desarrollo temporal
25 previamente conocido de la frecuencia de emisión del haz de medición 9 - sea ésta constante o variable -, es decir que se refiere o estandariza con respecto a ello, de manera que es posible compensar el efecto de desarrollos de la frecuencia de emisión conocidos.

Por consiguiente, la presente invención no se limita a las formas de realización representadas, sino que abarca todas las variantes y modificaciones comprendidas dentro del marco de las reivindicaciones asociadas.

30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar una rueda en rotación (4) de un vehículo (1) que circula sobre una vía de circulación (2) en una dirección de circulación (3) y cuyas ruedas (4) se encuentran expuestas lateralmente al menos de forma parcial, **caracterizado por** los pasos de
 5 emisión de un haz de medición electromagnético (9) con un desarrollo temporal conocido de su frecuencia en una primera sección sobre la vía de circulación (2) en una dirección oblicua con respecto a la vertical (V) y de forma normal u oblicua con respecto a la dirección de circulación (3);
 recepción de un haz de medición reflejado (9) y registro del desarrollo temporal de sus frecuencias en relación al
 10 desarrollo conocido como desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20); y
 detección de una rueda (4) mediante el criterio de una banda (22) de frecuencias que ascienden o descienden continuamente durante un período de tiempo en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la detección mencionada se efectúa a través de
 15 la evaluación del desarrollo del medio de frecuencia (18) de la banda (22).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la detección mencionada se efectúa verificando si la banda (22) está comprendida dentro de un contorno (22') predeterminado en el plano de frecuencia/tiempo.
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el haz de medición (9) es emitido en sentido normal con respecto a la dirección de circulación (3) y de forma oblicua hacia abajo.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por** los pasos de
 25 medición de la velocidad (v) de la carrocería (5) del vehículo (1) en relación al lugar de la emisión del haz de medición (9) y de la recepción del haz de medición (9) reflejado; y
 compensación del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20) en aquellas partes de la frecuencia que son ocasionadas por la velocidad (v) de la carrocería (5), antes de que se ejecute el paso mencionado de la detección de la banda (22).
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por** el paso de detección de la presencia de una parte de la carrocería (5) del vehículo (1) en una segunda sección que se ubica por encima de la primera sección, en el desarrollo temporal como ventana de tiempo de pasaje (T_F); donde la detección de una rueda (4) en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20) se efectúa solamente durante la ventana de tiempo de pasaje (T_F).
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por** el paso de determinación de una fracción de señal de interferencia (24) en una sección (25) del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20) que precede inmediatamente a la ventana de tiempo de pasaje (T_F); y compensación del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20) en la ventana de tiempo de pasaje (T_F) en la fracción de señal de interferencia (24), antes de que se ejecute el paso mencionado de la detección de la banda (22).
- 40 8. Procedimiento según las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizado por que** las ruedas (4) que son detectadas durante una misma ventana de tiempo de pasaje (T_F) son asignadas a un mismo vehículo (1).
- 45 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el haz de medición (9) tiene un área de incidencia (16, 16', 16'') cuyo diámetro es menor que una rueda que hay que detectar, preferentemente menor de 10 cm, de forma especialmente preferente menor de 5 cm.
- 50 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** el haz de medición (9) es un haz de radar emitido por una antena direccional, preferentemente en el intervalo de frecuencia superior a 70 GHz.
11. Dispositivo para detectar una rueda en rotación (4) de un vehículo (1) que circula sobre una vía de circulación (2) en una dirección de circulación (3) y cuyas ruedas (4) se encuentran expuestas lateralmente al menos de forma parcial, **caracterizado por** un dispositivo Doppler Lidar o de radar (8) que emite un haz de medición electromagnético (9) con un desarrollo temporal conocido de su frecuencia sobre un objetivo en la vía de circulación (2), de forma oblicua con respecto a la vertical (V) y de forma normal u oblicua con respecto a la dirección de circulación (3) y registra el desarrollo temporal de las frecuencias del haz de medición reflejado en relación al desarrollo conocido como desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20) y por un dispositivo de evaluación (14) posterior, la cual está diseñada para detectar una rueda (4) mediante el criterio de una banda (20) de frecuencias que ascienden o
 55 descienden continuamente durante un período de tiempo en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20).
- 60 12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado por** un sensor (10) que se encuentra conectado al dispositivo de evaluación (14) para medir la velocidad (v) de la carrocería (5) del vehículo (1), donde el dispositivo de evaluación (14) compensa el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20) en aquellas partes de la frecuencia que son ocasionadas por la velocidad (v) de la carrocería (5).
- 65

13. Dispositivo según las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por** un sensor (11) que se encuentra conectado al dispositivo de evaluación (14), donde dicho sensor detecta la presencia de una parte de la carrocería (5) del vehículo (1) por encima de la sección sobre la cual está direccionado el haz de medición (9), en el desarrollo temporal como ventana de tiempo de pasaje (T_F), donde el dispositivo de evaluación (14) detecta una rueda (4) en el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20) solamente durante la ventana de tiempo de pasaje (T_F).

14. Dispositivo según la reivindicación 13, **caracterizado por que** el dispositivo de evaluación (14) está diseñado además para determinar una fracción de señal de interferencia (24) en una sección (25) del desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20) que precede inmediatamente a la ventana de tiempo de pasaje (T_F) y para compensar el desarrollo mixto de la frecuencia de recepción (20) en la ventana de tiempo de pasaje (T_F) en la fracción de señal de interferencia (24).

15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizado por que** el dispositivo Doppler Lidar o de radar (8) está montado sobre una plataforma móvil (6), preferentemente un vehículo de control.

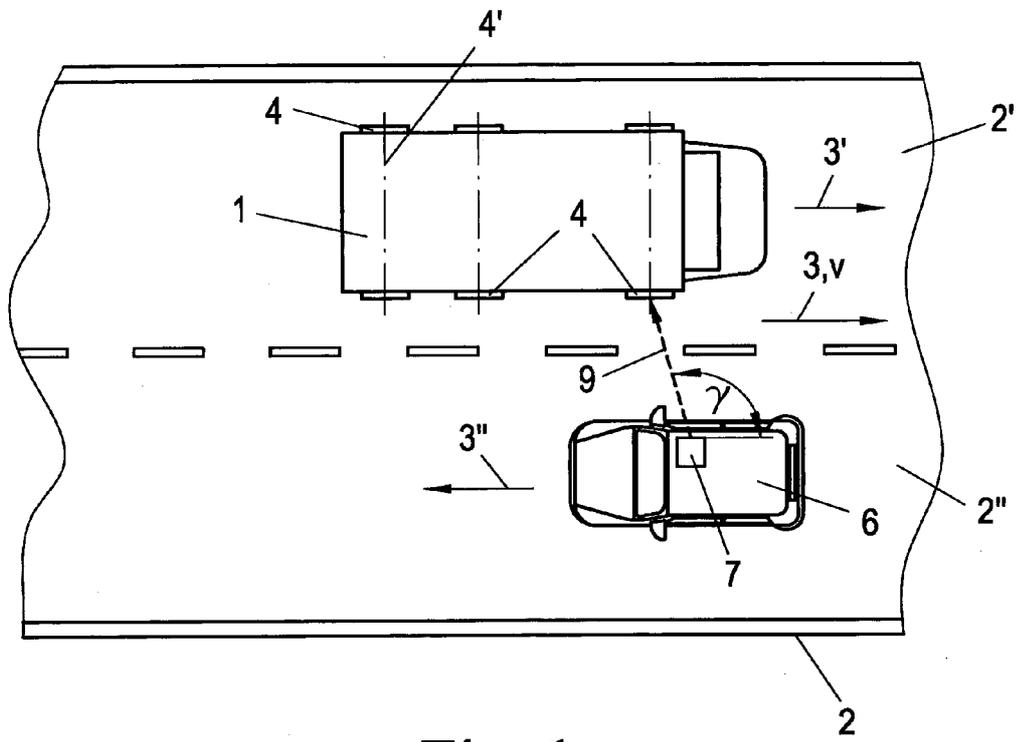


Fig. 1

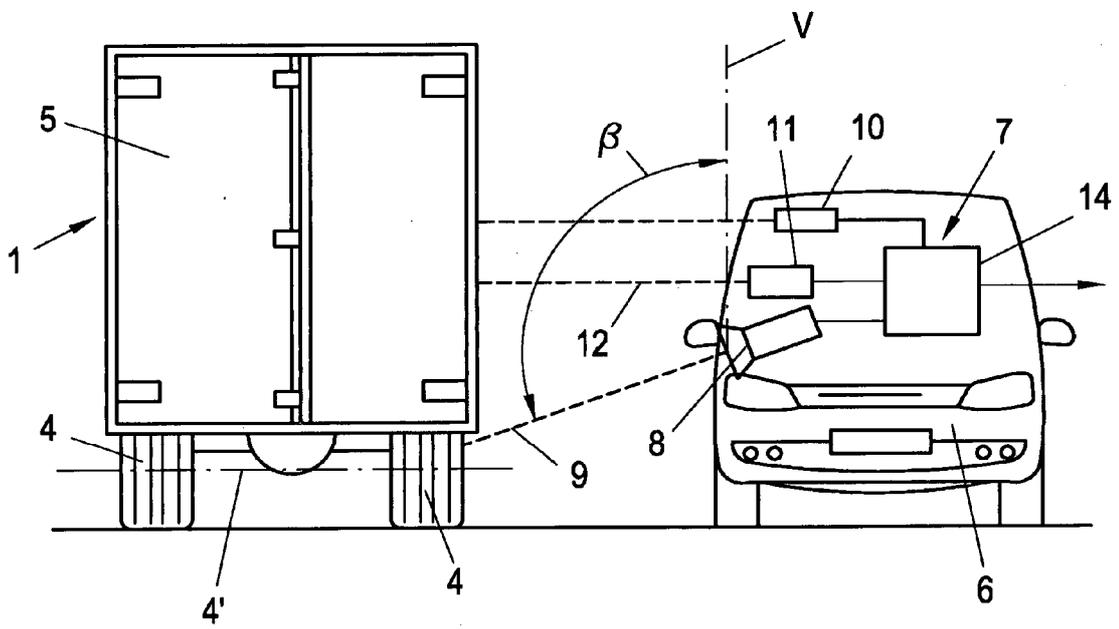


Fig. 2

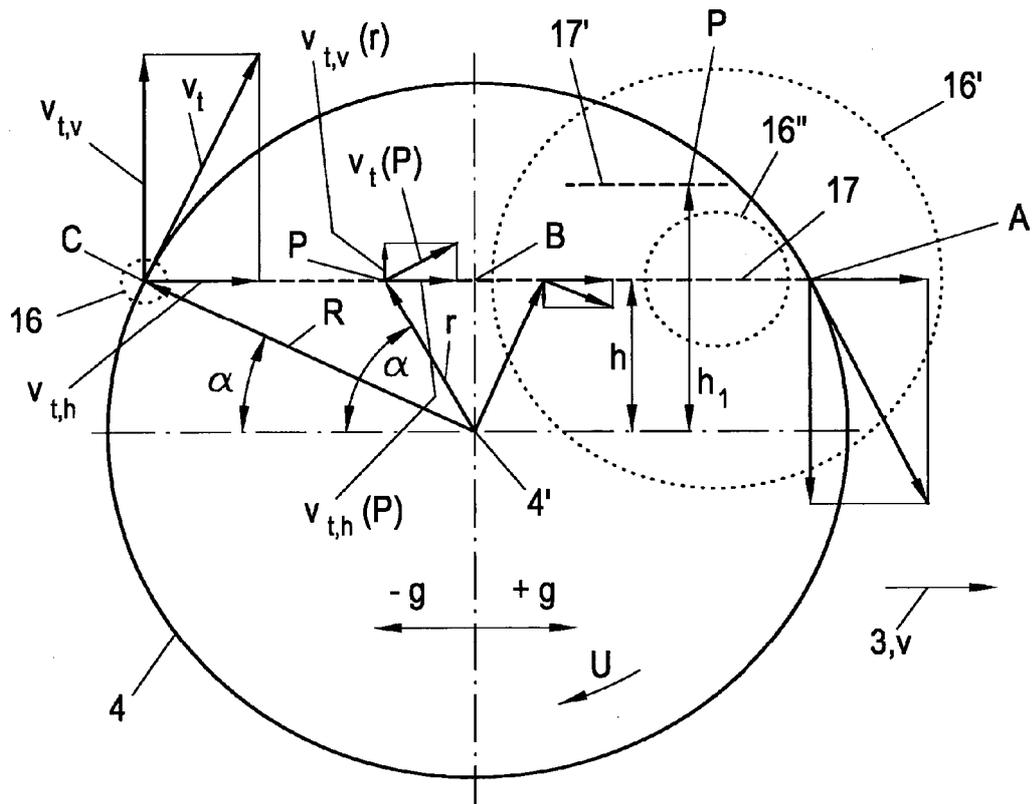


Fig. 3

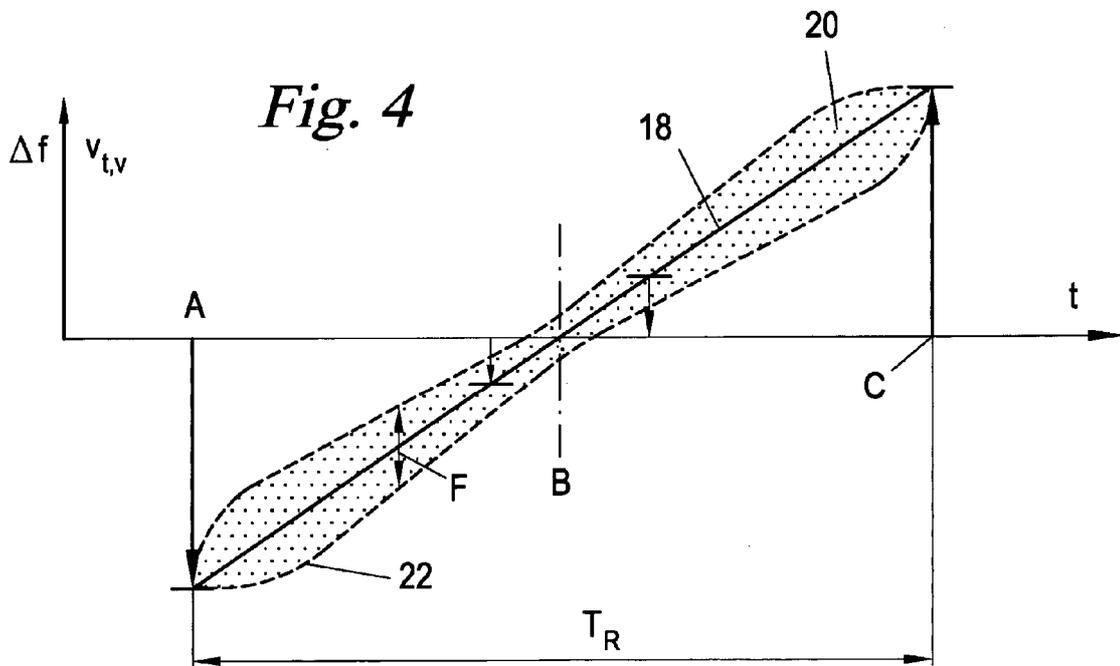


Fig. 4

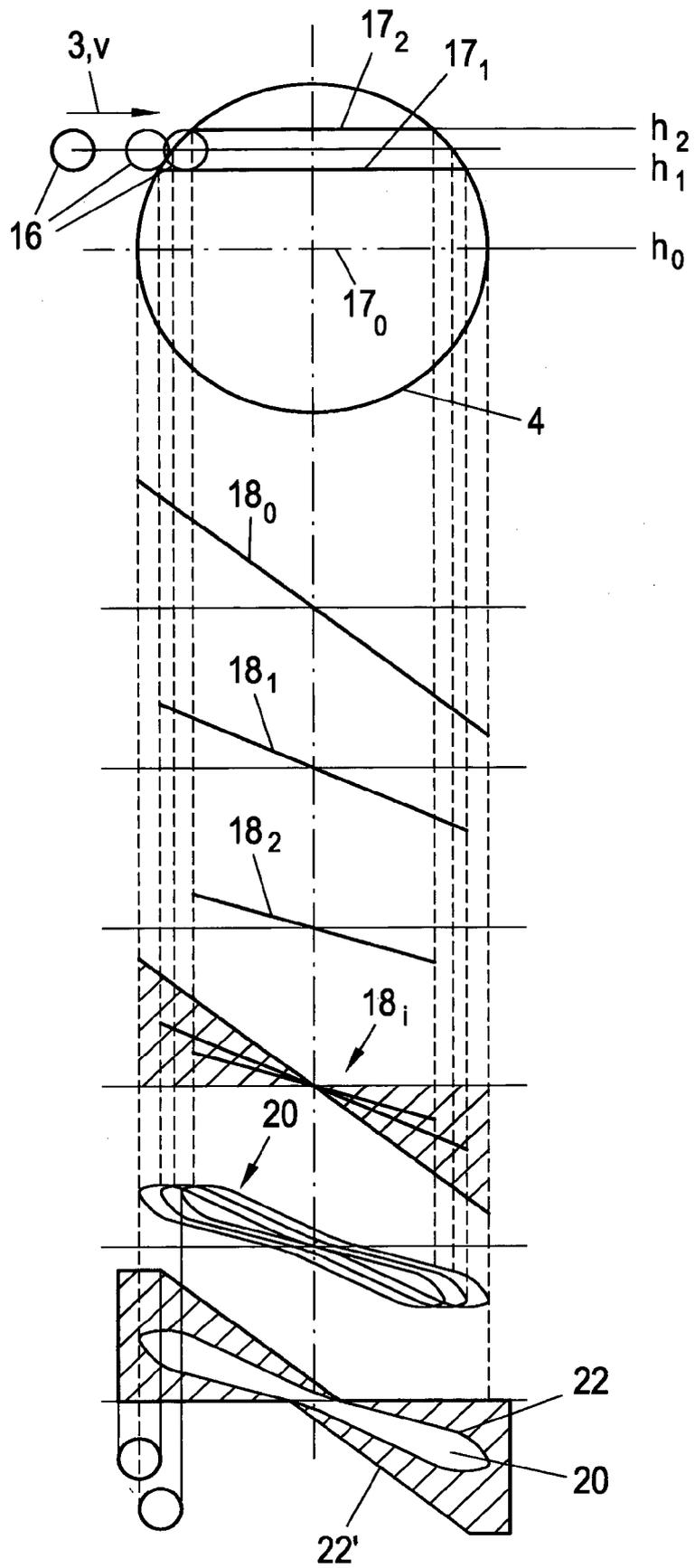


Fig. 5

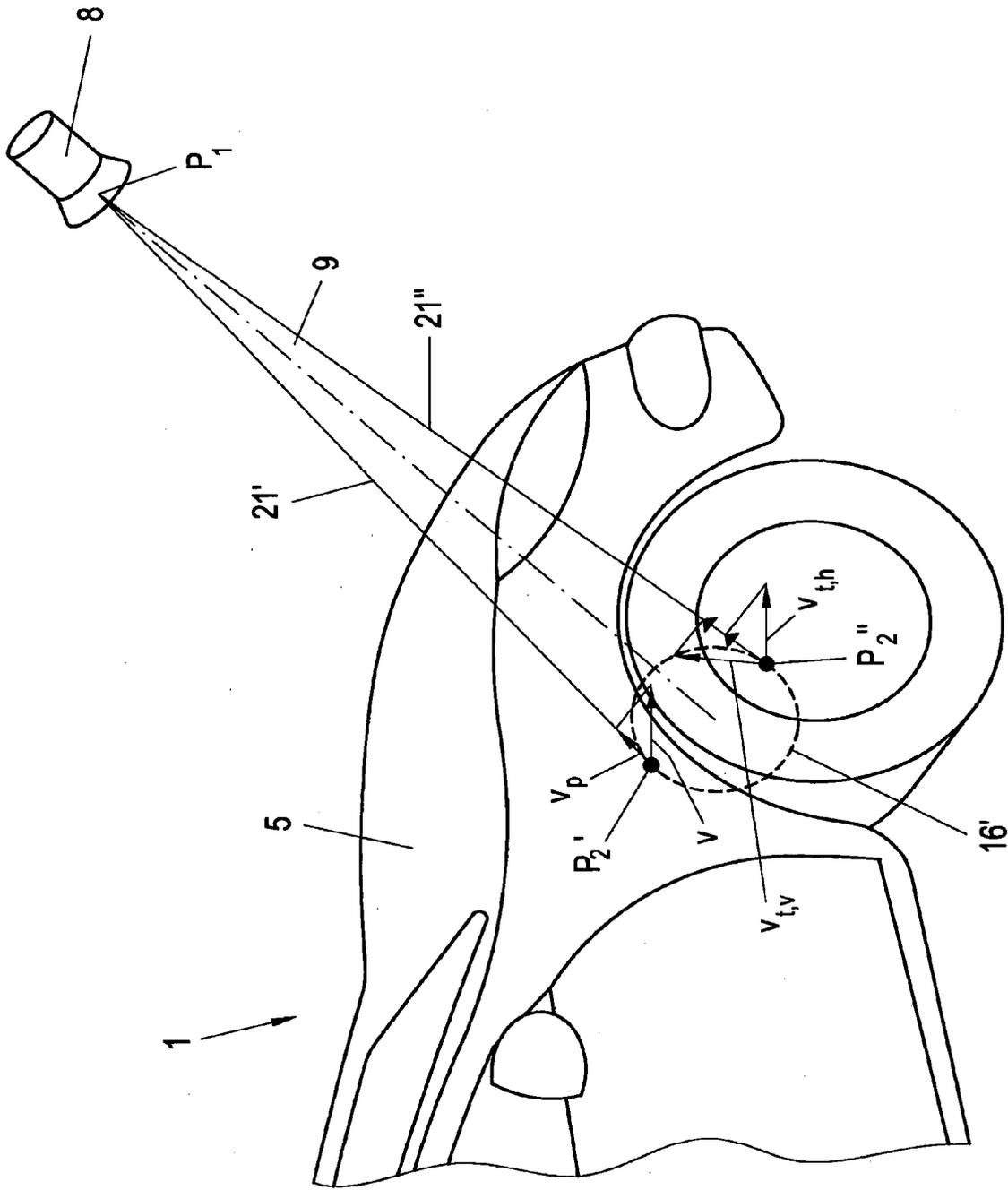


Fig. 6

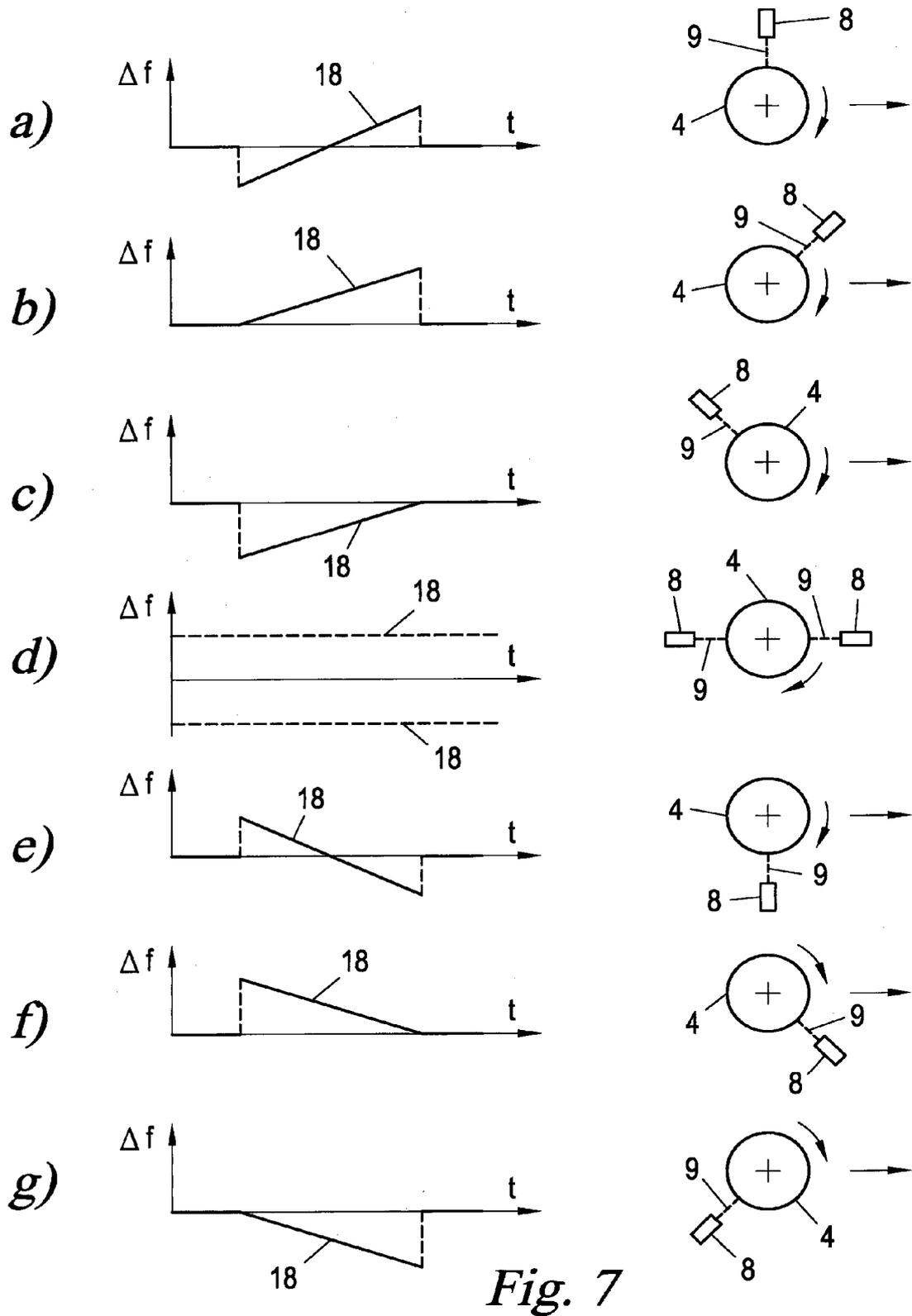


Fig. 7

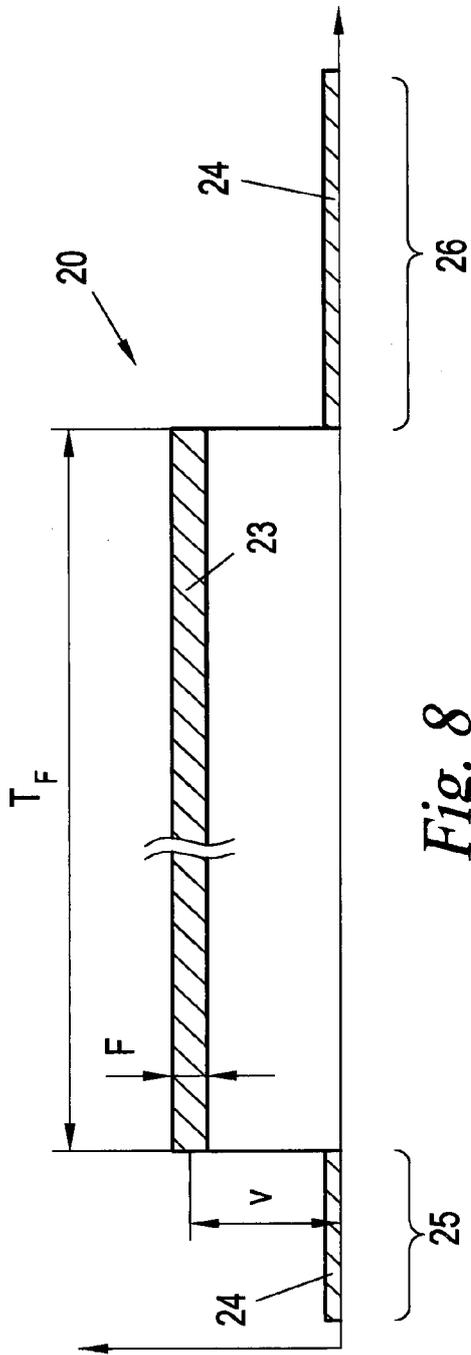


Fig. 8

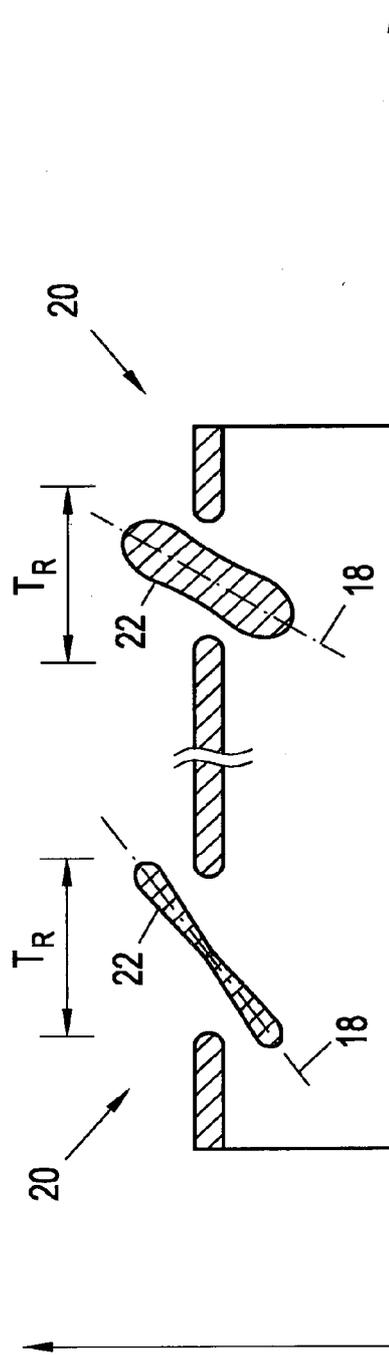


Fig. 9