

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
12 juin 2014 (12.06.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale

WO 2014/087103 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01N 21/35 (2014.01) G01N 21/31 (2006.01)
G01N 21/27 (2006.01)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/052941

(22) Date de dépôt international :
4 décembre 2013 (04.12.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1261758 7 décembre 2012 (07.12.2012) FR
1261757 7 décembre 2012 (07.12.2012) FR

(71) Déposant : SP3H [FR/FR]; Bâtiment Laennec - BP 40022, Domaine du Petit Arbois, F-13545 Aix-en-Provence Cedex 4 (FR).

(72) Inventeurs : OBERTI, Sylvain; 61 Cours Franklin Roosevelt, F-13004 Marseille (FR). FOURNEL, Johan; 168 Chemin de Canto Plourou, F-84440 Robion (FR).

(74) Mandataires : DE ROQUEMAUREL, Bruno et al.; Cabinet Omnipat, 24 Place des Martyrs de la Résistance, F-13100 Aix en Provence (FR).

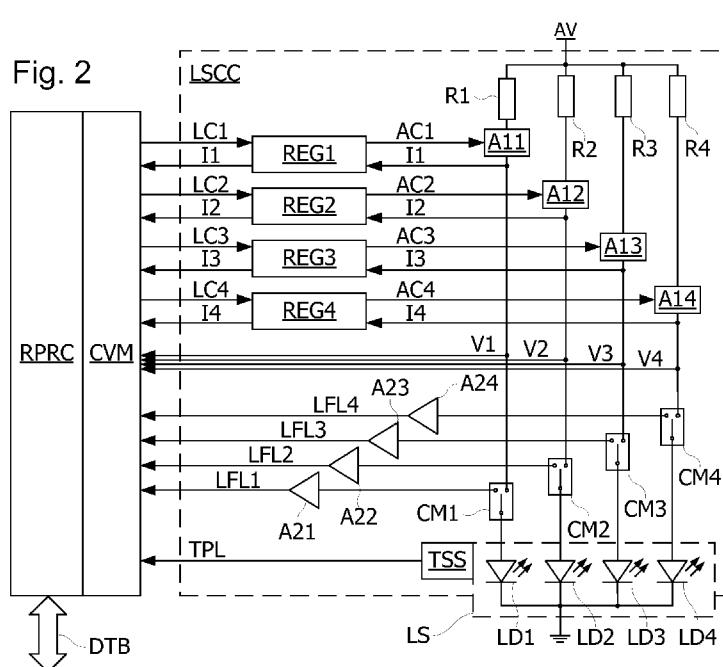
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : ONBOARD DEVICE AND METHOD FOR ANALYZING FLUID IN A HEAT ENGINE

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF EMBARQUE D'ANALYSE DE FLUIDE DANS UN MOTEUR THERMIQUE



(57) Abstract : The invention relates to a method of controlling a product analysis spectrometer, the spectrometer comprising a light source (LS) comprising several light-emitting diodes (LD1-LD4) having respective emission spectra covering in combination a band of analysis wavelengths, the method comprising steps consisting in: providing a supply current (I1-I4) to at least one of the light-emitting diodes so as to illuminate it, measuring a luminous intensity (LFL1- LFL4) emitted by the light source by measuring a current at a terminal of at least one other of the light-emitting diodes which is kept unlit, determining as a function of each measurement of luminous intensity a setpoint value (LC1-LC4) of the supply current for each lit diode, and regulating the supply current for each lit diode so that it corresponds to the setpoint value.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de commande d'un spectromètre d'analyse d'un produit, le spectromètre comprenant une source

[Suite sur la page suivante]



de lumière (LS) comportant plusieurs diodes électroluminescentes (LD1-LD4) ayant des spectres d'émission respectifs couvrant en combinaison une bande de longueurs d'onde d'analyse, le procédé comprenant des étapes consistant à: fournir un courant d'alimentation (I1-I4) à au moins une des diodes électroluminescentes pour l'allumer, mesurer une intensité lumineuse (LFL1- LFL4) émise par la source de lumière en mesurant un courant à une borne d'au moins une autre des diodes électroluminescentes maintenue éteinte, déterminer en fonction de chaque mesure d'intensité lumineuse, une valeur de consigne (LC1-LC4) du courant d'alimentation de chaque diode allumée, et réguler le courant d'alimentation de chaque diode allumée pour qu'il corresponde à la valeur de consigne.

PROCEDE ET DISPOSITIF EMBARQUE D'ANALYSE DE FLUIDE DANS UN MOTEUR THERMIQUE

La présente invention concerne l'analyse de fluides par spectrométrie. La présente invention s'applique notamment mais non exclusivement à l'analyse de fluides dans un moteur thermique, et en particulier à l'analyse des hydrocarbures utilisés comme carburant d'un tel moteur. Cette analyse concerne tous les moteurs thermiques, que ce soit ceux utilisés dans les transports terrestres, maritimes et aériens, les moteurs militaires ou les moteurs stationnaires.

Le durcissement des normes environnementales impose aux différents constructeurs ou utilisateurs de moteurs thermiques de rechercher des gains de consommation de carburant et de réduction des émissions polluantes des moteurs. Or il s'avère que certaines caractéristiques du carburant comme sa composition, ont une influence directe sur les performances et le bon fonctionnement des moteurs thermiques. Il s'avère également que certaines de ces caractéristiques sont particulièrement variables en ce qui concerne les carburants à base d'hydrocarbures, notamment en fonction de la provenance du carburant. On estime en effet que certaines caractéristiques comme la composition des carburants à base d'hydrocarbures, peuvent varier de 15 à 40% ou davantage. Or la connaissance de ces caractéristiques permet de déterminer certains paramètres de réglage du moteur afin de réduire la consommation et les émissions polluantes du moteur. De plus, la connaissance qualitative du carburant peut aussi permettre de détecter des pollutions ou anomalies de ce carburant et ainsi de prévenir des dommages sur le moteur ou le véhicule en général.

Il est donc souhaitable d'analyser les caractéristiques comme la composition du carburant alimentant un moteur thermique, et de tenir compte des résultats obtenus pour ajuster des paramètres de fonctionnement du moteur. A cet effet, la spectrométrie proche infrarouge (de 700 à 2500 nm) s'avère adaptée à l'analyse d'hydrocarbures ou de mélanges d'hydrocarbures.

Un capteur basé sur le principe de la spectrométrie notamment en proche infrarouge, comprend généralement un spectromètre et un calculateur de traitement de données permettant de transformer les signaux de sortie bruts (spectre brut) du spectromètre en information qualitative sur 5 le produit à mesurer. Le spectromètre comprend une source de lumière qui couvre au moins une bande de longueurs d'ondes dans laquelle l'analyse doit être effectuée, une cellule de mesure dans laquelle interagissent la lumière produite par la source de lumière et le produit à analyser, et un capteur qui fournit un spectre de la lumière en sortie de la cellule de mesure. 10 Le spectromètre peut mesurer le spectre du produit à analyser en transmission, en réflexion ou en absorbance d'un faisceau de lumière émis par la source de lumière. Un spectromètre est caractérisé principalement par sa gamme d'analyse spectrale (largeur et position du spectre généré), sa finesse d'analyse ou le nombre de points de mesure constituant le spectre 15 généré, et sa précision de mesure.

Les spectromètres actuels, généralement conçus pour les laboratoires ou des applications industrielles complexes et coûteuses, ne sont donc guère adaptés à l'environnement d'un moteur thermique, et en particulier à celui de l'automobile, où ils peuvent subir des vibrations 20 intenses et des températures extrêmes. En plus de leur grande complexité, de leur coût élevé, de leur encombrement relativement important, et de la nécessité de maintenance, ces appareils nécessitent de nombreux composants optiques imposant de sévères contraintes d'alignement, de manipulation et de stockage.

Il est donc souhaitable de réaliser un spectromètre qui soit 25 compatible avec une production en grande série, à un coût adapté à celui des composants automobiles, et qui soit adapté à l'environnement automobile. A cet effet, l'usage d'une ou plusieurs diodes électroluminescentes (LED) comme source de lumière apparaît 30 particulièrement adapté.

Toutefois, il s'avère que le spectre mesuré, qui est caractéristique de la qualité et/ou de la composition du produit à analyser, se trouve affecté par des facteurs extérieurs, comme la température, ainsi que par les caractéristiques du spectre du faisceau lumineux interagissant avec le 35 produit à analyser. Or les diodes LED vieillissent, si bien que leur spectre d'émission varie dans le temps comme exposé dans l'article du LED Journal "LED lighting Life Prediction" de Jianzhong Jiao, Ph.D., Director of

Regulations & Emerging Technologies, Osram Opto Semiconductors, Inc., Oct. 2009. En outre, il est connu et démontré que la spectrométrie en proche infrarouge en général est sensible à la température (comme exposé par exemple dans la publication "On-line monitoring of batch cooling crystallization of organic compounds using ATR-FTIR spectroscopy coupled with an advanced calibration method" - Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 96 (2009) 49–58, Zeng-Ping Chen, Julian Morris, Antonia Borissova, Shahid Khan, Tariq Mahmud, Rado Penchev, Kevin J. Roberts). La spectrométrie en proche infrarouge utilisant une source de lumière à base de diode LED s'avère donc particulièrement sensible à la température. En effet, le spectre d'émission d'une diode LED varie de manière significative autant en intensité qu'en décalage de longueur d'onde d'un pic maximum, lorsque la température varie de quelques degrés seulement, comme en atteste la publication "Temperature Dependence Of LED and its Theoretical Effect on Pulse Oximetry", British Journal of Anaesthesia, 1991, Vol.67, No 5 638-643 (K. J. Reynolds, B.A., M.SC., J. P. De Kock, B.A., L. Tarassenko, M.A., D.PHIL., C.EKG., M.I.E.E. and J. T. B. Moyle, M.B., B.S., I.ENG., M.rNST.M.c, M.I.ELEC.I.E.).

Or un capteur associé à un moteur thermique, embarqué notamment dans un véhicule doit pouvoir fonctionner dans une gamme de température très large (selon l'application, les standards actuels imposent une gamme de température allant de -40°C jusqu'à +105°C, voire jusqu'à +150°C). Par ailleurs, les capteurs embarqués sont censés garantir une longue durée de vie (en fonction de l'application, les standards actuels imposent quelques milliers d'heures à plusieurs dizaines de milliers d'heures). Il est donc crucial pour assurer le bon fonctionnement du spectromètre de pouvoir gérer en temps réel l'influence de la température et du vieillissement de la source de lumière pour assurer une détermination qualitative du produit à analyser qui soit précise et robuste.

Il est donc également souhaitable de réaliser un spectromètre présentant un signal spectral stable, et un rapport signal/bruit le plus constant possible, et ceci dans une large plage de variation de la température ambiante et sur une longue durée de fonctionnement.

Des modes de réalisation concernent un procédé de commande d'un spectromètre d'analyse d'un produit, le spectromètre comprenant une source de lumière comportant plusieurs diodes électroluminescentes ayant des spectres d'émission respectifs couvrant en combinaison une bande de

longueurs d'onde d'analyse, le procédé comprenant des étapes consistant à : fournir un courant d'alimentation à au moins une des diodes électroluminescentes pour l'allumer, et mesurer une intensité lumineuse émise par la source de lumière en mesurant un courant à une borne d'au 5 moins une autre des diodes électroluminescentes maintenue éteinte, déterminer en fonction de chaque mesure d'intensité lumineuse, une valeur de consigne du courant d'alimentation de chaque diode allumée, et réguler le courant d'alimentation de chaque diode allumée pour qu'il corresponde à la valeur de consigne.

10 Selon un mode de réalisation, le procédé comprend des étapes d'allumage successif de groupes d'au moins une diode électroluminescente, les diodes d'un groupe ayant des spectres d'émission sensiblement identiques, tandis que d'autres diodes électroluminescentes sont maintenues éteintes, de mesure d'une intensité lumineuse par chacune des 15 autres diodes électroluminescentes maintenues éteintes, et d'ajustement en fonction de chaque mesure d'intensité lumineuse obtenue, de la valeur de consigne de courant d'alimentation de la diode allumée.

20 Selon un mode de réalisation, le procédé comprend des étapes consistant à : déterminer en fonction des mesures d'intensité lumineuse une valeur de durée d'intégration de cellules photosensibles d'un capteur du spectromètre, disposées sur un trajet d'un faisceau lumineux émis par la source de lumière et ayant interagi avec un produit à analyser, et si la valeur de durée d'intégration et/ou la valeur de consigne de courant d'alimentation de chaque diode allumée est comprise entre des valeurs de seuil, fournir à 25 chaque diode allumée un courant d'alimentation réglé en fonction de la valeur du courant de consigne d'alimentation, ajuster la durée d'intégration de chaque cellule photosensible à la valeur déterminée de durée d'intégration, et acquérir au moyen de chaque cellule du capteur des mesures d'intensité lumineuse permettant de former un spectre.

30 Selon un mode de réalisation, de nouvelles valeurs de consigne de courant d'alimentation de chaque diode allumée et/ou de durée d'intégration de chaque cellule sont déterminées et un courant d'alimentation correspondant à la valeur déterminée de consigne de courant d'alimentation est fourni à chaque diode électroluminescente allumée, tant que la valeur

déterminée de durée d'intégration n'est pas comprise entre les valeurs de seuil.

Selon un mode de réalisation, la consigne de courant d'alimentation de chaque diode électroluminescente allumée est ajustée aussi en fonction 5 d'une mesure d'intensité lumineuse fournie par une photodiode de la source de lumière, et/ou d'une mesure de la température de la source de lumière, et/ou une mesure d'intensité ou de tension d'alimentation de chaque diode allumée.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend des étapes de 10 test d'autodiagnostic comprenant au moins l'une des comparaisons suivantes : des comparaisons pour déterminer si les mesures d'intensité lumineuse, et/ou des mesures de courant d'alimentation fourni à la diode allumée, et/ou des mesures de température de la source lumineuse sont cohérentes entre elles et avec chaque valeur de consigne de courant 15 d'alimentation de diode électroluminescente allumée, des comparaisons de la valeur de consigne de courant d'alimentation fourni à chaque diode électroluminescente allumée à des valeurs minimum et maximum, et si l'une des comparaisons révèle un défaut, le spectromètre est passé dans un mode de fonctionnement dégradé ou de défaut.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend une étape de 20 correction des mesures d'intensité lumineuse tenant compte d'un écart de la température du produit à analyser et/ou de la température du capteur avec une température de référence, de manière à obtenir des mesures d'intensité lumineuse corrigées résultant de mesures effectuées à la température de 25 référence, les mesures corrigées formant un spectre corrigé).

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend des étapes d'obtention d'un spectre corrigé pour chaque diode électroluminescente, et de sommation des spectres corrigés obtenus en appliquant des coefficients de pondération, pour obtenir un spectre résultant), et éventuellement de 30 calcul d'une moyenne de plusieurs des spectres résultants le nombre de spectres moyennés pouvant dépendre d'un mode de fonctionnement, normal ou dégradé, du spectromètre.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte une calibration du spectromètre, comprenant : des étapes de détermination de valeurs 35 minimum et maximum de correspondance de mesures d'intensité lumineuse

d'un flux lumineux produit par chaque diode électroluminescente, avec des valeurs de consigne de courant d'alimentation de chacune des diodes électroluminescentes, et/ou avec la température de la source lumineuse, et/ou des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum de 5 consigne courant d'alimentation de la source lumineuse, et/ou des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum de temps d'intégration des cellules photosensibles du capteur, et/ou des étapes réalisées en présence d'un ou plusieurs produits de référence, de détermination d'une fonction fournissant un temps d'intégration optimal d'une cellule photosensible du 10 capteur en fonction de mesures d'intensité lumineuse du flux lumineux produit par chaque diodes électroluminescentes, et/ou des étapes réalisées en présence d'un ou plusieurs produits de référence, durant lesquelles on fait varier de manière indépendante la température de la source lumineuse et/ou la température du capteur et/ou la température du produit de 15 référence, on collecte des mesures d'intensité lumineuse fournies par le capteur, les valeurs de consigne de courant d'alimentation des diodes, des cellules du capteur, et des mesures de température, et on détermine une fonction fournissant une mesure d'intensité lumineuse corrigée correspondant à une température de référence, en fonction des mesures 20 collectées.

Des modes de réalisation peuvent également concerner également un spectromètre comprenant une source de lumière émettant un faisceau lumineux et comprenant plusieurs diodes électroluminescentes présentant des spectres d'émission respectifs couvrant en combinaison une bande de 25 longueur d'onde d'analyse, un capteur comprenant des cellules photosensibles disposées sur un trajet du faisceau lumineux après avoir interagi avec un produit à analyser, et un dispositif de commande ajustant des valeurs de consigne de courant d'alimentation de diodes électroluminescentes de la source lumineuse, et une durée d'intégration des 30 cellules photosensibles, le dispositif de commande étant configuré pour mettre en œuvre le procédé tel que précédemment défini.

Selon un mode de réalisation, le spectromètre est configuré pour allumer une seule diode électroluminescente de la source de lumière, à la fois, et pour recueillir une mesure d'intensité lumineuse en mesurant un

courant à une borne de chacune des diodes électroluminescentes éteinte de la source lumineuse.

Selon un mode de réalisation, la source lumineuse est configurée pour fournir au dispositif de commande des tensions et/ou des courants 5 d'alimentation des diodes électroluminescentes

Selon un mode de réalisation, les diodes électroluminescentes sont intégrées dans un même composant électronique, éventuellement avec la photodiode et/ou un capteur de température.

Selon un mode de réalisation, le spectromètre comprend un capteur 10 de température fournissant des mesures de la température de la source lumineuse, et/ou un capteur de température fournissant des mesures de la température du capteur, et/ou un capteur de température fournissant des mesures de la température du produit à analyser.

Selon un mode de réalisation, le spectromètre comprend une cellule 15 de mesure dans laquelle un produit à analyser interagit avec le faisceau lumineux, un élément optique pour conformer le faisceau en sortie de la source lumineuse et le transmettre à la cellule de mesure, un filtre de longueur d'onde configuré pour étaler spatialement les différentes longueurs d'onde du faisceau lumineux en sortie de la cellule de mesure et les 20 transmettre à différentes cellules photosensibles du capteur, la source lumineuse, l'élément optique, la cellule de mesure, le filtre et le capteur étant assemblés de manière à ne former aucune zone d'air susceptible d'être traversée par le faisceau lumineux entre la source de lumière et le capteur.

25 Des exemples de réalisation de l'invention et de mise en oeuvre du procédé de l'invention seront décrits dans ce qui suit, à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 représente schématiquement un spectromètre selon un mode de réalisation,

30 la figure 2 représente schématiquement un circuit électronique de commande d'une source de lumière du spectromètre, selon un mode de réalisation,

les figures 3A et 3B représentent des spectres d'émission de diodes LED, sous la forme de courbes de variation d'intensité lumineuse émise en 35 fonction de la longueur d'onde,

la figure 4 représente des spectres de sensibilité des diodes LED, sous la forme de courbes de variation d'intensité de courant électrique généré en fonction de la longueur d'onde,

5 la figure 5 représente schématiquement un circuit électronique de commande d'une source de lumière du spectromètre, selon un autre mode de réalisation,

la figure 6 représente une séquence d'étapes exécutée par un processeur de régulation du spectromètre, selon un mode de réalisation,

10 la figure 7 représente un graphique définissant des zones de fonctionnement du spectromètre.

La figure 1 représente un spectromètre conçu notamment pour répondre aux contraintes spécifiques d'un capteur embarqué sur un véhicule ou un moteur thermique. Le spectromètre comprend :

- une source de lumière LS émettant un faisceau lumineux LB,
- 15 – un élément optique CLS à base de lentilles pour conformer le faisceau LB produit par la source LS,
- une cellule de mesure FLC dans laquelle un produit à analyser interagit avec le faisceau LB,
- un filtre de longueur d'onde WFL permettant d'étaler spatialement les
- 20 – différentes longueurs d'onde du faisceau LB en sortie de la cellule FLC, et
- un capteur OPS qui fournit des mesures permettant de constituer un spectre de la lumière en sortie du filtre WFL.

La source de lumière LS couvre au moins une bande de longueurs d'ondes dite d' "analyse" dans laquelle les mesures de spectre doivent être effectuées. L'élément optique CLS transforme la géométrie du faisceau LB et l'introduit dans la cellule de mesure FLC. L'élément optique CLS peut par exemple comprendre une lentille de collimation qui rend le faisceau LB à rayons parallèles. La cellule FLC comprend une fenêtre de sortie OPW transmettant au capteur OPS la lumière qui a interagi avec le produit à analyser. Le capteur OPS comprend plusieurs cellules photosensibles (n cellules) et reçoit la lumière transmise par la fenêtre OPW au travers du filtre WFL. Le filtre WFL répartit les longueurs d'onde composant la lumière transmise par la cellule de mesure FLC sur les cellules photosensibles du capteur OPS, de manière à ce que chaque cellule du capteur OPS ne reçoive qu'une plage de longueurs d'onde réduite appartenant à la bande de longueurs d'onde correspondant au spectre à générer. Le filtre WFL peut

être par exemple de type Fabry-Perot, ou de type linéaire variable et générer une dispersion spatiale des longueurs d'onde de l'ordre de 20 à 50 nm/mm. Le capteur OPS peut être de type CCD ou CMOS, et comprendre une barrette de 20 à 200 cellules photosensibles.

5 La source lumineuse LS comprend une ou plusieurs diodes électroluminescentes LED (p diodes LED), qui peuvent être intégrées dans un unique composant électronique associé à une unique lentille LLD concentrant les rayons lumineux émis par les diodes en un faisceau d'angle solide faible. Le courant d'alimentation, ou la tension directe de chacune des
10 diodes LED, peut être mesuré électroniquement par des moyens conventionnels connus de l'homme de l'art. La source lumineuse LS peut être fixée à l'élément optique CLS par l'intermédiaire d'un bloc optique OB traversé par le faisceau lumineux LB émis par la source LS, de manière à ne pas emprisonner d'air dans la zone traversée par le faisceau. Le bloc
15 optique OB est transparent aux longueurs d'ondes à analyser et peut être plein ou bien creux et rempli d'un fluide inerte. Les faces latérales du bloc OB, non traversées par le faisceau lumineux issu de la source SL, peuvent être recouvertes d'un revêtement opaque pour empêcher des fuites de lumière par ces faces.

20 Le filtre WFL est fixé sur la fenêtre OPW, de manière à ne pas emprisonner d'air, directement ou par l'intermédiaire d'un bloc optique présentant les mêmes caractéristiques que celles du bloc optique OB mentionnées précédemment. De même, le filtre WFL est fixé sur une fenêtre d'entrée du capteur OPS de manière à ne pas emprisonner d'air,
25 directement ou par l'intermédiaire d'un bloc optique pouvant présenter les même caractéristiques que celles du bloc optique OB mentionnées précédemment.

30 De cette manière, le spectromètre peut être monobloc, ce qui le rend facile à stocker et à manipuler industriellement. L'alignement des différents éléments optiques composant le spectromètre peut ainsi être ajusté une fois pour toutes lors de la fabrication du spectromètre. L'absence d'air dans la zone traversée par le faisceau lumineux LB entre la source LS et le capteur OPS permet également de s'affranchir de tout risque de condensation de vapeur d'eau dans cette zone, la présence de gouttelettes d'eau sur le trajet
35 du faisceau LB pouvant en effet perturber l'analyse du produit dans la cellule de mesure FLC.

Le spectromètre est contrôlé par un dispositif de commande et de régulation RPRC qui régule le courant d'alimentation LCx (x étant un nombre entier compris entre 1 et p) de chaque diode LED de la source de lumière LS, ainsi qu'un temps d'intégration ITy (y étant un nombre entier compris entre 1 et n) de chaque cellule photosensible y du capteur OPS, en fonction de différents paramètres comprenant au moins l'un des paramètres suivants : des intensités LFLx de flux lumineux émis par les diodes LED de la source de lumière LS, la température TPL de la source LS, la température TPP du produit à analyser, et la température TPS du capteur OPS. Le temps d'intégration ITy d'une cellule photosensible correspond au temps pendant lequel un puits de potentiel de la cellule photosensible est laissé en charge sous l'effet d'un flux lumineux.

Selon un mode de réalisation, l'intensité LFLx du flux lumineux émis par chaque diode LED de la source est mesuré par des diodes LED de la source LS maintenues éteintes (recevant un courant d'alimentation nul), seules une ou plusieurs des diodes LED de la source LS étant allumées à un instant donné. Pour générer un spectre de mesure, les diodes LED de la source sont allumées successivement par groupe d'au moins une diode LED, tandis que chacune d'au moins une partie des diodes LED maintenues éteintes de la source LS, est utilisée en photodiode pour mesurer l'intensité lumineuse émise par la source LS. A la suite de l'allumage d'un groupe d'au moins une diode LED, un spectre est mesuré à l'aide des cellules photosensibles du capteur OPS. Lorsque toutes les diodes LED ont été allumées au moins une fois, durant un cycle d'allumage des diodes LED, les spectres obtenus sont combinés entre eux pour obtenir le spectre de mesure recherché.

Selon un mode de réalisation, le dispositif de régulation RPRC réalise une régulation en mode bouclé, à la fois du courant d'alimentation LCx des diodes LED de la source LS, et du temps d'intégration ITy des cellules photosensibles du capteur OPS. Lorsque le temps d'intégration ITy a atteint une valeur limite, sans qu'un signal satisfaisant (compris entre deux valeurs limites) soit obtenu en sortie du capteur OPS, l'intensité ou la tension du courant d'alimentation LCx de la source lumineuse est ajustée. Cette régulation vise à stabiliser le signal reçu par chacune des cellules photosensibles du capteur, et ainsi à minimiser les impacts de facteurs extérieurs au produit à analyser lui-même, tels que des variations de la température ambiante ou le vieillissement des diodes LED de la source LS.

Cette régulation vise à permettre au spectromètre de fonctionner dans une très large gamme de températures, tout en conservant un rapport signal/bruit relativement constant dans le temps et homogène en fonction de la longueur d'onde, et donc une sensibilité de mesure sensiblement 5 constante.

Le temps d'intégration du capteur OPS peut être ajusté individuellement pour chaque cellule photosensible du capteur OPS, ou globalement pour toutes les cellules photosensibles, par exemple en choisissant comme temps d'intégration global, la valeur minimum des temps 10 temps d'intégration ITy déterminés pour chacune des cellules y.

Le dispositif de régulation RPRC reçoit une mesure d'intensité lumineuse MSy pour chaque cellule y du capteur OPS, et peut fournir des mesures MSCy corrigées en fonction de différents paramètres comme la température TPP du produit à analyser et/ou la température TPS du capteur 15 OPS.

La figure 2 représente un circuit électronique de commande LSCC de la source de lumière LS, selon un mode de réalisation. Sur la figure 2, le circuit LSCC est connecté à la source LS et est relié au dispositif de régulation RPRC par l'intermédiaire d'un module de conversion CVM 20 comprenant plusieurs convertisseurs analogiques / numériques et plusieurs convertisseurs numériques / analogiques. La source de lumière LS comprend plusieurs diodes LED LD1, LD2, LD3, LD4. Le circuit LSCC comprend des circuits de régulation de courant REG1, REG2, REG3, REG4, des amplificateurs à gain ajustable A11, A12, A13, A14, A21, A22, A23, A24, 25 des commutateurs CM1, CM2, CM3, CM4 et des résistances R1, R2, R3, R4. La cathode de chaque diode LD1 à LD4 est connectée à la masse. L'anode de chaque diode LD1 à LD4 est reliée par l'intermédiaire d'un commutateur CM1 à CM4 respectif, à l'entrée d'un des amplificateurs A21 à A24 et à la sortie d'un des amplificateurs A11 à A14. La sortie de chacun 30 des amplificateurs A21 à A24 est connectée à l'entrée d'un convertisseur analogique/numérique du module de conversion CVM, qui transmet au dispositif RPRC des valeurs numériques de mesures d'intensité lumineuse LFL1, LFL2, LFL3, LFL4 fournies par les diodes LD1 à LD4. Chaque amplificateur A11 à A14 est relié à une source de tension d'alimentation AV 35 par l'intermédiaire d'une des résistances R1 à R4. Chaque amplificateur A11 à A14 reçoit sur une entrée de commande de gain un signal de commande de courant AC1 à AC4 émis par l'un des régulateurs REG1 à REG4. Chaque

régulateur REG1 à REG4 effectue une mesure du courant d'alimentation I1 à I4 de la diode LD1 à LD4 à laquelle il est connecté. Chaque régulateur REG1 à REG4 reçoit une valeur de courant de consigne LC1 à LC4 fournie sous forme numérique par le dispositif de régulation RPRC et convertie par 5 un convertisseur numérique/analogique du module CVM. Chaque régulateur REG1 à REG4 régule l'un des signaux de commande de courant AC1 à AC4 en fonction de la valeur du courant de consigne LC1 à LC4 qu'il reçoit et en fonction de l'intensité du courant I1 à I4 qu'il mesure à la sortie de l'amplificateur A1 à A4 dont il commande le gain, de manière à ce que le 10 courant I1 à I4 mesuré corresponde à la valeur du courant de consigne LC1 à LC4.

Le circuit LSCC ou la source de lumière LS peut comprendre un capteur de température TSS pour mesurer la température de la source LS. Le capteur de température TSS est alors connecté à un convertisseur 15 analogique numérique du module CVM, qui fournit au dispositif RPRC des valeurs numériques de mesures de température TPL de la source LS.

Chaque régulateur REG1 à REG4 peut transmettre la mesure de courant I1 à I4 à un convertisseur analogique/numérique du module CVM, qui transmet à son tour une valeur numérique correspondante au dispositif 20 RPRC. De même, l'anode de chaque diode LD1 à LD4 peut être également connectée à un convertisseur analogique numérique du module CVM, qui fournit au dispositif RPRC une valeur numérique représentative de la tension V1 à V4 de l'anode de la diode. Par ailleurs, les diodes LD1 à LD4 peuvent être formées sur un même substrat semi-conducteur et intégré dans 25 un même composant. Le dispositif RPRC peut comprendre un connecteur pour se connecter au moyen d'un bus série ou parallèle DTB à un calculateur et pour transmettre des spectres de mesure MR(1..n) et un état de fonctionnement OMD, et éventuellement d'autres signaux par exemple relatifs aux mesures effectuées sur le spectromètre.

30 Dans l'exemple de la figure 2, la source de lumière LS comprend quatre diodes LEDs. Chaque diode LED peut émettre de la lumière ayant un spectre de la forme d'une courbe de Gauss dissymétrique. Ainsi, la figure 3A représente des spectres d'émission des diodes LD1 à LD4, sous la forme de courbes C1 à C4 de variation d'intensité lumineuse émise en fonction de la 35 longueur d'onde. Les courbes C1 à C4 de la figure 3A, ont été obtenues à courant d'alimentation constant et identique pour toutes les diodes LD1 à LD4. Les valeurs d'intensité lumineuse indiquées sur l'axe des ordonnées

sont des valeurs normalisées. Dans l'exemple de la figure 3A, la courbe C1 du spectre de la diode LD1 présente une intensité maximum à 1 à une longueur d'onde égale à environ 850 nm. La courbe C2 du spectre de la diode LD2 présente une intensité maximum à environ 0.92 à une longueur d'onde égale à environ 890 nm. La courbe C3 du spectre de la diode LD3 présente une intensité maximum à environ 0.41 à une longueur d'onde égale à environ 940 nm. La courbe C4 du spectre de la diode LD4 présente une intensité maximum à environ 0.22 à une longueur d'onde égale à environ 970 nm. Il peut être noté sur la figure 3A que plus la longueur d'onde de l'intensité lumineuse maximum émise par la diode LD1 à LD4 est élevée, plus cette intensité est faible.

La figure 3B représente sous la forme de courbes C1' à C4' de variation d'intensité lumineuse émise en fonction de la longueur d'onde, les spectres d'émission des diodes LD1 à LD4 après ajustement du courant d'alimentation LC1 à LC4 de chaque diode LD1 à LD4 par le dispositif de régulation RPRC. Sur la figure 3B, les courbes C1' à C4' présentent toutes une valeur d'intensité normalisée maximum à 1. La figure 3B représente également sous la forme d'une courbe CR, un spectre d'émission combiné émis lorsque les diodes LD1 à LD4 sont allumées en même temps, avec leur courant d'alimentation LC1 à LC4 ajusté. Dans l'exemple de la figure 3B, le spectre d'émission combiné de la source lumineuse s'étend 840 à 980 nm environ. Il est à noter que les valeurs numériques apparaissant dans les figures 3A et 3B sont données à titre d'exemple et peuvent varier notamment en fonction des conditions de fabrication des diodes.

La figure 4 représente des spectres de sensibilité des diodes LD1 à LD4 sous la forme de courbes C11 à C14 de variation d'intensité de courant généré en fonction de la longueur d'onde. Ces spectres ont été obtenus en mesurant l'intensité du courant généré par chaque diode LD1 à LD4 lorsque la surface photoémettrice de celle-ci est soumise à un flux lumineux de 1 mW/cm² et en l'absence de courant d'alimentation. D'après la figure 4, le courant généré par les diodes LD1 à LD4 atteint quelques dixièmes de µA lorsque la diode est soumise à un flux lumineux de 1 mW/cm².

Selon un mode de réalisation, les commutateurs CM1 à CM4 sont commandés de manière à ce qu'une seule des diodes LD1 à LD4 soit allumée à la fois, les autres diodes étant éteintes (ne recevant pas de courant d'alimentation) pour fonctionner en tant que photodiodes. Les diodes éteintes fournissent chacune une mesure LFL1 à LFL4 (trois

mesures parmi quatre possibles) de l'intensité lumineuse générée par la diode allumée dans leur spectre de sensibilité respectif. Une fois qu'un spectre de mesure a été fourni par le capteur OPS avec une diode allumée, celle-ci est éteinte et une autre diode est allumée, et ainsi de suite avec les 5 autres diodes. Les spectres obtenus avec chacune des diodes allumées sont ensuite combinés d'une manière appropriée pour obtenir le spectre résultant MR(1..n).

Il est à noter que comme une seule diode LD1 à LD4 est allumée en même temps, le circuit LSCC peut être simplifié en ne conservant qu'un seul 10 des régulateurs REG1 à REG4, et un seul des amplificateurs A11 à A14. Chacun des commutateurs CM1 à CM4 comprend alors une borne connectée à la sortie de l'amplificateur A11 à A14 restant, une borne connectée à l'anode d'une diode LD1 à LD4 et une borne connectée à l'entrée d'un des amplificateurs A21 à A24.

15 Les commutateurs CM1 à CM4 peuvent être omis si les régulateurs REG1-REG4 (ou le régulateur restant) mettent à un potentiel flottant leur entrée de courant I1 à I4 et les amplificateurs A11 à A13 (ou l'amplificateur restant) mettent à un potentiel flottant leur sortie de courant amplifié.

Par ailleurs, le spectre d'émission résultant (courbe CR) peut ne pas 20 être entièrement couvert par le spectre de sensibilité combiné des diodes LD1 à LD4. Il peut alors être prévu d'utiliser une photodiode mesurant l'intensité lumineuse émise directement par chaque diode allumée. Cette photodiode peut être par exemple intégrée dans la source LS.

Ainsi, la figure 5 représente un circuit électronique de commande 25 LSC1 d'une source de lumière LS1, selon un mode de réalisation. Sur la figure 5, la source de lumière LS1 diffère de la source de lumière LS en ce qu'elle comprend une photodiode PHD. Le circuit LSC1 diffère du circuit LSCC en ce qu'il comprend un amplificateur A20 supplémentaire recevant le signal de sortie de la photodiode PHD et fournissant un signal électrique de 30 mesure d'intensité lumineuse LFL0 à un convertisseur analogique/numérique du module de conversion CVM. La valeur numérique de la mesure LFL0 est utilisée avec les valeurs numériques des mesures LFL1 à LFL4, par le dispositif de régulation RPRC pour réguler l'intensité lumineuse fournie par la source LS1. Un exemple de spectre de sensibilité 35 de photodiode est représenté sur la figure 4. Ainsi, la figure 4 présente également une courbe CP de sensibilité d'une photodiode utilisable dans le circuit de la figure 5. En effet, la courbe CP est sensiblement constante

(varie entre 0.5 et 0.6) dans la bande de longueurs d'onde d'analyse, environ entre 840 et 980 nm.

La figure 6 représente une séquence d'étapes qui peut être exécutée par le dispositif de régulation RPRC. Sur la figure 6, la séquence d'étapes comprend des étapes S1 à S18. A l'étape S1, le dispositif RPRC ajuste à une valeur de consigne LCx le courant d'alimentation (intensité ou tension) d'une diode LDx de la source de lumière LS (x étant successivement égal à 1, 2, 3 et 4 dans l'exemple de la Figure 2). La valeur LCx est celle d'une valeur initiale prédéfinie ou une valeur précédemment appliquée à la diode LDx. Aux étapes suivantes S2 et S3, le dispositif RPRC reçoit des mesures d'intensité lumineuse LFLz (z étant différent de x) provenant des diodes LD1-LD4 non allumées, et éventuellement, une mesure d'intensité lumineuse LFL0 provenant d'une photodiode et une mesure de température TPL provenant du capteur TSS. Aux étapes S4 et S5 suivantes, le dispositif RPRC détermine par comparaison si les mesures d'intensité lumineuse LFLz et de température TPL, reçues sont cohérentes entre elles et avec le courant LCx fourni à la diode LDx. Ces étapes peuvent être réalisées à partir d'abaques de variation de l'intensité lumineuse émise par une diode LDx en fonction de son courant d'alimentation et de sa température. Les comparaisons effectuées aux étapes S4 et S5 permettent de réaliser un autodiagnostic du spectromètre à l'étape S6. Ainsi, si les comparaisons effectuées aux étapes S4 et S5 révèlent un dysfonctionnement et que le spectromètre est dans un mode de fonctionnement OMD normal, le spectromètre passe dans un mode de fonctionnement OMD dégradé DG. Si les comparaisons effectuées aux étapes S4 et S5 révèlent un dysfonctionnement et que le spectromètre est dans un état de fonctionnement dégradé DG, le spectromètre passe à l'étape S18 dans un mode de défaut DF dans lequel il ne peut plus fonctionner. Si les comparaisons effectuées aux étapes S4 et S5 ne révèlent pas de dysfonctionnement, le dispositif RPRC exécute les étapes suivantes S7 et S8. A l'étape S7, le dispositif RPRC détermine un temps d'intégration optimum ITy de chaque cellule photosensible y du capteur OPS à l'aide d'une fonction f1 appliquée aux intensités lumineuses LFLz mesurées à l'étape S2. La fonction f1 peut être déterminée par des abaques donnant le temps d'intégration optimum de chaque cellule y du capteur OPS, en fonction de mesures d'intensité de la lumière émise LFLz fournies par chaque diode fonctionnant en photodiode. A l'étape S8, le dispositif RPRC

compare pour chaque cellule y, le temps d'intégration ITy obtenu à des valeurs minimum ITmy et maximum ITMy déterminées pour la cellule y. Si le temps d'intégration ITy est compris entre les valeurs minimum et maximum ITmy, ITMy pour chaque cellule y, le dispositif RPRC exécute les étapes S15 5 à S17 puis retourne à l'étape S1 pour exécuter une nouvelle phase de régulation, sinon il exécute l'étape S9.

A l'étape S9, le dispositif RPRC compare le temps d'intégration optimum ITy au temps d'intégration minimum ITmy pour chaque cellule y pour laquelle le test à l'étape S8 n'a pas été vérifié. Si le temps d'intégration 10 ITy est inférieur au temps d'intégration ITmy pour tout ou partie des cellules y du capteur OPS, le module RPRC exécute l'étape S10, puis l'étape S12, sinon (cas où le temps d'intégration ITy est supérieur au temps d'intégration maximum ITMy pour tout ou partie des cellules y) il exécute les étapes S11 et S12. A l'étape S10, le dispositif RPRC diminue d'un pas STP le courant 15 d'alimentation LCx de la diode LED LDx. A l'étape S11, le dispositif RPRC incrémenté le courant d'alimentation LCx de la diode LDx du pas STP. A l'étape S12, le dispositif RPRC détermine si le nouveau courant d'alimentation LCx obtenu à l'étape S10 ou S11 est compris entre des valeurs minimum LCMx et maximum LCMx déterminées pour la diode LDx. 20 Si tel est le cas, le dispositif RPRC retourne à l'étape S1 pour exécuter une nouvelle phase de régulation. Dans le cas contraire, le dispositif RPRC exécute l'étape S13 où il teste le mode de fonctionnement OMD du spectromètre. Si le mode OMD est normal NL, le dispositif RPRC exécute l'étape S14 où le mode de fonctionnement OMD passe en mode dégradé 25 DG. Si à l'étape S13, le mode OMD est dégradé DG, le dispositif RPRC exécute l'étape S18, où le mode OMD passe en défaut DF.

Ainsi, aux étapes S10 et S11, si le temps d'intégration optimal ITy déterminé pour au moins une cellule photosensible y est en dehors des seuils minimum et maximum ITmy et ITMy, on ajoute au courant 30 d'alimentation LCx de la diode LED LDx, un pas STP d'une certaine amplitude, positif ou négatif (positif si le temps d'intégration optimal ITy est supérieur au seuil maximum ITMy, et négatif si ce temps d'intégration est inférieur au seuil minimum ITmy). Un nouveau temps d'intégration optimal ITy est alors à nouveau déterminé aux étapes S1 à S7 en fonction du 35 nouveau courant LCx. L'exécution des étapes S1 à S12 est répétée tant que

le temps d'intégration optimal ITy se trouve en dehors des seuils ITmy et ITMy et tant que le courant LCx est compris entre les seuils LCMx et LCMx.

5 A l'étape S15, le dispositif RPRC fixe le temps d'intégration de chaque cellule y du capteur OPS à son temps d'intégration optimum ITy déterminé à l'étape S7. A l'étape S16, le dispositif RPRC procède à l'acquisition d'une mesure MSxy fournie par chaque cellule y avec la diode LDx allumée, ainsi qu'éventuellement, d'une mesure de la température TP du produit à analyser dans la cellule de mesure FLC (TPP) et/ou d'une mesure de température du capteur OPS (TPS) et/ou une mesure de température de la source LS (TPL). A l'étape S17, le dispositif RPRC 10 applique une correction à chaque mesure MSxy à l'aide d'une fonction f2 et fournit une mesure corrigée MSCxy pour chaque cellule y. La fonction f2 est appliquée à la température TP mesurée (ou aux températures mesurées) à l'étape S16.

15 La séquence d'étapes S1 à S18 permet ainsi d'obtenir un spectre corrigé MSCx(1..n) pour chaque diode LDx. La séquence d'étapes S1 à S15 est ainsi exécutée pour chaque diode LDx de la source LS afin d'obtenir au moins un spectre MSCx(1..n) pour chaque diode LDx. Après une normalisation des spectres obtenus pour chaque diode, un spectre résultant 20 MR(1..n) est calculé en additionnant les spectres obtenus avec chaque diode LDx allumée, avec un coefficient de pondération Pxy spécifié pour chaque diode LDx et chaque cellule y du capteur OPS :

$$MR_y = \sum_x P_{xy} \cdot MSC_{xy} \quad (1)$$

25 Les coefficients de pondération Pxy peuvent être ajustés afin de donner plus d'importance au signal utile dans le spectre résultant. En d'autres termes, les signaux des cellules y mesurant les signaux bruts les plus élevés, et donc fournissant l'information la plus fiable (rapport signal sur bruit élevé), sont associés à un coefficient de pondération Pxy plus élevé. Les coefficients de pondération Pxy sont déterminés durant la phase de 30 calibration et dépendent de la température TPL de la source LS.

Le spectre résultant MR(1..n) obtenu peut en outre faire l'objet d'un calcul de moyenne avec plusieurs autres spectres successifs obtenus, afin d'obtenir un spectre exploitable par un dispositif de régulation de paramètres de fonctionnement d'un moteur thermique. Le nombre de spectres MR(1..n) 35 utilisés pour ce calcul de moyenne peut être augmenté au passage du mode de fonctionnement OMD normal NL au mode dégradé DG. Le nombre de

spectres obtenus à moyenner en mode normal, peut être de l'ordre de 5 à 20, et en mode dégradé, de l'ordre de 100.

Il est à noter que le temps d'intégration ITy de toutes les cellules photosensibles y du capteur OPS peut, à l'étape S15, être fixé globalement 5 au plus petit temps d'intégration déterminé à l'étape S7 pour chaque cellule y.

Aux étapes S4, S5, S6, S12, S13, S14 et S18, le dispositif RPRC effectue un autodiagnostic du spectromètre en distinguant trois modes de fonctionnement OMD du spectromètre : le mode de fonctionnement normal 10 NL dans lequel le spectromètre produit des mesures exploitables, le mode de fonctionnement dégradé DG dans lequel le spectromètre produit toujours des mesures exploitables, mais dans des conditions anormales, et un mode de défaut DF dans lequel le spectromètre est considéré défaillant et ne peut plus fournir de mesure exploitable. Dans le mode dégradé DG, le temps 15 pour fournir une mesure est largement augmenté ou bien le degré de confiance dans les mesures fournies décroît (peut être au choix de l'utilisateur). Le spectromètre est considéré en défaut (mode OMD = DF) par exemple lorsque les mesures d'intensité lumineuse LFLz fournies par les diodes LD1-LD4 éteintes ne correspondent pas au courant LCx fourni à la 20 diode allumée, ou à la température TPS de la source LS. Le dispositif RPRC peut émettre signal d'autodiagnostic indiquant le mode de fonctionnement OMD du spectromètre. Ce signal peut être transmis par exemple à un ordinateur de bord du véhicule dans lequel est embarqué le spectromètre.

La figure 7 représente un graphe du courant de consigne LCx fourni à 25 une diode LED LDx de la source LS (axe des ordonnées) en fonction de mesures d'intensité lumineuse LFLz ou de la température TPL de la source LS (axe des abscisses). Ce graphe présente quatre droites D1, D2, D3, D4 passant par l'origine O du graphe. Les droites D1 et D2 délimitent entre elles une zone 1 de fonctionnement correspondant au mode de fonctionnement 30 normal NL dans lequel le courant LCx fourni à une diode LED LDx de la source LS, la température TPL de la source et/ou les intensités lumineuses LFLz mesurées présentent des valeurs normales (ni trop faibles ni excessives). L'axe des ordonnées et la droite D3 délimitent entre elles une zone 3a. L'axe abscisses et la droite D2 D3 délimitent entre elles une zone 35 3b. Les zones 3a et 3b correspondent au mode de défaut DF dans lequel le courant LCx fourni à une diode LDx de la source de lumière est fort et l'intensité lumineuse fournie par la source est anormalement faible, ou dans

lequel le courant fourni à la diode LDx est faible et la température de la source TPL est anormalement élevée. Entre la zone 1 et les zones 3a et 3b se trouvent des zones 2a et 2b correspondant au mode de fonctionnement dégradé DG.

5 Les valeurs minimum LC_mx et maximum LC_Mx du courant d'alimentation de chaque diode LD_x, résultent de tests effectués lors d'une phase de calibration pour déterminer la plage de fonctionnement idéale de chacune des diodes électroluminescentes de la source LS. La valeur maximum LC_Mx est déterminée afin de ne pas accélérer le vieillissement de
10 la diode. La valeur minimum LC_mx peut être choisie de manière à assurer une répétabilité et une stabilité du flux lumineux émis par la diode.

Les valeurs minimum IT_my et maximum IT_My de chaque cellule y du capteur OPS sont également déterminées lors de la phase de calibration par des tests permettant de déterminer une plage de fonctionnement idéale des
15 cellules photosensibles y du capteur OPS, considérées indépendamment ou dans leur ensemble. La valeur maximum IT_My est déterminée afin d'éviter une saturation de la cellule photosensible y. La valeur minimum IT_my est déterminée de manière à obtenir un signal stable et répétable, tout en respectant une valeur cible minimale de rapport signal/bruit, préalablement
20 définie.

De même, les fonctions f₁ et f₂ utilisées aux étapes S7 et S17 peuvent être déterminées durant la phase de calibration. Ainsi, la fonction f₁ donnant le temps d'intégration optimal IT_y de chaque cellule y du capteur OPS en fonction des intensités lumineuses LFL_z mesurées par les diodes
25 LD1-LD4 non allumées, peut être déterminée en utilisant un ou plusieurs produits de référence, fluides ou solides, avec lesquels une série de tests est réalisée. Pour chacun des produits de référence et chaque diode LED LD_x, on fait varier la valeur de consigne de courant d'alimentation LC_x de la diode LD_x, et on mémorise les intensités lumineuses LFL_z mesurées par les
30 diodes LD1-LD4 éteintes et la photodiode PHD éventuelle. Pour chaque valeur de mesure d'intensité lumineuse LFL_z et chaque cellule y, on recherche un temps d'intégration optimal IT_y permettant d'obtenir un flux lumineux mesuré par la cellule y, stable et constant, c'est-à-dire sensiblement indépendant de l'intensité du flux lumineux émis par la source
35 LS. On obtient ainsi des groupes de mesures (intensités lumineuses LFL_z - temps d'intégration optimal IT_y). A chaque groupe de mesure, la température de la source TPL, si elle est disponible, est également

collectée, ainsi que la température du produit TPP et la consigne du courant LCx correspondante. Les variations des intensités lumineuses LFLz mesurées par chaque diode LD1-LD4 éteinte et/ou par l'éventuelle photodiode PHD, sont telles que pour une partie des mesures effectuées, le temps d'intégration optimal ITy est en dehors des valeurs de seuil prédefinies ITmy, ITMy. A partir des groupes de mesures, on établit soit des tables de correspondance, soit des abaques, soit des modèles prédictifs, permettant de déterminer le temps d'intégration optimal ITy de chaque cellule y en fonction des intensités lumineuses LFLz mesurées. A partir des données ainsi collectées, on détermine des valeurs minimum et maximum de correspondance entre les mesures d'intensité lumineuse LFLz, et la température TPL de la source LS (si celle-ci est disponible), et entre les mesures d'intensité lumineuse LFLz et la valeur du courant d'alimentation LCx de la diode LED LDx allumée. Ces valeurs minimum et maximum de correspondance sont utilisées aux étapes S4 et S5 pour effectuer un autodiagnostic du spectromètre.

La fonction f_2 permettant de corriger la mesure de l'intensité lumineuse MSxy fournie par chaque cellule y en fonction de la température TP, peut être déterminée par une série de tests durant laquelle on fait varier de manière indépendante la température TPL de la source LS, la température TPS du capteur OPS et la température TPP du produit à analyser. Ces températures s'étendent de -40 à +105°C, ou idéalement de -50 à +150°C avec au moins un produit de référence fluide ou solide. Pour chacun des tests, les valeurs de mesure d'intensité MSxy, de courant de consigne LCx et de température sont collectées. A partir de ces mesures, on établit soit des tables de correspondance, soit des abaques, soit des modèles prédictifs permettant de déterminer pour chaque cellule photosensible y du capteur OPS l'intensité lumineuse que cette cellule aurait mesurée à une certaine température de référence fixe (par exemple 20°C) et ceci pour obtenir un spectre corrigé indépendant des conditions ambiantes de température et des conditions de température des composants du spectromètre. Les abaques obtenues permettent de déterminer une mesure corrigée d'intensité lumineuse MSCxy à la température de référence en fonction de la mesure d'intensité lumineuse MSxy relevée à la température ambiante par chaque cellule photosensible y, en fonction des températures TPL, TPP, TPS de la source LS, du produit dans la cellule de mesure FLC et du capteur OPS, et en fonction du temps d'intégration ITy et du courant

d'alimentation LCx de la diode LED LDx. Certains des paramètres listés précédemment peuvent ne pas être pris en compte, et en particulier la température TPS du capteur OPS, notamment si ce dernier est équipé d'une compensation en température efficace.

5 Grâce à la transposition de spectre effectuée pour ramener le spectre mesuré MSx(1..n) à un spectre MSCx(1..n) qui aurait été obtenu à une température de référence, le spectromètre qui vient d'être décrit peut ainsi fonctionner dans une très large gamme de températures, y compris avec des différences de température très importantes entre le produit à analyser et la
10 source de lumière LS. Il est à noter que cette disposition est obtenue sans utiliser une voie de référence complexe nécessitant un second capteur qui reçoit directement la lumière émise par la source, comme proposé dans la demande de brevet FR 2 940 447, mais seulement avec des mesures d'intensité lumineuse LFL0-LFL4 effectuées directement sur le flux lumineux
15 émis par les diodes LD1-LD4, donc à moindre coût et sans augmenter l'encombrement du spectromètre.

Au lieu de se baser sur les intensités lumineuses LFL0-LFL4 mesurées par les diodes LD1-LD4 éteintes et/ou la photodiode PHD, la régulation réalisée par la séquence d'étapes S1 à S18 peut être effectuée
20 sur la base de la température de la source TPL et/ou du produit à analyser TPP, ou encore sur la base des tensions Vx ou des courants Ix (x étant compris entre 1 et 4 dans l'exemple de la figure 2) mesurés dans le circuit de la figure 2. En outre, les mesures d'intensité lumineuse LFL1-LFL4 fournies par les diodes éteintes, la température TPL et/ou les tensions Vx
25 et/ou les courants Ix peuvent être utilisés pour vérifier le bon fonctionnement de la photodiode PHD et du capteur de température TSS.

Il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que la présente invention est susceptible de diverses variantes de réalisation et diverses applications. En particulier, le procédé de commande n'est pas limité à l'utilisation de
30 diodes électroluminescentes en tant que source lumineuse. En effet, le procédé de régulation précédemment décrit peut s'appliquer à une source lumineuse quelconque, dont l'intensité lumineuse émise peut être ajustée par le courant d'alimentation de la source lumineuse.

Par ailleurs, le procédé de commande peut s'appliquer à d'autres spectromètres que celui décrit en référence à la figure 1. Il importe simplement que la durée d'intégration du capteur du spectromètre puisse

être ajustée, et que le spectromètre puisse fournir des mesures représentatives du fonctionnement de la source lumineuse.

L'étape de correction des mesures de spectre obtenues, pour tenir compte de la température des divers composants du spectromètre, n'est pas 5 non plus nécessaire. Il peut en effet être envisagé de placer le spectromètre dans une enceinte dont la température est maintenue constante, ou de ne procéder à une mesure de spectre que lorsque la température du spectromètre a atteint une température de consigne.

La source de lumière peut comprendre plusieurs groupes de 10 plusieurs diodes électroluminescentes ayant des spectres d'émission identiques ou sensiblement identiques, c'est-à-dire aux dérives de fabrication près. Il en résulte que plusieurs diodes, à savoir toutes les diodes de chaque groupe peuvent être allumées en même temps.

REVENDICATIONS

1. Procédé de commande d'un spectromètre d'analyse d'un produit, le spectromètre comprenant une source de lumière (LS) comportant plusieurs diodes électroluminescentes (LD1-LD4) ayant des spectres d'émission respectifs couvrant en combinaison une bande de longueurs 5 d'onde d'analyse,

caractérisé en ce qu'il comprend des étapes consistant à :

fournir un courant d'alimentation (I_x) à au moins une des diodes électroluminescentes (LD1 à LD4) pour l'allumer, et mesurer une intensité lumineuse (LFL_z) émise par la source de lumière (LS) en mesurant un 10 courant à une borne d'au moins une autre des diodes électroluminescentes maintenue éteinte,

déterminer en fonction de chaque mesure d'intensité lumineuse, une valeur de consigne (LC_x) du courant d'alimentation de chaque diode allumée, et

15 réguler le courant d'alimentation de chaque diode allumée pour qu'il corresponde à la valeur de consigne.

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant des étapes d'allumage successif de groupes d'au moins une diode électroluminescente 20 (LD1-LD4), les diodes d'un groupe ayant des spectres d'émission sensiblement identiques, tandis que d'autres diodes électroluminescentes sont maintenues éteintes, de mesure d'une intensité lumineuse (LFL_z) par chacune des autres diodes électroluminescentes maintenues éteintes, et d'ajustement en fonction de chaque mesure d'intensité lumineuse obtenue, 25 de la valeur de consigne de courant d'alimentation (LC_x) de la diode allumée.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, comprenant des étapes consistant à :

30 déterminer en fonction des mesures d'intensité lumineuse (LFL_z) une valeur de durée d'intégration (IT_y) de cellules photosensibles (y) d'un capteur (OPS) du spectromètre, disposées sur un trajet d'un faisceau

lumineux (LB) émis par la source de lumière et ayant interagi avec un produit à analyser, et

si la valeur de durée d'intégration et/ou la valeur de consigne de courant d'alimentation (LCx) de chaque diode allumée (LDx) est comprise entre des valeurs de seuil (ITmy, ITMy, ICmx, ICMx), fournir à chaque diode allumée un courant d'alimentation (Ix) régulé en fonction de la valeur du courant de consigne d'alimentation, ajuster la durée d'intégration de chaque cellule photosensible à la valeur déterminée de durée d'intégration, et acquérir au moyen de chaque cellule du capteur des mesures d'intensité lumineuse (MSxy) permettant de former un spectre.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel de nouvelles valeurs de consigne de courant d'alimentation (LCx) de chaque diode allumée et/ou de durée d'intégration (ITy) de chaque cellule sont déterminées et un courant d'alimentation (Ix) correspondant à la valeur déterminée de consigne de courant d'alimentation est fourni à chaque diode électroluminescente allumée, tant que la valeur déterminée de durée d'intégration n'est pas comprise entre les valeurs de seuil (ITmy, ITMy).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 et 4, dans lequel la consigne de courant d'alimentation (LCx) de chaque diode électroluminescente allumée est ajustée aussi en fonction d'une mesure d'intensité lumineuse (LFL0) fournie par une photodiode (PHD) de la source de lumière (LS), et/ou d'une mesure de la température (TPL) de la source de lumière (LS), et/ou une mesure d'intensité (Ix) ou de tension d'alimentation (Vx) de chaque diode allumée.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant des étapes de test d'autodiagnostic comprenant au moins l'une des comparaisons suivantes : des comparaisons pour déterminer si les mesures d'intensité lumineuse (LFLz), et/ou des mesures (Ix, Vx) de courant d'alimentation fourni à la diode allumée (LDx), et/ou des mesures de température (TPL) de la source lumineuse (LS) sont cohérentes entre elles et avec chaque valeur de consigne de courant d'alimentation (LCx) de diode électroluminescente allumée, des comparaisons de la valeur de consigne de

courant d'alimentation fourni à chaque diode électroluminescente allumée à des valeurs minimum et maximum (LCmx, LCMx), et si l'une des comparaisons révèle un défaut, le spectromètre est passé dans un mode de fonctionnement (OMD) dégradé (DG) ou de défaut (DF).

5

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant une étape de correction des mesures d'intensité lumineuse (MSxy) tenant compte d'un écart de la température (TPP) du produit à analyser et/ou de la température (TPS) du capteur (OPS) avec une température de référence, de 10 manière à obtenir des mesures d'intensité lumineuse corrigées (MSCxy) résultant de mesures effectuées à la température de référence, les mesures corrigées formant un spectre corrigé (MSCx(1..n)).

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, comprenant des 15 étapes d'obtention d'un spectre corrigé pour chaque diode électroluminescente (LD1-LD4), et de sommation des spectres corrigés obtenus en appliquant des coefficients de pondération, pour obtenir un spectre résultant (MR(1..n)), et éventuellement de calcul d'une moyenne de plusieurs des spectres résultants le nombre de spectres moyennés pouvant 20 dépendre d'un mode de fonctionnement (OMD), normal ou dégradé, du spectromètre.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, comportant une calibration du spectromètre, comprenant :

25 des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum de correspondance de mesures d'intensité lumineuse (LFLz) d'un flux lumineux produit par chaque diode électroluminescente (LD1-LD4), avec des valeurs de consigne de courant d'alimentation (LC1-LC4) de chacune des diodes électroluminescentes, et/ou avec la température (TPL) de la source 30 lumineuse, et/ou

des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum (LCmx, LCMx) de consigne courant d'alimentation de la source lumineuse, et/ou

35 des étapes de détermination de valeurs minimum et maximum (ITmy, ITMy) de temps d'intégration des cellules photosensibles (y) du capteur (OPS), et/ou

des étapes réalisées en présence d'un ou plusieurs produits de référence, de détermination d'une fonction (f1) fournissant un temps d'intégration optimal (ITy) d'une cellule photosensible (y) du capteur (OPS) en fonction de mesures d'intensité lumineuse du flux lumineux produit par 5 chaque diodes électroluminescentes, et/ou

des étapes réalisées en présence d'un ou plusieurs produits de référence, durant lesquelles on fait varier de manière indépendante la température de la source lumineuse et/ou la température (TPS) du capteur (OPS) et/ou la température (TPP) du produit de référence, on collecte des 10 mesures d'intensité lumineuse (MSxy) fournies par le capteur, les valeurs de consigne de courant d'alimentation des diodes, des cellules du capteur, et des mesures de température, et on détermine une fonction (f2) fournissant une mesure d'intensité lumineuse corrigée (MSCxy) correspondant à une température de référence, en fonction des mesures collectées.

15

10. Spectromètre comprenant une source de lumière (LS) émettant un faisceau lumineux (LB) et comprenant plusieurs diodes électroluminescentes (LD1-LD4) présentant des spectres d'émission respectifs couvrant en combinaison une bande de longueur d'onde 20 d'analyse, un capteur (OPS) comprenant des cellules photosensibles (y) disposées sur un trajet du faisceau lumineux après avoir interagi avec un produit à analyser, et un dispositif de commande (RPRC) ajustant des valeurs de consigne de courant d'alimentation (LCx) de diodes électroluminescentes (LD1-LD4) de la source lumineuse, et une durée 25 d'intégration (ITy) des cellules photosensibles,

caractérisé en ce que le dispositif de commande (RPRC) est configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 9.

30

11. Spectromètre selon la revendication 10, configuré pour allumer une seule diode électroluminescente (LDx) de la source de lumière (LS), à la fois, et pour recueillir une mesure d'intensité lumineuse (LFLz) en mesurant un courant à une borne de chacune des diodes électroluminescentes éteinte de la source lumineuse.

35

12. Spectromètre selon l'une des revendications 10 et 11, dans lequel la source lumineuse (LS) est configurée pour fournir au dispositif de commande (RPRC) des tensions (Vx) et/ou des courants (Ix) d'alimentation des diodes électroluminescentes (LD1-LD4)

5

13. Spectromètre selon la revendication 12, dans lequel les diodes électroluminescentes (LDx) sont intégrées dans un même composant électronique (LS), éventuellement avec la photodiode (PHD) et/ou un capteur de température (TSS).

10

14. Spectromètre selon l'une des revendications 10 à 13, comprenant un capteur de température (TSS) fournissant des mesures de la température (TPL) de la source lumineuse (LS), et/ou un capteur de température fournissant des mesures de la température (TPS) du capteur (OPS), et/ou 15 un capteur de température fournissant des mesures de la température (TPP) du produit à analyser.

20

15. Spectromètre selon l'une des revendications 10 à 14, comprenant une cellule de mesure (FLC) dans laquelle un produit à analyser interagit avec le faisceau lumineux (LB), un élément optique (CLS) pour conformer le faisceau en sortie de la source lumineuse (LS) et le transmettre à la cellule de mesure, un filtre de longueur d'onde (WFL) configuré pour étaler spatialement les différentes longueurs d'onde du faisceau lumineux en sortie de la cellule de mesure et les transmettre à différentes cellules photosensibles (y) du capteur (OPS), la source lumineuse, l'élément optique, la cellule de mesure, le filtre et le capteur étant assemblés de manière à ne former aucune zone d'air susceptible d'être traversée par le faisceau lumineux entre la source de lumière et le capteur.

25

30

1/4

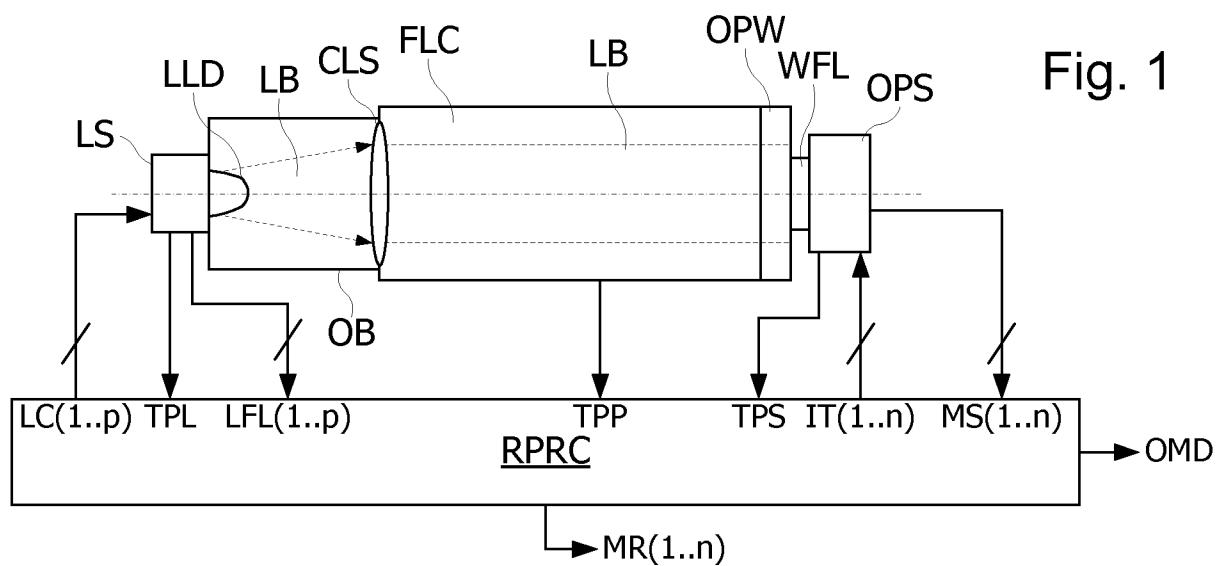
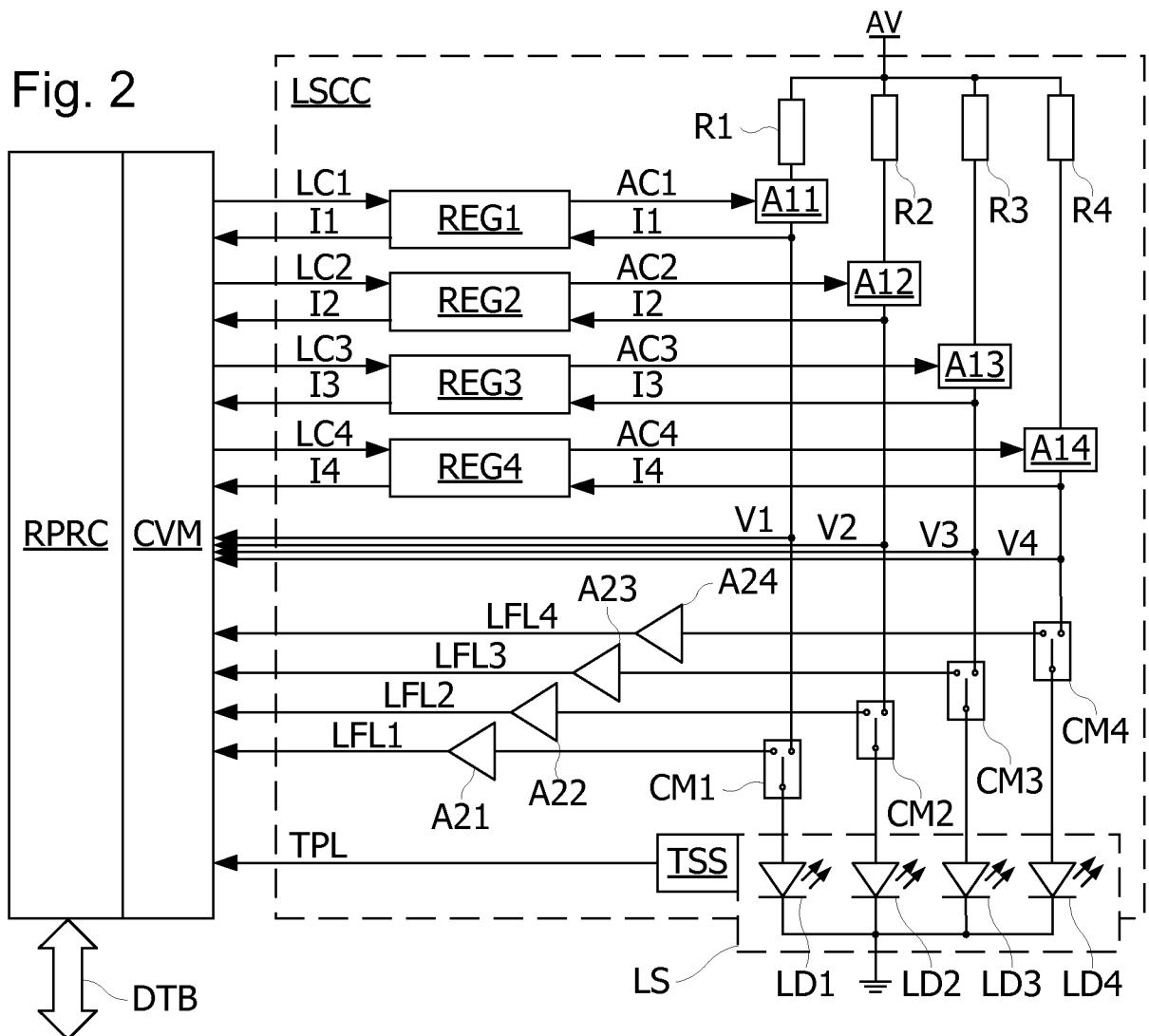


Fig. 2



2/4

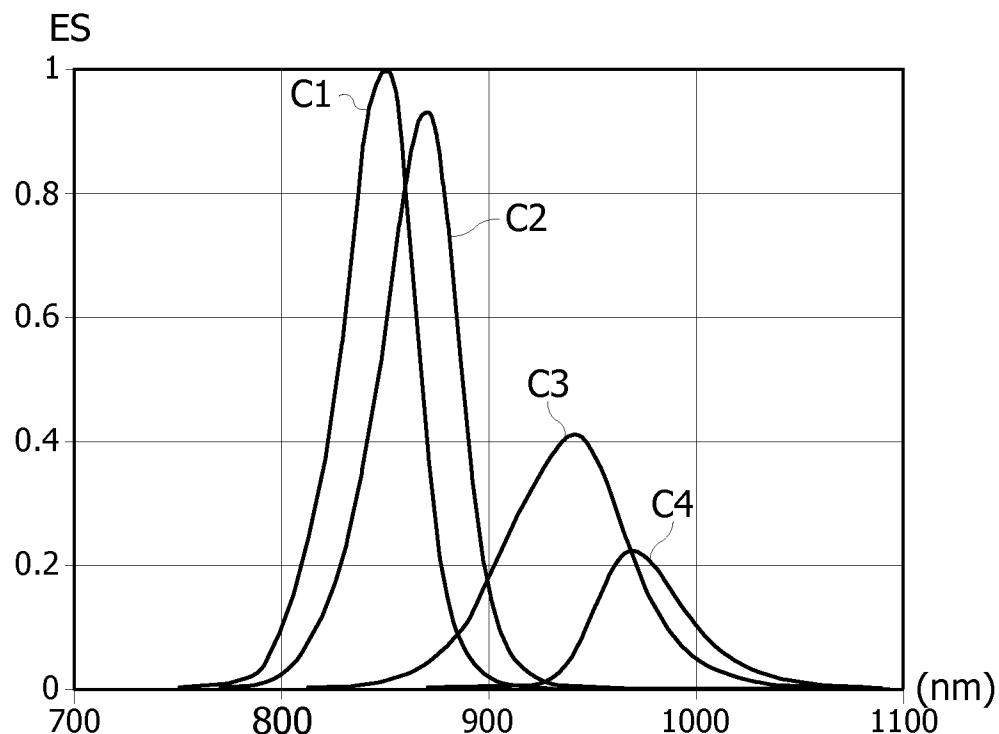


Fig. 3A

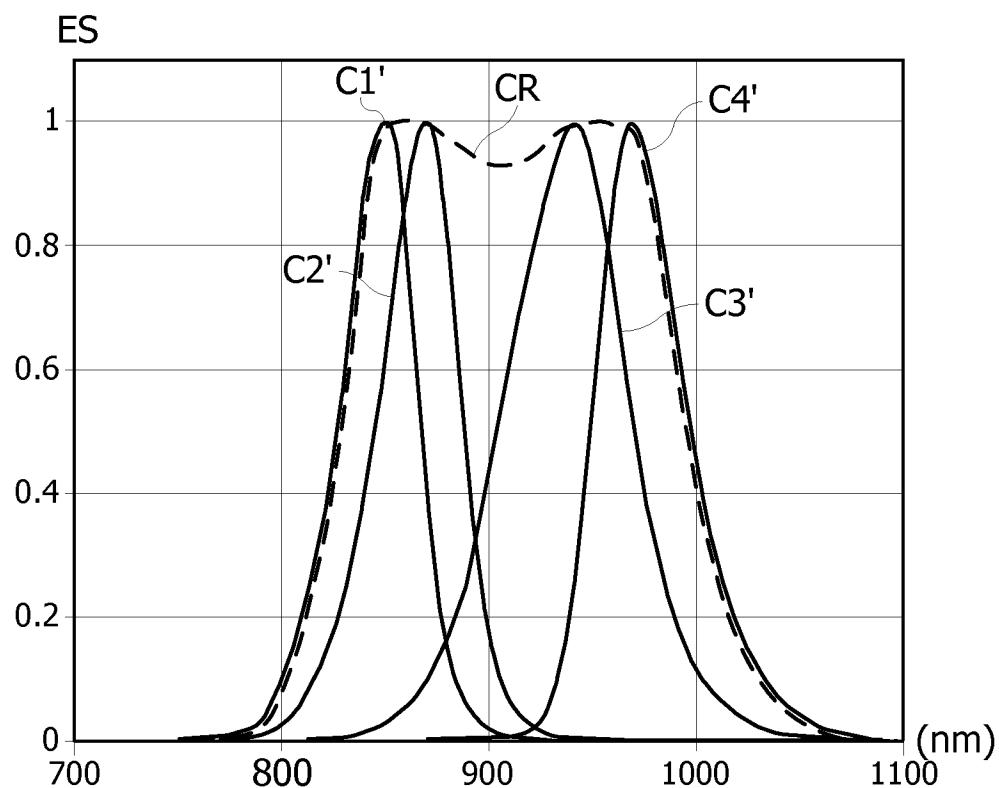


Fig. 3B

3/4

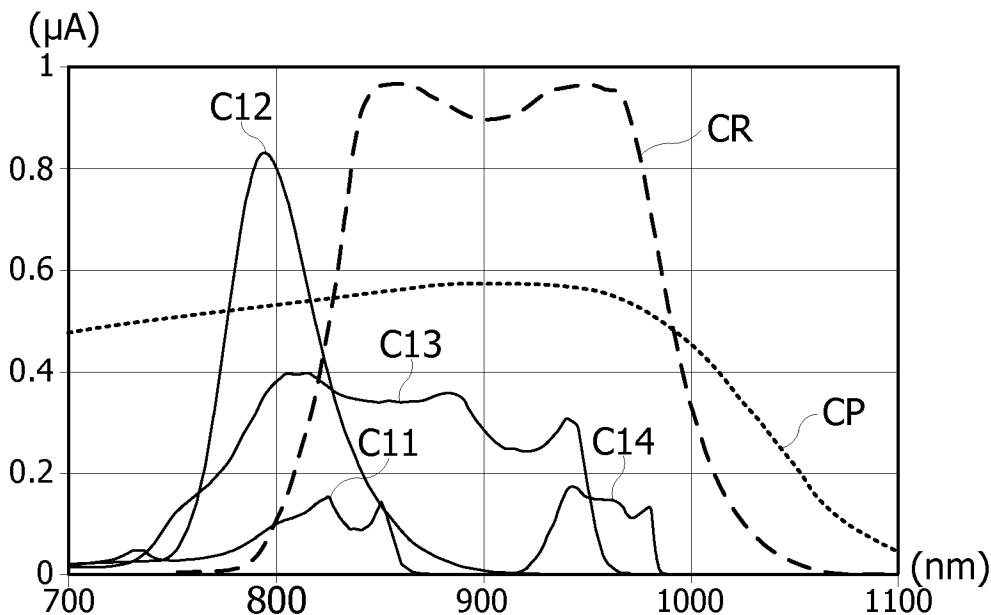
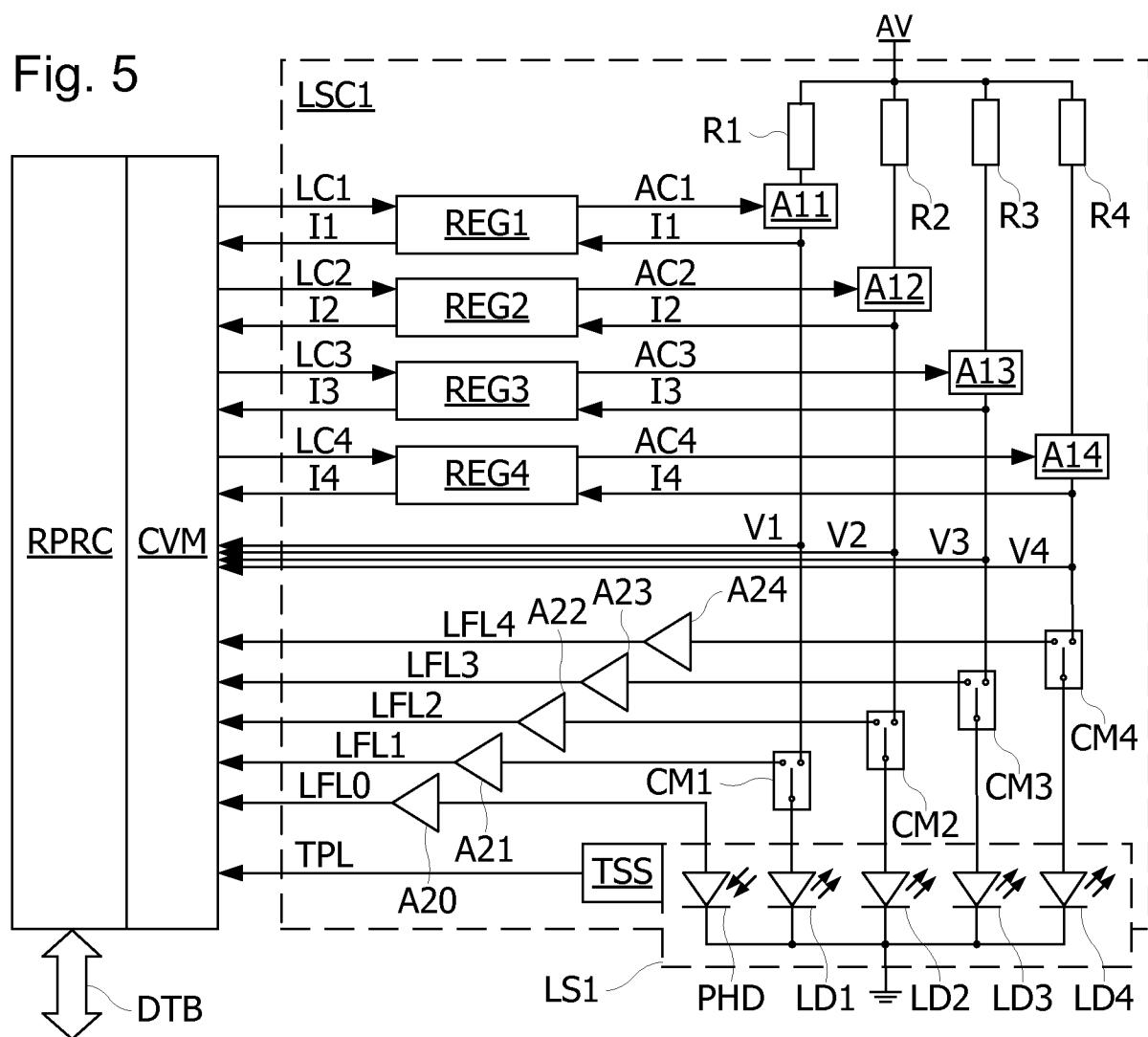


Fig. 4

Fig. 5



4/4

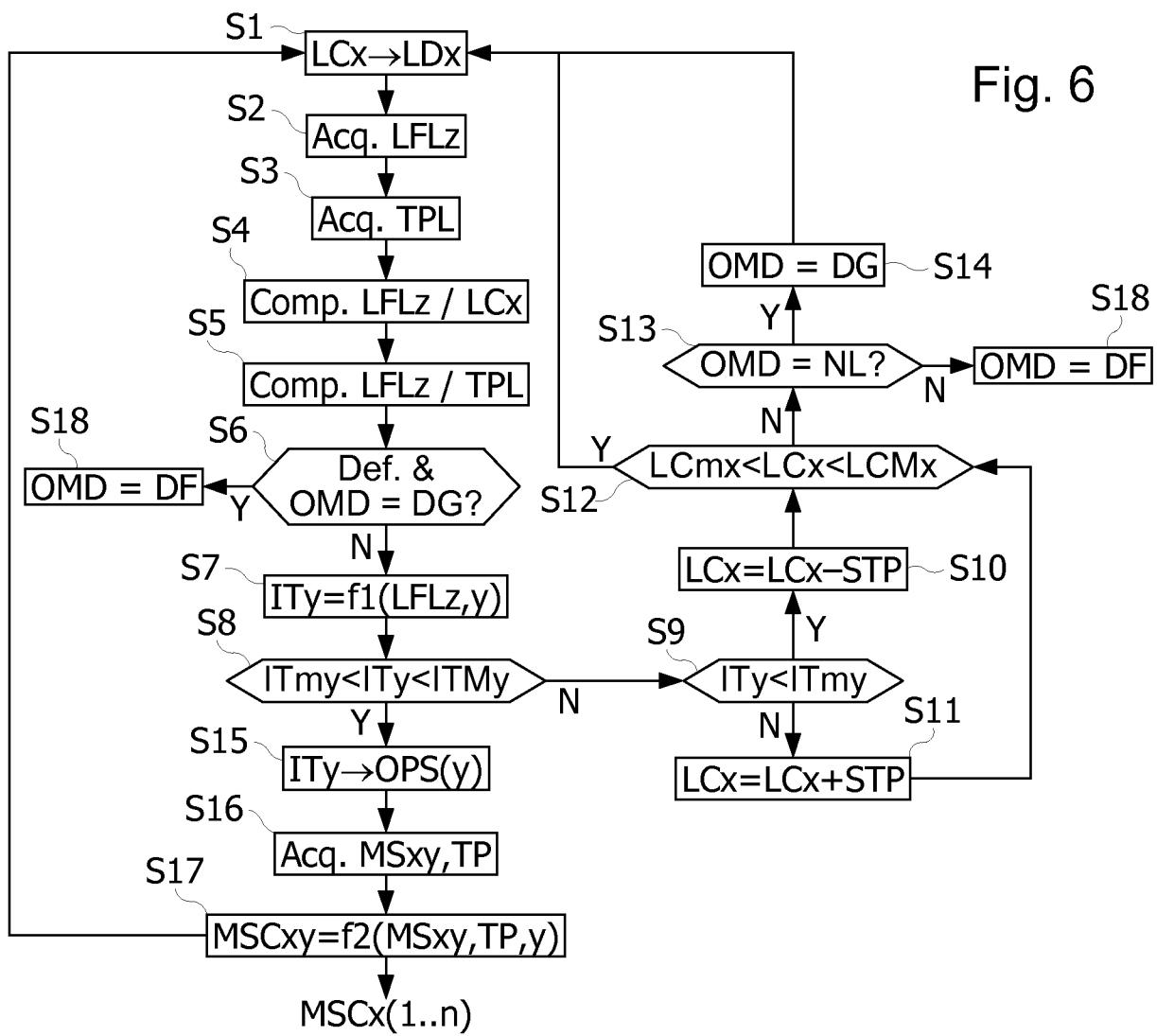
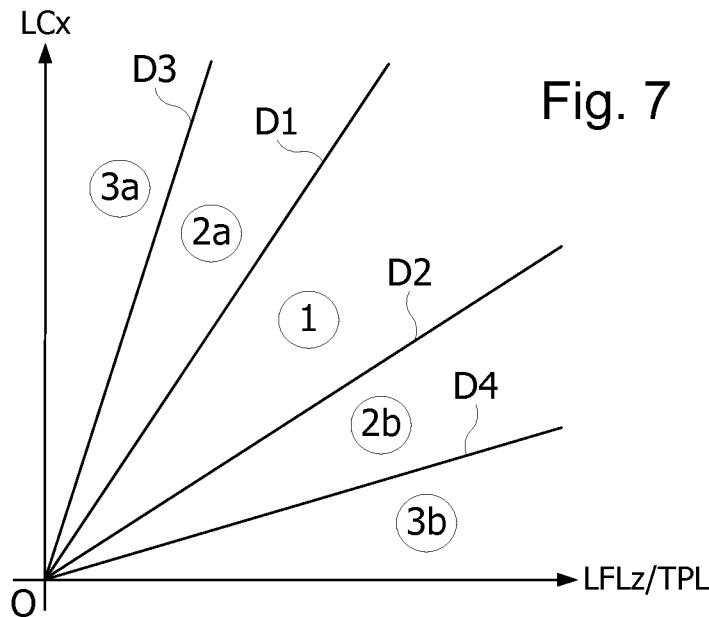


Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2013/052941

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N21/35 G01N21/27
ADD. G01N21/31

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 940 447 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE [FR]) 25 June 2010 (2010-06-25) cited in the application page 12, line 2 - line 29 figure 5 -----	1,10
A	US 2006/072319 A1 (DZIEKAN MICHAEL E [US] ET AL) 6 April 2006 (2006-04-06) paragraph [0019] - paragraph [0022] paragraph [0025] figures 2,5,6 -----	1,10
A	US 2002/179815 A1 (FORKE ULRICH [US]) 5 December 2002 (2002-12-05) paragraphs [0026], [0030]; figure 1 ----- -/-	1,10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 February 2014	03/03/2014
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Verdoort, Erik

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2013/052941

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WO 2008/129453 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; VAN DER VEEN GEERT W [NL]; KUPPEN) 30 October 2008 (2008-10-30) page 3, line 26 - page 4, line 2 page 5, line 15 - line 21 page 5, line 33 - page 6, line 3 figure 5c</p> <p>-----</p> <p>WO 2010/053617 A2 (UNIV MASSACHUSETTS [US]; SOLLER BABS R [US]; COATES JOHN [US]; YANG YE) 14 May 2010 (2010-05-14) page 52, line 26 - page 54, line 8</p> <p>-----</p>	1,10
A		3,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2013/052941

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
FR 2940447	A1 25-06-2010	CN 102265137 A FR 2940447 A1 US 2011313635 A1 WO 2010072363 A1			30-11-2011 25-06-2010 22-12-2011 01-07-2010
US 2006072319	A1 06-04-2006	NONE			
US 2002179815	A1 05-12-2002	NONE			
WO 2008129453	A1 30-10-2008	CN 101675709 A EP 2140733 A1 JP 2010525567 A KR 20100017221 A US 2010117543 A1 WO 2008129453 A1			17-03-2010 06-01-2010 22-07-2010 16-02-2010 13-05-2010 30-10-2008
WO 2010053617	A2 14-05-2010	CA 2732996 A1 CN 102176864 A EP 2323554 A2 JP 2011530351 A KR 20110053993 A US 2011205535 A1 WO 2010053617 A2			14-05-2010 07-09-2011 25-05-2011 22-12-2011 24-05-2011 25-08-2011 14-05-2010

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052941

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. G01N21/35 G01N21/27
 ADD. G01N21/31

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
 G01N G01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 940 447 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE [FR]) 25 juin 2010 (2010-06-25) cité dans la demande page 12, ligne 2 - ligne 29 figure 5 -----	1,10
A	US 2006/072319 A1 (DZIEKAN MICHAEL E [US] ET AL) 6 avril 2006 (2006-04-06) alinéa [0019] - alinéa [0022] alinéa [0025] figures 2,5,6 -----	1,10
A	US 2002/179815 A1 (FORKE ULRICH [US]) 5 décembre 2002 (2002-12-05) alinéas [0026], [0030]; figure 1 ----- -/-	1,10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20 février 2014

03/03/2014

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
 Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Verdoordt, Erik

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052941

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2008/129453 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; VAN DER VEEN GEERT W [NL]; KUPPEN) 30 octobre 2008 (2008-10-30) page 3, ligne 26 - page 4, ligne 2 page 5, ligne 15 - ligne 21 page 5, ligne 33 - page 6, ligne 3 figure 5c -----	1,10
A	WO 2010/053617 A2 (UNIV MASSACHUSETTS [US]; SOLLER BABS R [US]; COATES JOHN [US]; YANG YE) 14 mai 2010 (2010-05-14) page 52, ligne 26 - page 54, ligne 8 -----	3,10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052941

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)			Date de publication
FR 2940447	A1	25-06-2010	CN	102265137 A	30-11-2011
			FR	2940447 A1	25-06-2010
			US	2011313635 A1	22-12-2011
			WO	2010072363 A1	01-07-2010
US 2006072319	A1	06-04-2006	AUCUN		
US 2002179815	A1	05-12-2002	AUCUN		
WO 2008129453	A1	30-10-2008	CN	101675709 A	17-03-2010
			EP	2140733 A1	06-01-2010
			JP	2010525567 A	22-07-2010
			KR	20100017221 A	16-02-2010
			US	2010117543 A1	13-05-2010
			WO	2008129453 A1	30-10-2008
WO 2010053617	A2	14-05-2010	CA	2732996 A1	14-05-2010
			CN	102176864 A	07-09-2011
			EP	2323554 A2	25-05-2011
			JP	2011530351 A	22-12-2011
			KR	20110053993 A	24-05-2011
			US	2011205535 A1	25-08-2011
			WO	2010053617 A2	14-05-2010