

⑤④ Ensemble de véhicule comprenant un capteur radar et un ensemble de couches.

②② Date de dépôt : 09.06.20.

③⑦ Priorité :

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : VALEO VISION SAS — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 10.12.21 Bulletin 21/49.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 26.08.22 Bulletin 22/34.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : RENAUD Pierre et ALBOU Pierre.

⑦③ Titulaire(s) : VALEO VISION SAS.

⑦④ Mandataire(s) :



Description

Titre de l'invention : Ensemble de véhicule comprenant un capteur radar et un ensemble de couches

- [0001] La présente invention se rapporte à un ensemble de véhicule. Elle trouve une application particulière mais non limitative dans les véhicules automobiles.
- [0002] Un ensemble de véhicule comprend, de manière connue de l'homme du métier :
- un capteur radar configuré pour émettre/recevoir des ondes radars, et
 - un ensemble de couches comprenant au moins deux couches de matériau diélectrique dont une couche primaire et une couche secondaire, séparées par une couche d'air.
- [0003] L'ensemble de véhicule est disposé à l'avant ou à l'arrière du véhicule pour répondre à des besoins de détection d'un objet dans l'environnement extérieur du véhicule.
- [0004] Un inconvénient de cet état de la technique est que le capteur radar est disposé derrière l'ensemble de couches. Les ondes radars doivent ainsi traverser les couches de matériau diélectrique pour détecter un objet dans l'environnement extérieur du véhicule. Une partie de ces ondes radars se réfléchissent sur les couches de matériau diélectrique et entre les couches de matériau diélectrique à l'intérieur de la couche d'air. Par conséquent, la puissance des ondes radars émergentes de l'ensemble de couches est plus faible que celle des ondes radars émises initialement par le capteur radar et entrantes dans l'ensemble de couches. Cela entraîne ainsi une perte en portée de détection du capteur radar. Par conséquent, cela entraîne une erreur de détection ou aucune détection d'un objet alors que ce dernier est présent dans l'environnement extérieur du véhicule.
- [0005] Dans ce contexte, la présente invention vise à proposer un ensemble de véhicule qui permet de résoudre l'inconvénient mentionné.
- [0006] A cet effet, l'invention propose un ensemble de véhicule pour véhicule, ledit ensemble de véhicule comprenant :
- un capteur radar configuré pour émettre/recevoir des ondes radars, ledit capteur radar étant disposé en regard d'un ensemble de couches, et
 - ledit ensemble de couches comprenant au moins deux couches de matériau diélectrique dont une couche primaire et une couche secondaire, séparées par une couche d'air,
 - caractérisé en ce que ladite couche d'air comprend une épaisseur égale à $(m\lambda/2) / \cos(\theta_3)$, avec θ_3 un angle d'incidence d'ondes réfléchies émergentes arrivant sur ladite couche secondaire et $m=1, \dots, N$, N entier, lesdites ondes réfléchies émergentes étant dérivées d'ondes radars émises par ledit capteur radar.

- [0007] Ainsi, comme on va le voir en détail ci-après, le fait de déterminer l'épaisseur de la couche d'air de la sorte va permettre d'additionner les ondes radars émergentes d'ordre 2 de sorte qu'il n'y ait pas de perte de puissance importante entre une onde radar émergente de l'ensemble de couches côté opposé au capteur radar et une onde radar émise initialement par le capteur radar. Par conséquent, il n'y aura peu de perte de puissance lors de la transmission de l'onde radar émise initialement, au travers de la couche primaire, de la couche d'air et de la couche secondaire, hormis l'absorption d'une partie des ondes radars par le matériau des couches. La détection d'un objet par le capteur radar sera ainsi précise.
- [0008] Selon des modes de réalisation non limitatifs, ledit ensemble de véhicule peut comporter en outre une ou plusieurs caractéristiques supplémentaires prises seules ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, parmi les suivantes.
- [0009] Selon un mode de réalisation non limitatif, lesdites ondes réfléchies émergentes sont émergentes de ladite couche primaire côté opposé audit capteur radar.
- [0010] Selon un mode de réalisation non limitatif, ledit capteur radar est un capteur radar à ondes millimétriques (entre 24GHz et 300 GHz) ou hyperfréquences (entre 300MHz et 81GHz) ou micro-ondes (entre 1GHz et 300GHz).
- [0011] Selon un mode de réalisation non limitatif, lesdites ondes radars sont émises sur une bande de fréquence comprise entre 100MHz et 3GHz.
- [0012] Selon un mode de réalisation non limitatif, ladite couche primaire comprend une épaisseur égale à $(\lambda/(2n_1\cos\beta_1)) + (m_1 \times \lambda)$, avec β_1 un angle réfracté correspondant à un angle d'incidence θ_1 d'une onde radar émise et n_1 l'indice de réfraction de ladite couche primaire et $m_1 = 1, \dots, N$, N entier.
- [0013] Selon un mode de réalisation non limitatif, l'épaisseur de ladite couche primaire est définie avec un angle d'incidence θ_1 égal à $\arctan(d_1/(2e_4))$, avec e_4 la distance entre ledit capteur radar et ladite couche primaire.
- [0014] Selon un mode de réalisation non limitatif, ladite couche secondaire comprend une épaisseur égale à $(\lambda/(2n_2\cos\beta_2)) + (m_2 \times \lambda)$, avec β_2 un angle réfracté correspondant à un angle d'incidence θ_2 d'une onde radar émergente de ladite couche primaire et n_2 l'indice de réfraction de ladite couche secondaire et $m_2 = 1, \dots, N$, N entier.
- [0015] Selon un mode de réalisation non limitatif, ladite couche primaire est une pièce décorative et ladite couche secondaire est une glace de sortie d'un dispositif lumineux dudit véhicule.
- [0016] Selon un mode de réalisation non limitatif, ledit dispositif lumineux est un projecteur ou un feu arrière.
- [0017] Selon un mode de réalisation non limitatif, ladite couche primaire est un élément lumineux d'un logo et ladite couche secondaire est une glace de sortie d'un logo dudit véhicule.

- [0018] Selon un mode de réalisation non limitatif, ladite couche primaire est un radôme et ladite couche secondaire est un logo.
- [0019] Selon un mode de réalisation non limitatif, ledit ensemble de couches comprend plus de deux couches de matériau diélectrique dont des couches primaires et des couches secondaires, séparées par une couche d'air.
- [0020] Selon un mode de réalisation non limitatif, l'angle d'incidence θ_3 est égal à l'angle d'incidence θ_1 .
- [0021] Selon un mode de réalisation non limitatif, l'angle d'incidence θ_3 est égal à l'angle d'incidence θ_2 .
- [0022] Selon un mode de réalisation non limitatif, l'angle d'incidence θ_2 est égal à l'angle d'incidence θ_1 .
- [0023] Il est en outre proposé un ensemble de couches d'un véhicule, ledit ensemble de couche étant configuré pour être disposé en regard d'un capteur radar configuré pour émettre/recevoir des ondes radars, et comprenant au moins deux couches de matériau diélectrique dont une couche primaire et une couche secondaire, séparées par une couche d'air,
caractérisé ce que ladite couche d'air comprend une épaisseur égale à $(m_3 \times (\lambda/2)) / \cos(\theta_3)$, avec θ_3 un angle d'incidence d'ondes réfléchies émergentes arrivant sur ladite couche secondaire et $m_3=1, \dots$ à N , N entier, lesdites ondes réfléchies émergentes étant dérivées d'ondes radars émises par ledit capteur radar.
- [0024] Selon un mode de réalisation non limitatif, ledit ensemble de couches comprend plus de deux couches de matériau diélectrique dont des couches primaires et des couches secondaires, séparées par une couche d'air.
- [0025] L'invention et ses différentes applications seront mieux comprises à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent :
- [0026] [Fig.1] est une vue schématique d'un ensemble de véhicule, ledit ensemble de véhicule comprenant un capteur radar et un ensemble de couches avec au moins deux couches de matériau diélectrique dont une couche primaire et une couche secondaire, séparées par une couche d'air, selon un premier mode de réalisation non limitatif de l'invention,
- [0027] [Fig.2] est une vue schématique d'une propagation d'une onde radar émise par le capteur radar dudit ensemble de véhicule de la [Fig.1], et de ses réflexions sur les deux couches de matériau diélectrique, selon un mode de réalisation non limitatif,
- [0028] [Fig.3] est une vue schématique d'un ensemble de véhicule, ledit ensemble de véhicule comprenant un capteur radar et un ensemble de couches avec plus de deux couches de matériau diélectrique dont deux couches primaires et deux couches secondaires, chaque ensemble de couche primaire-couche secondaire étant séparées par une couche d'air, selon un deuxième mode de réalisation non limitatif de l'invention.

- [0029] Les éléments identiques, par structure ou par fonction, apparaissant sur différentes figures conservent, sauf précision contraire, les mêmes références.
- [0030] L'ensemble de véhicule 1 d'un véhicule 2 selon l'invention est décrit en référence aux figures 1 à 3. Dans un mode de réalisation non limitatif, le véhicule 2 est un véhicule automobile. Par véhicule automobile, on entend tout type de véhicule motorisé. Ce mode de réalisation est pris comme exemple non limitatif dans la suite de la description. Dans la suite de la description, le véhicule 2 est ainsi autrement appelé véhicule automobile 2.
- [0031] Tel qu'illustré sur les figures 1 et 3, l'ensemble de véhicule 1, autrement appelé agencement de véhicule 1, comprend :
- un capteur radar 10 configuré pour émettre/recevoir des ondes radars R1, et
 - un ensemble de couches C, autrement appelé agencement de couches C, comprenant au moins deux couches de matériau diélectrique 11, 12 dont une couche primaire 11 et une couche secondaire 12, séparées par une couche d'air 13.
- [0032] Ces éléments sont décrits ci-après. Le capteur radar 10 est décrit ci-après.
- [0033] Le capteur radar 10 est disposé en regard de la couche primaire 11. Dans un mode de réalisation non limitatif, le capteur radar 10 est un capteur radar à ondes millimétriques (entre 24GHz et 300 GHz) ou hyperfréquences (entre 300MHz et 81GHz) ou micro-ondes (entre 1GHz et 300GHz). Dans une variante de réalisation non limitative, le capteur radar 10 fonctionne à une fréquence radar comprise entre 76GHz et 81GHz. Dans un mode de réalisation non limitatif, les ondes radars R1 sont émises sur une bande de fréquence comprise entre 100MHz et 3GHz. Ainsi, dans un exemple non limitatif, si le capteur fonctionne à une fréquence radar de 77GHz avec une bande de fréquence de 1GHz, le capteur radar 10 fonctionnera sur une bande de fréquence de 76.5GHZ à 77.5GHZ.
- [0034] Le capteur radar 10 est configuré pour scanner l'environnement extérieur du véhicule automobile 2, grâce à l'émission d'ondes radars R1. Tel qu'illustré sur les figures 1 et 4, le capteur radar 10 comprend ainsi :
- au moins une antenne émettrice 100 configurée pour émettre des ondes radars primaires R1,
 - au moins deux antennes réceptrices 101 configurées pour recevoir des ondes radars secondaires R2.
- [0035] Le capteur radar 10 comprend en outre au moins un émetteur 103 configuré pour générer les ondes radars primaires R1 et au moins un récepteur 104 configuré pour traiter les ondes radars secondaires R2 reçues en retour. Dans un mode de réalisation non limitatif, un seul composant électronique peut être utilisé pour les deux fonctions émission et réception. On aura ainsi un ou plusieurs émetteur/récepteur appelés « transceiver » dans le langage anglo-saxon. Ledit émetteur 103 génère des ondes

radars primaires R1 qui sont par la suite émises par l'antenne émettrice 100, qui lorsqu'elles rencontrent un objet 3 (ici un piéton dans l'exemple non limitatif illustré) dans l'environnement extérieur du véhicule automobile 2 se réfléchissent sur ledit objet 3. Les ondes radars ainsi réfléchies sont des ondes transmises en retour au capteur radar 10. Ce sont les ondes radars secondaires R2 reçues par les antennes réceptrices 101. Ce sont des ondes radars retransmises en direction du capteur radar 10. Dans un mode de réalisation non limitatif, les ondes radars primaires R1 et les ondes radars secondaires R2 sont des ondes radio fréquence. Dans un mode de réalisation non limitatif, le capteur radar 10 comprend une pluralité d'émetteurs 103 et une pluralité de récepteurs 104.

[0036] L'antenne émettrice 100, autrement appelée antenne 100, est configurée pour émettre les ondes radars primaires R1 générées par l'émetteur 103. Les antennes réceptrices 101, autrement appelées antennes 101, sont configurées pour recevoir les ondes radars secondaires R2 et les communiquer au récepteur 104 qui les traite par la suite. Il existe un déphasage entre les ondes radars secondaires R2 reçues par les antennes réceptrices 101 qui permet d'en déduire la position de l'objet 3 par rapport au véhicule automobile 2, objet 3 qui se trouve dans l'environnement extérieur du véhicule automobile 2. Dans des modes de réalisation non limitatifs, les antennes 100, 101 sont des antennes pastilles autrement appelée dans le langage anglo-saxon « patch antenna » ou des antennes à fente autrement appelée dans le langage anglo-saxon « slot antenna ».

[0037] Dans un mode de réalisation non limitatif, les antennes 100, 101, l'émetteur 103 et le récepteur 104 sont disposés sur une carte à circuit imprimé 105. Dans un mode de réalisation non limitatif, la carte à circuit imprimé est une carte à circuit imprimé rigide autrement appelée PCBA (« Printed Circuit Board Assembly » dans le langage anglo-saxon ou une carte à circuit imprimé flexible, autrement appelé « Flexboard » dans le langage anglo-saxon.

[0038] Le capteur radar 10 comprend en outre une unité de contrôle électronique 106 configurée pour contrôler l'émetteur 103 et le récepteur 104. Un capteur radar étant connu de l'homme du métier, il n'est pas décrit plus en détail ici.

[0039] L'ensemble de couches C est décrit ci-après.

[0040] Dans un mode de réalisation non limitatif, la couche primaire 11 est une pièce décorative, autrement appelée bezel, et la couche secondaire 12 est une glace de sortie d'un dispositif lumineux 20 dudit véhicule automobile. Dans un mode de réalisation non limitatif, le dispositif lumineux 20 est un projecteur ou un feu arrière du véhicule 2. Dans un autre mode de réalisation non limitatif, la couche primaire 11 est un élément lumineux d'un logo illuminé et la couche secondaire 12 est une glace de sortie du logo illuminé. Dans un exemple non limitatif, ledit élément lumineux est un guide de lumière. Dans un autre mode de réalisation non limitatif, la couche primaire 11 est

un radôme et la couche secondaire 12 est un logo illuminé ou non. Dans un autre mode de réalisation non limitatif, la couche primaire 11 est un radôme et la couche secondaire 12 est une glace de sortie d'un dispositif lumineux 20. Dans un mode de réalisation non limitatif, le dispositif lumineux 20 est un projecteur ou un feu arrière du véhicule 2.

- [0041] La couche primaire 11 et la couche secondaire 12 sont réalisées dans un matériau diélectrique. Dans des modes de réalisation non limitatifs, le matériau diélectrique est en plastique, en verre ou en céramique. Dans un exemple non limitatif, le plastique est du polycarbonate. On rappelle qu'un matériau diélectrique est non conducteur et laisse donc passer les ondes radars R1 contrairement à un matériau conducteur.
- [0042] Dans un premier mode de réalisation non limitatif illustré sur la [Fig.1], l'ensemble de couches C comprend une seule couche primaire 11 et une seule couche secondaire 12, séparées par une couche d'air 13.
- [0043] Tel qu'illustré sur la [Fig.2], la couche primaire 11 comprend une épaisseur e_1 , autrement appelée épaisseur primaire e_1 , et deux surfaces V1 et V2 qui représentent des surfaces de transition d'un milieu à un autre, autrement appelées dioptries V1 et V2. Sur la [Fig.2] illustrée, pour le dioptré V1, on passe de l'air référencé 8 au matériau diélectrique de la couche primaire 11. Pour le dioptré V2, on passe du matériau diélectrique de la couche primaire 11 à l'air 8. La couche primaire 11 présente un indice de réfraction n_1 .
- [0044] La couche secondaire 12 comprend une épaisseur e_2 , autrement appelée épaisseur secondaire e_2 , et deux surfaces V3 et V4 qui représentent des surfaces de transition d'un milieu à un autre, autrement appelées dioptries V3 et V4. Sur la [Fig.2] illustrée, pour le dioptré V3, on passe de la couche d'air 13 au matériau diélectrique de la couche secondaire 12. Pour le dioptré V4, on passe du matériau diélectrique de la couche secondaire 12 à l'air référencé 8 sur la figure. La couche secondaire 12 présente un indice de réfraction n_2 .
- [0045] La couche d'air 13 comprend une épaisseur e_3 , autrement appelée épaisseur tertiaire e_3 . La couche d'air 13 présente un indice de réfraction n_3 égal à 1.
- [0046] Tel qu'illustré sur la [Fig.2], lorsqu'une onde radar R1 est émise, une partie passe au travers de la couche primaire 11, de la couche d'air 13 et de la couche secondaire 12.
- [0047] Lorsque l'onde radar R1 émise passe au travers de la couche primaire 11, une partie R1' traverse la couche d'air 13. C'est une onde radar référencée R1' sur la [Fig.2] et appelée onde radar émergente R1', et une autre partie va se réfléchir dans la couche primaire 11. Une partie de l'onde radar émergente R1' va entrer directement dans la couche secondaire 12 après avoir traversé la couche d'air 13 et ressortir directement de la couche secondaire 12. Cette onde radar qui ressort est référencée R1'' et appelée onde radar émergente R1''. On notera que lorsque l'onde radar émergente R1' entre et

ressort de la couche secondaire 12, c'est une onde radar émergente $R1''$ qui a une puissance plus faible que celle de l'onde radar émergente $R1'$ et donc que celle de l'onde radar $R1$ émise initialement par le capteur radar 10. Cela entraîne ainsi une perte en portée de détection du capteur radar puisque la puissance est plus faible.

[0048] Lorsque l'onde radar $R1$ est émise, une autre partie se réfléchit sur les surfaces $V1$ et $V2$ ce qui crée respectivement des ondes réfléchies $R11$ et $R12$ dite d'ordre 1. Ainsi, l'onde radar $R1$ émise se réfléchit d'une part directement sur la surface $V1$ à l'extérieur de la couche primaire 11 résultant en l'onde réfléchie $R11$, et d'autre part sur la surface $V2$ à l'intérieur de la couche primaire 11 résultant en l'onde réfléchie $R12$. Les ondes réfléchies $R11$ et $R12$, autrement appelées ondes $R11$ et ondes $R12$, sont des ondes réfléchies qui sont des réflexions parasites qui reviennent vers le capteur radar 10 et qui diminuent le ratio signal sur bruit du capteur radar 10 puisqu'elles retournent en direction du capteur radar 10. Cela entraîne ainsi également une perte en portée de détection du capteur radar puisque lesdites ondes réfléchies $R11$ et $R12$ vont perturber les antennes réceptrices 101. Par conséquent, cela entraîne une erreur de détection ou aucune détection d'un objet alors que ce dernier est présent dans l'environnement extérieur du véhicule. Comme décrit ci-dessous, elles sont supprimées de sorte que le ratio signal sur bruit du capteur radar 10 ne soit pas réduit.

[0049] Tel qu'illustré sur la [Fig.2], l'onde radar $R1$ émise arrive sur la couche primaire 11 avec un angle d'incidence $\theta1$. Lorsque l'angle d'incidence $\theta1$ est différent de 0° , l'angle réfracté correspondant référencé $\beta1$ sur la [Fig.2] est différent de 0° également. Le chemin $\delta1$ parcouru par les ondes réfléchies dans la couche primaire 11 est égal à $2e1/\cos(\beta1)$. Le déphasage $\Delta\phi1$ entre les ondes réfléchies $R11$ et $R12$ dépend ainsi du cosinus de l'angle réfracté $\beta1$ (et donc du cosinus de l'angle d'incidence $\theta1$) et de l'épaisseur $e1$ de la couche primaire 11. On a $\Delta\phi1 = (2\pi(n1\delta1 - 2e1\tan(\beta1)\sin(\theta1))/\lambda) + \pi$ avec λ la longueur d'onde de l'onde radar $R1$ émise, et avec $n3 < n1$.

[0050] Dans un mode de réalisation non limitatif, la couche primaire 11 comprend une épaisseur $e1$ telles que les ondes réfléchies $R11$, $R12$ d'ordre 1 correspondantes à ladite onde radar $R1$ émise soit en opposition de phase. Leur déphasage $\Delta\phi1$ est donc de π modulo 2π . Cela crée des interférences destructrices. On a donc supprimé au 1er ordre les ondes réfléchies $R11$ et $R12$ en faisant en sorte qu'elles s'annulent entre elles partiellement. On a donc supprimé au 1er ordre les ondes réfléchies $R11$ et $R12$ en faisant en sorte qu'elles s'annulent entre elles partiellement. Elles diminuent ainsi moins le ratio signal sur bruit. Il convient de noter que les ondes $R11$ et $R12$ ne s'annulent pas strictement, en raison de l'amplitude nécessairement plus faible de l'onde $R12$ par rapport à l'onde $R11$. Il reste toujours un résidu très faible d'ordre 3. On rappelle que les ondes réfléchies d'ordre 2 ont une puissance plus faible que les ondes réfléchies

d'ordre 1, et les ondes d'ordre 3 ont une puissance plus faible que les ondes réfléchies d'ordre 2.

[0051] On obtient donc, puisque $\sin(\theta_1) = n_1 \sin(\beta_1)$, $\Delta\phi_1 = (2\pi \times n_1 \times (2e_1 \times \cos\beta_1) / \lambda) + \pi$. Or comme il faut avoir $\Delta\phi_1 = \pi$ modulo 2π , on a donc $e_1 = (\lambda / (2n_1 \cos\beta_1)) + (m_1 \times \lambda)$ et ce quelque soit la valeur de l'angle d'incidence θ_1 , avec $m_1 = 1, \dots, N$, N entier. On notera que les valeurs de l'angle d'incidence θ_1 sont comprises dans les angles possibles d'émission du capteur radar 10. Les valeurs possibles de l'angle d'incidence θ_1 sont définies dans les spécifications techniques du capteur radar 10. Classiquement l'angle d'incidence θ_1 est compris entre 0° et 30° . On notera qu'il existe une valeur de l'angle d'incidence θ_1 pour laquelle les réflexions parasites R_{11} et R_{12} entraînent une perturbation maximum des antennes réceptrices 101 du capteur radar 10. Dans un mode de réalisation non limitatif, cette valeur est égale à $\theta_1 = \arctan(d_1 / (2e_4))$, avec d_1 la distance entre l'antenne émettrice 100 et les antennes réceptrices 101, e_4 la distance entre le capteur radar 10 et la couche primaire 11 tel qu'illustré sur la [Fig.2]. Ainsi, en fonction de la valeur de l'indice de réfraction n_1 et de la longueur d'onde λ utilisée sur la plage de fréquence de fonctionnement du capteur radar 10 (entre 76GHz à 81GHz dans l'exemple non limitatif pris), on peut déterminer la valeur de l'épaisseur e_1 pour que les ondes réfléchies R_{11} et R_{12} d'ordre 1 s'annulent partiellement entre elles. Dans un mode de réalisation non limitatif, l'épaisseur e_1 est comprise entre 2 et 3 millimètres (mm). Dans un exemple non limitatif, si on $n_1 = 1.66$ pour le polycarbonate et la longueur d'onde λ correspondant à une fréquence de 76GHz, on obtient ainsi $e_1 = 2.36\text{mm}$, pour $\theta_1 = 0^\circ$, avec $m_1 = 2$. Dans un mode de réalisation non limitatif, on définit la valeur de l'épaisseur e_1 pour un angle d'incidence $\theta_1 = \arctan(d_1 / (2e_4))$. Cela permet d'être sûre de supprimer les perturbations créées par les ondes réfléchies R_{11} et R_{12} lorsqu'elles sont au maximum.

[0052] Comme décrit précédemment, lorsque l'onde radar R_1 ressort de la couche primaire 11, c'est une onde radar émergente R_1' qui a une puissance plus faible que l'onde radar R_1 émise. Lorsque l'onde radar émergente R_1' passe au travers de la couche secondaire 12, elle se réfléchit sur les surfaces V_3 et V_4 ce qui crée respectivement des ondes réfléchies R_{13} et R_{14} dite d'ordre 1. Ainsi, l'onde radar émergente R_1' se réfléchit d'une part directement sur la surface V_3 à l'extérieur de la couche secondaire 12 résultant en l'onde réfléchie R_{13} , et d'autre part sur la surface V_4 à l'intérieur de la couche secondaire 12 résultant en l'onde réfléchie R_{14} . Les ondes réfléchies R_{13} et R_{14} , autrement appelées ondes R_{13} et ondes R_{14} , sont des ondes réfléchies qui sont des réflexions parasites qui reviennent vers le capteur radar 10 et qui diminuent le ratio signal sur bruit du capteur radar 10 puisqu'elles retournent en direction du capteur radar 10. Cela entraîne ainsi également une perte en portée de détection du capteur radar. Par conséquent, cela entraîne une erreur de détection ou aucune détection d'un

objet alors que ce dernier est présent dans l'environnement extérieur du véhicule.

Comme décrit ci-dessous, elles sont supprimées de sorte que le ratio signal sur bruit du capteur radar 10 ne soit pas réduit.

[0053] L'onde radar émergente R1' arrive sur la couche secondaire 12 avec un angle d'incidence θ_2 . Lorsque l'angle d'incidence θ_2 est différent de 0° , l'angle réfracté correspondant référencé β_2 sur la figure est différent de 0° également. Le chemin δ_2 parcouru par les ondes réfléchies R14 est égal à $2e_2/\cos(\beta_2)$. Le déphasage $\Delta\phi_2$ entre les ondes réfléchies R13 et R14 dépend ainsi du cosinus de l'angle réfracté β_2 (et donc du cosinus de l'angle d'incidence θ_2) et de l'épaisseur e_2 de la couche secondaire 12. On a $\Delta\phi_2 = (2\pi(n_2\delta_2 - 2e_2\tan(\beta_2)\sin(\theta_2))/\lambda) + \pi$. On a donc $\Delta\phi_2 = (2\pi \times (2n_2e_2\cos(\beta_2))/\lambda) + \pi$ avec $n_3 < n_2$. On notera que $\theta_2 = \theta_1$ car l'onde radar R1' émergente ressort de la couche primaire 11 avec le même angle d'incidence que l'onde radar R1 entrante dans la couche primaire 11. De ce fait, l'onde radar R1' émergente rentre dans la couche secondaire 12 avec le même angle d'incidence.

[0054] Dans un mode de réalisation non limitatif, la couche secondaire 12 comprend une épaisseur e_2 telles que les ondes réfléchies R13, R14 d'ordre 1 correspondantes à ladite onde radar R1 émise soit en opposition de phase. Leur déphasage $\Delta\phi_2$ est donc de π modulo 2π . Cela crée des interférences destructrices. De la même manière que les ondes réfléchies R11 et R12, les ondes réfléchies R13 et R14 s'annulent entre elles partiellement. On a donc supprimé les ondes réfléchies R13 et R14 en faisant en sorte qu'elles s'annulent entre elles partiellement. Elles diminuent ainsi moins le ratio signal sur bruit. Il convient de noter que les ondes R13 et R14 ne s'annulent pas strictement, en raison de l'amplitude nécessairement plus faible de l'onde R14 par rapport à l'onde R13. Il reste toujours un résidu très faible d'ordre 3.

[0055] Autrement dit on a $\Delta\phi_2 = \pi$ modulo $2\pi = \pi + m_2 \times 2\pi$, avec $m_2 = 1, \dots, N$, N entier. Soit avec $e_2 = (\lambda / (2n_2\cos\beta_2)) + (m_2 \times \lambda)$ et ce quelque soit la valeur de l'angle d'incidence θ_2 . Ainsi, en fonction de la valeur de l'indice de réfraction n_2 et de la longueur d'onde λ utilisée sur la plage de fréquence de fonctionnement du capteur radar 10, on peut déterminer la valeur de l'épaisseur e_2 pour que les ondes réfléchies R13 et R14 d'ordre 1 s'annulent entre elles. Dans un mode de réalisation non limitatif, l'épaisseur e_2 est comprise entre 2 et 3 millimètres (mm). Dans un exemple non limitatif, si on $n_2=1.66$ pour le polycarbonate et la longueur d'onde λ correspondant à une fréquence de 76GHz, on obtient ainsi $e_2=2.36\text{mm}$, pour $\theta_2=0^\circ$, avec $m_2=2$.

[0056] Tel qu'illustré sur la [Fig.2], lorsque l'onde radar R1 émise passe au travers de la couche primaire 11, elle se réfléchit plusieurs fois à l'intérieur de ladite couche primaire 11 sur les surfaces V1, V2. Elle rebondit plusieurs fois sur les surfaces V1, V2 ce qui crée d'autres ondes réfléchies illustrées en gris sur la figure. Une partie de ces ondes réfléchies ressort en direction de la couche secondaire 12 en passant par la

couche d'air 13. Ce sont des ondes réfléchies émergentes de la couche primaire 11, référencée R20 sur la [Fig.2]. Les ondes réfléchies émergentes 20, sont ainsi dérivées, autrement dit issues, des ondes radars R1 émises par ledit capteur radar 10. Elles arrivent sur la couche secondaire 12 avec un angle d'incidence θ_3 .

[0057] Une partie des ondes réfléchies émergentes R20 de la couche primaire 11 traverse la couche d'air 13 et passe directement au travers de la couche secondaire 12. Elles arrivent sur la couche secondaire 12 avec l'angle d'incidence θ_3 . Lorsqu'elles passent au travers de la couche secondaire 12, une partie de ces ondes réfléchies ressort directement de la couche secondaire 12. Ce sont les ondes réfléchies référencées R15. Elles sont d'ordre 2 car elles proviennent d'autres ondes réfléchies. Les ondes réfléchies R15 d'ordre 2 proviennent ainsi d'ondes qui se sont réfléchies sur une surface V1 à l'intérieur de la couche primaire 11 et qui ont traversé directement la couche d'air 13 et la couche secondaire 13.

[0058] L'autre partie des ondes réfléchies émergentes R20 de la couche primaire 11 en traversant la couche d'air 13 rebondit alternativement sur la surface V2 à l'extérieur de la couche primaire 11 et sur la surface V3 à l'extérieur de la couche secondaire 12 et traverse par la suite la couche secondaire 12 et ressort de la couche secondaire 12. Elles arrivent sur la couche secondaire 12 avec également l'angle d'incidence θ_3 . Ce sont les ondes réfléchies référencées R16. Elles sont d'ordre 2 car elles proviennent d'autres ondes réfléchies. Les ondes réfléchies R16 d'ordre 2 proviennent ainsi d'ondes qui se sont réfléchies à l'intérieur de la couche d'air 13 sur une surface V2 à l'extérieur de la couche primaire 11 et qui ont traversé directement dans une grande majorité la couche secondaire 12.

[0059] Ces ondes réfléchies R15, R16 d'ordre 2 qui émergent de la couche secondaire 12 dans le sens opposé au capteur radar 10 sont des ondes réfléchies résiduelles qui affectent la portée de détection du capteur radar 10 d'un objet 3 dans l'environnement extérieur du véhicule automobile 2 car elles ont puissance plus faible que l'onde radar R1 émise. On rappelle que les ondes d'ordre 2 ont une puissance plus faible que les ondes réfléchies d'ordre 1.

[0060] La différence de chemin δ_3 parcouru entre les ondes réfléchies R16 et les ondes réfléchies R15 est égal à $2e_3/\cos(\theta_3) - 2e_3\tan(\theta_3)\sin(\theta_3)$. Le déphasage $\Delta\phi_3$ entre les ondes réfléchies R16 et R16 dépend ainsi du cosinus de l'angle d'incidence θ_3 et de l'épaisseur e_3 de la couche d'air 13. On a $\Delta\phi_3 = 2\pi n_3 \delta_3 / \lambda = 2\pi \delta_3 / \lambda$ avec $n_3 = 1$ (air). On a donc $\Delta\phi_3 = 4\pi \times (e_3 \times \cos(\theta_3)) / \lambda$.

[0061] Afin d'additionner ces ondes réfléchies résiduelles R15, R16 entre elles pour qu'elles aient plus de puissance, la couche d'air 13 comprend une épaisseur e_3 de sorte que deux ondes réfléchies R15, R16 d'ordre 2 émergentes de ladite couche secondaire 12 correspondantes à une onde radar émise R1 aient un déphasage $\Delta\phi_3 = 0 \text{ modulo } 2\pi$.

Les ondes réfléchies R15 et R16 sont ainsi en phase. Le déphasage de 0 modulo 2π permet d'additionner les ondes réfléchies R15 et R16 entre elles de sorte que leur puissance s'additionnent entre elles et qu'on ait ainsi une onde réfléchie résultante R17 de puissance plus forte. Autrement dit on a $\Delta\phi_3 = 4\pi \times (e_3 \cos(\theta_3)) / \lambda = 2\pi m_3$, avec $m_3 = 1, \dots, N$, N entier. Soit avec $e_3 = (m_3 \times (\lambda/2)) / \cos(\theta_3)$, avec λ la longueur d'onde de l'onde radar R1 émise et θ_3 l'angle d'incidence des ondes réfléchies R20 entrant dans la couche secondaire 12, et ce quelque soit la valeur de l'angle d'incidence θ_3 . Ainsi, en fonction de la longueur d'onde λ utilisée correspondante à la plage de fréquence de fonctionnement du capteur radar 10, on peut déterminer la valeur de l'épaisseur e_3 pour que les ondes réfléchies R15 et R16 d'ordre 2 s'additionnent entre elles. Dans un exemple non limitatif, si on a la longueur d'onde λ correspondant à une fréquence de 76GHz et $\theta_3 = 0^\circ$, on obtient ainsi $e_3 = 1.98\text{mm}$ avec $m_3 = 1$, et $e_3 > 1.98\text{mm}$ pour $\theta_3 > 0^\circ$ avec $m_3 = 1$.

[0062] L'onde réfléchie R17 résultante de l'addition des ondes réfléchies R15 et R16 va ainsi permettre une détection précise par le capteur radar 10. En effet, sa puissance va s'additionner à celle de l'onde radar R1'' émergente directement de la couche secondaire 12, le choix de e_1 assurant que R15 et R1'' sont en phase. L'onde réfléchie R17 et l'onde radar R1'' forment une onde radar globale émergente référencée R3 sur la [Fig.2] et autrement appelée onde globale R3. De ce fait la puissance obtenue globale de l'onde radar globale émergente R3 de la couche secondaire 12 (qui va donc être utilisée pour détecter l'objet 3) sera très proche de celle de l'onde radar R1 émise au départ par le capteur radar 10.

[0063] Dans un mode de réalisation non limitatif $\theta_3 = \theta_1 = \theta_2$. C'est le cas si la couche primaire 11 et la couche secondaires 12 sont disposées en parallèle l'une de l'autre et ont des surfaces V1, V2, V3, et V4 planes. Dans ce cas on a $e_3 = (m_3 / \cos(\theta_1)) \times \lambda/2$.

[0064] On notera que le capteur radar 10 fonctionne sur une bande de fréquence (entre 100MHz et 3 GHz dans un mode de réalisation non limitatif) et pas sur une seule fréquence. Comme dans l'ensemble de couches C il y a plusieurs épaisseurs e_1 , e_2 , e_3 de couches, on peut jouer sur ces épaisseurs pour créer un filtre passe bande anti-réflexions. Ainsi, dans un mode de réalisation non limitatif, comme chaque épaisseur e_1 , e_2 , e_3 dépend de la longueur d'onde λ , on peut définir chaque épaisseur e_1 , e_2 , e_3 , en fonction d'une longueur d'onde λ_1 , λ_2 , λ_3 différente, les trois longueurs d'ondes choisies se situant dans la bande de fréquence choisie entre 100MHz et 3GHz ici. Ainsi, dans un exemple non limitatif, si la bande de fréquence est de 1GHz et que le capteur radar 10 fonctionne à la fréquence de 76Ghz, on choisit une longueur d'onde λ_1 correspondant à la fréquence 75GHz pour définir l'épaisseur e_1 , une longueur d'onde λ_2 correspondant à la fréquence 77GHz pour définir l'épaisseur e_2 , et une longueur d'onde λ_3 correspondant à la fréquence 76GHz pour définir l'épaisseur e_3 .

Ainsi, sur la bande de fréquence 75GHz, 76GHz et 77GHz, la détection du capteur radar 10 se très précise car il n'y aura plus de réflexions parasites R11, R12, R13, R14 et on aura additionné les ondes radars R15, R16 pour avoir très peu de perte de puissance en sortie de l'ensemble de couches C. Il y aura des réflexions parasites, mais celles-ci seront très fortement atténuées sur toute la plage de fréquence de fonctionnement du capteur radar 10. Ainsi la résolution de détection (en distance) du capteur radar 10 sera meilleure. Dans un autre exemple non limitatif, la résolution de détection sera de 0,4 centimètres (cm) pour une fréquence de 350MHz et de 0,2cm pour une fréquence de 750MHz. Ainsi, par exemple, le capteur radar 10 pourra détecter un objet 3 dans l'environnement extérieur du véhicule automobile 2 à une distance près de 0,4cm ou de 0,2cm. Dans un autre mode de réalisation non limitatif, on peut définir chaque épaisseur e_1 , e_2 , e_3 , en fonction d'une même longueur d'onde λ .

- [0065] On notera que la description a été faite pour une seule onde radar R1, mais bien entendue elle s'applique pour toutes les ondes radars R1 émises par le capteur radar 10.
- [0066] On notera que la description qui a été faite précédemment pour un ensemble de couches C comprenant une seule couche primaire 11 et une seule couche secondaire 12 séparées par une couche d'air 13 s'applique à un ensemble de couches C comprenant plusieurs sous-ensembles cs de couches primaires 11 et couches secondaire 12, chaque couche primaire 11-couche secondaire 12 d'un sous-ensemble cs étant séparées de la même manière par une couche d'air 13. Ainsi, dans un mode de réalisation non limitatif, ledit ensemble de couches C comprend plus de deux couches de matériau diélectrique 11, 12 dont des couches primaires 11 et des couches secondaires 12 séparées par une couche d'air 13. Il existe ainsi une pluralité de couches d'air 13. Ainsi, l'ensemble de véhicule 1 comprend plus de deux couches de matériau diélectriques 11, 12 séparées par une couche d'air 13.
- [0067] Ainsi, dans l'exemple non limitatif illustré sur la [Fig.3], on a un ensemble de couches C qui comprend :
- un premier sous-ensemble de couches cs1 comprenant une première couche primaire 111 avec une épaisseur e_{11} et une première couche secondaire 121 avec une épaisseur e_{21} , séparées par une couche d'air 131,
 - un deuxième sous-ensemble de couches cs2 comprenant une deuxième couche primaire 112 avec une épaisseur e_{12} et une deuxième couche secondaire 122 avec une épaisseur e_{22} , séparées par une couche d'air 132.
- [0068] Tel qu'illustré sur la [Fig.3], la première couche secondaire 121 du premier sous-ensemble cs1 est également la deuxième couche primaire 112 du deuxième sous-ensemble cs2. Ainsi, dans un premier mode de réalisation non limitatif, le premier sous-ensemble de couches cs1 comprend une première couche primaire 111 qui est un

radôme du capteur radar 10 et une première couche secondaire 121 qui est une pièce décorative, séparées par une première couche d'air 131 ; et le deuxième sous-ensemble de couches cs2 comprend une deuxième couche primaire 112 qui est ladite pièce décorative et une deuxième couche secondaire 122 qui est une glace de sortie d'un dispositif lumineux 20 du véhicule automobile 2, séparées par une deuxième couche d'air 132. Dans un deuxième mode de réalisation non limitatif, le premier sous-ensemble de couches cs1 comprend une première couche primaire 111 qui est un radôme du capteur radar 10 et une première couche secondaire 121 qui est un élément lumineux, séparées par une première couche d'air 131 ; et le deuxième sous-ensemble de couches cs2 comprend une deuxième couche primaire 112 qui est ledit élément lumineux et une deuxième couche secondaire 122 qui est une glace de sortie d'un dispositif lumineux 20 du véhicule automobile 2, séparées par une deuxième couche d'air 132.

[0069] Autrement dit, l'ensemble de véhicule 1 peut comprendre en outre un radôme séparé d'une pièce décorative par une couche d'air 13, ladite pièce décorative 11 étant elle-même séparée d'une glace de sortie par une couche d'air 13. La pièce décorative peut être remplacée par un élément lumineux. On notera que plus il y a de couches dans l'ensemble de couches C, plus on peut augmenter le filtre passe bande anti-réflexion avec les différentes épaisseurs des différentes couches en choisissant différentes longueurs d'ondes λ pour les différentes épaisseurs dans un mode de réalisation non limitatif.

[0070] Ainsi, ledit ensemble de couches C comprend plus de deux couches diélectriques dont des couches primaires 111, 112 et des couches secondaires 121, 122, séparées par une couche d'air 131, 132 deux à deux. A savoir une première couche primaire 111 est séparée d'une première couche secondaire 121 par une première couche d'air 131 et une seconde couche primaire 112 est séparée d'une seconde couche secondaire 122 par une seconde couche d'air 132. Ainsi, tel que décrit précédemment, on a une couche 111 qui est un radôme et qui présente une épaisseur e_{11} ; une couche 121 qui est une pièce décorative et qui présente une épaisseur e_{21} , et une couche supplémentaire 122 qui est une glace de sortie d'un dispositif lumineux et qui présente une épaisseur e_{22} . La couche 111 est séparée de la couche 121 par une couche d'air 131 d'épaisseur e_{31} . La couche 122 est séparée de la couche 121 par une couche d'air 132 d'épaisseur e_{32} . Ainsi, dans un premier sous-ensemble de couches cs1 (comprenant les couches 111 et 121), la couche 111 représente une couche primaire tel que décrit précédemment et la couche 121 représente une couche secondaire tel que décrit précédemment. Par contre, dans un deuxième sous-ensemble de couches cs2 (comprenant les couches 121 et 122), la même couche 121 représente cette fois-ci une couche primaire également référencée 112 tel que décrit précédemment et la couche 122 représente une couche secondaire tel

que décrit précédemment.

[0071] Bien entendu la description de l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits ci-dessus et au domaine décrit ci-dessus. Ainsi, dans un autre mode de réalisation non limitatif, le capteur radar 10 comprend plus d'une antenne émettrice 100 et plus de deux antennes réceptrices 101.

[0072] Ainsi, l'invention décrite présente notamment les avantages suivants :

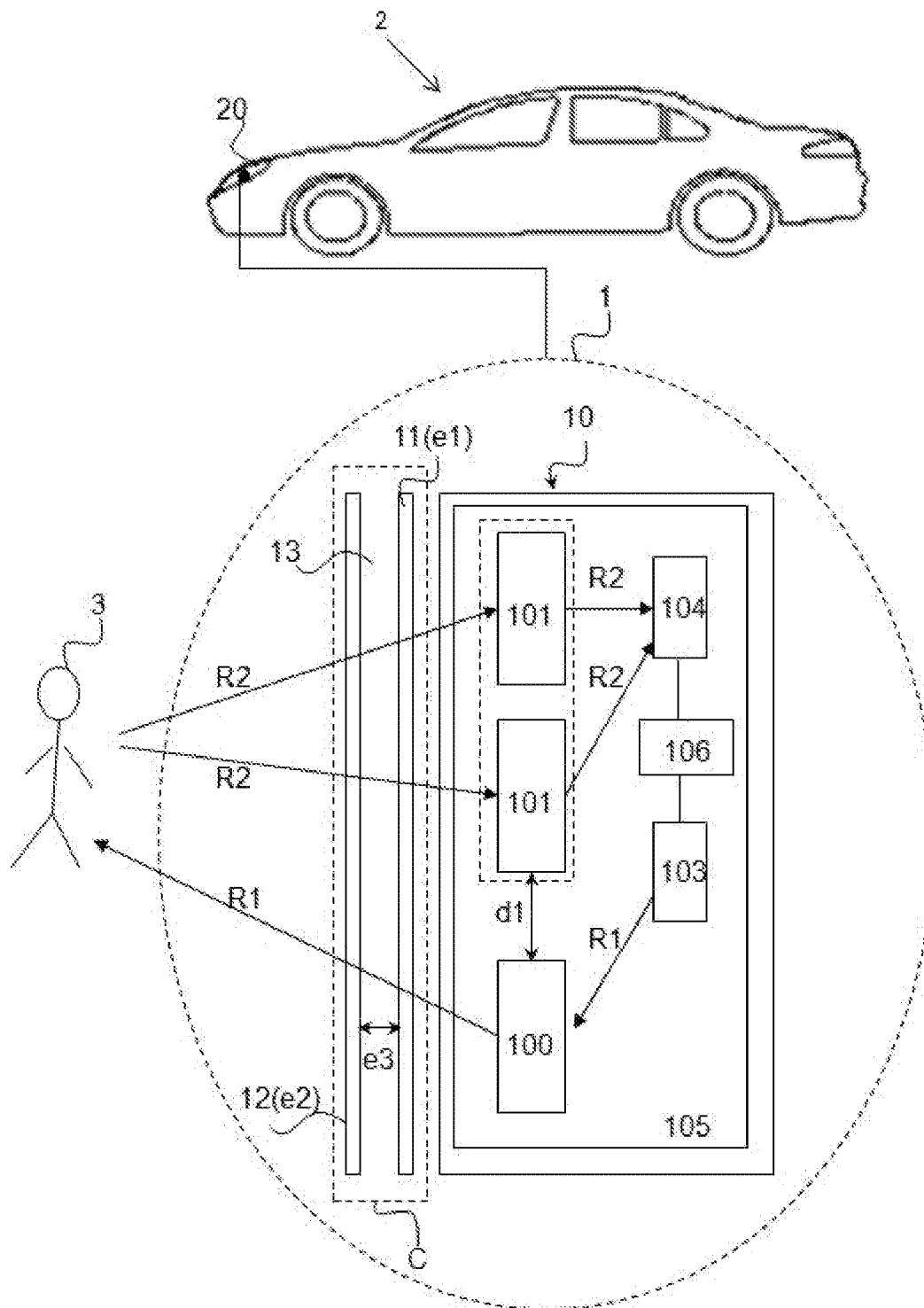
- elle permet de superposer des ondes réfléchies R15, R16 émergentes d'ordre 2 de sorte à obtenir une plus grande puissance pour la détection par le capteur radar 10,
- elle permet de supprimer les ondes réfléchies R11, R12, et R13, R14 d'ordre 1 qui se réfléchissent en direction du capteur radar 10. Le ratio signal sur bruit dudit capteur radar 10 n'est ainsi plus réduit,
- elle permet d'obtenir un filtre passe bande anti-réflexions. Elle permet de supprimer la majorité des réflexions sur toute la plage de fréquence de fonctionnement du capteur radar 10 et ce quelque soit l'angle d'incidence θ_1 , θ_2 , θ_3 ,
- elle permet d'obtenir une meilleur résolution de détection pour le capteur radar 10,
- elle est simple à mettre en œuvre.

Revendications

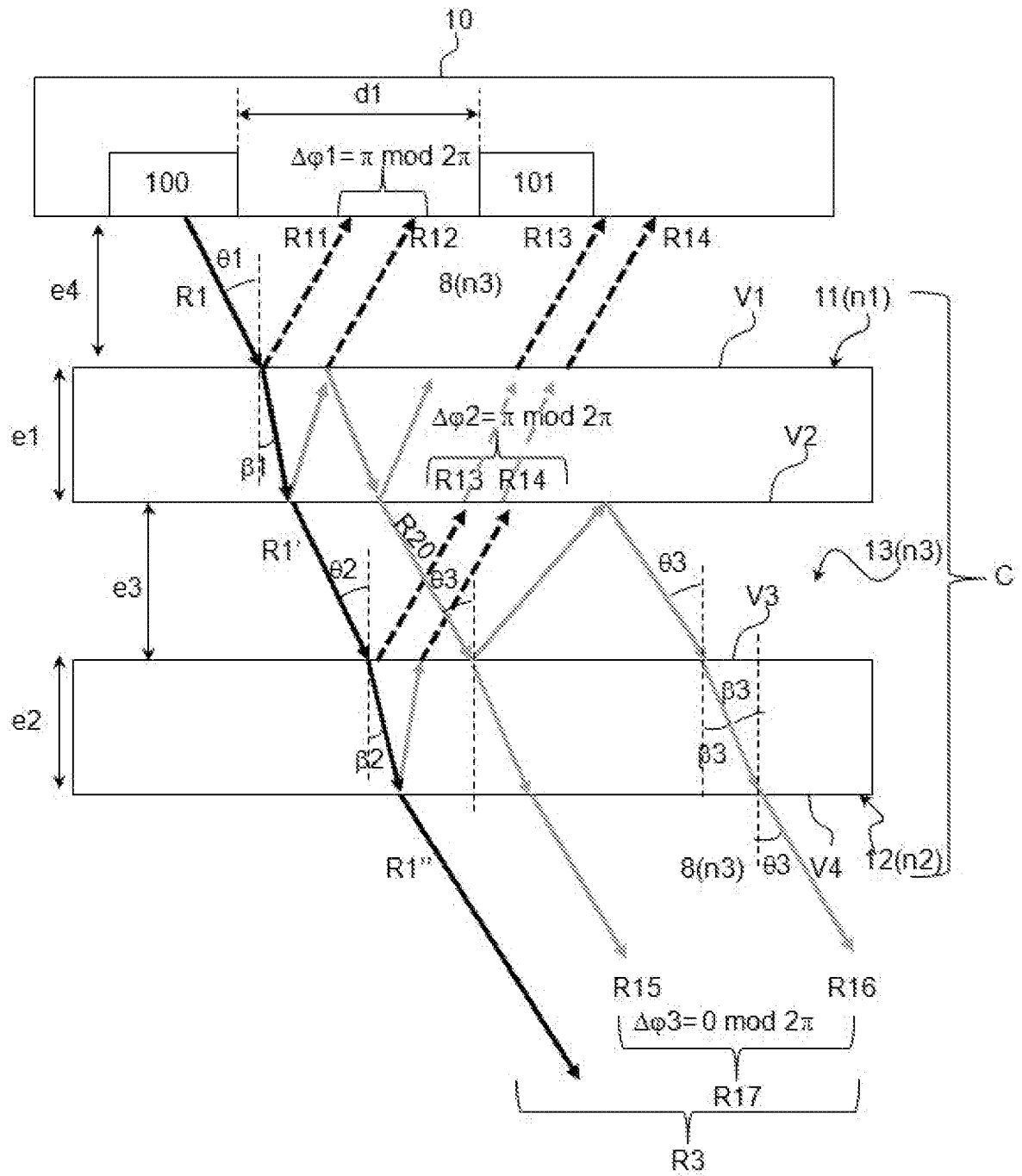
- [Revendication 1] Ensemble de véhicule (1) pour véhicule (2), ledit ensemble de véhicule (1) comprenant :
- un capteur radar (10) configuré pour émettre/recevoir des ondes radars (R1), ledit capteur radar (10) étant disposé en regard d'un ensemble de couches (C), et
 - ledit ensemble de couches (C) comprenant au moins deux couches de matériau diélectrique (11, 12) dont une couche primaire (11) et une couche secondaire (12), séparées par une couche d'air (13),
 - caractérisé en ce que ladite couche d'air (13) comprend une épaisseur (e_3) égale à $(m_3 \times (\lambda/2)) / \cos(\theta_3)$, avec θ_3 un angle d'incidence d'ondes réfléchies émergentes (R20) arrivant sur ladite couche secondaire (12) et $m_3=1, \dots, N$, N entier, lesdites ondes réfléchies émergentes (R20) étant dérivées d'ondes radars (R1) émises par ledit capteur radar (10).
- [Revendication 2] Ensemble de véhicule (1), selon la revendication 1, selon lequel ledit capteur radar (10) est un capteur radar à ondes millimétriques (entre 24GHz et 300 GHz) ou hyperfréquences (entre 300MHz et 81GHz) ou micro-ondes (entre 1GHz et 300GHz).
- [Revendication 3] Ensemble de véhicule (1), selon la revendication précédente, selon lequel lesdites ondes radars (R1) sont émises sur une bande de fréquence comprise entre 100MHz et 3GHz.
- [Revendication 4] Ensemble de véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, selon lequel ladite couche primaire (11) comprend une épaisseur (e_1) égale à $(\lambda/(2n_1 \cos \beta_1)) + (m_1 \times \lambda)$, avec β_1 un angle réfracté correspondant à un angle d'incidence θ_1 d'une onde radar (R1) émise et n_1 l'indice de réfraction de ladite couche primaire (11) et $m_1 = 1, \dots, N$, N entier.
- [Revendication 5] Ensemble de véhicule (1), selon la revendication précédente, selon lequel l'épaisseur (e_1) de ladite couche primaire (11) est définie avec un angle d'incidence θ_1 égal à $\arctan(d_1/(2e_4))$, avec e_4 la distance entre ledit capteur radar 10 et ladite couche primaire (11).
- [Revendication 6] Ensemble de véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, selon lequel ladite couche secondaire (12) comprend une épaisseur (e_2) égale à $(\lambda/(2n_2 \cos \beta_2)) + (m_2 \times \lambda)$, avec β_2 un angle réfracté correspondant à un angle d'incidence θ_2 d'une onde radar émergente (R1') de ladite couche primaire (11) et n_2 l'indice de ré-

- fraction de ladite couche secondaire (12) et $m_2 = 1, \dots, N$, N entier.
- [Revendication 7] Ensemble de véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, selon lequel ladite couche primaire (11) est une pièce décorative et ladite couche secondaire (12) est une glace de sortie d'un dispositif lumineux (20) dudit véhicule (2).
- [Revendication 8] Ensemble de véhicule (1) selon la revendication précédente, selon lequel ledit dispositif lumineux (20) est un projecteur ou un feu arrière.
- [Revendication 9] Ensemble de véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, selon lequel ladite couche primaire (11) est un élément lumineux d'un logo et ladite couche secondaire (12) est une glace de sortie d'un logo dudit véhicule (2).
- [Revendication 10] Ensemble de véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, selon lequel ladite couche primaire (11) est un radôme et ladite couche secondaire (12) est un logo.
- [Revendication 11] Ensemble de véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, selon lequel ledit ensemble de couches (C) comprend plus de deux couches de matériau diélectrique (11, 12) dont des couches primaires (11₁, 11₂) et des couches secondaires (12₁, 12₂), séparées par une couche d'air (13₁, 13₂).
- [Revendication 12] Ensemble de véhicule (1) selon la revendication précédente, selon lequel ledit ensemble de couches (C) comprend une couche (11₁) qui est un radôme, une couche (11₂, 12₁) qui est une pièce décorative et une couche (12₁) qui est une glace de sortie d'un dispositif lumineux.

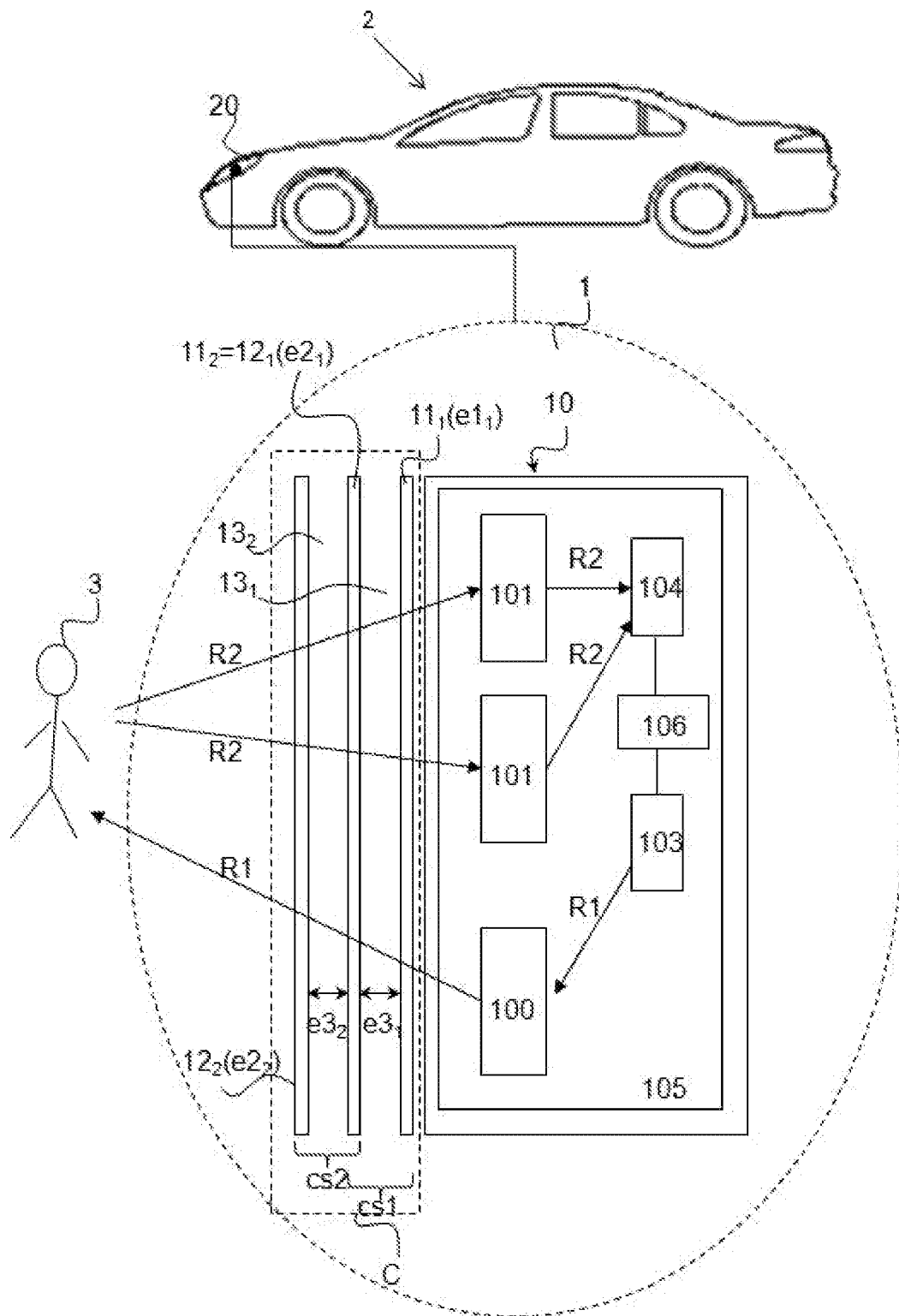
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2016/248152 A1 (TAKAO KAZUKI [JP] ET
AL) 25 août 2016 (2016-08-25)

CN 108 615 975 A (HEFEI GUANGBO QUANTUM
TECH CO LTD) 2 octobre 2018 (2018-10-02)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

US 2011/050370 A1 (LEE CHENG-CHING [TW] ET
AL) 3 mars 2011 (2011-03-03)

US 2017/207514 A1 (KAMO HIROYUKI [JP])
20 juillet 2017 (2017-07-20)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT