

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5628824号  
(P5628824)

(45) 発行日 平成26年11月19日(2014.11.19)

(24) 登録日 平成26年10月10日(2014.10.10)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 S 13/34 (2006.01)	GO 1 S 13/34
GO 1 S 13/93 (2006.01)	GO 1 S 13/93 Z
GO 1 S 7/03 (2006.01)	GO 1 S 7/03 D

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2011-539979 (P2011-539979)	(73) 特許権者	501125231
(86) (22) 出願日	平成21年10月20日 (2009.10.20)		ローベルト ボッシュ ゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2012-512387 (P2012-512387A)		ミット ベシュレンクテル ハフツング
(43) 公表日	平成24年5月31日 (2012.5.31)		ドイツ連邦共和国 70442 シュトゥ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2009/063730		ットガルト ポストファッハ 30 02
(87) 国際公開番号	W02010/072437		20
(87) 国際公開日	平成22年7月1日 (2010.7.1)	(74) 代理人	100095957
審査請求日	平成23年6月14日 (2011.6.14)		弁理士 亀谷 美明
(31) 優先権主張番号	102008054624.0	(74) 代理人	100096389
(32) 優先日	平成20年12月15日 (2008.12.15)		弁理士 金本 哲男
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100101557
			弁理士 萩原 康司
		(74) 代理人	100128587
			弁理士 松本 一騎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両のためのFMCWレーダセンサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つのアンテナ素子(14)と、周波数変調された送信信号を前記アンテナ素子(14)に供給するための変調素子(22、24、30)と、を備え、前記送信信号の周波数(f)は、周期的に周波数帯域(42)の間で変化する、車両のためのFMCWレーダセンサにおいて、

前記アンテナ素子(14)は、縦方向の間隙内に配置され前記送信信号が順次供給される複数の下位素子(32)を有し、前記変調素子(30、22、24)は、前記周波数帯域(42)の周波数位置を可变的に調整するように構成され、前記周波数帯域(42)は幅及び変調カーブの形態は変更されずに周波数軸上でずらされ、

前記複数の下位素子の間隔は、基準周波数 $f_0$ を有する基準送信信号の波長 $\lambda_0$ を、前記複数の下位素子が設けられる基板物質の電気定数 $\epsilon_r$ の平方根で割ったものに相当することを特徴とする、車両のためのFMCWレーダセンサ。

【請求項 2】

前記アンテナ素子(14)は、モノスタティックな素子であることを特徴とする、請求項1に記載のレーダセンサ。

【請求項 3】

横方向に互いにずれて配置された複数のアンテナ素子(14)を有することを特徴とする、請求項1又は2に記載のレーダセンサ。

【請求項 4】

前記アンテナ素子(14)はボード(16)上に配置され、前記ボード(16)は、マイクロ波レンズ(18)に対して間隔をおいて配置されていることを特徴とする、請求項1~3のいずれか1項に記載のレーダセンサ。

【請求項5】

請求項1~4のいずれか1項に記載のレーダセンサと、周波数帯域(42)の周波数位置の変更を促し、受信信号が前記周波数位置の変更に影響を受けずにいることから前記レーダセンサ(10)が盲目であるかを検知するよう構成された機能モジュール(54)と、を特徴とする、車両のための運転者支援システム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、少なくとも1つのアンテナ素子と、周波数変調された送信信号を上記アンテナ素子に供給するための変調素子と、を備え、上記送信信号の周波数は、周期的に周波数帯域を超える、車両のためのFM CWセンサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来のFM CWレーダセンサ(Frequency Modulated Continuous Wave)において、周波数は、一定の周波数帯域内でランプ形状に変調され、例えば、立ち上がり周波数ランプと立下り周波数ランプにより交互に変調される。

20

【0003】

受信されたレーダエコーは送信信号の一部と混合され、中間周波数信号が獲得されるが、中間周波数信号の周波数は送信信号と受信信号との周波数差に相当する。中間周波数信号のスペクトルにおいて、測定物体は、ピークの形態において現れ、上記ピークの最大周波数は、信号往復時間と、物体との間隔と、ドップラー効果のため、物体の相対速度と、に依存する。2つのピークであって、同一物体に由来し、立ち上がり周波数ランプにおいて一方が、また立下り周波数ランプにおいて他方が獲得される上記2つのピークの最大周波数を比較することにより、物体との間隔、及び物体の相対速度が決定される。

【0004】

アンテナ素子が送信及び受信のために利用される、モノスタティック・アンテナの構想が一般的に利用されている。

30

【0005】

ほとんどの場合、複数のアンテナ素子が、横方向に互いに隣接しながら共通のマイクロ波レンズの前に配置されている。レンズによって、各アンテナ素子のレーダ光線は集束され、該当するアンテナ素子の位置に対応した特定の主光線方向へと放出される。このようにして、横方向において、また方位圏内においてより大きな角度領域をカバーし、様々なアンテナ素子により受信されるレーダエコーの振幅及び位相の比較により、物体の方位角を決定することを可能とするマルチビームレーダが獲得される。

【0006】

基本的に、光線形成のため、及び光線方向の決定のために、マイクロ波レンズの代わりに、又はマイクロ波レンズと組み合わせて、様々な位相で駆動される複数の個別アンテナを有する集合アンテナも追加しうるため、干渉効果によって所望の指向性が得られる。

40

【0007】

例えば独国特許出願公開19638149号明細書には、方位圏のみならず、高度(縦方向)においても光線方向がそれにより影響を受ける集合アンテナが記載されている。この公報ではさらに、縦方向に配置され順次供給される複数の下位素子を備えたアンテナ素子を利用し、それにより、高度において、送信信号の周波数に従って変化する指向性が獲得されることも開示されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

## 【 0 0 0 8 】

本発明の課題は、車両の前の領域に存在する物体、特に先行車両のより確かな測定を可能とする、車両のための F M C W レーダセンサを創出することである。

## 【 0 0 0 9 】

本課題は、冒頭で述べた形態のレーダセンサにおいて、本発明に基づいて、アンテナ素子が、縦方向の間隙内に配置され順次供給される複数の下位素子を有し、変調素子が、周波数帯域の周波数位置を可变的に調整するように構成されることによって解決される。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、比較的な小さな変形により従来の F M C W レーダセンサとは異なる、簡単に構成されたレーダセンサによって、ただ周波数帯域の周波数位置を変更することで、高度において必要に応じて一定の制限内で、指向性を、モノスタティック・アンテナの構想の場合には受信特性をも変更することを可能とする。従って、周波数位置の変更は、そのために変調素子が利用出来るため特に容易である。変調素子はいずれにせよ、周波数帯域内の送信周波数の変調のために必要である。

10

## 【 0 0 1 1 】

順次供給される複数の下位素子から成るアンテナ素子の構成によって、各周波数帯域内の周波数変調も、縦方向における指向性の或る程度の変化をもたらす。しかしながら、この変調は周期的に比較的短い周期時間で行なわれるので、縦方向におけるレーダ光線の「揺れ」をもたらすが、この「揺れ」は、レーダセンサ全体としての機能を損なわず、それどころか、縦方向の測定領域のある程度の拡大をもたらすので有利である。物体の確実な測定のために必要とされる複数の連続する測定周期の間に、周波数帯域の周波数位置は実際には一定のままなので、受信信号の評価は困難とならない。

20

## 【 0 0 1 2 】

車両でのレーダセンサの実際の使用において、高度において指向性を変更するという可能性は、注目すべき大きな効果を提供する。例えば、高度におけるレーダセンサのずれが、周波数帯域の調整により簡単に修正され、レーダセンサの組み立てを変更する必要もない。

## 【 0 0 1 3 】

起伏のある地形、例えば山頂の手前を走行する際に、又は窪地へと走行する際に、レーダ光線は高度において更新可能なので、弱い及び / 又は遥かに離れた物体も、測定領域から簡単に見失われることはない。各地形の検出のために、例えば、(場合によっては、将来における車両の傾きの変更の外挿により) 車両に組み込まれた傾斜センサの信号、又は、ナビゲーションシステムのデジタルカードのデータを用いることが可能である。

30

## 【 0 0 1 4 】

さらに、平坦な高速道路を走行する際にも、高度の変更により、物体の測定、及び物体の特性評価が改善される。例えば、適切なアルゴリズムによって、特に強いレーダエコーが得られるように、高度がその都度最適化される。場合によっては、測定物体を追従する間に高度を変えることによって、高層の構造物と低層の構造物とが区別され、従って、例えば、路肩のガードレール、P K W (乗用車)、L K W (トラック) よりも良い物体、又は、下水溝のふた若しくは路上の缶など全く無関係の物体が特徴付けられる。

40

## 【 0 0 1 5 】

例えば自動間隔制御のための車両の運転者支援システム、又は、衝突警告、衝突防止、若しくは、差し迫った衝突に対するパッシブ・セーフティシステムの準備のためのプリクラッシュシステムにレーダセンサが使用される場合に、重要な安全要件は、レーダセンサが実際に機能を果たす能力があるということ、さらに、例えばレーダレンズ上の雪又は氷による曇りによって盲目にならないことを常に確信しうることである。しかしながら、自動的な盲目検出は、従来から、盲目のレーダセンサの場合でも測定物体として誤って解釈される反射が生じるために特に問題がある。しかしながら、本物の物体においては、指向性が高度において変更される場合に、レーダエコーが何らかの形で変化することが予想

50

される。これに対して、盲目のレーダセンサにおいて生じる反射は、高度に依存しない。従って、本発明は、特に簡単で確実な盲目検出も可能とする。

【0016】

本発明の好適な実施形態及び発展形態は、従属請求項において示される。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】車両の運転者支援システムにおける本発明に係るFMCWレーダセンサ、及び対応する評価素子の原理を示す図である。

【図2】図1のレーダセンサのアンテナ素子を簡単に示す図である。

【図3】図1のレーダセンサのための周波数 - 時間図である。

【図4】図1のレーダセンサの様々な高度 - 指向性を示す。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図1は、簡単なブロック図において、車両の前方に組み込まれたレーダセンサ10と、電子データ処理システムの形態の評価素子12とを備えた、車両のための運転者支援システム、例えば間隔制御システム(ACC: Adaptive Cruise Control)の基本的な構成要素を示している。レーダセンサ10は、先行車両を測定する役目を果たし、評価素子12は、自車線内の直前の先行車両を適切な安全間隔をとって追従するように車両の速度を制御するために、レーダセンサの測定データを用いて車両の駆動及び制動システムに介入する。

【0019】

レーダセンサ10は、(示される例では4つの)アンテナ素子14が組み込まれたボード16を有し、このボード16は、マイクロ波レンズ18に対して間隔をおいて配置されている。ボード16上に、又はボード16に接して、図1でブロックとして示される駆動回路20が配置されている。駆動回路20は、電圧制御発振器22、PLL24、各アンテナ素子14のための混合器26、変換及び前処理段28、及び、制御素子30を備える。発振器22、PLL24、及び制御素子30はいずれも、周波数変調された信号を生成する変調素子を形成する。周波数変調された信号は、混合器26を介して各アンテナ素子14へと供給される。示される例において、各アンテナ素子14には同一の信号が供給されるが、例えばその周波数及び/又は位相において異なる様々な送信信号が、個々のアンテナ素子に供給される実施形態も構想可能である。

【0020】

示される例では、モノスタティック・アンテナの構想が実現されており、即ち、アンテナ素子14は、レーダ光線を放出するだけでなく、レーダ光線を受信する役割も果たす。混合器26では、各アンテナ素子14により受信された信号が、同一のアンテナ素子のための送信信号と混合され、中間周波数信号が獲得される。中間周波数信号は、変換及び前処理段28に供給される。そこで、中間周波数信号はデジタル化され、前処理が施される。特に、特定の測定周期内にそれぞれ受信された信号は、高速フーリエ変換によってスペクトルに分解される。このスペクトルは、測定物体を特定し、その間隔、相対速度、及び方位角を決定するために解析される。このようにして獲得された測定データは、その後評価素子12へと伝達され、そこで更に評価される。

【0021】

アンテナ素子14は、ボード16上で水平方向に、マイクロ波レンズ18の光軸に対してずらされており、個々のアンテナ素子により放出されてマイクロ波レンズにより集束されるレーダ光線は、図1で双方向の矢印Aにより示されるように、それぞれ多少異なる方位角度に放出される。このことにより、様々なアンテナ素子14によって獲得される信号を比較することによって、測定物体の方位角を決定することが可能となる。

【0022】

図2でより分かりやすく示すように、アンテナ素子14は、等間隔に縦方向の間隙内に配置されマイクロ波線34により互いに直列に接続されたパッチ(Patch)又は下位

10

20

30

40

50

素子 3 2 の連なりから構成される。下位素子 3 2 の間隙は、末端、示される例では上の末端が、末端素子 3 6 により無反射に終端され、反対側の末端の間隙のピッチは、供給線 3 8 により混合器 2 6 ( 図 1 ) と接続され、従って、下位素子 3 2 には送信信号が順次供給される。個々の下位素子を互いに接続するマイクロ波線 3 4 は、示される例では、直線的に伸びるように示されているが、例えば、波形状の迂回線としても構成されうる。その長さ  $L$  は、例えば  $77 \text{ GHz}$  の基準周波数  $f_0$  を有する基準送信信号の波長  $\lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r}$  に相当するように測定される。その際、下位素子とその上に載る基板物質の電気定数が  $\epsilon_r$  である。

#### 【 0 0 2 3 】

10

送信信号が厳密に周波数  $f_0$  を有する場合、下位素子 3 2 全体が同相振動へと促され、結果として、個々の下位素子により放出されるレーダ信号は、同相であり、アンテナ素子 1 4 に対して直角の方向に放出される有向ビームに重畳する。示される例では、アンテナ素子 1 4 は、縦方向にマイクロ波レンズ 1 8 の光軸を中心として配置されているので、レーダセンサを正確に組み込んだ際には、放出される光線の最大値は、仰角  $0^\circ$  となる ( 水平方向 ) 。

#### 【 0 0 2 4 】

しかしながら、送信信号の周波数が、基準周波数  $f_0$  に対して変更される場合には、個々の下位素子 3 2 間で僅かな位相シフトが生じる。これにより、図 1 に双方向の矢印 E で示されるような、高度におけるレーダ光線の偏向が得られる。送信信号の周波数と偏向角度との間の関係は公知であるため、偏向手段の周波数の適切な選択により、放出される光線の最大値の ( 同時に、レーダエコーのための感度の最大値の ) 偏向角度は、必要に応じて調整される。

20

#### 【 0 0 2 5 】

FMCW レーダの機能原則に対応して、送信信号の周波数  $f$  は、図 3 の時間図で示されるようにランプ形状に変調される。例えば、図 3 の曲線 4 0 は、特定の周波数帯域 4 2 であって、その下限が  $77 \text{ GHz}$  の基準周波数  $f_0$  に等しい上記特定の周波数帯域 4 2 内で周波数が変化するような、周波数の推移を示している。図 3 の曲線 4 4 ~ 5 0 は、周波数帯域 4 2 がそれぞれ  $0.5 \text{ GHz}$  ずつ高い周波数にずれているような、対応する周波数の推移を示している。

30

#### 【 0 0 2 6 】

図 4 は、送信信号の周波数  $f$  に対する、高度における指向性の依存性を示している。図 4 の曲線 4 0' 及び 4 4' ~ 5 0' は、周波数  $77.0 \text{ GHz}$ 、 $77.5 \text{ GHz}$ 、 $78.0 \text{ GHz}$ 、 $78.5 \text{ GHz}$ 、又は  $79 \text{ GHz}$  に相当する。送信信号の周波数が基準周波数  $f_0$  に対して  $2 \text{ GHz}$  ずつ上げられることで、仰角が  $+4^\circ$  ( 上方向 ) まで上げられることが分かる。当然のことながら、対応して、周波数が基準周波数に対して下げられることで、負の値の仰角へとレーダ光線を下げることが可能である。

#### 【 0 0 2 7 】

図 3 に示される送信信号の変調に基づいて、レーダ光線の主光線方向及び主感度方向はそれぞれ、周波数帯域の中央に当たる仰角に対応する。

40

#### 【 0 0 2 8 】

基準周波数、即ち  $f_0$  に対する、仰角の調整のために選択された周波数上昇及び周波数下降は、実際には、周波数帯域 4 2 の幅よりも大きく、又は小さい可能性がある。しかしながら、レーダ信号の評価が必ずしも困難とならないように、周波数帯域 4 2 の幅、及び変調カーブの形態は変更されず、周波数軸上でのみずらされるべきである。

#### 【 0 0 2 9 】

図 1 に示される例では、評価素子 1 2 の駆動出力口 5 2 は、制御素子 3 0 と接続されている。この駆動出力口 5 2 を介して、制御素子 3 0 の評価素子は、仰角を変更するという命令を与えることが出来る。例えば、自車両が下り坂にいる間に、測定される先行車両の信号が弱くなったことを評価素子 1 2 が確認した場合には、この先行車両との間隔及び方

50

位角がほとんど変化していなくても、仰角が拡大されうる。すなわちこの状況において、先行車両が盆地に到着したので測定領域から上方へと移動しており、レーダ光線を物体へと導くために、仰角を上げるべきであると想定される。

【 0 0 3 0 】

図 1 にはさらに、評価素子 1 2 の特別な機能モジュール 5 4 が特別なブロックとして示されており、この特別な機能モジュール 5 4 はまた、レーダセンサの制御素子 3 0 と接続されている。この機能モジュール 5 4 は、例えばマイクロ波レンズ 1 8 上の雪又は氷による曇りのために場合によって生じるレーダセンサの盲目 ( E r b l i n d u n g ) を自動的に検出する役目を果たす。レーダセンサの盲目の典型的な兆候は、受信される反射パターンが、レーダ光線の高度に依存しないことにある。従って、機能モジュール 5 4 は、盲目検出を行なう場合には、仰角を変更する、例えば、実現可能な仰角の全体領域を見渡すという命令を制御素子 3 0 に対して与え、評価素子 1 2 は、このことが、受信信号における何らかの変化をもたらしていないかを検査する。受信信号に何の変化も起きていない場合には、レーダセンサの盲目が推測され、従って、運転者支援システム自体が停止されて、対応する警告が運転者へと出力される。

10

【 図 1 】

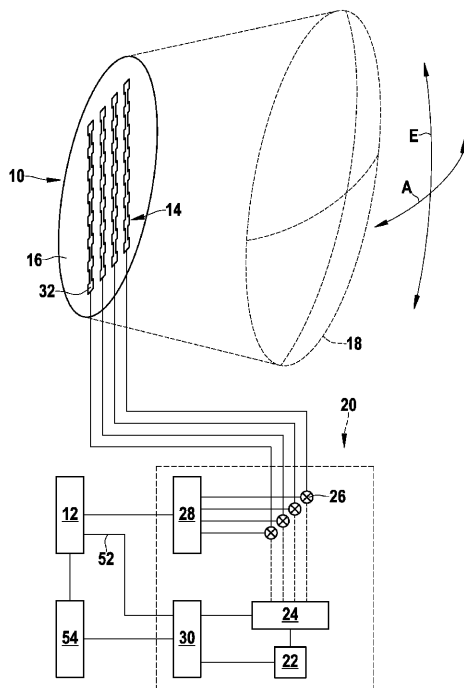


Fig. 1

【 図 2 】

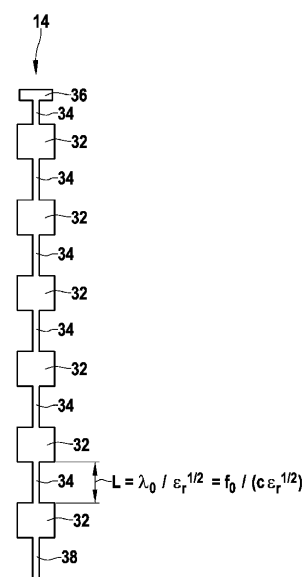


Fig. 2

【 図 3 】

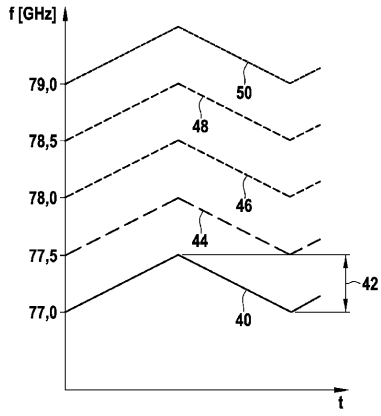


Fig. 3

【 図 4 】

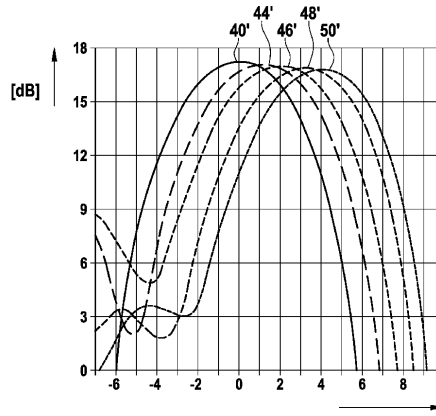


Fig. 4

## フロントページの続き

- (72)発明者 クラール、ミヒャエル  
ドイツ連邦共和国 71106 マークシュタット シュラムベルガーヴェーク 4 / 1
- (72)発明者 ピンツァー、トーマス  
ドイツ連邦共和国 70565 シュトゥッツガルト アム ヴィルトヴェクセル 14
- (72)発明者 ハイルマン、シュテファン  
ドイツ連邦共和国 71229 レオンベルク フェルスガルテンシュトラッセ 15

審査官 山下 雅人

- (56)参考文献 国際公開第2007/026792(WO, A1)  
米国特許出願公開第2007/0152871(US, A1)  
欧州特許出願公開第00498524(EP, A1)  
特開2001-183456(JP, A)  
特開2004-101347(JP, A)  
特開2004-226158(JP, A)  
特開平09-297173(JP, A)  
特開平10-282229(JP, A)  
国際公開第2008/006653(WO, A1)  
特開平05-281348(JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/00 - 7/42  
G01S13/00 - 13/95