



SPF Economie, PME, Classes
Moyennes & Energie
Office de la Propriété intellectuelle

(11) 1031268 B1

(47) Date de délivrance : 10/04/2025

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 10/04/2025

(21) Numéro de demande : BE2024/5050

(22) Date de dépôt : 26/01/2024

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : G01S 7/02, G01S 7/03, G01S 13/00, G01S 13/89, G01S 13/42, G01S 13/58, H01Q 15/08

(30) Données de priorité :

27/01/2023 DE 102023102084.6

(73) Titulaire(s) :

BEA SA
SA
4031, ANGLEUR
Belgique

(72) Inventeur(s) :

KASCHTEN Vincent
4031 ANGLEUR
Belgique

ZAMBON Alain Louis
4420 SAINT-NICOLAS
Belgique

(54) Capteur radar à micro-ondes de formation d'image

(57) L'invention concerne un capteur radar à micro-ondes de formation d'image (10) destiné à générer une image d'au moins une partie de son espace environnemental, dans lequel le capteur (10) comprend au moins une unité d'émission (12), une unité de réception (14) et une unité d'exploitation (15) qui présente un port de sortie (38) pour la sortie d'une image et qui est reliée à l'unité d'émission (12) et à l'unité de réception (14), dans lequel l'image comprend des champs, les champs étant associés à une paire de canaux composée d'un canal d'émission (TX.X) et d'un canal de réception (RX.X), dans lequel au moins deux canaux d'émission (TX.X) et au moins deux canaux de réception (RX.X) correspondent à chaque fois à un faisceau en forme d'éventail (BT.X, BR.X) qui a une première dimension (D1) qui est nettement plus grande qu'une seconde dimension (D2), et dans lequel la première dimension (D1) est perpendiculaire à la seconde dimension (D2), dans lequel le champ est associé à une caractéristique de résultat de radar (RC) qui est fournie par le canal de réception (RX.X) dont le faisceau de réception en forme d'éventail (BR.X) se croise avec le faisceau d'émission en forme d'éventail (BT.X) du canal d'émission (TX.X) en formant une zone de chevauchement (OA, OA.X).

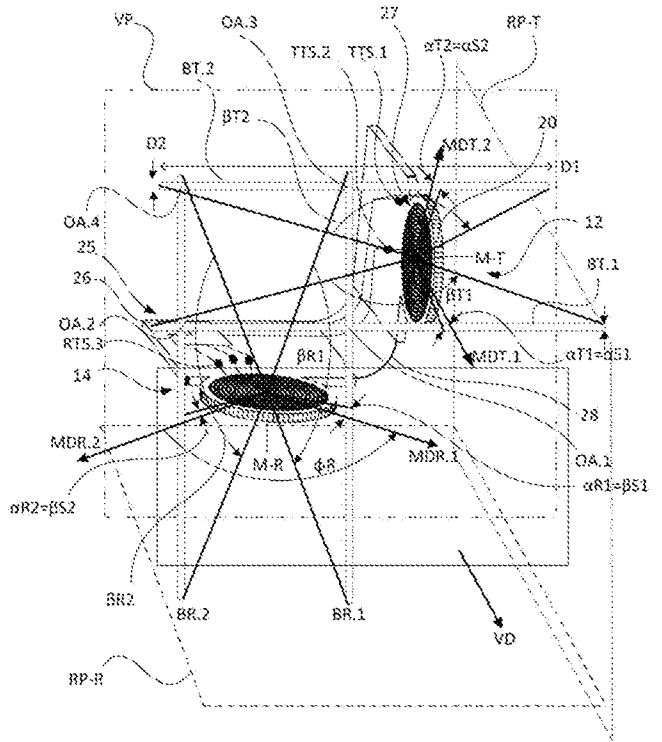


Fig. 3

Capteur radar à micro-ondes de formation d'image

L'invention concerne un capteur radar à micro-ondes de formation d'image destiné à générer une image
5 d'au moins une partie d'un espace environnemental à proximité du capteur, selon le préambule de la revendication 1.

Dans le document US 2010 0141 527 A1, un capteur radar est divulgué avec un système d'antenne
orthogonale dans lequel au moins une ouverture d'émission génère un faisceau d'émission et au moins
10 une ouverture de réception est associée à un faisceau de réception. Ainsi l'ouverture d'émission est sensiblement orthogonale par rapport à l'ouverture de réception correspondante, ce qui permet de former un produit croisé à partir des deux ouvertures orthogonales. Le faisceau d'émission est ainsi étroit dans une première dimension et large dans une seconde dimension, et le faisceau de réception est large orthogonalement à la première dimension et étroit orthogonalement à la seconde dimension.

15 Le signal d'émission est réfléchi par un objet et reçu par la matrice orthogonale de sorte qu'il résulte de la fonction de transmission à deux voies un produit croisé de deux diagrammes d'antenne dont l'un est vertical et l'autre est horizontal. En croisant le faisceau d'émission avec le faisceau de réception, on obtient un produit croisé composé avec un faisceau étroit.

20 Dans le document US 2014 0176 377 A1, un système d'antenne est représenté avec une lentille électromagnétique cylindrique qui est configurée de telle sorte qu'elle guide au moins un signal électromagnétique vers une zone sortante à l'aide d'au moins une modification de la permittivité diélectrique et génère ainsi un faisceau qui sort de la zone sortante. Le système d'antenne présente un élément diélectrique qui est configuré de telle sorte qu'il reçoive le faisceau sortant de la zone de sortie
25 et focalise le faisceau dans un plan d'élévation perpendiculaire à un plan plat de la lentille électromagnétique cylindrique. La lentille électromagnétique cylindrique est reçue dans un support conducteur et dans ce support se trouve l'élément diélectrique.

Dans le document WO 2018 035 148 A1, une application radar est divulguée dans laquelle une lentille
30 de Lüneburg sphérique imprimée en 3D est utilisée pour la commande de faisceau. Ainsi les récepteurs sont appliqués autour de la lentille de telle sorte que la caractéristique de rayonnement de l'antenne reste préservée dans tous les angles sans déformation du faisceau. Le radar s'aligne sur l'environnement de manière adaptative en termes de modèle de balayage spatial, de bande de fréquences de balayage, de fréquence de répétition d'impulsions et d'intervalle de traitement cohérent.

À cet effet, un balayage grossier est d'abord réalisé, où les résultats de balayage sont actualisés avec une forme d'ondes à bande étroite et un balayage à faisceau large. Lors de l'identification des objets d'intérêt, il est alors réalisé un balayage détaillé à haute résolution dans une plage d'intérêt définie. Il est divulgué un procédé d'affaiblissement des interférences du radar basé sur des lentilles de Lüneburg imprimées en 3D et un procédé d'amélioration de la résolution angulaire résolution angulaire en utilisant une approche MIMO basée sur des lentilles.

Dans le document US 2008 0055 175 A1, une antenne à plusieurs faisceaux est divulguée avec au moins une lentille électromagnétique et une pluralité de structures de transition avec des éléments d'alimentation d'antenne sur un substrat diélectrique. Ceux-ci sont dimensionnés pour rayonner, respectivement pour recevoir, des ondes électromagnétiques dans, respectivement depuis, une direction qui s'étend sensiblement depuis un bord convexe ou concave du substrat diélectrique. Ainsi au moins deux des éléments d'antenne fonctionnent dans des directions différentes.

Le but de l'invention est de mettre à disposition un capteur radar à micro-ondes de formation d'image qui est capable de générer rapidement et avec des temps d'analyse faibles une image d'au moins une partie de l'espace qui l'environne.

Ce but est atteint par un capteur radar à micro-ondes selon la revendication 1.

Les sous-revendications concernent des modes de réalisation avantageux de l'invention.

L'invention concerne un capteur radar à micro-ondes de formation d'image destiné à générer une image d'au moins une partie de l'espace environnant. Le capteur peut être utilisé pour détecter un objet qui se trouve à une portée inférieure à 200 m, en particulier environ 20 m, du capteur.

Le capteur radar à micro-ondes de formation d'image se compose d'au moins une unité d'émission, une unité de réception et une unité d'exploitation. L'unité d'exploitation est aussi bien reliée à l'unité d'émission qu'à l'unité de réception, qui à chaque fois génèrent une pluralité de faisceaux d'émission et de réception.

L'unité d'exploitation dispose d'un port de sortie pour la sortie d'une image d'au moins une partie de l'espace environnant le capteur radar à micro-ondes de formation d'image. Cette image se compose

d'une pluralité de champs. Ainsi chaque champ est associé à une paire de canaux qui se compose d'un canal d'émission et d'un canal de réception.

5 Au moins deux canaux d'émission et au moins deux canaux de réception correspondent à chaque fois à un faisceau en forme d'éventail. Le faisceau en forme d'éventail représente une zone d'une caractéristique de rayonnement en forme d'éventail qui est associée à un signal micro-ondes.

10 Les faisceaux en forme d'éventail ont à chaque fois une première et une seconde dimension, la seconde dimension étant à angle droit par rapport à la première. La première dimension est considérablement plus grande que la seconde dimension puisqu'elle est au moins trois fois plus grande que la seconde dimension. La première dimension se rapporte à un angle d'élévation, la seconde dimension à un angle d'azimut. L'énergie électromagnétique reliée au faisceau en forme d'éventail ne se propage donc pas de manière régulière dans toutes les directions. L'énergie électromagnétique est guidée principalement dans une direction souhaitée et affaiblie dans d'autres directions.

15 Le faisceau en forme d'éventail correspondant au canal de réception et le faisceau en forme d'éventail correspondant au canal d'émission se chevauchent, ce qui permet de définir une zone de chevauchement. Le canal d'émission est associé à un faisceau d'émission en forme d'éventail avec une caractéristique de signal spécifique. Une micro-onde émise associée au faisceau d'émission en forme d'éventail est réfléchiée par un objet d'intérêt dans l'environnement du capteur, d'où il en résulte une onde d'écho qui se croise avec le faisceau de réception en forme d'éventail.

25 Par ailleurs, l'onde d'écho présente une caractéristique de signal modifiée par rapport à la micro-onde émise. L'unité d'exploitation traite un signal de réception sur la base du signal émis et génère un signal de résultat avec une caractéristique de résultat de radar. La caractéristique de résultat de radar peut comprendre une amplitude, une fréquence, une phase, etc., du signal micro-ondes. La caractéristique de résultat de radar est associée au canal de réception correspondant, et à chaque champ de l'image sont associées des informations de résultat qui se basent sur une caractéristique de résultat de radar générée par le canal de réception.

30 La caractéristique de résultat de radar associée à un canal de réception résulte d'une paire définie de faisceaux d'émission et de réception qui se chevauchent et forment une zone de chevauchement. Par conséquent chaque champ de l'image se rapporte à une zone de chevauchement d'un faisceau d'émission qui correspond à un faisceau de réception.

L'invention est caractérisée en ce que le canal d'émission est corrélé avec l'unité d'émission qui comprend un moyen de formation de faisceau par réfraction. Le moyen de formation de faisceau par réfraction est un moyen de formation de faisceau passif analogique qui comprend un plan de référence d'émission par rapport auquel la première dimension des faisceaux en forme d'éventail des canaux d'émission s'étend perpendiculairement. L'unité d'émission comprend une pluralité de structures de transition d'émission qui sont reliées au moyen de formation de faisceau par réfraction en différentes positions de transition par rapport au moyen de formation de faisceau par réfraction respectif. Les structures de transition d'émission sont disposées de préférence soit sur la surface du moyen de formation de faisceau par réfraction soit à une distance faible de celui-ci. Les structures de transition d'émission transforment un signal électrique en un signal électromagnétique qui est alors guidé dans le moyen de formation de faisceau par réfraction de l'unité d'émission. La micro-onde est déviée par le moyen de formation de faisceau par réfraction, ce qui permet de former des faisceaux d'émission. Pour cette raison chaque canal d'émission est relié au moins à une structure de transition d'émission.

Le moyen de formation de faisceau par réfraction modifie l'orientation des ondes électromagnétiques qui le traversent, ce qui permet d'obtenir une sélectivité spatiale lors de la transmission du signal micro-ondes. En raison du moyen de formation de faisceau par réfraction, l'énergie rayonnée ne se propage donc pas de manière régulière dans toutes les directions. Par contre, celle-ci est guidée dans une direction souhaitée et affaiblie dans d'autres directions. En particulier les ondes électromagnétiques sont reliées aux faisceaux en forme d'éventail d'une caractéristique de rayonnement en forme d'éventail qui est reliée à un signal micro-ondes. Le faisceau en forme d'éventail représente une plage angulaire de la caractéristique de rayonnement, la plage angulaire comprenant des valeurs de gain de transmission proches du gain de transmission maximal et qui se trouvent typiquement sous une valeur de seuil définie du gain de transmission maximal. La valeur de seuil se rapporte à l'amplitude de gain de transmission maximale de la caractéristique de rayonnement et peut par exemple être comprise entre 3 dB et 10 dB.

La première dimension du faisceau d'émission en forme d'éventail est perpendiculaire au plan de référence d'émission. La première dimension du faisceau d'émission s'étend sur un angle d'élévation d'émission qui est dans un plan d'élévation d'émission qui est perpendiculaire au plan de référence d'émission. La seconde dimension s'étend sur un angle d'azimut d'émission qui se trouve à l'intérieur du plan de référence d'émission. En particulier la première dimension correspond à une hauteur de faisceau et la seconde dimension à une largeur de faisceau.

En outre, le canal de réception de manière analogue au canal d'émission est corrélé avec l'unité de réception qui comprend un moyen de formation de faisceau par réfraction, c'est-à-dire un moyen de formation de faisceau passif analogue qui a un plan de référence de réception par rapport auquel la première dimension des faisceaux en forme d'éventail des canaux de réception est perpendiculaire. L'unité de réception comprend une pluralité de structures de transition de réception qui sont reliées au moyen de formation de faisceau par réfraction en différentes positions de transition par rapport au moyen de formation de faisceau par réfraction, de sorte que chaque canal de réception soit relié au moins à une structure de transition de réception.

Plusieurs structures de transition de réception en différentes positions de transition sont associées au moyen de formation de faisceau par réfraction de l'unité de réception, lesquelles structures se trouvent de préférence soit sur la surface du moyen de formation de faisceau par réfraction soit à une faible distance de celui-ci. Ainsi à chaque structure de transition de réception est associée à chaque fois une position de transition individuelle par rapport au moyen de formation de faisceau par réfraction de l'unité de réception. Les structures de transition de réception reçoivent l'écho correspondant des signaux électromagnétiques émis après que ceux-ci aient traversé le moyen de formation de faisceau par réfraction de l'unité de réception. Les ondes d'écho entrent dans le moyen de formation de faisceau par réfraction, dans lequel alors ce sont les ondes d'écho dont la direction d'ondes est corrélée avec un faisceau de réception défini qui sont assimilées efficacement par la structure de transition de réception correspondante. Autrement dit, on obtient une sélectivité spatiale lors de la réception de l'onde d'écho et la première dimension d'un faisceau de réception est perpendiculaire au plan de référence de l'unité de réception, tandis que la seconde dimension se trouve dans le plan de référence de réception.

Pour l'unité de réception s'appliquent de manière analogue les mêmes définitions de plan d'élévation, d'angle d'élévation et d'angle d'azimut. La première dimension d'un faisceau de réception s'étend sur un angle d'élévation de réception qui est dans un plan d'élévation de réception qui est perpendiculaire au plan de référence de réception. La seconde dimension s'étend sur un angle d'azimut de réception qui se trouve à l'intérieur du plan de référence de réception.

Selon l'invention, pour générer l'image d'au moins une partie de l'espace environnant le capteur radar à micro-ondes, il est possible de mettre en relation une zone d'image avec des champs, chaque champ correspondant à un ensemble de canaux composé d'un canal d'émission et d'un canal de réception, dont les faisceaux respectifs en forme d'éventail se chevauchent, ce qui permet de former des zones de

chevauchement qui sont corrélées avec les informations de résultat qui se basent sur les caractéristiques de résultat de radar. Les informations de résultat sont associées aux champs individuels de l'image. En raison du mode de réalisation de l'unité d'émission et de l'unité de réception, les zones de chevauchement sont en rapport fixe avec des positions par paires respectivement des

5 structures de transition d'émission de l'unité d'émission et des structures de transition de réception de l'unité de réception. L'image formée à partir d'un cumul de zones de chevauchement résulte ainsi uniquement de la connaissance d'une relation exploitée depuis un canal d'émission vers un canal de réception.

10 En raison du mode de réalisation de l'unité d'émission et de l'unité de réception, sont associées à chaque fois aux moyens de formation de faisceau par réfraction respectifs, qui sont des moyens de formation de faisceau passifs analogiques, plusieurs structures de transition qui peuvent être adressées de manière discrète les unes après les autres pour la transmission de micro-ondes. Autrement dit, plusieurs structures de transition d'émission, auxquelles est associée à chaque fois une position de

15 transition individuelle par rapport au moyen de formation de faisceau par réfraction respectif, sont libérées de manière discrète les unes après les autres, ce qui permet de former un circuit de rayonnement dans l'unité d'émission. Les structures de transition d'émission adressées sont associées à un canal d'émission défini. Pour chaque canal d'émission discret, une pluralité de structures de transition de réception peut fournir des signaux de réception par une onde d'écho. L'exploitation d'un

20 signal de réception se base sur les signaux d'émission correspondants, d'où il résulte un signal de résultat avec une caractéristique de résultat de radar associée à un canal de réception correspondant. Autrement dit, la sortie d'un canal de transition qui correspond de préférence à une seule structure de transition d'émission est corrélée avec l'entrée de plusieurs structures de transition de réception qui correspondent aux canaux de réception respectifs.

25 L'exploitation du canal d'émission et du canal de réception se fait ensemble par ensemble. Pour cette raison il est possible de produire dans un seul cycle d'exploitation une corrélation entre une structure de transition d'émission adressée individuellement et plusieurs structures de transition de réception qui sont exploitées sur les caractéristiques de résultat de radar à partir desquelles des informations de

30 résultat sont obtenues. Par l'exploitation d'une seule relation de canal d'émission et de canal de réception, les informations de résultat des caractéristiques de résultat de radar sont ainsi associées à une pluralité de champs de l'image. Cela permet une analyse simple et rapide pour la génération d'une image d'au moins une partie de l'environnement du capteur.

Selon un mode de réalisation préféré, l'unité d'exploitation comprend une unité de commande radar et une unité de génération d'image qui sont reliées l'une à l'autre, dans lequel l'unité de commande radar est reliée à l'unité d'émission et à l'unité de réception par des lignes de transmission, dans lequel l'unité de génération d'image comprend le port de sortie. L'unité de commande radar est reliée aux structures de transition d'émission de l'unité d'émission et aux structures de transition de réception de l'unité de réception par des lignes de transmission qui sont appropriées pour une liaison avec l'unité de commande radar et transmettent des signaux électriques entre l'unité de commande radar et les structures de transition de l'unité d'émission respectivement de réception.

En outre, l'unité de commande radar est reliée à l'unité de génération d'image qui associe les informations de résultat des caractéristiques de résultat de radar des faisceaux qui se chevauchent aux champs individuels de l'image et génère ainsi une image d'au moins une partie de l'espace environnemental du capteur. Chaque information de résultat se base sur la caractéristique de résultat de radar respective et par conséquent chaque champ de l'image est corrélé avec une paire de canaux prédéfinis à partir du canal de réception et du canal d'émission. L'association des canaux de réception et d'émission aux zones de chevauchement respectives est de préférence définie dans un tableau qui est mémorisé dans une mémoire de données de l'unité de génération d'image.

L'image est alors sortie de l'unité de génération d'image par le biais du port de sortie. Elle peut par exemple être sortie sur une unité de traitement d'images pour une analyse d'image complémentaire. L'unité de traitement d'images peut faire partie du capteur radar à micro-ondes lui-même ou également faire partie d'un système de capteur contenant le capteur radar à micro-ondes.

La structure de transition d'émission et/ou de réception transmet un signal entre la ligne de transmission et un guide d'ondes, dans lequel le guide d'ondes redirige l'énergie électromagnétique liée à la micro-onde entre la structure d'émission et/ou la structure de transition de réception et le moyen de formation de faisceau par réfraction respectif. Plus précisément, la structure de transition d'émission reçoit l'énergie électrique de la ligne de transmission, par le biais de laquelle elle est reliée à l'unité de commande radar. La structure de transition d'émission transforme l'énergie électrique en énergie électromagnétique qui est alors guidée vers le moyen de formation de faisceau par réfraction de l'unité d'émission par le biais d'un guide d'ondes relié à la structure de transition d'émission. Par conséquent le moyen de formation de faisceau par réfraction de l'unité d'émission est alimenté en micro-onde par le guide d'ondes sur une position de transition associée à la structure de transition d'émission respective.

Inversement l'énergie électromagnétique reçue par le moyen de formation de faisceau par réfraction de l'unité de réception se produit sur une position de transition dans le guide d'ondes et est dirigée par le moyen de formation de faisceau par réfraction sur la structure de transition de réception associée à la position de transition respective. La structure de transition de réception transforme l'énergie

5 électromagnétique reçue en énergie électrique qui est redirigée alors sur l'unité de commande radar par le biais de la ligne de transmission reliée.

La structure de transition d'émission et/ou la structure de transition de réception peut être par exemple une transition de microbandes qui se rétrécissent.

10

Selon un mode de réalisation préféré, l'unité de commande radar émet un signal sur une structure de transition d'émission ou sur une combinaison de plusieurs structures de transition d'émission qui sont reliées à un canal d'émission défini. L'unité de commande radar aborde une structure de transition d'émission définie et ordonne à celle-ci d'émettre une micro-onde, c'est-à-dire un signal d'émission

15 défini avec des caractéristiques d'émission définies. Il est également possible d'envisager un adressage des structures de transition d'émission de manière individuelle les unes après les autres, ou en variante l'adressage simultané de structures de transition d'émission adjacentes pour générer un signal micro-ondes mélangé, d'où il résulte un faisceau avec une direction principale qui se situe entre la direction principale des faisceaux des deux structures de transition d'émission adjacentes. Le canal d'émission

20 correspond à une structure de transition d'émission adressée individuellement ou à un ensemble de structures de transition d'émission adressée.

En outre l'unité de commande radar reçoit un signal de réception pertinent pour l'onde d'écho correspondante à l'aide de la structure de transition de réception, de préférence de plusieurs structures

25 de transition de réception. L'unité de commande radar définit les caractéristiques de résultat de radar pour les signaux de réception sur la base du signal d'émission correspondant. Autrement dit, plusieurs structures de réception reçoivent des signaux de réception d'une onde d'écho qui sont reliés à des caractéristiques de signal différentes comparées à la micro-onde. L'unité de commande radar exploite l'écho, à savoir le signal de réception, à l'aide du signal d'émission correspondant et fournit ainsi un

30 signal de résultat avec une caractéristique radar qui se distingue de la caractéristique d'émission.

L'unité de commande radar comprend une interface avec un port d'entrée et un port de sortie. Le port d'entrée reçoit une spécification des structures de transition d'émission à adresser et des

caractéristiques d'émission à fournir par les structures de transition d'émission adressées de l'unité d'émission se rapportant au canal d'émission.

Contrairement à cela, le port de sortie de l'interface sort un ensemble de caractéristiques de résultat de radar qui se rapporte aux structures de transition de réception exploitées de l'unité de réception se rapportant au canal de réception. La caractéristique de résultat de radar par structure de transition de réception se rapporte à un canal de réception défini et peut être acheminée vers l'unité de génération d'image par voie numérique.

- 5 Selon un mode de réalisation préféré, le capteur présente une ligne de visée par rapport à laquelle un plan de visionnage est perpendiculaire, dans lequel le capteur comprend un plan de référence de capteur qui est perpendiculaire au plan de visionnage, et dans lequel le plan de référence d'émission et le plan de référence de réception sont perpendiculaires au plan de visionnage. Le plan de visionnage permet une projection d'au moins une partie de l'environnement du capteur à travers l'unité de
- 15 génération d'image.

- Le plan de référence de capteur est perpendiculaire au plan de visionnage de sorte que le capteur comprend un plan d'élévation de capteur qui est perpendiculaire aussi bien par rapport au plan de visionnage que par rapport au plan de référence de capteur, dans lequel le plan de référence de
- 20 capteur et le plan d'élévation de capteur contiennent la ligne de visée. Le plan de référence de capteur contient par conséquent un angle d'azimut de capteur et le plan d'élévation de capteur contient un angle d'élévation de capteur.

- Pour fournir l'image selon une approche préférée, on peut supposer que le plan de référence de
- 25 capteur, le plan de référence d'émission et le plan de référence de réception se coupent dans une ligne de coupe commune. Cela permet une transmission simple des angles d'azimut et d'élévation d'émission ainsi que des angles d'azimut et d'élévation de réception sur les angles d'azimut et d'élévation de capteur avec lesquels ils sont corrélés. Cette supposition est possible car l'unité d'émission et l'unité de réception, qui comprennent chacune un moyen de formation de faisceau par réfraction avec un
- 30 diamètre de préférence d'environ 5 cm, ont une distance faible l'une par rapport à l'autre comparée à la distance de mesure prévue. En particulier le plan de référence d'émission peut être situé à l'intérieur du plan de référence de capteur.

Selon un mode de réalisation préféré, le faisceau en forme d'éventail comprend une direction principale qui est la direction du gain de transmission maximal, dans lequel la direction principale dépend du positionnement de la structure de transition par rapport au moyen de formation de faisceau par réfraction respectif. Le positionnement et/ou l'orientation de la structure de transition par rapport au

5 moyen de formation de faisceau par réfraction respectif définit la direction principale dans laquelle le signal électromagnétique relié au faisceau en forme d'éventail se propage. La direction principale est la direction du gain de transmission maximal dans la seconde dimension qui est dans le plan de référence respectif. Autrement dit, l'énergie liée au faisceau est rayonnée majoritairement dans une direction, et bien entendu dans la direction principale qui se trouve dans le plan de référence respectif, tandis que

10 l'énergie électromagnétique est rayonnée seulement de manière insignifiante dans d'autres directions.

Au moins deux faisceaux en forme d'éventail aussi bien de l'unité d'émission que de l'unité de réception présentent à chaque fois une direction principale qui est alignée sensiblement dans la ligne de visée de sorte qu'il en résulte un chevauchement au moins en partie d'au moins deux faisceaux en forme

15 d'éventail aussi bien de l'unité d'émission que de l'unité de réception dans les zones de chevauchement. Les faisceaux en forme d'éventail peuvent présenter un écart angulaire de 90° à -90° entre leur direction principale dans le plan de référence respectif et la ligne de visée.

En outre les au moins deux faisceaux en forme d'éventail aussi bien de l'unité d'émission que de l'unité

20 de réception se chevauchent au moins en partie à une distance supérieure au décuple de la longueur d'onde, ou en variante à peu près du double de l'étendue principale du moyen de formation de faisceau par réfraction dans la ligne de visée de préférence par rapport aux structures d'émission respectives. Cela permet une surveillance précise de la zone à proximité du capteur.

25 Les zones de chevauchement sont définies par la plage de l'angle d'azimut du capteur et de l'angle d'élévation de capteur. Suite au chevauchement d'au moins deux faisceaux correspondants deux zones de chevauchement sont produites de sorte que, déjà après une seule exploitation de paires de canaux d'émission et de réception, il résulte avantageusement une image en 2D d'au moins une partie de l'espace environnant le capteur.

30 Comme les zones de chevauchement sont corrélées à des champs de l'image, un ensemble de zones de chevauchement définit une zone d'image. L'ensemble de zones de chevauchement peut contenir de préférence toutes les zones de chevauchement. Par conséquent, le capteur fournit une image qui se

base sur une trame 2D, laquelle repose sur toute la circonférence ou le spectre de l'angle d'azimut de capteur et de l'angle d'élévation de capteur.

Selon un mode de réalisation préféré, l'unité de génération d'image est reliée à l'interface de l'unité de commande radar. L'unité de génération d'image connecte l'entrée de l'unité de commande radar de telle sorte qu'une combinaison définie de canaux d'émission soit adressée. Ainsi l'unité de génération d'image prédéfinit les structures de transition d'émission individuelles qui doivent être abordées par l'unité de commande radar et elle ajoute la caractéristique de signal à transmettre par les structures de transition d'émission. Ces informations sont redirigées sur l'appareil de commande radar par le biais du port d'entrée.

En retour, l'unité de génération d'image reçoit l'ensemble de caractéristiques de résultat de radar qui sont reliées à chaque fois à une structure de transition de réception qui se rapporte aux canaux de réception exploités. L'unité de commande radar exploite le signal de réception d'une onde d'écho en rapport avec le signal d'émission correspondant et fournit ainsi un signal de résultat avec une caractéristique de résultat de radar qui se rapporte à une structure de transition de réception définie qui est à son tour associée au canal de réception respectif. Cette information, c'est-à-dire la caractéristique de résultat de radar associée à la structure de transition de réception respective, est redirigée sur l'unité de génération d'image par le biais du port de sortie d'interface de l'appareil de commande de radar.

L'unité de génération d'image reçoit la caractéristique de résultat de radar qui se rapporte à la structure de transition reçue et traite la caractéristique de résultat de radar pour définir les informations de résultat. L'unité de génération d'image génère alors l'image en mettant en relation les champs correspondant à chaque fois à une paire d'un canal d'émission/réception avec les informations de résultat basées sur les caractéristiques de résultat de radar obtenues. Comme les champs sont en relation fixe avec des paires de canaux d'émission/réception, les champs se rapportent également à des paires de structures de transition d'émission et de réception correspondantes.

Les champs d'image peuvent être corrélés avec une zone partielle d'au moins une partie de l'environnement du capteur. La zone de chevauchement a une information de résultat qui se base sur la caractéristique de résultat de radar qui lui est associée et est déduite uniquement par la notion d'une relation exploitée de canal d'émission à canal de réception, ce qui permet une analyse simple et rapide d'au moins une partie de l'environnement du capteur pour générer une image de la zone d'acquisition qui est un sous-domaine de l'environnement du capteur.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le moyen de formation de faisceau par réfraction est une lentille diélectrique. Une lentille diélectrique se compose d'un matériau diélectrique résistant qui varie en particulier concernant sa permittivité. Les propriétés physiques du matériau diélectrique résistant influencent le mode de la réfraction des micro-ondes, c'est-à-dire comment elles sont guidées à travers la lentille ou se propagent à travers celle-ci. Ainsi la lentille diélectrique est construite de telle sorte qu'elle réfracte une onde de telle sorte qu'il en résulte un rayonnement émis en forme d'éventail qui comprend des faisceaux en forme d'éventail qui représentent une zone de la caractéristique de rayonnement. La réfraction guide l'énergie rayonnée en diminuant la largeur de faisceau, ce qui permet d'obtenir une optimisation de la directivité dans la seconde dimension qui correspond à l'angle d'azimut du faisceau en rapport avec le plan de référence respectif. D'une part le faisceau d'émission présente ainsi une forme d'éventail améliorée et, en raison de la directivité, une grosse partie de l'énergie est guidée dans la direction principale. D'autre part l'unité de réception a également un faisceau en forme d'éventail, de sorte que cette combinaison permet d'obtenir une sélectivité spatiale élevée en empêchant la propagation non souhaitée de l'énergie. Cela augmente l'efficacité du capteur.

L'onde d'écho réfléchie par un objet d'intérêt avec une direction définie est focalisée par la lentille diélectrique de l'unité de réception. Les ondes d'écho sont déviées par la lentille diélectrique de telle sorte qu'elles se croisent dans un foyer de la lentille. En particulier les ondes d'écho sont focalisées dans des foyers sur les contre-pôles respectifs de la lentille. Ainsi les signaux de réception peuvent, en fonction de la position précise et/ou de l'orientation des structures de transition de réception, être alimentés potentiellement dans celles-ci. Des structures de transition de réception qui coïncident de préférence avec un foyer sont en mesure de recevoir l'énergie des micro-ondes réfléchies.

La variation de la permittivité de la lentille peut par exemple être provoquée de telle sorte que plusieurs couches diélectriques sont alignées radialement, chaque couche présentant une autre permittivité diélectrique, par exemple des matériaux diélectriques différents. Il est également possible d'envisager qu'une variation de la permittivité soit obtenue par une répartition différente des trous d'air dans le matériau de lentille. Ainsi la répartition des trous peut se distinguer en termes de densité des trous dans la lentille, de distances entre les trous, de diamètre des trous, etc.

Selon un mode de réalisation préféré, la lentille diélectrique est une lentille à gradient d'indice. Les lentilles à gradient d'indice (GRIN) présentent un gradient de l'indice de réfraction du matériau de lentille, c'est-à-dire que, pour des matériaux non-magnétiques, la permittivité diélectrique varie dans un

gradient à travers tout le matériau de lentille. Pour des lentilles GRIN, de préférence l'indice de réfraction maximal peut se trouver dans le centre de la lentille et l'indice de réfraction minimal sur le bord de lentille. Pour générer une caractéristique de rayonnement en forme d'éventail une lentille GRIN est cylindrique et présente un indice de réfraction diminuant de préférence dans la direction radiale. La
5 lentille d'indice de gradient cylindrique a de préférence une permittivité de bord supérieure à 1,5, de préférence supérieure à 2,5, de manière particulièrement préférée supérieure à 3,0.

Selon un mode de réalisation, la lentille cylindrique est une lentille de Luneburg généralisée. La lentille de Luneburg classique est une approche connue de formation de faisceau, dans laquelle la lentille a un
10 indice de réfraction variable et un foyer se trouve sur la surface de lentille ou le bord de lentille et l'autre foyer est sans fin. Les propriétés de focalisation de la lentille peuvent être obtenues par un nombre sans fin de différents rapports entre la répartition de la valeur de la permittivité diélectrique à l'intérieur de la lentille et le rayon de la lentille.

15 La lentille de Luneburg cylindrique généralisée est une lentille à gradient d'indice symétrique avec un foyer qui est réparti sur un cylindre de foyer. Le cylindre de foyer a de préférence un rayon correspondant à la lentille, c'est-à-dire que le foyer est sur la circonférence de la lentille. Cependant, il est également possible d'envisager que le cylindre de foyer ait un rayon plus petit que la lentille cylindrique, où le foyer est lui-même dans la lentille.

20 La lentille de Luneburg cylindrique généralisée est en mesure de transformer une onde déterminée par un de ses foyers en une onde pseudo-plane, c'est-à-dire une onde avec un modèle en forme d'éventail sur le côté opposé de la lentille, ce qui permet de transmettre un faisceau avec une petite largeur angulaire depuis une zone de sortie de la surface extérieure de la lentille cylindrique.

25 En raison de la symétrie de rotation de la lentille de Luneburg cylindrique généralisée, les multiples structures de transition reliées à celle-ci peuvent être orientées dans des directions très différentes, ce qui offre au capteur radar à micro-ondes une grande plage angulaire pour l'orientation des faisceaux et l'analyse d'au moins une partie de l'environnement du capteur. Ce type de lentille est approprié aux
30 applications qui ont besoin d'un circuit de rayonnement large pour un gain en puissance élevé d'une antenne.

Le plan de référence de la lentille de Luneburg cylindrique généralisée est perpendiculaire à l'axe central de la lentille. Cette lentille collimate le rayonnement électromagnétique qui se produit sur les

structures de transition d'émission dans la lentille. La lentille concentre le signal électromagnétique en un faisceau étroit dans la seconde dimension qui se trouve dans le plan de référence et est donc perpendiculaire à l'axe central de la lentille. La réfraction à travers la lentille de Luneburg cylindrique produit un faisceau en forme d'éventail et donc une caractéristique de rayonnement fortement dirigée avec un gain plus élevé. Cela minimise la dispersion non souhaitée de l'énergie et améliore l'efficacité du capteur.

Un objet dans l'environnement du capteur réfléchit une micro-onde émise. La micro-onde a un signal maximal qui est principalement concentré dans une dimension et affaibli dans l'autre dimension, ce qui permet une réception améliorée de l'onde d'écho par le biais de l'unité de réception et augmente la résolution du capteur. Ce mode de réalisation de la lentille de Luneburg généralisée permet de focaliser des directions définies des micro-ondes d'écho sur des foyers de la lentille. Plusieurs structures de transition de réception se trouvent sur la circonférence de la lentille à proximité de tels foyers. Lorsque leur position coïncide avec un foyer périphérique sur lequel les ondes d'écho sont focalisées, les structures de transition de réception reçoivent le signal. En particulier les foyers sont des foyers périphériques, et les structures de transition de réception sont disposées de telle sorte qu'elles recouvrent les foyers périphériques.

Selon un mode de réalisation préféré, la lentille de Luneburg cylindrique généralisée a un gradient de permittivité diélectrique qui varie de manière quadratique par rapport à la position radiale. En particulier la permittivité relative ϵ_r dans le centre de la lentille est proportionnelle à la racine de la permittivité relative ϵ_r au bord circonférentiel de la lentille. De préférence la permittivité relative ϵ_r au centre se calcule à l'aide de la relation ci-dessous, dans lequel une plage de tolérance de 0,2 est considérée.

$$\epsilon_{r(\text{centre})} = 1,42 \sqrt{\epsilon_{r(\text{bord circonférentiel})}} + 0,58$$

La permittivité relative ϵ_r peut également satisfaire à la condition suivante : $|\epsilon_{r(\text{centre})} - \epsilon_{r(\text{bord circonférentiel})}| > 0,1$.

La répartition de la permittivité est normalisée par la permittivité relative ϵ_r du milieu extérieur dans lequel la lentille doit rayonner. Une permittivité relative ϵ_r de 1 se rapporte au milieu extérieur de l'air. La permittivité relative ϵ_r au bord circonférentiel ne doit pas être impérativement égale à 1. La répartition de la permittivité relative ϵ_r dans la lentille selon la relation ci-dessus garantit un gain de transmission optimal de la lentille.

De préférence le plan de référence de l'unité de réception et le plan de référence de l'unité d'émission se coupent, l'angle de coupe étant compris entre 0° et 90° , c'est-à-dire $0^\circ \leq \text{angle de coupe} \leq 90^\circ$.

L'unité de réception et l'unité d'émission comprennent chacune un moyen de formation de faisceau par
5 réfraction. Le moyen de formation de faisceau par réfraction de l'unité de réception est disposé incliné vis-à-vis du moyen de formation de faisceau par réfraction de l'unité d'émission, de sorte que l'angle de coupe soit compris entre 0° et 90° .

En particulier chaque structure de transition est corrélée avec une caractéristique de rayonnement en
10 forme d'éventail avec des faisceaux dont la première dimension se trouve dans le plan de visionnage perpendiculaire au plan de référence respectif. Les micro-ondes rayonnées par les structures de transition d'émission peuvent être réfléchies par des objets dans l'environnement du capteur de telle sorte que les caractéristiques de rayonnement correspondantes de l'unité d'émission et de l'unité de réception se chevauchent, ce qui permet que l'angle de coupe soit inclus entre celles-ci. Les zones de
15 chevauchement se rapportent à des zones partielles de l'espace environnant. Ces zones de chevauchement sont en relation fixe par rapport à des positions par paires des structures de transition respectives de l'unité d'émission et de l'unité de réception. La position de la zone de chevauchement est définie par rapport au plan de référence du capteur en fonction de l'angle entre le plan de référence de l'unité d'émission et le plan de référence de l'unité de réception.

20 Selon un mode de réalisation préféré, l'angle de coupe du plan de référence d'émission et du plan de référence de réception est compris entre 15° et 90° , de sorte qu'un réseau de surveillance puisse être formé. L'unité de réception est ajustée de telle sorte que le plan de référence de réception soit incliné selon un angle compris entre 15° et 90° par rapport au plan de référence d'émission de l'unité
25 d'émission. En conséquence, les caractéristiques de rayonnement respectives sont inclinées les unes par rapport aux autres selon le même angle. Cela permet de représenter au moins une partie de l'espace environnemental du capteur par une forme de résolution de trame des zones de chevauchement des faisceaux en forme d'éventail correspondants.

30 Selon un mode de réalisation, l'unité de commande radar comprend une chaîne de réception reliée à l'unité de réception, de sorte que l'unité de commande radar définit les caractéristiques de signaux reçues par le biais d'une pluralité de structures de transition de réception et déduit les caractéristiques de résultat de radar en fonction du signal d'émission. Les caractéristiques de résultat de radar par structure de transition de réception peuvent être redirigées de manière numérique vers l'unité de

génération d'image. Concrètement, l'interface de l'unité de commande radar comprend un port de sortie qui fournit une série de caractéristiques de résultat de radar, lesquelles sont à chaque fois reliées à une structure de transition de réception correspondante associée à un canal de réception.

- 5 En outre, l'unité de commande radar comprend une chaîne de transmission qui est reliée à l'unité d'émission. L'unité de commande radar redirige des informations depuis l'unité de génération d'image vers l'unité d'émission. Les informations comprennent un ensemble de caractéristiques de signaux de sortie qui se rapportent à une structure de transition d'émission, c'est-à-dire définissent les informations qui doivent être adressée à une pluralité de structures de transition d'émission pour produire la
- 10 caractéristique d'émission définie. Par conséquent un canal d'émission est mis en relation avec une seule structure de transition d'émission ou une pluralité de structures de transition d'émission adressées simultanément pour générer un signal mélangé.

- Selon un mode de réalisation préféré, l'unité de commande radar effectue au moins un cycle
- 15 d'exploitation dans lequel une relation est construite entre le canal d'émission et l'ensemble de canaux de réception. Lors de chaque cycle d'exploitation l'unité de commande radar adresse une seule structure de transition d'émission ou une combinaison de structures de transition d'émission, pour émettre vers une seule structure de transition d'émission ou une combinaison de structures de transition d'émission un signal avec une caractéristique de signal définie.

- 20 L'unité de commande radar peut effectuer une pluralité de cycles d'exploitation. Lors de chaque cycle d'exploitation, l'unité de commande radar aborde un canal d'émission prédéfini. Les cycles d'exploitation sont libérés par l'unité de génération d'image, le nombre de cycles d'exploitation dépendant du nombre de relations définies dans une mémoire de données et qui sont nécessaires pour
- 25 générer l'image souhaitée.

- L'unité de génération d'image reçoit les caractéristiques de résultat de radar de l'ensemble de structures de transition de réception et les met en relation lors de chaque cycle d'exploitation avec les canaux de réception respectifs. L'unité de génération d'image traite les caractéristiques de résultat de radar pour définir l'information de résultat. L'information de résultat se rapporte à une structure de
- 30 transition de réception définie, de sorte que l'unité de génération d'image peut affecter l'information de résultat à un canal de réception correspondant. L'unité de génération d'image affecte ensuite l'information de résultat à la zone de chevauchement qui correspond au canal d'émission-réception lors de chaque cycle d'exploitation.

Par conséquent, pour un seul cycle d'exploitation, plusieurs relations d'un canal d'émission et d'une pluralité de canaux de réception sont analysées et mises en relation les unes avec les autres. Ainsi, au moins une partie de l'espace environnemental du capteur peut être balayée rapidement et avec des temps d'analyse faibles puisque les structures de transition de réception peuvent être analysées simultanément. Les temps d'analyse faibles sont attachés au fait qu'une zone de chevauchement peut être définie facilement par la relation prédéfinie entre les canaux d'émission et de réception.

Dans le cadre d'une répétition de cycles d'exploitation, une exploitation séquentielle se fait de manière successive pour les canaux d'émission qui correspondent à une structure de transition d'émission adressée de manière discrète ou des ensembles de ceux-ci, c'est-à-dire que chaque canal d'émission individuel est de préférence mis en relation avec plusieurs structures de transition de réception qui sont associées à chaque fois à un canal de réception. Il est ainsi possible d'envisager que l'unité de commande radar soit en mesure de traiter parallèlement des signaux de réception obtenus par les structures de transition de réception. En conséquence, dans un tel cas et pour garantir une analyse rapide, il est avantageux que l'unité de réception ait plus de structures de transition que l'unité d'émission puisque cela permet l'analyse de moins d'ensembles de canaux d'émission par cycle, ce qui peut réduire considérablement le temps d'exploitation par cycle.

En répétant les cycles d'exploitation, l'unité de génération d'image génère une image à partir de l'ensemble de données avec les structures de transition d'émission adressées qui correspondent aux structures de transition de réception et des informations de résultat basées sur les caractéristiques de résultat de radar obtenues, les informations de résultat étant associées à des champs individuels de l'image. Ainsi l'image peut être un ensemble de données brutes. L'image peut en particulier être une matrice de valeurs qui se rapportent aux informations de résultat et à partir desquelles une image graphique peut par exemple être produite.

L'unité de génération d'image peut ensuite sortir l'image.

De préférence l'unité de génération d'image comprend une mémoire de données, dans laquelle des informations de reproduction sont mémorisées et composées d'une pluralité de relations entre les canaux d'émission et les canaux de réception et la zone de chevauchement, en particulier des coordonnées de zone de chevauchement.

De préférence la mémoire de données peut contenir une pluralité d'informations de reproduction qui se rapportent à chaque fois à un angle entre le plan de référence d'émission et le plan de référence de réception. Cela permet pendant le fonctionnement une adaptation flexible aux conditions définies de la résolution d'au moins une partie de l'espace environnant le capteur.

5

L'unité de génération d'image utilise les informations de reproduction déposées dans la mémoire de données pour associer à la zone de chevauchement correspondante les informations de résultat générées par l'unité de commande radar lors de chaque cycle d'exploitation.

10 L'unité de génération d'image analyse les caractéristiques de résultat de radar pour définir des informations de résultat, par exemple par l'exploitation d'un signal sur la base de l'effet Doppler, de l'amplitude ou de la distance. Si l'information de résultat contient par exemple « distance », une unité de traitement d'images peut établir une image en 3D par la connaissance de la zone de chevauchement.

15 Selon un mode de réalisation préféré, l'unité de génération d'image distribue l'image, dans ce cas une image de données brutes, par exemple une matrice avec plusieurs entrées qui se rapportent aux informations de résultat par zone de chevauchement individuelle, sur une unité de traitement d'images qui reproduit l'image d'au moins une partie de l'espace environnant le capteur sous la forme d'un réseau composé d'une pluralité de pixels qui sont mémorisés dans la mémoire de données, chaque

20 pixel étant associé à une relation entre la structure de transition d'émission et la structure de transmission de réception. Ainsi chaque champ d'image est divisé en plusieurs pixels. Chaque pixel se rapporte à une coupe et/ou une position d'au moins une partie de l'espace environnant. À chaque pixel est attribuée une valeur qui se rapporte aux informations de résultat. Par conséquent, l'image traitée peut être une image graphique. La valeur et/ou les modifications de valeur des informations de résultat
25 peuvent être codées, par exemple codées en couleur, de sorte qu'une image de pixel puisse être établie à l'aide d'algorithmes de traitement d'images et/ou de filtres graphiques. De cette manière l'unité de traitement d'images peut établir à partir de la trame une image traitée visuellement d'au moins une partie de l'espace environnant le capteur.

30 Selon un mode de réalisation préféré, le signal d'émission et la caractéristique de résultat de radar sont générés par une détection radar à onde continue modulée en fréquence (FMCW). L'unité de commande radar fonctionne dans un mode FMCW. Ainsi le radar à onde continue émet un signal d'émission en continu dont la fréquence est modifiée en continu à une vitesse connue, c'est-à-dire que la fréquence de travail est modifiée pendant la mesure. Généralement il s'agit d'une modification linéaire de la

fréquence sur le temps de réponse. La modulation de la fréquence d'émission permet des mesures supplémentaires, telles que la distance et la vitesse radiale d'un objet. Cette technique permet d'acquérir l'information de résultat « distance ».

- 5 En variante, pour définir la distance de l'objet d'intérêt, les signaux d'émission et de réception peuvent également être émis, respectivement reçus, dans le mode pulsé.

- L'analyse des caractéristiques de résultat de radar peut également se faire par l'exploitation du signal de réception en rapport avec le signal d'émission en utilisant l'effet Doppler dans le mode à onde continue (mode CW). L'approche de l'effet Doppler représente un instrument performant pour l'analyse du mouvement, c'est-à-dire de la vitesse, d'un objet d'intérêt dans un champ de micro-onde. Des signaux de micro-ondes rebondissent de l'objet et le signal de réception, c'est-à-dire la fréquence de retour de l'onde d'écho, est ensuite analysé pour constater comment il s'est modifié vis-à-vis du signal d'émission initial de la micro-onde. En observant les déplacements de fréquence des ondes diffusées, on obtient des données sur la vitesse d'un objet, alors que sa distance/position reste inconnue.

- Selon un mode de réalisation préféré, les structures de transition d'émission sont raccordées de telle sorte qu'un circuit de rayonnement se fait, dans lequel lors de chaque cycle d'exploitation un signal d'émission est tracé à chaque fois sur une structure de transition d'émission. Lors de chaque cycle d'exploitation une structure de transition d'émission discrète est adressée pour rayonner un signal d'émission, c'est-à-dire que la seule structure de transition d'émission explicite est ouverte de sorte que le signal d'émission puisse rayonner depuis la structure de transition d'émission vers le moyen de formation de faisceau par réfraction, tandis que les autres structures de transition d'émission restent fermées. La commande de faisceau se fait ainsi en commutant entre les structures de transition d'émission. Autrement dit, on obtient par la commande des structures de transition d'émission une modification de l'écart angulaire entre la direction principale du rayonnement électromagnétique émis et la ligne de visée, l'écart d'azimut se trouvant dans le plan de référence. Pour chacun des cycles d'exploitation consécutifs une autre structure de transition d'émission discrète est ouverte pour la transmission du signal d'émission. Les structures de transition d'émission sont ainsi libérées les unes après les autres dans des cycles d'exploitation successifs, ce qui permet un balayage du signal dans la plage d'azimut ou le spectre d'azimut qui est perpendiculaire à la première dimension. Le circuit de rayonnement produit une pluralité de zones de chevauchement. Les zones de chevauchement peuvent être projetées sur le plan de visionnage, où il s'agit d'une projection d'au moins une zone partielle de l'espace environnant le capteur. Il est possible d'envisager que les zones de chevauchement des

faisceaux correspondants représentent des corridors dans un système de coordonnées cartésiennes d'au moins une partie de l'espace environnemental du capteur, de sorte qu'une association spatiale en 3D par rapport aux zones de chevauchement puisse se faire, par exemple par le biais de l'unité de traitement d'images.

5

Selon une variante de réalisation, il est prévu que pour un canal d'émission deux structures de transition d'émission adjacentes puissent être alimentées simultanément au cours d'un seul cycle d'exploitation. Dans ce cas, l'unité de commande radar peut effectuer une exploitation de phase des structures de transition d'émission pour corriger le cas échéant une différence de phase entre des structures de transition d'émission adjacentes.

10

Selon un mode de réalisation préféré, l'unité de réception, l'unité d'émission et les lignes de transmission, qui relient l'unité de commande radar aussi bien à l'unité d'émission qu'à l'unité de réception, sont réalisées sur un seul circuit imprimé, qui se compose de préférence d'un corps de circuit imprimé. Pour cette raison aussi bien l'unité de réception que l'unité d'émission sont déposées dans le même corps de circuit imprimé qui comprend également les lignes de transmission qui relient l'unité de commande radar avec l'unité d'émission, respectivement l'unité de réception. La notion de lignes de transmission désigne ici une paire de fils ou de conducteurs qui transmettent l'énergie d'un point à un autre. Ce sont des structures qui généralement sont composées de traces de cuivre et guident des signaux électriques à travers le corps de circuit imprimé.

15

20

De préférence le circuit imprimé unique, en particulier le corps de circuit imprimé, se compose d'une couche de noyau avec au moins une couche métallisée sur la face supérieure et la face inférieure. Le corps de circuit imprimé peut en variante comprendre plusieurs couches de noyau, où pour garantir les propriétés de lentille une couche métallisée supérieure et une inférieure délimitent le corps de circuit imprimé.

25

En particulier le corps de circuit imprimé peut se composer d'au moins deux noyaux, les noyaux étant reliés les uns aux autres par au moins une couche de préimprégné.

30

Par ailleurs, le corps de circuit imprimé est conçu de telle sorte que l'unité d'émission puisse être inclinée vis-à-vis de l'unité de réception. Ceci peut être obtenu en particulier en utilisant au moins une couche de noyau de circuit imprimé flexible. On connaît cela par exemple avec les corps de circuit

imprimés semi-flexibles multicouches qui permettent d'incliner l'unité d'émission et l'unité de réception l'une par rapport à l'autre.

En outre, il est possible d'utiliser, en plus ou en variante, des couches de noyau rigides, où une zone de liaison peut comprendre par exemple une seule couche de noyau entre deux zones rigides qui présentent chacune plusieurs couches, ce qui produit une zone plus mince et il en résulte alors une section de courbure flexible.

En utilisant au moins deux noyaux dans le circuit imprimé unique, il est possible de réaliser la structure de transition d'émission et/ou de réception sous la forme d'un trou de liaison borgne (Blind Via).

Selon un mode de réalisation préféré, l'au moins une couche de noyau est composée d'un substrat diélectrique, dans lequel la couche de noyau de l'unité d'émission et de l'unité de réception forme le moyen de formation de faisceau par réfraction respectif avec un contour courbé. Les matières diélectriques ont une conductivité électrique faible et forment pour cette raison une couche de substrat non-conductrice entre les couches métalliques conductrices. La permittivité du substrat de circuit imprimé a une influence considérable sur l'intégrité de signal et de puissance. Pour cette raison la permittivité relative est de préférence supérieure à 2,5, encore plus préférée supérieure à 3,0. De manière particulièrement préférée la permittivité relative est d'environ 3,5.

Le moyen de formation de faisceau par réfraction respectif peut former par exemple au moins une partie d'un cylindre. Il peut avoir un contour circulaire ou elliptique pour concentrer ou distribuer un signal en forme de ligne, c'est-à-dire un faisceau en forme d'éventail, et non pas sous la forme d'un point ou d'un cercle. Par conséquent le substrat de noyau diélectrique et la couche de préimprégné éventuellement présente agissent comme une lentille, en particulier une lentille à gradient d'indice, dans laquelle l'indice de diélectricité est influencé par des trous dans les couches diélectriques du noyau et la couche de préimprégné éventuellement présente et dans laquelle les couches métallisées délimitent le noyau.

De préférence, les guides d'ondes sont intégrés dans le circuit imprimé unique et sont délimités par la couche métallisée sur chacune des faces supérieure et inférieure du corps de circuit imprimé ainsi que par les contacts traversants métallisés qui relient les couches métallisées, ce qui permet qu'elles servent de parois latérales du guide d'ondes. Alors le guide d'ondes est composé du même substrat que le corps de circuit imprimé. Il est entouré par la couche métallisée supérieure et inférieure. Ces couches sont reliées l'une à l'autre par des contacts traversants métallisés qui traversent le corps de

circuit imprimé, ce qui permet de former des parois des deux côtés du guide d'ondes. Le guide d'ondes comprend ainsi un agencement qui agit comme une limite physique et peut guider une onde dans une direction définie par réflexion interne. Cela permet de diminuer les pertes d'énergie liées aux ondes.

- 5 Selon un mode de réalisation préféré, l'unité de commande radar est appliquée sur le circuit imprimé unique et reliée aux structures de transition d'émission et de réception. L'unité de commande radar peut être réalisée sous la forme d'une micropuce, ou encore sous la forme d'une pluralité de micropuces qui sont appliquées sur le corps de circuit imprimé. L'unité de commande radar est reliée aux structures de transition d'émission de l'unité d'émission et aux structures de transition de réception de l'unité de
- 10 réception par des lignes de transmission qui sont appropriées pour une liaison avec l'unité de commande radar et transmettent des signaux électriques entre l'unité de commande radar et les structures de transition respectives.

- De préférence l'unité de commande radar peut comprendre une unité de réception de commande
- 15 radar et une unité d'émission de commande radar, chaque unité étant réalisée sous la forme d'une micropuce qui peut être disposée à proximité du moyen de formation de faisceau par réfraction correspondant. Les deux micropuces sont reliées l'une à l'autre pour la transmission d'un signal de synchronisation. Cela permet d'une part une réduction, respectivement une minimisation, de la longueur des structures de transition et des pertes qui y sont liées et d'autre part malgré tout une exploitation
- 20 radar à hautes fréquences.

- L'unité de commande radar est également reliée à une unité de génération d'image qui peut se trouver sur un corps de circuit imprimé séparé. En variante, l'unité de génération d'image peut être appliquée sur le même corps de circuit imprimé sur lequel l'unité de commande radar est également appliquée.

- 25 Selon un mode de réalisation préféré, le moyen de formation de faisceau par réfraction destiné à générer un rayonnement polarisé circulaire est recouvert par un boîtier de lentille. Le changement de la permittivité d'après la loi de Lüneburg transforme une onde électromagnétique sphérique, laquelle est émise par les structures de transition disposées sur la circonférence de la lentille cylindrique, en une
- 30 onde presque plane en sortie de lentille. Cela permet de produire des faisceaux collimatés qui, lors de la propagation de l'énergie se propagent majoritairement dans la direction principale et seulement de manière minime dans d'autres directions. À partir d'une zone en sortie de la surface extérieure de la lentille cylindrique, les faisceaux sont rayonnés avec une largeur d'angle plus faible. Le boîtier peut transformer la polarisation linéaire du rayonnement électromagnétique généré par la lentille en une

polarisation circulaire. La polarisation circulaire est préférée pour l'analyse des ondes HF qui sont renvoyées par des objets irréguliers puisque, par l'intermédiaire de celle-ci, plus d'énergie réfléchie peut être enregistrée. Comme en particulier le corps humain ne maintient pas toujours une polarisation linéaire lors de la réflexion de l'onde d'écho, cela permet ainsi d'augmenter la sensibilité de détection du capteur radar à micro-ondes.

De préférence le moyen de formation de faisceau par réfraction est une lentille cylindrique, la lentille étant contenue dans un boîtier de lentille en forme de tore avec une première propriété diélectrique et présentant sur ses pôles opposés une surface ouverte ou un autre matériau diélectrique autour de son axe de rotation central. Le boîtier a la forme d'un tore à partir duquel un hyperboloïde central a été enlevé, de sorte que les pôles opposés du boîtier soient des surfaces ouvertes. La lentille cylindrique est ainsi entourée radialement par le boîtier en forme de tore, tandis que les deux surfaces cylindriques planes de la lentille cylindrique sont entourées seulement partiellement par le boîtier au niveau des bords. En raison de sa forme courbée et de sa propriété diélectrique, le boîtier en forme de tore renforce la projection d'un faisceau dans une dimension, ce qui permet de diminuer encore la dispersion non souhaitée de l'énergie de rayonnement et d'améliorer l'efficacité du capteur.

Selon un mode de réalisation, le boîtier de lentille est intégré dans un boîtier du capteur. L'ensemble du capteur radar à micro-ondes, en particulier ses composants électroniques, peuvent être entourés et protégés par un boîtier. Le boîtier de lentille peut être intégré dans le boîtier de capteur, ce qui permet un montage simple du capteur. Il est possible d'envisager que le boîtier intégral, qui comprend le boîtier de lentille et une partie du reste du boîtier, soit construit en une seule pièce à partir du même matériau, de sorte que la propriété diélectrique soit identique dans tout le boîtier. En variante, il est possible qu'une partie qui relie le boîtier de capteur au boîtier de lentille ait une autre propriété diélectrique que le boîtier de lentille, ce qui améliore encore la directivité des faisceaux.

Selon un mode de réalisation préféré, le capteur de micro-ondes comprend une pluralité d'unités d'émission et une pluralité d'unités de réception. Cela augmente la résolution du capteur. En variante, quelques unités d'émission et/ou de réception peuvent servir de composants de secours pour garantir la redondance en cas de défaillance de composants principaux.

D'autres avantages, caractéristiques et possibilités d'application de la présente invention apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante en lien avec les modes de réalisation représentés dans les dessins.

Dans la description, les revendications et les figures des dessins, tous les termes et signes de référence correspondants sont utilisés tels que décrits dans la liste des signes de référence annexée, dans lesquels

5

la figure 1 représente une vue en perspective d'un premier mode de réalisation d'un capteur radar à micro-ondes de formation d'image ;

10

la figure 2 représente un capteur radar à micro-ondes de formation d'image avec un faisceau d'émission et un faisceau de réception selon la figure 1 ;

la figure 3 représente une vue en perspective d'un deuxième mode de réalisation d'un capteur radar à micro-ondes de formation d'image ;

15

la figure 4 représente un capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon la figure 3 dans une représentation de champ lointain ;

20

la figure 5 représente une vue de dessus du capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon le deuxième mode de réalisation de la figure 3 ;

la figure 6 représente une trame de zones de chevauchement qui sont formées par des faisceaux d'émission et de réception correspondants en forme d'éventail ;

25

la figure 7 représente une caractéristique de rayonnement en forme d'éventail avec un faisceau en forme d'éventail ;

la figure 8 représente une vue de dessus du capteur radar à micro-ondes de formation d'image qui génère une image d'au moins une partie de l'espace environnant ; et

30

la figure 9 représente un capteur radar à micro-ondes de formation d'image avec un boîtier pour le moyen de formation de faisceau par réfraction.

La figure 1 représente une vue en perspective d'un premier mode de réalisation d'un capteur radar à micro-ondes de formation d'image 10. Le capteur radar à micro-ondes de formation d'image 10 se

compose d'une unité d'émission 12 et d'une unité de réception 14, qui sont reliées à une unité d'exploitation 15 qui n'est pas représentée pour des raisons de clarté dans la figure 1. Un système de coordonnées X, Y, Z est associé à chaque fois au capteur 10, à l'unité d'émission 12 et à l'unité de réception 14.

5

Le capteur 10 a une ligne de visée VD qui est dirigée sur l'espace qui l'environne et un plan de visionnage VP qui est perpendiculaire à la ligne de visée VD. Le capteur 10 a un plan de référence de capteur RP-S dans le plan X-Z et un plan d'élévation de capteur EP-S dans le plan Y-Z. En conséquence, le plan de référence de capteur RP-S est perpendiculaire au plan d'élévation de capteur EP-S.

10

L'unité d'émission 12 comprend un moyen de formation de faisceau par réfraction 20 avec un axe central M-T. L'unité d'émission 12 comprend également un plan de référence d'émission RP-T, dans lequel le centre des coordonnées X, Y, Z pour l'unité d'émission 12 se trouve au point d'intersection de l'axe central M-T, du plan de référence d'émission RP-T et du plan de visionnage VP. Le plan de référence d'émission RP-T se trouve dans le plan X-Z de l'unité d'émission 12 et est perpendiculaire au plan de visionnage VP situé dans le plan X-Y. L'unité d'émission 12 a un plan d'élévation d'émission EP-T qui se trouve dans le plan Y-Z et se trouve perpendiculaire aussi bien sur le plan de référence d'émission RP-T que sur le plan de visionnage VP.

15

20

L'unité de réception 14 comprend un moyen de formation de faisceau par réfraction 21 avec un axe central M-R. L'unité de réception 14 comprend également un plan de référence de réception RP-R. Le centre des coordonnées pour l'unité de réception 14 se trouve au point d'intersection de l'axe central M-R, du plan de référence de réception RP-R et du plan de visionnage VP. L'unité de réception 14 comprend un plan de référence de réception RP-R qui se trouve dans le plan X-Z du capteur et est perpendiculaire au plan de visionnage VP dans le plan X-Y. L'unité de réception 14 comprend un plan d'élévation de réception EP-R qui se trouve dans le plan Y-Z et est perpendiculaire aussi bien au plan de référence de réception RP-R qu'au plan de visionnage VP.

25

30

Dans le présent mode de réalisation, l'unité d'émission 12 et l'unité de réception 14 sont dans le même plan X-Z, de sorte que le plan de référence d'émission RP-T et le plan de référence de réception RP-R se coupe selon un angle $= 0^\circ$. Le plan de référence d'émission RP-T et le plan de référence de réception RP-R sont tous deux parallèles au plan de référence de capteur RP-S et peuvent en particulier coïncider avec celui-ci. Le plan d'élévation de capteur EP-S est parallèle au plan d'élévation

d'émission EP-T et au plan d'élévation de réception EP-R et se trouve à mi-chemin entre l'axe central d'émission M-T et l'axe central de réception M-R.

L'unité d'émission 12 et l'unité de réception 14 comprennent chacune un moyen de formation de faisceau par réfraction 20, 21 qui est composé d'un matériau diélectrique et modifie la direction des micro-ondes qui le traversent.

Plusieurs structures de transition d'émission TTS.X, en particulier deux structures de transition d'émission TTS.1, TTS.2, sont associées au moyen de formation de faisceau par réfraction 20 de l'unité d'émission 12, et plusieurs structures de transition de réception RTS.X, en particulier trois structures de transition de réception RTS.1, RTS.2, RTS.3, sont associées au moyen de formation de faisceau par réfraction 21 de l'unité de réception 14. Les structures de transition respectives TTS.1, TTS.2, RTS.1, RTS.2, RTS.3 sont disposées en différentes positions de transition 27 autour des circonférences respectives de l'unité d'émission 12 et de l'unité de réception 14.

Dans le premier mode de réalisation selon la représentation de la figure 1, le moyen de formation de faisceau par réfraction 20 présente deux structures de transition d'émission TTS.1, TTS.2 qui sont disposées autour de sa périphérie. Celles-ci transforment l'énergie électrique en énergie électromagnétique, qui parvient alors dans le moyen de formation de faisceau par réfraction 20, tandis que trois structures de transition de réception RTS.1, RTS.2, RTS.3 pour la réception d'ondes écho sont reliées au moyen de formation de faisceau par réfraction 21 de l'unité de réception 14.

Dans le mode de réalisation représenté, les moyens de formation de faisceau par réfraction 20, 21 sont de forme cylindrique, de sorte que des caractéristiques de rayonnement en forme d'éventail soient générées comme représenté dans la figure 7.

Les micro-ondes émises par l'unité d'émission 12 avec des caractéristiques de signaux spécifiques sont réfléchies par un objet dans l'environnement du capteur. La structure de transition d'émission adressée TTS.1, TTS.2, qui transmet un signal micro-ondes, est associée à un canal d'émission.

Une onde écho avec des caractéristiques modifiées peut être reçue par l'unité de réception 14 sur une pluralité de structures de transition de réception RTS.1, RTS.2, RTS.3. Les signaux de l'onde d'écho sont alors comparés au signal d'émission, ce qui permet de former des signaux de résultat avec une caractéristique de résultat de radar. Chaque signal d'écho ou de réception est également exploité au

regard de l'ensemble des structures de transition de réception qui reçoivent les signaux. Chaque signal de résultat est associé à un canal de réception avec sa caractéristique de résultat de radar spécifique, en fonction de la structure de transition de réception RTS.1, RTS.2, RTS.3 ou d'une combinaison de structures de transition de réception RTS.1, RTS.2, RTS.3 qui ont reçu les signaux d'écho ou de
5 réception respectifs. Les informations de résultat pertinentes pour la caractéristique de résultat de radar sont associées à un canal de réception défini qui est relié à un canal d'émission correspondant.

Un faisceau de réception BR.X peut se croiser avec un faisceau d'émission BT.X, d'où il résulte alors une zone de chevauchement OA. La zone de chevauchement OA correspond à une plage d'azimut de
10 capteur α_S et à une plage d'élévation de capteur β_S . La zone de chevauchement OA peut ensuite être corrélée avec les coordonnées spatiales d'une partie de l'environnement du capteur ainsi que d'un canal d'émission-réception apparié, de sorte qu'une caractéristique de résultat de radar peut être associée au canal de réception.

La zone de chevauchement OA correspond ainsi à un canal d'émission-réception apparié, auquel est attribuée à son tour une caractéristique de résultat de radar. En associant à la zone de chevauchement des informations de résultat qui sont déduites de la caractéristique de résultat de radar associée à un canal d'émission-réception apparié, une image peut alors être générée. De cette manière il est possible
15 d'obtenir une référence spatiale uniquement à l'aide de la connaissance des ensembles appariés de structures de transition d'émission et de réception adressées et de la caractéristique de résultat de
20 radar.

Un ensemble de zones de chevauchement OA.X peut contenir de préférence toutes les zones de chevauchement. Par conséquent, le capteur 10 fournit une image qui se base sur une trame en 2D,
25 laquelle repose à son tour sur la plage d'azimut α_S et la plage d'élévation β_S du capteur.

La figure 2 représente le capteur radar à micro-ondes de formation d'image 10 selon le premier mode de réalisation représenté dans la figure 1. Le capteur 10 présente une ligne de visée VD.

L'unité d'exploitation 15 du capteur 10 se compose d'une unité de commande radar 16 et d'une unité de génération d'image 18 qui sont reliées l'une à l'autre. L'unité de commande radar 16 est reliée à l'unité d'émission 12 et l'unité de réception 14 par des lignes de transmission 24 appropriées à une liaison
30 avec de l'unité de commande radar 16.

Dans le présent mode de réalisation, l'unité d'émission 12, l'unité de réception 14 et les lignes de transmission 24 sont déposées sur un seul circuit imprimé 25, à savoir un corps de circuit imprimé 26. Par ailleurs, l'unité de commande radar 16 peut être réalisée sous la forme d'une micropuce ou sous la forme d'une pluralité de micropuces, qui sont appliquées sur le corps de circuit imprimé 26. L'unité de commande radar 16 et l'unité de génération d'image 18 sont appliquées sur le même corps de circuit imprimé 26. Cependant, il est également possible d'envisager que l'unité de commande radar 16 et l'unité de formation d'image 18 soient appliquées sur des corps de circuit imprimé séparés.

Le circuit imprimé 25 se compose d'une couche de noyau 22 avec une couche métallisée 23 sur la face supérieure et inférieure qui inclut le substrat de la couche de noyau 22. En particulier le circuit imprimé 25 comprend un corps de circuit imprimé 26 avec un noyau flexible 22, de sorte qu'une zone de liaison 28 peut comprendre une zone plus mince, ce qui permet de fournir une section de courbure flexible de sorte que l'unité d'émission 12 et l'unité de réception 14 puissent être inclinées l'une par rapport à l'autre, comme illustré dans les modes de réalisation de la figure 3 et de la figure 5. Ainsi, le corps de circuit imprimé 26 peut comprendre par exemple deux couches de noyau 22 reliées l'une à l'autre par une couche de préimprégné, tandis que la zone de liaison 28 ne comprend qu'une seule couche de noyau 22, d'où il résulte une zone plus mince qui permet la courbure.

Dans la figure 2 l'au moins une couche de noyau 22 de l'unité d'émission 12 et de l'unité de réception 14 forme à chaque fois le moyen de formation de faisceau par réfraction 20, 21. La couche de noyau 22, qui est délimitée par des couches métallisées 23, est composée de préférence d'un substrat diélectrique et a un contour courbé, ce qui permet qu'elle serve de lentille, en particulier de lentille à gradient d'indice. L'indice diélectrique est influencé par des trous 29 dans les couches diélectriques du noyau 22. Par conséquent dans le présent mode de réalisation les moyens de formation de faisceau par réfraction 20, 21 comprennent des corps diélectriques qui sont cylindriques, c'est-à-dire qu'ils ont un contour circulaire, et leurs faces supérieure et inférieure circulaires respectives sont à chaque fois délimitées par une couche métallique. Mais il est également possible d'envisager des moyens de formation de faisceau par réfraction 20, 21 avec un contour elliptique.

Plusieurs structures de transition d'émission TTS.1, TTS.2 et structures de transition de réception RTS.1, RTS.2, RTS.3 sont à chaque fois associées aux moyens de formation de faisceau par réfraction 20, 21. Les structures de transition d'émission et/ou de réception TTS.1, TTS.2, RTS.1, RTS.2, RTS.3 peuvent être par exemple des transitions de microbandes qui se rétrécissent, et elles sont disposées autour des circonférences des moyens de formation de faisceau par réfraction respectifs 20, 21 soit sur

la surface du moyen de formation de faisceau par réfraction respectif 20, 21 soit à une distance faible de celui-ci. Ainsi chaque structure de transition TTS.1, TTS.2, RTS.1, RTS.2, RTS.3 est associée à une position de transition correspondante 27 par rapport au moyen de formation de faisceau par réfraction respectif 20, 21.

5

Les structures de transition TTS.1, TTS.2, RTS.1, RTS.2, RTS.3 transforment une forme d'énergie en une autre et transmettent ainsi des signaux entre les lignes de transmission 24, qui transmettent l'énergie électrique, et les guides d'ondes 48 qui leur sont à chaque fois associés, qui guident l'énergie électromagnétique dans une direction définie. Ainsi le guide d'ondes 48 est composé du même substrat de noyau que le corps de circuit imprimé 26, dans lequel la couche de noyau 22 est entourée d'une couche métallisée supérieure et inférieure 23. Les couches métallisées supérieure et inférieure 23 sont reliées l'une à l'autre par des contacts traversants métallisés qui traversent la couche de noyau 22 et servent de parois des deux côtés du guide d'ondes 48. Par conséquent le guide d'ondes 48 guide les micro-ondes dans une direction définie par réflexion interne, à savoir entre les moyens de formation de faisceau par réfraction 20, 21 et les structures de transition respectives TTS.1, TTS.2, RTS.1, RTS.2, RTS.3.

10

15

20

Exprimé clairement, l'unité de commande radar 16 alimente en énergie électrique et en signaux la structure de transition d'émission TTS.1, TTS.2 par le biais de la ligne de transmission 24 en liaison. La structure de transition d'émission TTS.1, TTS.2 transforme ainsi l'énergie électrique en énergie électromagnétique, c'est-à-dire en une micro-onde. La micro-onde est guidée à travers le guide d'ondes 48 et guidée vers la position de transition respective 27 sur le moyen de formation de faisceau par réfraction 20.

25

Par contre, l'énergie électromagnétique reçue par le moyen de formation de faisceau par réfraction 21 de l'unité de réception 14 se produit sur une position de transition 27 dans le guide d'ondes 48 qui est associée à une structure de transition de réception correspondante RTS.1, RTS.2, RTS.3. Le guide d'ondes 48 guide l'énergie électromagnétique vers les structures de transition de réception respectives RTS.1, RTS.2, RTS.3 qui transforment alors l'énergie électromagnétique en énergie électrique.

30

L'énergie électrique et le signal qui lui est associé sont redirigés vers l'unité de commande radar 16 par le biais de la ligne de transition 24.

Selon la structure de transition d'émission TTS.1, TTS.2 associée à la position de transition 27, le moyen de formation de faisceau par réfraction 20 réfracte les micro-ondes émises et génère ainsi des

faisceaux en forme d'éventail BT.1, BT.2 qui sont représentés schématiquement dans la figure 2. Les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 sont définis par une plage d'angle d'azimut d'émission α_T et une plage d'angle d'élévation d'émission β_T . Ainsi les angles d'azimut d'émission α_{T1} , α_{T2} se trouvent dans le plan de référence d'émission RP-T et les angles d'élévation d'émission β_{T1} , β_{T2} se trouvent dans le plan d'élévation d'émission EP-T. Les plans respectifs sont représentés dans la figure 1.

Les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 ont une première dimension D1 sur une plage d'angle d'élévation d'émission β_T en particulier de 60° . Ainsi la première dimension D1 est perpendiculaire au plan de référence d'émission RP-T. Les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 ont une seconde dimension D2 perpendiculaire à la première dimension D1 sur une plage d'angle d'azimut d'émission α_T en particulier de 10° . Par conséquent, la seconde dimension est essentiellement plus petite que la première dimension qui est au moins trois fois plus grande que la seconde dimension D2. La première dimension D1 se rapporte à un angle d'élévation β_{T1} , β_{T2} , tandis que la seconde dimension se rapporte à un angle d'azimut α_{T1} , α_{T2} .

En fonction des positions de transition 27 auxquelles est associée la structure de transition d'émission TTS.1, TTS.2, les faisceaux BT.1, BT.2 ont des directions principales MDT.1, MDT.2. Dans l'exemple représenté, les directions principales MDT.1, MDT.2 des faisceaux d'émission BT.1, BT.2 sont distantes l'une de l'autre d'environ 120° selon un angle d'azimut φ_T .

Cela vaut de la même manière pour l'unité de réception 14, mis à part que le moyen de formation de faisceau par réfraction 21 de l'unité de réception 14 est associé à des structures de transition de réception RTS.1, RTS.2, RTS.3, de sorte que l'unité de réception 14 peut fournir trois faisceaux en forme d'éventail BR.1, BR.2, BR.3.

Dans l'exemple représenté dans la figure 2, les directions principales MDR.1, MDT.2 des faisceaux correspondants BR.1, BT.2 se croisent de sorte qu'il en résulte une zone de chevauchement OA entre le second faisceau d'émission BT.2 et le premier faisceau de réception BR.1. Par conséquent la micro-onde émise par un objet est réfléchi sur cette position, de sorte qu'un signal de réception qui se rapporte à l'onde d'écho est reçu par la structure de transition de réception RTS.1.

La zone de chevauchement OA correspond à la plage d'élévation de capteur β_S et à la plage d'azimut de capteur α_S , comme illustré dans la figure 2 et également représenté dans la figure 1.

La figure 3 représente une vue en perspective d'un deuxième mode de réalisation du capteur radar à micro-ondes de formation d'image 10, dans laquelle, contrairement au premier mode de réalisation, l'unité d'émission 12 et l'unité de réception 14 sont disposées orthogonalement l'une par rapport à l'autre, puisque le circuit imprimé 25 présente une courbure dans une zone de liaison centrale 28. Le plan de référence d'émission RP-T défini par l'unité d'émission 12 et le plan de référence de réception RP-R défini par l'unité de réception 14 incluent un angle de coupe qui peut être compris dans la plage entre 15° et 90°. Dans le deuxième mode de réalisation, l'angle de coupe est de 90°.

Le plan de visionnage VP s'étend de manière orthogonale au plan de référence de réception RP-R et au plan de référence d'émission RP-T. La ligne de visée VD s'étend de manière orthogonale au plan de visionnage VP et se trouve dans le plan de référence de réception RP-R et le plan de référence d'émission RP-T.

Le centre des coordonnées X, Y, Z (non représenté) pour l'unité d'émission 12 se trouve au point d'intersection de l'axe central M-T, du plan de référence d'émission RP-T et du plan de visionnage VP. L'unité d'émission 12 a un plan d'élévation d'émission EP-T qui est perpendiculaire aussi bien sur le plan de référence d'émission RP-T que sur le plan de visionnage VP.

De manière analogue, le centre des coordonnées X, Y, Z (non représenté) pour l'unité de réception 14 se trouve au point d'intersection de l'axe central M-R, du plan de référence de réception RP-T et du plan de visionnage VP. L'unité de réception 14 a un plan d'élévation de réception EP-R qui est perpendiculaire aussi bien sur le plan de référence de réception RP R que sur le plan de visionnage VP.

Dans l'exemple représenté, le plan d'élévation d'émission EP-T est ainsi corrélé avec le plan de référence de réception RP-R, et le plan d'élévation de réception EP-R est corrélé avec le plan de référence de transition RP-T.

Le capteur 10 a un plan de référence de capteur RP-S parallèle au plan de référence d'émission RP-T et un plan d'élévation de capteur EP-S à angle droit par rapport au plan de référence de capteur RP-S et au plan de visionnage VP.

En fonction de la position de transition 27 à laquelle sont associées les structures de transition d'émission TTS.1, TTS.2, le moyen de formation de faisceau par réfraction 20 forme l'énergie électromagnétique en faisceaux en forme d'éventail BT.1, BT.2, lesquels sont représentés

schématiquement dans la figure 3. Ainsi les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 sont à chaque fois définis par une plage d'angle d'azimut d'émission α_T et une plage d'angle d'élévation d'émission β_T . Les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 présentent à chaque fois des angles d'azimut d'émission α_{T1} , α_{T2} qui se trouvent dans le plan de référence d'émission RP-T, tandis que leurs angles d'élévation d'émission β_{T1} , β_{T2} se trouvent dans le plan d'élévation d'émission EP-T. L'axe central M-T est l'intersection entre le plan d'élévation d'émission EP-T et le plan de visionnage VP. Les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 ont une première dimension D1 sur une plage d'angle d'élévation d'émission β_{T1} , β_{T2} en particulier de 60° . La première dimension D1 est perpendiculaire au plan de référence d'émission RP-T. Les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 ont une seconde dimension D2 perpendiculaire à la première dimension D1 sur une plage d'angle d'azimut d'émission α_{T1} , α_{T2} en particulier de 10° . Par conséquent, la seconde dimension D2 est nettement plus petite que la première dimension D1.

Cela vaut de même pour l'unité de réception 14, mis à part que le moyen de formation de faisceau par réfraction 21 de l'unité de réception 14 est associé à une pluralité de structures de transition de réception RTS.1, RTS.2, RTS.3, de sorte que l'unité de réception 14 peut fournir trois faisceaux en forme d'éventail BR.1, BR.2, BR.3. La figure 3 illustre deux faisceaux de réception BR.1, BR.2 qui sont définis à chaque fois par un angle d'azimut de réception α_R , α_{R2} et un angle d'élévation de réception β_R , β_{R2} . Les faisceaux de réception BR.1, BR.2 ont des directions principales MDR.1, MDR.2. Dans le présent exemple, elles sont distantes l'une de l'autre à un angle d'azimut ϕ_R d'environ 120° .

À chaque faisceau de réception en forme d'éventail BR.1, BR.2 est associé à chaque fois un canal de réception RX-1, RX-2 et à chaque faisceau d'émission en forme d'éventail BT.1, BT.2 est associé à chaque fois un canal d'émission TX-Ch1, TX-Ch2. À titre d'exemple, les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 et les faisceaux de réception correspondants BR.1, BR.2 se croisent, de sorte qu'il en résulte des zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4.

Par ailleurs, la zone de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 correspond à une plage d'azimut de capteur α_S et à une plage d'élévation de capteur β_S . La zone de chevauchement OA.1 a la plage d'azimut de capteur α_{S1} qui correspond à l'angle d'azimut d'émission α_{T1} et la plage d'élévation de capteur β_{S1} qui correspond à l'angle d'azimut de réception α_{R1} . La zone de chevauchement OA.2 a la plage d'azimut de capteur α_{S1} qui correspond à l'angle d'azimut d'émission α_{T1} et la plage d'élévation de capteur β_{S2} qui correspond à l'angle d'azimut de réception α_{R2} . La zone de chevauchement OA.3 a la plage d'azimut de capteur α_{S2} qui correspond à l'angle d'azimut d'émission α_{T2} et la plage d'élévation de capteur β_{S1} qui correspond à l'angle d'azimut de réception α_{R1} . La zone de

chevauchement OA.4 a la plage d'azimut de capteur $\alpha S2$ qui correspond à l'angle d'azimut d'émission $\alpha T2$, tandis que la plage d'élévation de capteur $\beta S2$ correspond à l'angle d'azimut de réception $\alpha R2$.

De manière analogue au premier mode de réalisation, une pluralité de structures de transition TTS.1, TTS.2, RTS.1, RTS.2, RTS.3 est associée en différentes positions de transition 27 aux moyens de formation de faisceau par réfraction respectifs 20, 21 de l'unité d'émission 12 et de l'unité de réception 14. Contrairement au premier mode de réalisation selon la figure 2, à partir des zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 une forme de trame est formée sur la base des plages d'azimut de capteur $\alpha S1$, $\alpha S2$ et des plages d'élévation de capteur $\beta S1$, $\beta S2$ des faisceaux de chevauchement correspondants BT.1, BT.2, BR.1, BR.2. Des pixels des champs d'images sont associés aux informations de résultat relatives aux caractéristiques de résultat de radar qui sont déduites des zones de chevauchement correspondantes OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 pour obtenir une image d'au moins une partie de l'espace environnemental du capteur, comme représenté de manière détaillée dans la figure 6.

De manière analogue aux explications données ci-avant, on comprendra que grâce au troisième faisceau de réception BR.3 deux zones de chevauchement supplémentaires sont générées. Pour des raisons de clarté, celles-ci ne sont cependant pas représentées ni explicitement décrites dans le présent exemple.

De préférence, pour effectuer le circuit de rayonnement les structures de transition d'émission TTS.1, TTS.2 sont raccordées, c'est-à-dire abordées, de manière discrète les unes après les autres. Autrement dit, un signal d'émission est tracé dans des cycles d'exploitation consécutifs à chaque fois sur une structure de transition d'émission TTS.1, TTS.2. Par conséquent, par la commande des structures de transition d'émission TTS.1, TTS.2, l'écart angulaire de la direction principale MDT.1, MDT.2 du faisceau d'émission BT.1, BT.2 est modifié par rapport à la ligne de visée, l'écart angulaire se trouvant dans le plan de référence d'émission RP-T. Lors de chaque cycle d'exploitation consécutif, une autre structure de transition d'émission discrète est ouverte pour la transmission du signal, de sorte qu'elle peut « balayer » dans les cycles d'exploitation consécutifs dans la plage d'azimut d'émission. Le circuit de rayonnement permet d'obtenir une pluralité de zones de chevauchement OA.X.

En variante ou en plus, deux structures de transition d'émission adjacentes TTS.1, TTS.2 peuvent être alimentées simultanément au cours d'un seul cycle d'exploitation. Dans ce cas, l'unité de commande radar 16 peut effectuer une exploitation de phase des structures de transition d'émission TTS.1, TTS.2

pour corriger le cas échéant une différence de phase entre les structures de transition d'émission adjacentes TTS.1, TTS.2.

Par conséquent, une suite de cycles d'exploitation qui libèrent des structures de transition discrètes TTS.1, TTS.2 et de cycles d'exploitation qui libèrent des structures de transition combinées TTS.1, TTS.2 est par exemple également possible.

La figure 4 représente un capteur 10 selon le deuxième mode de réalisation représenté dans la figure 3 dans une représentation de champ lointain avec les plages angulaires des zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4. Le capteur 10 comprend un plan de référence de capteur RP-S qui est perpendiculaire au plan de visionnage VP. Le plan d'élévation de capteur EP-S est perpendiculaire aussi bien par rapport au plan de référence de capteur RP-S que par rapport au plan de visionnage VP.

Les systèmes de coordonnées associés à l'unité d'émission 12 et à l'unité de réception 14 se coupent avec le système de coordonnées de capteur X, Y, Z au niveau de son origine, c'est-à-dire qu'ils peuvent se superposer de manière à correspondre au système de coordonnées de capteur X, Y, Z.

Selon le deuxième mode de réalisation, l'unité d'émission 12 et l'unité de réception 14 sont perpendiculaires l'une par rapport à l'autre, de sorte que le plan de référence d'émission RP-T et le plan de référence de réception RP-R se coupent selon un angle de 90° . En conséquence, les faisceaux correspondants BT.1, BR.1 et les faisceaux correspondants BT.2, BR.2 sont également inclinés de manière perpendiculaire les uns par rapport aux autres. Les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 et les faisceaux de réception BR.1, BR.2 se chevauchent comme dans la figure 3 décrite ci-dessus, d'où il en résulte une forme de réseau à partir de zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 avec les plages d'azimut de capteur $\alpha S1$, $\alpha S2$ et les plages d'élévation de capteur $\beta S1$, $\beta S2$ comme représenté dans la figure 3. Autrement dit, la zone de chevauchement OA.1, qui correspond aux faisceaux BT.1, BR.1 qui se chevauchent, a la plage d'azimut de capteur $\alpha S1$ et la plage d'élévation de capteur $\beta S1$. La zone de chevauchement OA.2, qui correspond aux faisceaux BT.1, BR.2 qui se chevauchent, a la plage d'azimut de capteur $\alpha S1$ et la plage d'élévation de capteur $\beta S2$. La zone de chevauchement OA.3, qui correspond aux faisceaux BT.2, BR.1 qui se chevauchent, a la plage d'azimut de capteur $\alpha S2$ et la plage d'élévation de capteur $\beta S1$. La zone de chevauchement OA.4, qui correspond aux faisceaux BT.2, BR.2 qui se chevauchent, a la plage d'azimut de capteur $\alpha S2$ et la plage d'élévation de capteur $\beta S2$.

La figure 5 représente une vue de dessus du deuxième mode de réalisation du capteur 10 selon la figure 3. L'unité d'émission 12 et l'unité de réception 14 sont ainsi éloignées l'une de l'autre d'une distance D. Afin que le capteur 10 puisse acquérir avec une haute précision des objets d'intérêt dans une partie de l'espace qui l'environne, les zones de chevauchement OA.X doivent se trouver à l'intérieur d'une zone d'acquisition du capteur 10. La zone d'acquisition commence à un multiple de la distance D. Par exemple, pour la distance D on partira de la distance la plus courte entre l'unité d'émission et l'unité de réception 12, 14, et la zone d'acquisition commence à 10 fois la distance D.

En particulier le plan de référence d'émission RP-T correspond au plan de référence de capteur RP-S.

Le plan de référence de capteur RP-S couvre une plage d'azimut de capteur complète ou un spectre qui contient une plage d'angle d'azimut de capteur α_S . Le plan d'élévation de capteur EP-S, qui est perpendiculaire aussi bien sur la ligne de visée VD que sur le plan de référence de capteur RP-S, couvre une plage d'élévation de capteur complète ou un spectre qui comprend la plage d'angle d'élévation de capteur β_S , mais n'apparaît pas sur la perspective représentée.

L'unité de commande radar 16 adresse deux structures de transition d'émission TTS.1, TTS.2 qui émettent les signaux électromagnétiques, de sorte que des faisceaux d'émission BT.1, BT.2 soient générés par le moyen de formation de faisceau par réfraction 20 qui est dimensionné en raison de ses propriétés physiques pour concentrer l'énergie électromagnétique. Par conséquent chaque structure de transition TTS.1, TTS.2 est corrélée avec un faisceau en forme d'éventail correspondant BT.1, BT.2, les faisceaux BT.1, BT.2 représentant des plages angulaires de caractéristiques de rayonnement en forme d'éventail, comme illustré dans la figure 7.

Par ailleurs, la position et/ou l'orientation des structures de transition d'émission TTS.1, TTS.2 par rapport au moyen de formation de faisceau par réfraction 20 est prépondérante pour la direction principale MDT.1, MDT.2 dans laquelle le signal électromagnétique se propage. La direction principale MDT.1, MDT.2 de la propagation d'énergie se trouve dans le plan de référence d'émission RP-T, qui est corrélé avec le plan de référence de capteur RP-S.

Les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 comprennent à chaque fois un des angles d'azimut d'émission α_{T1} , α_{T2} qui se rapporte à une plage d'angle d'azimut de capteur α_{S1} respectivement α_{S2} . Les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 s'étendent à chaque fois sur les angles d'élévation d'émission β_{T1} , β_{T2} qui sont corrélés avec les plages d'angle d'élévation de capteur β_{S1} , β_{S2} non représentées dans cette perspective.

Comme on peut le voir dans la figure 5, l'onde écho du faisceau d'émission BT.1 qui est en corrélation avec le faisceau de réception BR.1 est reçue par l'unité de réception 14. La structure de transition de réception RTS.1 (non représentée) associée au moyen de formation de faisceau par réfraction 21 reçoit un signal électromagnétique, qui provient d'une direction définie corrélée avec le faisceau de réception BR.1. Dans le deuxième mode de réalisation, les unités d'émission et de réception 12, 14 sont disposées de manière orthogonale l'une par rapport à l'autre. En conséquence, les faisceaux correspondants BT.1, BR.1 sont également inclinés l'un par rapport à l'autre. Le faisceau de réception BR.1 est perpendiculaire au plan de référence de réception RP-R et comprend un angle d'élévation de réception β_{R1} , qui correspond à peu près à 60° et un angle d'azimut de réception α_{R1} d'environ 10° , qui n'est pas représenté dans cette perspective. Comme l'unité de réception 14 est perpendiculaire à l'unité d'émission 12, l'angle d'élévation de réception β_{R1} correspond à une plage d'azimut de capteur α_S et l'angle d'azimut de réception α_{R1} à une plage d'élévation de capteur β_S .

La figure 5 montre à titre d'exemple que la zone de chevauchement OA.1 est formée par le chevauchement du faisceau d'émission BT.1 avec le faisceau de réception BR.1, la zone de chevauchement OA.1 étant représentée par une intersection en raison de la perspective de la représentation. La zone de chevauchement OA.1 se rapporte aux plages d'azimut de capteur α_S et aux plages d'élévation de capteur β_S des faisceaux respectifs BT.1, BR.1. Comme déjà développé ci-dessus en rapport avec la figure 3, la zone de chevauchement OA.1 comprend la plage d'azimut de capteur α_{S1} et la plage d'élévation de capteur β_{S1} , la plage d'azimut de capteur α_{S1} correspondant aux angles d'azimut d'émission α_{T1} et étant représentée par l'intersection dans la figure 5, et la plage d'élévation de capteur β_{S1} correspondant à l'angle d'azimut de réception α_{R1} qui est non représenté dans cette perspective.

Chaque faisceau BT.1, BT.2, BR.1 illustré dans la figure 5 a une première dimension D1 qui est perpendiculaire au plan de référence RP-T, RP-R du moyen de formation de faisceau par réfraction respectif 20, 21. La première dimension D1 correspond à une hauteur de faisceau qui est prépondérante pour le moyen de formation de faisceau par réfraction respectif 20, 21. Dans l'exemple représenté, la première dimension D1 du faisceau de réception BR.1 est perpendiculaire au plan de référence de réception RP-R et s'étend sur la plage d'élévation de réception β_{R1} qui comprend à peu près 60° et correspond à une plage d'azimut de capteur α_S .

De manière analogue, les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 ont une première dimension D1 qui est perpendiculaire au plan de référence RP-T du moyen de formation de faisceau par réfraction respectif 20 et correspond à une hauteur de faisceau qui est prépondérante pour la plage d'angle d'élévation d'émission du moyen de formation de faisceau par réfraction 20. Par conséquent la première dimension D1 des faisceaux d'émission BT.1, BT.2 est prépondérante pour les angles d'élévation d'émission $\beta T1$, $\beta T2$ (non représentés) du moyen de formation de faisceau par réfraction 20 et donc pour la plage d'élévation de capteur βS (non représentée).

Chaque faisceau BT.1, BT.2, BR.1 comprend également une seconde dimension D2 qui s'étend perpendiculairement à la première dimension D1 et correspond à une largeur de faisceau qui correspond à un angle d'azimut du moyen de formation de faisceau par réfraction respectif 20, 21. La seconde dimension des faisceaux d'émission BT.1, BT.2 s'étend sur les angles d'azimut d'émission $\alpha T1$, $\alpha T2$ qui représentent à chaque fois à peu près 10° et se rapportent à une plage d'élévation de capteur $\alpha S1$, $\alpha S2$. De manière analogue, la seconde dimension D2 du faisceau de réception BR.1, qui est non représentée par cette perspective, s'étend sur l'angle d'azimut de réception $\alpha R1$ (non représenté) qui se rapporte à la plage d'élévation de capteur βS (non représentée).

La figure 6 représente plusieurs zones de chevauchement OA.X, qui sont formées lors du chevauchement de faisceaux correspondants en forme d'éventail BT.1 - BT.4, BR.1 - BR.6 et forment ainsi une forme de trame qui permet de générer, en associant des informations relatives aux zones de chevauchement individuelles OA.X, une image au moins d'une partie de l'espace environnemental du capteur.

À titre d'exemple, la figure 6 représente concrètement le mode de réalisation illustré dans la figure 3, dans lequel les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 se chevauchent avec les faisceaux de réception correspondants BR.1, BR.2, ce qui permet de former des zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4. Ainsi d'autres faisceaux d'émission et de réception BT.3, BT.4, BR.3, BR.4, BR.5, BR.6 sont représentés pour expliquer les possibilités d'obtention d'une résolution élevée. La description faite concernant le chevauchement des faisceaux d'émission BT.1, BT.2 avec les faisceaux de réception correspondants BR.1, BR.2 vaut de la même manière pour tous les faisceaux correspondants BT.1, BT.2, BT.3, BT.4, BR.1, BR.2, BR.3, BR.4, BR.5, BR.6 qui sont représentés dans la trame, et leurs zones de chevauchement respectives OA.X.

Le réseau comprend des faisceaux d'émission BT.1, BT.2, qui ont une première dimension D1 perpendiculaire à leur plan de référence d'émission respectif RP-T. La première dimension D1 s'étend ainsi sur une plage d'angle d'élévation d'émission β_T en particulier de 120° .

- 5 Les faisceaux en forme d'éventail BT.1, BT.2 ont chacun une seconde dimension D2 qui est perpendiculaire à la première dimension et s'étend sur des plages d'angle d'azimut d'émission α_{T1} , α_{T2} en particulier de 10° par rapport à la plage d'azimut de capteur α_S . En particulier les faisceaux d'émission BT.1, BT.2 correspondent à chaque fois à une plage d'azimut de capteur α_{S1} , α_{S2} qui correspond à chaque fois à peu près à 10° . Par conséquent, la seconde dimension D2 est nettement
10 plus petite que la première dimension D1.

- De manière correspondante, il en est de même pour les faisceaux de réception BR.1, BR.2 qui ont une première dimension D1 qui est perpendiculaire au plan de référence respectif RP-R et s'étend sur une plage d'élévation de réception β_{R1} , β_{R2} d'environ 120° en rapport avec le plan de référence de
15 réception RP-R. Les faisceaux de réception BR.1, BR.2 ont une seconde dimension D2 qui est perpendiculaire à la première dimension D1 et s'étend sur la plage d'angle d'azimut de réception respective α_{R1} , α_{R2} qui représente à chaque fois environ 10° . Le plan de référence de réception RP-R est perpendiculaire au plan de référence d'émission RP-T qui correspond au plan de référence de capteur RP-S. Pour cette raison les faisceaux de réception BR.1, BR.2 présentent des plages d'angle
20 d'élévation de réception β_{R1} , β_{R2} qui sont contenues dans la plage d'azimut de capteur, et les faisceaux de réception BR.1, BR.2 ont des plages d'angle d'azimut de réception α_{R1} , α_{R2} qui sont contenues dans la plage d'élévation de capteur et correspondent aux plages d'élévation de capteur β_{S1} , β_{S2} .

- 25 Comme représenté de manière détaillée par rapport à la figure 3 ci-dessus, les zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 peuvent à chaque fois être définies par une plage d'azimut de capteur α_{S1} , α_{S2} et la plage d'élévation de capteur β_{S1} , β_{S2} qui est associée aux faisceaux correspondants BT.1, BT.2, BR.1, BR.2, comme décrit dans le tableau de la figure 6. Autrement dit, les faisceaux correspondants BT.1, BR.1 se rapportent à la plage d'azimut de capteur α_{S1} et la plage
30 d'élévation de capteur β_{S1} et définissent ainsi la zone de chevauchement OA.1. Ainsi le faisceau d'émission BT.1 se croise avec le faisceau de réception BR.2, d'où il en résulte une zone de chevauchement OA.2 qui est définie par la plage d'azimut α_{S1} et la plage d'élévation β_{S2} du capteur. Des faisceaux correspondants BT.2, BR.1 génèrent la zone de chevauchement OA.3 qui est définie pour cette raison par la plage d'azimut de capteur α_{S2} et la plage d'élévation de capteur β_{S1} . Les

faisceaux correspondants BT.2, BR.2 se rapportent à la plage d'azimut de capteur $\alpha S2$ et la plage d'élévation de capteur $\beta S2$ et définissent ainsi la zone de chevauchement OA.4.

Chacun des faisceaux correspondants BT.1, BT.2, BR.1, BR.2 est relié à une structure de transition d'émission et de réception correspondante TTS.1, TTS.2, RTS.1, RTS.2 qui est reliée à son tour à un canal d'émission et de réception correspondant TX.1, TX.2, RX.1, RX.2. Autrement dit, les ensembles de faisceaux correspondants BT.1, BR.1 ; BT.1, BR.2 ; BT.2 ; BR.1 ; BT.2, BR.2 sont associés à des canaux d'émission et de réception appariés TX.1, RX.1 ; TX.1, RX.2 ; TX.2, RX.1 ; TX.2, RX.2. Ainsi, selon le tableau de la figure 6 la plage d'azimut de capteur αS des faisceaux d'émission BT.1, BT.2 et la plage d'élévation de capteur βS des faisceaux de réception BR1, BR.2, qui définissent les zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4, peuvent être mises en relation avec les canaux de réception respectifs RX.1, RX.2 qui sont appariés avec les canaux d'émission correspondants TX.1, TX.2. Autrement dit, pendant chaque cycle d'exploitation, l'unité de commande radar forme une relation entre le canal d'émission TX.1, TX.2 adressé individuellement et l'ensemble de canaux de réception RX.1, RX.2 qui ont reçu des signaux de l'onde d'écho.

En outre chaque zone de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 est associée à une caractéristique de résultat de radar qui est fournie par le canal de réception RX.1, RX.2 dont le faisceau de réception BR.1, BR.2 se chevauche avec le faisceau d'émission BT.1, BT.2 du canal d'émission TX.1, TX.2. La caractéristique de résultat de radar qui peut comprendre l'amplitude, la fréquence, la phase, etc., est traitée pour définir des informations de résultat I-1, I-2, I-3, I-4 qui peuvent être ensuite associées au canal de réception correspondant RX.1, RX.2 et par conséquent à la zone de chevauchement respective OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 en fonction des canaux d'émission-réception appariés respectifs TX.1, RX.1 ; TX.1, RX.2 ; TX.2, RX.1 ; TX.2, RX.2.

En résumé on peut dire que les informations de résultat I-1, I-2, I-3, I-4 doivent être attribuées à une paire définie de faisceaux d'émission et de réception BT.1, BT.2, BR.1, BR.2 qui se chevauchent et qui génèrent des zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 définies qui sont associées aux plages d'azimut de capteur et d'élévation de capteur αS , βS respectives. Les relations sont reproduites de manière prédéfinie dans la mémoire de données 32, et l'unité de génération d'image 18 utilise les informations de reproduction pour associer les informations de résultat I-1, I-2, I-3, I-4 aux zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 qui correspondent à une relation prédéfinie de canaux d'émission et de réception TX.1, TX.2, RX.1, RX.2. Par conséquent, à partir de la trame des zones de chevauchement OA.1, OA.2, OA.3, OA.4 et des informations de résultat I-1, I-2, I-3, I-4, il est possible

de générer une image d'au moins une partie de l'espace environnemental du capteur. Ainsi la valeur et/ou les modifications de valeur des informations de résultat peuvent être codées, par exemple codées en couleur, de sorte qu'une image de pixel puisse être générée à l'aide d'algorithmes de traitement d'images et/ou de filtres graphiques.

5

La figure 7 représente un exemple de faisceau d'émission en forme d'éventail BT.1 qui est une zone d'une caractéristique de rayonnement en forme d'éventail 44 qui est associée à une structure de transition d'émission TTS.X de l'unité d'émission 12 en raison du moyen de formation de faisceau par réfraction cylindrique 20. Par souci de simplicité, la caractéristique de rayonnement en forme d'éventail 44 est représentée dans un système de coordonnées X, Y, Z, de préférence de l'unité d'émission 12, X représentant un axe de rotation par rapport à la plage d'angle d'élévation β_T et Y un axe de rotation par rapport à la plage d'angle d'azimut α_T . Ainsi le plan de référence RP-T se trouve dans le plan X-Z et le plan d'élévation d'émission EP-T se trouve dans le plan Y-Z et est perpendiculaire au plan de référence RP-T.

15

La caractéristique de rayonnement en forme d'éventail 44 émet l'énergie principalement dans une direction, à savoir dans la direction principale MDT.1, tandis que dans d'autres directions une énergie minimale est rayonnée. La direction principale MDT.1 du signal dépend du positionnement de la structure de transition d'émission correspondante TTS.1 qui n'est pas représentée.

20

La plage angulaire de la caractéristique de rayonnement en forme d'éventail 44, qui représente le faisceau d'émission en forme d'éventail BT.1, se trouve sous une valeur de seuil en-dessous de l'amplitude de gain de transmission maximal de la caractéristique de rayonnement 44. La valeur de seuil peut être comprise par exemple entre 3 dB et 10 dB. Dans l'exemple représenté la valeur de seuil correspond à une valeur de 3 dB. Pour cette raison la plage d'azimut d'émetteur α_T du faisceau BT.1 est étroite par exemple de 10° , tandis que la plage d'élévation d'émission β_T est plus grande, par exemple de 60° .

25

Le faisceau BT.1 a également une première dimension D1 qui est dans ce cas six fois plus grande que la seconde dimension D2. La première dimension D1 est perpendiculaire au plan de référence RP-T et à la seconde dimension D2 qui inclut la direction du gain de transmission de pointe. La direction principale MDT.1 de la propagation d'énergie se trouve dans le plan de référence RP-T.

30

La figure 8 montre une représentation détaillée du fonctionnement du capteur radar à micro-ondes de formation d'image 10 pour générer une image d'au moins une partie de l'espace qui l'environne. Le capteur 10 se compose d'au moins une unité d'émission 12 qui est couplée à une unité de réception 14, ainsi que d'une unité d'exploitation 15 qui comprend une unité de commande radar 16 et une unité de
5 génération d'image 18.

L'unité de commande radar 16 comprend une chaîne de transmission qui redirige des informations depuis l'unité de génération d'image 18 vers l'unité d'émission 12. L'unité de commande radar 16 comprend une interface 30 à laquelle est raccordée l'unité de génération d'image 18.

10 L'unité de génération d'image 18 comprend une unité de calcul 31 qui génère des signaux d'information qui sont ensuite redirigés vers l'unité de commande radar 16 par le biais de l'interface 30. Les signaux sont à chaque fois associés à un canal d'émission TX.X. Autrement dit, l'unité de génération d'image 18 fournit un ensemble de signaux qui définissent quelles structures parmi plusieurs structures de
15 transition d'émission TTS.X doivent être adressées par l'unité de commande radar 16 au cours d'un seul cycle d'exploitation pour émettre des faisceaux d'émission BT.X, et quelles caractéristiques d'émission TC doivent être transmises par les structures de transition d'émission adressées TTS.X. Ces informations, à savoir la structure de transition d'émission TTS.X et les caractéristiques d'émission correspondantes TC, sont mémorisées par exemple dans une carte d'information d'émission 35a et
20 elles sont accessibles pour l'unité de calcul 31 de sorte que l'interface 30 peut transmettre une spécification d'émission TTS.X.-TC vers l'unité de commande radar 16.

Par ailleurs l'unité de calcul 31 peut comprendre une CPU et/ou un FPGA et/ou une ASIC et/ou un microprocesseur.

25 L'unité de génération d'image 18 comprend une mémoire de données 32 qui mémorise une information de reproduction qui est composée d'une pluralité de relations prédéfinies entre les canaux d'émission TX.X et les canaux de réception RX.X et les zones de chevauchement respectives OA.X, en particulier des coordonnées de zone de chevauchement qui se rapportent à des plages d'azimut de capteur αS et
30 des plages d'élévation de capteur βS , comme représenté dans la figure 6. La mémoire de données 32 comprend de préférence également une pluralité d'informations de reproduction qui se rapportent à chaque fois à un angle défini entre le plan de référence d'émission RP-T et le plan de référence de réception RP-R et permettent un un ajustement de la résolution du capteur 10.

L'unité de génération d'image 18 transmet la spécification d'émission TTS.X-TC à l'unité de commande radar 16 qui dispose d'un port d'entrée 34 pour recevoir ces signaux depuis l'unité de génération d'image 18 par le biais de l'interface 30. L'unité de génération d'image 18 peut donner l'ordre à l'unité de commande radar 16 de réaliser une pluralité de cycles d'exploitation, où lors de chaque cycle d'exploitation la structure de transition d'émission adressée TTS.X et la caractéristique d'émission correspondante TC sont associées à un canal de transmission défini TX.X. L'unité de calcul 31 de l'unité de génération d'image 18 exécute des cycles pour chaque canal d'émission TX.X qui est contenu dans les informations de reproduction mémorisées dans la mémoire de données 32. Pour chaque canal d'émission TX.X les informations de la carte d'information d'émission 35a du canal d'émission correspondant TX.X sont utilisées pour appliquer la caractéristique d'émission correspondante TC à la structure de transition d'émission correspondante TTS.X.

Lors de chaque cycle d'exploitation l'unité de commande radar 16 distribue le signal d'émission en adressant une structure de transition d'émission définie TTS.X pour la transmission d'une micro-onde avec des propriétés d'émission TC. La structure de transition TTS.X guide une micro-onde dans le moyen de formation de faisceau par réfraction 20 de l'unité d'émission 12 et génère une caractéristique de rayonnement en forme d'éventail 44 qui comprend un faisceau en forme d'éventail BT.X.

Plusieurs structures de transition d'émission TTS.X peuvent être adressées de manière discrète les unes après les autres, de préférence dans des cycles d'exploitation consécutifs, de sorte que des micro-ondes soient alimentées discrètement vers plusieurs positions de transition 27 dans le moyen de formation de faisceau par réfraction 20. La libération de manière consécutive des structures de transition d'émission TTS.X permet de générer plusieurs faisceaux individuellement qui présentent à chaque fois une direction principale correspondant à peu près à la ligne de visée, ce qui permet que la plage d'azimut ou le spectre du moyen de formation de faisceau par réfraction 20 de l'unité d'émission 12 soit balayé dans des cycles d'exploitation consécutifs.

Chaque micro-onde émise contient l'énergie électromagnétique qui est dirigée majoritairement dans une direction souhaitée, à savoir la direction principale. La micro-onde comporte une caractéristique d'émission TC spéciale. Il résulte de la réflexion des micro-ondes émises par un objet d'intérêt une onde écho qui est associée à un faisceau de réception BR.X et peut être reçue par le moyen de formation de faisceau par réfraction 21 de l'unité de réception 14. Ainsi l'onde d'écho présente une caractéristique modifiée par rapport à la micro-onde transmise.

En retour, l'unité de commande radar 16 comprend une chaîne de transmission, qui redirige des informations depuis l'unité de génération d'image 14 vers l'unité d'émission 18. L'onde d'écho est de préférence reçue par une pluralité de structures de transition de réception RTS.X, auxquelles à chaque fois un canal de réception RX.X est associé. L'unité de commande radar 16 exploite le signal de réception à l'aide du signal d'émission correspondant et génère un signal de résultat avec une caractéristique de résultat de radar RC. La caractéristique de résultat de radar RC est reliée à une structure de transition de réception défini RTS.X. Cette information, à savoir une évaluation de réception RTS.X-RC qui comprend la structure de transition de réception exploitée RTS.X en rapport avec une caractéristique de résultat de radar définie RC, est sortie depuis l'unité de commande radar 16 par le biais de son port de sortie 36 et redirigée par le biais de l'interface 30 vers l'unité de génération d'image 18.

Par ailleurs, l'unité de commande radar 16 utilise de préférence un traitement analogique pour émettre l'énergie électromagnétique par une bascule des structures de transition d'émission adressées TTS.X et pour exploiter l'ensemble de structures de transition de réception RTS.X qui reçoivent les signaux écho ou les signaux de réception. La relation entre les structures de transition de réception RTS.X et les canaux de réception RX.X est mémorisée dans une carte d'information de réception 35b.

L'unité de commande radar 16 dispose d'un port de sortie 36 pour distribuer les caractéristiques de résultat de radar RC en rapport avec une structure de transition de réception exploitée RTS.X, c'est-à-dire les exploitations de réception RTS.X.-RC, vers l'unité de génération d'image 18 par le biais de l'interface 30.

L'unité de génération d'image 18 reçoit lors de chaque cycle d'exploitation les caractéristiques de résultat de radar RC et les structures de transition de réception correspondantes RTS.X et traite les caractéristiques de résultat de radar pour déterminer les informations de résultat I.X associées aux structures de transition de réception RTS.X. La caractéristique de résultat de radar RC peut être traitée de préférence de manière numérique pour obtenir des informations de résultat I.X.

Les informations de résultat I.X sont associées à une structure de transition de réception RTS.X et se rapportent par conséquent à un canal de réception RX.X, en se basant sur la carte d'information de réception 35b. L'unité de calcul 31 affecte alors les informations de résultat I.X au canal de réception correspondant RX.X en accédant à la carte d'information de réception 35b. La carte d'information

d'émission 35a et/ou la carte d'information de réception 35b peuvent être mémorisées séparément ou être intégrées dans les informations de reproduction mémorisées dans la mémoire de données 32.

5 À l'aide des informations de reproduction dans la mémoire de données 32 l'unité de calcul 31 de l'unité de génération d'image 18 met en relation le canal de réception RX.X avec le canal d'émission correspondant TX.X, de préférence par un traitement numérique, et affecte les informations de résultat I.X à la zone de chevauchement respective OA.X qui correspond à la paire de canaux d'émission-réception TX.X, RX.X pour chaque cycle d'exploitation, ce qui permet de générer une image d'au moins une partie de l'espace environnemental du capteur. En particulier une image de données brutes peut
10 être établie à partir de la trame des zones de chevauchement OA.X.

L'unité de génération d'image 18 dispose d'un port de sortie 38 qui permet la sortie de l'image sur une unité de traitement d'images 40. L'unité de traitement d'images 40 peut faire partie d'un capteur qui contient le capteur radar à micro-ondes de formation d'image 10 dans un boîtier commun. L'unité de
15 traitement d'images 40 analyse l'image de nouveau, de sorte qu'il en résulte une image traitée.

L'image a une pluralité de champs, chaque champ étant représenté par un pixel qui est corrélé avec une relation définie, où une relation correspond à un canal de réception défini RX.X qui est associé à un canal d'émission défini TX.X. À chaque pixel est attribuée une valeur qui se rapporte aux informations
20 de résultat I.X.

Par exemple lors d'une image traitée, une valeur et/ou des modifications de valeur qui sont associées à chaque peuvent être codées, par exemple codées en gris, codées en couleur, etc., ce qui permet l'établissement d'une image à l'aide d'algorithmes de traitement d'images et/ou de filtres graphiques. Il
25 est également possible d'établir d'autres images, par exemple une image cartésienne en 3D, ce qui se fait en prenant en considération le résultat du traitement de signal appliqué aux informations de résultat IX sur la base des caractéristiques de résultat de radar.

La figure 9 représente une partie d'un capteur 10 avec une unité d'émission 12 qui comprend un moyen
30 de formation de faisceau par réfraction 20, où il s'agit d'une lentille cylindrique qui est contenue dans un boîtier mécanique 42 incluse qui est illustré dans une représentation en coupe.

La construction de l'unité d'émission 12 est la même que sans le boîtier mécanique 42 et est analogue à l'unité de réception 14.

Dans le présent exemple l'unité d'émission 12 est réalisée dans un seul circuit imprimé 25, par exemple un corps de circuit imprimé 26, qui présente plusieurs couches de noyau 22 avec un substrat diélectrique. Les couches de noyau 22 sont reliées les unes aux autres par une couche de préimprégné 46 et sont entourées par une couche métallisée supérieure et inférieure 23 qui incluent le substrat diélectrique, lui confèrent une tenue structurelle et garantissent les propriétés de focalisation du moyen de formation de faisceau par réfraction 20 dans la direction d'élévation.

Les couches de noyau 22 dans l'unité d'émission 12 forment le moyen de formation de faisceau par réfraction respectif 20, qui a une forme cylindrique et peut ainsi transmettre des faisceaux en forme d'éventail. Le substrat de noyau diélectrique de l'unité d'émission 12 agit comme une lentille, en particulier une lentille à gradient d'indice. L'indice diélectrique est influencé par des trous 29 dans les couches de noyau diélectriques 22.

Du fait que le circuit imprimé 25 soit composé de plusieurs couches de noyau 22, les structures de transition d'émission TTS.X, qui sont associées au moyen de formation de faisceau par réfraction 20 en différentes positions de transition 27, peuvent être un guide d'ondes 48 et une sonde 49 réalisée sous la forme d'un trou de liaison borgne (Blind Via). Les structures de transition d'émission TTS.X sont en mesure de transformer l'énergie électrique en énergie électromagnétique, c'est-à-dire en une micro-onde qui est alors guidée par le biais du guide d'ondes 48 vers le moyen de formation de faisceau par réfraction 20.

Le guide d'ondes 48 est intégré dans le circuit imprimé 25. Il est délimité par la couche métallisée supérieure et inférieure 23 et par des parois latérales 50a, 50b, qui sont composées de contacts traversants métallisés qui relient les couches métallisées 23, en s'étendant à travers les couches de noyau 22, ce qui permet au guide d'ondes 48 de guider l'énergie électromagnétique dans une direction définie.

Les lignes de transition 24 sont, comme décrit ci-dessus, reliées à l'unité de commande radar 16.

Le boîtier 42 du moyen de formation de faisceau par réfraction 20 est fabriqué de préférence à partir d'un substrat diélectrique et présente une forme de tore. Sur les pôles opposés le boîtier 42 a une surface ouverte autour de son axe de rotation central qui correspond à l'axe central M-T de l'unité d'émission 12. Dans le présent exemple un hyperboloïde central a été enlevé du boîtier en forme de

tore 42, ce qui permet que les pôles du boîtier 42 opposés l'un par rapport à l'autre soient des surfaces ouvertes. La lentille cylindrique est ainsi entourée radialement par le boîtier en forme de tore 42, tandis que les deux surfaces circulaires planes de la lentille cylindrique sont entourées seulement partiellement par le boîtier 42 au niveau des bords.

5

Le boîtier 42 influence les propriétés de polarisation du rayonnement électromagnétique émis et reçu, en raison de sa forme courbée et de sa propriété diélectrique. Avantageusement le boîtier 42 est en mesure de transformer un rayonnement électromagnétique planaire en un rayonnement avec une polarisation circulaire, ce qui est préféré lors de l'analyse d'ondes HF qui sont renvoyées par des objets irréguliers, puisque les ondes polarisées circulaires sont en mesure de collecter plus d'énergie pour la transmission à partir de différents échos. À titre d'exemple, les corps humains ne restent pas toujours polarisés de manière linéaire lors de la génération d'écho ; pour cette raison la sensibilité de détection du capteur 10 peut être améliorée par le boîtier en forme de tore 42.

10

15

Il est possible d'envisager que le boîtier de lentille 42 soit intégré dans un boîtier du capteur 10. Le boîtier intégré peut être fabriqué en une seule pièce, par exemple par impression en 3D avec le même matériau, de sorte que les propriétés diélectriques soient identiques dans tout le boîtier. En variante il est possible qu'une partie qui relie le boîtier de capteur avec le boîtier de lentille 42 présente une autre propriété diélectrique que le boîtier de lentille 42 lui-même.

20

Liste des signes de référence

5	10	Capteur radar à micro-ondes de formation d'image
	12	unité d'émission
	14	unité de réception
	15	unité d'exploitation
	16	unité de commande radar
10	18	unité de génération d'image
	20	moyen de formation de faisceau par réfraction
	21	moyen de formation de faisceau par réfraction
	22	couche de noyau
	23	couche métallique
15	24	ligne de transmission
	25	circuit imprimé
	26	corps de circuit imprimé
	27	position de transition
	28	zone de liaison
20	29	trous
	30	interface
	31	unité de calcul
	32	mémoire de données
	34	port d'entrée RCU
25	35a	carte d'information d'émission
	35b	carte d'information de réception
	36	port de sortie RCU
	38	port de sortie IU

5	40	unité de génération d'image
	42	boîtier
	44	caractéristique de rayonnement
	46	couche de préimprégné
	48	guide d'ondes
	49	sonde
	50a	paroi latérale
10	50b	paroi latérale
	αR	plage d'angle d'azimut de réception
	αS	plage d'angle d'azimut de capteur
	αT	plage d'angle d'azimut d'émission
	βR	plage d'angle d'élévation de réception
	βS	plage d'angle d'élévation de capteur
	βT	plage d'angle d'élévation d'émission
15	φR	angle d'azimut inclus entre des faisceaux de réception
	φT	angle d'azimut inclus entre des faisceaux d'émission
	BR.X	faisceau de réception
	BT.X	faisceau d'émission
	D	distance
	D1	première dimension
	D2	seconde dimension
20	EP-R	plan d'élévation de réception
	EP-S	plan d'élévation de capteur
	EP-T	plan d'élévation d'émission
	I.X	informations de résultat
	M-T	axe central unité d'émission
	M-R	axe central unité de réception
	MDR.X	direction principale faisceau de réception
25	MDT.X	direction principale faisceau d'émission 1
	OA.X	zone de chevauchement
	RC	caractéristique de résultat de radar
	RP-R	plan de référence de réception
	RP-S	plan de référence de capteur
30		

	RP-T	plan de référence d'émission
	RTS.X	structure de transition de réception
	RTS.X-RC	exploitation de réception
	RX.X	canal de réception
5	TTS.X	structure de transition d'émission
	TTS.X-TX	spécification d'émission
	TX.X	canal d'émission
	VD	ligne de visée
	VP	plan de visionnage
10		

Revendications

1. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image (10) destiné à générer une image d'au moins
5 une partie de son espace environnemental, dans lequel le capteur (10) comprend au moins une
unité d'émission (12), une unité de réception (14) et une unité d'exploitation (15) qui présente un
port de sortie (38) pour la sortie d'une image et qui est reliée à l'unité d'émission (12) et à l'unité
de réception (14), dans lequel l'image comprend des champs, les champs étant associés à une
10 paire de canaux composée d'un canal d'émission (TX.X) et d'un canal de réception (RX.X), dans
lequel au moins deux canaux d'émission (TX.X) et au moins deux canaux de réception (RX.X)
correspondent à chaque fois à un faisceau en forme d'éventail (BT.X, BR.X) qui a une première
dimension (D1) qui est nettement plus grande qu'une seconde dimension (D2), et dans lequel la
première dimension (D1) est perpendiculaire à la seconde dimension (D2), dans lequel le champ
est associé à une caractéristique de résultat de radar (RC) qui est fournie par le canal de
15 réception (RX.X) dont le faisceau de réception en forme d'éventail (BR.X) se croise avec le
faisceau d'émission en forme d'éventail (BT.X) du canal d'émission (TX.X) en formant une zone
de chevauchement (OA, OA.X), **caractérisé en ce que** le canal d'émission (TX.X) est corrélé
avec l'unité d'émission (12) qui comprend un moyen de formation de faisceau par réfraction (20)
avec un plan de référence d'émission (RP-T) par rapport auquel les faisceaux d'émission en
20 forme d'éventail (BT.X) des canaux d'émission (TX.X) sont perpendiculaires avec leur première
dimension (D1), dans lequel l'unité d'émission (12) comprend une pluralité de structures de
transition d'émission (TTS.X) qui sont reliées au moyen de formation de faisceau par réfraction
(20) en différentes positions de transition (27), de sorte que chaque canal d'émission (TX.X) est
associé au moins à une structure de transition d'émission (TTS.X), et dans lequel le canal de
25 réception (RX.X) est corrélé avec l'unité de réception (14) qui comprend un moyen de formation
de faisceau par réfraction (21) avec un plan de référence de réception (RP-R), par rapport auquel
les faisceaux de réception en forme d'éventail (BR.X) des canaux de réception (RX.X) sont
perpendiculaires avec leur première dimension (D1), dans lequel l'unité de réception (14)
comprend une pluralité de structures de transition de réception (RTS.X) qui sont associées au
30 moyen de formation de faisceau par réfraction (21) en différentes positions de transition (27), de
sorte que chaque canal de réception (RX.X) soit en relation avec au moins une structure de
transition de réception (RTS.X).

2. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'unité d'exploitation (15) comprend une unité de commande radar (16) et une unité de génération d'image (18) qui sont reliées l'une à l'autre, dans lequel l'unité de commande radar (16) est reliée à l'unité d'émission (12) et à l'unité de réception (14) par le biais de lignes de transmission (24), et dans lequel l'unité de génération d'image (18) comprend le port de sortie (38).
3. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la structure de transition d'émission et/ou de réception (TTS.X, RTS.X) transmet l'énergie électrique entre la ligne de transmission (24) et un guide d'ondes (48), dans lequel le guide d'ondes (48) transmet l'énergie électromagnétique entre la structure de transition d'émission et/ou de réception (TTS.X, RTS.X) et le moyen de formation de faisceau par réfraction respectif (20, 21).
4. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'unité de commande radar (16) émet un signal sur une structure de transition d'émission (TTS.X) ou une combinaison de plusieurs structures de transition d'émission (TTS.X) pour émettre un signal d'émission se rapportant à un canal d'émission défini (TX.X), dans lequel l'unité de commande radar (16) reçoit un signal de réception d'un écho correspondant reçu par les structures de transition de réception (RTS.X) et définit la caractéristique de résultat de radar (RC) des signaux de réception, dans lequel l'unité de commande radar (16) comprend une interface (30) avec un port d'entrée (34) et un port de sortie (36), dans lequel le port d'entrée (34) reçoit la spécification des structures de transition d'émission (TTS.X) à adresser et les caractéristiques de signal à fournir aux structures de transition d'émission (TTS.X) adressées de l'unité d'émission (12) se rapportant au canal d'émission (TX.X), et le port de sortie (36) distribue un ensemble de caractéristiques de résultat de radar (RC) qui se rapportent aux structures de transition de réception exploitées (RTS.X) de l'unité de réception (14) rapportée au canal de réception (RX.X).
5. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 1 à 4, **caractérisé en ce que** le capteur (10) comprend une ligne de visée (VD), par rapport à laquelle un plan de visionnage (VP) est perpendiculaire, dans lequel le capteur (10) comprend un plan de référence de capteur (RP-S) qui est perpendiculaire au plan de visionnage (VP), et dans

lequel le plan de référence d'émission (RP-T) et le plan de référence de réception (RP-R) sont perpendiculaires au plan de visionnage (VP).

- 5 6. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 1 à 5, **caractérisé en ce que** le faisceau en forme d'éventail (BT.X, BR.X) présente une direction principale (MDT.X, MDR.X) qui est la direction de gain de transmission de pointe, dans lequel la direction principale (MDT.X, MDR.X) dépend du positionnement de la structure de transition (TTS.X, RTS.X) par rapport au moyen de formation de faisceau par réfraction respectif (20, 21), dans lequel au moins deux faisceaux en forme d'éventail (BT.X, BR.X) aussi bien de l'unité d'émission (12) que de l'unité de réception (14) présentent à chaque fois une direction principale (MDT.X, MDR.X) qui est alignée grosso modo dans la ligne de visée (VD) de sorte qu'au moins deux faisceaux en forme d'éventail (BT.X, BR.X) aussi bien de l'unité d'émission (12) que de l'unité de réception (14) se chevauchent au moins en partie dans les zones de chevauchement (OA, OA.X).
- 10 7. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 2 à 6, **caractérisé en ce que** l'unité de génération d'image (18) est reliée à l'interface (30) de l'unité de commande radar (16) et ajuste l'entrée de l'unité de commande radar (16) sur l'adressage d'une combinaison définie de canaux d'émission (TX.X) et reçoit l'ensemble de caractéristiques de résultat de radar (RC) des canaux de réception exploités (RX.X) et génère l'image en associant les caractéristiques de résultat de radar reçues (RC) à un champ en prenant en considération le canal d'émission adressé (TX.X) et le canal de réception correspondant (RX.X).
- 15 8. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 1 à 7, **caractérisé en ce que** le moyen de formation de faisceau par réfraction (20, 21) est une lentille diélectrique.
- 20 9. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la lentille diélectrique est une lentille à gradient d'indice.
- 25 10. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la lentille à gradient d'indice est une lentille de Luneburg cylindrique généralisée.
- 30

11. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le plan de référence (RP-T, RP-R) pour la lentille de Lüneburg cylindrique généralisée est perpendiculaire à l'axe central (M-T, M-R) de la lentille.
- 5 12. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 10 ou 11, **caractérisé en ce que** la lentille de Lüneburg cylindrique généralisée présente un gradient de permittivité qui varie de manière quadratique par rapport à la position radiale.
- 10 13. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 1 à 12, **caractérisé en ce que** le plan de référence de réception (RP-R) de l'unité de réception (14) et le plan de référence d'émission (RP-T) de l'unité d'émission (12) se coupent, l'angle de coupe étant compris entre 0° et 90° ; $0^\circ \leq \text{angle de coupe} \leq 90^\circ$.
- 15 14. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** l'angle de coupe est compris entre 15° et 90° , de sorte qu'un réseau de surveillance puisse être généré.
- 20 15. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 2 à 14, **caractérisé en ce que** l'unité de commande radar (16) comprend une chaîne de réception qui est reliée à l'unité de réception (14), de sorte que l'unité de commande radar (16) détermine les caractéristiques de signaux reçues par le biais d'une pluralité de structures de transition de réception (RTS.X), dans lequel l'unité de commande radar (16) comprend en outre une chaîne d'émission qui est reliée à l'unité d'émission (12) de sorte que l'unité de génération d'image (18) puisse aborder une pluralité de structures de transition d'émission (TTS.X) avec un signal d'émission.
- 25 16. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 2 à 15, **caractérisé en ce que** l'unité de commande radar (16) effectue au moins un cycle d'exploitation dans lequel une relation est construite entre la structure de transition d'émission adressée (TTS.X) et la structure de transition de réception exploitée (RTS.X).
- 30 17. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 2 à 16, **caractérisé en ce que** l'unité de génération d'image (18) comprend une mémoire de

données (32), dans laquelle une pluralité de relations entre la structure de transition d'émission (TTS.X) et la structure de transition de réception (RTS.X) est mémorisée.

- 5 18. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 2 à 17, **caractérisé en ce que** l'unité de génération d'image (18) distribue l'image sur une unité de traitement d'images (40) qui reproduit l'image d'au moins une partie de l'espace environnemental du capteur sous forme de réseau composé d'une pluralité de pixels qui sont mémorisés dans la mémoire de données (32), dans lequel chaque pixel est associé à une relation entre la structure de transition d'émission (TTS.X) et la structure de transition de réception (RTS.X).
- 10 19. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 3 à 18, **caractérisé en ce que** la génération du signal d'émission et de la caractéristique de résultat de radar (RC) se fait à l'aide de FMCW.
- 15 20. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 1 à 19, **caractérisé en ce que** les caractéristiques de résultat de radar (RC) sont générées par l'exploitation du signal de réception par rapport au signal d'émission en appliquant l'effet Doppler.
- 20 21. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 1 à 20, **caractérisé en ce que** les canaux d'émission (TX.X) sont raccordés au circuit de rayonnement, dans lequel lors de chaque cycle d'exploitation à chaque fois un canal d'émission (TX.X) est alimenté avec un signal d'émission, dans lequel chaque canal d'émission (TX.X) concerne une structure de transition d'émission (TTS.X) ou plusieurs, structures de transition d'émission (TTS.X) en particulier adjacentes.
- 25 22. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 2 à 21, **caractérisé en ce que** l'unité de réception (14), l'unité d'émission (12) et les lignes de transmission (24) sont mises en œuvre dans un seul circuit imprimé (25).
- 30 23. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon la revendication 22, **caractérisé en ce que** le circuit imprimé unique (25) comprend un corps de circuit imprimé (26) qui comprend au moins une couche de noyau (22), dans lequel le corps de circuit imprimé (26) présente au moins une couche métallisée (23) sur la face supérieure et sur la face inférieure du corps de circuit imprimé (26).

24. Mode de réalisation de capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon la revendication 23, **caractérisé en ce que** l'au moins une couche de noyau (22) est composée d'un substrat diélectrique, dans lequel la couche de noyau (22) de l'unité d'émission (12) et de l'unité de réception (14) forme le moyen de formation de faisceau par réfraction (20, 21) respectif avec un contour courbé.
25. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 23 à 24, **caractérisé en ce que** l'au moins un guide d'ondes (48) est façonné d'une seule pièce avec le circuit imprimé unique (25) et est délimité par la couche métallisée supérieure et inférieure (23) du corps de circuit imprimé (26) et par des contacts traversants métallisés qui relient les couches métallisées (23) les unes autres, ce qui permet qu'elles servent de parois latérales (50a, 50b) du guide d'ondes (48).
26. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 22 à 25, **caractérisé en ce que** l'unité de commande radar (14) est appliquée sur le circuit imprimé unique (25) et est reliée aux structures de transition d'émission et de réception (TTS.X, RTS.X).
27. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 1 à 26, **caractérisé en ce que** le moyen de formation de faisceau par réfraction (20, 21) est recouvert par un boîtier de lentille (42) pour la génération d'un rayonnement polarisé circulaire.
28. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 1 à 27, **caractérisé en ce que** le moyen de formation de faisceau par réfraction (20, 21) est une lentille cylindrique, la lentille étant contenue dans un boîtier de lentille en forme de tore (42) avec une première propriété diélectrique et présentant sur le pôle supérieur et inférieur une surface ouverte autour de son axe de rotation central (M-T, M-R).
29. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 26 ou 28, **caractérisé en ce que** le boîtier de lentille (42) est intégré dans un boîtier du capteur (10).
30. Capteur radar à micro-ondes de formation d'image selon une des revendications précédentes 1 à 29, **caractérisé en ce que** le capteur radar à micro-ondes de formation d'image (10) comprend

plusieurs unités d'émission (12) et/ou plusieurs unités de réception (14) qui sont reliées à l'unité d'exploitation (15).

10

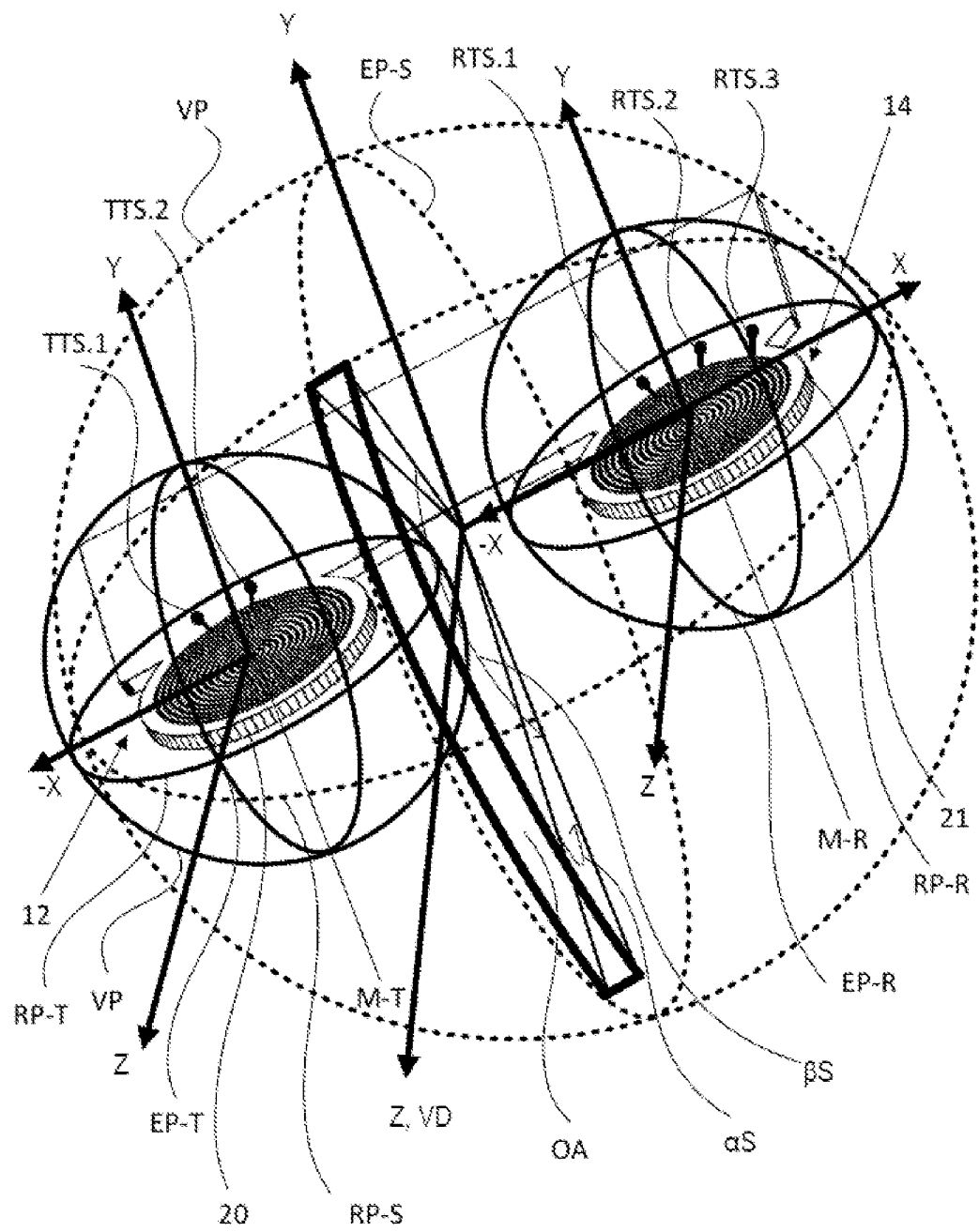


Fig. 1

10

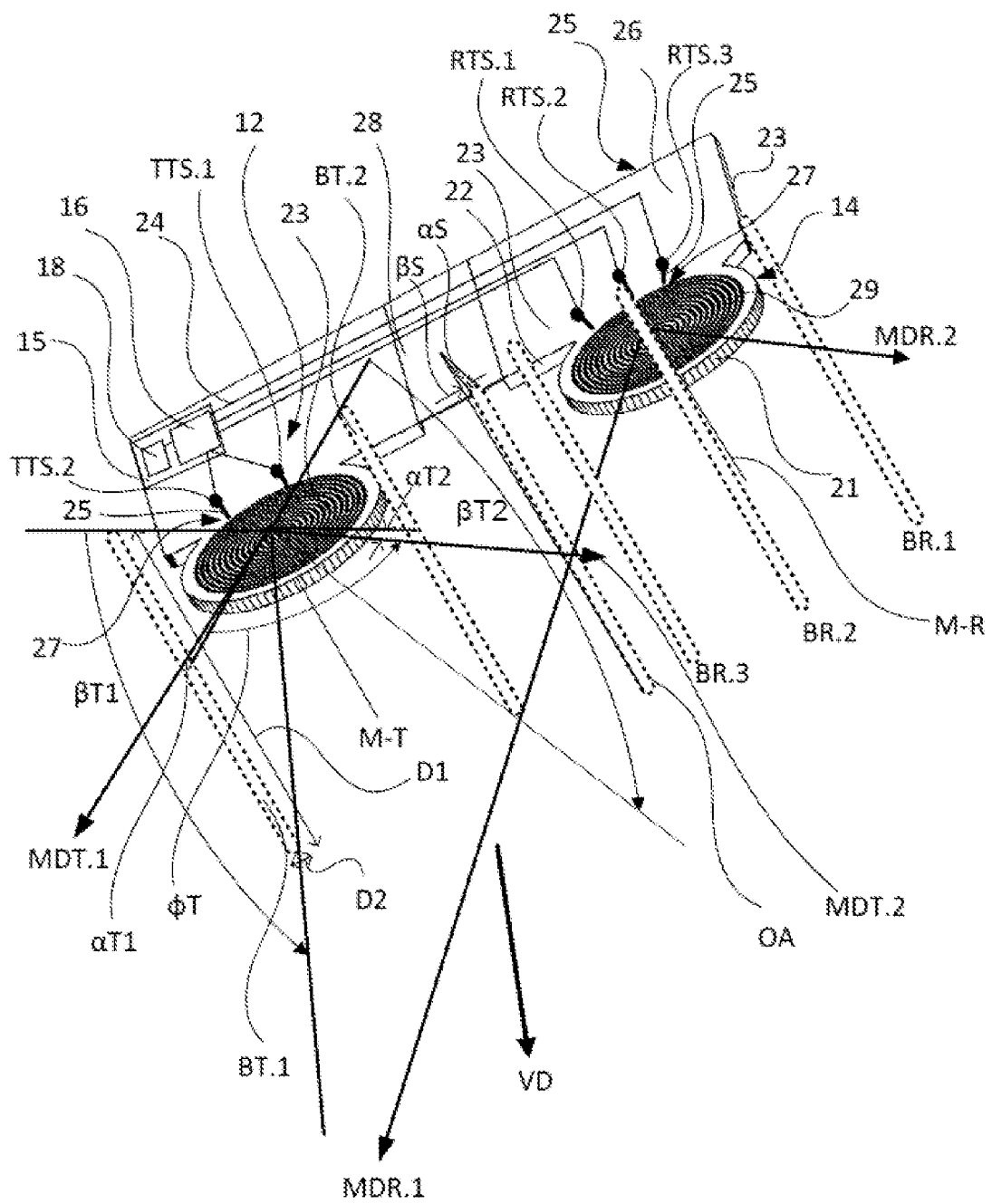


Fig. 2

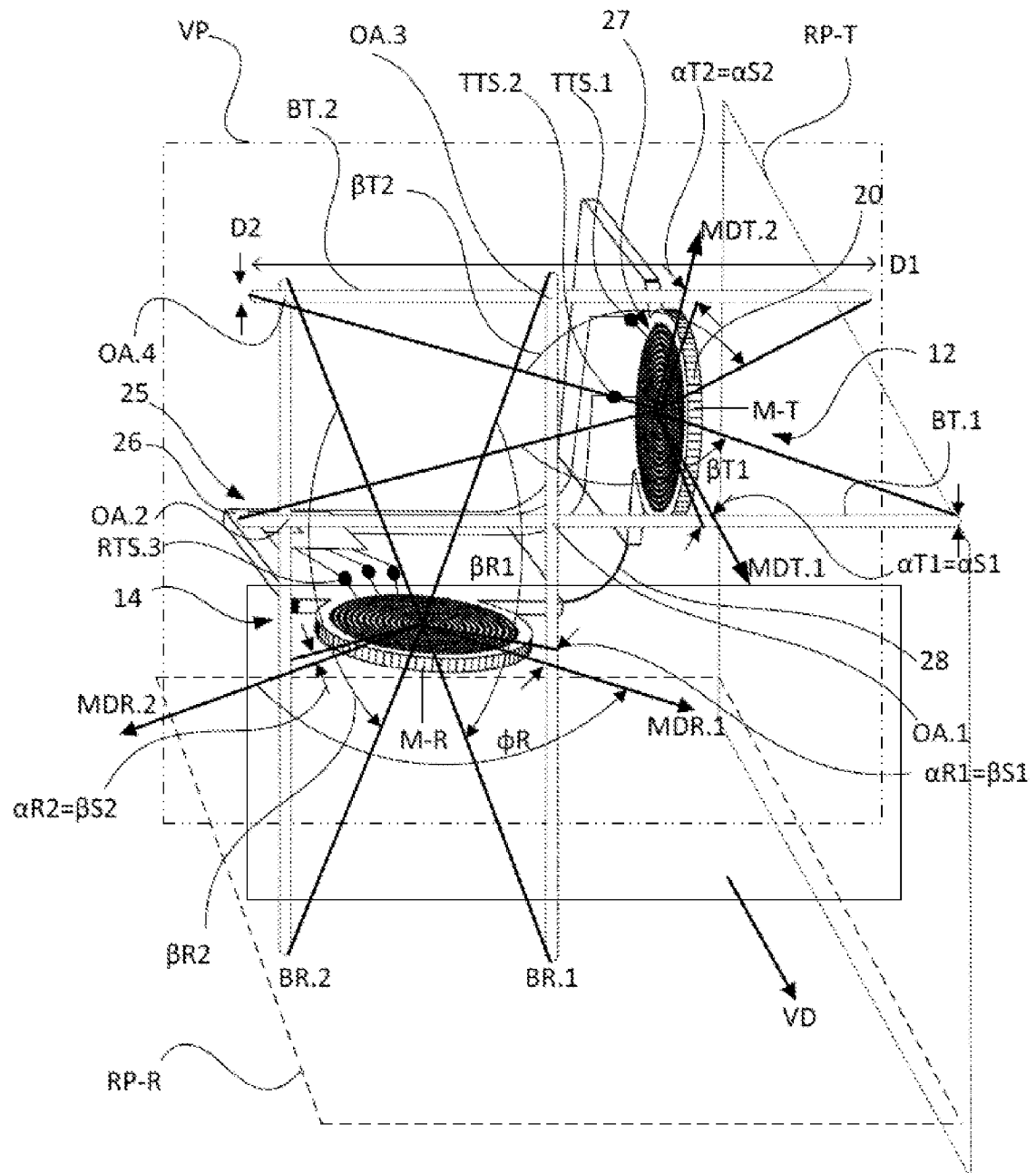


Fig. 3

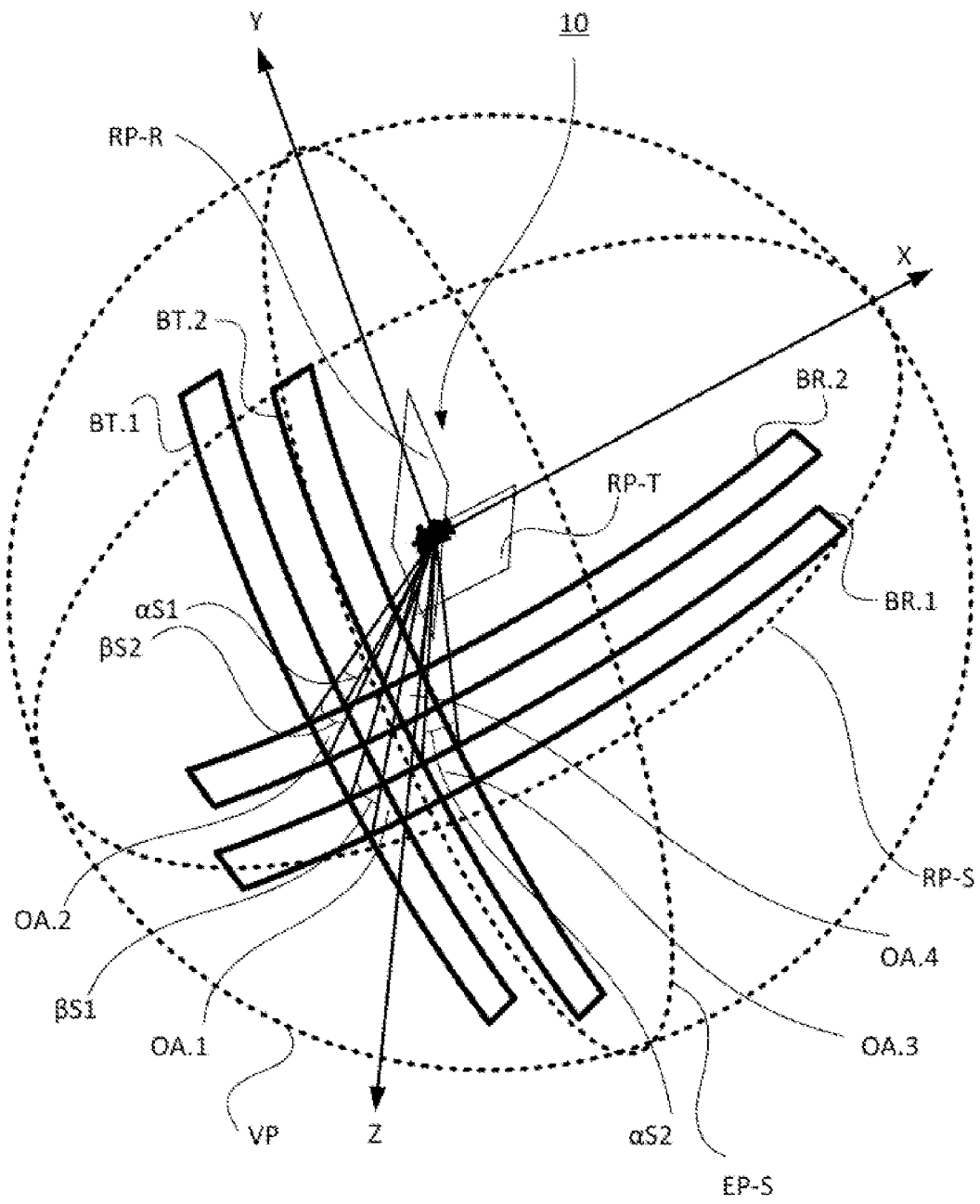


Fig. 4

10

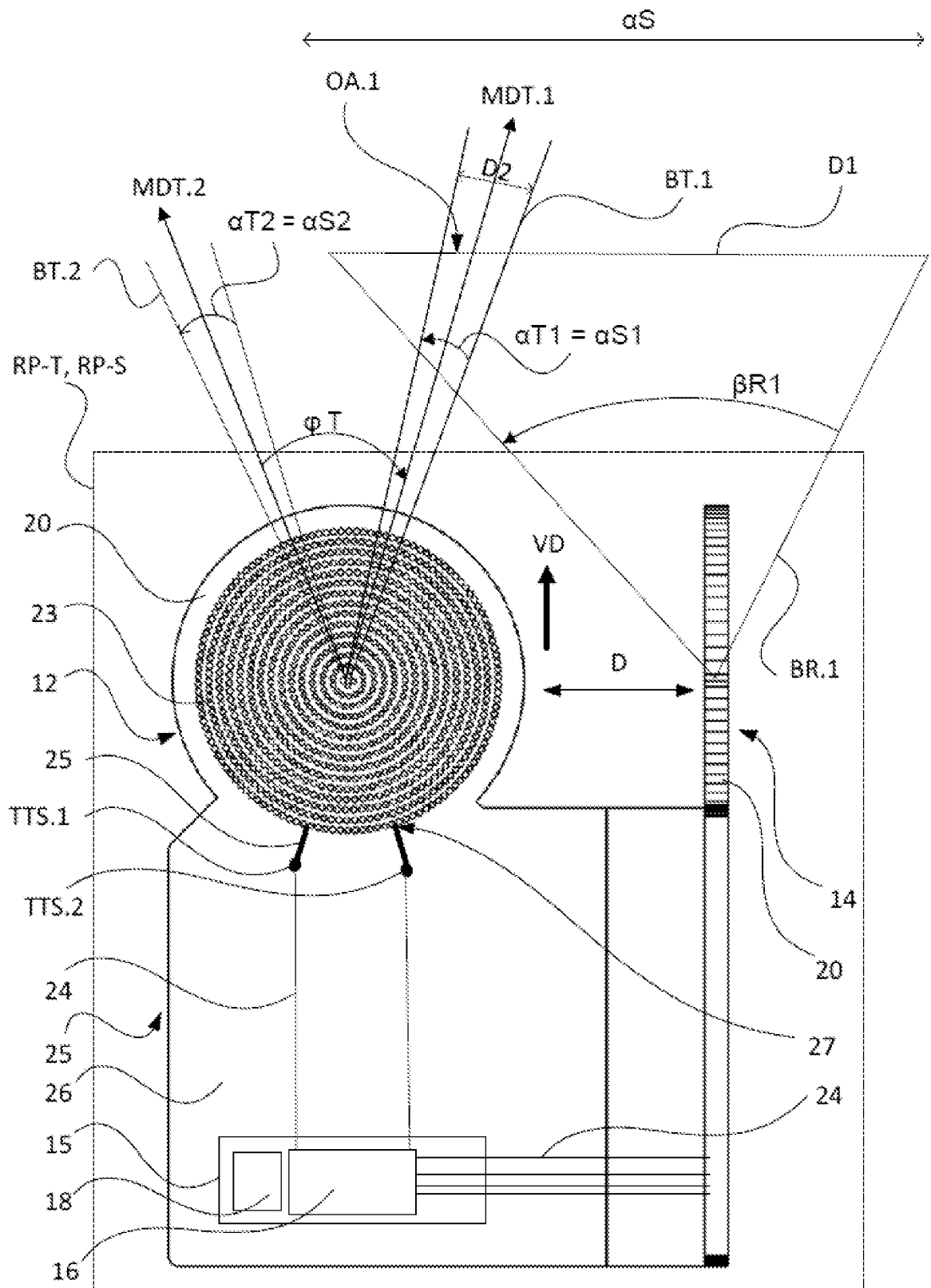
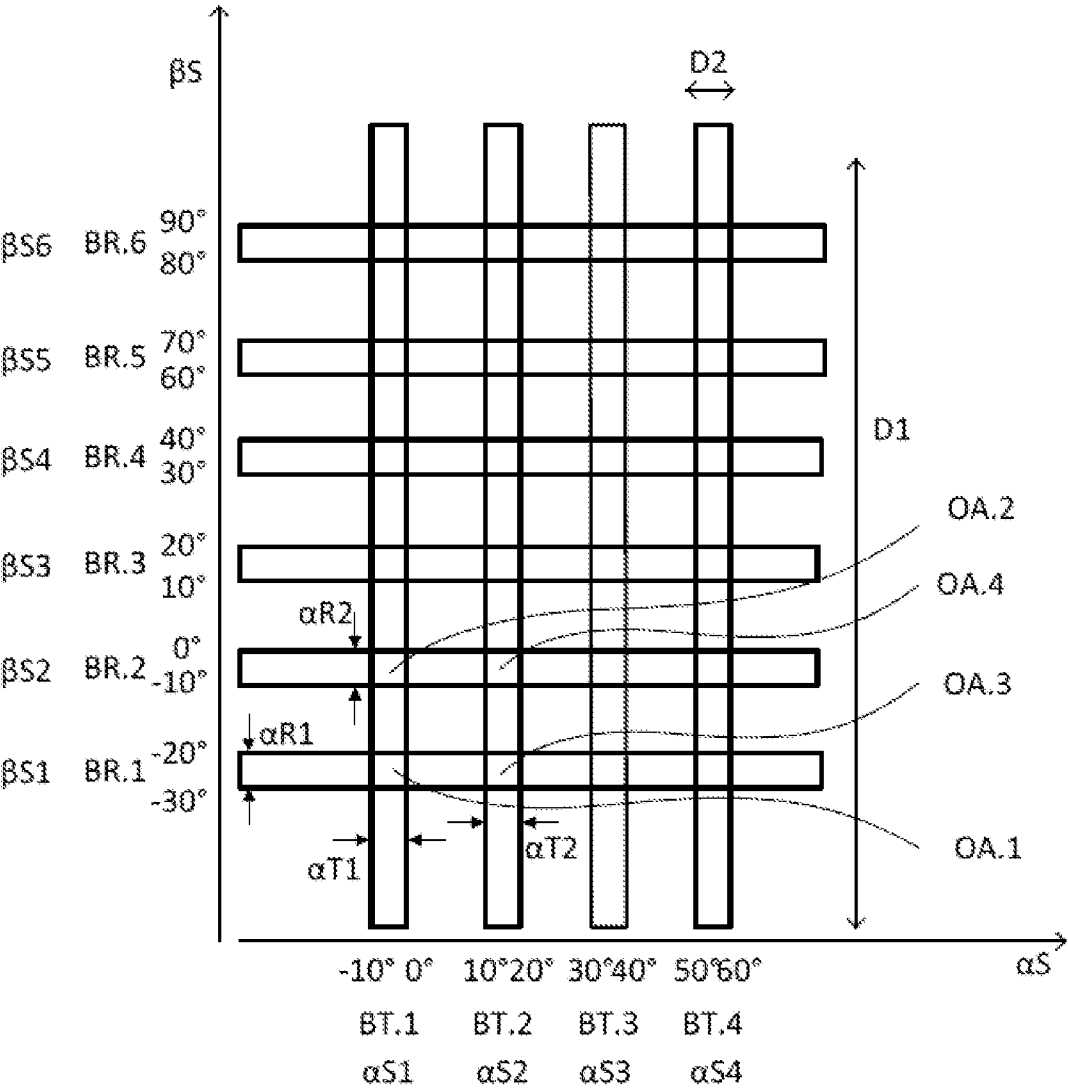


Fig. 5



TX.X	RX.X	OA.X	α_S	β_S	Ergebnis- informationen
1	1	OA.1	$\alpha_{S1} = [-10^\circ, 0^\circ]$	$\beta_{S1} = [-30^\circ, -20^\circ]$	I-1
1	2	OA.2	$\alpha_{S1} = [-10^\circ, 0^\circ]$	$\beta_{S2} = [-10^\circ, 0^\circ]$	I-2
2	1	OA.3	$\alpha_{S2} = [10^\circ, 20^\circ]$	$\beta_{S1} = [-30^\circ, -20^\circ]$	I-3
2	2	OA.4	$\alpha_{S2} = [10^\circ, 20^\circ]$	$\beta_{S2} = [-10^\circ, 0^\circ]$	I-4

Fig. 6

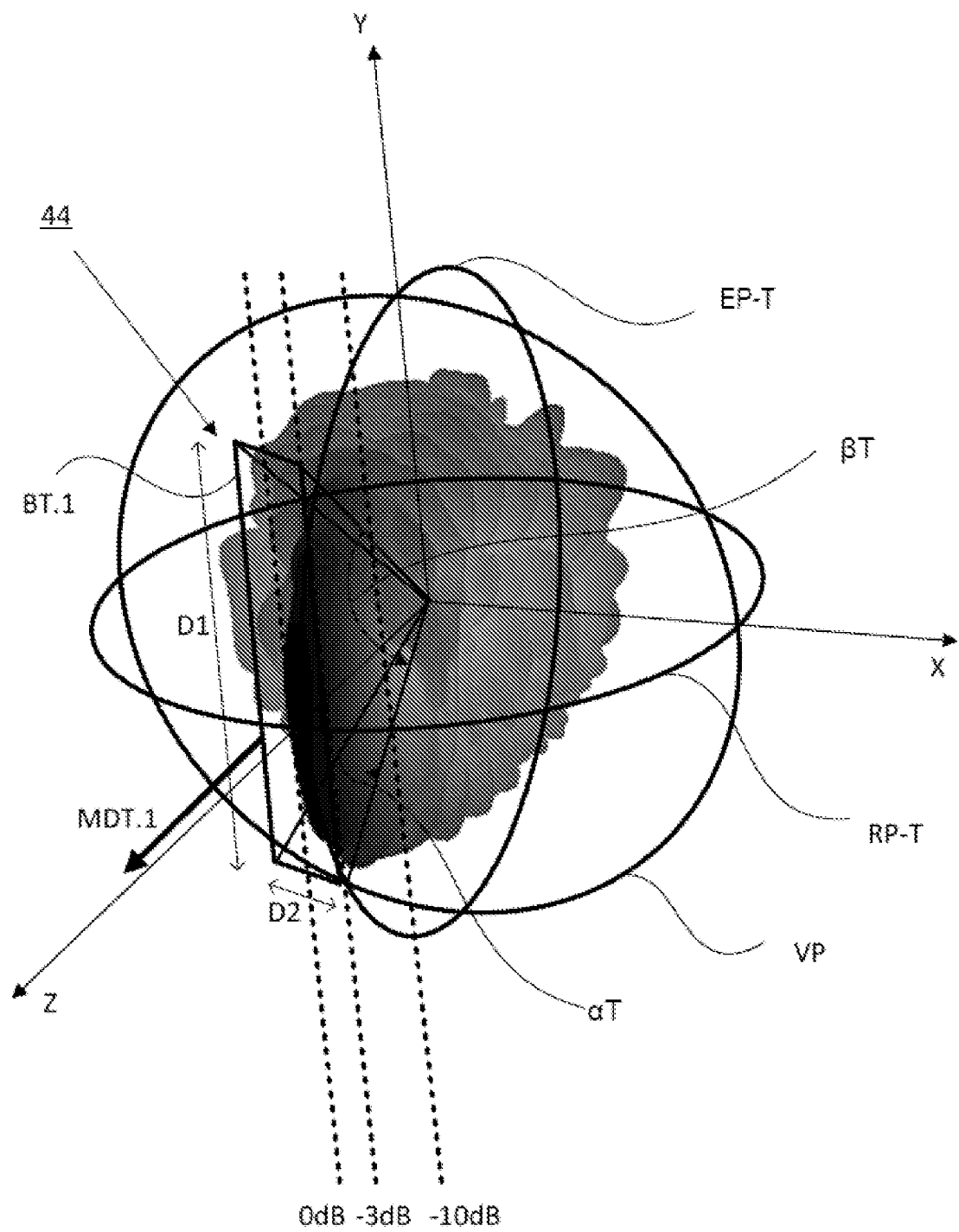


Fig. 7

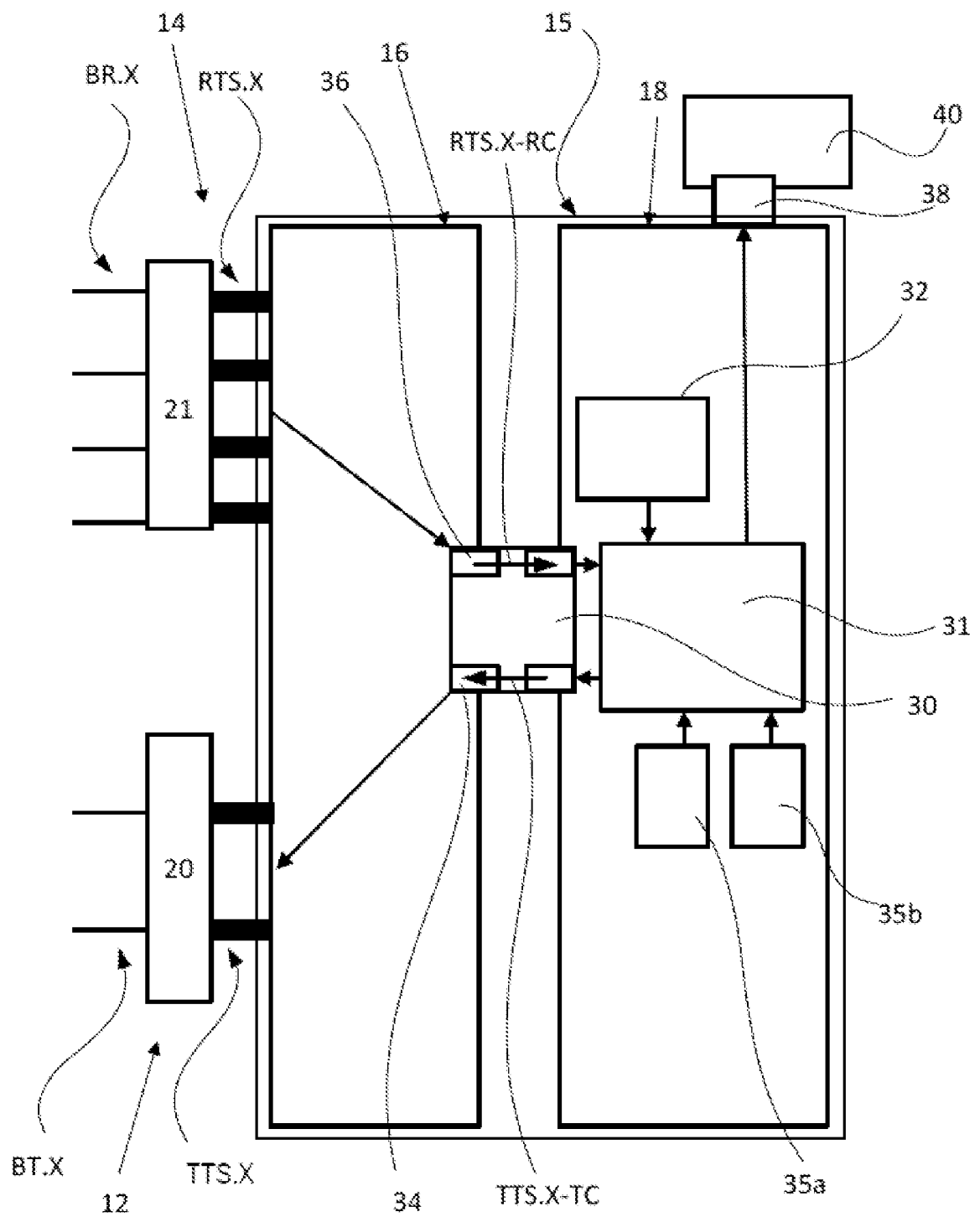
10

Fig. 8

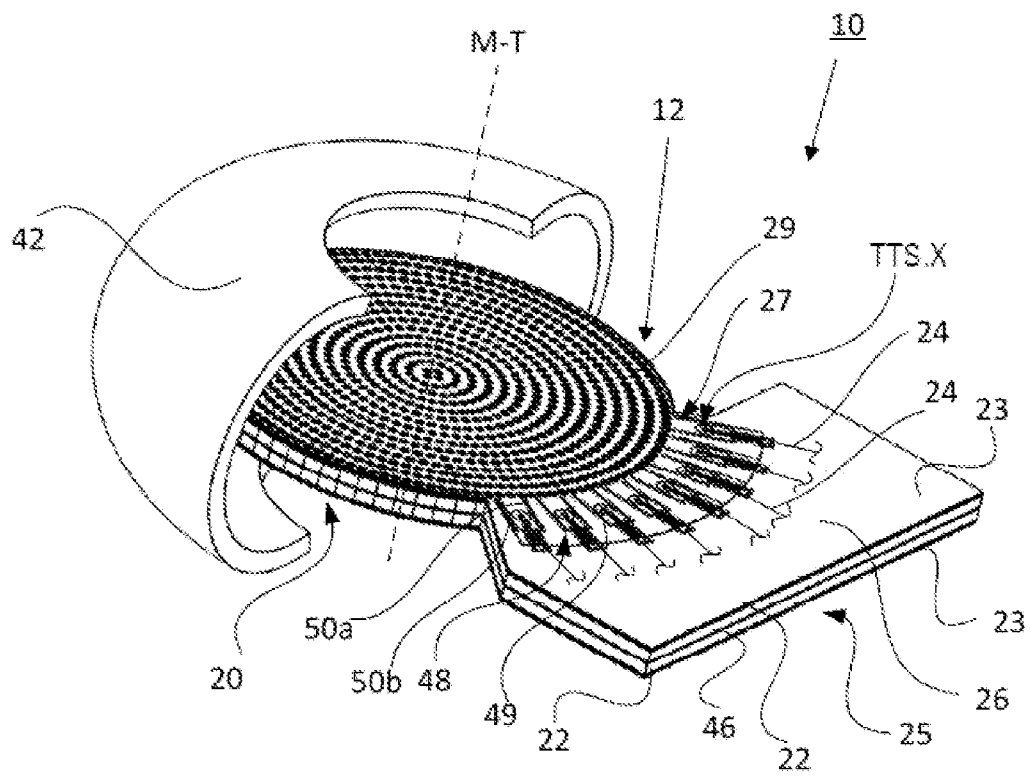


Fig. 9

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL ÉTABLI EN VERTU DE L'ARTICLE XI.23., §10 DU CODE DE DROIT ÉCONOMIQUE BELGE

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE		REFERENCE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE	
		PAT88910BE00	
Demande nationale belge n°		Date du dépôt	
202405050		26-01-2024	
		Date de priorité revendiquée	
		27-01-2023	
Déposant (Nom)			
BEA SA			
Date de la requête d'une recherche de type international		Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international	
11-05-2024		SN86391	
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)			
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB			
Voir rapport de recherche			
II. DOMAINES RECHERCHES			
Documentation minimale consultée			
Système de classification		Symboles de la classification	
IPC		Voir rapport de recherche	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés			
III. ☐ IL A ÉTÉ ESTIMÉ QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			
IV. ☐ ABSENCE D'UNITÉ DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE À L'ÉTENDUE DE LA RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

BE 202405050

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01S7/02 G01S7/03 G01S13/00 G01S13/42 G01S13/58 G01S13/89 H01Q15/08 ADD. Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01S H01Q		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2021/373141 A1 (WILLIAMS JON [US] ET AL) 2 décembre 2021 (2021-12-02)	1-26,30
A	* abrégé * * alinéas [0005], [0045], [0074]; figures 1-4 *	27-29
A,D	----- US 2010/141527 A1 (LALEZARI FARZIN [US]) 10 juin 2010 (2010-06-10) cité dans la demande * abrégé * * alinéa [0074]; figures 5a,5b * * alinéas [0077], [0078]; figures 8a,8b * -----	1-30
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
° Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée		Date d'expédition du rapport de recherche de type international
2 octobre 2024		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé van Norel, Jan

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202405050

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2021373141	A1	02-12-2021	EP 4158727 A1 05-04-2023
			US 2021373141 A1 02-12-2021
			US 2021376486 A1 02-12-2021
			US 2023170627 A1 01-06-2023
			US 2023395993 A1 07-12-2023
			WO 2021247309 A1 09-12-2021
US 2010141527	A1	10-06-2010	AUCUN



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN86391	Date du dépôt(jour/mois/année) 26.01.2024	Date de priorité (jour/mois/année) 27.01.2023	Demande n° BE202405050
Classification internationale des brevets (CIB) INV. G01S7/02 G01S7/03 G01S13/00 G01S13/42 G01S13/58 G01S13/89 H01Q15/08			
Déposant BEA SA			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☒ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☒ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Formulaire BE237A (feuille de couverture) (Juillet 2022)	Examineur van Norel, Jan
--	-----------------------------

OPINION ÉCRITE

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée sur la base d'un listage des séquences
 - a. ☐ faisant partie de la demande telle que déposée.
 - b. ☐ remis postérieurement à la date du dépôt aux fins de la recherche,
☐ accompagné d'une déclaration selon laquelle le listage des séquences ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée.
3. ☐ En ce qui concerne la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée dans la mesure où une opinion valable pouvait être formulée en l'absence d'un listage des séquences conforme à la norme ST.26 de l'OMPI.
4. Commentaires complémentaires :

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	8-12, 16-30
	Non :	Revendications	1-7, 13-15
Activité inventive	Oui :	Revendications	27-29
	Non :	Revendications	1-26, 30
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-30
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VII Irrégularités dans la demande

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande, ont été constatées :

voir feuille séparée

Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

voir feuille séparée

Ad point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté et l'activité inventive

1 Il est fait référence au document suivant :

D1 = US 2021/373141 A1

2 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la **revendication 1** n'étant pas nouveau.

D1 divulgue (les références entre parenthèses s'appliquant au présent document)

un capteur radar à micro-ondes de formation d'image (100) destiné à générer une image d'au moins une partie de son espace environnemental (paragraphe 0002, 0004, 0029, 0038),

dans lequel le capteur comprend au moins une unité d'émission (41), une unité de réception (43; paragraphe 0044) et une unité d'exploitation (16, 101) qui présente un port de sortie pour la sortie d'une image (paragraphe 0039 décrit: "*signal analysis module for ... constructing point cloud image data*") et qui est reliée à l'unité d'émission et à l'unité de réception,

dans lequel l'image comprend des champs (caractéristique inhérente d'une image),

les champs étant associés à une paire de canaux composée d'un canal d'émission (41a) et d'un canal de réception (43a),

dans lequel au moins deux canaux d'émission (41a) et au moins deux canaux de réception (43a; figures 3 et 4 illustrent une pluralité de canaux d'émission et de réception) correspondent à chaque fois à un faisceau en forme d'éventail qui a une première dimension qui est nettement plus grande qu'une seconde dimension, et dans lequel la première dimension est perpendiculaire à la seconde dimension (un faisceau en forme d'éventail est implicitement divulgué, par exemple le par. 0045 décrit un réseau linéaire d'antennes d'émission et un réseau linéaire d'antennes de réception perpendiculaires l'une à l'autre d'une composante plane d'émission et d'une composante plane de réception; ledit réseau d'antennes d'émission formant un faisceau d'émission en éventail et ledit réseau d'antennes de réception formant un faisceau de réception en éventail),

dans lequel le champ est associé à une caractéristique de résultat de radar (inhérentes au par. 0080 : gain, phase, directivité) qui est fournie par le canal de réception (43a) dont le faisceau de réception en forme d'éventail se croise avec le faisceau d'émission en forme d'éventail du canal d'émission (41a) en formant une zone de chevauchement (le paragraphe 0074 décrit que les antennes de réception reçoivent les ondes qui ont été transmises par les antennes d'émission),

le canal d'émission (41a) est corrélé avec l'unité d'émission (41) qui comprend un moyen de formation de faisceau par réfraction (23; paragraphe 0049) avec un plan de référence d'émission par rapport auquel les faisceaux d'émission en forme d'éventail des canaux d'émission (41a) sont perpendiculaires avec leur première dimension,

dans lequel l'unité d'émission (41) comprend une pluralité de structures de transition d'émission (56; paragraphe 0062) qui sont reliées au moyen de formation de faisceau par réfraction (23) en différentes positions de transition, de sorte que chaque canal d'émission (41a) est associé au moins à une structure de transition d'émission (56; illustré à la figure 5),

et dans lequel le canal de réception (43a) est corrélé avec l'unité de réception (43) qui comprend un moyen de formation de faisceau par réfraction (23) avec un plan de référence de réception, par rapport auquel les faisceaux de réception en forme d'éventail des canaux de réception (43a) sont perpendiculaires avec leur première dimension,

dans lequel l'unité de réception (43) comprend une pluralité de structures de transition de réception (56; paragraphe 0063) qui sont associées au moyen de formation de faisceau par réfraction (23) en différentes positions de transition, de sorte que chaque canal de réception (43a) soit en relation avec au moins une structure de transition de réception (56; illustrées dans les figures 4 et 5).

(en allemand:

"Abbildender Mikrowellen-Radarsensor zur Erzeugung eines Bildes zumindest eines Teils seines Umgebungsraumes, wobei der Sensor mindestens eine Sendeeinheit, eine Empfangseinheit und eine Auswerteeinheit umfasst, die einen Ausgangsport zur Ausgabe eines Bildes aufweist und die mit der Sendeeinheit und der Empfangseinheit verbunden ist, wobei das Bild Felder umfasst, wobei die Felder einem aus einem Sendekanal und einem Empfangskanal bestehenden Kanalpaar zugeordnet sind, wobei mindestens zwei Sendekanäle und mindestens zwei Empfangskanäle jeweils einem

fächerförmigen Strahl entsprechen, der eine erste Dimension hat, die deutlich größer ist als eine zweite Dimension, und wobei die erste Dimension senkrecht auf der zweiten Dimension steht, wobei das Feld einer Radar-Ergebnis-Charakteristik zugeordnet ist, die von dem Empfangskanal bereitgestellt wird, dessen fächerförmiger Empfangsstrahl sich mit dem fächerförmigen Sendestrahl des Sendekanals unter Bildung eines Überlappungsbereichs überschneidet, dadurch gekennzeichnet, dass der Sendekanal mit der Sendeeinheit korreliert, die einen refraktiven Strahlformer mit einer Sendebezugsebene umfasst, zu der die fächerförmigen Sendestrahlen der Sendekanäle mit ihrer ersten Dimension senkrecht stehen, wobei die Sendeeinheit eine Mehrzahl von Sendeübergangsstrukturen umfasst, die mit dem refraktiven Strahlformer an verschiedenen Übergangspositionen verbunden sind, sodass jeder Sendekanal mindestens einer Sendeübergangsstruktur zugeordnet ist, und wobei der Empfangskanal mit der Empfangseinheit korreliert, die einen refraktiven Strahlformer mit einer Empfangsbezugsebene umfasst, zu der die fächerförmigen Empfangsstrahlen der Empfangskanäle mit ihrer ersten Dimension senkrecht stehen, wobei die Empfangseinheit eine Mehrzahl von Empfangsübergangsstrukturen umfasst, die dem refraktiven Strahlformer an unterschiedlichen Übergangspositionen zugeordnet sind, sodass jeder Empfangskanal mit mindestens einer Empfangsübergangsstruktur in Beziehung steht").

D1 divulgue donc un capteur radar présentant toutes les caractéristiques de la présente revendication 1.

- 3 Les revendications dépendantes 2-26 et 30 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté et d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées. Ces caractéristiques sont connues du D1 ou sont des mesures de conception courantes:
- 3.1 Revendication 2: l'unité d'exploitation comprend une unité de commande radar (10) et une unité de génération d'image (101; paragraphe 0039) qui sont reliées l'une à l'autre, dans lequel l'unité de commande radar (10) est reliée à l'unité d'émission (41) et à l'unité de réception (43) par le biais de lignes de transmission (12, 14), et dans lequel l'unité de génération d'image (101) comprend le port de sortie ("cloud image data" au paragraphe 0039 implique la présence d'un port de sortie).

- 3.2 Revendication 3: la structure de transition d'émission et/ou de réception (56) transmet l'énergie électrique entre la ligne de transmission (12,14) et un guide d'ondes (52), dans lequel le guide d'ondes transmet l'énergie électromagnétique entre la structure de transition d'émission et/ou de réception (56) et le moyen de formation de faisceau par réfraction respectif (23, figure 4).
- 3.3 Revendication 4: l'unité de commande radar (10) émet un signal sur une structure de transition d'émission (56) ou une combinaison de plusieurs structures de transition d'émission (56) pour émettre un signal d'émission se rapportant à un canal d'émission défini (41), dans lequel l'unité de commande radar (10) reçoit un signal de réception d'un écho correspondant reçu par les structures de transition de réception (56) et définit la caractéristique de résultat de radar des signaux de réception (inhérentes au par. 0080 : gain, phase, directivité), dans lequel l'unité de commande radar (10) comprend une interface (32) avec un port d'entrée (m bits du générateur d'ondes 36) et un port de sortie (n bits du compresseur d'impulsions 34), dans lequel le port d'entrée reçoit la spécification des structures de transition d'émission (56) à adresser et les caractéristiques de signal à fournir aux structures de transition d'émission (56) adressées de l'unité d'émission (41) se rapportant au canal d'émission (41a), et le port de sortie distribue un ensemble de caractéristiques de résultat de radar qui se rapportent aux structures de transition de réception (56) exploitées de l'unité de réception (43) rapportée au canal de réception (43a).
- 3.4 Revendication 5: le capteur comprend une ligne de visée (direction perpendiculaire à la page montrant la figure 2), par rapport à laquelle un plan de visionnage (dans le même plan que la page montrant la figure 2) est perpendiculaire, dans lequel le capteur comprend un plan de référence de capteur (plan perpendiculaire à la page montrant la figure 2) qui est perpendiculaire au plan de visionnage, et dans lequel le plan de référence d'émission (plan de 40) et le plan de référence de réception (42) sont perpendiculaires au plan de visionnage.
- 3.5 Revendication 6: le faisceau en forme d'éventail présente une direction principale qui est la direction de gain de transmission de pointe, dans lequel la direction principale dépend du positionnement de la structure de transition (56) par rapport au moyen de formation de faisceau par réfraction respectif (23), dans lequel au moins deux faisceaux en forme d'éventail aussi bien de l'unité d'émission (41) que de l'unité de réception (43) présentent à chaque fois une direction principale qui est alignée grosso modo dans la ligne de visée de sorte

- qu'au moins deux faisceaux en forme d'éventail aussi bien de l'unité d'émission (41) que de l'unité de réception (43) se chevauchent au moins en partie dans les dans les zones de chevauchement (paragraphe 0074).
- 3.6 Revendication 7: l'unité de génération d'image (101) est reliée à l'interface de l'unité de commande radar (10) et ajuste l'entrée de l'unité de commande radar (10) sur l'adressage d'une combinaison définie de canaux d'émission (41a) et reçoit l'ensemble de caractéristiques de résultat de radar des canaux de réception exploités (43a) et génère l'image en associant les caractéristiques de résultat de radar reçues à un champ en prenant en considération le canal d'émission (41a) adressé et le canal de réception correspondant (43a).
- 3.7 Revendications 8-12: une lentille de Luneburg cylindrique généralisée est une mesure de conception évidente pour la réalisation d'un formateur de faisceau réfractif.
- 3.8 Revendications 13, 14: le plan de référence de réception de l'unité de réception (41) et le plan de référence d'émission de l'unité d'émission (43) se coupent, l'angle de coupe étant est 90° (illustré à la figure 2).
- 3.9 Revendication 15: l'unité de commande radar (10) comprend une chaîne de réception qui est reliée à l'unité de réception (43), de sorte que l'unité de commande radar détermine les caractéristiques de signaux reçues par le biais d'une pluralité de structures de transition de réception (56), dans lequel l'unité de commande radar (10) comprend en outre une chaîne d'émission qui est reliée à l'unité d'émission (41) de sorte que l'unité de génération d'image (101) puisse aborder une pluralité de structures de transition d'émission (56) avec un signal d'émission.
- 3.10 Revendication 16: la réalisation d'au moins un cycle d'exploitation est une approche tout à fait évidente pour l'homme de l'art.
- 3.11 Revendication 17: il est évident qu'il faut prévoir une mémoire de données pour mémoriser une pluralité de relations entre la structure de transition d'émission et la structure de transition de réception.
- 3.12 Revendication 18: il est courant de représenter l'image sous forme de réseau composé d'une pluralité de pixels qui sont mémorisés dans la mémoire de données, dans lequel chaque pixel est associé à une relation entre la structure de transition d'émission et la structure de transition de réception.
- 3.13 Revendication 19: le radar FMCW est généralement connu.
- 3.14 Revendication 20: dans le domaine des radars, il est courant d'appliquer l'effet Doppler

- 3.15 Revendication 21: dans le domaine des radars, il est courant de concevoir des systèmes de commutation de faisceaux pour réaliser un balayage. Ainsi les caractéristiques de cette revendication n'impliquent donc pas d'activité inventive.
- 3.16 Revendications 22-25: la mise en œuvre d'un seul circuit imprimé, comprenant au moins une couche de noyau et au moins une couche métallisée, sont des détails mineurs de mise en œuvre d'une conception habituelle.
- 3.17 Revendication 26: l'unité de commande radar (10, 12, 14) est appliquée sur le circuit imprimé unique et est reliée aux structures de transition d'émission et de réception (41, 43; figure 2).
- 3.18 Revendication 30: l'homme du métier peut normalement étendre le capteur radar à micro-ondes de formation d'image en y ajoutant plusieurs unités d'émission et/ou plusieurs unités de réception qui sont reliées à l'unité d'exploitation.

Déclaration positive

- 4 Les caractéristiques additionnelles **des revendications dépendantes 27 à 29** en combinaison avec les caractéristiques **de la revendication 1** n'est ni connue ni rendue évidente par l'état de la technique.

Les caractéristiques suivantes ne sont pas évidentes au vu de la divulgation de D1 ou de tout autre document:

le moyen de formation de faisceau par réfraction est recouvert par un boîtier de lentille pour la génération d'un rayonnement polarisé circulaire,

le moyen de formation de faisceau par réfraction est une lentille cylindrique, la lentille étant contenue dans un boîtier de lentille en forme de tore avec une première propriété diélectrique et présentant sur le pôle supérieur et inférieur une surface ouverte autour de son axe de rotation central,

le boîtier de lentille est intégré dans un boîtier du capteur.

Par conséquent, l'homme du métier ne serait pas en mesure de parvenir à la combinaison des caractéristiques des revendications 1 + 27 + 28 + 29.

Ad point VII

Certaines irrégularités relevées dans la demande

- 1 La revendication 1 n'est pas rédigée sous la forme correcte en deux parties, parce que les caractéristiques de la partie caractérisante sont connues à partir de D1, voir le point V ci-dessus.
- 2 La description ne mentionne pas l'état de la technique pertinent qui est divulgué dans D1 et ne cite pas ce document.

Ad point VIII

Certaines observations relatives à la demande

- 1 La revendication 1 n'est pas claire.

La revendication 1 définit

*"l'image comprend **des champs**, les champs étant associés à une paire de canaux composée d'un canal d'émission et d'un canal de réception" (lignes 8-9 à la page 50)*

Toutefois, il n'est pas clair dans quelle mesure les champs sont liés à une paire de canaux d'émission et de réception.

En outre, la relation entre ledit champ et une zone de chevauchement (défini aux lignes 16-17 de la page 50) n'est pas claire.

Néanmoins, selon la description, par exemple à la page 3, lignes 33-34:

"chaque champ de l'image se rapporte à une zone de chevauchement d'un faisceau d'émission qui correspond à un faisceau de réception", et

selon la description, par exemple à la page 10, lignes 31-32:

"comme les zones de chevauchement sont corrélées à des champs de l'image, un ensemble de zones de chevauchement définit une zone d'image"

Ces caractéristiques de la description sont absentes de la présente revendication 1. Toutefois, ces caractéristiques sont considérées comme essentielles pour la définition de l'objet de la revendication 1, car ces caractéristiques, si elles étaient ajoutées à la revendication 1, permettraient de surmonter les objections susmentionnées relatives au manque de clarté.
