



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
05.02.2020 Bulletin 2020/06

(51) Int Cl.:
F21S 41/20 (2018.01) **F21S 41/153** (2018.01)
F21S 41/255 (2018.01)

(21) Numéro de dépôt: **19186425.5**

(22) Date de dépôt: **16.07.2019**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Etats d'extension désignés:
BA ME
 Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

- **COURCIER, Marine**
85774 Unterfoehring (DE)
- **SANCHEZ, Vanesa**
93012 Bobigny Cedex (FR)
- **ROELS, Sebastien**
93012 Bobigny Cedex (FR)
- **LE CORRE, Jérôme**
93012 Bobigny Cedex (FR)

(30) Priorité: **31.07.2018 FR 1857186**

(74) Mandataire: **Valeo Vision**
IP Department
34, rue Saint André
93012 Bobigny (FR)

(71) Demandeur: **Valeo Vision**
93012 Bobigny Cedex (FR)

(72) Inventeurs:
 • **PELLARIN, Marie**
93012 Bobigny Cedex (FR)

(54) **MODULE LUMINEUX COMPORTANT UNE MATRICE DE SOURCES LUMINEUSES ET UN SYSTEME OPTIQUE BIFOCAL**

(57) L'invention concerne un module lumineux (10) de véhicule automobile, comprenant :

- un réseau (12) de sources lumineuses (14) ;
 - un dispositif (30) bifocal d'imagerie qui est conçu pour projeter une image de chaque source lumineuse (14);
- caractérisé en ce que le module lumineux (10) comporte au moins un élément optique primaire (40), qui ne modifie pas en sortie selon une direction verticale V l'angle des rayons incidents, et qui permet de former des sources secondaires (62) dont la dimension latérale est plus grande qu'une dimension latérale des sources lumineuses (14) et dont l'ouverture angulaire (β) des faisceaux secondaires de lumière (18) émis est inférieure à une ouverture angulaire (α) des faisceaux de lumière (16) émis par les dites sources lumineuses (14).

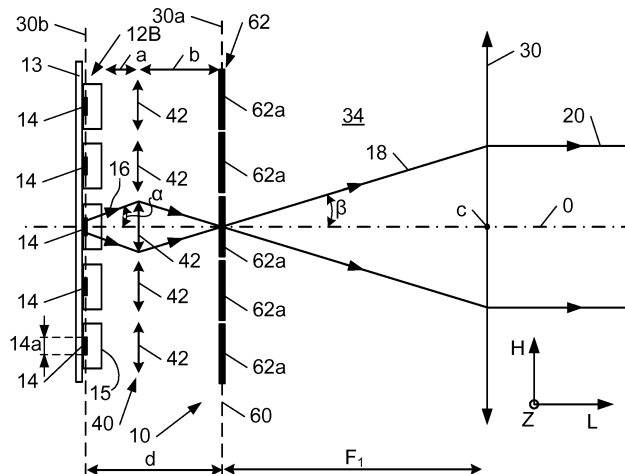


Fig. 1

Description

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

[0001] L'invention concerne un module lumineux pour un véhicule automobile qui est apte à projeter un faisceau lumineux à segments jointifs horizontaux et une résolution angulaire dans les plans verticaux inférieurs à 1°.

ARRIÈRE PLAN TECHNIQUE DE L'INVENTION

[0002] Un véhicule automobile est équipé de projecteurs destinés à produire un faisceau lumineux qui éclaire la route devant le véhicule, notamment la nuit ou en cas de luminosité réduite.

[0003] On connaît déjà des modules lumineux de ce type. De tels modules lumineux sont aptes à produire un faisceau lumineux d'éclairage, par exemple un feu de route, divisé, verticalement et horizontalement, en segments lumineux et dont au moins certains segments lumineux peuvent être éteints sélectivement. Cela permet par exemple d'éclairer la route de manière optimale tout en évitant d'éblouir les usagers de la route.

[0004] De tels modules lumineux génèrent des faisceaux lumineux segmentés, qui sont connus sous l'appellation anglaise de "pixel beam". Il est par exemple possible de diviser le faisceau lumineux global en une matrice de segments lumineux.

[0005] Généralement, la résolution verticale du faisceau lumineux, c'est-à-dire le nombre de segments lumineux dans les plans verticaux du faisceau émis par un projecteur, demeure assez grossière. Ainsi, l'extinction d'un segment lumineux plonge dans l'ombre une portion de route qui est souvent bien plus large que nécessaire pour éviter d'éblouir un usager de la route. Il serait avantageux de pouvoir augmenter la résolution verticale du faisceau lumineux pour pouvoir éclairer la route jusqu'à un usager de la route situé en avant du véhicule, tout en éteignant les segments lumineux susceptibles d'éblouir l'usager de la route.

[0006] Ces projecteurs sont préférablement conçus pour éclairer un large champ visuel latéral mais les systèmes d'éclairage connus ont une visibilité parfois insatisfaisante pour le conducteur du véhicule. En particulier il est difficile, voire impossible, d'assurer un large champ d'éclairage dans le plan horizontal de la trajectoire du véhicule et en même temps assurer une haute résolution dans la direction verticale, et cela pour tout angle dans le plan horizontal. En plus, il est important de réduire la taille des lentilles de projection qui devraient avoir préférablement un diamètre inférieur de 80mm tout en utilisant des réseaux de diodes électroluminescentes du commerce qui ont chacune une taille minimale de 0.75mmx0.75mm. Par ailleurs, pour des raisons de confort visuel, aussi bien que pour des raisons réglementaires, il est préférable que deux segments adjacents dans le plan horizontal soient jointifs pour que le faisceau lumineux global éclaire la route de manière homogène. Or,

les solutions connues ne permettent pas d'obtenir une haute résolution vertical et en même temps d'obtenir un large champ horizontal ayant des segments lumineux jointifs, notamment lorsque les sources lumineuses sont trop espacées les unes des autres.

[0007] Un système d'éclairage connu pour projecteur de véhicule automobile, décrit dans le document US 2014/0307459 A1, comprend un module optique primaire comportant une pluralité de sources de lumière, par exemple des diodes électroluminescentes, chacune associées à des guides de lumière respectifs. Un élément optique secondaire de projection, par exemple une lentille, est associé au module optique primaire. Cet élément optique secondaire de projection peut avoir plusieurs distances focales. Un tel système d'éclairage présente néanmoins certains inconvénients. D'abord, Un tel module optique primaire, comportant une pluralité de guides de lumière indépendants chacun associés à une source lumineuse, est complexe et onéreux à réaliser. Aussi, les distances focales sont choisies pour coïncider avec les surfaces de sortie de l'optique primaire. Aussi, ce système nécessite de positionner l'optique primaire selon un angle relatif à l'axe optique de l'élément de projection, ce qui rend l'alignement et l'assemblage du système optique complexe et donc coûteux. L'inconvénient majeur d'un tel système est qu'il n'est pas possible d'atteindre des résolutions verticales inférieurs à 0.6° si on utilise des sources de lumière standard du commerce et des lentilles de projection ayant un grand diamètre, typiquement plus grand que 100mm.

[0008] Un autre système d'éclairage, décrit dans le document DE102008013603, concerne un module optique comprenant une matrice d'émetteurs de lumière et permet de projeter un faisceau de lumière homogène. Le système comporte une matrice d'éléments optiques, chacune de forme d'entonnoir. Chaque élément optique de la matrice est positionné en face d'un émetteur et sa surface intérieure réfléchissante assure qu'un faisceau sensiblement parallèle est projeté vers le projecteur. Une telle matrice d'éléments coniques réfléchissants est onéreuse à fabriquer. En outre, comme le module de projection décrit dans le document US 2014/0307459 A1, le système décrit dans le document DE102008013603 ne permet pas d'obtenir une grande résolution verticale associé à un angle de projection horizontal élevé.

[0009] Dans un autre mode de réalisation, décrit dans le document US2015131305A une barrette de sources de lumières est adaptée à une structure optique monobloc comprenant un unique guide de lumière relié à une partie optique correctrice. L'optique secondaire bifocale, assurant la projection de lumière dans le champ optique lointain, a un plan focal vertical qui coïncide avec la surface de sortie du guide optique, ce qui produit bien entendu une faible résolution dans la direction verticale.

BREF RÉSUMÉ DE L'INVENTION

[0010] L'invention propose un module lumineux de vé-

hicule automobile, définissant une direction de mouvement (L), une direction verticale (V) et une direction horizontale (H) orthogonale à la direction verticale (V), les directions (L) et (V) définissant un plan vertical et les directions (L) et (H) définissant un plan horizontal comprenant :

- au moins un réseau de sources lumineuses, comportant m rangées transversales et n rangées verticales les rangées transversales étant disposées suivant une direction perpendiculaire aux rangées verticales, le nombre n étant plus élevé que le nombre m;
- au moins un dispositif bifocal d'imagerie conçu pour projeter un faisceau lumineux, le dispositif d'imagerie présentant une première surface de focalisation horizontale et une deuxième surface de focalisation verticale parallèle au dit premier plan;

caractérisé en ce que

le module lumineux comporte au moins un élément optique primaire, qui ne modifie pas en sortie selon une direction verticale V l'angle des rayons incidents, agencé pour transférer la lumière émise par les dites sources lumineuses sur une surface virtuelle de projection, définie entre le dit réseau et le dispositif d'imagerie, et confondue avec le premier plan de focalisation, de telle façon que les projections dans le plan horizontal des faisceaux émis par les dites sources lumineuses forment, dans la dite surface virtuelle de projection, des sources secondaires de lumière qui sont étirées dans la direction horizontale, et en ce que le deuxième plan de focalisation verticale est confondu avec la surface du réseau des sources lumineuses. Dans le plan horizontal, une dimension des sources secondaires de lumière est plus grande qu'une dimension des sources lumineuses et une ouverture angulaire des faisceaux secondaires de lumière émis par les sources de lumière secondaires est inférieure à une ouverture angulaire des faisceaux de lumière émis par les dites sources lumineuses.

[0011] Le module lumineux réalisé selon les enseignements de l'invention permet ainsi de réaliser un faisceau lumineux présentant un large champ horizontal d'illumination tout en ayant une résolution angulaire élevée dans tout plan parallèle à la direction verticale. Un tel élément d'optique primaire est très aisé à fabriquer et robuste ainsi que facile à assembler dans un module lumineux, donc peu onéreux à fabriquer.

[0012] Selon un premier mode de réalisation de l'invention l'élément optique primaire est un réseau de lentilles cylindriques. L'axe longitudinal de chaque lentille cylindrique est parallèle à une des rangées verticales de sources lumineuses. Un tel réseau de lentilles cylindriques est facile et peu onéreux à fabriquer, par exemple par une méthode d'injection plastique.

[0013] Dans un mode de réalisation préférable, les lentilles cylindriques sont conçues pour former, sur la surface virtuelle de projection, des sources secondaires de

lumière dont la composante horizontale est un agrandissement d'un facteur M de la composante horizontale des sources lumineuses.

[0014] Avantageusement le facteur d'agrandissement M est au moins égal à 2.

[0015] Préférentiellement, les lentilles cylindriques sont conçues de telle sorte que les dites sources secondaires de lumière sont jointives. Ceci évite d'obtenir des projections de bandes sombres dans la direction verticale.

[0016] En variante, les lentilles cylindriques sont conçues pour que les dites sources secondaires de lumière se recouvrent partiellement dans la direction horizontale. Ceci permet d'obtenir un champ d'illumination homogène.

[0017] Dans une autre variante le recouvrement des sources secondaires de lumière dans la direction horizontale est inférieur à 20% de la largeur de leur composante horizontale.

[0018] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention l'élément optique primaire comprend un réseau de guides de lumière disposé entre le dit réseau de sources lumineuses et le dispositif d'imagerie. L'utilisation de guides de lumière permet de rendre la lumière émise par les sources secondaires plus homogène.

[0019] Avantageusement, le réseau de guides de lumière est constitué de guides de lumière ayant une première surface du côté dudit réseau et une deuxième surface, définie aussi comme surface de sortie, opposée à la première surface présentant, dans tout plan parallèle à la direction horizontale, une largeur supérieure à la largeur de la première surface. Ceci permet de diminuer, dans tout plan parallèle à la direction horizontale, l'angle d'émission des faisceaux dirigés à l'optique de projection.

[0020] En variante, les guides de lumière présentent une forme trapézoïdale en section parallèle à la direction horizontale et une forme rectangulaire dans toute section définie dans un plan vertical parallèle au dit réseau. La fabrication de guides de lumière ayant une section en forme de trapèze est facile et peu onéreuse et les surfaces peuvent avoir une très grande qualité optique.

[0021] Dans une variante, les guides de lumière présentent dans tout plan horizontal une forme comprenant des bords latéraux courbés, c'est à dire que leur faces latérales sont courbées. L'utilisation de guides dont les parois latérales sont courbées, de préférence concaves, permet d'améliorer les qualités optiques des faisceaux émis par les sources secondaires. Des faces courbées tel que définies par des polynômes peuvent augmenter le nombre d'optimisations possibles du module lumineux.

[0022] Avantageusement, la dite première surface est à proximité immédiate avec la surface de sortie de lumière d'une source lumineuse de la dite rangée verticale. La proximité immédiate a l'avantage de garantir une grande efficacité de la transmission de la lumière émise par les sources lumineuses vers le plan de projection virtuel. Avantageusement ce plan de projection virtuel

est coplanaire avec la surface de sortie des guides de lumière

[0023] Dans des variantes préférées, la largeur de la deuxième surface présente, selon toute section parallèle au plan horizontal, une dimension égale ou plus grande que le double de la largeur de la première surface.

[0024] Dans une variante de réalisation, l'élément optique primaire comprend des éléments optiques diffractifs. Utiliser des éléments diffractifs permet de corriger les distributions d'intensités émises par les sources lumineuses et donc d'augmenter la qualité optique du faisceau. Il est facile d'intégrer des structures diffractives ou des structures réfractives dans des pièces moulées ou réalisées par injection plastique, sans en augmenter les coûts.

[0025] Dans des variantes de réalisation, n est au moins égal à 10 et m est au moins égal à 20. L'utilisation de réseaux comprenant un grand nombre de sources de lumière permet d'augmenter considérablement la résolution angulaire du faisceau optique émis par le dispositif d'imagerie.

[0026] Avantageusement l'ouverture angulaire d'un faisceau lumineux émis par le module de lumière provenant d'une seule source lumineuse est inférieure à 1° selon l'axe vertical.

[0027] Dans une variante de réalisation, l'ouverture angulaire d'un faisceau lumineux émis par le module de lumière provenant d'une seule source lumineuse est inférieure à 0.6° selon l'axe vertical. Ceci permet d'obtenir une grande résolution angulaire verticale.

[0028] Avantageusement l'ouverture angulaire verticale du faisceau lumineux émis par le module, provenant de l'ensemble des sources lumineuses du réseau, est au moins égale à 2°, préférablement au moins égale à 4° et d'au plus 9°

[0029] Dans une variante de réalisation, l'ouverture angulaire horizontale du faisceau lumineux émis par le module, provenant de l'ensemble des sources lumineuses du réseau, est supérieure à 10°, préférablement supérieure à 20°. Ceci permet d'obtenir un très grand champ d'illumination horizontal tout en assurant une résolution verticale élevée.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0030] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la lecture de la description détaillée qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de dessus qui représente un élément optique primaire et un élément optique secondaire d'un module lumineux réalisé selon le concept de l'invention ;
- la figure 2 est une vue de côté qui représente un élément optique primaire et un élément optique secondaire d'un module lumineux réalisé selon le con-

cept de l'invention;

- la figure 3 est une vue en perspective qui représente un élément optique primaire comprenant un réseau de lentilles cylindriques et un élément optique secondaire d'un premier module lumineux, réalisés selon un premier mode de réalisation de l'invention;
- la figure 4 est une vue de dessus qui représente un élément optique primaire comprenant des guides de lumière et un élément optique secondaire d'un module lumineux, réalisés selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5 est une vue de côté qui représente un élément optique primaire comprenant des guides de lumière et un élément optique secondaire d'un module lumineux, réalisés selon le deuxième mode de réalisation de l'invention;
- la figure 6 est une vue en perspective d'un guide de lumière ayant des parois verticales ou latérales planes ;
- la figure 7 est une vue en perspective d'un autre guide de lumière ayant des parois verticales ou latérales courbées ;
- la figure 8 est une vue de dessus d'un module lumineux comprenant un dispositif de projection réfléchissant;
- la figure 9 est une vue de dessus d'un module lumineux comprenant un dispositif de projection ayant une configuration de type Cassegrain ;
- la figure 10 est une vue de dessus d'un véhicule et d'un écran de projection situé devant le véhicule ;
- la figure 11 est une vue de côté d'un véhicule et d'un écran de projection situé devant le véhicule.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES FIGURES

[0031] Dans la suite de la description, on adoptera à titre non limitatif des orientations longitudinale, dirigée d'arrière en avant, verticale, dirigée de bas en haut, et transversale, dirigée de gauche à droite, indiquées par le trièdre "L, V, T" des figures.

[0032] L'orientation verticale « V » est utilisée à titre de repère géométrique du module lumineux 10 sans rapport avec la direction de la gravité.

[0033] Les directions L et V définissent un plan vertical 32 et les directions L et H définissant un plan horizontal 34.

[0034] Dans la suite de la description, des éléments présentant une structure identique ou des fonctions analogues seront désignés par des mêmes références.

[0035] On a représenté à la figure 1 et la figure 2 une coupe horizontale (figure 1) et une coupe verticale (figure 2) d'un module lumineux qui est destiné à équiper un dispositif d'éclairage ou de signalisation pour véhicule automobile. Le module 10 lumineux est destiné à émettre un faisceau lumineux final longitudinalement vers l'avant du véhicule. Il s'agit ici d'un faisceau lumineux qui est composé d'une pluralité de faisceaux élémentaires joints. Un tel module lumineux 10 est notamment apte à

remplir une fonction d'éclairage ayant une grande ouverture angulaire transversale et une grande résolution angulaire verticale. Chaque faisceau lumineux élémentaire éclaire une portion appelée par la suite « segment lumineux », aussi connu sous le terme "pixel". Dans la description, le terme "résolution verticale" s'entend la taille angulaire de chaque segment.

[0036] Le module lumineux 10 définit un axe optique O, parallèle à l'orientation longitudinale L, et comporte au moins un réseau 12 de sources lumineuses 14, comportant m rangées transversales 12A et n rangées verticales 12B de sources lumineuses 14 qui sont notamment visibles aux figures 1, 2, 3, 4 et 5. Les rangées transversales 12A sont disposées suivant une direction perpendiculaire aux rangées verticales 12B et le nombre n rangées verticales 12B est plus élevé que le nombre m rangées transversales 12A.

[0037] On notera que sur les figures 1 et 2, les proportions d'écartement entre les sources lumineuses 14 horizontalement et verticalement n'ont pas été respectées ; en effet, l'écartement vertical entre les sources est en réalité est plus resserré que l'écartement horizontal.

[0038] Chaque source de lumière 14 est formée par une source d'émission lumineuse qui est préférablement, mais pas nécessairement, une diode électroluminescente qui présente une surface d'émission carrée ou rectangulaire qui s'étend dans un plan sensiblement orthogonal à l'axe optique O.

[0039] Le réseau 12 de sources lumineuses 14 est portée par un support, préférablement une carte à circuit imprimé 13. Les sources lumineuses 14 peuvent être allumées indépendamment les unes des autres, de façon sélective, pour obtenir l'éclairage souhaité.

[0040] Dans une variante, le réseau 12 peut être constitué par un assemblage de plusieurs barrettes 12B verticales de sources de lumière 14, et chacune des barrettes peut être portée par un support, préférablement une carte à circuit imprimé. Chaque barrette 12B porte les sources lumineuses formant l'une des colonnes du réseau 12.

[0041] Les sources lumineuses 14 sont plus proches des sources lumineuses adjacentes verticalement que des sources lumineuses adjacentes transversalement. Par exemple, deux sources lumineuses adjacentes verticalement sont écartées d'une distance inférieure à 10% de la hauteur verticale de la surface d'émission de ladite source lumineuse, tandis que deux sources lumineuses adjacentes transversalement sont écartées d'une distance supérieure à 10% de la largeur transversale de la surface d'émission de ladite source lumineuse.

[0042] Le module lumineux 10 comporte aussi au moins un élément optique primaire 40.

[0043] L'élément optique primaire 40 est une pièce optique, ou un ensemble de pièces et/ou structures optiques, agencé pour transférer la lumière émise par les dites sources lumineuses 14 sur une surface virtuelle de projection 60, qui se situe en face et à une distance prédéfinie du réseau 12, dans le sens de l'émission de la

lumière. La figure 1 et la figure 2 illustrent un rayon de lumière 16 émis par une source de lumière 14.

[0044] La surface virtuelle de projection 60 est préférablement un plan virtuel, mais peut être aussi une surface courbée virtuelle, défini par exemple dans une réalisation où le support et/ou le circuit imprimé 13 présente une forme courbée. Tel qu'illustré dans la figure 1, l'élément optique primaire 40 est agencé de telle façon que les projections dans le plan horizontal 34 des faisceaux de lumière 16 émis par les dites sources lumineuses 14 forment, dans la dite surface virtuelle de projection 60, des sources secondaires de lumière 62.

[0045] Avantagusement, comme illustré dans la figure 1, l'élément optique 40 est agencé pour que, dans le plan horizontal 34, la dimension des sources secondaires de lumière 62 est plus grande qu'une dimension 14a des sources lumineuses 14 et que l'ouverture angulaire β des faisceaux secondaires de lumière 18 émis par les sources de lumière secondaires 62 est inférieure à une ouverture angulaire α des faisceaux de lumière 16 émis par les dites sources lumineuses 14. Le principe exploité ici, dans tout plan horizontal, est celui de l'invariant de Lagrange-Helmholz qui impose que dans un système optique $n y \alpha = n' y' \alpha'$ dans lequel n et n' sont les indices de réfraction de l'espace objet et image respectivement, y et y' les hauteurs (ou largeur) objet et image respectivement, et α et α' les angles des rayons incident et émergent d'un système optique. Les figures 1 et 2 illustrent la propagation d'un rayon de lumière 16, 18, 20 présentant des angles différents par rapport à l'axe optique O.

[0046] La dimension de la section transversale 62a des sources secondaires 62 est plus particulièrement définie de manière à ce que les sources lumineuses secondaires 62 soient jointives ou chevauchantes transversalement.

[0047] Dans un exemple de réalisation, non limitatif, la dimension de la section transversale 62a des sources secondaires 62 peut être au moins 2 fois plus grand que la dimension transversale 14a des sources lumineuses 14.

[0048] Bien entendu, l'élément optique primaire 40 peut être agencé pour présenter, dans un plan horizontal, différents agrandissements M pour différentes sources lumineuses 14 du réseau. Par exemple, l'agrandissement M d'une source lumineuse 14 présente sur l'axe optique O peut être plus faible que l'agrandissement d'une source lumineuse 14 qui se situe à une extrémité transversale du réseau 12. Cette variante permet d'être appliqué dans les cas où les rangées verticales 12B des sources de lumière 14 ne sont pas positionnées d'une façon régulière dans la direction transversale.

[0049] En outre, l'élément optique primaire 40 est réalisé pour ne pas avoir d'effet d'agrandissement, ou un effet d'agrandissement négligeable, dans la direction verticale, tel qu'illustré dans la figure 2. Cela se traduit par le fait que l'élément optique primaire ne modifie pas en sortie selon une direction verticale V l'angle des rayons incidents. Tout au plus, l'élément optique peut avoir un effet de déplacement, dans le sens de l'axe op-

tique O, du faisceau conique de lumière émis par les sources de lumière 14, similaire à l'effet obtenu par l'insertion d'une lame optique plane dans un faisceau optique qui la traverse. Il est bien connu que ce déplacement dépend de l'épaisseur de la lame optique ainsi que son indice de réfraction, ce qui est également le cas de l'élément optique primaire 40.

[0050] Bien entendu, l'élément optique primaire 40 peut être réalisé dans une seule pièce optique mais peut comprendre au moins deux pièces optiques qui peuvent avoir des formes et/ou indices de réfraction différents. Les dites au moins deux pièces peuvent également être fabriquées dans des matériaux différents et peuvent comprendre des revêtements pour améliorer l'efficacité de transmission de la lumière, tel qu'un revêtement antireflet. Afin d'optimiser l'efficacité et la qualité du faisceau projeté par le module de lumière 10, l'élément primaire 40 peut comprendre des structures diffractives ou réfractives, tels que des réseaux de diffraction ou des structures Fresnel.

[0051] Le module lumineux 10 comporte au moins un dispositif bifocal d'imagerie 30 qui est conçu pour projeter un faisceau de lumière de chaque source lumineuse 14. Le dispositif bifocal d'imagerie 30 projette préférentiellement une image de chaque source lumineuse 14 à l'infini, usuellement mesurée sur un plan virtuel de référence, défini à une distance d_E par rapport au centre du dispositif bifocal d'imagerie 30. Dans le domaine automobile cette distance est typiquement 25 m, comme cela est illustré aux figures 10 et 11.

[0052] Le dispositif bifocal d'imagerie 30 peut être un système optique ayant une symétrie rotationnelle relative à son axe optique O, mais peut également être un système optique qui a une dimension horizontale plus élevée que sa dimension verticale.

[0053] Dans un mode de réalisation préféré, le plus grand diamètre du dispositif bifocal d'imagerie 30 est inférieur à 80mm.

[0054] Le dispositif d'imagerie 30 présente une première longueur focale F1 et une première surface de focalisation transversale 30a qui est agencé sensiblement en coïncidence avec la surface virtuelle 60 de projection. Dans un mode de réalisation préféré, la première surface de focalisation 30a est une surface virtuelle plane telle qu'illustré dans les figures 1 à 5. Ainsi, en projetant les sources lumineuses secondaires 62 jointives transversalement, on obtient ainsi des segments lumineux jointifs transversalement.

[0055] Le dispositif d'imagerie 30 présente aussi une deuxième longueur focale F2 et une surface de focalisation transversale 30b qui est agencé sensiblement en coïncidence avec le réseau 12 des sources lumineuses 14. Bien entendu la longueur focale F2 est adaptée pour tenir compte de l'effet de déviation dans le plan vertical de l'élément optique primaire 40 tel que décrit avant. Ainsi, en projetant les sources lumineuses primaires qui sont extrêmement proches verticalement, on obtient des segments lumineux sensiblement jointifs verticalement.

[0056] Ainsi, la surface totale illuminée par le module de lumière 10 a une dimension d'environ n fois p_1 dans la direction horizontale et une dimension m fois p_2 dans la direction verticale et la résolution angulaire verticale est ainsi p_2/d_E rad et la résolution horizontale p_1/d_E .

[0057] Avantageusement le module de lumière 10 de l'invention peut être configuré, pour tous les modes de réalisation, afin d'obtenir une résolution angulaire horizontale φ de moins de 1° , préférentiellement moins de 0.6° et une résolution angulaire verticale Υ de moins de 0.6° , préférentiellement moins de 0.35° . Ainsi, par exemple, avec :

- une résolution angulaire horizontale φ de 0.6° ; et
- une résolution angulaire verticale Υ de 0.35° ; et
- un nombre n de 15; et
- un nombre m de 25;

une surface illuminée de 5.2 m x 7.9m est réalisée sur un écran E positionné à 25 m du centre C. Dans cet exemple, à 25 m du module de lumière 10, la hauteur de chaque segment lumineux est d'environ 26cm sur l'écran E.

[0058] Tel qu'illustré dans les figures 10 et 11 le module de lumière produit un faisceau ayant une ouverture angulaire horizontale Φ et une ouverture angulaire verticale θ . L'ouverture angulaire horizontale Φ peut être plus élevée que 10° , préférentiellement plus élevée que 20° . L'ouverture verticale θ peut être plus élevée que 2° , préférentiellement plus élevée que 4° . Les différents éléments du module de lumière 10 peuvent être adaptés en fonction de l'angle total horizontal et vertical désiré ainsi que de la résolution angulaire horizontale et verticale. L'homme du métier saura ajouter dans le modules de lumière 10 des éléments optiques de correction en fonction de la nature des sources de lumière 14, de leur géométrie et de la distribution spatiale des faisceaux de lumière émise par ces sources 14, ainsi qu'en fonction du type du dispositif d'imagerie 30, et en fonction du type de l'élément primaire 40 selon l'invention, dont plusieurs modes de réalisation sont décrits dans le présent document.

[0059] Dans un mode de réalisation, le dispositif d'imagerie 30 possède une symétrie circulaire, relatif à l'axe optique O, et un diamètre défini dans un plan vertical est inférieur à 100mm, préférentiellement inférieur à 80 mm. Dans une variante, la dimension verticale du dispositif est différente de sa dimension horizontale. Dans ce cas, le plus grand diamètre défini orthogonalement à l'axe optique est inférieur à 100mm, préférentiellement inférieur à 80 mm.

[0060] Comme illustré dans les figures 8 et 9, et décrit en détail pour quelques exemples ci-après, le dispositif d'imagerie 30 peut comprendre des éléments réfléchissants ou être de type catadioptrique.

[0061] Dans un mode de réalisation représenté dans la figure 3, l'élément optique primaire 40 comporte un réseau de lentilles cylindriques 42 dont chaque lentille cylindrique 42 comprend un axe vertical C1 parallèle à

une des rangées verticales 12B de sources de lumière 14. Le réseau 40 de lentilles cylindriques 42 comprend une surface d'entrée 42b de lumière et une surface de sortie 42a de lumière et forme une image, sur la surface virtuelle de projection 60. Préférentiellement chaque rayon de lumière émis par une source de lumière 14 est transféré par le réseau de lentilles cylindriques 42 sur la surface virtuelle de projection 60.

[0062] La distribution lumineuse de cette image est constituée d'une rangée horizontale de bandes lumineuses étirées verticalement.

[0063] Les lentilles cylindriques 12 sont agencées afin de former une image agrandie de la composante horizontale 14a des sources de lumière 14 dans le plan de projection virtuel 60. Le facteur d'agrandissement M, dans un plan horizontal, obtenu par les lentilles cylindriques 12 est donné par $M = d2/d1$ où d1 est la distance entre une source lumineuse 14 et la surface d'entrée de lumière 42b et d2 est la distance entre la surface de sortie de lumière 42a et la surface virtuelle de projection 60, tel qu'illustré dans la figure 3. Dans un exemple de réalisation le facteur d'agrandissement M est plus grand que 1.5, préférentiellement plus grand que 2 ou encore plus préférentiellement plus grand que 5.

[0064] Préférentiellement la dite surface d'entrée de lumière 42b est une surface plane verticale transversale. Dans une variante la surface d'entrée 40a peut comprendre aussi un deuxième réseau 40 de lentilles cylindriques 42, qui ne doit pas forcément être symétrique avec le réseau 40 de lentilles cylindriques 42 de la surface de sortie 42a. Dans une variante le réseau de lentilles cylindriques peut être constitué de deux éléments optiques, chacun comportant une structure permettant de réaliser une focalisation de lumière dans un plan horizontal et sans avoir d'effet de focalisation dans un plan vertical, mis à part l'effet de déviation des faisceaux incidents et qui est dû, comme déjà expliqué, à l'épaisseur et l'indice de réfraction du réseau de lentilles cylindriques.

[0065] Dans un mode de réalisation les surfaces de sortie 42a des lentilles cylindriques 42 ont, dans tout plan horizontal 34 une forme de section de cercle. Dans une variante cette forme est définie par un polynôme.

[0066] Dans une variante, des structures diffractives peuvent être agencées sur les surfaces d'entrée 42b et/ou les surfaces de sortie 42a des lentilles cylindriques.

[0067] L'homme du métier saura réaliser ces réseaux de lentilles par des méthodes de fabrication connues, tel que le moulage en plastique, la réplique ou encore la polymérisation de polymères sur une surface optique tel qu'une surface en verre.

[0068] Dans une variante, des éléments optiques additionnels peuvent être agencés entre le réseau 12 des sources de lumière 14 et le réseau 40 de lentilles cylindriques 42. Ces éléments optiques additionnels peuvent comprendre par exemple un réseau de microlentilles, ce qui peut être utile dans le cas de certains types des diodes électroluminescentes 14 qui ne comprennent pas de lentille de collimation intégrée.

[0069] Dans un mode de réalisation, le réseau de lentilles cylindriques 42 est conçu de telle sorte que les dites sources secondaires de lumière 62 sont jointives, tel qu'illustré dans la figure 1.

5 **[0070]** Dans une variante de réalisation, le réseau de lentilles cylindriques 42 est conçu pour que les dites sources secondaires de lumière 62 se recouvrent partiellement dans la direction horizontale H.

10 **[0071]** Dans un exemple de réalisation, le recouvrement, dans la direction horizontale H, des sources secondaires est inférieur à 20% de la largeur de leur composante horizontale 62a.

15 **[0072]** Bien entendu, les éléments optiques du module de lumière peuvent être optimisés et agencés pour que la distribution de l'intensité de l'image produit dans le champ lointain, par exemple à 25m de module de lumière 10, soit une distribution homogène, même si des sources secondaires se recouvrent partiellement dans la surface virtuelle de projection 60.

20 **[0073]** Dans un autre mode de réalisation, illustré dans les figures 4, 5, 6, 7, l'élément optique primaire 40 comprend un réseau 50 de guides de lumière 52 disposé entre le réseau 12, 12A, 12B de sources lumineuses 14 et le dispositif d'imagerie 30.

25 **[0074]** Les dits guides de lumière 52 ont une première surface 56 du côté du réseau 12 de sources de lumière 14 et une deuxième surface 58, aussi définie comme surface de sortie de lumière, opposée à la première surface 56, aussi définie comme surface d'entrée de lumière. La première surface 56 et la deuxième surface 58 sont connectées par des parois verticales 51, 53 qui sont configurées pour modifier, dans un plan selon l'axe horizontal et relatif à l'axe optique O, l'angle de propagation d'un rayon de lumière incident sur ces surfaces 51, 53.

30 Les figures 4 et 5 montrent la propagation d'un rayon 16, 19, 21 respectivement émis par une source lumineuse 14, transmis par un guide de lumière 52 et projeté par un dispositif bifocale d'imagerie 30.

35 **[0075]** Dans un mode de réalisation préféré, la dite première surface 56 est à proximité immédiate, ou coïncidente, avec la surface de sortie 15 de lumière d'une source lumineuse 14 d'une rangée verticale 12B.

40 **[0076]** Le guide de lumière 52 comprend aussi une paroi supérieure 57 et inférieure 55 qui sont agencées de telle façon à ce qu'aucun rayon de lumière émis par une des rangées verticales 12B de sources de lumière ne soit incident sur ces surfaces, tel qu'illustrée dans la figure 5. La forme des surfaces supérieures 57 et inférieures 55 peut être plane ou peut être courbée, tel qu'illustré dans les figures 6 et 7. Dans un mode de réalisation les surfaces supérieures 57 et inférieures 55 n'ont aucune fonction optique et peuvent donc comprendre au moins une structure ou une structuration permettant de rendre l'assemblage de ce guide de lumière 52 dans le module de lumière 10 aisée et donc peu onéreuse. L'homme du métier saura réaliser ces structures directement dans un moule d'un guide de lumière 52, réalisé par exemple en plastique injecté.

[0077] Dans un mode de réalisation, les guides de lumière 52 sont réalisés dans un matériau solide transparent tel qu'un plastique ou un verre. Dans toute section selon l'axe horizontal, la largeur de la première surface 56 est inférieure à la largeur de la deuxième surface 58. Comme illustré dans la figure 4, au moins une portion de la lumière émise par une source de lumière 14 est réfractée par la première surface 56 et subit au moins une réflexion totale sur une des parois latérales 51, 53. Ces parois latérales 51, 53 peuvent être planes ou peuvent être courbées. La forme de la projection horizontale des parois latérales 51, 53 peut être défini par un polynôme, par exemple une forme parabolique ou une forme de portion d'une ellipse ou une forme hyperbolique. La figure 6 montre une vue en perspective d'un guide de lumière 52 qui comporte des parois latérales 51, 53 planes. La figure 7 montre une vue en perspective d'un guide de lumière 52 qui comporte des parois latérales 51, 53 courbées. Dans tous les cas, les parois latérales 51, 53 sont configurées afin de réduire l'angle β de propagation, relatif à l'axe optique O, d'un rayon de lumière émis par une source lumineuse 14. Comme cela est représenté dans la figure 4 et 5 le guide de lumière 52 est positionné de telle façon à ce que la surface de sortie 58 est à proximité avec la surface virtuelle de projection 60. Dans une variante, la surface de sortie 58 coïncide avec la surface virtuelle de projection 60.

[0078] Similaire au mode de réalisation de la figure 3 comprenant un réseau de lentilles cylindriques 42, les guides de lumière 52 permettent de produire des sources secondaires 60 qui ont une dimension horizontale plus grande que la largeur horizontale 14a des sources de la lumière 14 et dont l'angle de propagation β des rayons de lumière transmis, relatif à l'axe optique O, est inférieur à l'angle d'émission α de ce rayon de lumière par la source d'émission 14 de ce rayon de lumière.

[0079] Dans une variante non représentée de l'invention, les guides de lumière 52 sont creux et comprennent une paroi dont au moins une portion des surfaces internes verticales 51, 53 sont réfléchissantes. Dans ce cas, les surfaces 56 et 58 sont respectivement une ouverture d'entrée de lumière 56 et une ouverture de sortie de lumière 58. L'effet optique d'agrandissement obtenu est similaire à celui des guides de lumière 52 réalisés dans un matériau transparents décrit ci-dessus. En effet, la source secondaire d'émission 62, qui se présente dans la surface virtuelle de projection 60, par le transfert de la lumière d'une source 14 par le guide de lumière 52, comprend une plus grande dimension horizontale que celle de la source de lumière 14. L'avantage d'un guide de lumière 52 réalisé avec des parois 51, 53 dont les surfaces internes sont réfléchissantes est d'obtenir une meilleure efficacité de transmission de lumière, notamment puisqu'il n'y a pas de pertes de lumière par réfraction par l'ouverture d'entrée. Par contre, des guides de lumière réfléchissants sont souvent plus onéreux à fabriquer car nécessitant notamment un revêtement de réfléchissant.

[0080] Dans une variante, illustrée dans la figure 6, les guides de lumière 52 présentent une forme trapézoïdale dans tout plan horizontal 34 et présentent une forme rectangulaire pour toute section définie dans un plan vertical parallèle au dit réseau 12.

[0081] Dans un exemple de réalisation, la largeur de la deuxième surface 58, pour toute section parallèle au plan horizontal 34, présente une dimension égale ou plus grande que le double de la largeur de la première surface 56.

[0082] Dans un autre exemple de réalisation, une dimension axiale d_g des guides de lumière 52, définie dans l'axe optique O du module lumineux 10, est sensiblement identique à la dimension de l'intersection de la première surface 46 avec le plan horizontal 34.

[0083] Dans encore un autre exemple de réalisation, une dimension axiale d_g des guides de lumière 52, définie dans l'axe optique O du module lumineux 10, est au moins 50% supérieure à la dimension de l'intersection de la première surface 56 avec le plan horizontal 34.

[0084] Comme cela est représenté dans les figures 8 et 9 le dispositif d'imagerie 30 peut comprendre des éléments réfléchissants R1, R2, R3. Ceci permet de réaliser des modules de lumière 10 qui sont plus courts dans la direction longitudinale L.

[0085] Dans un mode de réalisation, dont une vue de dessus est représentée dans la figure 8, le dispositif d'imagerie 30 comprend au moins un miroir R1 disposé dans une configuration dite hors axe. Cette configuration permet de réaliser une module de lumière d'une longueur w définie, dans la direction longitudinale, plus court que les variantes illustrées dans les figures 1, 2, 3, 4, 5.

[0086] Dans une autre variante, dont une vue de dessus est représentée dans la figure 9, le dispositif d'imagerie 30 est réalisé dans une configuration de type Cassegrain, comportant deux miroirs R2, R3 permettant aussi de réaliser des modules de lumière 10 plus compacts dans la direction longitudinale.

[0087] Dans d'autres variantes non représentées de l'invention, des configurations catadioptriques peuvent être mis en oeuvre pour le dispositif d'imagerie 30.

Revendications

1. Module lumineux (10) de véhicule automobile, comprenant :

- au moins un réseau (12) de sources lumineuses (14), comportant m rangées transversales (12A) et n rangées verticales (12B), le nombre n étant plus élevé que le nombre m;
- au moins un dispositif (30) bifocal d'imagerie conçu pour projeter un faisceau lumineux, le dispositif d'imagerie (30) présentant une première surface de focalisation horizontale (30a) et une deuxième surface de focalisation verticale (30b) parallèle au dit premier plan;

caractérisé en ce que

le module lumineux (10) comporte au moins un élément optique primaire (40), qui ne modifie pas en sortie selon une direction verticale V l'angle des rayons incidents, agencé pour transférer la lumière émise par les dites sources lumineuses (14) sur une surface virtuelle de projection (60), définie entre le dit réseau (12) et le dispositif d'imagerie (30), et confondue avec le premier plan de focalisation (30a), de telle façon que les projections dans un plan selon un axe horizontal (H) des faisceaux émis (16) par les dites sources lumineuses (14) forment, dans la dite surface virtuelle de projection (60), des sources secondaires de lumière (62), et **en ce que** le deuxième plan de focalisation verticale (30b) est confondu avec la surface du réseau des sources lumineuses (14), et **en ce que** dans un plan horizontal (34), une dimension transversale des sources secondaires de lumière (62) est plus grande qu'une dimension transversale des sources lumineuses (14) et une ouverture angulaire (β) des faisceaux secondaires de lumière (18) émis par les sources de lumière secondaires (62) est inférieure à une ouverture angulaire (α) des faisceaux de lumière (16) émis par les dites sources lumineuses (14).

2. Module lumineux (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément optique primaire (40) est un réseau de lentilles cylindriques (42), et l'axe longitudinal (C1) de chaque lentille cylindrique (42) est parallèle à une des rangées verticales (12B) de sources lumineuses (14).
3. Module lumineux (10) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les lentilles cylindriques (42) sont conçues pour former, dans la surface virtuelle de projection (60), des sources secondaires de lumière (62) dont la composante horizontale (62a) est un agrandissement d'un facteur M de la composante horizontale (14a) des sources lumineuses (14).
4. Module lumineux (10) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le facteur d'agrandissement M est au moins égal à 2.
5. Module lumineux (10) selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** les lentilles cylindriques (42) sont conçues de telle sorte que lesdites sources secondaires de lumière (62) sont jointives.
6. Module lumineux (10) selon les revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** les lentilles cylindriques (42) sont conçues pour que lesdites sources secondaires de lumière (62) se recouvrent partiellement dans la direction horizontale (H).
7. Module lumineux (10) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le recouvrement des sources

secondaires de lumière (62) dans la direction horizontale (H) est inférieur à 20% de la largeur de leur composante horizontale (62a).

8. Module lumineux (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément optique primaire (40) comprend un réseau de guides de lumière (50) disposé entre le dit réseau (12, 12A, 12B) de sources lumineuses (14) et le dispositif d'imagerie (30).
9. Module lumineux (10) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le réseau de guides de lumière (50) est constitué de guides de lumière (52) ayant une première surface (56) du côté dudit réseau (12) et une deuxième surface (58) opposée à la première surface (56) présentant, dans tout plan selon l'axe horizontal (34), une largeur supérieure à la largeur de la première surface (56).
10. Module lumineux (10) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les guides de lumière (52) présentent une forme trapézoïdale dans tout plan selon l'axe horizontal (34) et une forme rectangulaire dans toute section définie dans un plan vertical parallèle au dit réseau (12).
11. Module lumineux (10) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les guides de lumière (52) comprennent des parois latérales (51, 53) ayant une forme courbée dans tout plan selon l'axe horizontal (34).
12. Module lumineux (10) selon l'une des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** ladite première surface (56) est à proximité immédiate avec la surface de sortie (15) de lumière d'une source lumineuse (14) de ladite rangée verticale (12B).
13. Module lumineux (10) selon l'une des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce que**, dans tout plan selon l'axe horizontal (34), la largeur de la deuxième surface (58) présente une dimension égale ou plus grande que le double de la largeur de la première surface (56).
14. Module lumineux (10) selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** l'élément optique primaire (40) comprend des éléments optiques diffractifs.
15. Module lumineux (10) selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** n est au moins égal à 10 et **en ce que** m est au moins égal à 20.

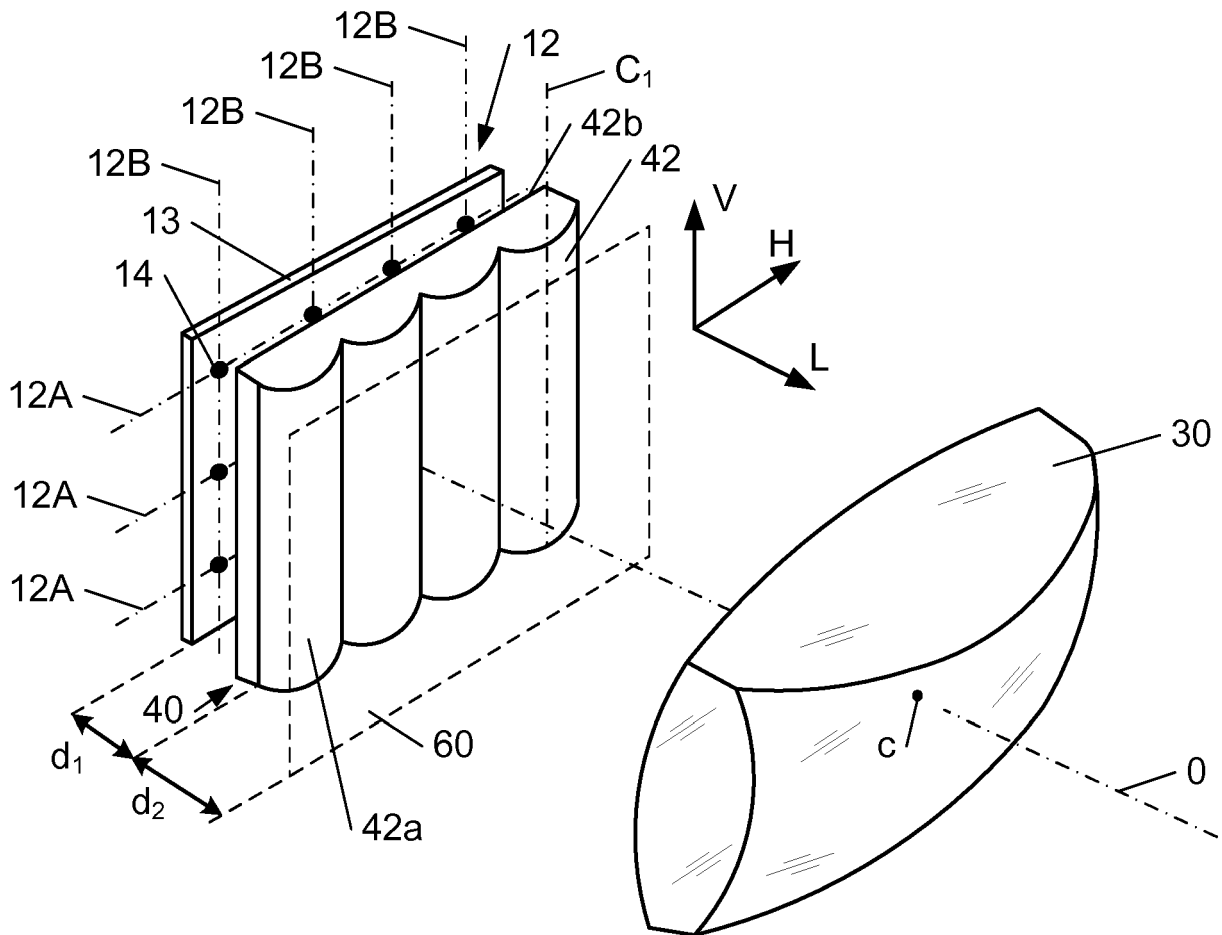


Fig. 3

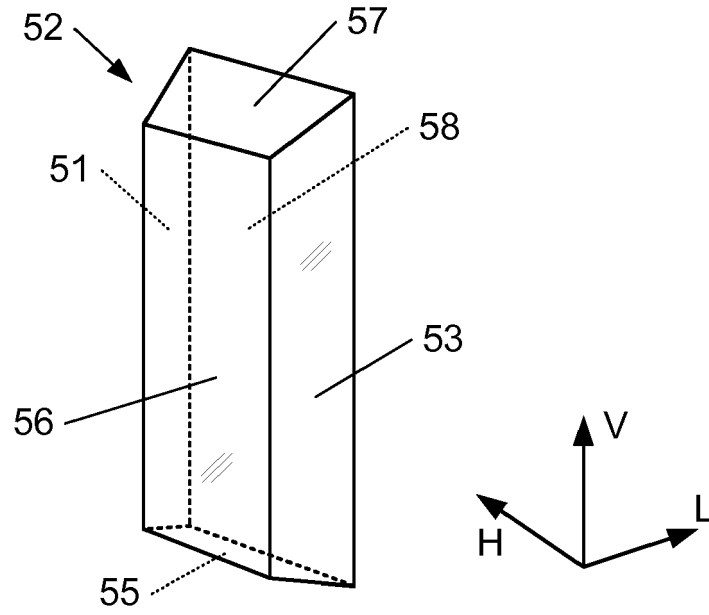


Fig. 6

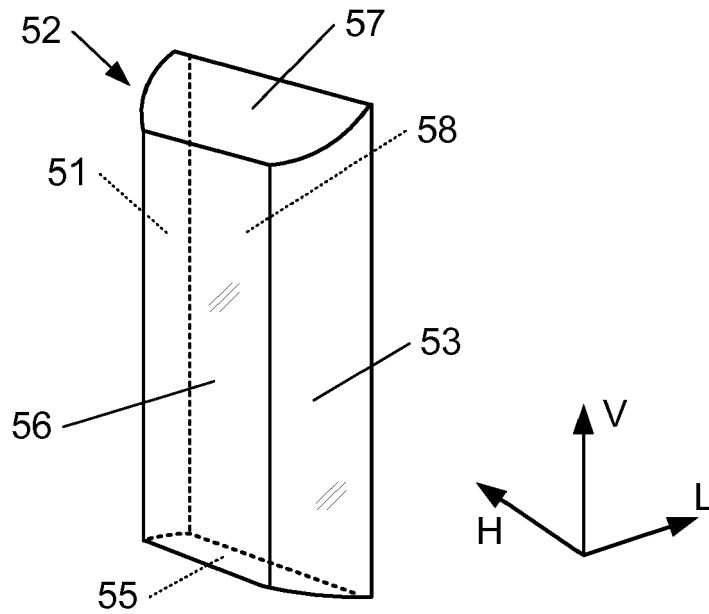


Fig. 7

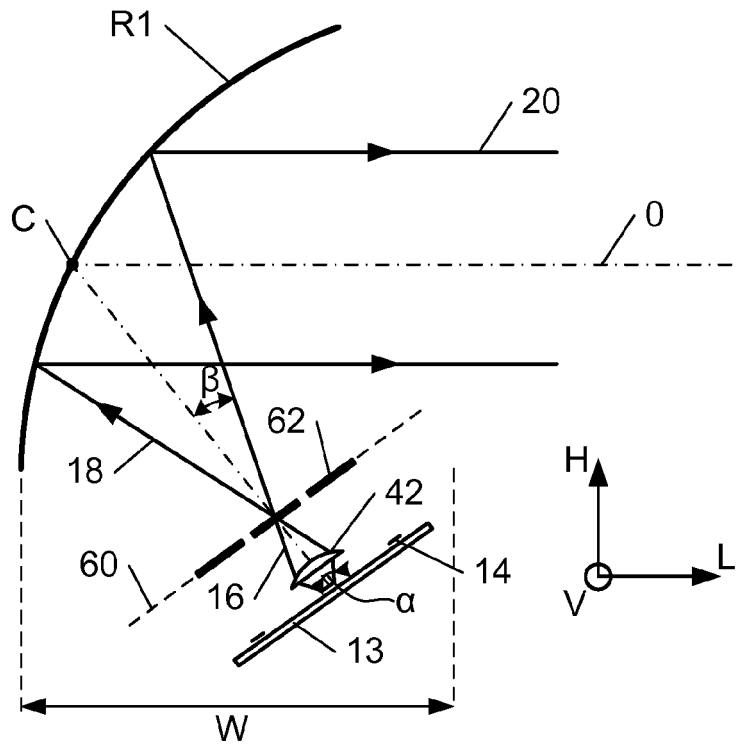


Fig. 8

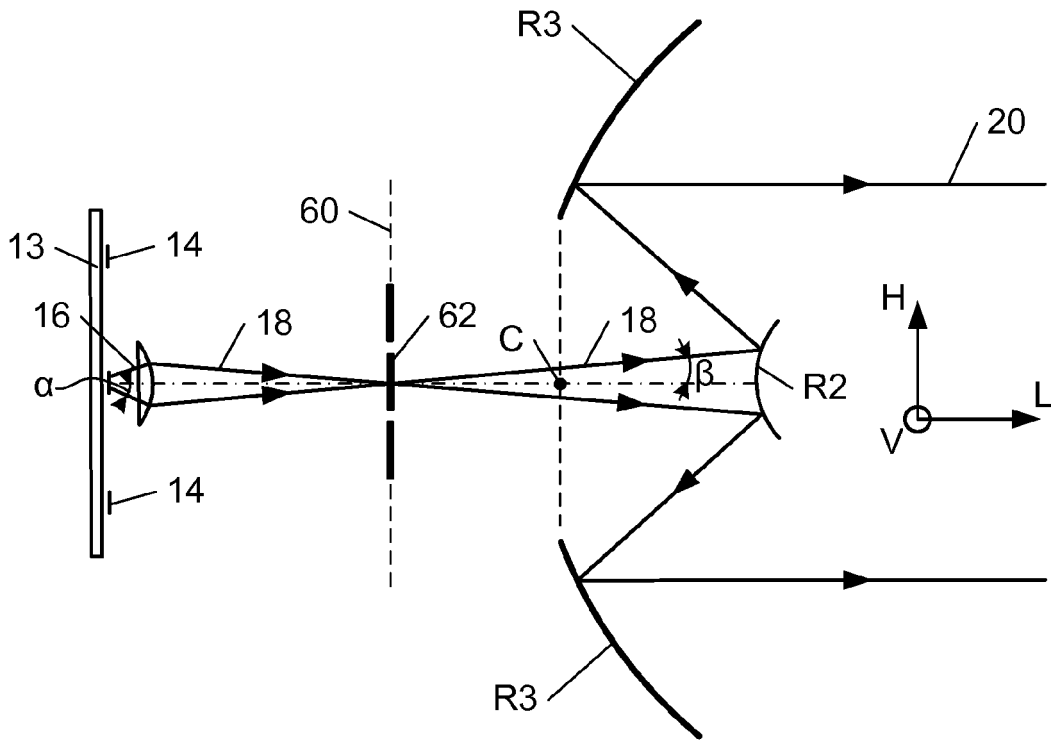


Fig. 9

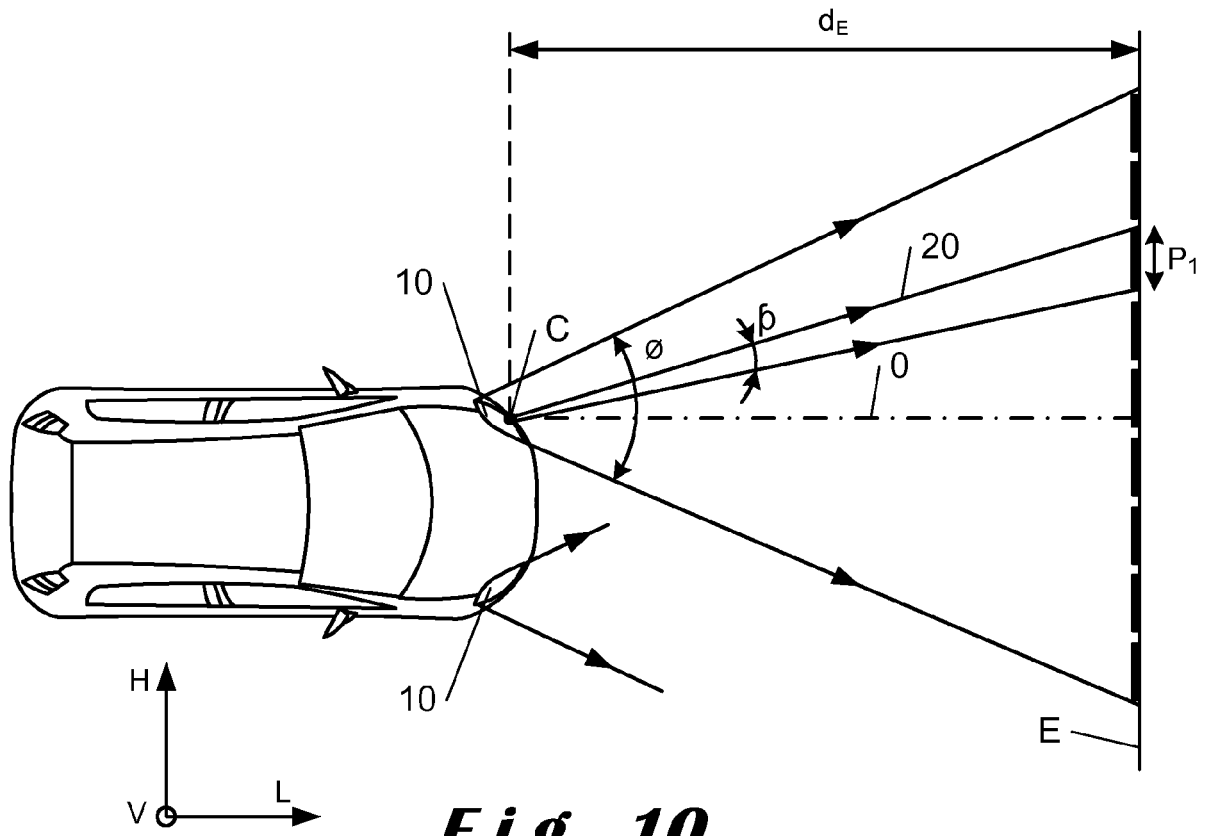


Fig. 10

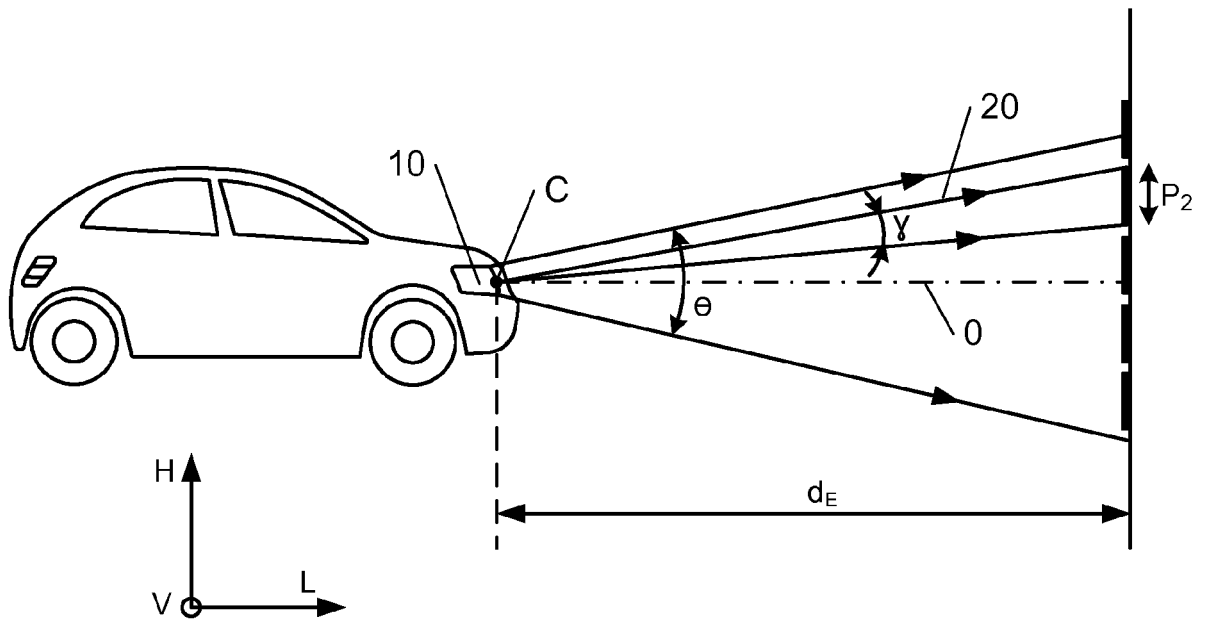


Fig. 11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 19 18 6425

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	EP 2 840 298 A1 (AUTOMOTIVE LIGHTING REUTLINGEN [DE]) 25 février 2015 (2015-02-25) * alinéas [0030] - [0112]; figures 1-8 *	1-15	INV. F21S41/20 F21S41/153 F21S41/255
A	EP 2 789 900 A2 (AUTOMOTIVE LIGHTING REUTLINGEN GMBH) 15 octobre 2014 (2014-10-15) * alinéas [0011] - [0053]; figures 1-15 *	1-15	
A	EP 1 965 126 A1 (VALEO VISION [FR]) 3 septembre 2008 (2008-09-03) * alinéas [0015] - [0065]; figures 1-14 *	1-15	
A	US 2007/183164 A1 (NAGANAWA MASAHIRO [JP] ET AL) 9 août 2007 (2007-08-09) * le document en entier *	1-15	
A	EP 2 532 950 A1 (KOITO MFG CO LTD [JP]) 12 décembre 2012 (2012-12-12) * le document en entier *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F21S
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 18 septembre 2019	Examineur Sarantopoulos, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 19 18 6425

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

18-09-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2840298 A1	25-02-2015	DE 102013215359 B3 EP 2840298 A1	19-02-2015 25-02-2015
EP 2789900 A2	15-10-2014	CN 104100902 A DE 102013206488 A1 EP 2789900 A2 US 2014307459 A1	15-10-2014 30-10-2014 15-10-2014 16-10-2014
EP 1965126 A1	03-09-2008	EP 1965126 A1 ES 2560668 T3 FR 2913095 A1	03-09-2008 22-02-2016 29-08-2008
US 2007183164 A1	09-08-2007	JP 4536017 B2 JP 2007213879 A US 2007183164 A1	01-09-2010 23-08-2007 09-08-2007
EP 2532950 A1	12-12-2012	CN 102815256 A EP 2532950 A1 JP 5719697 B2 JP 2012256551 A	12-12-2012 12-12-2012 20-05-2015 27-12-2012

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 20140307459 A1 [0007] [0008]
- DE 102008013603 [0008]
- US 2015131305 A [0009]