

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication : **3 046 512**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)  
②① N° d'enregistrement national : **15 02752**  
⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **H 04 B 10/60** (2013.01), H 04 B 10/116, H 04 W 4/00

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ RECEPTEUR PHOTOVOLTAIQUE OPTIMISE POUR LA COMMUNICATION PAR LUMIERE CODEE.

②② Date de dépôt : 31.12.15.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 07.07.17 Bulletin 17/27.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 01.02.19 Bulletin 19/05.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SUNPARTNER TECHNOLOGIES*  
*Société par actions simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *ARRAZAT BRICE, BIALIC EMILIE et*  
*DE VECCHI SYLVAIN.*

⑦③ Titulaire(s) : *SUNPARTNER TECHNOLOGIES*  
*Société par actions simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : *GLOBAL INVENTIONS.*

**FR 3 046 512 - B1**



## Récepteur photovoltaïque optimisé pour la communication par lumière codée

### Domaine technique de l'invention

La présente invention se rapporte aux dispositifs de communication par lumière codée de type VLC (acronyme pour « Visible Light Communication ») aussi connue sous le nom de LiFi (acronyme de « Light-Fidelity » en terminologie anglo-saxonne) et plus particulièrement en rapport avec les performances du récepteur optique qui participe entre autre au débit de la communication.

### Etat de la technique

Les dispositifs de communication par la lumière codée (VLC ou LiFi) utilisent la lumière pour transmettre une information entre deux points distants. Un système de communication par la lumière codée est composé en général d'une source de lumière comprenant au moins une diode électroluminescente (communément désignée par son acronyme anglais « LED ») et un récepteur de lumière de type photorécepteur. La ou les LEDs peuvent posséder une double fonction, à la fois d'éclairage et de communication d'informations codées. Les LEDs peuvent être :

- des LEDs émettant une lumière blanche composées d'une puce bleue et associées à un luminophore,
- des LEDs émettant une couleur spécifique composée d'une ou de plusieurs puces de couleurs,
- des LEDs émettant dans l'infra-rouge ou l'ultra-violet de façon imperceptible à l'œil.

Les LEDs émettent un flux lumineux avec un spectre d'émission caractéristique, différent du spectre de la lumière naturelle. Les flux lumineux sont mesurés en Lux, mais pour faire la distinction avec la lumière naturelle, les flux lumineux des LEDs dont la lumière est codée sont dénommés Lux LiFi. Le Lux LiFi est donc l'unité de mesure du flux lumineux mesuré à partir d'un luxmètre lorsque la lumière utilisée est modulée et générée par des LEDs. Les niveaux d'éclairage qui sont utilisés pour les communications LiFi sont en général de trois types : Le « faible flux LiFi » qui est un flux lumineux inférieur à 400 Lux LiFi. Le « flux LiFi moyen » qui est un flux lumineux compris entre 400 et 10 000 Lux LiFi. Le « fort flux LiFi » qui est un flux lumineux supérieur à 10 000 Lux LiFi.

Les LEDs fournissent un signal lumineux dans les gammes de longueur d'onde du visible (LiFi), de l'infrarouge (IR) et de l'ultraviolet (UV), dont l'intensité est modulée en fonction de l'information à transmettre. L'émission des LEDs dans le spectre visible (LiFi) a l'avantage de permettre une double fonction à la fois d'éclairage et de transmission des données, et les caractéristiques physiques des LEDs permettent d'envisager des débits de l'ordre de quelques centaines de mégabits par seconde pour des systèmes dédiés.

La plupart des photo-détecteurs existants associés à un système de traitement de l'information permet d'analyser la variation de l'amplitude du signal lumineux reçu et d'en déduire l'information transmise. La plupart des surfaces photovoltaïques sont aussi des photorécepteurs qui

restituent les variations du signal optique reçu en variations du signal électrique généré.

D'une manière générale, les systèmes de réception LiFi reçoivent les lumières issues de toutes les directions de l'espace sans distinction, qu'il s'agisse de la lumière ambiante ou de la lumière modulée émise par les LEDs d'un émetteur LiFi. Mais un problème technique se pose alors car la plupart des photorécepteurs connus sont très sensibles à la lumière ambiante et saturent rapidement en présence d'un fort flux lumineux ambiant. De ce fait, ils ne permettent plus de retranscrire la variation de l'intensité lumineuse du signal LiFi lorsque la saturation s'installe. Ces photorécepteurs restent de très bons récepteurs tant que le flux LiFi n'est pas trop élevé (<5000 Lux) mais leurs performances en terme de vitesse de transmission (débit) décroissent rapidement au-dessus de 5000 Lux, ce qui nécessite la mise en œuvre de moyens de traitement de l'information et d'un calibrage automatique récurrent du canal de communication à partir de techniques d'apprentissage et d'adaptation dont les performances finales restent très limitées.

Une solution pour remédier à ce problème est, au niveau du détecteur, de « discriminer » la lumière issue des LEDs LiFi des autres sources de lumière ambiante afin d'augmenter le rapport signal/bruit du signal LiFi et par voie de conséquence d'augmenter et de stabiliser le débit de transmission. Des solutions de « discrimination » existent qui utilisent des lentilles, éventuellement des lentilles de Fresnel ou des éléments diffractifs optiques, qui concentrent la lumière codée issue des LEDs sur le photorécepteur afin d'augmenter le rapport signal/bruit du signal LiFi. Mais ces solutions « avec lentilles » obligent le photorécepteur à ne recevoir le signal codé qu'en provenance d'une seule direction, ce qui limite les applications à des dispositifs qui restent fixes.

### **But de l'invention**

L'invention a pour but principal d'améliorer le rapport signal/bruit d'une communication LiFi, même lorsque le photorécepteur reçoit en même temps une lumière ambiante non codée qui positionne ledit récepteur dans une plage de luminosité bien supérieure à 5000 Lux. Malgré cette réception d'une lumière intense, ledit photorécepteur devra maintenir sensiblement constant le SNR (rapport signal/bruit) même dans le cas de fortes variations de la luminosité ambiante. Le dispositif mettant en œuvre l'invention sera alors compatible avec des moyens de communication mobiles comme les téléphones portables, les GPS, les tablettes d'ordinateurs et d'une manière générale avec des dispositifs de communication LiFi placés dans tous types de véhicules de transport.

Dans le terme « rapport signal sur bruit » au sens de la présente invention, on définit le mot « bruit » par un bruit électronique associé au système de réception incluant le bruit électrique intrinsèque au photorécepteur. Ce bruit existe en l'absence de lumière non codée. On connaît le bruit "shot" ou bruit de grenaille (présent dans tout circuit électrique où le transfert d'énergie est décrit par des phénomènes quantiques), le bruit lié au courant dans une diode qui est dû à l'émission aléatoire des électrons par effet thermo-ionique et qui prend en particulier naissance dans la résistance de charge, le bruit photonique dû à la nature corpusculaire du rayonnement électromagnétique, et le bruit de Johnson ou bruit thermique dû aux mouvements aléatoires des

charges engendrées par la température.

## Résumé de l'invention

5 L'invention a pour objet un dispositif de communication par lumière codée dont la communication présente un rapport signal sur bruit initial noté SNR1, ce dispositif comprenant au moins :

- un récepteur de lumière de type photorécepteur comportant une anode et une cathode et présentant une résistance de shunt initiale de valeur Rsh1,
- 10 - une source de lumière codée porteuse d'un signal,
- une source de lumière non codée,
- ledit dispositif étant caractérisé en ce que lesdites anode et cathode sont court-circuitées

par au moins une résistance de court-circuit de valeur Rsh2, choisie de manière que la nouvelle valeur de la résistance de shunt dudit photorécepteur, notée Rsh3 et résultant de la connexion de la résistance de shunt initiale Rsh1 et de la résistance de court-circuit, est inférieure à la valeur 15 initiale Rsh1, et en ce que le nouveau rapport signal sur bruit résultant, noté SNR2, dudit dispositif de communication pourvu de la résistance de court-circuit, reste sensiblement égal au rapport signal sur bruit initial SNR1, même lors de l'augmentation de l'intensité de ladite lumière non codée.

La source de lumière codée peut être codée soit en amplitude ou en phase dans le cas 20 d'une source cohérente, soit par la variation de son intensité lumineuse dans le cas d'une source incohérente.

La plupart des photorécepteurs (non photovoltaïques) connus sont très sensibles à la lumière ambiante, et saturent rapidement en présence d'un fort flux lumineux ambiant. De ce fait, ils ne permettent pas de retranscrire la variation de l'intensité lumineuse du signal LiFi lorsque la 25 saturation s'installe. Néanmoins, ces photorécepteurs connus sont souvent de très bons récepteurs tant que le flux LiFi n'est pas trop élevé (<5000 Lux).

Le dispositif selon l'invention comprend un photorécepteur qui peut être un module composé d'au moins une cellule photovoltaïque qui génère une tension électrique significative à partir d'un rayonnement lumineux, et qui permet de réceptionner un signal LiFi même dans un 30 environnement à fort flux lumineux ambiant, et cela sans que le phénomène de saturation précité ne s'installe. Ledit module photovoltaïque est capable de réceptionner un signal LiFi issu d'une source LiFi placée à l'extérieur en présence d'un rayonnement solaire sans engendrer de perturbation au niveau de la réception, contrairement aux autres photorécepteurs. En effet ledit dispositif présente une caractéristique particulière qui est que pour un niveau d'éclairage LiFi 35 donné, il existe une valeur de résistance interne (résistance de shunt Rsh2) dudit module qui stabilise le SNR et rend la photo-détection insensible à l'augmentation du flux lumineux ambiant.

Le photorécepteur selon l'invention présente la caractéristique d'un rapport signal sur bruit stable (SNR1 sensiblement égal à SNR2). Pour un niveau de Lux LiFi donné, lorsqu'on augmente

ou diminue le niveau de Lux ambiant dans une gamme de niveaux d'éclairage définie (fonction desdits récepteurs photovoltaïques), le SNR varie peu selon la bande de fréquences utile, c'est-à-dire que les variations du niveau de SNR dans la bande de fréquences donnée restent inférieures à 5%.

5 En conséquence, le récepteur optique photovoltaïque, qui fait partie de l'invention, permet d'optimiser la communication optique indépendamment de l'environnement lumineux ambiant. Ledit récepteur photovoltaïque fonctionne sans détérioration de la communication, c'est-à-dire sans baisse de débit, lorsqu'il travaille en faible lumière ambiante (c'est le cas d'un environnement intérieur par exemple de l'ordre de 400 Lux LiFi) ou en forte lumière ambiante (environnement  
10 extérieur, par exemple de l'ordre de 50 000 Lux).

La stabilité du SNR du dispositif facilite la mise en œuvre des moyens de traitement de l'information, permet de s'affranchir d'un calibrage automatique récurrent et donc de techniques d'apprentissage de canal et d'adaptation de canal. Le moyen de traitement de l'information peut alors s'affranchir de l'étape d'adaptation de canal.

15 Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, le photorécepteur est une cellule photovoltaïque de tout type comme par exemple une cellule de type silicium cristallin, ou silicium amorphe ou un empilement de couches minces photosensibles. La structure interne de la cellule photovoltaïque peut être très diverse, mais dans tous les cas la résistance interne de shunt ( $R_{sh1}$ ) reste une caractéristique intrinsèque à chaque cellule. C'est cette résistance de shunt initiale ( $R_{sh1}$ )  
20 qui est abaissée vers une nouvelle valeur inférieure ( $R_{sh3}$ ) par un shunt ( $R_{sh2}$ ) comme le prévoit la présente invention.

Selon un autre mode de réalisation particulier, ledit photorécepteur est semi-transparent et est composé d'un réseau de cellules photovoltaïques selon les caractéristiques de l'invention, ces cellules étant espacées les unes des autres par des zones de transparence. La taille desdites  
25 cellules peut être inférieure à 100 microns ce qui rend ledit récepteur semi-transparent et d'apparence uniforme sans que le pouvoir séparateur de l'œil ne permette de distinguer les cellules individuellement.

Dans le mode de réalisation précédent, toutes les cellules photovoltaïques ont leur résistance de shunt  $R_{sh1}$  qui a été abaissée par un shunt  $R_{sh2}$  afin d'optimiser les performances de  
30 réception et de vitesse de transmission de l'information LiFi notamment en lumière intense. Pour réaliser cette adaptation de shunt, il est possible de limiter le nombre de cellules « shuntées » afin de s'approcher de la valeur idéale de fonctionnement. Pour cela la résistance de court-circuit  $R_p$  n'est positionnée que sur une proportion P% de cellules photovoltaïques dudit réseau de cellules de sorte que la résistance de shunt globale ( $R_{sh3}$ ) du photorécepteur sera en rapport avec cette dite  
35 proportion de P%.

La réalisation dudit court-circuit de valeur  $R_p$  entre la cathode et l'anode des cellules peut se faire de différentes manières, selon les types de cellules utilisés, notamment cette jonction électrique peut être de type filaire ou de type surface imprimée, et peut être composée de tous types

de matériaux conducteurs ou semi-conducteurs.

Dans d'autres modes de réalisation, ledit dispositif de communication reçoit également de la lumière ambiante non codée qui peut être de la lumière naturelle (solaire) ou une lumière artificielle issue de tous types de lampe comme par exemple des LED ("Light Emissive Diode"), des tubes  
5 Fluorescents, des lampes à incandescence ou à vapeur de Sodium.

Afin d'augmenter l'intensité de la lumière codée qui est reçue par ledit récepteur, un mode particulier de réalisation (non illustré) comprend des lentilles optiques convergentes ou des éléments diffractifs par exemple permettant de concentrer la lumière entre la source de la lumière codée et la surface active dudit photorécepteur.

10 Dans un autre mode de réalisation, les lentilles ou éléments optiques diffractifs sont positionnés entre les cellules photovoltaïques et une image électronique placée derrière le photorécepteur qui est semi-transparent. Les lentilles, dans ce mode particulier de réalisation, concentrent la lumière des images électroniques au travers des espaces de transparence situés entre les cellules, ce qui rend l'image visible au travers dudit photorécepteur.

15 Comme ledit dispositif de communication par lumière codée est apte à fonctionner en lumière solaire extérieure, la présente invention a également pour objet tous types d'appareils mobiles qui intègrent le dispositif de communication selon l'invention, comme par exemple les téléphones portables ou les GPS (Sigle de "Global Positioning System").

20 Comme ledit dispositif de communication par lumière codée est apte à fonctionner avec un récepteur semi-transparent, la présente invention a également pour objet tous types de surfaces semi-transparentes qui intègrent le dispositif de communication selon l'invention, comme par exemple les vitres pour tous les types de bâtiments, les vitres pour tous les types de véhicules de transport ou pour tous les types d'écrans à affichage électronique.

## 25 Description détaillée

L'invention sera mieux comprise à l'aide de sa description détaillée, en relation avec les figures 1 à 8 annexées.

La figure 1 représente les différents composants du dispositif de communication

30 La figure 2 est une représentation modélisée sous forme de schéma électrique équivalent du comportement d'un photorécepteur classique.

La figure 3 est une représentation modélisée sous forme de schéma électrique équivalent du comportement du photorécepteur selon l'invention.

La figure 4 est un graphique qui met en évidence l'atténuation du signal LiFi d'un photorécepteur classique en présence d'une lumière ambiante intense.

35 La figure 5 est un graphique qui représente la diminution du SNR d'un photorécepteur classique en présence d'une lumière intense.

La figure 6 est un graphique qui montre la stabilité du SNR même en présence de différentes lumières ambiantes intenses dans le cas d'un photorécepteur selon l'invention.

La figure 7 est une représentation schématique en trois dimensions d'une cellule photovoltaïque en silicium cristallin et de la position d'un court-circuit selon l'invention.

La figure 8 est une représentation schématique en trois dimensions d'une cellule photovoltaïque en silicium amorphe (couche mince) et de la position d'un court-circuit selon l'invention.

En référence à la Figure 1, le dispositif de communication par lumière codée selon l'invention comprend :

- un récepteur de lumière de type photorécepteur (2) dont la valeur de sa résistance de shunt est diminuée par la pose d'un court-circuit (6) de résistance non nulle entre son anode (5) et sa cathode (4).
- une source de lumière (1) codée porteuse d'un signal.
- une source de lumière non codée (3) dont une partie de sa lumière éclaire ledit photorécepteur (2), cette lumière non codée (3) peut être de la lumière solaire naturelle ou une lumière artificielle.

Le photorécepteur (2) reçoit donc à la fois de la lumière codée (1) et de la lumière non codée (3). On peut montrer que la qualité de la réception du signal dépend de plusieurs facteurs dont le rapport entre l'intensité du signal et l'intensité de la lumière non codée (3), et d'une manière plus générale entre l'intensité du signal et l'intensité du « bruit » de fond qui peut être de nature électronique et/ou optique. Le SNR d'une communication (rapport signal sur bruit) est représentatif de la qualité de la communication et de ses limites notamment en terme de débit de transmission.

Les figures 2 et 3 sont des représentations modélisées d'un photorécepteur.

La figure 2 représente la modélisation sous forme de schéma électrique équivalent d'un photorécepteur classique qui se comporte comme la mise en parallèle d'un générateur d'électricité (7), d'une diode (8) et d'une résistance de shunt ( $R_{sh1}$ ) qui est intrinsèque au composant. Une résistance série ( $R_s$ ) met ledit photorécepteur en connexion avec une charge résistive externe ( $R_c$ ) aux bornes de laquelle apparaît une différence de potentiel ( $U$ ) qui est proportionnelle à l'intensité lumineuse globale (1 et 3) reçue par le photorécepteur (2).

La figure 3 représente la modélisation sous forme de schéma électrique équivalent d'un photorécepteur selon l'invention qui comprend, en plus des éléments classiques d'un photorécepteur (Figure 2), un court-circuit  $R_p$  de résistance non nulle ( $R_{sh2}$ ) positionné en parallèle de la résistance de shunt ( $R_{sh1}$ ) du photorécepteur. Le résultat de ce court-circuit est qu'il abaisse la résistance de shunt globale (notée  $R_{sh3}$ ) du photorécepteur (2).

La figure 4 représente la variation de l'intensité d'un signal reçu par un photorécepteur classique en fonction de sa fréquence d'émission (jusqu'à 1.4 Méga Hertz) dans le cas (courbe 9) d'une réception d'une lumière LiFi émise à 6600 Lux, sans lumière non codée, et dans le cas (courbe 10) d'une réception de la même lumière codée LiFi à 6600 Lux mais avec en plus une lumière non codée de 36000 Lux. On remarque bien une atténuation générale du signal LiFi due à la présence (réception complémentaire) d'une lumière ambiante non codée (3).

La figure 5 reprend le même mode opératoire que celui de la figure 4, c'est-à-dire une

réception LiFi à 6600 Lux (courbe 11) et une réception LiFi à 6600 Lux plus une lumière ambiante de 36000 Lux (courbe 12) sur un photorécepteur classique. Les deux courbes 11 et 12 représentent la variation du SNR (dB) en fonction de la fréquence de transmission (jusqu'à 1.4 Méga Hertz).

Comme dans le cas de la figure 4, on remarque bien une atténuation de la qualité de la transmission lors de la présence (réception complémentaire) d'une lumière ambiante non codée (3).

La figure 6 contient quatre courbes (13,14,15,16) représentatives de l'évolution du SNR (dB) en fonction de la fréquence de transmission (jusqu'à 5.5 Méga Hertz) et en fonction de quatre niveaux d'éclairement complémentaire reçus par un photorécepteur (2) selon l'invention, c'est-à-dire un photorécepteur dont la résistance de shunt a été abaissée par un court-circuit résistif d'une valeur non nulle. La valeur de l'intensité du flux LiFi est identique pour les quatre courbes et vaut 750 Lux. La valeur de l'intensité lumineuse non codée (3) complémentaire pour chaque courbe est la suivante : courbe 13 = 0 Lux ; courbe 14 = 6000 Lux ; courbe 15 = 17000 Lux; courbe 16 = 32000 Lux.

On remarque alors que contrairement aux figures 4 et 5 précédentes, les courbes 13, 14, 15 et 16 ont sensiblement la même forme et la même amplitude, ce qui signifie qu'on est en présence d'un SNR stable quelle que soit l'intensité de la lumière non codée (3) qui vient s'ajouter à la lumière codée LiFi.

La figure 7 représente une cellule photovoltaïque (C1) utilisée comme photorécepteur (2) dans le dispositif de communication selon l'invention. La cellule photovoltaïque (C1) est composée d'une feuille de silicium cristallin dopé (17) sur une face de laquelle est déposée une grille de collecte électronique (anode,18) et sur l'autre face de laquelle est déposée une couche mince d'aluminium (19) qui fait office de cathode pour la cellule (C1). Entre les deux faces (18 et19) est créé un court-circuit (20) résistif qui abaisse la valeur de la résistance de shunt de la cellule photovoltaïque (C1). Ce court-circuit (20) peut être réalisé de différentes manières, comme par exemple : réaliser une ou plusieurs jonctions filaires de faible diamètre entre l'anode et la cathode en périphérie de la cellule (sur les bords), ou bien réaliser le perçage d'un ou plusieurs trous ou vias (20b) au travers de la cellule par un procédé Laser qui permet de déposer sur les parois du trou un matériau conducteur qui crée une conduction électrique entre l'anode et la cathode.

La figure 8 représente un module photovoltaïque (C2) utilisée comme photorécepteur (2) dans le dispositif de communication selon l'invention. Ledit module photovoltaïque C2 est composé d'un substrat transparent (25), de préférence en verre, sur lequel est déposée une couche mince transparente conductrice de ZnO (22), puis sur celle-ci une couche mince active de silicium amorphe (23), puis enfin sur celle-ci une couche mince d'aluminium (24). Ledit module est structuré par un faisceau Laser de manière à créer par ablation un réseau de zones de transparence (21a, 21b) et un réseau de cellules (S1, S2, S3) interconnectées électriquement entre elles en mode série grâce à des séparations (P1) à la surface de l'anode, des séparations (P3) à la surface de la cathode, et des jonctions électriques (P2) entre l'anode et la cathode au niveau de deux cellules contiguës. Cette structure, connue de l'homme de métier, fait apparaître pour chaque cellule (S1, S2, S3) dudit

module photovoltaïque (C2) une résistance de shunt interne (non illustrée) sensiblement égale pour toutes lesdites cellules. Afin d'optimiser ce photorécepteur pour la communication en mode LiFi et en extérieur, c'est-à-dire en présence d'une lumière solaire, certaines cellules contiguës sont court-circuitées (par exemple S1 et S2) par un court-circuit (26) entre les deux anodes ou entre les deux cathodes desdites cellules (S1, S2) de manière à faire baisser la résistance de shunt globale du module photovoltaïque.

En effet, comme les cellules sont couplées en mode série, la résistance de shunt dudit module est la somme des résistances de shunt de toutes les cellules individuelles et le fait de baisser la résistance de shunt d'un certain pourcentage desdites cellules, fait baisser la résistance de shunt dudit module du même pourcentage. Les court-circuits peuvent être réalisés par exemple en faisant fondre localement la couche mince d'aluminium (24) au niveau d'un certain nombre de séparations entre cathodes (P3) par exemple en utilisant les propriétés d'un faisceau Laser thermique.

### **Avantages de l'invention**

En définitive l'invention répond bien aux buts fixés en permettant de stabiliser le rapport signal/bruit (SNR) d'un dispositif de communication par lumière codée (LiFi), même lorsque le photorécepteur de ce dispositif reçoit en même temps une lumière ambiante non codée dont la luminosité est supérieure à 5000 Lux, ce qui rend alors le dispositif compatible avec des moyens de communication mobiles en extérieur comme les téléphones portables, les GPS, les tablettes d'ordinateurs et d'une manière générale avec tous les types de véhicules de transport.

**REVENDEICATIONS**

- 5    **1** – Dispositif de communication par lumière codée dont la communication présente un rapport signal sur bruit initial noté  $SNR_1$ , ce dispositif comprenant au moins un récepteur de lumière de type photorécepteur (2) comportant une anode (18 ou 22) et une cathode (19 ou 24) et présentant une résistance de shunt initiale de valeur  $R_{sh1}$ , intrinsèque audit récepteur, ce récepteur étant susceptible d'être exposé simultanément à une source de lumière (1) codée porteuse d'un signal, et
- 10    à une source de lumière non codée (3),  
caractérisé en ce que lesdites anode (18 ou 22) et cathode (19 ou 24) sont court-circuitées à l'intérieur du photorécepteur (2) par au moins une résistance de court-circuit ( $R_p$ , 20 ou 26), de valeur  $R_{sh2}$  choisie de manière que la nouvelle valeur de la résistance de shunt dudit photorécepteur (2, C1, C2) notée  $R_{sh3}$  et résultant de la connexion de la résistance de shunt initiale  $R_{sh1}$  intrinsèque
- 15    et de la résistance de court-circuit ( $R_p$ , 20 ou 26) soit telle que le nouveau rapport signal sur bruit résultant  $SNR_2$  dudit dispositif de communication pourvu de la résistance de court-circuit ( $R_p$ ; 20, 26) reste sensiblement égal au rapport signal sur bruit initial  $SNR_1$ , indépendamment de l'intensité de ladite lumière non codée (3).
- 20    **2** - Dispositif de communication par lumière codée selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite source de lumière (1) codée est codée soit en amplitude ou en phase dans le cas d'une source cohérente, soit par la variation de son intensité lumineuse dans le cas d'une source incohérente.
- 25    **3** – Dispositif de communication par lumière codée selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que ledit photorécepteur (2) est une cellule photovoltaïque (C1 ou C2) qui peut être de tous types, par exemple de type silicium cristallin, ou silicium amorphe ou un empilement de couches minces photosensibles.
- 30    **4** – Dispositif de communication par lumière codée selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit photorécepteur (2) est semi-transparent (C2) et est composé d'un réseau de cellules photovoltaïques (S1, S2, S3) espacées par des zones de transparence (21a, 21b).
- 35    **5** – Dispositif de communication par lumière codée selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite résistance de court-circuit ( $R_p$ , 26) n'est positionnée que sur une proportion de P% des cellules photovoltaïques (S1, S2) dudit réseau de cellules, de sorte que la résistance de shunt globale du photodétecteur (C2) est en rapport avec cette dite proportion P%.
- 6 – Dispositif de communication par lumière codée selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la résistance de court-circuit ( $R_p$ ) est une jonction de type filaire ou une surface

imprimée, ladite jonction étant composée de tous types de matériaux conducteurs ou semi-conducteurs.

5 **7** – Dispositif de communication par lumière codée selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit photorécepteur (2) comprend en outre au moins une lentille optique ou un élément optique diffractif ou non, apte à concentrer un rayonnement lumineux sur ou entre des surfaces actives dudit photorécepteur (2)

10 **8** – Appareil, caractérisé en ce qu'il intègre un dispositif de communication par lumière codée selon l'une quelconque des revendications précédentes, comme par exemple un téléphone portables ou un dispositif GPS.

15 **9** – Surface semi-transparente, caractérisée en ce qu'elle intègre un dispositif de communication selon la revendication 4, comme par exemple une vitre de de bâtiment, une vitre de véhicules de transport, ou tout type d'écran à affichage électronique.

20

25

30

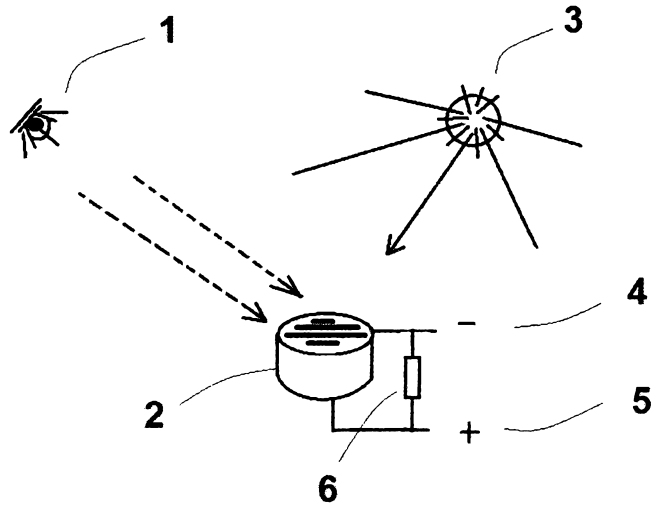


Figure 1

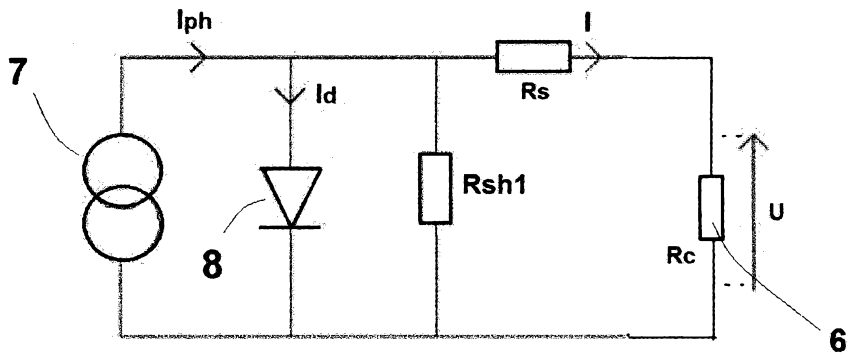


Figure 2

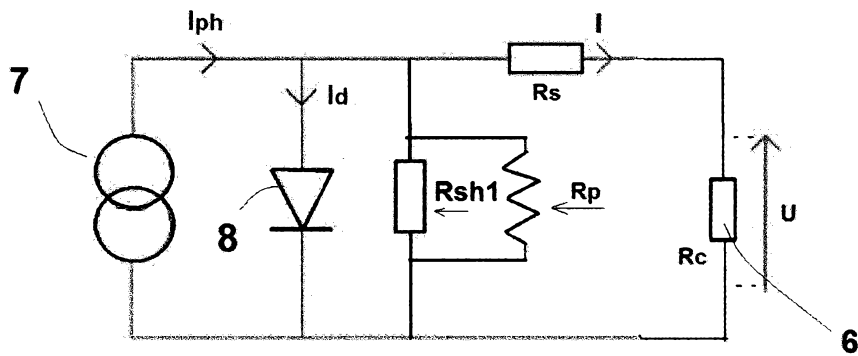


Figure 3

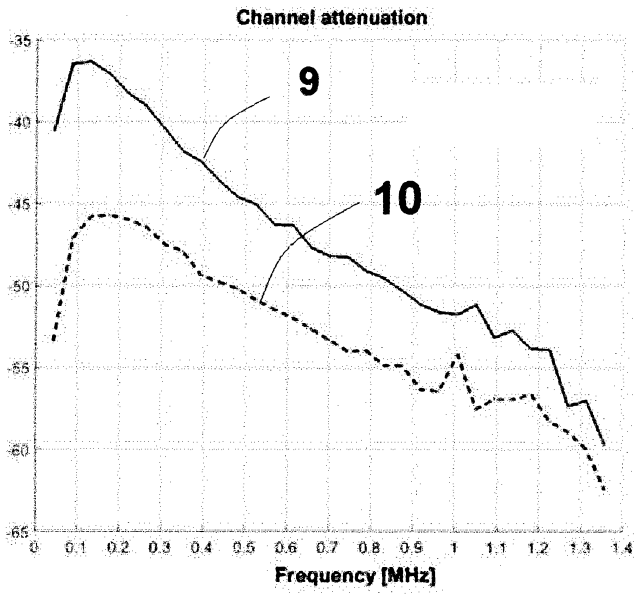


Figure 4

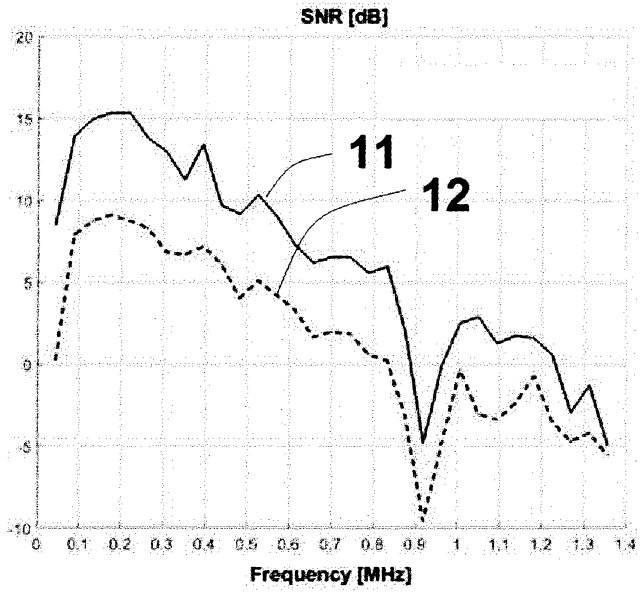


Figure 5

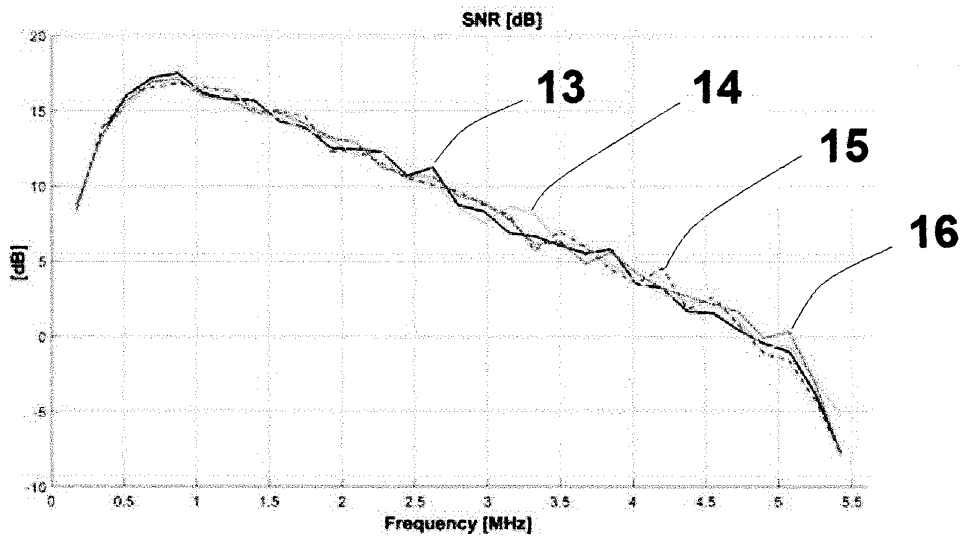


Figure 6

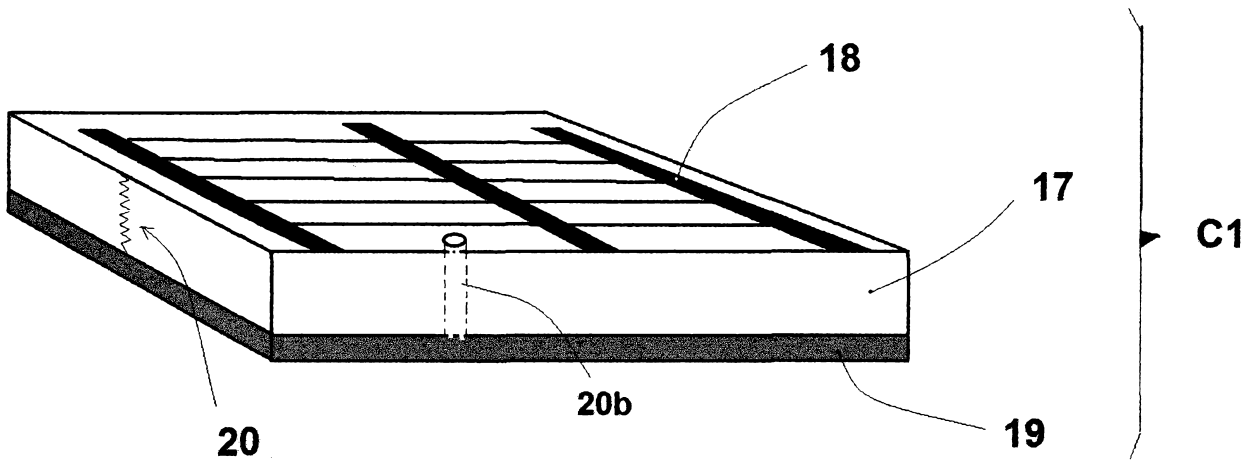


Figure 7

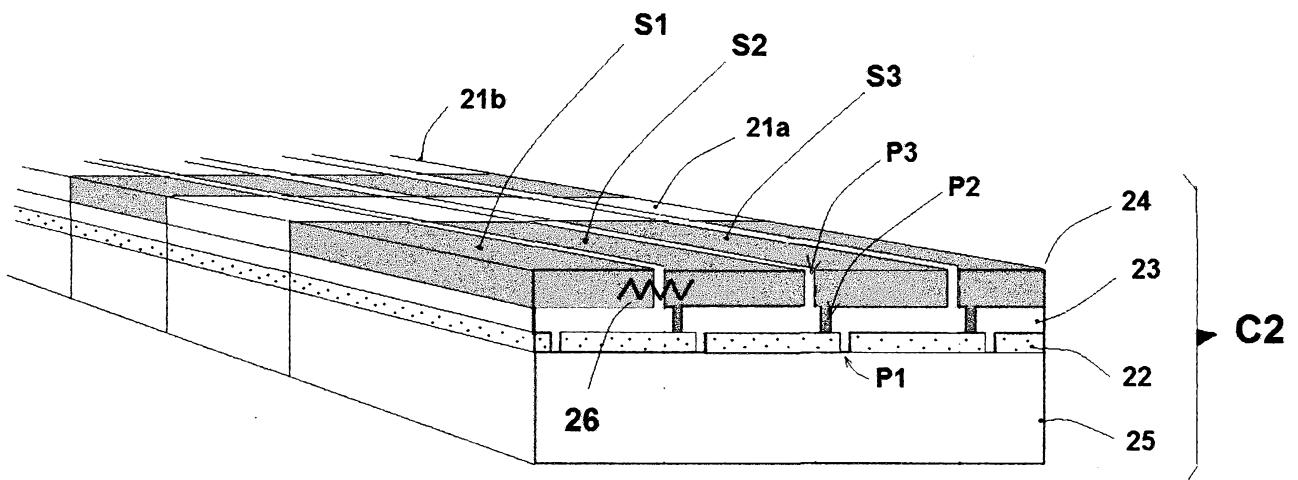


Figure 8

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.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'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT 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 CITÉS DANS LE PRÉSENT 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 2015/162984 A1 (LIU RUOPENG [CN] ET AL)  
11 juin 2015 (2015-06-11)

US 2012/112046 A1 (NAKAMURA KOUSUKE [JP] ET AL)  
10 mai 2012 (2012-05-10)

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

NEANT

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

NEANT