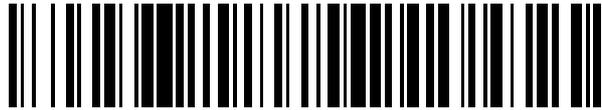


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 203**

51 Int. Cl.:

G01S 13/93 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.08.2006 E 06791643 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2013 EP 1929331**

54 Título: **Procedimiento de radar y sistema de radar para automóviles**

30 Prioridad:

29.09.2005 DE 102005048209

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

09.01.2014

73 Titular/es:

**VALEO SCHALTER UND SENSOREN GMBH
(100.0%)
LAIERNSTRASSE 12
74321 BIETIGHEIM-BISSINGEN, DE**

72 Inventor/es:

**HABERLAND, UDO y
LÜBBERT, URS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 437 203 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 de radar y sistema de radar para automóviles

La invención se refiere a un procedimiento de radar-FMCW (FMCW = onda continua de frecuencia modulada) de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. La invención se refiere, además, a un sistema de radar de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 8.

Un procedimiento de radar de este tipo y un sistema de radar de este tipo se conocen, respectivamente, a partir del documento US 5.940.011. En el procedimiento conocido se emplea una configuración de antenas múltiples, que define seis espacios de exploración a la derecha y a la izquierda del vehículo así como detrás del vehículo. Un primer espacio de exploración está definido en el lado derecho del vehículo, un segundo espacio de exploración está definido en el lado derecho y detrás del vehículo y solapa el primer espacio de exploración, un tercero y un cuarto espacios de exploración se extiende desde la parte trasera hacia ambos lados del vehículo a lo largo de los carriles adyacentes, u quinto espacio de exploración está definido en el lado izquierdo del vehículo y un sexto espacio de exploración está definido en el lado izquierdo y detrás del vehículo y solapa el segundo y quinto espacios de exploración.

Se emite una señal de alarma para el lado derecho cuando se reconoce un obstáculo en una zona derecha del detector, que no es definida por el primer espacio de exploración o por una sección del segundo espacio de exploración, que no solapa el tercero o sexto espacios de exploración. Para el lado izquierdo se forma, dado el caso, de manera similar una señal de alarma. Se emite una señal de alarma de marcha atrás cuando se reconoce un obstáculo en una zona de solape entre el segundo y el sexto espacios de exploración. El tercero y el cuarto espacios de exploración reconocen obstáculos, cuya velocidad de marcha permite al obstáculo entrar dentro de un periodo de tiempo predeterminado en la zona derecha o en la zona izquierda del detector, de manera que se emite una señal de alarma correspondiente para el lado derecho o el lado izquierdo.

De esta manera, el documento US 5.940.011 publica un reconocimiento del lugar a través de combinación lógica de eventos en varios espacios de exploración y una detección de la velocidad en el tercero o cuarto espacios de exploración.

En este caso, se determina la velocidad de un objeto detectado por el sistema de radar por medio de una estimación de parámetros 2D desde varias distancias. A tal fin, una instalación de cálculo de parámetros 2D realiza cálculos sobre una disposición de objetos 2D, que es generada por una instalación adaptable de valores umbrales. La instalación de cálculo de parámetros 2D genera una señal de estimación 2D, que presenta componentes en función de la velocidad y de la distancia de objetos posibles detectados. En este caso, solamente se analizan objetos, que son mayores que le señal del perfil de la zona umbral y solamente los recorridos de los objetos, que están más próximos a un movimiento a velocidad constante, pasan el valor umbral. Un objeto es válido cuando se extiende más allá de intervalos de umbrales suficientes y cuando su recorrido coincide con un recorrido relativamente no acelerador. Este valor de estimación se utiliza entonces para una decisión de previsión acerca de si el objeto llega dentro del segundo siguiente a la zona de detección lateral.

El documento US 5.940.011 reivindica para su algoritmo que éste presenta propiedades de supresión de la señal de interferencia superiores (superior clutter rejection properties) y rechaza objetos, que se encuentra por encima de los límites de velocidad permitidos. Para una detección de objetos traseros y laterales, para los que solamente es necesaria una información de la distancia, no se ejecuta el algoritmo de parámetros 2D (ver el documento US 5.940.011, página 7, líneas 16-38).

Se conoce un radar-FMCW a partir del documento DE 196 10 970 A1.

En términos generales, en un radar-FMCW se varía periódicamente en el tiempo la frecuencia de ondas de radar difundidas de acuerdo con un patrón predeterminado. Las ondas de radar reflejadas en un objeto han recorrido a la recepción a través del sistema de radar la distancia doble del objeto e inciden con un retardo de tiempo proporcional a ellas de nuevo en el sistema de radar.

Puesto que la frecuencia de las ondas de radar a irradiar se ha modificado durante este retardo de tiempo, las señales de emisión que se propagan en un instante determinado en el sistema de radar presentan una diferencia de frecuencia $d_f(r)$, que depende de la distancia del objeto r y del tipo de la variación de la frecuencia de emisión. En el caso de una variación lineal temporal y en el caso de objetos en reposo con relación al sistema de radar, $d_f(r)$ es directamente proporcional a la distancia del objeto. En el caso de un movimiento relativo con velocidad relativa v , aparece adicionalmente un desplazamiento Doppler dependiente de la velocidad de la frecuencia, cuyo signo depende de la dirección de la velocidad y del signo de la variación de la frecuencia de emisión.

Para la determinación de la diferencia de la frecuencia se mezcla la señal de emisión normalmente con la señal de recepción para formar una señal de frecuencia intermedia, que presenta, como consecuencia, una porción de la señal espectral con el valor de la diferencia de la frecuencia y otras porciones a frecuencias más elevadas. A través

de un filtro de paso bajo se separan las porciones de frecuencias más elevadas y la señal remanente, en la que se reproducen los desplazamientos de la frecuencia en función del tiempo de propagación y en función de la velocidad, es analizada espectralmente.

5 De acuerdo con el documento DE 196 10 970 A1 se obtiene para incrementos periódicos de la frecuencia de emisión esencialmente un valor de la frecuencia (línea espectral) durante la suma de los desplazamientos de la frecuencia en función de la distancia y en función de la velocidad, mientras que para reducciones periódicas de la frecuencia de emisión se obtiene un valor de la frecuencia en la diferencia de los desplazamientos de la frecuencia mencionados. A través de la formación del valor medio y la diferencia de estos valores de la frecuencia se pueden determinar individualmente los valores de los desplazamientos de la frecuencia en función de la distancia y en función de la velocidad. Por lo tanto, durante esta evaluación se determinan tanto las distancias como también las velocidades finalmente a partir de la frecuencia de la señal de frecuencia intermedia. Esto requiere, sin embargo, una asociación unívoca de líneas espectrales y objetos, lo que no es sin más el caso en varios objetos reflectantes a distancia similar.

15 Para determinar también en el caso de varios objetos las distancias y las velocidades de manera específica del objeto, el documento DE 196 10 970 A1 mencionado al principio propone derivar las distancias a partir de la frecuencia de la señal de la frecuencia intermedia y derivar las velocidades a partir de informaciones de fases a partir de la señal de frecuencia intermedia. De acuerdo con el documento DE 196 10 970 A1, el argumento de la señal de frecuencia intermedia, es decir, su fase, contiene especialmente un término dependiente de la distancia. Puesto que la distancia en el caso de un movimiento relativo entre el sistema de radar y el objeto se modifica en una medida insignificante entre dos periodos de la variación de la frecuencia de emisión, se modifica también el término dependiente de la distancia en la fase de la señal de la frecuencia intermedia. A partir de la medida de la modificación de la fase durante al menos dos periodos de la variación de la frecuencia de emisión debe deducirse, de acuerdo con el documento DE 196 10 970 A1, la velocidad relativa. En este caso, se obtiene la información de las fases, respectivamente, a partir de una fase de una transformada de Fourier de la señal de la frecuencia intermedia. Para obtener dos valores de fases, debe recorrerse, por lo tanto, para cada objeto dos periodos de la variación de la señal de emisión y para cada periodo debe realizarse una transformación de Fourier.

30 En automóviles se emplean sistemas de radar para la supervisión del entorno del vehículo, contemplando aplicaciones como ayuda de aparcamiento, supervisión del ángulo muerto, asistencia en caso de cambio de carril, asistencia de apertura de puerta, una anticipación de accidentes (pre-crash-sensing) para una activación de Airbag, tensión del cinturón, activación del arco anti-vuelco, modo Start-Stop o funcionamiento de marcha con supervisión de la distancia y/o regulación de la distancia (apoyo de control de crucero).

35 En determinadas situaciones del tráfico, por ejemplo en el caso de tráfico denso en una carretera de varios carriles, pueden estar presentes una pluralidad de objetos en el entorno del automóvil. En este caso, diferentes objetos pueden presentar distancias similares, pero velocidades diferentes. De acuerdo con la posición y velocidad de un objeto resultan para un conductor y/o un sistema de asistencia al conductor diferentes consecuencias para la selección del carril propio y de la velocidad de la marcha. En el caso de un cambio planeado a un carril determinado, deben estimarse posiciones y velocidades de otros vehículos en una zona angular comparativamente grande, para evitar colisiones. Para una detección de vehículos, que se aproxima a la parte trasera del vehículo o se distancian de ella, vehículos en el entorno lateral, y vehículos que se aproximan o se alejan en la dirección de la marcha, la zona angular posee un orden de magnitud de 180°. Una detección exacta de todas las posiciones y velocidades requiere entonces un cierto tiempo. Debido a las velocidades, en general, diferentes de objetos vecinos, se puede modificar también de una manera relativamente rápida la situación general en el entorno del automóvil. Por lo tanto, se requieren para sistemas de radar de automóviles velocidades de actualización (up date Rate).

45 Los requerimientos de una velocidad alta de actualización de la información en conexión con una pluralidad posible de objetos en una zona angular grande están en oposición a requerimientos de la mejor resolución posible de las velocidades de los objetos individuales.

50 Ante estos antecedentes, el cometido de la invención consiste en indicar un procedimiento de radar de un sistema de radar para automóviles, que proporciona a un sistema de asistencia al conductor o a un conductor las informaciones esenciales para la prevención de colisiones acerca de objetos que se encuentran en el entorno del vehículo con una velocidad de actualización alta y con una buena resolución de las distancias y de las velocidades de objetos individuales.

Este cometido se soluciona en sus aspectos del procedimiento a través de las características de la reivindicación 1 y en sus aspectos del dispositivo a través de las características de la reivindicación 8.

55 Las velocidades, que se pueden determinar, en principio, por un sistema de radar móvil con un primer automóvil, son siempre velocidades relativas. Indican la rapidez con la que se modifica una distancia radial entre el primer automóvil y otros automóviles u objetos. Diferentes vehículos sobre carriles diferentes se pueden mover a lo largo de esta dirección con velocidades muy diferentes. En paralelo o antiparalelo a la dirección de la marcha del primer automóvil

pueden aparecer velocidades relativas radiales muy diferentes, mientras que la velocidad relativa (radial) para otro vehículo, que se encuentra junto al primer vehículo, en general, es aproximadamente igual a cero. El último caso representa, por lo tanto, un ejemplo de una sección parcial, en la que la información de la distancia, o bien la información de sí, en general, un objeto se encuentra junto al primer vehículo, es suficiente.

- 5 Puesto que la invención distingue entre las primeras secciones parciales y las segundas secciones parciales, se reduce el número de las informaciones que deben procesarse en un intervalo de tiempo, lo que facilita el procesamiento de la señal. Así, por ejemplo, objetos que se encuentran a las mismas distancias, pero en posiciones angulares diferentes, se pueden reconocer más fácilmente que objetos diferentes.

- 10 La exploración secuencial de diferentes secciones parciales tiene, sin embargo, el inconveniente de que informaciones de una sección parcial determinada solamente son actualizadas después de una exploración de las otras secciones parciales. En principio, esto puede conducir a una reducción no deseada de la velocidad de actualización (up date Rete). Con vistas a la velocidad de actualización es un inconveniente, además, que la determinación de velocidades en el procedimiento de radar-FMCW mencionado al principio es más costosa de tiempo que la determinación de distancias. Por lo tanto, en la suma, la detección completa de las velocidades de todos los objetos en conexión con la división del entorno del vehículo en secciones parciales que deben detectarse secuencialmente puede conducir a velocidades de actualización, que no son ya suficientes para aplicaciones en automóviles.

- 20 La invención evita esto porque la determinación costosa de tiempo de velocidades solamente tiene lugar en las primeras secciones parciales. Puesto que la velocidad solamente es detectada en la al menos una primera sección parcial, se puede optimizar de forma diferente el procedimiento de radar en las primeras y segundas secciones parciales. Tales optimizaciones diferentes son objeto de reivindicaciones dependientes.

En este caso, se prefiere que la frecuencia de las ondas de radar irradiadas sea modulada periódicamente, se calculen las posiciones de las fases para un primer número de periodos, y se calcule el desplazamiento de la frecuencia para un segundo número de periodos de la modulación.

- 25 El número de los periodos representa un parámetro de optimización, que influye en la longitud de los intervalos de tiempo. La longitud de los intervalos de tiempo se incrementa con el número de los periodos. El cálculo de velocidades sobre la base del primer número de periodos y de las distancias sobre la base del segundo número de periodos, conduce, en el supuesto de que el primer número y el segundo número sean diferentes, a diferencias en las longitudes de primeros periodos y segundos periodos.

- 30 Para una medición de la velocidad de alta resolución y exacta es necesario, en principio, un número más elevado de periodos que para una medición de la distancia. Por lo tanto, también se prefiere que el primer número sea mayor que el segundo número.

Además, se prefiere que el primer número sea mayor o igual a 16 o el segundo número sea igual a 1.

- 35 Se ha mostrado que estos números permiten un buen compromiso entre los requerimientos opuestos de una velocidad de actualización alta y una resolución lo más alta posible de distancias y velocidades.

Otra configuración preferida se caracteriza porque el primer número es igual a 32.

- 40 En principio, la resolución de las velocidades de diferentes objetos e mejora a medida que se incrementan los valores del primer número. Por otra parte, se reduce entonces de nuevo la velocidad de actualización. Por lo tanto, el número 32 debe entenderse como compromiso, que proporciona una resolución todavía mejorada con velocidades de actualización tolerables.

Se prefiere también que las distancias sean determinadas con la ayuda de una primera transformación de Fourier, que se aplica sobre un producto de mezcla filtrado por paso bajo de una señal de emisión y de una señal de recepción, y que las velocidades sean determinadas con la ayuda de una segunda transformación de Fourier, que se aplica sobre posiciones de fases de resultados de varias primeras transformaciones de Fourier.

- 45 En este caso, por una posición de las fases se entiende cualquier valor, a partir del cual se puede determinar la fase de la señal de radar reflejada en el receptor. Los resultados de la transformación de Fourier son, en general, números complejos, que se pueden caracterizar, como se conoce, en una representación de agujas a través de importe y fase. A este respecto en esta solicitud por una posición de las fases se entiende, respectivamente, según la relación el número complejo o su argumento angular.

- 50 La primera transformación de Fourier suministra los desplazamientos de la frecuencia, que se utiliza, por lo demás, como medida para las distancias de los objetos. El significado de la segunda transformación de Fourier se descubre, por ejemplo, representando las posiciones de las fases en un diagrama de agujas como representaciones de agujas. En el caso de una pluralidad de objetos resulta una pluralidad correspondiente de agujas. La segunda

transformación de Fourier suministra en esta imagen todas las velocidades buscadas como resultado de una transformación de Fourier en forma de las frecuencias de giro de todas las agujas. Las frecuencias de giro de las agujas reproducen modificaciones individuales de las fases y, por lo tanto, de los lugares o distancias de los objetos.

5 Otra configuración prevé que objetos diferentes se diferencien unos de los otros a través de sus distancias y/o velocidades.

A través de la determinación de las velocidades, en general, diferentes y su asociación a determinados objetos se pueden distinguir también objetos unos de los otros, que no están resueltos todavía a través de la pura determinación de la distancia.

10 En ensayos prácticos se ha mostrado que una duración periódica de la modulación de ondas de radar irradiadas, que es menos que medio ms, proporciona un buen compromiso entre los requerimientos de una velocidad de actualización alta y una resolución alta de velocidades.

Se prefiere también que las secciones parciales individuales cubra una zona de detección coherente del sistema de radar y que un número de las primeras secciones parciales sea menor que un número de las segundas secciones parciales.

15 A través de la relación se evitan ángulos muertos en la zona de detección. Cuanto menor es el número de las primeras secciones parciales, tanto mayor es la velocidad de actualización. Por lo tanto, esta configuración optimiza la velocidad de actualización.

Con vistas a configuraciones del sistema de radar, se prefiere que se realice una de estas configuraciones preferidas del procedimiento.

20 Otras ventajas se deducen a partir de la descripción y de las figuras adjuntas.

Se entiende que las características mencionadas anteriormente y las características que se explican todavía a continuación no sólo se pueden aplicar en la combinación indicada en cada caso, sino también en otras combinaciones o en posición exclusiva, sin abandonar el marco de la presente invención.

Dibujos

25 Los ejemplos de realización de la invención se representan en los dibujos y se explican en detalle en la descripción siguiente. Se muestra lo siguiente en cada caso en forma esquemática:

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema de radar de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra una curva temporal de una señal de emisión durante la realización de un procedimiento de acuerdo con la invención.

30 La figura 3 muestra un espectro de amplitudes y un espectro de fases de una primera transformada de Fourier de una señal de recepción; y

La figura 4 muestra partes reales de resultados de otras primeras transformaciones de Fourier como han sido registradas y evaluadas e un ejemplo de realización de acuerdo con la invención.

35 En particular, la figura 1 muestra un sistema de radar 10 de un automóvil, que trabaja según el principio-FMCW. Un generador de señales 12 genera señales de emisión con frecuencia modulada periódicamente. Estas señales de emisión son difundidas a través de una disposición de antenas de emisión 14 en forma de ondas de radar. Las ondas de radar reflejadas por un objeto 16, que son retornadas al sistema de radar 10, son convertidas por una disposición de antenas de recepción 18 en señales de recepción eléctricas. Una mezcladora 20 mezcla estas señales de recepción con señales de emisión, que son guiadas también hacia la antena de emisión 14. Como se ha explicado al principio, el producto mixto contiene una porción de señal de una frecuencia diferencial y de una posición de fases, a partir de las cuales se pueden determinar, en principio, la distancia y la velocidad del objeto. Esta frecuencia diferencial corresponde al desplazamiento de la frecuencia entre la señal de emisión y la señal de recepción y es correspondientemente menor que la frecuencia de la señal de emisión.

45 En un paso bajo 22 se separan las porciones de la señal, que poseen una frecuencia más alta que la frecuencia diferencial, antes de que la señal remanente sea discretizada por medio de un convertidor analógico-digital 24 y sea procesada posteriormente en la forma discretizada en un procesamiento de señales digitales 26. Un aparato de representación 28 muestra al conductor los resultados del procesamiento posterior. Un control 30 sincroniza las actividades del procesamiento de señales digitales 26, del generador de señales 12 y de un circuito de antenas 32, que sirve para el control de la disposición de antenas de emisión 14, y/o de un circuito de antenas 34, que sirve para el control de la disposición de antenas de recepción 18.

En una configuración, se controla la disposición de antenas de emisión 14 de tal manera que ilumina secciones parciales A, B, C, D, E, F, G diferentes sucesivas de un entorno 36 del automóvil. En general, a tal fin se brinda electrónicamente una maza de emisión a la disposición de antenas de emisión 14 de acuerdo con el principio de antena de elementos múltiples sincronizados. La disposición de antenas de recepción 18 puede presentar en este caso una curva característica de recepción ancha, con la que se cubre todo el entorno 36. Otras configuraciones se pueden realizar de manera alternativa o complementaria de zonas angulares de recepción estrechas en combinación con mazas de emisión anchas. En cualquier caso, el control de la disposición de antenas de emisión 14 y/o de la disposición de antenas de recepción 18 se realiza de tal manera que los objetos, 16, 37, que se encuentra en diferentes zonas parciales B, G del entorno 36, son detectados de forma separada unos de los otros en el tiempo. Una zona, a partir de la cual se reciben y procesan señales de radar en un instante determinado, se designa a continuación también como zona activa.

Las disposiciones de antena 14 y 18 están dispuestas en una configuración lateralmente a la izquierda en la parte trasera del automóvil, que se mueve en una dirección de la marcha designada con la flecha 38. El entorno 36, que es explorado periódicamente por secciones a través del sistema de radar, se extiende entonces, por ejemplo, sobre un ángulo en el orden de magnitud de 180° , que se forma, por ejemplo, por la dirección de la marcha 38 y por su dirección contraria. En la configuración de la figura 1, el entorno 36 está dividido de forma equidistante en siete secciones parciales A, B, C, D, E, F, G. No obstante, se entiende que la división no tiene que ser equidistante y puede presentar también más o menos secciones parciales. En cualquier caso, es esencial que el procedimiento de radar, con el que se acciona el sistema de radar 10, se realice en primeros intervalos de tiempo para objetos en al menos una primera sección parcial de un entorno del automóvil, y en segundos intervalo de tiempo se determinen distancias, pero no velocidades para objetos en al menos una segunda sección parcial del entorno.

En la configuración de la figura 1, las secciones parciales A y B son en este sentido primeras secciones parciales, mientras que las secciones parciales restantes C, D, E, F y G son segundas secciones parciales. En el caso de la sección parcial D, la velocidad radial de otros automóviles es, en general, insignificante. No obstante, en el caso de un cambio de carril planeado, hay que establecer si se encuentra allí, en general, un objeto. Esto se aplica esencialmente también para las secciones parciales C y E. Las secciones parciales F y G se encuentran en el campo de visión del conductor, de manera que allí se puede prescindir de la misma manera de una determinación de la velocidad a través del sistema de radar 10.

Por otra parte, en determinadas circunstancias, por ejemplo en el caso de un campo previsto de carril, es importante conocer la velocidad y la distancia de otro vehículo, que se aproxima desde atrás fuera del campo de visión del conductor y que es detectado por el sistema de radar 10 en la sección parcial A o B. Por lo tanto, se realiza aquí la determinación más costosa de la velocidad, mientras se determinan las distancias para todos los objetos en las primeras secciones parciales A, B y en las segundas secciones parciales C, D, E, F y G. No obstante, se entiende que esta asociación de las secciones parciales A a G a primeras y segundas secciones parciales no es forzosa y la división se puede realizar también de otra manera.

La figura 2 ilustra las diferencias en el control de la disposición de antenas 14 y/o 18 en combinación con la modulación de la frecuencia de la señal de emisión, que se realiza en este caso, durante un ciclo de la exploración secuencial del entorno 36. La frecuencia f de la señal de emisión se incrementa en esta configuración periódicamente en cada caso en forma de rampa a un valor límite superior f_o y a continuación retorna de forma escalonada a un valor límite inferior f_u . Una rampa de frecuencia 40 individual se designa también como chirp.

Paralelamente a la curva 42 resultante de la frecuencia de la señal de emisión se realiza el control de las disposiciones de antenas 14 y/o 18, de manera que durante un primer intervalo de tiempo T_A , que se extiende sobre un primer número n_1 de periodos de la modulación de la frecuencia (n_1 chirps), se calculan distancias y velocidades de objetos en la primera sección parcial A. De manera correspondiente, a continuación, durante el primer intervalo de tiempo T_B , se calculan distancias y velocidades de objetos en la primera sección parcial B.

En cambio, el control de las disposiciones de antenas 14 y/o 18 para los segundos intervalos de tiempo T_C , T_D , T_E , T_f y T_G se realiza de tal manera que después de un segundo número n_2 de periodos en la curva 40 se conmuta al otro segmento en el entorno 36 y se determinan en cada caso solamente distancias, pero no velocidades de objetos en estos segmentos. El segundo número n_2 es menor que el primer número n_1 y posee con preferencia y, por lo tanto, también en la representación de la figura 2, el valor 1. El valor del primer número n_1 es, en cambio, con preferencia mayor que 16 y posee, por ejemplo, el valor 32. A diferencia de la representación de la figura 2, la conmutación se puede realizar también en otra secuencia de las secciones parciales A, B, C, ...

Las distancias se pueden determinar al menos aproximadamente ya a partir de un chirp 40. En principio, el desplazamiento de la frecuencia a evaluar entre la señal de emisión y la señal de recepción depende de la distancia y de la velocidad de los objetos. Cuanto menor es la anchura de banda de la modulación y cuanto más lenta se desarrolla la modulación, tanto menor aparece la frecuencia de la distancia. En el caso extremo de una modulación muy reducida, es decir, cuando se emite continuamente sólo con una frecuencia, la frecuencia de la señal de recepción corresponde a la frecuencia de emisión, salvo una desviación, que es provocada por el efecto Doppler

dependiente de la velocidad. En cambio, si la modulación de la frecuencia se realiza rápidamente sobre una anchura de banda grande, domina el influjo de la distancia sobre el desplazamiento de la frecuencia.

5 En una configuración, cada chirp 40 está constituido por una rampa de frecuencia de 24,05 GHz a 24,35 GHz, que es recorrida en 256 microsegundos. De esta manera, los chirps son cortos y empinados, de manera que se puede partir de una dependencia de la distancia dominante. Cuando ondas de radar reflejadas entran desde varios objetos desde diferentes distancias en la disposición de antenas de recepción, la señal de recepción presenta de manera correspondiente varias porciones de frecuencia diferencial.

10 La evaluación de la señal de recepción se realiza en el procesamiento de señales digitales 26 de la figura 1 a través de procesamiento de secuencias de señales de salida s de valores discretos del convertidor-AD 24. Para cada chirp 40 de la señal de emisión resulta una secuencia de señales de salida asociadas. Para cada objeto detectado, la secuencia de señales de salida contiene una porción de la señal, que es generada a través de reflexiones de este objeto. Esta porción de la señal posee una frecuencia (variable en función del tiempo) y una posición de las fases en función de la distancias. Esta última resulta a partir de que la distancia no es, en general, ningún múltiplo de número entero de una longitud de ondas de las ondas de radar.

15 El procesamiento de señales digitales 26 forma una primera transformada de Fourier S de esta secuencia de señales de salida s de valores de exploración reales. Esta transformada de Fourier S, en general, compleja posee, como se conoce, un espectro de valores o espectro de amplitudes y un espectro de fases.

La figura 3a muestra un ejemplo de un espectro de amplitudes 44, y la figura 3b muestra un ejemplo de un espectro de fases 46 correspondiente de una primera transformada de Fourier S de una señal de recepción.

20 El espectro de valores 44 indica con que peso relativo A está representada una frecuencia determinada en la señal de recepción. En una representación de agujas del valor del resultado complejo de la primera transformación de Fourier, la longitud de una aguja corresponde a un peso relativo A. Los pesos A están registrados, por lo tanto, sobre la frecuencia f. Si se considera como ejemplo una situación con dos objetos reflectantes a diferentes distancias, entonces resultan picos 48, 50 en dos frecuencias f_{48} , f_{50} . Las señales del objeto en la distancia menor son comparativamente más débiles en la disposición de antenas de recepción 18, lo que se reproduce en la amplitud más reducida de sus picos 48 en el espectro de valores 44.

25 En el espectro de fases 46 se reproducen las posiciones de las fases φ_{48} , φ_{50} de las porciones de las señales, es decir, las posiciones angulares de las agujas complejas correspondientes, de la misma mane en un registro sobre la frecuencia f. En este caso, las posiciones de las fases φ_{48} , φ_{50} están asociadas, respectivamente, a la frecuencia f_{48} , f_{50} de su porción de la señal.

30 A partir del espectro de las amplitudes de la primera transformada de Fourier S de un chirp se determinan las distancias de todos los objetos detectados en la sección parcial activa. Esto se aplica tanto para las primeras secciones parciales como también para las segundas secciones parciales. La distancia resulta como producto del desplazamiento de la frecuencia con la velocidad de la luz y la duración de los periodos de la modulación dividida por la anchura de banda de la modulación y por un factor 2.

35 En cambio, las velocidades son determinadas sólo en las primeras secciones parciales. Para determinan las velocidades de los objetos, se recorren para una primera sección parcial n_1 chirps sucesivos con índice i, $i = 1, 2, \dots, n_1$ y para cada chirp se determina y se memoriza una transformada de Fourier Si de la secuencia de señales de salida reales 'si' y su espectro de fases. En este caso, por el espectro de fases se entiende cualquier espectro de valores, que contienen una información de las fases. El espectro de fases puede ser, por lo tanto, especialmente también el espectro de los resultados complejos de la primera transformación de Fourier. Adicionalmente, se determinan las distancias de objetos reflectantes a partir de al menos un espectro de amplitudes, que es evaluado para esta finalidad.

40 Cuando el sistema de radar 10 y el objeto se mueven relativamente entre sí, se modifica la fase de la porción de la señal de recepción correspondiente de un chirp a otro. Estas modificaciones de las fases se reproducen en la fase de las transformadas de Fourier y, por lo tanto, en su espectro de fases. Para cada chirp resulta otro espectro de fases.

45 La figura 4 muestra de forma esquemática partes reales Re posibles de resultado de primeras transformaciones de Fourier de señales, que han sido reflejadas por dos objetos en ocho chirps. En este caso, los tiempos reales han sido registrados, respectivamente, sobre la frecuencia f y el tiempo, o bien los números P_1 a P_8 de un chirp. Las porciones reales registradas a una frecuencia f_{48} , f_{50} pertenecen en cada caso a un objeto. En el caso de una representación de agujas de números complejos correspondientes, cada parte real representa una proyección de la aguja compleja sobre el eje real. Las oscilaciones armónicas resultan a una velocidad angular constante de la aguja compleja. Esta velocidad angular es una medida para la velocidad relativa del objeto en el intervalo de tiempo y se puede considerar al menos aproximadamente como constante en un sistema de radar de automóvil. Una duración de los periodos de la modificación periódica de las partes reales corresponde especialmente al tiempo, en el que la

distancia entre el sistema de radar 10 y el objeto se ha modificado en media longitud de onda de la radiación del radar. Como se deduce a partir de la figura 4, la duración de los periodos del objeto, cuya distancia se caracteriza por la frecuencia f_{48} , es mayor que la duración de los periodos a la frecuencia f_{50} . La duración mayor de los periodos resulta como consecuencia de una velocidad menor en el intervalo de tiempo.

- 5 En el caso de una frecuencia de radar de aproximadamente 24 GHz, la longitud de onda es aproximadamente 1,25 cm. En el caso de una velocidad relativa de por ejemplo 90 km/h, la distancia se modifica aproximadamente cada 25 microsegundos en media longitud de onda, de manera que resulta una frecuencia de la modificación de las fases de aproximadamente 40 KHz.

- 10 Este frecuencia de modificación de las fases resulta como resultado (más exactamente: como espectro de amplitudes o espectro de valores) de una segunda transformación de Fourier, que se aplica sobre los valores discretos de las fases o los valores de los resultados complejos correspondientes de las primeras transformaciones de Fourier para un objeto correspondiente. La segunda transformación de Fourier se calcula de la misma manera a través del procesamiento de señales digitales 28 de acuerdo con los métodos conocidos de la transformación rápida de Fourier (FFT). De manera similar resulta la frecuencia de modificación de las fases correspondiente para cada uno de los otros objetos como resultado de otra segunda transformación de Fourier. De manera alternativa a un cálculo separado de una pluralidad de segundas transformaciones de Fourier, las frecuencias de modificación de las fases buscadas se pueden calcular también a través de una transformación de Fourier bidimensional.

20

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de radar-FMCW, en el que un sistema de radar (10) de un automóvil irradia y recibe ondas de radar y en el que se determina una distancia de un objeto (16) con respecto al automóvil a partir de un desplazamiento de la frecuencia entre onda de radar emitidas y recibidas y en el que se determina una velocidad de un objeto, en el que el procedimiento se realiza en primeros intervalos de tiempo (T_A , T_B) para objetos en al menos una primera sección parcial (A, B) de una zona de detección del sistema de radar (10), y en segundos intervalos de tiempo (T_C , T_D , T_E , T_F , T_G) se determinan distancias, pero no velocidades para objetos en al menos una segunda zona parcial (C, D, E, F, G) de la zona de detección, en el que se modula periódicamente una frecuencia de las ondas de radar irradiadas y en el que se exploran secuencialmente las zonas parciales, caracterizado por que la velocidad de un objeto se determina a partir de posiciones de fases de ondas de radar recibidas, se calculan las posiciones de fases para un primer número (n_1) de periodos y se calcula el desplazamiento de la frecuencia para un segundo número (n_2) de periodos de la modulación, en el que el segundo número (n_2) es menor que el primer número (n_1).
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el segundo número (n_2) es igual a 1 y el primer número (n_1) es mayor o igual a 16.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que el primer número (n_1) es igual a 32.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que las distancias se determinan con la ayuda de una primera transformación de Fourier, que se aplica sobre un producto de mezcla filtrado por paso bajo de una señal de emisión y de una señal de recepción, y por que las velocidades se determinan con la ayuda de al menos una segunda transformación de Fourier, que se aplica sobre posiciones de fases de eventos de la primera transformación de Fourier.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que se distinguen objetos diferentes unos de los otros a través de sus distancias y/o velocidades.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que una duración periódica de la modulación de ondas de radar irradiadas es menor que medio ms.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que las secciones parciales individuales cubren una zona de detección coherente del sistema de radar y por que un número de las primeras secciones parciales es menor que un número de las segundas secciones parciales.
- 8.- Sistema de radar (10) de un automóvil, que irradia y recibe ondas de radar y que determina una distancia de un objeto con respecto al automóvil a partir de un desplazamiento de la frecuencia entre ondas de radar emitidas y recibidas y que determina una velocidad de un objeto, en el que el sistema de radar (10) determinan las distancias y velocidades en primeros intervalos de tiempo (T_A , T_B) para objetos en al menos una primera sección parcial (A, B) de una zona de detección del sistema de radar (10), y en segundos intervalos de tiempo (T_C , T_D , T_E , T_F , T_G) determina distancias, pero no velocidades para objetos en al menos una segunda sección parcial (C, D, E, F, G) de la zona de detección del sistema de radar (10), en el que el sistema de radar (10) modula periódicamente una frecuencia de las ondas de radar irradiadas y explora secuencialmente las secciones parciales, caracterizado por que el sistema de radar (10) está instalado para determinar la velocidad de un objeto a partir de posiciones de fases de ondas de radar recibidas, calcular las posiciones de fases para un primer número (n_1) de periodos, y para calcular el desplazamiento de la frecuencia para un segundo número (n_2) de periodos de la modulación, en el que el segundo número (n_2) es menor que el primer número (n_1).
- 9.- Sistema de radar (10) de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que realiza al menos uno de los procedimientos de acuerdo con las reivindicaciones 2 a 7.

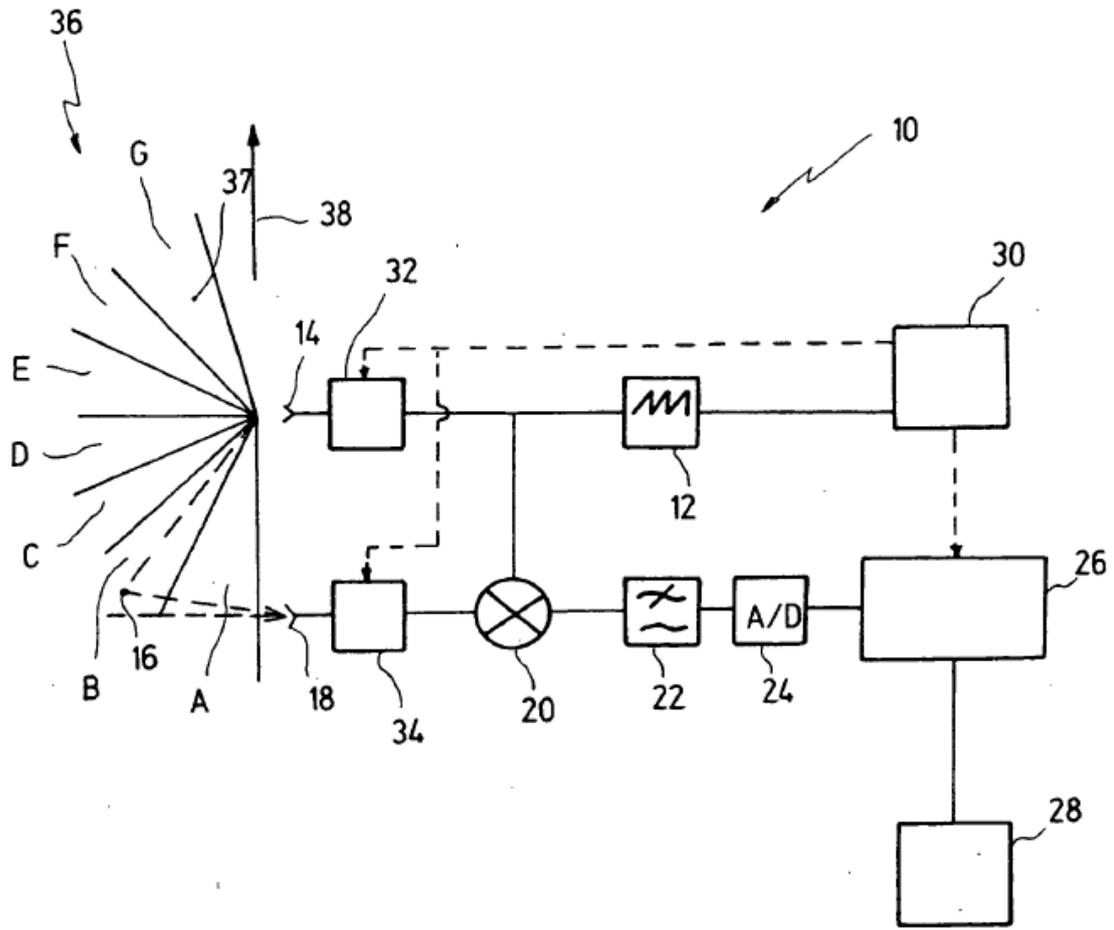


Fig.1

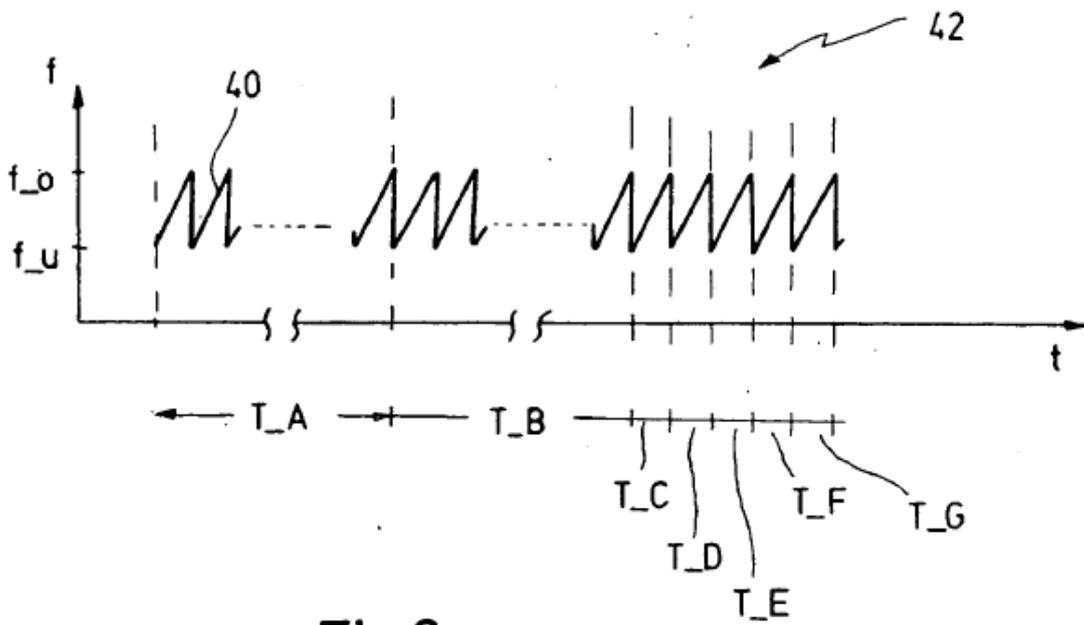


Fig. 2

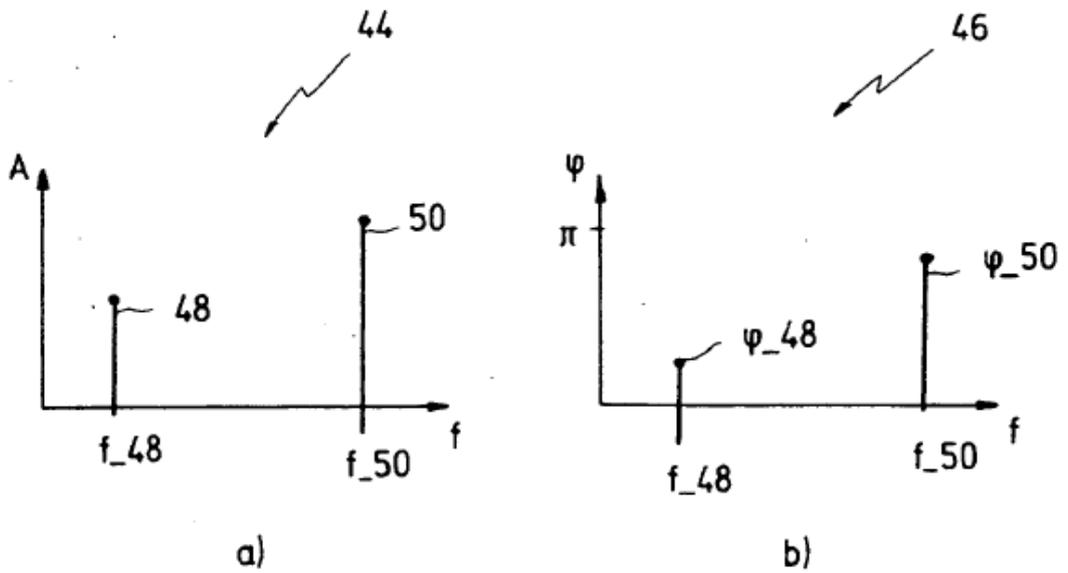


Fig. 3

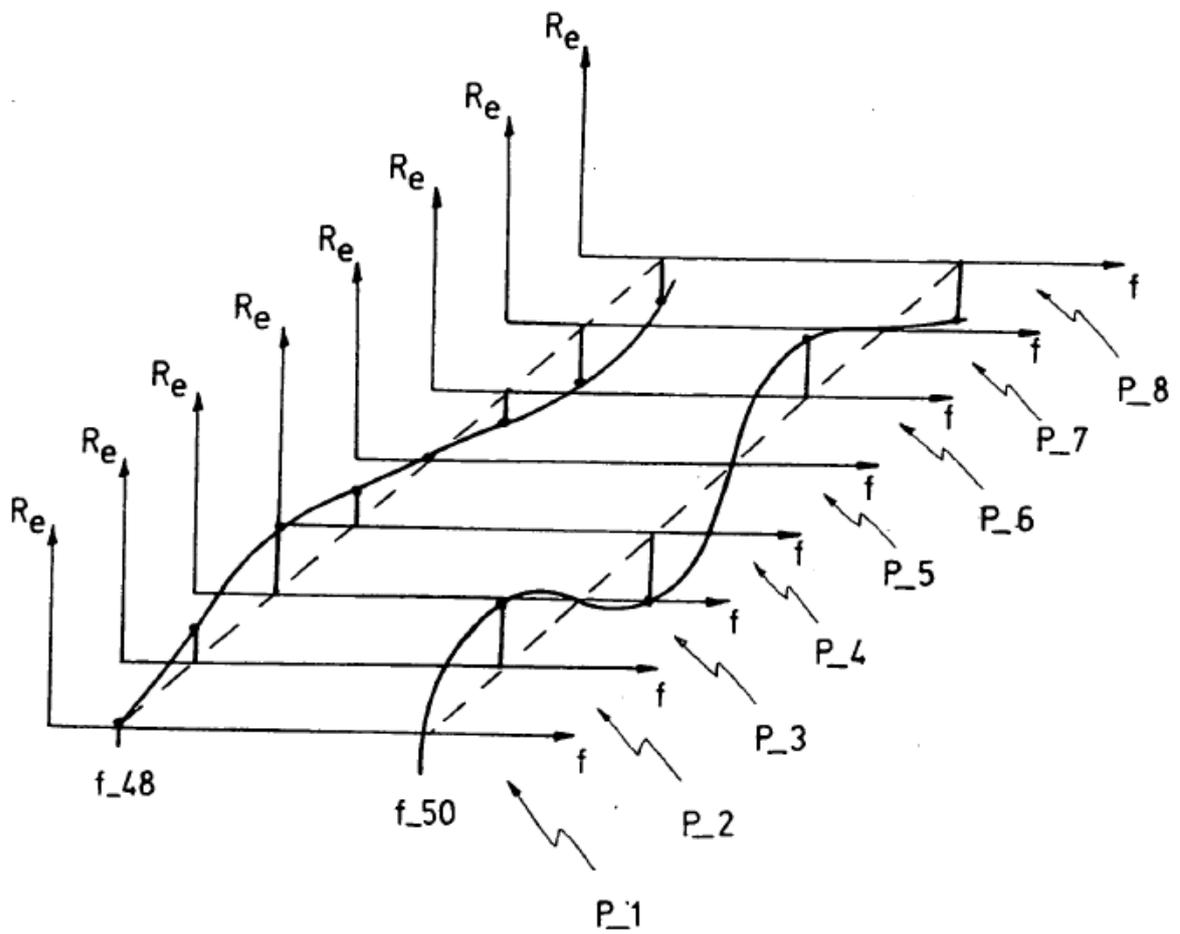


Fig.4