

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-535788

(P2017-535788A)

(43) 公表日 平成29年11月30日(2017.11.30)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**GO1S 7/02 (2006.01)** GO1S 7/02 218 5J070

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2017-528951 (P2017-528951)  
 (86) (22) 出願日 平成27年11月24日(2015.11.24)  
 (85) 翻訳文提出日 平成29年6月28日(2017.6.28)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/062378  
 (87) 国際公開番号 W02016/085957  
 (87) 国際公開日 平成28年6月2日(2016.6.2)  
 (31) 優先権主張番号 14/554,224  
 (32) 優先日 平成26年11月26日(2014.11.26)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 517184196  
 ヴァレオ、レーダー、システムズ、インコーポレイテッド  
 VALEO RADAR SYSTEMS, INC.  
 アメリカ合衆国ニューハンプシャー州、ハドソン、リバー、ロード、46  
 (74) 代理人 100091982  
 弁理士 永井 浩之  
 (74) 代理人 100091487  
 弁理士 中村 行孝  
 (74) 代理人 100082991  
 弁理士 佐藤 泰和  
 (74) 代理人 100105153  
 弁理士 朝倉 悟

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動車レーダーシステムにおける角分解能を増加する方法および装置

(57) 【要約】

本明細書は、3チャンネル切り替えアンテナを利用して、方位角追跡レーダーの角分解能を改善する、自動車レーダーシステムおよび関連する処理技術を説明する。

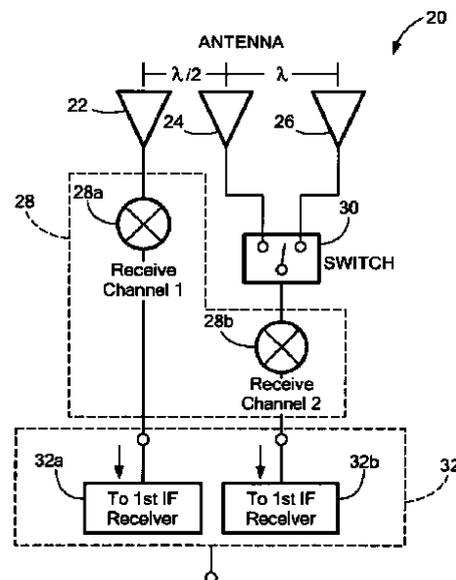


FIG. 2

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

方位角追跡 2 チャンネル自動車レーダーシステムであって、  
第 1 の受信アンテナと、

/ 2 の距離により、前記第 1 のアンテナから離間された、第 2 の受信アンテナと、  
 の距離により、前記第 2 のアンテナから離間され、かつ、3 / 2 の距離により、前  
記第 1 のアンテナから離間された、第 3 の受信アンテナと、

前記第 2 の受信アンテナの出力に結合された第 1 の入力ポートと、前記第 3 の受信アン  
テナの出力に結合された第 2 の入力ポートとを有し、かつ、出力ポートを有するスイッチ  
と、

前記第 1 の受信アンテナから R F 信号を受信するために結合された入力を有する、第 1  
の R F レシーバチャンネルを有し、かつ、前記スイッチの出力に結合された入力を有する、  
第 2 の R F レシーバチャンネルを有し、前記第 2 の R F レシーバチャンネルは、前記第 2 およ  
び第 3 の受信アンテナから、R F 信号を選択的に受信する、2 チャンネル無線周波数 ( R F  
) レシーバと、

を備える自動車レーダーシステム。

**【請求項 2】**

前記第 1 および第 2 のレシーバチャンネルは、前記アンテナのそれぞれ 1 つから供給され  
た R F 信号を受信し、その出力において、ダウンコンバートされた信号を供給する、ダウ  
ンコンバータを備える、請求項 1 に記載の自動車レーダーシステム。

**【請求項 3】**

前記スイッチは、単極 2 投スイッチとして設けられる、請求項 1 に記載の自動車レーダ  
ーシステム。

**【請求項 4】**

前記第 1、第 2 および第 3 のアンテナは、アレイアンテナとして供給される、請求項 1  
に記載の自動車レーダーシステム。

**【請求項 5】**

前記第 1、第 2 および第 3 のアンテナは、線形アレイアンテナとして供給される、請求  
項 4 に記載の自動車レーダーシステム。

**【請求項 6】**

前記第 1、第 2 および第 3 のアンテナは、それぞれ、パッチアンテナ要素の線形アレイ  
から設けられる、請求項 5 に記載の自動車レーダーシステム。

**【請求項 7】**

方位角追跡 2 チャンネル無線周波数 ( R F ) レシーバを備えた自動車レーダーシステムを  
動作させる方法であって、

( a ) 第 1 のアンテナに結合された前記 2 チャンネル R F レシーバの第 1 のチャンネルから、  
位相値の第 1 のセットを生成するステップと、

( b ) / 2 の距離により、前記第 1 のアンテナから離間された第 2 のアンテナに選択的  
に結合されている、前記 2 チャンネル R F レシーバの第 2 のチャンネルから、位相値の第 2 の  
セットを生成するステップと、

( c ) 3 / 2 の距離により、前記第 1 のアンテナから離間された第 3 のアンテナに選択  
的に結合されている、前記 2 チャンネル R F レシーバの第 2 のチャンネルから、位相値の第 3  
のセットを生成するステップと、

( d ) 位相値の前記第 1 および第 2 のセットから、第 1 の位相曲線を生成するステップと  
、

( e ) 位相値の前記第 1 および第 3 のセットから、第 2 の位相曲線を生成するステップと  
、

( f ) 前記第 1 の位相曲線の位相値を、前記第 2 の位相曲線の位相値と比較して、位相を  
明瞭に解決し、これにより、前記自動車レーダーシステムの角分解能を向上させるステッ  
プと、

10

20

30

40

50

を含む、方法。

【請求項 8】

送信アンテナから R F 信号を送信するステップと、

送信された前記 R F 信号に応じて、第 1 の受信アンテナにて R F 戻り信号を受信するステップと、

送信された前記 R F 信号に応じて、 $\frac{1}{2}$  の距離により前記第 1 のアンテナから離間された第 2 の受信アンテナにて R F 戻り信号を受信するステップと、

送信された前記 R F 信号に応じて、 $\frac{3}{2}$  の距離により前記第 1 のアンテナから離間された第 3 の受信アンテナにて R F 戻り信号を受信するステップと、

をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

10

【請求項 9】

方位角追跡 2 チャンネル無線周波数 ( R F ) レシーバを備えた自動車レーダーシステムを動作させる方法であって、

( a ) 送信アンテナから R F 信号を送信するステップと、

( b ) 送信された前記 R F 信号に応じて、第 1 の受信アンテナにて R F 戻り信号を受信するステップと、

( c ) 送信された前記 R F 信号に応じて、 $\frac{1}{2}$  の距離により前記第 1 のアンテナから離間された第 2 の受信アンテナにて前記 R F 戻り信号を受信するステップと、

( d ) 送信された前記 R F 信号に応じて、 $\frac{3}{2}$  の距離により前記第 1 のアンテナから離間された第 3 の受信アンテナにて前記 R F 戻り信号を受信するステップと、

20

( e ) 前記第 1 の受信アンテナを介して受信した前記 R F 戻り信号を、前記 2 チャンネル R F レシーバの第 1 のチャンネルに供給するステップと、

( f ) 前記第 2 の受信アンテナを介して受信した前記 R F 戻り信号を、スイッチの第 1 のポートに供給するステップと、

( g ) 前記第 3 の受信アンテナを介して受信した前記 R F 戻り信号を、スイッチの第 2 のポートに供給するステップと、

( h ) 前記第 2 の受信アンテナを介して受信した前記 R F 戻り信号を、前記 2 チャンネル R F レシーバの第 2 のチャンネルに選択的に供給するステップと、

( i ) 前記第 3 の受信アンテナを介して受信した前記 R F 戻り信号を、前記 2 チャンネル R F レシーバの第 2 のチャンネルに選択的に供給するステップと、

30

( j ) 前記 2 チャンネル R F レシーバの第 1 のチャンネルにて、前記第 1 のアンテナを介して受信した前記 R F 戻り信号から、位相値の第 1 のセットを生成するステップと、

( k ) 前記第 2 のアンテナに選択的に結合された前記 2 チャンネル R F レシーバの第 2 のチャンネルから、位相値の第 2 のセットを生成するステップと、

( l ) 前記第 3 のアンテナに選択的に結合された前記 2 チャンネル R F レシーバの第 2 のチャンネルから、位相値の第 3 のセットを生成するステップと、

( m ) 前記位相値の第 1 および第 2 のセットから、第 1 の位相曲線を生成するステップと、

( n ) 前記位相値の第 1 および第 3 のセットから、第 2 の位相曲線を生成するステップと、

40

を含む、方法。

【請求項 10】

前記第 1 の位相曲線の位相値を、前記第 2 の位相曲線の位相値と比較して、位相を明瞭に解決し、これにより、前記自動車レーダーシステムの角分解能を改善するステップをさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

自動車レーダーシステムであって、

3 つ以上の受信アンテナと、

前記受信アンテナのそれぞれ 1 つに結合された 3 つ以上の入力ポートと、1 つの出力ポートと、を有する、無線周波数 ( R F ) スイッチと、

50

前記 R F スイッチの出力に結合され、前記受信アンテナから R F 信号を選択的に受信する入力ポートを有し、かつ、1つの出力ポートを有する単チャンネル R F レシーバと、

前記 R F レシーバの出力ポートに結合された入力ポートを有する、単チャンネル中間周波数 ( I F ) レシーバと、を備え、

前記 I F レシーバは、目標から反射された送信チャープに応じて、前記受信アンテナから、インターリーブされたチャープ戻り信号を受信し、かつ、前記インターリーブされたチャープ戻り信号を用いて、前記目標に対する方位角度と、目標のドップラー速度と、を決定するように構成されている、自動車レーダーシステム。

【請求項 1 2】

前記単チャンネル I F レシーバは、

10

メジャーサイクルにわたって収集されたインターリーブされたチャープ戻り信号を、時間領域サンプルのセットに変換し、

前記受信アンテナのそれぞれに対し、2 D 高速フーリエ変換 ( F F T : Fast Fourier Transform ) を使用し、前記時間領域サンプルを前記周波数領域に変換して、各レンジ / ドップラービンにおける大きさ ( magnitude ) と、目標に対する位相とを取得し、

各受信アンテナに対し、少なくとも一部は前記受信アンテナの位置に基づき、各レンジ / ドップラービンにおいて、前記目標に対する位相を取得し、

各レンジ / ドップラービンにおける、収集された前記目標に対する位相に基づき、前記目標に対する方位角度と、前記目標のドップラー速度とを決定する、ように構成されている、請求項 1 1 に記載の自動車レーダーシステム。

20

【請求項 1 3】

前記受信アンテナは、

第 1 の受信アンテナと、

約 0 . 4 ~ 約 0 . 5 の範囲の距離により、前記第 1 のアンテナから離間された、第 2 の受信アンテナと、

約 の距離により、前記第 2 のアンテナから離間され、かつ、約 1 . 4 ~ 約 1 . 7 の範囲の距離により、前記第 1 のアンテナから離間された、第 3 の受信アンテナと、

を備える、請求項 1 1 に記載の自動車レーダーシステム。

【請求項 1 4】

前記受信アンテナは、少なくとも 4 つの受信アンテナを備える、請求項 1 1 に記載の自動車レーダーシステム。

30

【請求項 1 5】

自動車レーダーシステムであって、

3 つ以上の受信アンテナと、

3 つ以上のチャンネルを有する無線周波数 ( R F ) レシーバであって、前記レシーバチャンネルのそれぞれは、前記受信アンテナのそれぞれ 1 つに結合された入力ポートと、1つの出力ポートとを有する、無線周波数 ( R F ) レシーバと、

前記 R F レシーバチャンネル出力ポートのそれぞれ 1 つに結合された 3 つ以上の入力ポートを有し、かつ、出力ポートを有する中間周波数 ( I F ) スイッチと、

前記 I F スイッチの出力ポートに結合され、前記 R F レシーバチャンネルから I F 信号を選択的に受信する入力ポートを有する、単チャンネル I F レシーバと、を備え、

40

前記 I F レシーバは、目標から反射された送信チャープに応じて、前記受信アンテナから、インターリーブされた戻り信号を受信し、かつ、前記インターリーブされた戻り信号を用いて、前記目標に対する方位角度と、前記目標のドップラー速度と、を決定するように構成されている、自動車レーダーシステム。

【請求項 1 6】

前記単チャンネル I F レシーバは、

メジャーサイクルにわたって収集されたインターリーブされたチャープ戻り信号を、時間領域サンプルのセットに変換し、

前記受信アンテナのそれぞれに対し、2 D 高速フーリエ変換 ( F F T ) を使用し、前記

50

時間領域サンプルを前記周波数領域に変換して、各レンジ/ドップラービンにおける大きさと、目標に対する位相とを取得し、

各受信アンテナに対し、少なくとも一部は前記受信アンテナの位置に基づき、各レンジ/ドップラービンにおいて、前記目標に対する位相を収集し、

各レンジ/ドップラービンにおける、収集された前記目標に対する位相に基づき、前記目標に対する方位角度と、前記目標のドップラー速度とを決定する、ように構成されている、請求項 15 に記載の自動車レーダーシステム。

【請求項 17】

前記受信アンテナは、

第 1 の受信アンテナと、

約 0.4 ~ 約 0.5 の範囲の距離により、前記第 1 のアンテナから離間された、第 2 の受信アンテナと、

約 の距離により、前記第 2 のアンテナから離間され、かつ、約 1.4 ~ 約 1.7 の範囲の距離により、前記第 1 のアンテナから離間された、第 3 の受信アンテナと、を備える、請求項 15 に記載の自動車レーダーシステム。

【請求項 18】

前記受信アンテナは、少なくとも 4 つの受信アンテナを備える、請求項 15 に記載の自動車レーダーシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書で説明する概念、システム、回路、装置および技術は、概して、無線周波数 (RF) 回路に関し、特に、自動車レーダーシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

当該技術分野において知られるように、いくつかの既知の自動車レーダーシステムは、レンジ/ドップラー空間における閾信号強度を超える信号強度を有する、レーダー戻り信号を生成する目標を検出するものである。レーダーは、次いで、各目標の X - Y 位置および速度の概算を展開する。このアプローチは、通常、状態機械の形態のアルゴリズムと、閾値およびヒューリスティクスによる追跡とを必要とする。

【0003】

図 1 ~ 図 1 A を参照すると、いくつかの従来 of 自動車レーダーシステムは、それぞれが 2 チャンネルレシーバのうち 1 つのチャンネルにフィードする、2 つのアンテナを使用する。図 1 A に示すように、2 つのチャンネルにおける信号間の位相差は、角度情報を提供し、この角度情報を用いて、方位角面における目標を検出することができる。2 分の 1 波長 ( $\lambda/2$ ) のアンテナ間隔は、論理的に、このような 2 チャンネルの自動車レーダーシステムが、180° の視野 (FOV: Field of View) にわたる明瞭な角度情報を提供することを可能にする。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、自動車レーダーシステムのうちのいくつかは、比較的小さく、かつ安価なアンテナおよび他の構成部品を用いる。これは、費用の検討およびサイズ制約の両方のためである。アンテナにおけるこのような制約は、アンテナ品質、および、自動車レーダーシステムが搭載されている車両の車体とのアンテナ相互作用の問題につながる。特に、本明細書で説明する概念、システムおよび技術によれば、比較的小さく、かつ安価なアンテナの使用は、自動車レーダーシステムにおける方位角と位相差との間に、複雑な位相関係をもたらすことが認識されている。

【0005】

従来 of 2 チャンネル自動車レーダーシステム (2 チャンネル自動車「センサ」システムとも

10

20

30

40

50

称される)は、容易に解決できない曖昧性を生じることにも認識されている。特に、図1Bに示されるように、現実世界での適用における、従来の2チャンネル自動車レーダーシステム(すなわち、 $\lambda/2$ により離間され、各アンテナが2チャンネルレシーバの1つのチャンネルにフィードする、2つのアンテナを利用する)の制限が、明らかとなる。従来の2チャンネル自動車レーダーシステムにおける、現実世界の適用においては、無線周波数(RF)エネルギーのアンテナの周囲との相互作用は、自動車レーダーシステムの位相反応におけるリップルを生じさせる。自動車フェーシア、ブラケット、車体および他の構造、ならびに要因は、全て、このような位相リップルの原因となり得る。さらに、レーダーの小さなサイズは、著しいRFエネルギーを有する位置で生じる、アンテナおよびレーダー筐体の縁に起因する位相歪みの原因となる。よって、図1Bに示すように、現実世界のシステムにおける結果としての位相曲線は、角分解能に曖昧性が存在しており、よって角分解能を許容可能ではない領域(例えば、図1Bでは約50および60度の間)を有するものである。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本明細書で説明する概念、システムおよび技術の1つの態様に従って、第3のアンテナを追加することにより、2チャンネル自動車レーダーシステムにおいて、上述の問題を解決し得ることが見出された。よって、本明細書は、3チャンネル切り替えアンテナを利用して、広い視野(すなわち、上述の約145または150度よりも大きい視野)を有する方位角追跡2チャンネル自動車レーダーシステムの角分解能を改善する、自動車レーダーシステムを説明する。勿論、本明細書で説明する概念および技術は、狭い視野(FOV)、すなわち約150度未満のFOV、を有するシステムにも適用を見出すが、狭い視野の必要條件は、0および180度で伝播する減衰RFエネルギーを有するアンテナ設計を可能にし、よって、例えばアンテナ基板の端、筐体フレーム、および $\lambda/2$ または車体を含むがこれに限定されないアンテナに近接する構造と、RFエネルギーが相互作用する際の、問題の数および深刻さを減少させる可能性があることを理解すべきである。

20

【0007】

特に、2チャンネル自動車レーダーシステムにおいて、第1のアンテナは、 $\lambda/2$ の距離により、第2のアンテナから離間され、第3のアンテナは、 $\lambda/2$ の距離により、第2のアンテナから離間され、かつ、 $\lambda/2$ の距離により、第1のアンテナから離間される。第1のアンテナは、2チャンネルレシーバの第1のチャンネルに結合されており、第2および第3のアンテナ(第2のアンテナは、 $\lambda/2$ により第1のアンテナから離間され、第3のアンテナは、 $\lambda/2$ により第1のアンテナから離間される)は、スイッチを介して、第2のレシーバチャンネルに選択的に結合されている。よって、2つの離間されたアンテナから受信する信号は、2チャンネルレシーバの1つのチャンネルを共有する。

30

【0008】

この特定の装置によって、結果として曖昧性をもたらさない角分解能を有する、2チャンネル自動車レーダーシステムが提供される。特に、3つの適切に離間されたアンテナを有し、アンテナのうちの2つは、1つのチャンネルを選択的に共有する、2チャンネル自動車レーダーシステムを提供することにより、2チャンネル自動車レーダーシステムは、2つの異なる位相曲線を生成することができ、位相曲線のうちの1つ目は、明瞭な位相曲線( $\lambda/2$ のアンテナ間隔を有する、従来の2チャンネルシステムにて設けられているものと、実質的に同じ)に対応し、2つの位相曲線のうちの2つ目は、第1の位相曲線の傾斜とは異なる傾斜を有する位相曲線(例えば、 $\lambda/2$ のアンテナ間隔を用いることにより生成される位相曲線)に対応する。

40

【0009】

システムを用いる利点は、(1) $\lambda/2$ 位相曲線は、より高い方位角分解能を有すること、(2) $\lambda/2$ 位相曲線を用いて、 $\lambda/2$ 位相曲線における曖昧性を解決すること、(3)配置および搭載に対してより低感度の(実効リップルが低い)システムであること、(4)システムは、より良い視野(FOV)性能をもたらしたこと、を含むが、これ

50

らに限定されない。

【 0 0 1 0 】

本明細書で説明する概念、システムおよび技術の更なる態様に従って、自動車レーダーシステムは、3つの受信アンテナを備えており、第1のアンテナは、 $\lambda/2$ の距離により、第2のアンテナから離間され、第3のアンテナは、 $\lambda/2$ の距離により、第2のアンテナから離間され、かつ、 $3\lambda/2$ の距離により、第1のアンテナから離間される。3つのアンテナのそれぞれは、無線周波数(RF)レシーバ内で、3つのチャンネルのうちの1つに結合される。よって、各レシーバチャンネルは、3つのアンテナのそれぞれ1つに結合される入力を有する。

【 0 0 1 1 】

この特定の装置によって、結果として曖昧性をもたらさない角分解能を有する、3チャンネル自動車レーダーシステムが提供される。特に、3つの適切に離間されたアンテナを有する、3チャンネル自動車レーダーシステムを提供することにより、3チャンネル自動車レーダーシステムは、2つの異なる位相曲線を生成することができ、位相曲線のうちの1つ目は、明瞭な位相曲線( $\lambda/2$ のアンテナ間隔を有する、従来の2チャンネルシステムにて設けられているものと、実質的に同じ)に対応し、2つの位相曲線のうちの2つ目は、第1の位相曲線の傾斜とは異なる傾斜を有する位相曲線(例えば、 $3\lambda/2$ のアンテナ間隔を用いることにより生成される位相曲線)に対応する。

【 0 0 1 2 】

このようなシステムを用いる利点は、(1) $3\lambda/2$ 位相曲線は、より高い方位角分解能を有すること、(2) $\lambda/2$ 位相曲線を用いて、 $3\lambda/2$ 位相曲線における曖昧性を解決すること、(3)システムは、配置および搭載に対してより低感度(実効リップルが低い)であること、(4)レーダーが、 $0 \sim 180$ 度の方向に向けてエネルギーを減衰させる必要性が少ないため、システムは、より良い視野(FOV)性能をもたらすこと、を含むが、これらに限定されない。

【 0 0 1 3 】

本開示の別の態様に従って、自動車レーダーシステムは、3つ以上の受信アンテナと、受信アンテナのそれぞれ1つに結合された3つ以上の入力ポートと出力ポートとを有する、無線周波数(RF)スイッチと、RFスイッチの出力に結合され、受信アンテナからRF信号を選択的に受信する入力ポートを有し、かつ、出力ポートを有する単チャンネルRFレシーバと、RFレシーバの出力ポートに結合された入力ポートを有する、単チャンネル中間周波数(IF)レシーバと、を備え、IFレシーバは、目標から反射された送信チャープに応じて、受信アンテナから、インターリーブされたチャープ戻り信号を受信し、かつ、インターリーブされたチャープ戻り信号を用いて、目標に対する方位角度と、目標のドップラー速度と、を決定するように構成されている。

【 0 0 1 4 】

本開示のさらに別の態様に従えば、自動車レーダーシステムは、3つ以上の受信アンテナと、3つ以上のチャンネルを有する無線周波数(RF)レシーバであって、レシーバチャンネルのそれぞれは、受信アンテナのそれぞれ1つに結合された入力ポートと、出力ポートとを有する、無線周波数(RF)レシーバと、RFレシーバチャンネル出力ポートのそれぞれ1つに結合された3つ以上の入力ポートを有し、かつ、出力ポートを有する中間周波数(IF)スイッチと、IFスイッチの出力ポートに結合され、RFレシーバチャンネルからIF信号を選択的に受信する入力ポートを有する、単チャンネルIFレシーバと、を備え、IFレシーバは、目標から反射された送信チャープに応じて、受信アンテナから、インターリーブされた戻り信号を受信し、かつ、インターリーブされた戻り信号を用いて、目標に対する方位角度と、目標のドップラー速度と、を決定するように構成されている。

【 0 0 1 5 】

いくつかの実施形態において、単チャンネルIFレシーバは、メジャーサイクルにわたって収集されたインターリーブされたチャープ戻り信号を、時間領域サンプルのセットに変換し、受信アンテナのそれぞれに対し、2D高速フーリエ変換(FFT)を使用し、時間

10

20

30

40

50

領域サンプルを周波数領域に変換して、各レンジ/ドップラービンにおける大きさと、目標に対する位相とを取得し、各受信アンテナに対し、少なくとも一部は受信アンテナの位置に基づき、各レンジ/ドップラービンにおいて、目標に対する位相を収集し、各レンジ/ドップラービンにおける、収集された目標に対する位相に基づき、目標に対する方位角度と、目標のドップラー速度とを決定する、ように構成されている。

【0016】

いくつかの実施形態において、受信アンテナは、第1の受信アンテナと、約0.4 ~ 約0.5 の範囲の距離により、第1のアンテナから離間された、第2の受信アンテナと、約 の距離により、第2のアンテナから離間され、かつ、約1.4 ~ 約1.7 の範囲の距離により、第1のアンテナから離間された、第3の受信アンテナと、を備える。いくつかの実施形態において、レーダーシステムは、少なくとも4つの受信アンテナを備える。

10

【0017】

本明細書で説明する概念、構造および技術は、任意の24GHzレーダー、特に、広い視野(FOV)のアンテナ設計を用いたレーダーに役立てることができる。さらに、本明細書で説明する概念、構造および技術は、盲点検出と、レーン変更と、CTAと、駐車区画測定と、を含むがこれらに限定されない、多種多様な適用に用いることができる。

【0018】

上述の異なる実施形態の個別の概念、特徴(または要素)および技術を組み合わせて、本明細書にて特に明記されていない他の実施形態を形成してもよいことに留意すべきである。さらに、組み合わせて説明される様々な概念、特徴(または要素)および技術は、別個に、または任意の適切な下位の組み合わせで設けてもよい。よって、本明細書で特に説明されていない他の実施形態も、本開示の範囲内にあることが予期される。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

本明細書に説明される概念の上記の、および他の態様、特徴および利点は、以下の特定の実施形態の説明から、添付の図面で示されるように明らかとなり、図面では、類似の参照符号は、異なる図を通して、同じ部品を指すものとする。図面は、必ずしも正しい縮尺ではなく、その代わりに、本開示の原理を示すことに重点を置いている。

【図1】従来技術の2チャンネル自動車レーダーシステムのブロック図。

30

【図1A】図1の2チャンネル自動車レーダーシステムに関する、理想的な位相差対角度のプロット図。

【図1B】図1の2チャンネル自動車レーダーシステムに関する、測定された位相差対角度のプロット図。

【図2】3チャンネル切り替えアンテナを利用する自動車レーダーシステムのブロック図。

【図2A】図2と併せて説明されたシステムと同じかまたは類似していてもよい、3チャンネル切り替えアンテナを利用する自動車レーダーシステムに関する、理想の位相差対角度のプロット図。

【図2B】図2と併せて説明されたシステムと同じかまたは類似していてもよい、3チャンネル切り替えアンテナを利用する車載の自動車レーダーシステムに関する、測定された位相差対角度のプロット図。

40

【図3】図2に示されたシステムと同じかまたは類似していてもよい、3チャンネル切り替えアンテナを利用する自動車レーダーシステムの斜視図。

【図4】3チャンネルレシーバを有する自動車レーダーシステムのブロック図。

【図5】3つの受信アンテナと、単チャンネルRFレシーバと、単チャンネルIFレシーバと、を有する自動車レーダーシステムのブロック図。

【図5A】3つの受信アンテナと、単チャンネルRFレシーバと、単チャンネルIFレシーバと、を有する自動車レーダーシステムのブロック図。

【図6】3つの受信アンテナと、3チャンネルRFレシーバと、単チャンネルIFレシーバと、を有する自動車レーダーシステムのブロック図。

50

【図6A】3つの受信アンテナと、3チャンネルRFレシーバと、単チャンネルIFレシーバと、を有する自動車レーダーシステムのブロック図。

【図7】3つの受信アンテナと、3チャンネルRFレシーバと、3チャンネルIFレシーバと、を有する自動車レーダーシステムのブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本明細書においては、目標の位置を特定するための明瞭な位相情報を提供するのに適した、自動車レーダーシステム（本明細書において、自動車センサーシステムと称することもある）および技術を説明する。本明細書に記載の技術は、周波数変調連続波（FMCW）自動車レーダーシステムとの使用に適しているが、本明細書で説明するシステムおよび技術は、非FMCW自動車レーダー、ならびに自動車レーダー以外のレーダーに用いてもよいことを理解すべきである。

10

【0021】

ここで図2を参照すると、3チャンネル切り替えアンテナを利用して、方位角追跡2チャンネル自動車レーダーシステムの角分解能を改善する、自動車レーダーシステム20は、 $\lambda/2$ の距離により、第2のアンテナ24から離間された第1のアンテナ22と、 $\lambda/2$ の距離により、第2のアンテナ24から離間され、かつ、 $3\lambda/2$ の距離により、第1のアンテナから離間された第3のアンテナ26と、を含む。第1のアンテナ22は、2チャンネルRFレシーバ28の第1の無線周波数（RF）レシーバチャンネル28aに結合される。図2の例のシステムにおいて、レシーバチャンネル28aは、1つのRFダウンコンバータとして示される。当業者は、勿論、レシーバチャンネル28aが、一般的に知られるようなかなりの数の他の構成要素（例えば、低雑音増幅器）を含んでもよいことを理解するであろう。

20

【0022】

第2および第3のアンテナ24、26は、RFスイッチ28を介して、第2のレシーバチャンネル28bに、選択的に結合されている。よって、図2の例のシステムでは、2つの別個のアンテナ（すなわちアンテナ24、26）から受信された信号は、2チャンネルレシーバ28の1つのチャンネル（すなわちチャンネル28b）を共有する。

【0023】

上記のように、当業者は、レシーバチャンネル28bが、一般的に知られるような、多数の他の構成要素（例えば、低雑音増幅器）を含んでもよいことを理解するであろう。また、スイッチ30を、RFレシーバ28特有の部位として示していないことも、理解すべきである。しかし、ここに提供される明細書を読んだ後、当業者は、スイッチ30を、レシーバ28とは別の構成要素として設けてもよいこと、またはレシーバ28の一部として設けてもよいことを理解するであろう。さらに、いくつかの適用においては、スイッチ30は、RFレシーバチャンネル28bの一部として設けてもよい。

30

【0024】

レシーバチャンネル28a、28bは、アンテナ22～26のそれぞれ1つから供給されるRF信号を受信し、信号を、第1の中間周波数にダウンコンバートして、中間周波数（IF）レシーバチャンネル32a、32bのそれぞれ1つによりさらに処理させる。

40

【0025】

意義深いことに、レシーバチャンネル28a、28bと、スイッチ30と、を介したRF信号の処理は、それぞれのアンテナ22～26を介して受信した信号と関連する相対位相情報を保持する。好ましい結果は、 $\lambda/2$ の間隔により測定される場合とシーンが同じである場合に、 $3\lambda/2$ の曖昧性解決が行われると達成される。よって、好ましい設計は、可能な限り速く、交互に切り替わる $\lambda/2$ および $3\lambda/2$ の間隔を用いる。切り替え周波数は、曖昧性解決の最新の曖昧性タイミングを提供するように選択される。本出願者の譲受人に譲渡され、参照することにより本明細書に組み込まれる、米国特許第6,707,419B2号に記載されるように、メジャーおよびマイナー処理サイクルを利用する自動車レーダーシステムにおいて、40ミリ秒（ms）メジャーサイクルに関して、各 $3\lambda/2$

50

2 アンテナに対し 80 ms が用いられ、各 / 2 アンテナに対し 80 ms が用いられる。

【0026】

IF レシーバ 32a, 32b は、それぞれの RF レシーバチャネル 28a, 28b から供給された信号を処理する。このような処理は、アナログ信号からデジタル信号への変換を含んでも良い。

【0027】

上記のように、RF レシーバチャネル 32b は、両方のアンテナ 24 およびアンテナ 26 からの信号を受信する。アンテナ 22 とアンテナ 24 との間隔は、アンテナ 22 とアンテナ 26 との間隔とは異なるため、2つのアンテナを切り替えることにより、システムは、2つの異なる位相曲線を生成する。

【0028】

位相曲線は、測定された位相差と、実際の方位角度との間の、測定された関係である。各アンテナ対（例えば、アンテナ 22, 24 を対とし、アンテナ 22, 26 を対とする）は、一意な関係すなわち位相曲線を有する。40 ms のメジャーサイクル時間と、80 ms にわたる比較的静止したレーダーシーンとを想定すると、例えば、一方の位相曲線を用いて、他方の曖昧性を解決することができる。両方の位相差測定値は、目標に関する有用な情報を有する。信号対雑音比と方位角誤差との関係を用いて、/ 2 位相曲線の、ネット方位角推定値に対する寄与に、重み付けすることができる。

【0029】

アナログ処理、デジタル処理、または、アナログおよびデジタル処理の組み合わせ、を用いるか否かにかかわらず、レシーバ 32 内のこのような処理は、図 2A に示すような、2つの異なる位相曲線を生成する。4つ以上のアンテナを利用するいくつかの適用においては、例えば、2つを超える位相曲線を利用することが好適な場合もあることを、理解すべきである。例えば、自動車レーダーシステムが、3つ以上の位相曲線を同時に処理する、4つのアンテナを利用することが、望ましい場合もある。

【0030】

ここで図 2A を参照すると、位相曲線のうちの 1 つ目 40 は、明瞭な位相曲線に対応し、2つの位相曲線のうちの 2 つ目 42 は、第 1 の位相曲線の傾斜とは異なる傾斜を有する位相曲線に対応する。この例示的な例において、第 1 の位相曲線 40（すなわち、明瞭な位相曲線）は、/ 2 により離間されたアンテナからの信号（例えば、図 2 のアンテナ 22 および 24 により提供されるもの等）を用いることにより生成されている。明瞭な位相曲線は、/ 2 のアンテナ間隔を有する従来の 2 チャネルシステム（例えば図 1 のシステムなど）により提供されるものと、同じ位相曲線に実質的に対応することに、留意すべきである。第 2 の位相曲線 42 は、3 / 2 により離間された 1 対のアンテナ（例えば、図 2 のアンテナ 22 および 26 により提供される対など）を用いて生成される。位相曲線 40, 42 は、異なる傾斜を有するので、2つの位相曲線 40, 42 の使用は、システムが、180° の視野 (FOV) にわたる明瞭な角度情報を提供することを可能にする。

【0031】

具体的には、位相曲線 42（3 / 2 のアンテナ間隔により生成される）は、位相曲線 40 よりも高い方位角分解能を有する。勿論、位相曲線 42 は、それ自体、曖昧性を有してもよいことに留意すべきである。よって、位相曲線 40（/ 2 のアンテナ間隔により生成される）を用いて、3 / 2 位相曲線における曖昧性を解決してもよい。

【0032】

少なくとも 1 つの位相曲線は、別の位相曲線の傾斜とは異なる傾斜を有する、2つ以上の位相曲線を利用して、車両への物理的配置および搭載に関して従来のシステムよりも低感度の（実効リップルが低い）自動車レーダーシステムを提供することが見出されている。3 / 2 の間隔は、/ 2 の間隔の傾斜の 3 倍を生成することに留意すべきである。加えて、より広いアンテナ間隔に関連する効果は、車体からの反射に関して、より低コヒーレントの位相環境にアンテナを置くことを、結果としてもたらし得る。少なくとも 1 つの位相曲線は、別の位相曲線の傾斜とは異なる傾斜を有する、2つ以上の位相曲線を利用し

10

20

30

40

50

て、より良い F O V 性能を有する自動車レーダーシステムが提供されることが見出されている。

【 0 0 3 3 】

ここで図 2 B を参照すると、車載の自動車レーダーシステムにて行われる測定から生成された位相曲線を示している。位相曲線 4 4 は、明瞭な位相曲線（すなわち、 $\lambda/2$  のアンテナ間隔を有して生成される位相曲線）に対応し、位相曲線 4 6 は、 $3\lambda/2$  のアンテナ間隔を有して生成される位相曲線に対応する（位相曲線 4 6 は「ラッピングされていない」ことに留意すべきである）。

【 0 0 3 4 】

ここで図 3 を参照すると、自動車レーダーシステム 5 0 は、パッチアンテナ素子 5 2 a ~ 5 2 d の線形アレイ 5 2 から設けられる送信アンテナを含む。レーダーシステム 5 0 は、また、ここでは 3 つのアンテナ 5 4 , 5 6 , 5 8 から設けられる、受信アンテナを含む。具体的には、アンテナ 5 4 は、 $\lambda/2$  の距離によりアンテナ 5 6 から離間されており、アンテナ 5 8 は、 $3\lambda/2$  の距離によりアンテナ 5 6 から離間され、かつ  $\lambda/2$  の距離により、アンテナ 5 4 から離間されている。

【 0 0 3 5 】

図 3 の例示的な実施形態において、各アンテナ 5 4 , 5 6 , 5 8 は、パッチアンテナ素子 5 4 a ~ 5 4 d , 5 6 a ~ 5 6 d , 5 8 a ~ 5 8 d の線形アレイとして設けられて示されている。勿論、アンテナ 5 4 , 5 6 , 5 8 は、図 2 ~ 図 2 B と併せて本明細書で説明するように、3 チャンネル切り替えアンテナ自動車レーダーシステムとして動作するためのアレイアンテナとして、設けなくてもよいことに留意すべきである。アンテナ 5 4 , 5 6 , 5 8 の 1 つまたは全てが、アレイアンテナとして設けられる場合、これらは、線形アレイアンテナとして設けなくてもよい（例えば、アンテナ 5 4 , 5 6 , 5 8 のうちの 1 つまたは全てを、2 次元アレイアンテナとして設けてもよい）ことも理解すべきである。さらに、アレイは、任意の種類および数のアンテナ素子から設けてもよい（すなわち、パッチアンテナ素子を含むがこれに限定されない、任意の種類アンテナ素子を用いてもよい）。

【 0 0 3 6 】

よって、自動車レーダーシステム 5 0 は、3 チャンネル切り替えアンテナを利用して、システム 5 0 の角分解能を改善する。従って、自動レーダーシステム 5 0 は、図 2 ~ 図 2 B と併せて上述したように動作してもよい。

【 0 0 3 7 】

ここで図 4 を参照すると、図 2 と併せて上述したシステムと、同じかまたは同様の結果を達成することができる自動レーダーシステムの別の実施形態は、図 2 と併せて上述したように、切り替えられた第 2 のチャンネルの代わりに、3 つ以上のチャンネル 6 2 a , 6 2 b , 6 2 c を有するレシーバ 6 0 を用いてもよい。各レシーバチャンネル 6 2 a , 6 2 b , 6 2 c は、アンテナ 6 4 , 6 6 , 6 8 のそれぞれ 1 つから信号を受信する。このアプローチは、追加されたチャンネルの同時処理の可能性を有するが、コストが追加される。

【 0 0 3 8 】

図 1 ~ 図 4 と併せて上述した自動車レーダーシステムおよび関連技術は、複数の異なるアンテナから同時に取られた測定値を比較する。3 つ以上のアンテナを用いて、高い分解能を提供し、かつ曖昧性を解決してもよい。レーダーシステムは、各受信アンテナを同時に用いるために、個別の R F および I F ハードウェアを必要とするので、図 1 ~ 図 4 と併せて上述した様々な実施形態は、R F スイッチを利用して、3 つの受信アンテナの対を切り替える。4 0 m s のメジャーサイクル時間と、8 0 m s にわたる比較的静止したレーダーシーンとを想定すると、例えば、受信アンテナの交互に切り替わる対から、測定値を取ることにより、曖昧性を解決することができる。メジャーサイクル時間は、各アンテナを介して、所定数の受信信号（すなわち、測定値）を受信するために必要な時間を指す。

【 0 0 3 9 】

4 0 m s 毎の切り替えは、測定値の間の検出を関連付ける能力を十分に劣化させるシーンの切り替えを許すことがあると、本明細書では理解される。よって、より速い切り替え

10

20

30

40

50

は、測定値を関連付ける能力を改善することができる。ドップラーを正確に測定するために、自動車レーダーシステムは、約 25 m/s にわたって取られる測定値のコヒーレントなセットを必要とすることが、さらに理解される。アンテナ間のより速い切り替えは、シーンがより安定し、かつ、シーン内で変化に関連する誤差が最小化されることを意味し、これにより、ドップラー正確度を増加させる。

#### 【0040】

図5を参照すると、様々な自動車適用において用いるのに適した例示的なレーダーシステム80は、単極3投(1P3T)RFスイッチ88(時には、(1P3T)または“3:1”RFスイッチとも称される)を介して、単チャンネル無線周波数(RF)レシーバ90に選択的に結合された、3つの受信アンテナ82, 84, 86を含む。よって、図5の例のシステムにて、3つの個別のアンテナ82~86から受信された信号は、レシーバ90の1つのチャンネルを共有する。

10

#### 【0041】

受信アンテナ82~86の間隔は、レーダーシステム80が、以下に説明する技術を用いて方位角およびドップラーを解決可能となるように、選択してもよい。曖昧性を解決する目的のために、2分の1波長( $\lambda/2$ )の距離により、第2のアンテナ84から離間されている第1のアンテナ82と、1波長( $\lambda$ )の距離により、第2のアンテナ84から離間されており、かつ、1.5波長( $3\lambda/2$ )の距離により、第1のアンテナ82から離間されている第3のアンテナ86と、を(理想的な意味で)有することが好ましい場合もある。実際には、2分の1波長未満でアンテナ82, 84を離間させて、測定における雑音に対処することが、好ましいこともある。よって、いくつかの実施形態において、第2のアンテナ84は、約0.4~約0.5の範囲の距離により、第1のアンテナ82から離間される。また、実際には、アンテナ84, 86を、1.5波長( $3\lambda/2$ )よりも大きく離間することが好ましい場合もある。特定の実施形態において、第3のアンテナ86は、約1波長( $\lambda$ )の距離により、第2のアンテナ84から離間され、約1.4~約1.7の範囲の距離により、第1のアンテナ82から離間される。

20

#### 【0042】

図5の例のシステムにおいて、例示的なRFレシーバ90は、RFダウンコンバータ90aを有して示されている。当業者は、勿論、RFレシーバが、一般的に知られる他の構成要素(例えば、ダウンコンバータ90aの前に配置される1つまたは複数の低雑音増幅器)を含んでもよいことを理解するであろう。また、RFスイッチ88を、レシーバ90特有の部位として示していないことも、理解すべきである。しかし、当業者は、実際のシステムにおいては、RFスイッチ88は、RFレシーバ90の一部として設けることもできることを理解するであろう。

30

#### 【0043】

RFレシーバ90は、単チャンネルIFレシーバ92に結合される。IFレシーバ92は、当該技術分野で一般的に知られるような、様々な構成要素を含んでも良く、この構成要素は、IFフィルタと、アナログ-デジタルコンバータ(ADC)と、デジタル信号プロセッサ(DSP)とを含むが、これらに限定されない。

#### 【0044】

動作中、レーダーシステム80は、送信アンテナ(図5では不図示)を介して、RF信号を送信する。レーダービーム内のRFエネルギーは、物体(またはシーン)に衝突し、物体によって反射または方向転換されてレーダー80に向けて戻ったRFエネルギーは、受信アンテナ82~86によって受信される。送信されたRFエネルギーは、規則的な間隔で送信される線形周波数変調連続波(FMCW)チャープ信号の形態にあってもよい。例えば、いくつかの実施形態において、システム80は、約107マイクロ秒ごとにチャープを送信する(例えば、22マイクロ秒の再トレースを有する85マイクロ秒のチャープ)。

40

#### 【0045】

スイッチ88は、以下でさらに詳述するように、適切な時点で、受信アンテナ82~8

50

6のそれぞれ1つと、レシーバ90のRF入力と、の間のRF信号経路を提供する。単チャネルRFレシーバ90は、アンテナ82～86のそれぞれ1つから供給されたRF信号を受信し、この信号を、所与の中間周波数にダウンコンバートして、IFレシーバ92によりさらに処理させる。

#### 【0046】

1つの例示的な実施形態において、RFスイッチ88をトランスミッタと同期させて、3つのアンテナ82～86を通じて選択的にサイクルして、1つのチャープの持続時間にわたって所与の受信アンテナに存在させてもよい（すなわち、この例示的な実施形態において、スイッチは、アンテナのうちの1つを、1つのチャープに対応する時間にわたってRFレシーバに結合する）。3つのアンテナ82～86にわたる1つの進行は、マイナーサイクルと称される。追加のデータ（例えば、方位角の明瞭な測定値を得るために用いることができるデータ）を収集するために、レーダーシステム80は、集合的にメジャーサイクルと称されるいくつかのマイナーサイクルを行ってもよい。いくつかの実施形態において、レーダーシステム80は、メジャーサイクル毎に192個のチャープを送信し、その結果、各アンテナから64個の可能な測定値をもたらす。よって、85マイクロ秒のチャープと、22マイクロ秒の再トレースとにより、レーダーシステム80は、約20ms毎のメジャーサイクルを完了することができる。

10

#### 【0047】

勿論、他のシステムにおいて、各アンテナ82, 84, 86を介して受信されたデータの量（例えば戻り信号）が、以下に説明するようにレーダーFovにより物体の位置を決定する正確な処理の発生を可能とするのに十分である限り、異なる切り替え速度またはパターンを用いてもよいことを理解すべきである。

20

#### 【0048】

IFレシーバ92は、RFレシーバ90から結合される信号を処理する。様々な実施形態において、IFレシーバ92は、メジャーサイクルにわたって、192個の測定値を受信し（例えば、3つの受信アンテナ82～86のそれぞれに、64個のチャープ）、これらのインターリーブされた測定値を用いて、レーダーFov（例えば、明瞭に解決することにより）方位角およびドップラー内の物体の位置を決定する。

#### 【0049】

特定の実施形態において、IFレシーバ92は、以下の処理を行い、明瞭な方位角およびドップラーを解決する。他の実施形態においては、以下にさらに説明するように、このような処理を、プロセッサによって行ってもよい。

30

#### 【0050】

ステップ1：各受信アンテナ82～86に関し、メジャーサイクルにわたって収集されたそれぞれのアナログチャープ戻り信号を、時間領域サンプルのセットに変換する。時間シーケンスサンプルを、後の処理のためにメモリに記憶させる。

#### 【0051】

ステップ2：各受信アンテナ82～86に関し、2D高速フーリエ変換（FFT：Fast Fourier Transform）を用いて、時間領域サンプルを周波数領域に変換して、各レンジ/ドップラービン内の大きさおよび目標に対する位相を得る。システムは、受信アンテナ82～86の間で高速に切り替わるため、各アンテナからのインターリーブされた測定値は、コヒーレントなシーンのものとみなすことができる。

40

#### 【0052】

ステップ3：各受信アンテナ82～86に関して、基礎となる目標に対する位相を修正する。各周波数領域ビン内の目標に対する位相は、メジャーサイクルにわたって、平均レンジ（特定のアンテナにより測定されるように）に依存することに留意する。受信アンテナ82～86は、異なる位置を有するため（よって、位相は目標へとシフトする）、および、目標の移動は、平均位相の変化を起こさせ得るため（ドップラーによる）、チャープ時間およびドップラーに対するプロレクションにおいて、位相をシフトさせることが必要である。

50

## 【 0 0 5 3 】

ステップ 4 : 3つの受信アンテナ 8 2 ~ 8 6 からのドップラー補正済み位相を用いて、方位角度およびドップラーを決定する。各アンテナは、わずかに異なる時刻でレンジおよび方位角の測定値を取り、目標は、測定値の間のレンジを移動するため、3つの測定値（位相）と、2つの未知のもの（ドップラーおよび方位角）とがある。任意の適切な技術を用いて、2つの未知のものを解決することができる。

## 【 0 0 5 4 】

いくつかの実施形態において、3つのアンテナ位相測定値を合計および平均し、受信信号に対する位相雑音の影響を減少させることができる。特に、目標からアンテナまでの距離は、アンテナ間隔よりもずっと大きく、目標からの戻り信号は、光線が互いに平行の“平面波”として見る事が出来る。各アンテナ 8 2 ~ 8 6 にて見られる位相は、アンテナ位置と、到来角とに依存する。到来角は、各アンテナ 8 2 ~ 8 6 に対して同じであるが、3つのアンテナ位置対位相の線形関係を合計および平均し、受信信号に対する位相雑音の影響を減少させることができる。例えば、いくつかの実施形態において3つの点をプロット（位相対アンテナ位置）してもよく、3つの点を通した“最良に適合”する直線的な解決策を見出してもよい。

10

## 【 0 0 5 5 】

上述の処理ステップは、単に1つの例であること、および他の実施を使用し、3つの受信アンテナからのインターリーブされた測定値を用いて、ドップラーおよび方位角を解決してもよいことを理解すべきである。

20

## 【 0 0 5 6 】

上述したように、位相曲線は、目標までの測定された位相差と、実際の方位角度との間の関係である。各アンテナ対（例えば、アンテナ 2 2 , 2 4 を対とし、アンテナ 2 2 , 2 6 を対とする）は、一意な関係すなわち位相曲線を有する。40msのメジャーサイクル時間と、80msにわたる比較的静止したレーダーシーンを想定すると、例えば、一方の位相曲線を用いて、他方の曖昧性を解決することができる。マルチチャンネルレシーバ（例えば、図2のレシーバ32）において、複数の異なるアンテナから同時に取られた測定値を用いて位相差を計算することができる。単チャンネルレシーバ（例えば、図5のレシーバ92）においては、異なるアプローチを取らなければならない。様々な実施形態において、レシーバ92は、複数の異なるアンテナから“ほぼ同時に”取られた測定値を用いて位相差を決定する。本明細書で用いられるように、“ほぼ同時”というフレーズは、連続する測定値の間の時間が、シーンが変わるのにかかる時間よりも著しく短い、ということの意味する。

30

## 【 0 0 5 7 】

上述したように、曖昧性解決は、好ましくは、約  $\lambda/2$  のアンテナ間隔と、約  $3\lambda/2$  のアンテナ間隔と、における位相差測定値を用いて行われる。単チャンネルレシーバ90において、これは、ほぼ同時の測定値をアンテナ 8 2 , 8 4 および 8 6 にて取るようにして、3つのアンテナ 8 2 ~ 8 6 を高速に切り替えることにより達成することができる。3つ全てのアンテナ 8 2 ~ 8 6 から受信するほぼ同時の位相情報を用いて、方位角の明瞭な測定値を生成することができる。特定の実施形態において、これは、図6に示され、かつ、この図と併せて以下に説明する、例示的に記載されるプロセスを用いて達成される。

40

## 【 0 0 5 8 】

図5と併せて上述したレーダーシステム設計および関連する処理技術は、いくつかの利点を提示することが理解される。単チャンネルRFは、ハードウェアコストを減少させ、高精度の2チャンネル追跡の必要性を除去し、一方で、より速い切り替えは、明瞭な方位角測定値を可能にする。

## 【 0 0 5 9 】

開示されたレーダーシステム設計および処理技術は、切り替えを十分に速く行うことができる限りにおいて、追加のRFまたはIFハードウェアを要求することなく、より大きな数のアンテナ（例えば4つ以上のアンテナ）にスケールアップできることが、さらに理

50

解される。アンテナ間の間隔を増加させることは、方位角における変化に対してのより大きな位相差を生成し、これは、位相雑音の影響、および車両の影響を減少することができる、ということが理解される。追加のアンテナを用いることは、曖昧性を導入することなしに、拡大されたアンテナ間隔を可能にする。

**【 0 0 6 0 】**

図 5 A は、図 5 のレーダーシステム 8 0 と同じか、または類似してもよい、例示的なレーダーシステム 1 0 0 を示している。レーダーシステム 1 0 0 は、受信アンテナ 1 0 2 , 1 0 4 , 1 0 6 を含み、これらアンテナは、図 5 と併せて上述したように、任意の適切な間隔で設けてもよい。3 つのアンテナ 1 0 2 ~ 1 0 6 は、3 : 1 R F スイッチ 1 0 8 を介して、単チャンネル無線周波数 ( R F ) レシーバ 1 1 0 に選択的に結合される。改善された性能のために、スイッチは、低損失を有するように選択して、チャープ持続期間よりもずっと小さい切り替え速度を提供し、かつ、チャンネル間の 3 0 d B よりも大きな分離を提供してもよい。この例において、R F レシーバ 1 1 0 は、L N A 1 1 2 と、ダウンコンバータ 1 1 4 とを含む。R F レシーバ 1 1 0 は、単チャンネル I F レシーバ 1 1 6 に結合され、これは、この例では、I F 増幅器 1 1 8 と、第 1 の I F フィルタ 1 2 0 と、第 2 の I F 増幅器 1 2 2 (これは、図示されるように、第 2 の I F フィルタと組み合わせて設けてもよい) と、プロセッサ 1 2 4 と、を含む。

10

**【 0 0 6 1 】**

プロセッサ 1 2 4 は、I F レシーバから供給された信号を受信し、かつ、上述の処理を行って、物体検出を計算する (例えば、方位角およびドップラー情報)。

20

**【 0 0 6 2 】**

例示としてのレーダーシステム 1 0 0 は、また、図示されるように、プロセッサ 1 2 4 と送信アンテナ 1 2 8 とに結合されたトランスミッタ回路 1 2 6 を含む。いくつかの実施形態において、レーダーシステム 1 0 0 は、入出力ポート 1 3 0 と、電力サブシステム 1 3 2 と、および / または、ビームセレクト 1 3 4 と、をさらに含んでもよい。

**【 0 0 6 3 】**

図 5 A に示したレーダーシステム 1 0 0 は、単に、図 5 に示した上述の一般化されたレーダーシステム設計の 1 つの可能な実施であるとするべきである。よって、他の実施において、システム 1 0 0 の構成要素を追加、除去、および / または組み合わせてもよい。例えば、プロセッサ 1 2 4 は、I F 信号をデジタル化する A D C と、デジタル化された信号を処理する D S P と、を含んでもよいことを理解すべきである。交互に、A D C は、プロセッサ 1 2 4 とは別に設けてもよい。

30

**【 0 0 6 4 】**

図 6 は、単チャンネル I F レシーバと組み合わされた、3 つの受信アンテナを利用するもう 1 つの自動車レーダーシステム設計を示している。例示的なレーダーシステム 1 5 0 は、約 0 . 4 ~ 約 0 . 5 の距離により、第 2 のアンテナ 1 5 4 から離間された第 1 のアンテナ 1 5 2 と、約 の距離により第 2 のアンテナ 1 5 4 から離間され、かつ、約 1 . 4 ~ 約 1 . 7 の距離により、第 1 のアンテナ 1 5 2 から離間された第 3 のアンテナ 1 5 6 と、を含む。3 つのアンテナ 1 5 2 ~ 1 5 6 は、3 チャンネル R F レシーバ 1 5 8 のそれぞれのチャンネル 1 5 8 a ~ 1 5 8 c に結合されている。R F レシーバチャンネル 1 5 8 a ~ 1 5 8 c のそれぞれは、3 : 1 I F スイッチ 1 6 0 を介して単チャンネル I F レシーバ 1 6 2 の入力に選択的に結合された出力を有する。いくつかの実施形態において、レシーバは、M H z 領域への周波数応答と、3 0 d B よりも大きなチャンネル分離と、を有する標準的なアナログスイッチ 1 6 0 を含む。

40

**【 0 0 6 5 】**

R F レシーバチャンネル 1 5 8 a ~ 1 5 8 c のそれぞれは、図 5 のレシーバチャンネル 9 0 a と同じか、または類似してもよい。よって、所与の R F レシーバチャンネル 1 5 8 a ~ 1 5 8 c は、R F ダウンコンバータと、低雑音増幅器と、および / または、一般的に知られる他の構成要素と、を含んでもよい。

**【 0 0 6 6 】**

50

単チャンネル I F レシーバ 1 6 2 は、図 5 と併せて上述した I F レシーバ 9 2 と同じか、類似してもよい。特に、I F レシーバ 1 6 2 は、3 つの受信アンテナ 1 5 2 ~ 1 5 6 からのインターリーブされた測定値と、上述の技術と、を用いて、明瞭な方位角およびドップラーを解決するように構成されたプロセッサを含んでもよい。

#### 【 0 0 6 7 】

動作中、3チャンネル R F レシーバ 1 5 8 は、3 つの受信アンテナ 1 5 2 ~ 1 5 6 のそれぞれから供給された R F 信号を同時に受信する。それぞれの R F チャンネル 1 5 8 a ~ 1 5 8 c は、R F 信号をダウンコンバートして、対応する I F 信号を生成し、これら信号は、3 つの入力として、I F スイッチ 1 6 0 に供給される。I F スイッチ 1 6 0 は、トランスミッタと共に同期させて、3 つの I F 信号を選択的にサイクルしてもよく、これにより、3 つのアンテナ 1 5 2 ~ 1 5 6 からのインターリーブされたレンジおよびドップラー測定値を収集する。図 6 の実施形態において I F レシーバ 1 6 2 により収集された種類情報は、図 5 の I F レシーバ 9 2 により収集されたものと本質的に同じものとしてことができ、よって、同じまたは類似の信号処理技術を適用して、明瞭な方位角およびドップラーを解決できる、ということが理解される。

#### 【 0 0 6 8 】

図 6 A は、図 6 のレーダーシステム 1 5 0 と同じか、類似していてもよい、例示的なレーダーシステム 1 8 0 を示している。レーダーシステム 1 8 0 は、受信アンテナ 1 8 2 , 1 8 4 , 1 8 6 を含み、これらアンテナは、図 6 と併せて上述したように離間してもよい。3 つのアンテナ 1 8 2 ~ 1 8 6 は、3チャンネル R F レシーバ 1 8 8 (ここで各チャンネルは、L N A とダウンコンバータとを有して示されている)の入力に結合され、R F レシーバ 1 8 8 の出力は、3 : 1 I F スイッチ 1 9 0 を介して、I F レシーバ 1 9 2 に選択的に結合されている。I F レシーバ 1 9 2 は、増幅器、フィルタ、A D C、および / または D S P などの、一般的に知られる構成要素を含んでもよい。いくつかの実施形態において、A D C は、3 M H z で動作可能である。例示的なレーダーシステム 1 8 0 は、また、図示されるように、トランスミッタ回路 1 9 4 と、入出力ポート 1 9 8 と、電力サブシステム 2 0 0 と、を含む。

#### 【 0 0 6 9 】

図 7 は、3チャンネル I F レシーバと組み合わせた、3 つの受信アンテナを利用する自動車レーダーシステム設計を示している。例示的なレーダーシステム 2 2 0 は、約 0 . 4 ~ 約 0 . 5 の距離により、第 2 のアンテナ 2 2 4 から離間された第 1 のアンテナ 2 2 2 と、約 の距離により第 2 のアンテナ 2 2 4 から離間され、かつ、約 1 . 4 ~ 約 1 . 7 の距離により、第 1 のアンテナ 2 2 2 から離間された第 3 のアンテナ 2 2 6 と、を含む。3 つのアンテナ 2 2 2 ~ 2 2 6 は、3チャンネル R F レシーバ 2 2 8 のそれぞれのチャンネル 2 2 8 a ~ 2 2 8 c に結合されており、チャンネル 2 2 8 a ~ 2 2 8 c は、次いで、3チャンネル I F レシーバ 2 3 0 のそれぞれのチャンネル 2 3 0 a ~ 2 3 0 c に結合されている。I F レシーバチャンネル 2 3 0 a ~ 2 3 0 c の出力は、入力としてプロセッサ 2 3 2 に供給してもよい。いくつかの実施形態においては、プロセッサ 2 3 2 は、I F レシーバ 2 3 0 の一部として設けられる。

#### 【 0 0 7 0 】

動作中、3チャンネル R F レシーバ 2 3 0 は、3 つの受信アンテナ 2 2 2 ~ 2 2 6 のそれぞれから供給された R F 信号を同時に受信する。それぞれの R F チャンネル 2 2 8 a ~ 2 2 8 c は、R F 信号をダウンコンバートして I F 信号を生成し、これら信号は、I F チャンネル 2 3 0 a ~ 2 3 0 c のそれぞれ 1 つに、入力として供給される。I F チャンネルは、フィルタリングおよび増幅などの、様々な I F 処理を行ってもよい。結果として生じる I F 信号は、プロセッサ 2 3 2 によって同時に受信してもよい。

#### 【 0 0 7 1 】

プロセッサ 2 3 2 は、図 5 と併せて上述したものと同様の技術と、上述の技術とを用いて、3 つの受信アンテナ 1 5 2 ~ 1 5 6 からの同時測定値を用いて、明瞭な方位角およびドップラーを解決するように構成してもよい。同時のチャンネルを設けることは、別個のサ

10

20

30

40

50

ングにおける時間シフトを除去することにより、方位角の計算を簡素化することが理解される。これは、より高速な測定サイクルも可能にする。

【0072】

本明細書で提供する説明から明らかなように、本明細書で説明する概念、構造および技術は、任意の24GHzレーダー、特に、広い視野(FOV)のアンテナ設計を用いたレーダーに役立てることができる。さらに、本明細書で説明する概念、構造および技術は、盲点検出と、レーン変更と、CTAと、駐車区画測定と、を含むがこれらに限定されない、多種多様な適用に用いることができる。

【0073】

本開示の主題である、様々な概念、構造および技術を示す役割を果たす、好適な実施形態を説明したが、ここで、当業者には、これらの概念、構造および技術を組み込んだ他の実施形態を用いてもよいことが明らかとなるであろう。例えば、本明細書で説明する異なる実施形態の個別の概念、特徴(または要素)および技術を組み合わせ、特に上で説明していない他の実施形態を形成してもよいことに留意すべきである。さらに、1つの実施形態の文脈で説明される、様々な概念、特徴(または要素)および技術は、別個に、または任意の適切な下位の組み合わせで設けてもよい。よって、本明細書で特に説明されていない他の実施形態も、以下の特許請求の範囲内にあることが予期される。

10

【0074】

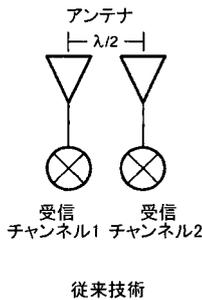
よって、本明細書で説明する概念、システムおよび技術の特定の実施形態を図示し説明してきた一方で、以下の特許請求の範囲に定義されるように、本開示の精神および範囲から逸脱することなく、形態および詳細における様々な変更および修正を行ってもよいことが、当業者には明らかとなるであろう。

20

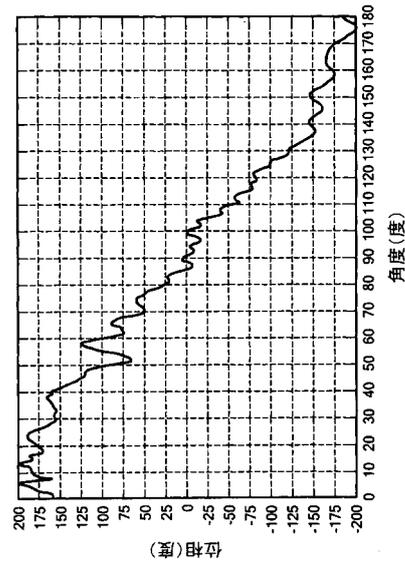
【0075】

従って、添付の特許請求の範囲は、全てのそのような変更および修正を、その範囲に包含する。

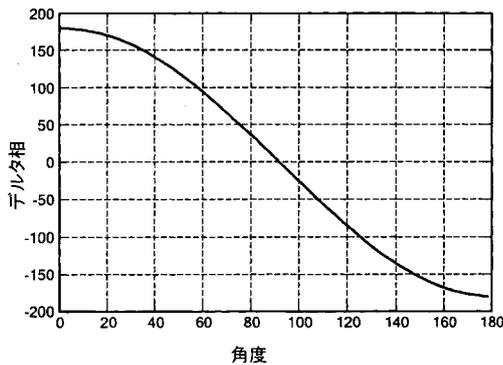
【図1】



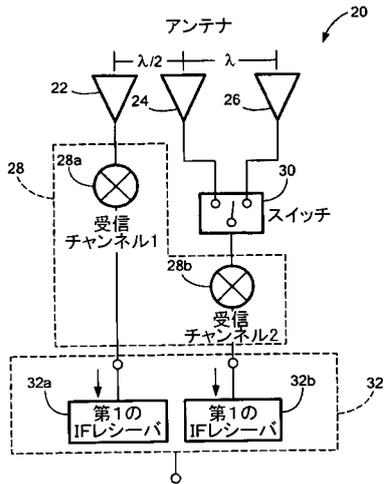
【図1B】



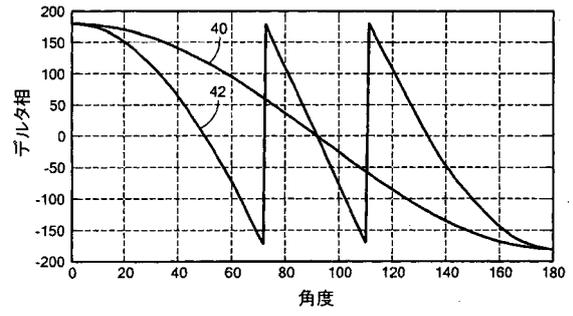
【図1A】



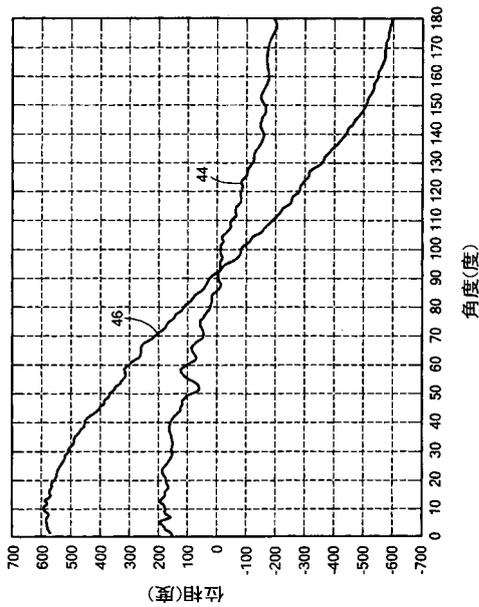
【図2】



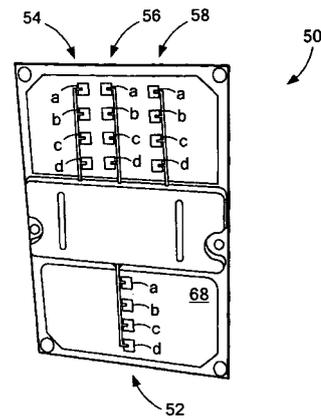
【図2A】



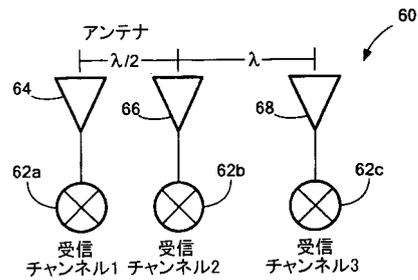
【図2B】



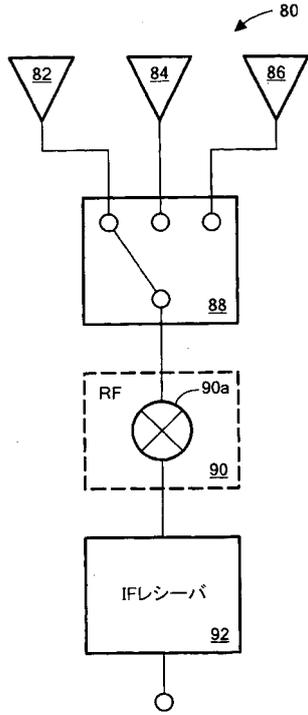
【図3】



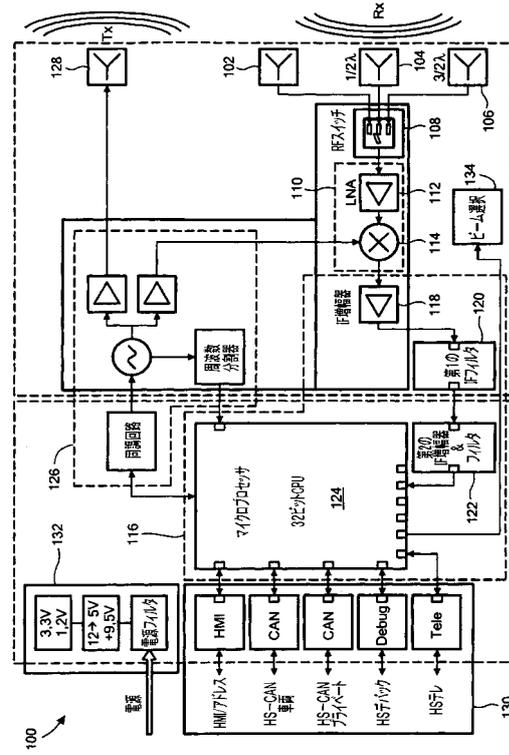
【図4】



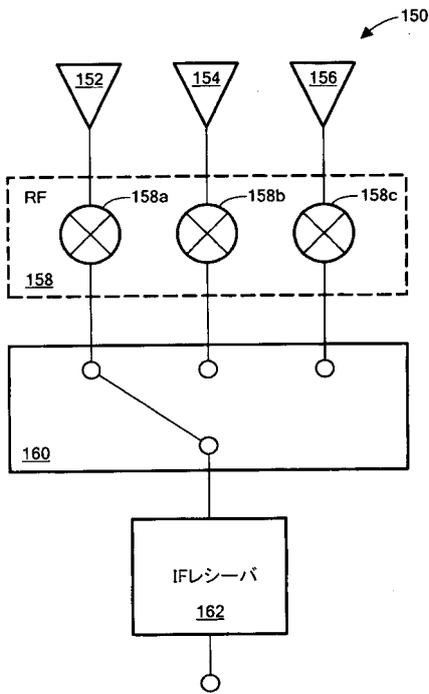
【図5】



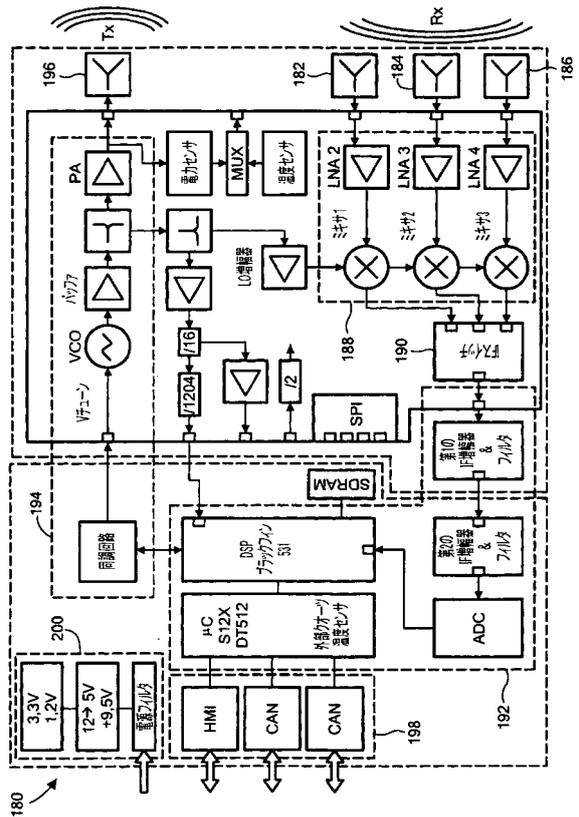
【図5A】



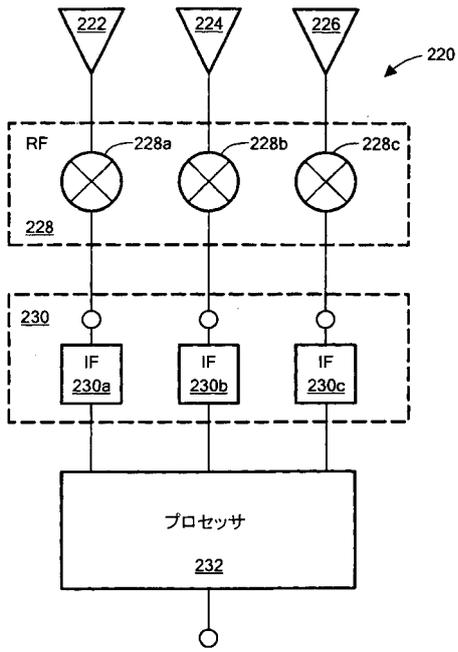
【図6】



【図6A】



【 図 7 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2015/062378

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	G01S7/03	G01S7/35
		G01S13/44
		G01S13/93
ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 766 100 A1 (NIPPON DENSO CO [JP]) 2 April 1997 (1997-04-02) figure 18 page 2, line 29 - line 31 page 6, line 26	1-18
X	US 2012/313811 A1 (SUZUKI KOJI [JP]) 13 December 2012 (2012-12-13) figure 1 abstract paragraph [0050]	1-18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier application or patent but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *&* document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
22 February 2016		03/03/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Alberga, Vito

1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2015/062378

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0766100	A1	02-04-1997	
		DE 69612252 D1	03-05-2001
		DE 69612252 T2	18-10-2001
		EP 0766100 A1	02-04-1997
		JP 3627389 B2	09-03-2005
		JP H09152478 A	10-06-1997
		US 5757307 A	26-05-1998
-----			
US 2012313811	A1	13-12-2012	
		CN 102725653 A	10-10-2012
		DE 112010005194 T5	31-10-2012
		US 2012313811 A1	13-12-2012
		WO 2011092814 A1	04-08-2011
-----			

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100127465

弁理士 堀田 幸裕

(74)代理人 100202429

弁理士 石原 信人

(72)発明者 ジェフリー、ミラー

アメリカ合衆国ニューハンプシャー州、モント、バーノン、スプリング、ヒル、ロード、37

(72)発明者 ジョゼフ、エス・プレバ

アメリカ合衆国ニューハンプシャー州、ロンドンデリー、ロッシーニ、ロード、16

Fターム(参考) 5J070 AB17 AC06 AC13 AD06 AD08 AF03 AH35 BA01