

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 09.04.92.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 15.10.93 Bulletin 93/41.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : Automobiles PEUGEOT (Société Anonyme) — FR et Automobiles CITROEN (Société Anonyme) — FR.

72 Inventeur(s) : Attia Mondher.

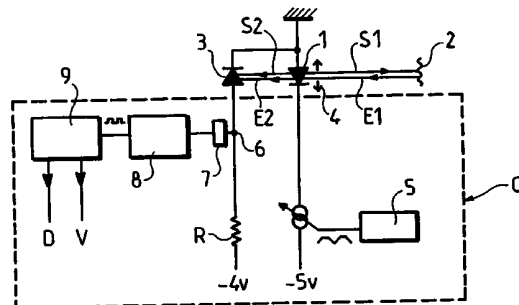
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : Fabien Henri.

54 Procédé et dispositif de détection d'obstacles par homodynage optique d'un faisceau laser modulé en fréquence.

57 Le procédé de détection selon l'invention est du type utilisant l'homodynage optique d'un faisceau laser modulé en fréquence. Il consiste essentiellement à détecter les battements entre l'onde émise (S1, S2) par le laser (1) et l'écho (E2), diffusé en retour par la cible (2), préalablement amplifié par le passage à travers le laser. Le dispositif pour la mise en œuvre du procédé comporte un seul composant électronique pour l'émission et la réception. Il utilise pour la réception la photodiode de contrôle (3) d'une diode laser (1).

Application à la détection de la distance et de la vitesse d'obstacles mobiles depuis un véhicule automobile.



L'invention a pour objet un procédé de détection d'obstacles, destiné notamment à mesurer la distance et la vitesse de cibles mobiles, du type utilisant l'homodynage optique d'un faisceau laser modulé en fréquence.

5

L'invention a également pour objet un dispositif de détection d'obstacles, utilisant le procédé conforme à l'invention, destiné notamment à être embarqué sur un véhicule automobile, pour détecter des cibles mobiles et mesurer leur distance et leur vitesse par rapport au véhicule équipé.

10

Les radars optiques ou lidars actuellement connus utilisent soit la détection directe ou incohérente, soit la détection indirecte ou cohérente.

15

Dans le premier cas, on mesure la distance de la cible en modulant la puissance du laser par un train d'impulsions dont on mesure le retard. Cette technique conduit à une distance aveugle importante si l'on ne réduit pas la longueur de l'impulsion, ce qui exige des circuits de modulation rapides. En outre se pose le problème d'ambiguïté de la position de la cible si celle-ci a un pouvoir de réflexion élevé et est située à une distance plus grande que la distance maximale déterminée par le choix de la fréquence de récurrence des impulsions. De plus, le lidar à détection directe est très sensible au bruit ambiant et à celui du traitement électronique. La puissance des impulsions émises doit donc être importante et malgré cela, le lidar risque d'être ébloui par le soleil. Enfin, la vitesse de la cible ne peut être mesurée.

20

25

30

Dans le cas d'un lidar à détection cohérente de type homodyne, le faisceau émis par le laser est partagé en deux, généralement par une lame séparatrice. Une partie de l'onde est dirigée vers la cible, l'autre partie vers un dispositif de détection, par exemple une photodiode, pour être mélangée avec l'onde diffusée en retour par la cible.

35

De ce fait, le courant délivré par la photodiode porte toutes les informations de l'onde émise tant en amplitude qu'en fréquence et en phase. La vitesse de la cible peut donc être directement détectée par ce type de lidar.

5

Pour mesurer la distance et la vitesse des cibles, on peut adopter soit la modulation en impulsion, soit la modulation en fréquence.

10

Dans le cas de la modulation en impulsion, la distance est mesurée, comme dans le cas des lidars à détection directe, par le retard de l'impulsion reçue par rapport à l'impulsion émise, alors que la vitesse est mesurée par la fréquence Doppler à l'intérieur de l'impulsion reçue. Pour cette mesure, l'électronique de traitement doit être très rapide puisque la longueur d'impulsion doit être courte.

15

20

Dans le cas de la modulation de fréquence, on emploie habituellement une modulation indirecte du laser avec recours à un modulateur extérieur acousto-optique ou électro-optique intercalé entre le laser et la lame séparatrice. On complique alors la réalisation optique et électronique.

25

30

Les procédés et dispositifs de détection directe connus ne permettent pas de détecter des puissances très faibles diffusées en retour par les cibles. On doit donc recourir à des puissances d'émission incompatibles avec les normes de sécurité. De plus, dans l'utilisation sur véhicule automobile, ils ne permettent pas d'obtenir une grande sélectivité et leur capacité de détection peut être troublée par la présence des rayons solaires ou des phares des véhicules circulant dans le sens opposé.

35

L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et de permettre en outre la détection de cibles même peu réfléchissantes telles que celles que l'on peut rencontrer dans la circulation automobile.

L'invention a également pour but d'utiliser à cet effet un composant opto-électronique très compact dans lequel une diode laser et une photodiode réceptrice constituent un seul composant.

5

Le procédé, selon l'invention, est donc du type utilisant l'homodynage optique d'un faisceau laser modulé en fréquence et il se caractérise en ce qu'on détecte les battements entre l'onde émise par le laser et l'écho de cette onde diffusé par la cible, cet écho étant préalablement amplifié par le passage à travers la cavité du laser avant d'être mélangé avec l'onde émise.

De cette façon, on combine à l'homodynage optique une amplification optique de l'écho, ce qui permet d'obtenir un rapport signal sur bruit très favorable et donc de détecter des cibles peu réfléchissantes.

De préférence, le faisceau laser émis est modulé selon une loi à double rampe, chaque rampe étant linéaire et de pente opposée à la rampe associée.

Dans ce cas, la loi de modulation peut comporter des portions à fréquence constante interposées entre les doubles rampes.

25

Un dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon l'invention se caractérise essentiellement en ce qu'il comporte un laser émettant par ses deux faces et des moyens modulant en fréquence le courant du laser.

30

Il est particulièrement avantageux d'utiliser la photodiode de contrôle d'une diode laser pour détecter les battements entre l'onde émise par la face arrière du laser et l'écho, renvoyé par la cible, de l'onde émise par la face avant du laser.

35

Le dispositif se caractérise donc également en ce qu'il comporte un seul composant électronique pour l'émission et la

réception, ce composant comportant dans le même boîtier une diode laser et une photodiode, la diode laser émettant par sa face avant en direction de la cible et par sa face arrière en direction de la photodiode.

5

Le dispositif peut ne comporter qu'une seule lentille, par exemple à gradient d'indice, collimatant vers la cible l'onde émise par la face avant de la diode laser et vers la cavité de la diode laser l'onde diffusée en retour par la cible.

10

Il est également important de prévoir un dispositif de régulation en température.

Ce dispositif de régulation en température peut comporter un radiateur relié par des éléments thermo-électriques utilisant l'effet Peltier à une plaque support du laser, le courant de ces éléments étant asservi à l'écart entre la température de la plaque support et une température de consigne.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux dans la description détaillée qui suit et se réfère aux dessins annexés donnés uniquement à titre d'exemple, et dans lesquels:

25 - la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif conforme à l'invention;

- la figure 2a montre la loi de modulation du courant du laser en fonction du temps t;

30

- la figure 2b montre la loi de modulation correspondante de la longueur d'onde d'émission;

35 - la figure 3 montre le montage de la diode laser sur un dispositif de régulation thermique.

Tel que schématisé en figure 1, le dispositif conforme à l'invention comporte une diode laser 1 monomode dont la longueur d'onde se situe dans le proche infrarouge. La diode 1 émet en continu et par ses deux faces des signaux S1 et S2 de même longueur d'onde, la face avant étant dirigée vers une cible 2 et la face arrière vers une photodiode réceptrice 3.

La diode laser 1 et la photodiode 3 sont intégrées au sein d'un même composant de type connu dans lequel la photodiode est habituellement utilisée pour asservir la puissance d'émission de la diode laser.

L'onde S1 émise par la face avant de la diode 1 et l'onde E1 diffusée en retour par la cible sont collimatées par une lentille 4 à gradient d'indice du type connu par exemple sous l'appellation commerciale "Selfoc".

La diode laser 1 est commandée en courant par un dispositif de modulation 5 selon un principe de modulation à double rampe qui sera explicité plus loin.

Selon l'invention, l'écho E1 de la cible 2 est amplifié en traversant la cavité de la diode laser 1. La photodiode 3 détecte le battement de l'onde S2 émise par la face arrière du laser et de l'écho amplifié E2.

La tension prélevée en 6 à la base de la diode reliée à une tension de polarisation par une résistance R est traitée par un filtre passe-haut 7, un circuit de mise en forme 8 et un calculateur 9 délivrant les signaux D et V représentant respectivement la distance et la vitesse de la cible par rapport au véhicule.

On va maintenant décrire le procédé de modulation et le fonctionnement du dispositif.

On sait que les diodes laser présentent à la fois une variation de la puissance émise et une variation du spectre d'émission en fonction de l'intensité du courant de fonctionnement.

5 Quel que soit le laser, il existe une zone du spectre de l'onde émise ne présentant pas de saut de mode et dans laquelle la variation de la longueur d'onde est une fonction linéaire de l'intensité du courant de fonctionnement.

10 Le courant de la photodiode 3 et donc la tension prélevée en 6 auront donc deux composantes:

- L'une, due à la modulation de la puissance, est sans utilité pour la détection d'obstacles. Elle est éliminée
15 par le filtre passe-haut 7 dont la fréquence de coupure est supérieure à la fréquence de modulation.

- L'autre, due à la modulation de fréquence de la diode laser, contient les informations vitesse et distance entre
20 la cible et le véhicule équipé.

On module le courant du laser par une partie plate P et une double rampe r1,r2 comme représenté à la figure 2a, ce qui induit une modulation en longueur d'onde λ de même forme
25 représentée à la figure 2b.

A la réception, on détecte les fréquences de battement suivantes:

30 Partie plate: f_{doppler}
rampe montante:

$f_+ =$
35 $f_{\text{dis}} - f_{\text{doppler}}$ (lorsque la cible s'éloigne)
 $f_{\text{dis}} + f_{\text{doppler}}$ (lorsque la cible se rapproche)

rampe descendante:

$$f^- = \begin{cases} f_{dis} + f_{doppler} & \text{(lorsque la cible s'éloigne)} \\ f_{dis} - f_{doppler} & \text{(lorsque la cible se rapproche)} \end{cases}$$

avec:

$$f_{doppler} = 2V/\lambda \quad f_{dis} = 2Df/C$$

10

où:

D = distance diode laser/cible

15

V = vitesse de la cible dans l'axe du laser

f = pente de la modulation de fréquence du laser

λ = longueur d'onde du laser

20

C = vitesse de la lumière

f_{dis} = fréquence distance

25

Le calculateur 9 à partir de f, f+ ou f- ou f_{doppler} peut déterminer la distance et la vitesse de la cible dans tous les cas. Ainsi lorsque la vitesse de la cible est très faible, on ne peut pas mesurer la fréquence doppler sur la partie plate. On déduit alors la fréquence doppler des mesures de f+ et f-.

30

Lorsque la fréquence doppler est voisine de la fréquence distance f_{dis} , on peut accéder soit à f+ soit à f- selon le sens de déplacement de la cible par rapport au laser.

35

Ce procédé permet donc d'obtenir directement la vitesse et la distance relative entre le laser et la cible.

On sait par ailleurs que le spectre des diodes laser évolue en fonction de la température. Cette évolution est nuisible au traitement du signal recueilli par le photodétecteur. C'est pourquoi, il est nécessaire pour une grande précision de mesure
5 d'assurer une régulation de la température de la diode laser de façon à obtenir une rampe de courant produisant des rampes de longueur d'onde d'émission aussi linéaires que possible.

Comme représenté à la figure 3, où les circuits de la figure 1
10 sont schématisés par le rectangle C, le dispositif de régulation thermique comporte, de façon classique, deux éléments thermo-électriques Peltier 11 et 12 reliant un radiateur en aluminium 13 à une plaque de cuivre 14 sur laquelle est fixé, par exemple par des vis non représentées, le socle 10a du
15 boîtier 10 contenant la diode laser 1 et la photodiode 3. Le boîtier 10 est de révolution autour de l'axe optique XX du laser.

Deux thermistances 15a, 15b noyées dans la plaque 14 de façon
20 symétrique par rapport à l'axe du boîtier 10 fournissent un signal représentatif de la température du laser.

Un circuit électronique 16 élabore de façon connue un signal d'erreur par comparaison de la température mesurée avec une
25 valeur de consigne et utilise ce signal pour régler le courant traversant les éléments Peltier 11 et 12 pour réchauffer ou refroidir la plaque 14 selon le signe du signal d'erreur.

Le procédé et le dispositif conformes à l'invention ont été
30 expérimentés avec les lasers ci-dessous:

- la diode laser HL7806 de HITACHI avec laquelle la distance maximale mesurable est de 1 mètre;
- 35 - la diode laser SDL5400 de SPECTRA DIODE LABS qui convient pour une distance maximale de 50 mètres;

- un laser DFB multi-électrodes, de longueur d'onde égale à 1500 nm et de largeur de raie voisine de 1 MHz, permettant de mesurer des distances supérieures à 100 mètres.

5 Ce dernier laser a l'avantage de présenter une zone où la longueur d'onde est accordable sans que la puissance d'émission ne varie. De ce fait, le courant de la photodiode détectrice n'est plus affecté par l'image de la modulation du courant laser.

10

La précision de mesure peut atteindre le micromètre pour la distance et 0,5 mm/s pour la vitesse. Ces précisions de mesure sont indépendantes de la distance absolue mesurée.

15

Les expériences ci-dessus montrent que la mise en oeuvre du dispositif est indépendante de la structure du laser et qu'une distance maximale mesurable supérieure à 100 mètres peut être atteinte avec des lasers de longueur de raie inférieure à 1 MHz.

REVENDICATIONS

- 5 1. Procédé de détection d'obstacles destiné notamment à mesurer la distance et la vitesse de cibles mobiles, du type utilisant l'homodynage optique d'un faisceau laser modulé en fréquence, caractérisé en ce qu'il consiste à détecter les battements entre l'onde émise (S1,S2) par le laser (1) et l'écho (E1,E2)
10 diffusé par la cible (2) et préalablement amplifié par le passage à travers la cavité du laser avant d'être mélangé avec l'onde émise.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le faisceau laser émis est modulé selon une loi à double rampe, chaque rampe étant linéaire et de pente opposée à la rampe associée.
- 20 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la loi de modulation comporte des portions à fréquence constante interposées entre les doubles rampes.
- 25 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser la photodiode de contrôle (3) d'une diode laser (1) pour détecter les battements entre l'onde émise (S2) par la face arrière du laser et l'écho (E2), renvoyé par la cible (2), de l'onde (S1) émise par la face avant du laser.
- 30 5. Dispositif utilisant le procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un laser (1) émettant par ses deux faces et des moyens (5) modulant en fréquence le courant du laser.
- 35 6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte un seul composant électronique pour l'émission et la réception, ce composant comportant dans le même boîtier (10)

une diode laser (1) et une photodiode (3), la diode laser émettant par sa face avant en direction de la cible (2) et par sa face arrière en direction de la photodiode.

5 7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte une seule lentille (4) collimatant vers la cible (2) l'onde (S1) émise par la face avant de la diode laser ainsi que l'onde (E1) diffusée en retour par la cible vers la cavité de la diode laser.

10

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que la lentille unique (4) est du type à gradient d'indice.

15

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif (11-16) de régulation en température.

20

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que le dispositif de régulation en température comporte un radiateur (13) relié par des éléments thermo-électriques (11,12), utilisant l'effet Peltier, à une plaque (14) support du laser, le courant de ces éléments étant asservi à l'écart entre la température de la plaque support et une température de consigne.

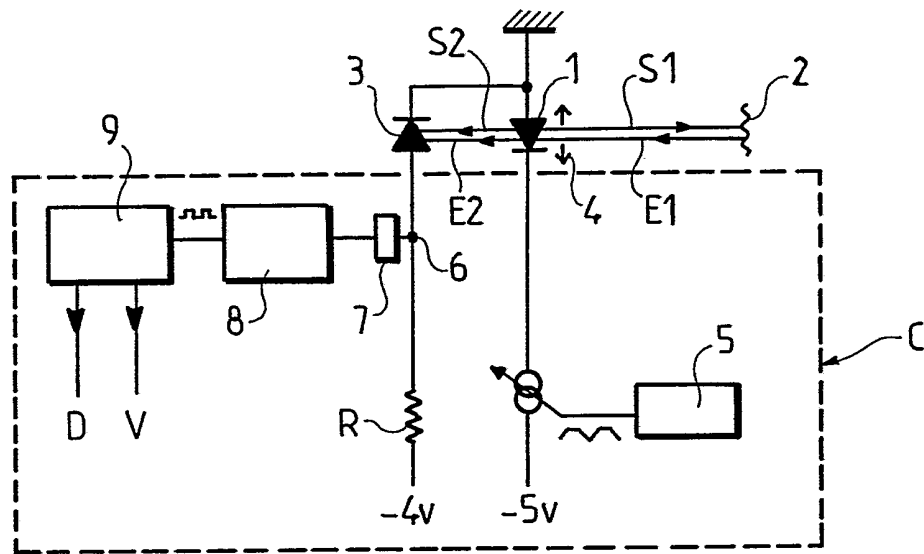


FIG. 1

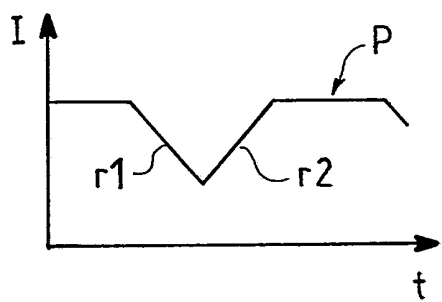


FIG. 2a

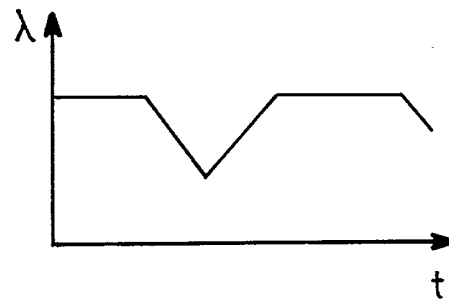


FIG. 2b

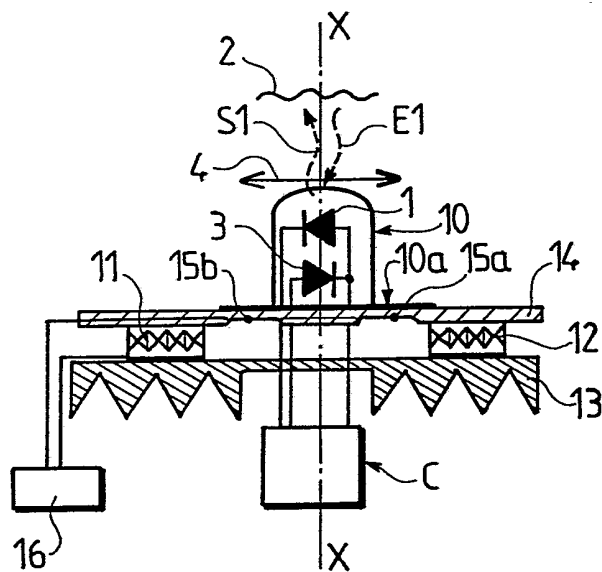


FIG. 3

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9204359
FA 476122
Page 1

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP-A-0 235 034 (EDF) * page 5, ligne 28 - page 11, ligne 22 * * figures 1-6 *	1,4-6
Y	---	2-3,7-10
Y	GB-A-648 810 (PATELHOLD) * page 2, ligne 103 - page 3, ligne 53 * * figure 5 *	2-3
Y	APPLIED OPTICS. vol. 27, no. 2, 15 Janvier 1988, NEW YORK US pages 379 - 305 H.W. JENTIK ET AL. 'Small laser Doppler velocimeter based on the self-mixing effect in a diode laser' * abrégé * * alinéa II; figure 1 *	7-8
Y	ELECTRONIQUE APPLICATIONS. VOIRE BUREAU 23.12 M.MEES no. 45, Janvier 1986, PARIS FR pages 19 - 27 A. ROUSSEL 'Stabilisation de la puissance lumineuse d'une diode laser' * le document en entier *	9-10
X	APPLIED OPTICS. vol. 27, no. 21, 1 Novembre 1988, NEW YORK US pages 4475 - 4480 P.J. DE GROOT ET AL. 'Ranging and velocimetry signal generation in a backscatter-modulated laser diode' * alinéa I -alinéa II; figure 1 *	1-2,4-7
	-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
05 JANVIER 1993		AUGARDE E.P.G.T.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9204359
FA 476122
Page 2

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	IECON'89 PROCEEDINGS vol. 1, 6 Novembre 1989, PHILADELPHIA US pages 646 - 651 S. SHINOHARA ET AL. 'High-resolution range-finder with dynamic range of 0.2m to 1m using a frequency-modulated laser diode' * alinéa 3; figures 1-3 * -----	1-2, 4-7, 9
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
Date d'achèvement de la recherche 05 JANVIER 1993		Examineur AUGARDE E.P.G.T.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM I503 03.82 (PC413)