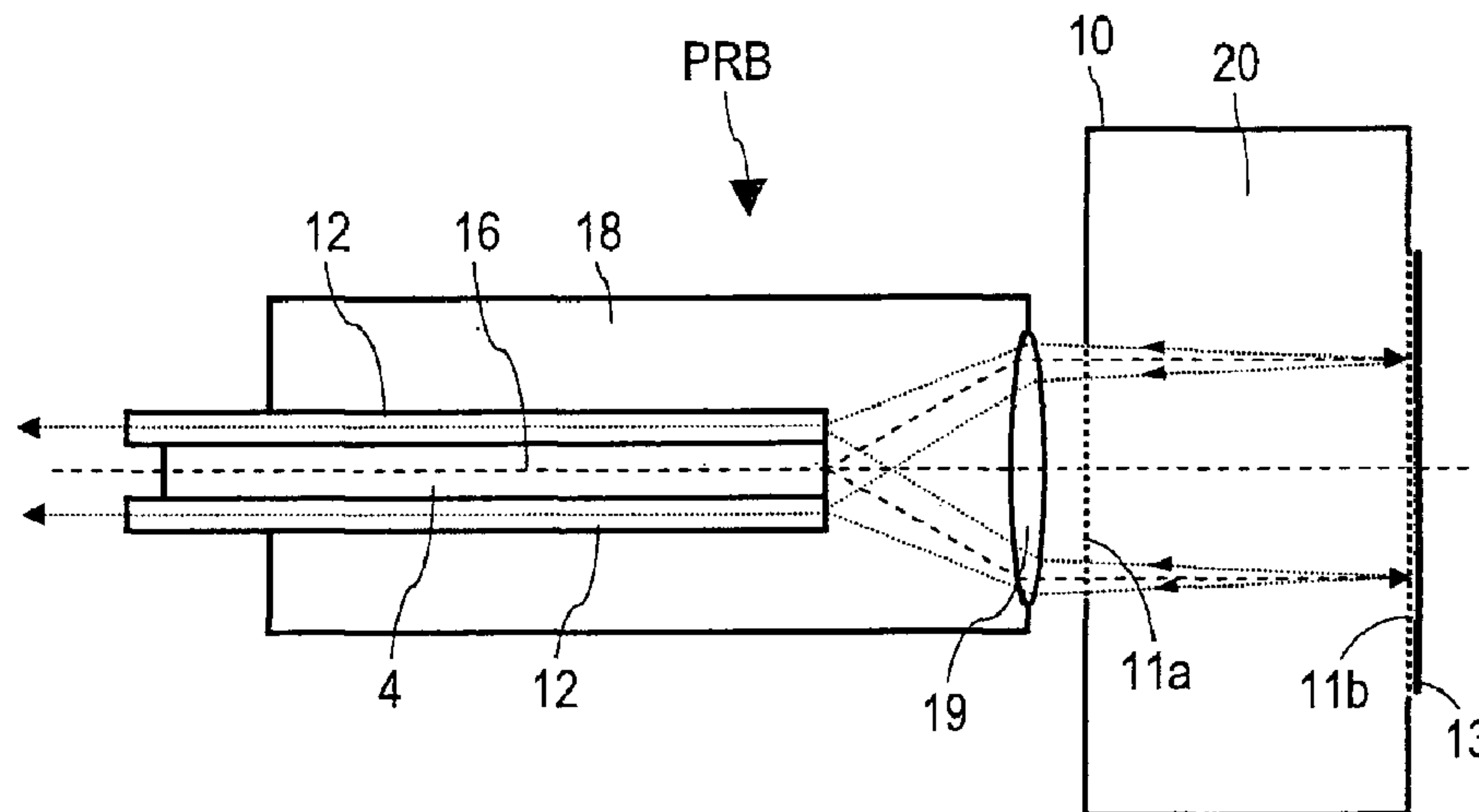




(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2008/09/30
 (87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2009/04/16
 (45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2017/03/21
 (85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2010/04/09
 (86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** IB 2008/002599
 (87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2009/047607
 (30) **Priorité/Priority:** 2007/10/12 (FR07/07152)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. G01J 3/42** (2006.01),
 G01J 3/10 (2006.01), G01J 3/12 (2006.01),
 G01N 21/359 (2014.01)
 (72) **Inventeurs/Inventors:**
 FOURNEL, JOHAN, FR;
 LUNATI, ALAIN, FR;
 GERGAUD, THIERRY, FR
 (73) **Propriétaire/Owner:**
 SP3H, FR
 (74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) **Titre : DISPOSITIF DE SPECTROMETRIE POUR L'ANALYSE D'UN FLUIDE**
 (54) **Title: SPECTROMETRY DEVICE FOR FLUID ANALYSIS**



(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention concerne l'analyse qualitative des fluides, notamment des carburants à base d'hydrocarbures ou de biocarburants, assurant le fonctionnement d'un moteur thermique tel que ceux des véhicules. La présente invention répond aux



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

problèmes d'optimisation du fonctionnement du moteur en raison des fluctuations de la qualité des carburants. La présente invention vise à déterminer la qualité du carburant alimentant le moteur, et de tenir compte des résultats obtenus pour gérer le fonctionnement du moteur. Cet objectif est atteint par la prévision d'un dispositif de spectrométrie comprenant: un dispositif d'éclairage configure pour générer un faisceau lumineux couvrant une bande de longueurs d'ondes, une sonde configurée pour que le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage interagisse avec un fluide à analyser, et un dispositif d'analyse spectrale configure pour recevoir le faisceau lumineux après avoir interagi avec le fluide à analyser, et pour fournir des mesures d'intensité lumineuse pour différentes plages de longueurs d'onde.

ABREGE

La présente invention concerne l'analyse qualitative des fluides, notamment des carburants à base d'hydrocarbures ou de biocarburants, assurant le fonctionnement d'un moteur thermique tel que ceux des véhicules. La présente invention répond aux problèmes d'optimisation du fonctionnement du moteur en raison des fluctuations de la qualité des carburants. La présente invention vise à déterminer la qualité du carburant alimentant le moteur, et de tenir compte des résultats obtenus pour gérer le fonctionnement du moteur. Cet objectif est atteint par la prévision d'un dispositif de spectrométrie comprenant: un dispositif d'éclairage configure pour générer un faisceau lumineux couvrant une bande de longueurs d'ondes, une sonde configurée pour que le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage interagisse avec un fluide à analyser, et un dispositif d'analyse spectrale configure pour recevoir le faisceau lumineux après avoir interagi avec le fluide à analyser, et pour fournir des mesures d'intensité lumineuse pour différentes plages de longueurs d'onde.

DISPOSITIF DE SPECTROMÉTRIE POUR L'ANALYSE D'UN FLUIDE

La présente invention concerne l'analyse des fluides. La présente invention concerne plus particulièrement l'analyse qualitative des fluides, et notamment des carburants à base d'hydrocarbures ou de biocarburants, assurant le fonctionnement d'un moteur thermique tel que ceux des véhicules.

5 De plus en plus, les automobiles sont équipées d'un système de gestion électronique configuré pour optimiser le fonctionnement du moteur en fonction de différents paramètres mesurés par des capteurs. De tels systèmes sont généralement configurés pour ajuster la quantité de carburant injecté dans le moteur, régler le temps d'injection, l'avance de l'allumage, la pression d'admission et le recyclage des
10 gaz d'échappement, en fonction notamment du régime du moteur, de la température de l'huile et du liquide de refroidissement, et en fonction de paramètres extérieurs tels que la pression atmosphérique et la température ambiante.

Toutefois, cette optimisation se trouve limitée par les fluctuations de la qualité des carburants. En effet, bien que définies par des normes, les carburants sont
15 sujets à des variations importantes de qualité en fonction du temps et du distributeur du carburant. Les carburants sont généralement caractérisés par des paramètres physico-chimiques comme des indices d'octane et la tension de vapeur pour les moteurs à allumage commandé, l'indice de cétane, le point éclair et la tenue au froid pour les moteurs Diesel, ainsi que la courbe de distillation, la densité et la teneur en
20 composés oxygénés. Ainsi, on estime que les paramètres physicochimiques des carburants à base d'hydrocarbures peuvent varier de 15 à 40 % ou davantage, autour de valeurs moyennes normalisées spécifiées par les normes.

Or le fonctionnement d'un moteur thermique est optimisé pour un carburant normalisé. Si la qualité du carburant pris à la pompe s'écarte trop de la qualité du
25 carburant normalisée, cette optimisation n'est plus réalisée, et le moteur aura tendance à consommer davantage de carburant et à générer davantage de gaz polluants.

Il est donc souhaitable de déterminer la qualité du carburant alimentant le moteur et de tenir compte des résultats obtenus pour gérer le fonctionnement du
30 moteur. A cet effet, la spectrométrie d'absorption en proche infrarouge s'avère adaptée à l'évaluation qualitative d'un hydrocarbure ou d'un mélange d'hydrocarbures.

Un spectromètre traditionnel de génération d'un spectre d'absorption d'un fluide comprend généralement les éléments suivants :

- une source de lumière qui couvre au moins une bande de longueurs d'ondes dans laquelle les mesures doivent être effectuées,
- 5 – un dispositif appelé "sonde" dans la description qui suit dans lequel interagissent la lumière produite par la source de lumière et le fluide à analyser, et
- un capteur d'analyse spectrale qui analyse la lumière en sortie de la sonde.

Un tel spectromètre permet d'obtenir un spectre d'absorption se présentant sous la forme d'une courbe du type $T = f(\lambda)$ donnant la quantité T de lumière ayant
10 traversé le fluide à analyser en fonction de la longueur d'onde λ .

Un spectromètre est caractérisé principalement par sa gamme d'analyse spectrale (largeur et position des spectres générés), sa finesse d'analyse ou le nombre de points de mesure constituant les spectres fournis, sa précision de mesure sur la valeur de l'absorption et sa sensibilité, c'est-à-dire sa capacité à mesurer des
15 quantités de lumière faible.

Les spectromètres actuels présentent généralement une grande complexité et donc un coût élevé, et un encombrement relativement important. En particulier, les spectromètres actuels comportent de nombreux composants optiques (lentilles, filtres, prismes, miroirs, réseaux de diffraction) séparés par des couches d'air.
20 L'alignement de ces composants est critique pour le bon fonctionnement du spectromètre. Les spectromètres actuels, généralement conçus pour les laboratoires, ne sont donc guère adaptés à l'environnement d'un moteur thermique ou d'un véhicule. En particulier, ils ne sont pas conçus pour supporter les vibrations intenses générées par le moteur thermique ou le véhicule. En effet, entre la source de lumière
25 et le dispositif d'analyse spectrale, le faisceau lumineux traverse un grand nombre de composants optiques séparés par des couches d'air. Chaque interface entre un composant optique et l'air est une source potentielle de dérèglement ou dégradation.

Les sources de lumière traditionnellement utilisées en spectrométrie (lampes à incandescence ou à vapeur métallique, halogène, ...) sont incompatibles avec les
30 contraintes de robustesse, de durée de vie et d'encombrement requises dans une application embarquée sur un moteur thermique ou dans un véhicule. L'utilisation de lasers est également à exclure car il faudrait autant de lasers que de points de mesure dans le spectre souhaité. L'utilisation de lasers est également à exclure pour des raisons de durée de vie, de stabilité et de robustesse dans un environnement hostile.

Il a par ailleurs été envisagé dans les demandes de brevets FR 2 798 582 et FR 2 789 294 d'utiliser des diodes électroluminescentes associées à des composants optiques traditionnels.

5 Le document US 2007/0084990 décrit un élément réfléchissant à deux plans formant un dièdre de 90°, installé dans une cavité de mesure, et un composant optique mélangeur pour combiner les flux lumineux émis par les sources et guider le flux lumineux résultant vers la sonde. L'élément réfléchissant réfléchit un faisceau incident strictement parallèle à l'axe optique du dispositif optique dans une direction opposée à celle du faisceau incident.

10 Le document FR 2 583 164 décrit un dispositif d'analyse de la couleur et de la turbidité d'un fluide, comprenant une source de lumière associée à une optique de focalisation pour éclairer un fluide par l'intermédiaire d'une fibre optique. La lumière est recueillie à partir du fluide à l'aide d'une autre fibre optique qui transmet la lumière à un dispositif d'analyse chromatique. Ce document décrit également un
15 organe réfléchissant à deux plans.

Le document GB 2 283 091 décrit un appareil d'analyse spectrale de liquides comprenant une fibre optique qui transmet une radiation vers une sonde comprenant un réflecteur plan et un passage du liquide à analyser. Le réflecteur réfléchit la radiation dans la fibre vers une unité d'analyse. Le réflecteur décrit dans ce document
20 présente une surface réfléchissante plane et polie avec un haut degré de planéité.

Le document US 2005/0140270 décrit un dispositif de détection d'un produit dans un liquide comprenant un faisceau de fibres optiques dont une partie transmet de la lumière au liquide, un miroir baigné par le liquide qui réfléchit la lumière vers le faisceau de fibres, l'autre partie du faisceau de fibres étant relié à un détecteur.

25 Le document US 6 560 038 décrit un émetteur de lumière comprenant plusieurs sources de lumière rouge, verte ou bleues, telles que des LEDs. La lumière émise par chaque source est concentrée par un concentrateur, puis transmise par un guide de lumière.

Le document FR 2 566 909 décrit simplement un coupleur optique associé à
30 une LED ou un ensemble de LEDs.

Le document US 4 989 942 décrit un dispositif d'analyse d'un liquide comprenant une source de lumière transmise par une fibre optique à une lentille de collimation. La lumière traverse ensuite le liquide, puis une autre lentille de collimation avant d'être transmise par une fibre optique à un dispositif d'analyse.

3a

Il est donc souhaitable de réaliser un dispositif de spectrométrie d'analyse d'un fluide qui soit adapté à être embarqué sur un moteur thermique ou dans un véhicule.

Cet objectif est atteint par la prévision d'un dispositif de spectrométrie comprenant : un dispositif d'éclairage configuré pour générer un faisceau lumineux couvrant une bande de longueurs d'ondes, une sonde configurée pour que le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage interagisse avec un fluide à analyser, et un dispositif d'analyse spectrale configuré pour recevoir le faisceau lumineux après avoir interagi avec le fluide à analyser, et pour fournir des mesures d'intensité lumineuse pour différentes plages de longueurs d'onde.

Selon un mode de réalisation, la sonde comprend un réflecteur de type rétro réfléchissant vers la source de lumière, disposé de manière à recevoir le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage au travers du fluide à analyser et à le réfléchir sensiblement dans une direction opposée en l'élargissant légèrement vers un guide de lumière de recueil associé au réflecteur et au dispositif d'analyse spectrale de manière à recueillir au moins partiellement le faisceau lumineux ayant traversé le fluide à analyser et à le transmettre au dispositif d'analyse spectrale.

Selon un mode de réalisation, le réflecteur est de type Scotchlite® ou cataphote à prismes rétro réflecteurs.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend un guide de lumière d'éclairage couplé au réflecteur pour transmettre le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage au fluide à analyser.

Selon un mode de réalisation, le réflecteur présente la forme d'une calotte sphérique centrée sensiblement sur le centre d'une face de sortie du guide de lumière d'éclairage.

Selon un mode de réalisation, la sonde comprend une lentille convergente disposée entre la sortie du guide de lumière de diffusion et le fluide à analyser.

Selon un mode de réalisation, le guide de lumière de recueil comprend plusieurs fibres optiques de recueil réparties autour du guide de lumière d'éclairage, le réflecteur étant disposé de manière à renvoyer le faisceau lumineux après avoir traversé le fluide à analyser vers les fibres optiques de recueil au travers du fluide à analyser.

AMENDED SHEET

Selon un mode de réalisation, la sonde comprend un coupleur optique en Y pour transmettre le faisceau lumineux en sortie du guide de lumière d'éclairage au fluide à analyser, et pour transmettre le faisceau lumineux issu du fluide à analyser au guide de lumière de recueil.

5 Selon un mode de réalisation, le dispositif d'éclairage comprend une diode électroluminescente émettant de la lumière couvrant la bande de longueurs d'onde, couplée au guide de lumière d'éclairage.

10 Selon un mode de réalisation, le dispositif d'éclairage comprend plusieurs composants émetteurs de lumière émettant de la lumière dans des plages de longueurs d'onde distinctes incluses dans la bande de longueurs d'onde, le guide de lumière d'éclairage couplé aux composants émetteurs de lumière pour transmettre la lumière émise par les composants émetteurs de lumière à la sonde.

15 Selon un mode de réalisation, le dispositif d'éclairage comprend un composant optique mélangeur pour combiner les flux lumineux émis par les composants émetteurs de lumière en un faisceau lumineux résultant couvrant la bande de longueurs d'onde, le composant optique mélangeur étant couplé au guide de lumière d'éclairage pour guider le faisceau lumineux résultant dans le guide d'éclairage.

20 Selon un mode de réalisation, le composant optique mélangeur présente une face d'entrée recevant la lumière provenant des composants émetteurs de lumière, une face de sortie couplée au guide de lumière d'éclairage, et une forme sensiblement de révolution optimisée pour transmettre un maximum de lumière des composants émetteurs de lumière au guide d'éclairage.

25 Selon un mode de réalisation, le composant optique mélangeur recouvre une surface émettrice de lumière de chacun des composants émetteurs de lumière.

Selon un mode de réalisation, le composant optique mélangeur est couplé par une ou plusieurs fibres optiques à une surface émettrice de lumière de chacun des composants émetteurs de lumière.

30 Selon un mode de réalisation, le faisceau lumineux produit par le dispositif d'éclairage couvre une bande de longueurs d'onde comprise entre 700 nm et 1100 nm.

Selon un mode de réalisation, le dispositif d'éclairage comprend plusieurs composants émetteurs de lumière émettant de la lumière sensiblement dans la même plage de longueurs d'onde.

Selon un mode de réalisation, les composants émetteurs de lumière sont des diodes électroluminescentes.

Selon un mode de réalisation, le dispositif d'analyse spectrale comprend un premier guide de lumière couplé à la sonde et recevant le faisceau lumineux après avoir interagi avec le fluide à analyser et le diffusant vers un premier ensemble de cellules photosensibles au travers d'un premier dispositif de filtrage optique agencé pour transmettre à chacune des cellules photosensibles une partie du faisceau lumineux couvrant une plage de longueurs d'onde respective située dans la bande de longueurs d'onde.

10 Selon un mode de réalisation, le premier guide de lumière présente une forme de lame en un matériau transparent, recevant le faisceau lumineux issu du fluide à analyser par une tranche de la lame et le diffusant en l'étalant vers une tranche opposée de la lame en regard de laquelle sont disposés le premier dispositif de filtrage et le premier ensemble de cellules photosensibles.

15 Selon un mode de réalisation, le guide de lumière de recueil est couplé au premier guide de lumière pour lui transmettre le faisceau lumineux.

Selon un mode de réalisation, le dispositif d'analyse spectrale comprend une barrette de photodétecteurs comportant le premier ensemble de cellules photosensibles, qui est fixée à la tranche de la lame par l'intermédiaire du premier dispositif de filtrage.

20 Selon un mode de réalisation, le premier dispositif de filtrage comprend un filtre du type interférentiel de transmission spectrale linéairement variable sur sa longueur.

25 Selon un mode de réalisation, le dispositif de filtrage couvre une bande de longueurs d'onde comprise entre 700 nm et 1100 nm.

Selon un mode de réalisation, le dispositif d'analyse spectrale comprend un second guide de lumière prélevant une partie du faisceau lumineux directement en sortie du dispositif d'éclairage et transmettant la partie du faisceau lumineux à un second ensemble de cellules photosensibles au travers d'un second dispositif de filtrage optique agencé pour transmettre à chacune des cellules photosensibles une partie du faisceau lumineux couvrant une plage de longueurs d'onde respective située dans la bande de longueurs d'onde.

30 Selon un mode de réalisation, le second guide de lumière présente une forme de lame en un matériau transparent, recevant la partie du faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage par une tranche de la lame et le diffusant en l'étalant vers une

tranche opposée de la lame en regard de laquelle sont disposés le second dispositif de filtrage et le second ensemble de cellules photosensibles.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend un guide de lumière couplé au second guide de lumière pour transmettre le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage au second guide de lumière.

Selon un mode de réalisation, le dispositif d'analyse spectrale comprend une barrette de photodétecteurs comportant le premier et le second ensembles de cellules photosensibles, qui est fixée à la tranche des lames des premier et second guides de lumière par l'intermédiaire des premier et second dispositifs de filtrage.

Selon un mode de réalisation, le second dispositif de filtrage comprend un filtre du type interférentiel de transmission spectrale linéairement variable sur sa longueur.

Des exemples de réalisation 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 sous la forme de bloc des fonctions d'un dispositif de spectrométrie adapté à l'environnement d'un moteur thermique ou d'un véhicule,
- la figure 2A est une vue latérale d'un dispositif d'éclairage du dispositif de spectrométrie,
- la figure 2B est une vue de face de sources lumineuses du dispositif d'éclairage,
- la figure 3 représente sous la forme de courbes des exemples de spectres d'émission de sources lumineuses du dispositif d'éclairage,
- la figure 4 est une vue latérale d'une variante de réalisation du dispositif d'éclairage du dispositif de spectrométrie,
- la figure 5A est une vue latérale d'une sonde de transmission au fluide à analyser d'un faisceau lumineux généré par le dispositif d'éclairage,
- la figure 5B est une vue en coupe d'un agencement de fibres optiques dans la sonde,
- la figure 6 est une vue latérale d'une variante de réalisation de la sonde,
- la figure 7 est une vue latérale d'une autre variante de réalisation de la sonde,
- la figure 8A est une vue de dessus d'un dispositif d'analyse spectrale du dispositif de spectrométrie,
- la figure 8B est une vue latérale du dispositif d'analyse spectrale,
- la figure 9 représente sous forme de blocs l'agencement du dispositif de spectrométrie,
- la figure 10 représente sous forme de blocs une variante d'agencement du dispositif de spectrométrie,

- la figure 11 est une vue de dessus du dispositif d'analyse spectrale du dispositif de spectrométrie représenté sur la figure 10,
- la figure 12 représente un exemple de courbe d'absorption d'un fluide obtenue par le dispositif d'analyse spectrale,

5 Dans la description des figures qui suit, les mêmes éléments portent les mêmes références.

La figure 1 représente un dispositif de spectrométrie FAN pour analyser un fluide. Le dispositif FAN comprend :

- un dispositif d'éclairage LSRC couvrant au moins une bande de longueurs
10 d'ondes dans laquelle des mesures de spectrométrie doivent être effectuées,
- une sonde PRB configurée pour que la lumière produite par le dispositif d'éclairage LSRC interagisse avec le fluide à analyser,
- un capteur d'analyse spectrale SPAN qui analyse la lumière en sortie de la sonde, et
- 15 - des éléments optiques 4, 12 configurés pour guider le faisceau lumineux entre la source et la sonde et entre la sonde et le capteur.

Le fluide à analyser peut être un gaz ou un liquide, et en particulier un hydrocarbure ou un mélange d'hydrocarbures, ou encore un mélange d'hydrocarbures et de biocarburants.

20 Les figures 2A et 2B représentent un mode de réalisation du dispositif d'éclairage LSRC. Le dispositif d'éclairage LSRC comprend une source de lumière 1 montée sur un support 2, et connectée à une source d'énergie (non représentée) par des broches de connexion 5. La source de lumière 1 comprend par exemple un composant émetteur de lumière du type diode électroluminescente (DEL). Le support
25 2 peut comprendre une plaquette de circuit imprimé sur laquelle est monté et connecté le composant émetteur de lumière 1.

Une fibre optique 4 est couplée à la surface émettrice de lumière du composant 1 pour transmettre la lumière générée vers la sonde PRB.

30 Si la bande de longueurs d'onde à couvrir pour réaliser les mesures de spectrométrie ne peut pas être couverte par un seul composant émetteur de lumière, plusieurs composants émetteurs de lumière 1a-1g dans différentes plages de longueurs d'onde peuvent être montés sur le support 2.

Ainsi, les diodes électroluminescentes actuelles présentent un spectre de longueur d'onde d'émission de quelques dizaines de nanomètres de large. Plusieurs
35 diodes électroluminescentes sont donc nécessaires si le spectre à couvrir s'étend sur

plusieurs centaines de nanomètres. Ainsi, le dispositif d'éclairage peut par exemple couvrir un spectre de longueurs d'ondes compris entre 700 et 1100 nm.

Le dispositif d'éclairage LSRC comprend alors un composant optique 3 configuré pour mélanger la lumière issue de chacun des composants émetteurs de lumière 1a-1g et guider la lumière mélangée vers la fibre optique 4. Le composant optique 3 peut être réalisé dans un matériau transparent dans le spectre de longueurs d'onde de mesure de l'analyseur. Le composant optique 3 est par exemple de type TIR (Total Internal Reflection), afin de transmettre avec un rendement optimum l'énergie lumineuse produite par les composants émetteurs de lumière 1a-1g à la fibre optique 4. Le composant 3 présente une face d'entrée couvrant l'ensemble des composants émetteurs de lumière 1a-1g et une face de sortie ayant sensiblement la forme et les dimensions de la face d'entrée de la fibre 4. Le composant 3 présente une forme de révolution sensiblement conique, dont la génératrice est optimisée pour transmettre à la fibre optique 4 le maximum de lumière issue des émetteurs 1a-1g. Le composant 3 est fixé sur les composants 1a-1g et sur le support 2 par exemple au moyen d'une couche de colle transparente 3a dans laquelle les composants 1a-1g sont noyés. La fibre optique 4 peut également être fixée sur le composant 3 au moyen d'une colle transparente.

La figure 3 représente six courbes de puissance lumineuse en fonction de la longueur d'onde, correspondant aux spectres d'émission C1-C5 de différentes diodes électroluminescentes, et au spectre résultant CR obtenu après mélange par le composant optique 3 des spectres C1-C5. Les spectres d'émission C1-C5 présentent chacun sensiblement la forme d'une courbe de Gauss. Les spectres C1-C5 présentent des valeurs maximum respectives au voisinage de 850 nm, de 890 nm, de 940 nm, de 970 nm, et de 1050 nm. Comme ces valeurs maximum ne sont pas identiques le dispositif d'éclairage LSRC peut comprendre plusieurs composants émetteurs de lumière présentant un spectre d'émission sensiblement identique pour que le spectre résultant CR soit le plus plat possible (puissance constante) dans la bande de longueurs d'onde à couvrir.

La figure 4 représente un autre mode de réalisation du dispositif d'éclairage. Sur la figure 4, le dispositif d'éclairage LSRC1 comprend plusieurs composants émetteurs de lumière 1a, 1b, 1c, chaque composant étant monté sur un support 2a, 2b, 2c, et couplé directement à une fibre optique 7a, 7b, 7c. La surface émettrice de lumière de chaque composant 1a, 1b, 1c est ainsi en contact avec la surface d'entrée de la fibre optique 7a, 7b, 7c. La surface de sortie de chaque fibre optique est couplée

à un composant optique tel que le composant optique 3 précédemment décrit. Les fibres optiques 7a, 7b, 7c peuvent être fixées aux composant 1a, 1b, 1c ou aux supports 2a, 2b, 2c et au composant 3 au moyen d'une colle transparente.

Ici encore, le composant optique mélangeur 3 peut être omis. Les fibres optiques issues des diodes sont alors rassemblées en un faisceau de fibres optiques transmettant le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage à la sonde PRB.

Il est à noter que dans le mode de réalisation de la figure 4, les diodes 1a-1c peuvent aussi être montées sur le même support 2 comme illustré sur les figures 2A, 2B.

La figure 5A représente la sonde PRB. La sonde PRB comprend plusieurs fibres optiques 4, 12 disposées en faisceau et une lentille convergente 19.

La figure 5B représente un exemple de disposition des fibres dans le faisceau. Sur la figure 5B, le faisceau comprend une fibre optique centrale dite d'éclairage, correspondant à la fibre 4 provenant du dispositif d'éclairage LSRC, et des fibres optiques latérales 12 dites de recueil, disposées autour de la fibre centrale 4. La fibre optique centrale 4 peut présenter un diamètre différent, par exemple supérieur à celui des fibres latérales 12. Dans l'exemple de la figure 5B, la sonde PRB comprend sept fibres 12.

La lentille 19 est couplée aux fibres 4, 12 de manière à ce que son axe optique coïncide sensiblement avec celui du faisceau lumineux en sortie de la fibre centrale 4, le centre de la face de sortie de la fibre 4 étant situé au voisinage du foyer de la lentille. Le diamètre de la lentille 19 est tel qu'un faisceau de lumière transmis par la fibre 4 est entièrement transmis par la lentille vers l'infini, compte tenu de l'angle d'ouverture du faisceau lumineux en sortie de la fibre 4. L'ensemble des fibres 4, 12 et de la lentille 19 peut être logé dans un boîtier 18.

Le fluide à analyser est disposé sur le trajet du faisceau lumineux en sortie de la lentille 19. A cet effet, une conduite ou un réservoir 10 contenant le fluide à analyser 20 comporte une fenêtre transparente 11a et un réflecteur plan 13, disposés sur le trajet du faisceau lumineux en sortie de la lentille 19. Le réflecteur 13 est disposé perpendiculairement à l'axe optique 16, afin que le faisceau lumineux traverse le fluide à analyser 20 et soit réfléchi vers les fibres 4 et 12 au travers de la lentille 19. Ainsi le faisceau lumineux traverse deux fois le fluide à analyser entre la fenêtre 11a et le réflecteur 13.

Le réflecteur 13 est de type rétro réfléchissant vers la source de lumière, c'est-à-dire réfléchissant chaque rayon lumineux incident dans la direction opposée à celle

du rayon lumineux incident avec une légère déflexion afin que le faisceau réfléchi soit focalisé par la lentille 19 sur une surface plus large que la fibre 4, couvrant en particulier la face d'entrée des fibres 12.

Par exemple, les surfaces réfléchissantes commercialisées sous la marque Scotchlite® par la société 3M présentent cette propriété : un faisceau lumineux qui arrive sur une telle surface repart dans une direction opposée avec un léger élargissement angulaire. Ce type de surface sert par exemple à fabriquer des vêtements de sécurité rétro réfléchissants. A cet effet, la surface réfléchissante comprend des microbilles transparentes collées sur un support et dont la moitié de la surface tournée vers le support est recouverte d'une couche réfléchissante.

Les cataphotes à prismes rétro réflecteurs présentent également cette propriété.

Cette propriété permet de compenser un défaut d'alignement entre un axe perpendiculaire au réflecteur 13 et l'axe optique 16 de la lentille 19.

La conduite ou le réservoir 10 peut comprendre une seconde fenêtre transparente 11b placée sur le trajet du faisceau lumineux, sur laquelle le réflecteur 13 est fixé.

Bien entendu, la fenêtre transparente 11a peut être confondue avec la lentille 19.

La figure 6 représente un autre mode de réalisation de la sonde. Dans ce mode de réalisation, la sonde PRB1 diffère de celle représentée sur la figure 5A par l'absence de la lentille 19. Le réservoir ou la conduite 10' contenant le fluide à analyser 20 comporte comme sur la figure 5A une fenêtre transparente 11a laissant pénétrer le faisceau lumineux issu de la fibre 4 dans le fluide à analyser. En regard de la fenêtre transparente 11a, il est prévu un réflecteur 13' en forme de calotte sphérique centrée sensiblement sur le centre de la face de sortie de la fibre 4. Ainsi, tous les rayons du faisceau lumineux en sortie de la fibre 4 parcourent sensiblement un trajet de longueur égale dans le fluide à analyser 20.

Le réflecteur 13' présente une surface rétro réfléchissante telle qu'elle élargit le faisceau réfléchi afin de couvrir les faces d'entrée des fibres 12.

Ainsi, la totalité du faisceau issu de la fibre 4 pénètre dans la conduite ou le réservoir 10' par la fenêtre transparente 11a et est réfléchi par le réflecteur 13 vers les fibres 4, 12.

Ici encore, le réflecteur 13' est disposé soit à l'intérieur de la conduite ou du réservoir, soit sur une fenêtre transparente en forme de calotte sphérique prévue dans la conduite ou le réservoir 10'.

Il peut être également prévu de solidariser l'extrémité des fibres 4, 12 au réflecteur 13' et de noyer l'ensemble dans le fluide à analyser 20.

La figure 7 représente un autre mode de réalisation de la sonde. Dans ce mode de réalisation, la sonde PRB2 diffère de celle représentée sur la figure 5A par la présence d'un coupleur en Y 25 et d'une seule fibre de recueil 12'. La sonde PRB2 comprend une fibre unique 26 transmettant le faisceau lumineux au fluide à analyser 20 et captant le faisceau lumineux provenant de ce dernier. Le coupleur 25 est configuré pour séparer les faisceaux lumineux en fonction de leur direction de propagation et ainsi d'orienter le faisceau issu du dispositif d'éclairage LSRC ou LSRC1 vers la fibre 26 et le fluide à analyser, et le faisceau lumineux ayant traversé le fluide à analyser et transmis par la fibre 26 vers la fibre optique 12' couplée à l'entrée du capteur d'analyse spectrale SPAN. Les fibres optiques 4, 26 et 12' peuvent être fixées au coupleur 25 au moyen d'une colle transparente.

Bien entendu, comme précédemment décrit en référence à la figure 6, la lentille 19 dans le mode de réalisation de la figure 7 peut être supprimée. Dans ce cas, on utilise un réflecteur en forme de calotte sphérique comme celui présenté sur la figure 6.

Les figures 8A, 8B représentent un mode de réalisation du capteur d'analyse spectrale SPAN. Le capteur SPAN comprend un guide de lumière 21, un filtre optique 22 et un capteur photosensible 24. Le guide de lumière 21 est en un matériau transparent, par exemple en verre, et présente la forme d'une lame sensiblement parallélépipédique, de faible épaisseur sensiblement égale ou supérieure au diamètre des fibres optiques 12 provenant de la sonde PRB. Chaque fibre optique de recueil 12 est fixée sur une face latérale ou tranche 210 de la lame, par exemple à l'aide d'une colle transparente.

Le capteur 24 comprend un ensemble de cellules photosensibles pouvant être disposées en barrette, et recouvertes par le filtre 22. La barrette de cellules photosensibles avec le filtre 22 recouvre la face latérale ou tranche 211 du guide 21 opposée à la face latérale ou tranche 210 où sont fixées les fibres optiques de recueil 12. Le capteur 24 est par exemple du type capteur CMOS comprenant une pluralité d'éléments photosensibles, par exemple 64 ou 128 cellules photosensibles. Le filtre 22 comprend un élément de filtre par cellule photosensible, configuré pour

transmettre des rayons lumineux situés dans une plage respective de longueurs d'onde de la bande de longueurs d'onde à analyser, afin que chaque cellule photosensible fournisse la valeur d'un point de la courbe du spectre à générer. Le signal de sortie de chaque cellule constitue une mesure de quantité de lumière ayant traversé le fluide à analyser pour la plage de longueurs d'onde transmise à la cellule par le filtre 22.

Les mesures ainsi réalisées par les cellules sont envoyées à un dispositif de traitement de signaux RDP configuré pour générer un spectre de la forme $I = f(\lambda)$ donnant la quantité de lumière I transmise par le fluide à analyser en fonction de la longueur d'onde λ . Le dispositif de traitement de signaux est également configuré pour déduire du spectre d'absorption ainsi généré des caractéristiques SPCT du fluide traversé par le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage LSRC.

Le matériau constituant le guide 21 présente un indice de réfraction tel que tous les rayons lumineux introduits par la tranche 210 sont réfléchis par les parois du guide et ne ressortent de celui-ci que par la tranche opposée 211. Ainsi les faisceaux lumineux en sortie des fibres optiques de recueil 12 sont transmis en totalité au filtre 22. La géométrie ainsi choisie du guide 21 permet de répartir d'une manière sensiblement homogène les faisceaux lumineux provenant de la sonde PRB sur toute la surface du filtre 22.

Le guide 21 présente par exemple une épaisseur d'environ 1 mm d'épaisseur et une largeur d'environ 7 mm pour sept fibres de recueil 12, ayant chacune environ 1 mm de diamètre. La longueur du guide 21 est par exemple déterminée en fonction de l'angle d'ouverture du faisceau lumineux en sortie des fibres 12 dans le guide 21, de manière à ce que le faisceau 27 en sortie de la fibre de recueil fixée au milieu de la largeur du guide 21 couvre la totalité du filtre 22.

Le filtre 22 peut être du type interférentiel de transmission spectrale linéairement variable sur sa longueur, laissant passer chaque composante de longueur d'onde du faisceau lumineux reçu en une position fonction de sa longueur d'onde, le long de la largeur de la face (tranche) de sortie 211 du guide 21. Ainsi, chaque cellule photosensible du capteur 24 reçoit des rayons lumineux situés dans une bande de longueur d'onde distincte, et deux cellules adjacentes du capteur reçoivent des rayons lumineux situés dans deux plages de longueurs d'onde contiguës.

Bien entendu, si la sonde comprend une seule fibre optique de recueil comme la fibre 12' sur la figure 7, une seule fibre est fixée sur la face (tranche) d'entrée 210 du guide de lumière 21, de préférence au milieu de cette face.

La figure 9 représente l'agencement des différents composants précédemment décrits dans le dispositif de spectrométrie FAN. Sur la figure 9, le dispositif d'éclairage LSRC est relié à la sonde PRB (ou PRB1, PRB2) par l'intermédiaire de la fibre optique 4. Dans le cas de la sonde PRB ou PRB2, la lentille 19 est placée en regard de la fenêtre transparente 11a et du réflecteur 13 sur la conduite ou le réservoir 10 contenant le fluide analyser 20. La sonde PRB (ou PRB1, PRB2) est reliée au capteur d'analyse spectrale SPAN par l'intermédiaire des fibres optiques 12 (ou de la fibre optique 12' dans le cas de la sonde PRB2).

La figure 10 représente un autre mode de réalisation du dispositif de spectrométrie. Sur la figure 10, le dispositif de spectrométrie FAN1 diffère du dispositif de spectrométrie FAN en ce qu'il comprend un dispositif d'analyse spectrale SPAN1, et une fibre optique 4' reliant la sortie du dispositif d'éclairage LSRC au dispositif SPAN1.

Sur les figures 9 et 10, le dispositif d'éclairage peut être également le dispositif LSRC1.

La figure 11 représente le capteur d'analyse spectrale SPAN1 du dispositif de spectrométrie FAN1. Sur la figure 11, le capteur d'analyse spectrale SPAN1 comprend deux capteurs tel que celui SPAN représenté sur les figures 8A, 8B. Ainsi, le capteur SPAN1 comprend deux guides de lumière 21, 21' et deux filtres optiques 22, 22' et deux capteurs photosensibles. La face d'entrée du guide 21 est couplée aux fibres optiques 12 et la face d'entrée du guide 21' est couplée à la fibre optique 4'.

La fibre optique 4' peut être connectée au dispositif d'éclairage LSRC (ou LSRC1) par l'intermédiaire d'un coupleur de fibres optiques (non représenté) connu en soi, capable de transmettre le faisceau lumineux en sortie du composant mélangeur 3 sensiblement sans pertes et d'une manière équilibrée aux deux fibres optiques 4, 4'.

Dans l'exemple de la figure 11, le capteur SPAN1 comprend un seul capteur photosensible 24' comprenant deux fois plus de cellules photosensibles, par exemple 128 ou 256 pour analyser les faisceaux lumineux transmis par les deux guides 21, 21' associé chacun à un filtre 22, 22'.

La lumière transmise directement du dispositif d'éclairage LSRC par la fibre 4' est analysée au travers du filtre 22' et donne pour chaque longueur d'onde λ la quantité de lumière $R(\lambda)$ émise par le dispositif d'éclairage.

La lumière transmise de la sonde PRB par les fibres de recueil 12 donne pour chaque longueur d'onde λ la quantité de lumière $t(\lambda)$ ayant traversé le fluide à analyser.

Le dispositif SPAN1 peut ainsi constituer un spectre de transmission corrigé
5 tenant compte des fluctuations éventuelles du faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage, de la forme $T(\lambda) = t(\lambda)/R(\lambda)$.

La figure 12 représente un exemple d'un tel spectre d'absorption T entre les longueurs d'onde égales à 850 nm et 1050 nm, T étant égal sensiblement à 1 lorsque le fluide est totalement transparent à la longueur d'onde λ correspondante et égal
10 sensiblement à 0 lorsque le fluide est totalement opaque à la longueur d'onde λ correspondante.

Bien entendu, les fibres optiques 4, 4', 12, 12' précédemment décrites reliant entre eux le dispositif d'éclairage LSRC, LSRC1, la sonde PRB, PRB1, PRB2 et le dispositif d'analyse SPAN, SPAN1 peuvent être remplacées par des faisceaux de
15 fibres.

L'alignement des différents éléments optiques du dispositif de spectrométrie FAN, FAN1 est effectué lors de l'assemblage de ces éléments et de leur connexion par des fibres optiques. L'assemblage peut être réalisé de manière à former un seul bloc sans air ni vide entre les composants optiques grâce à l'usage de fibres optiques,
20 ce qui permet également de rendre le dispositif insensible aux vibrations. Ainsi, l'ensemble des composants et des fibres optiques du dispositif peut par exemple être noyé dans une résine, par exemple de type "potting", adaptée pour résister aux milieux agressifs.

En outre, le dispositif de spectrométrie FAN, FAN1 utilise exclusivement des
25 composants de faible coût et à longue durée de vie, et sa constitution le rend compatible à une fabrication en grande série. Le dispositif de spectrométrie s'avère donc parfaitement adapté à l'environnement d'un moteur thermique et d'un véhicule.

Il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que la présente invention est susceptible de diverses variantes de réalisation et (diverses) applications. En
30 particulier, l'invention n'est pas limitée à l'usage de fibres optiques pour relier les différents éléments (dispositif d'éclairage, sonde et dispositif d'analyse spectrale) du dispositif de spectrométrie. L'invention n'est pas non plus limitée à un dispositif comportant une seule fibre optique reliant le dispositif d'éclairage à la sonde et au dispositif d'analyse spectrale, et à une ou sept fibres optiques reliant la sonde au

dispositif d'analyse spectrale. En effet, ces liaisons peuvent être également réalisées par des guides de lumière constitués d'un faisceau de fibres optiques.

L'invention peut également comprendre un dispositif d'éclairage sans composant optique mélangeur 3. En effet, ce composant peut être omis si l'on utilise
5 une fibre optique ou un faisceau de fibres optiques ayant une face d'entrée couvrant l'ensemble des diodes électroluminescentes. La fibre optique ou le faisceau peuvent alors être fixés sur les diodes au moyen d'une couche de colle transparente dans laquelle les diodes sont noyées. En l'absence du composant optique mélangeur 3, les faisceaux lumineux situés dans différentes plages de longueurs d'onde générés par
10 les diodes électroluminescentes 1a-1g sont mélangés dans le fluide à analyser, puis recueillies par les fibres optiques 12 ou la fibre 12' et le guide optique 21. Dans le mode de réalisation de la figure 11, les faisceaux lumineux envoyés directement vers le dispositif d'analyse spectrale SPAN1 sont mélangés dans la fibre 4' et dans le guide de lumière 21'.

15 L'invention n'est pas non plus limitée à un guide de lumière 21, 21' en forme de lame. D'autres formes peuvent également convenir selon la forme et la répartition des cellules photosensibles. La prévision d'un tel guide de lumière permet de répartir un faisceau lumineux d'une manière sensiblement homogène sur toutes les cellules du capteur photosensible.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de spectrométrie comprenant :
 - un dispositif d'éclairage (LSRC, LSRC1) configuré pour générer un faisceau lumineux couvrant une bande de longueurs d'ondes,
 - une sonde (PRB, PRB1, PRB2) configurée pour que le faisceau lumineux
 - 5 issu du dispositif d'éclairage interagisse avec un fluide à analyser (20), et
 - un dispositif d'analyse spectrale (SPAN, SPAN1) configuré pour recevoir le faisceau lumineux après avoir interagi avec le fluide à analyser, et pour fournir des mesures d'intensité lumineuse pour différentes plages de longueurs d'onde,
 - dans lequel la sonde (PRB, PRB1, PRB2) comprend un réflecteur (13, 13')
 - 10 de type rétro réfléchissant vers la source de lumière, disposé de manière à recevoir le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage au travers du fluide à analyser (20) et configuré de manière à le réfléchir sensiblement dans une direction opposée en l'élargissant légèrement vers un guide de lumière de recueil (12, 12') associé au réflecteur et au dispositif d'analyse spectrale (SPAN, SPAN1) de manière à recueillir
 - 15 au moins partiellement le faisceau lumineux ayant traversé le fluide à analyser et à le transmettre au dispositif d'analyse spectrale, le réflecteur comprenant une surface rétro-réfléchissante utilisée pour fabriquer des vêtements de sécurité rétro-réfléchissants.
2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le réflecteur (13, 13') est de
- 20 type cataphote à prismes rétro réflecteurs, ou bien comprend des microbilles transparentes collées sur un support et dont la moitié de la surface tournée vers le support est recouverte d'une couche réfléchissante.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, comprenant un guide de lumière
- 25 d'éclairage (4) couplé au réflecteur (13, 13') pour transmettre le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage (LSRC, LSRC1) au fluide à analyser (20).
4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel le réflecteur (13') présente la forme d'une calotte sphérique centrée sensiblement sur le centre d'une face de
- 30 sortie du guide de lumière d'éclairage (4).
5. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel la sonde comprend une lentille convergente (19) disposée entre la sortie du guide de lumière d'éclairage (4) et le fluide à analyser (20).

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel le guide de lumière de recueil comprend plusieurs fibres optiques de recueil (12) réparties autour du guide de lumière d'éclairage (4), le réflecteur (13, 13') étant disposé de manière à renvoyer le faisceau lumineux après avoir traversé le fluide à analyser (20) vers les fibres optiques de recueil au travers du fluide à analyser.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel la sonde (PRB2) comprend un coupleur optique en Y (25) pour transmettre le faisceau lumineux en sortie du guide de lumière d'éclairage (4) au fluide à analyser (20), et pour transmettre le faisceau lumineux issu du fluide à analyser au guide de lumière de recueil (12').

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, dans lequel le dispositif d'éclairage comprend une diode électroluminescente émettant de la lumière couvrant la bande de longueurs d'onde, couplée au guide de lumière d'éclairage (4).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, dans lequel le dispositif d'éclairage (LSRC, LSRC1) comprend plusieurs composants émetteurs de lumière (1a-1g) émettant de la lumière dans des plages de longueurs d'onde distinctes incluses dans la bande de longueurs d'onde, le guide de lumière d'éclairage (4) étant couplé aux composants émetteurs de lumière pour transmettre la lumière émise par les composants émetteurs de lumière à la sonde (PRB, PRB1, PRB2).

10. Dispositif selon la revendication 9, dans lequel le dispositif d'éclairage (LSRC, LSRC1) comprend un composant optique mélangeur (3) pour combiner les flux lumineux émis par les composants émetteurs de lumière (1a-1g) en un faisceau lumineux résultant couvrant la bande de longueurs d'onde, le composant optique mélangeur étant couplé au guide de lumière d'éclairage (4) pour guider le faisceau lumineux résultant dans le guide d'éclairage.

11. Dispositif selon la revendication 10, dans lequel le composant optique mélangeur (3) présente une face d'entrée recevant la lumière provenant des composants émetteurs de lumière (1a-1g), une face de sortie couplée au guide de lumière d'éclairage (4), et une forme sensiblement de révolution optimisée pour transmettre un maximum de lumière des composants émetteurs de lumière au guide d'éclairage.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, dans lequel le composant optique mélangeur (3) recouvre une surface émettrice de lumière de chacun des composants émetteurs de lumière (1a-1g).

5 13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, dans lequel le composant optique mélangeur (3) est couplé par une ou plusieurs fibres optiques (7a, 7b, 7c) à une surface émettrice de lumière de chacun des composants émetteurs de lumière (1a-1c).

10 14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel le faisceau lumineux produit par le dispositif d'éclairage (LSRC, LSRC1) couvre une bande de longueurs d'onde comprise entre 700 nm et 1100 nm.

15 15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel le dispositif d'éclairage (LSRC, LSRC1) comprend plusieurs composants émetteurs de lumière émettant de la lumière sensiblement dans la même plage de longueurs d'onde.

20 16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 15, dans lequel les composants émetteurs de lumière (1a-1g) sont des diodes électroluminescentes.

25 17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans lequel le dispositif d'analyse spectrale (SPAN, SPAN1) comprend un premier guide de lumière (21) couplé à la sonde (PRB, PRB1, PRB2) et recevant le faisceau lumineux après avoir interagi avec le fluide à analyser (20) et le diffusant vers un premier ensemble de cellules photosensibles (24, 24') au travers d'un premier dispositif de filtrage optique (22) agencé pour transmettre à chacune des cellules photosensibles une partie du faisceau lumineux couvrant une plage de longueurs d'onde respective située dans la bande de longueurs d'onde.

30

35 18. Dispositif selon la revendication 17, dans lequel le premier guide de lumière (21) présente une forme de lame en un matériau transparent, recevant le faisceau lumineux issu du fluide à analyser (20) par une tranche (210) de la lame et le diffusant en l'étalant vers une tranche opposée (211) de la lame en regard de laquelle sont disposés le premier dispositif de filtrage (22) et le premier ensemble de cellules photosensibles (24, 24').

19. Dispositif selon la revendication 18, dans lequel le guide de lumière de recueil (12, 12') est couplé au premier guide de lumière (21) pour lui transmettre le faisceau lumineux.

5 20. Dispositif selon la revendication 18 ou 19, dans lequel le dispositif d'analyse spectrale (SPAN, SPAN1) comprend une barrette de photodétecteurs (24, 24') comportant le premier ensemble de cellules photosensibles, qui est fixée à la tranche (211) de la lame (21) par l'intermédiaire du premier dispositif de filtrage (22).

10

21. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, dans lequel le premier dispositif de filtrage (22) comprend un filtre du type interférentiel de transmission spectrale linéairement variable sur sa longueur.

15

22. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, dans lequel le dispositif de filtrage (22) couvre une bande de longueurs d'onde comprise entre 700 nm et 1100 nm.

20

23. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 17 à 22, dans lequel le dispositif d'analyse spectrale (SPAN1) comprend un second guide de lumière (21') prélevant une partie du faisceau lumineux directement en sortie du dispositif d'éclairage (LSRC, LSRC1) et transmettant la partie du faisceau lumineux à un second ensemble de cellules photosensibles (24') au travers d'un second dispositif de filtrage optique (22') agencé pour transmettre à chacune des cellules photosensibles une partie du faisceau lumineux couvrant une plage de longueurs d'onde respective
25 située dans la bande de longueurs d'onde.

30

24. Dispositif selon la revendication 23, dans lequel le second guide de lumière (21') présente une forme de lame en un matériau transparent, recevant la partie du faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage (LSRC, LSRC1) par une tranche de la lame et le diffusant en l'étalant vers une tranche opposée de la lame en regard de laquelle sont disposés le second dispositif de filtrage (22') et le second ensemble de cellules photosensibles (24').

25. Dispositif selon la revendication 24, comprenant un guide de lumière (4') couplé au second guide de lumière (21') pour transmettre le faisceau lumineux issu du dispositif d'éclairage (LSRC, LSRC1) au second guide de lumière (21').

5 26. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 23 à 25, dans lequel le dispositif d'analyse spectrale (SPAN1) comprend une barrette de photodétecteurs (24') comportant le premier et le second ensembles de cellules photosensibles, qui est fixée à la tranche des lames des premier et second guides de lumière (21, 21') par l'intermédiaire des premier et second dispositifs de filtrage (22, 22').

10

27. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 23 à 26, dans lequel le second dispositif de filtrage (22') comprend un filtre du type interférentiel de transmission spectrale linéairement variable sur sa longueur.

1/5

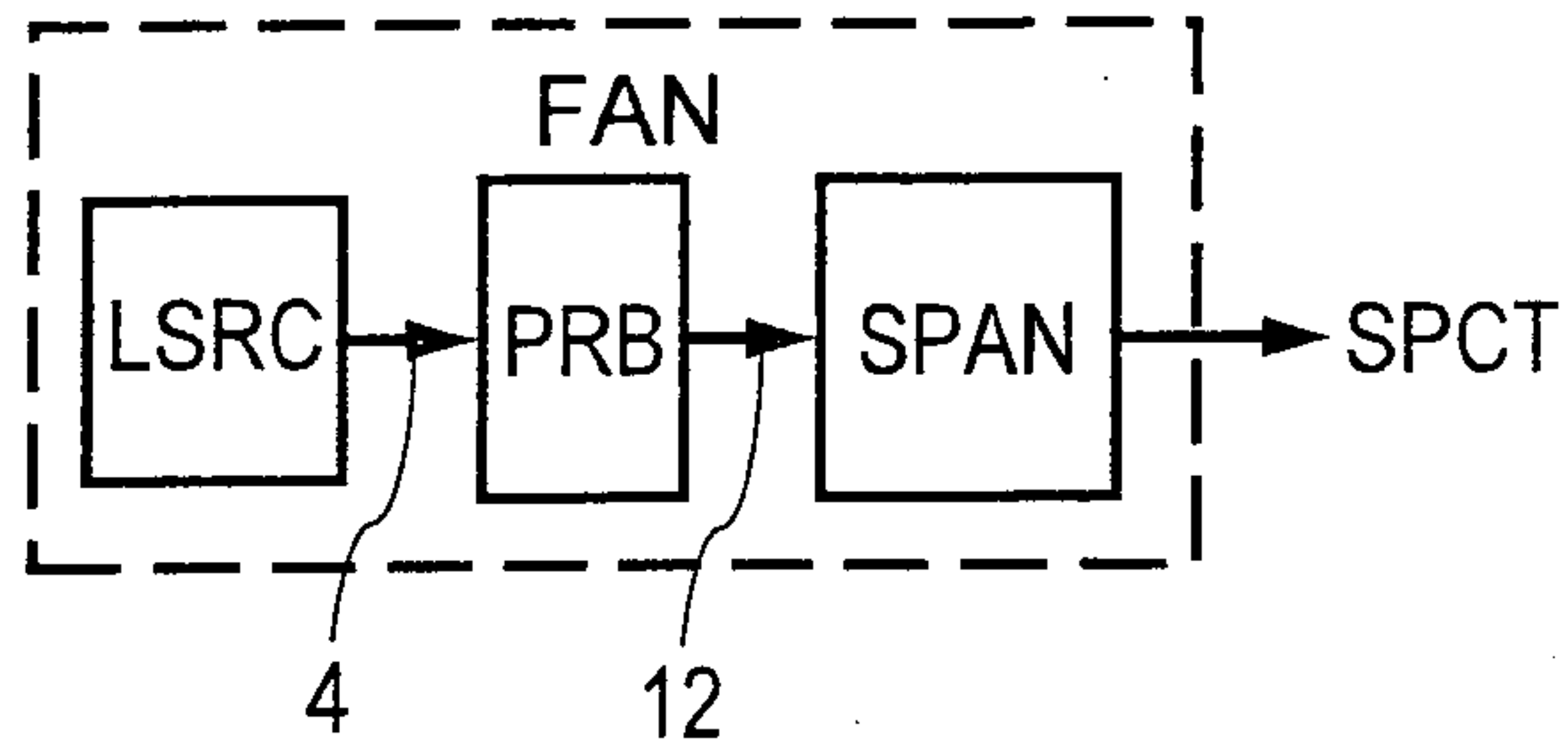


Fig. 1

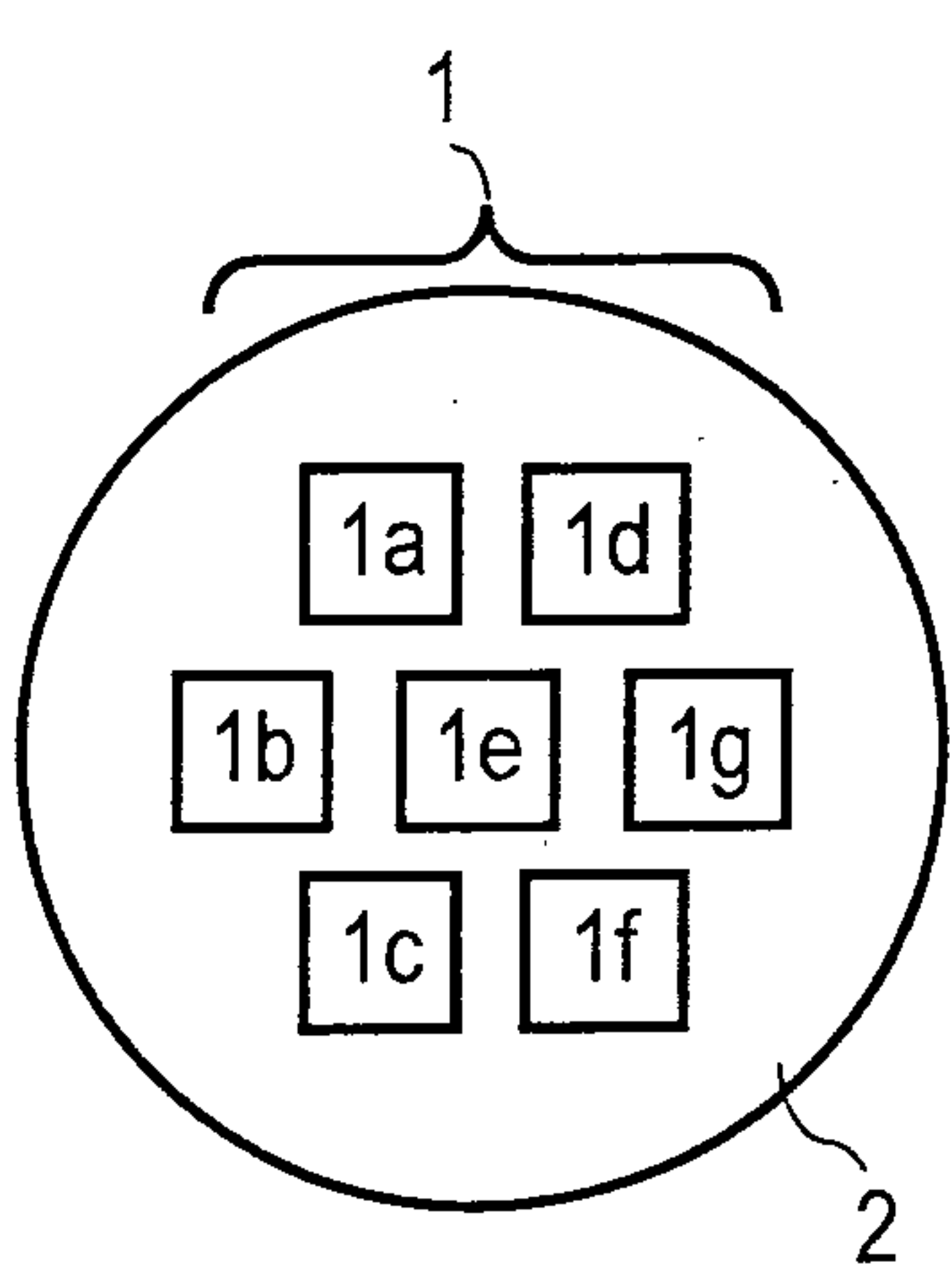


Fig. 2B

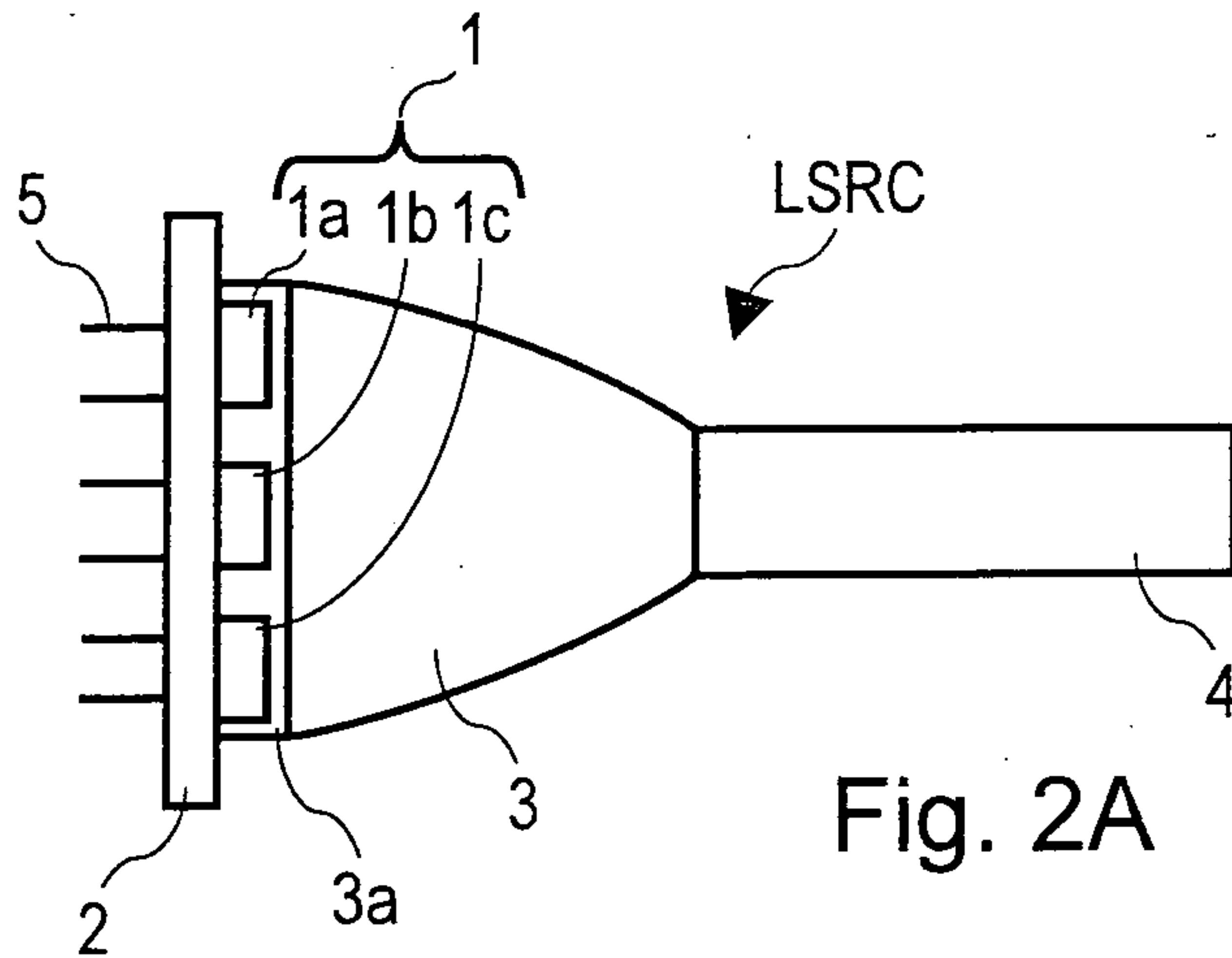
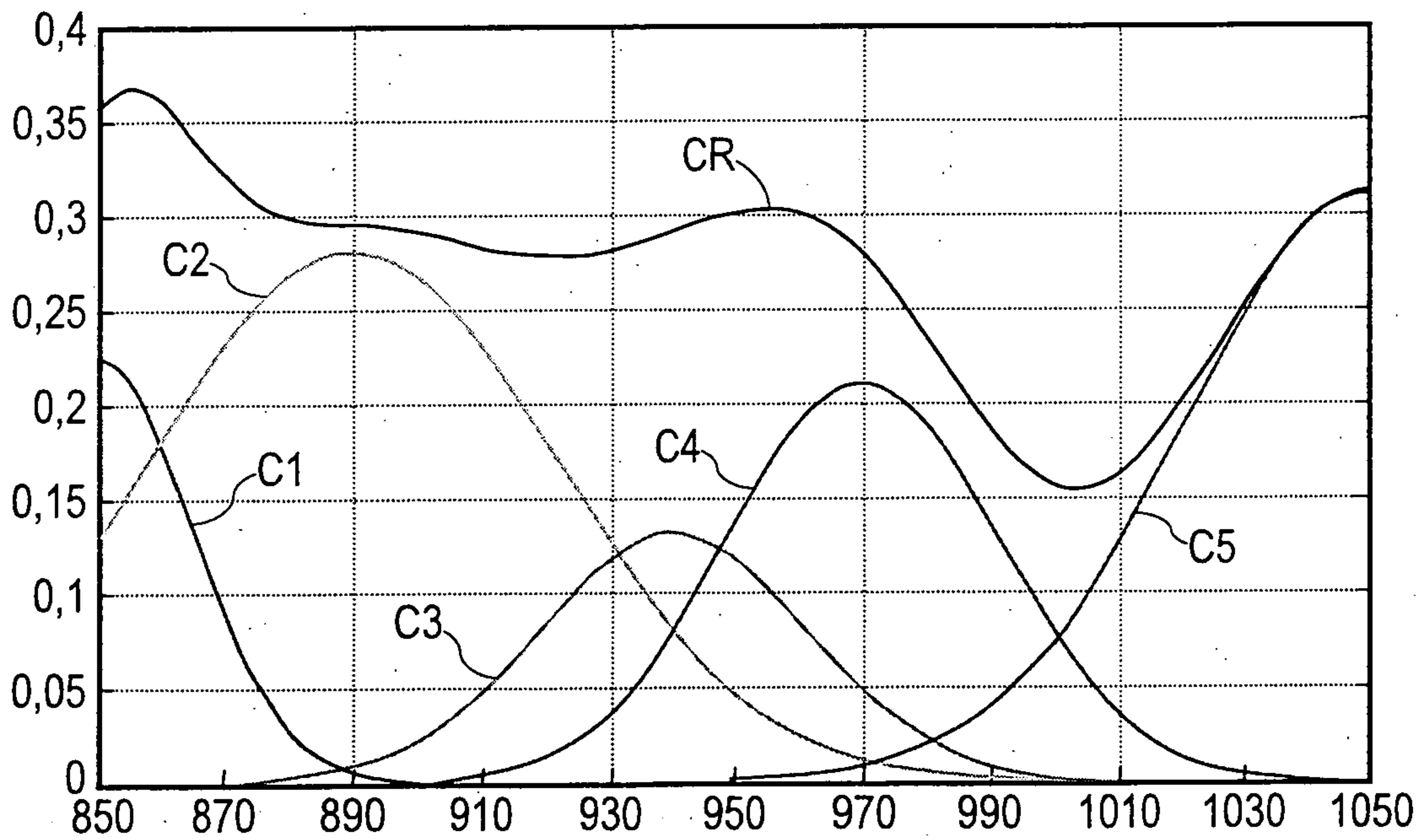


Fig. 2A

Fig. 3



2/5

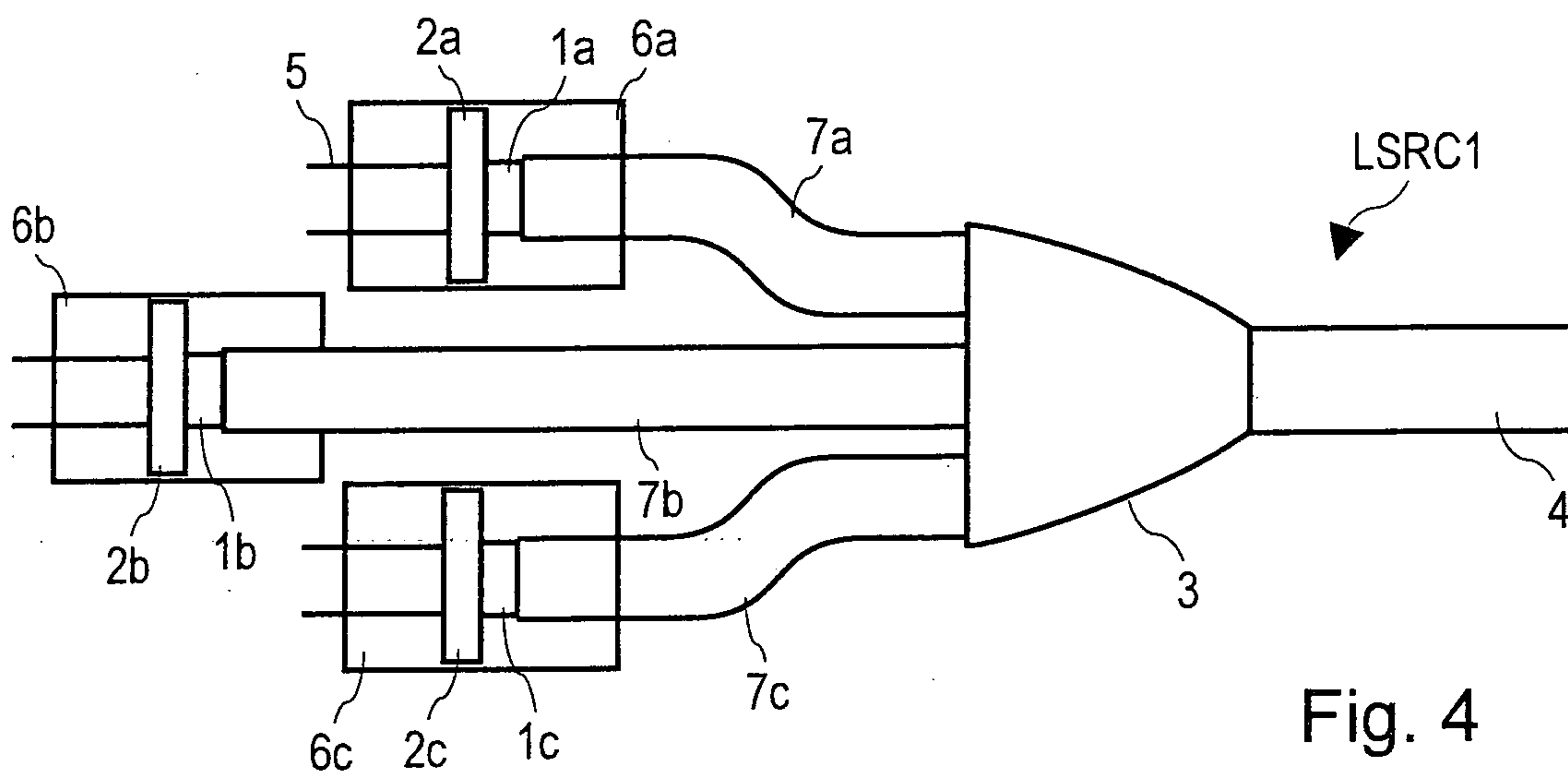


Fig. 4

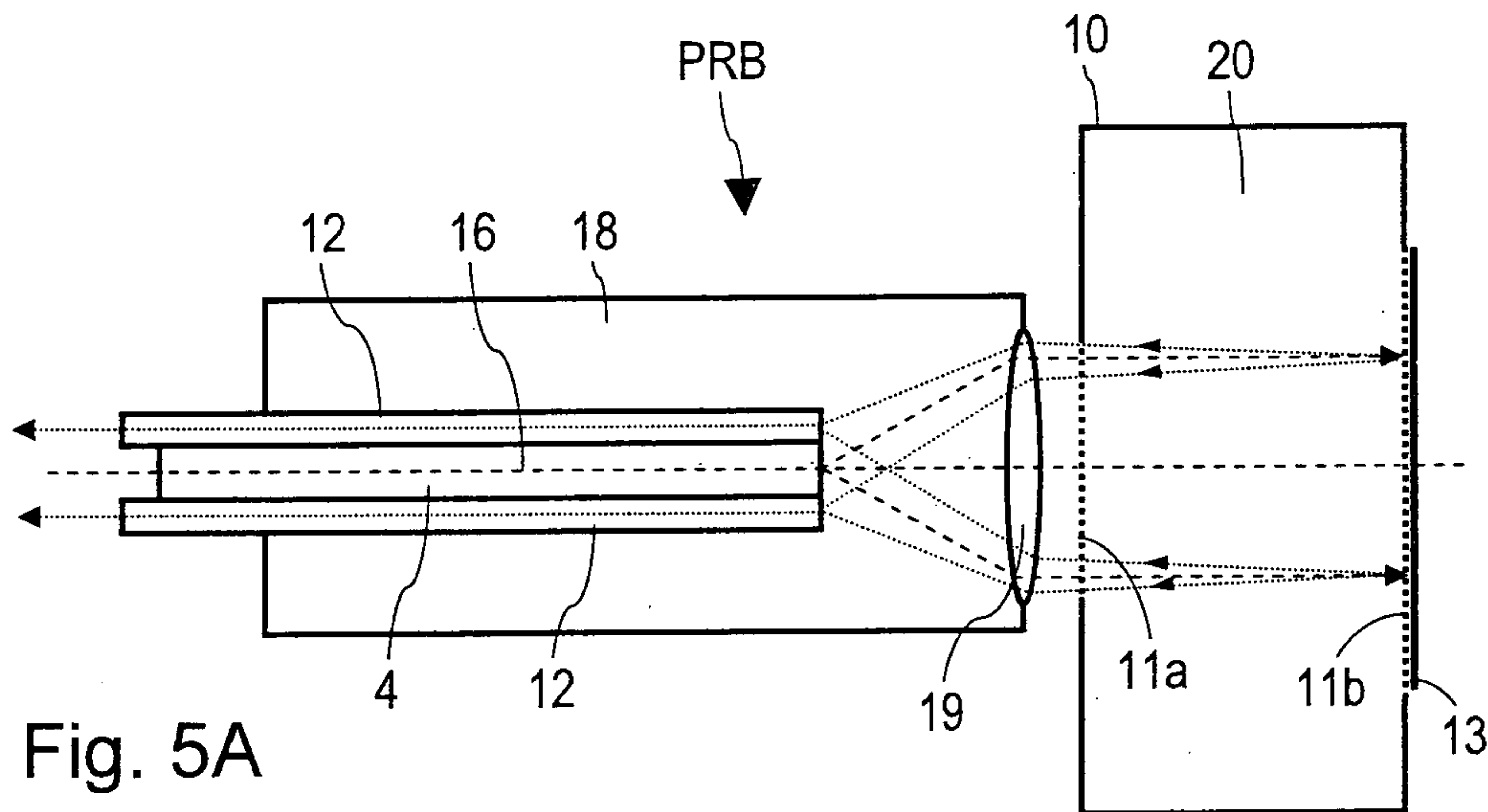


Fig. 5A

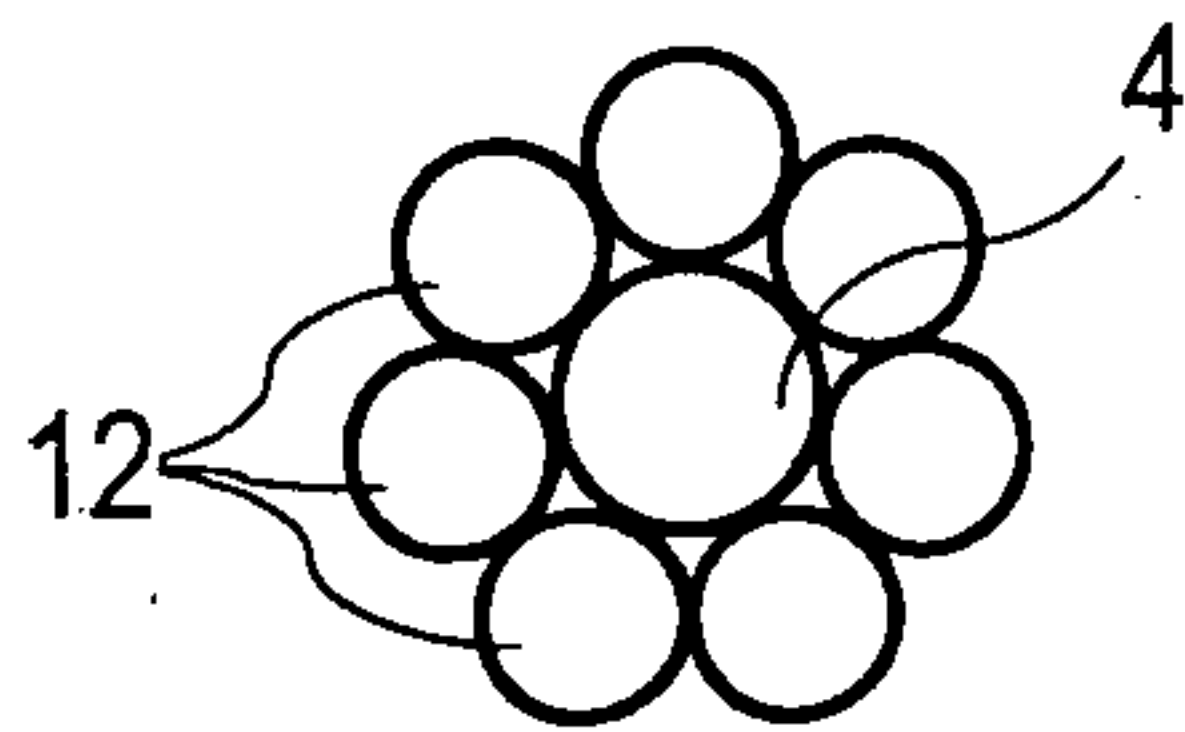


Fig. 5B

3/5

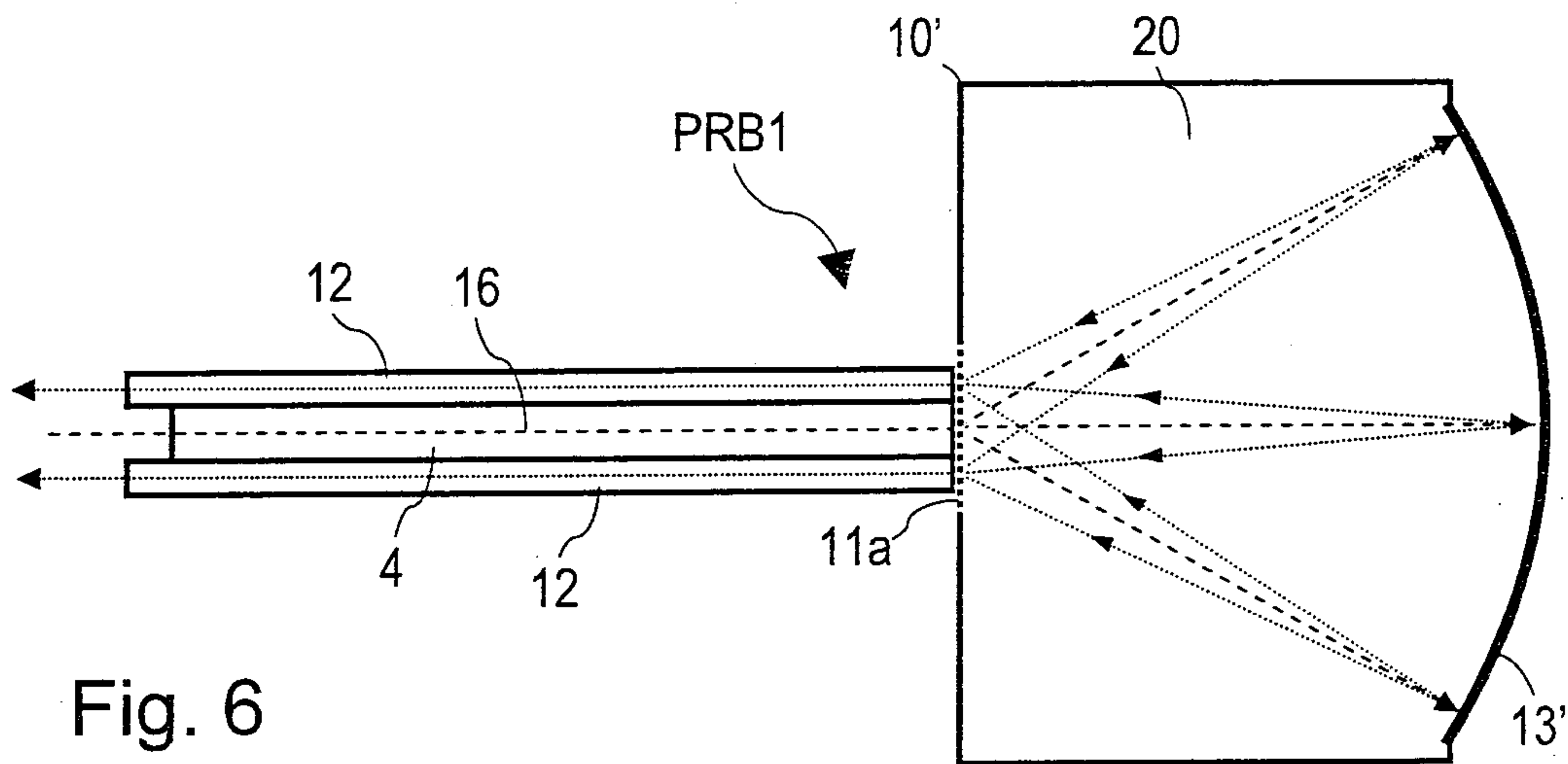


Fig. 6

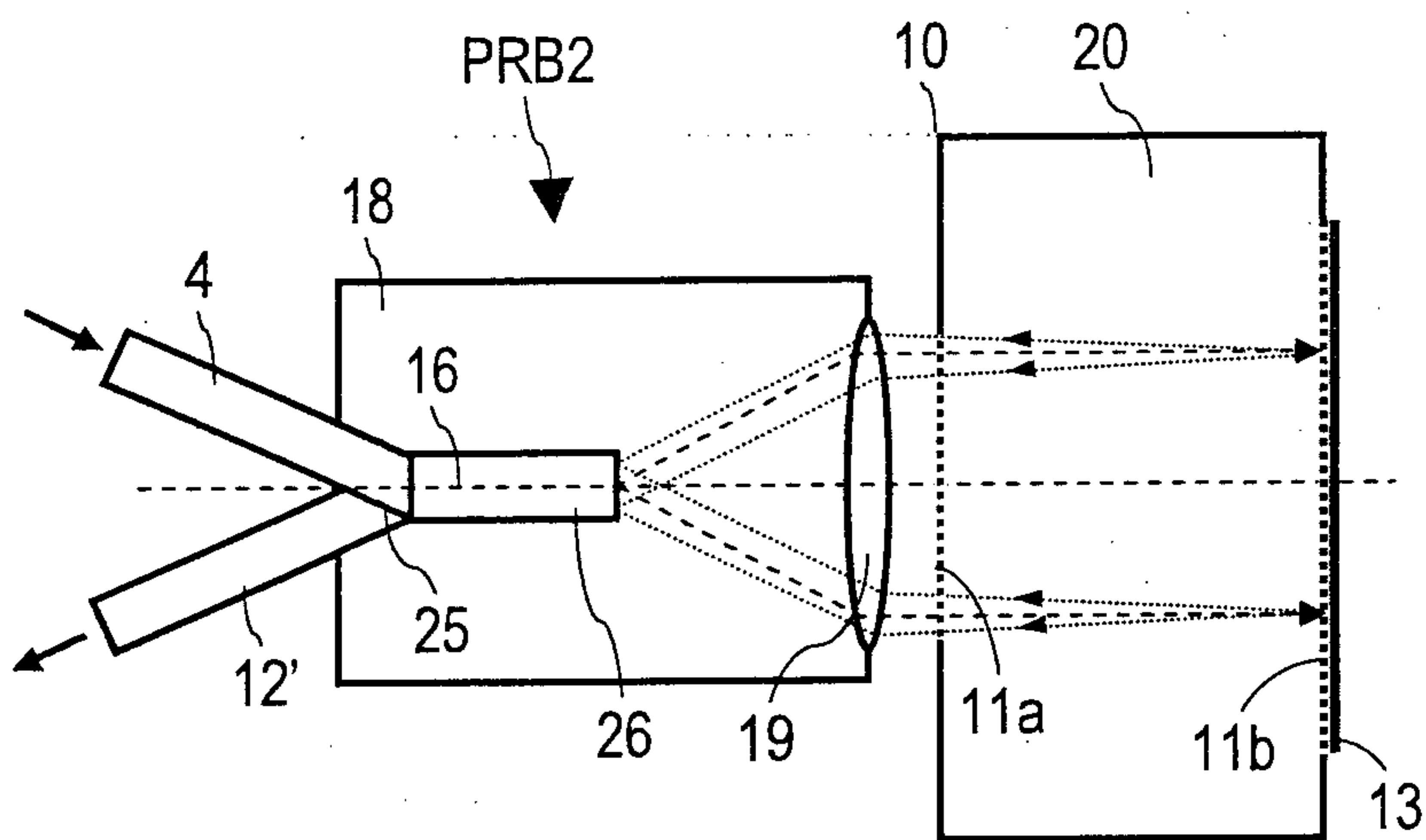


Fig. 7

4/5

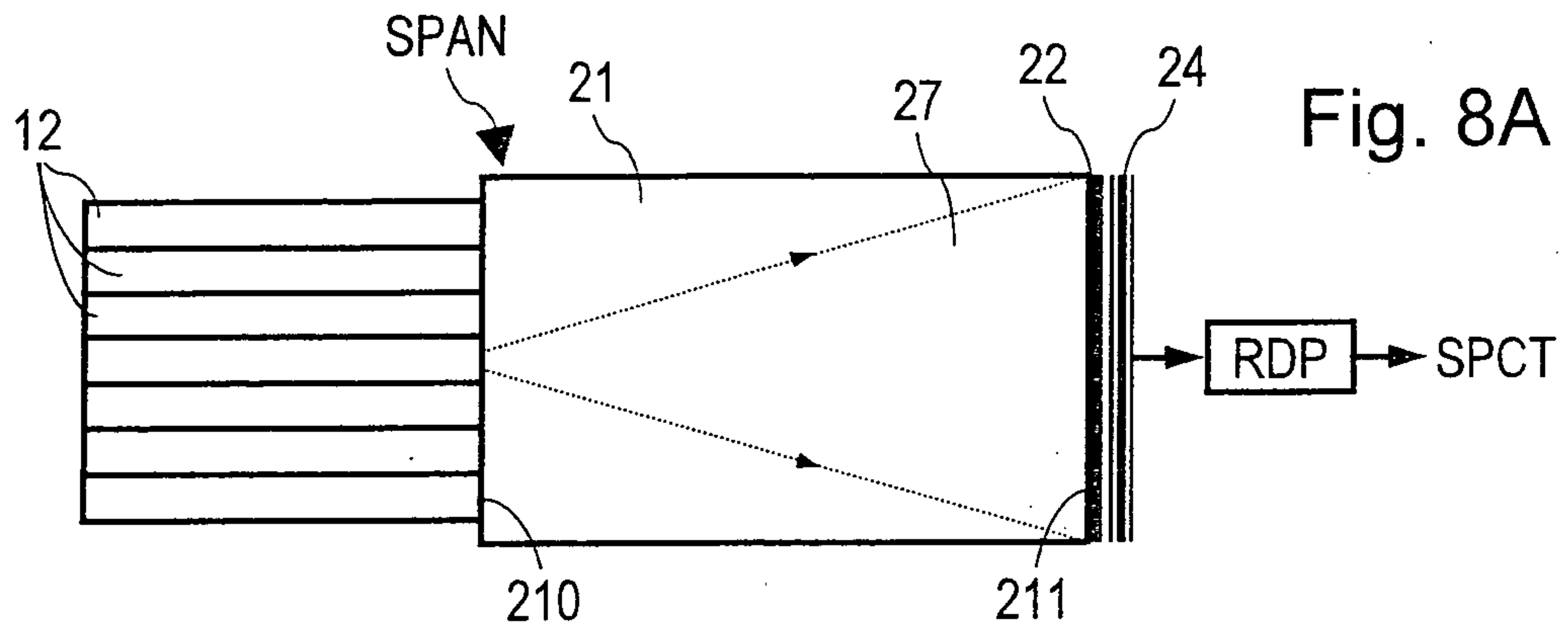


Fig. 8A

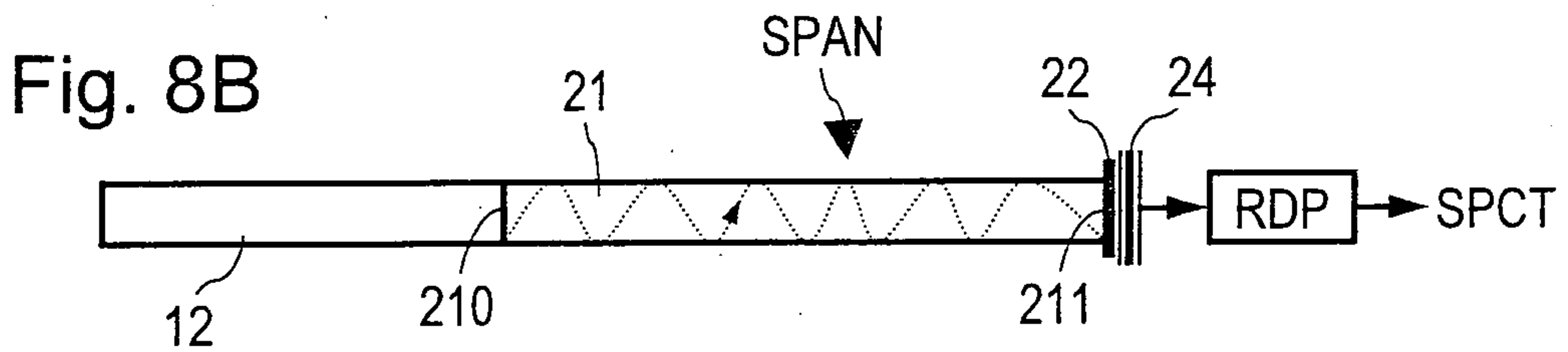


Fig. 8B

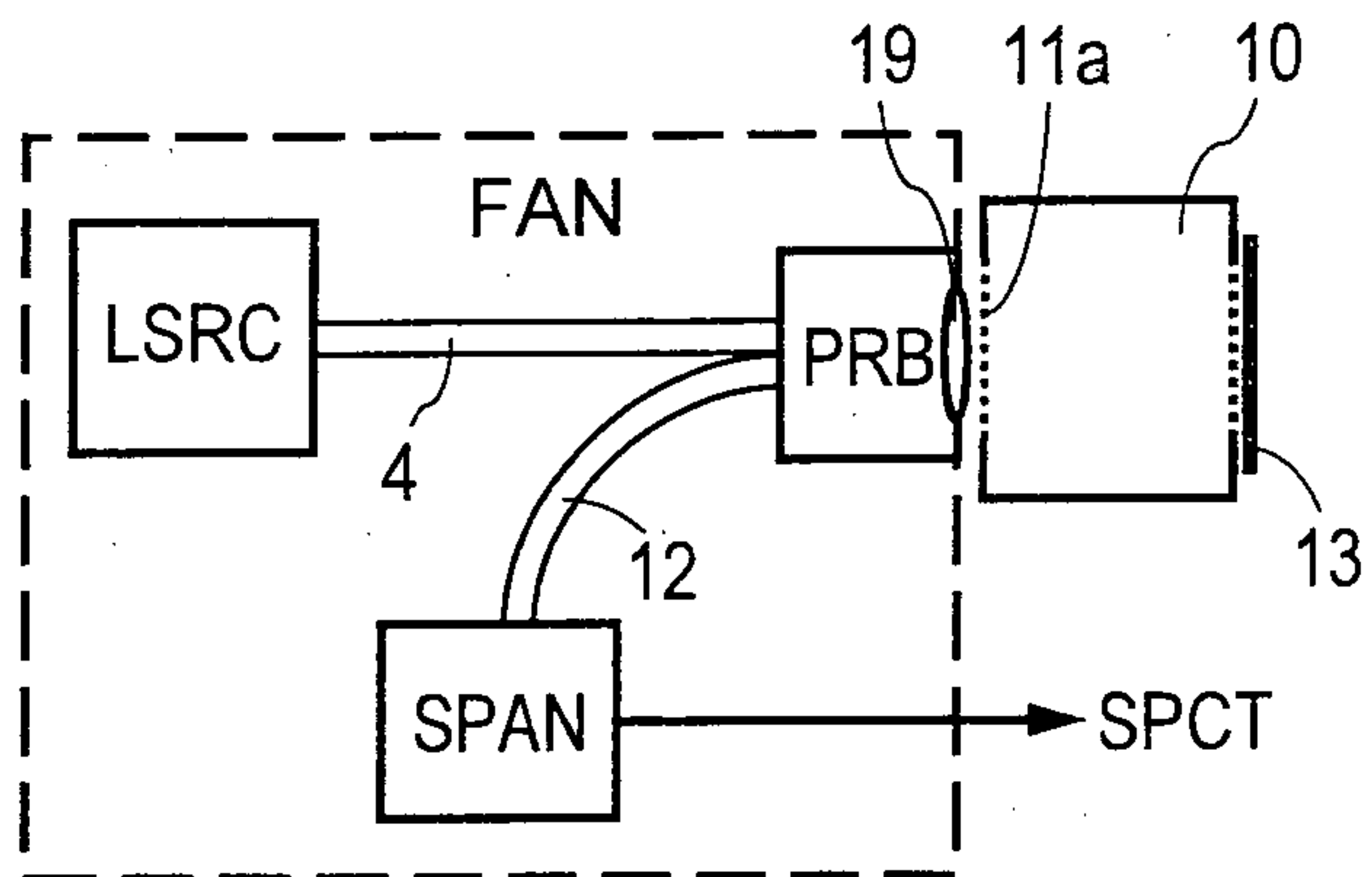


Fig. 9

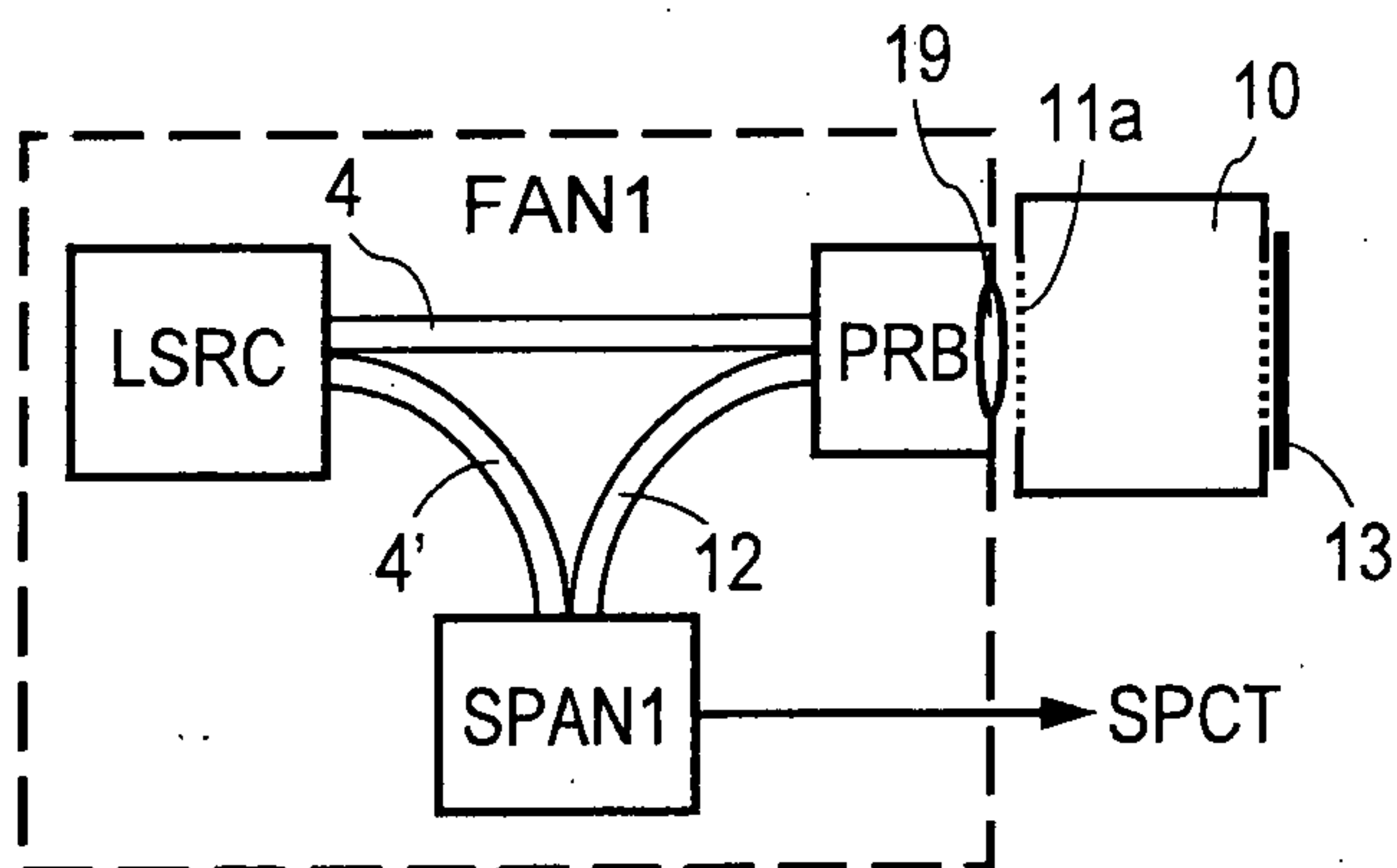


Fig. 10

5/5

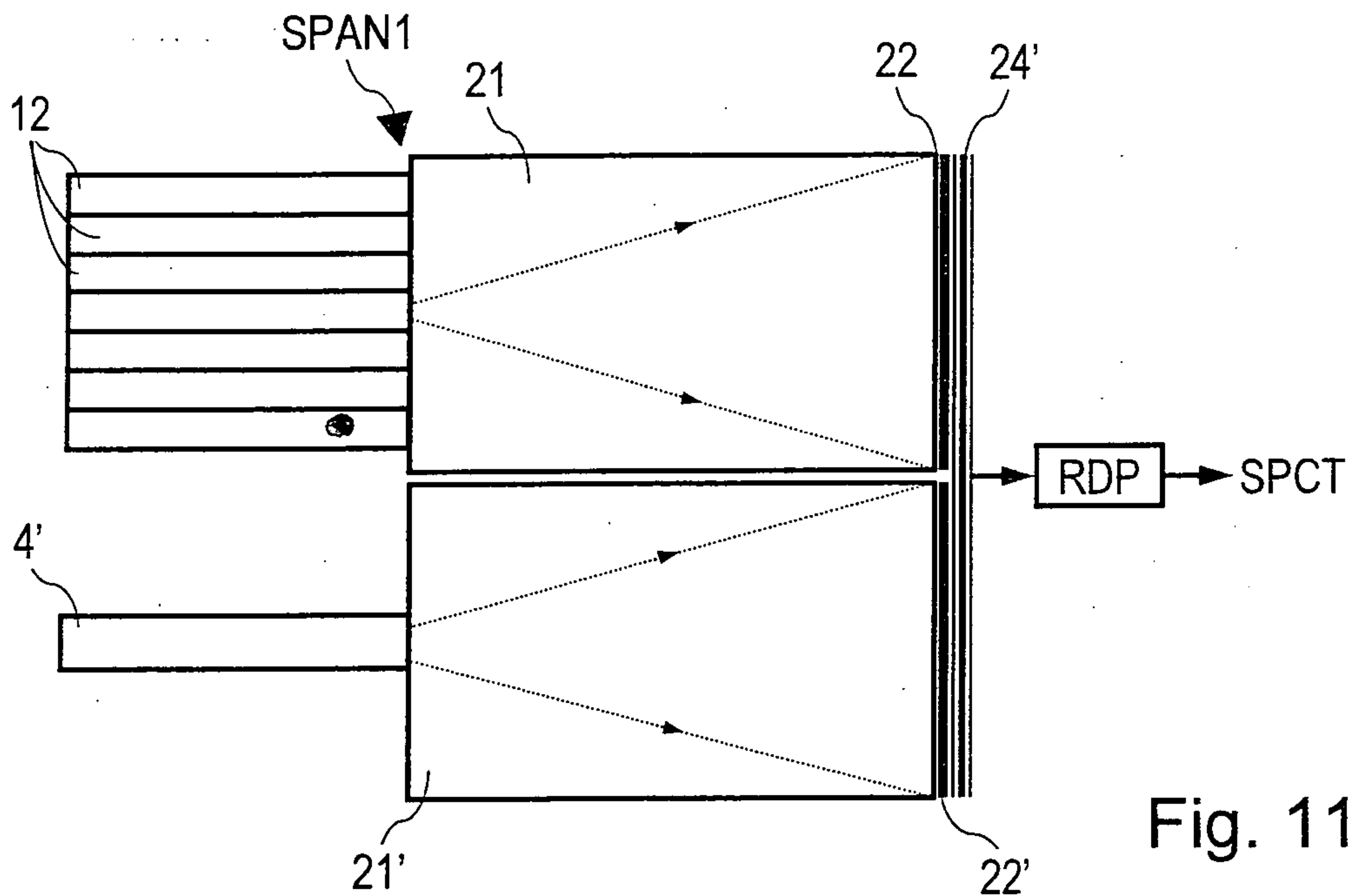


Fig. 11

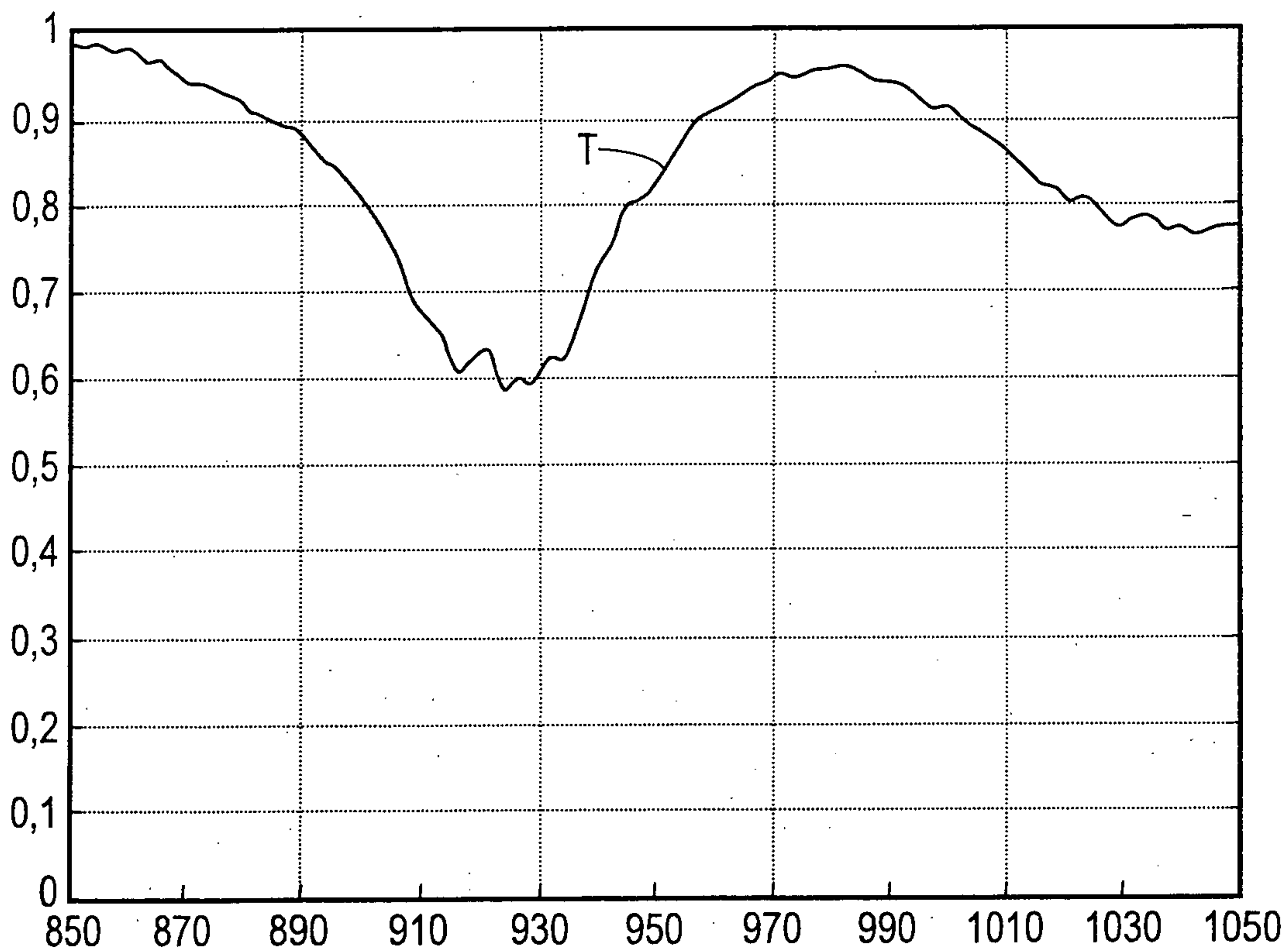


Fig. 12

