

(19)



(11)

EP 3 044 501 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

19.02.2020 Bulletin 2020/08

(51) Int Cl.:

F21S 41/14 ^(2018.01) **F21S 41/16** ^(2018.01)
F21S 41/141 ^(2018.01) **F21S 41/143** ^(2018.01)
F21S 41/663 ^(2018.01) **F21S 41/67** ^(2018.01)
F21S 41/675 ^(2018.01)

(21) Numéro de dépôt: **14761993.6**

(22) Date de dépôt: **10.09.2014**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/EP2014/069270

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2015/036425 (19.03.2015 Gazette 2015/11)

(54) **MODULE D'ÉCLAIRAGE POUR VÉHICULE**

BELEUCHTUNGSMODUL FÜR EIN FAHRZEUG

LIGHTING MODULE FOR A VEHICLE

(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**

(72) Inventeur: **ALBOU, Pierre**

F-75013 Paris (FR)

(30) Priorité: **10.09.2013 FR 1358709**

09.12.2013 FR 1362276

(56) Documents cités:

EP-A1- 2 592 472 EP-A1- 2 690 352
EP-A2- 2 511 602 WO-A1-2013/187145
DE-A1-102009 025 678 DE-A1-102012 100 141
US-A1- 2005 105 301 US-A1- 2011 249 460
US-A1- 2012 106 183

(43) Date de publication de la demande:

20.07.2016 Bulletin 2016/29

(73) Titulaire: **Valeo Vision**

93012 Bobigny Cedex (FR)

EP 3 044 501 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un module d'éclairage destiné à être agencé dans un projecteur d'un véhicule automobile et un procédé de réalisation d'un faisceau d'éclairage produit par ce module d'éclairage.

[0002] L'invention concerne également un projecteur comprenant un tel module d'éclairage.

[0003] Un tel module d'éclairage est connu des documents DE 10 2012 100 141 A1 et US 2011/0249460 A1.

[0004] Traditionnellement, des projecteurs équipent l'avant de véhicules automobile et sont aptes à former des faisceaux d'éclairage qui sont susceptibles de remplir différentes fonctions d'éclairage tenant compte des conditions de circulation, comme par exemple des fonctions de feu de croisement, de ville, de route ou encore d'anti-brouillard.

On connaît dans l'état de l'art des projecteurs dits adaptatifs qui sont aptes à former des faisceaux d'éclairage avancés, également dits adaptatifs dont les dimensions, l'intensité et/ou la direction sont ajustées pour remplir de telles fonctions. Ces projecteurs permettent notamment de réaliser des fonctions de feux directionnels, de feux de route adaptatifs ou sans éblouissement, comportant au moins une zone de masquage du faisceau dans les zones où sont situés des véhicules croisés ou suivis.

Chaque projecteur est généralement constitué de plusieurs modules d'éclairage permettant d'obtenir une puissance lumineuse suffisante afin de former un faisceau d'éclairage. Chacun de ces modules d'éclairage forme alors une partie du faisceau d'éclairage du projecteur en étant allumé ou éteint séparément les uns par rapport aux autres.

On entend par module d'éclairage, un ensemble comprenant au moins une source de lumière et un système optique de projection ou de réflexion.

En particulier et dans le cadre de la présente invention, la source de lumière est une source laser. Le module comporte alors un dispositif de conversion de longueur d'ondes.

Cette source de lumière laser du module d'éclairage est capable d'émettre un rayonnement en direction d'un système de balayage tel qu'un micro-miroir monté mobile autour de deux axes orthogonaux.

Ce rayonnement est ensuite dévié par ce système de balayage vers au moins un dispositif de conversion de longueur d'onde qui comprend un substrat en matériau réfléchissant ou transparent sur lequel est déposée une couche mince de matériau phosphorescent.

On notera dans le présent texte, on entend par « matériau phosphorescent » un matériau ayant un effet phosphorescent, comprenant généralement différents éléments chimiques, mais ne contenant pas nécessairement de phosphore.

Le dispositif de conversion, en étant ainsi balayé par le système de balayage, réémet un rayonnement de lumière blanche vers un système optique de projection et forme ainsi une partie du faisceau d'éclairage du projecteur.

Les modules d'un tel projecteur sont pilotés par une unité de commande qui contrôle l'activation des sources de lumière laser et les systèmes de balayage pour la réalisation des différentes fonctions d'éclairage du projecteur.

Cependant, un tel projecteur en comportant ainsi plusieurs modules d'éclairage est d'un encombrement conséquent.

De plus, il est d'une conception coûteuse et complexe du fait notamment qu'il requiert un temps important de réglage et un paramétrage précis de ces modules d'éclairage pour la configuration des différentes fonctions d'éclairage.

Du reste, un tel projecteur produit généralement un faisceau d'éclairage qui peut présenter des différences de couleurs du fait que chaque partie de ce faisceau est produite par chacun de ces modules d'éclairage et en raison notamment de la variabilité des couches de matériau phosphorescent d'un module à l'autre.

En outre, chaque module d'éclairage équipant ce projecteur est peu efficace par rapport à la puissance nominale des sources laser : en effet, le taux d'utilisation de la puissance du laser est faible car pendant son utilisation le laser est fréquemment sous-watté pour former un faisceau usuel réglementaire et éviter de générer des points lumineux dans le faisceau qui ne respecteraient pas les maxima réglementaires. Cela est nécessaire en outre pour éviter une gêne visuelle pour le conducteur, liée à un éclairage trop fort à proximité du véhicule.

La présente invention a pour objet de remédier en tout ou partie aux différents inconvénients cités précédemment.

A cet égard, l'invention a pour objet un module d'éclairage pour projecteur de véhicule automobile selon les caractéristiques de la revendication 1.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention :

- la première source de rayonnement lumineux est agencée au-dessus d'un axe optique du système optique de projection ;
- la au moins première source de lumière laser est positionnée au-dessus ou en retrait du dispositif de conversion de longueur d'onde ;
- le réflecteur est positionné devant la au moins première source de lumière laser, au-dessus d'un axe optique du système optique de projection entre le dispositif de conversion de longueur d'onde et le système optique de projection ;

- le réflecteur est un miroir réalisé en métal, notamment un alliage à base d'aluminium ;
- la au moins première source de lumière laser est apte à émettre un rayonnement laser vers le réflecteur qui est apte à le diriger vers une partie supérieure de la surface du dispositif de conversion de longueur d'onde ;
- la deuxième source de rayonnement lumineux, le réflecteur et le système optique de projection sont agencés du même côté du dispositif de conversion de longueur d'onde ;
- les au moins première et deuxième sources de lumière laser sont des diodes laser, notamment des diodes laser présentant les mêmes caractéristiques.

[0019] L'invention a également pour objet un projecteur pour véhicule automobile comportant un module d'éclairage selon l'invention, notamment un unique module d'éclairage selon l'invention.

[0020] L'invention a pour dernier objet un procédé de réalisation d'un faisceau d'éclairage comprenant les caractéristiques de la revendication 10.

[0021] Avantagement, on comprend que le module d'éclairage et par conséquent le projecteur qui le comprend sont d'un coût de conception et d'un encombrement faible.

[0022] En effet, ce module d'éclairage permet de réaliser toutes les fonctions d'éclairage tenant compte des conditions de circulation et de la réglementation en la matière, en ne comprenant qu'un unique dispositif de conversion de longueur d'onde et qu'un seul système optique de projection. Ainsi et avantagement, le faisceau généré est homogène en couleur et une superposition précise des différentes parties de faisceau est réalisée sans nécessiter de réglage mécanique entre modules d'un même projecteur, puisqu'il ne comporte plus qu'un seul module.

[0023] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description d'un mode de réalisation préféré qui va suivre, en référence aux figures, réalisé à titre d'exemple indicatif et non limitatif :

- la figure 1 est une vue schématique du module d'éclairage selon ce mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique d'un faisceau d'éclairage produit par le module d'éclairage selon ce mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 3 est une représentation schématique d'un premier faisceau lumineux à coupure sensiblement horizontale du faisceau d'éclairage produit par le module d'éclairage selon ce mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue schématique d'une partie du module d'éclairage qui est apte à produire le premier faisceau lumineux du faisceau d'éclairage selon ce mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5 est une représentation de la définition d'une coupe verticale du réflecteur selon ce mode de réalisation de l'invention, et
- la figure 6 est une représentation de la définition d'une coupe horizontale du réflecteur selon ce mode de réalisation de l'invention.

[0024] En référence à la figure 1, le module d'éclairage selon ce mode de réalisation de l'invention comprend des première 1 et deuxième 2 sources de rayonnement lumineux.

[0025] Ces première 1 et deuxième 2 sources de rayonnement lumineux sont aptes à émettre des rayonnements laser L1, L2 vers un seul dispositif de conversion 3 de longueur d'onde commun, qui est susceptible de transmettre ensuite ce faisceau vers un système optique de projection 4.

[0026] Selon l'invention, cette première source de rayonnement lumineux 1 comporte : une première source de lumière laser 9 et un réflecteur 10. Selon cette variante préférée avec une seule source de lumière laser 9, elle ne comporte pas d'éléments optiques de focalisation ou d'autre éléments entre la source laser et le réflecteur ; la première source de lumière laser 9 coopère directement avec le réflecteur 10. Dans une variante à plusieurs sources laser, non représentée, on pourra prévoir des éléments optiques pour combiner les rayons laser issus des différentes sources laser. Ces éléments optiques de combinaison peuvent par exemple être fondés sur un mélange des polarisations des rayons laser et/ou un mélange de longueurs d'ondes différentes et/ou une juxtaposition des images des sources laser.

[0027] Selon l'invention, la deuxième source de rayonnement lumineux 2 comprend une deuxième source de lumière laser 6, un système de balayage 7 et des éléments optiques 8 de focalisation. Ces éléments optiques 8 de focalisation sont localisés entre la deuxième source lumière laser 6 et le système de balayage 7. Grace au système à balayage, l'image issue du dispositif de conversion est rendue dynamique et permet de réaliser des faisceaux d'éclairage adaptatifs.

[0028] Le système de balayage 7, le réflecteur 10 et le système optique de projection 4 sont situés d'un même côté du dispositif de conversion 3, c'est-à-dire que le dispositif de conversion 3 est utilisé en réflexion.

[0029] Les première 9 et deuxième 6 sources de lumière laser sont des sources de lumières quasi ponctuelles qui sont constituées d'une diode laser émettant un faisceau visible dont la longueur d'onde est comprise entre 400 nanomètres et 500 nanomètres, et de préférence voisine de 450 ou 460 nanomètres. Ces longueurs d'onde correspondent à des couleurs allant du bleu au proche ultraviolet, cette dernière couleur étant plutôt située vers les longueurs d'onde inférieures à 400 nanomètres.

[0030] Cette diode laser peut être pourvu d'une seule cavité et avoir une puissance comprise entre environ 1 et 3,5

watts, de préférence 1,6 watts ou encore 3 watts. Cette diode laser comprend une facette de sortie dont les dimensions peuvent être de l'ordre de $14\text{ }\mu\text{m}$ par $1\text{ }\mu\text{m}$. Elle est apte à émettre un faisceau de section elliptique dont les profils de répartition d'intensité lumineuse verticale et horizontale sont gaussiens.

[0031] Avantageusement, la première source de rayonnement lumineux 1 est agencée sensiblement au-dessus de l'axe optique AO (en pointillés) du système optique de projection 4, avec :

- la première source de lumière laser 9 qui peut être positionnée au-dessus et/ou en retrait par rapport au dispositif de conversion 3 de longueur d'onde, et
- le réflecteur 10 qui est positionné devant la première source de lumière laser 9, au-dessus de l'axe optique du système optique de projection 4 entre le dispositif de conversion 3 et le système optique de projection 4.

En effet, comme cela sera détaillé plus loin en référence aux figures 2 et 3, la première source de rayonnement lumineux 1 sert à former la partie inférieure projetée sur la route du faisceau lumineux généré par le module. Cette partie de faisceau est commune aux différents types de faisceaux réglementaires projetés par le module et notamment au faisceau de feu de croisement et de feu de route.

[0032] La première source de rayonnement lumineux 1 est dite statique car elle permet de former de manière statique une image sur le dispositif de conversion 3 de longueur d'onde. Toutefois, cette première source de rayonnement lumineux 1 pourra être quasi statique car elle peut être déplacée selon notamment une faible amplitude angulaire et surtout à faible vitesse, notamment pour assurer une correction de portée qui correspond à de petits mouvements verticaux lents et globaux pour compenser la charge du véhicule ou sa réaction dynamique au freinage et à l'accélération. Dans le cas où la première source de rayonnement lumineux 1 est statique, avec un réflecteur 10 monté fixe, on pourra réaliser de manière classique une correction de portée avec des moyens mécaniques situés à l'extérieur du module et agissant sur l'inclinaison de l'ensemble du module.

[0033] Selon l'invention, le réflecteur 10 est un miroir statique, monté fixe, ou quasi statique, monté en rotation autour d'un axe horizontal afin de réaliser les mouvements verticaux de correction de portée requis. Par quasi statique on entend dans la présente demande qu'il est animé d'un mouvement de faible amplitude et de faible vitesse, inférieur à $15^\circ.\text{s}^{-1}$, de préférence inférieur à $10^\circ.\text{s}^{-1}$, avantageusement inférieur à $4^\circ.\text{s}^{-1}$.

Par rapport au système de balayage 7 associé à la seconde source de lumière laser 6, qui comporte au moins un micro-miroir mobile autour d'un axe horizontal, la vitesse d'oscillation autour de l'axe horizontal du réflecteur 10 est au moins dix fois plus faible, de préférence vingt fois plus faible, préférentiellement au moins cinquante fois plus faible.

[0034] Le réflecteur 10 peut être réalisé en métal, par exemple en un alliage à base d'aluminium ou encore être en verre aluminé sur au moins une face.

Il est de petite dimension et peut avoir les dimensions suivantes : une hauteur d'environ 1,5 à 6 mm, et une largeur d'environ 5,5 à 20 mm.

[0035] Ce réflecteur 10 peut être monté fixe par rapport à la première source de lumière laser 9. Dans une variante d'exécution, le réflecteur est quasi statique, c'est-à-dire qu'il peut également être monté mobile autour d'un axe et piloté par exemple par un servomoteur ou des cales piézoélectriques pour réaliser les mouvements de correction de portée, comme mentionné plus haut.

Ce réflecteur 10 réfléchit un rayonnement laser L1 provenant de cette première source de lumière laser 9 vers le dispositif de conversion 3 de longueur d'onde.

[0036] Le système de balayage 7 de la deuxième source de rayonnement lumineux 2 concerne selon une variante préférée un micro-miroir pouvant être de forme carrée et dont chaque côté peut mesurer environ 0,8mm. Ce micro-miroir est rendu mobile autour de deux axes orthogonaux à partir par exemple d'un dispositif MEMS (acronyme « Micro Electro Mechanical Systems » signifiant « Micro Systèmes Electromécaniques »). Selon une autre variante d'exécution, le système de balayage peut être constitué par l'association de deux micro-miroirs, chacun étant mobile autour d'un seul axe, les deux axes étant orthogonaux.

[0037] Ce système de balayage 7 réfléchit un rayonnement laser L2 provenant de la deuxième source de lumière laser 6 vers le dispositif de conversion 3 de longueur d'onde. Ce rayonnement L2 peut alors être dévié selon deux directions par le système de balayage 7.

[0038] Dans une variante, la deuxième source de lumière laser 6 et le système de balayage 7 peuvent être compris dans un MOEMS (acronyme de « Micro-Opto-Electro-Mechanical Systems », signifiant « système microoptoélectromécanique »). Un MOEMS est un système optique comprenant, dans le cas présent, au moins une source de lumière laser et un système de balayage 7. Les MOEMS sont des dispositifs compacts, fiables, simples à utiliser et qui permettent une grande précision et une grande flexibilité de redirection du rayonnement laser L2 vers le dispositif de conversion 3.

[0039] Bien que dans le présent mode de réalisation, la deuxième source de rayonnement lumineux 2 comporte une unique source de lumière, elle peut cependant dans une alternative comprendre par exemple deux sources de lumière laser émettant chacune un rayonnement vers un même système de balayage 7. Dans une variante, ces deux sources

peuvent émettre chacune un rayonnement L2 vers des systèmes de balayage distincts.

[0040] Par exemple, le module d'éclairage peut comprendre trois systèmes de balayage 7 équipés chacun d'une ou de plusieurs sources de lumière laser. La création du faisceau d'éclairage dans sa partie haute projetée sur la route est ainsi optimisée.

De même, dans le mode de réalisation décrit, la première source de rayonnement lumineux 1 comporte une unique source laser 9. Dans le cadre de l'invention, elle pourra comporter plus d'une source, par exemple deux sources laser émettant chacune un rayonnement laser vers le miroir 10, les rayons de ces deux sources pouvant le cas échéant être combinés avant d'atteindre le miroir.

[0041] Le dispositif de conversion 3 de longueur d'onde compris dans le module d'éclairage comporte un substrat formant un support 12 réfléchissant qui est recouvert d'une couche 11 continue d'un matériau phosphorescent.

[0042] Ce support 12 du dispositif de conversion 3 est choisi parmi des matériaux qui sont thermiquement bons conducteurs. De tels matériaux permettent ainsi au support 12 de limiter la dégradation de la couche 11 de matériau phosphorescent en restreignant l'élévation de température du dispositif de conversion 3 et de la couche 11.

[0043] La couche 11 en matériau phosphorescent est apte à réémettre un rayonnement 16 de lumière blanche. En effet, lorsque les première 1 et deuxième 2 sources de rayonnement lumineux émettent respectivement un rayonnement laser L1, L2 monochromatique et cohérent en direction du dispositif de conversion 3, ce dernier reçoit ce rayonnement laser L1, L2 et réémet un rayonnement 16 de lumière blanche qui comporte une pluralité de longueurs d'onde appartenant au spectre de la lumière visible et comprises entre environ 400 nanomètres et 800 nanomètres.

[0044] Cette émission de lumière blanche se produit, selon un diagramme d'émission lambertienne, c'est-à-dire avec une luminance uniforme dans toutes les directions.

[0045] Le substrat de ce dispositif de conversion 3 est réalisé par exemple en matière métallique, notamment en aluminium. Cette matière métallique constituant le substrat présente de bonnes caractéristiques et propriétés en matière de conduction et de résistance thermique. Ainsi, le substrat permet avantageusement de limiter la température de la couche 11 en matériau phosphorescent, en favorisant la dissipation de chaleur.

[0046] De plus, ce substrat peut être exposé à des puissances lasers sans se décomposer, lesquelles peuvent être, par exemple, de l'ordre de 15 watts.

[0047] Ainsi, le dispositif de conversion 3 est donc agencé dans le module d'éclairage de façon à pouvoir recevoir des rayonnements laser L1, L2 provenant de la première source de rayonnement lumineux 1 et de la deuxième source de rayonnement lumineux 2. Il s'agit donc d'un dispositif de conversion 3 commun à l'ensemble des sources de lumière laser.

[0048] Ce dispositif de conversion 3 est situé au voisinage du plan focal du système optique de projection 4 qui forme alors à l'infini une image de la couche 11 de matériau phosphorescent, ou plus exactement des points de cette couche 11 qui émettent de la lumière en réponse à l'excitation laser résultant des rayonnements laser L1, L2 qu'ils reçoivent des première 1 et deuxième 2 sources de rayonnement lumineux.

[0049] Plus précisément, le système optique de projection 4 forme un faisceau d'éclairage 15 avec le rayonnement de lumière 16 émis par les différents points de la couche 11 de matériau phosphorescent illuminés par ces rayonnements laser L1, L2.

Le faisceau d'éclairage 15 émergeant du module d'éclairage est ainsi directement fonction des rayons lumineux émis par la couche 11 de matériau phosphorescent, lui-même fonction des rayonnements laser L1, L2 absorbés par cette couche 11.

[0050] On notera que le rayonnement laser L2 provenant de la deuxième source de rayonnement lumineux 2 forme une image à projeter par le système optique de projection 4, par balayage en profitant de la persistance rétinienne et/ou de la métastabilité du matériau phosphorescent.

[0051] En outre, les première 1 et deuxième 2 sources de rayonnement lumineux, le dispositif de conversion 3 et le système optique de projection 4 sont compris dans cet unique module d'éclairage qui équipe un projecteur.

[0052] Dès lors, ces première 1 et deuxième 2 sources de rayonnement lumineux partagent les mêmes dispositif de conversion 3 et système optique de projection 4. Ainsi, l'encombrement du module d'éclairage mais également celui du projecteur dans lequel il est monté, s'en trouve fortement réduit.

[0053] Ce module d'éclairage comporte également, une unité de commande 5 qui est apte à piloter les première 1 et deuxième 2 sources de rayonnement lumineux en fonction de la photométrie désirée du faisceau d'éclairage 15 produit par ce module d'éclairage.

En particulier, l'unité de commande 5 pilote le système de balayage 7 pour que le rayonnement laser L2 balaye successivement tous les points de zones de la couche 11 du matériau phosphorescent sélectionnées par cette unité de commande 5. Ainsi, elle est apte à définir les zones de la couche 11 qu'il convient de balayer avec les rayonnements laser L2 de manière à former une image sur cette couche 11, une telle image étant constituée d'une succession de lignes formées chacune d'une succession de points plus ou moins lumineux.

L'unité de commande 5 pilote aussi l'activation et le contrôle de la puissance des première 1 et deuxième 2 sources de lumière laser et le cas échéant, la modulation de l'intensité des rayonnements laser L1, L2.

On notera que les points de la couche 11 du matériau phosphorescent ainsi éclairés par les rayonnements laser L1, L2 émettent de la lumière, avec une intensité qui est directement fonction de l'intensité de ces rayonnements laser L1, L2 qui éclairent ces points, l'émission s'effectuant selon un diagramme d'émission lambertienne.

[0054] Selon l'invention, ce module d'éclairage est apte à émettre un faisceau d'éclairage 15.

Ce faisceau d'éclairage 15 correspond à la superposition de faisceaux lumineux résultant des première 1 et deuxième 2 sources de rayonnement lumineux coopérant avec le dispositif de conversion 3 de longueur d'onde et le système optique de projection 4. Cette superposition peut être partielle ou complète ou encore ne concerner qu'une fraction des contours respectifs de ces faisceaux.

Ce faisceau d'éclairage 15 peut résulter de la superposition d'au moins deux faisceaux lumineux différents, ici les premier 14 et deuxième 13 faisceaux lumineux, mais également de la superposition de plus de deux faisceaux. En effet, ainsi que nous l'avons déjà évoqué, la deuxième source de rayonnement lumineux 2 peut émettre des faisceaux produits par plusieurs sources de lumière laser coopérant avec un ou plusieurs systèmes de balayage.

[0055] A la figure 2, est illustré un exemple de faisceau d'éclairage 15 produit par le module d'éclairage, dit faisceau de croisement ou de code tel qu'apparaissant sur une surface plane de projection.

La surface plane de projection est disposée face au module d'éclairage, perpendiculairement à l'axe optique de ce dernier.

[0056] Ce faisceau d'éclairage 15 de type feu de croisement résulte de la superposition du premier faisceau lumineux 14 et du deuxième faisceau lumineux 13.

[0057] Le premier faisceau lumineux 14 est produit par la première source de rayonnement lumineux 1. Ce premier faisceau 14 représenté sur la figure 3, réalise une ligne de coupure horizontale 18. Cette ligne de coupure horizontale 18 est une ligne d'éclairage limite au-dessus de laquelle il est interdit d'éclairer la route. Dans les pays à circulation à droite, cette ligne de coupure est horizontale sur toute la largeur de la route et sur le bas-côté gauche de la route.

[0058] A la figure 4 est représenté une partie du module d'éclairage illustré en figure 1. Dans cette partie du module d'éclairage, la première source de lumière laser 9 est apte à émettre un rayonnement laser L1 qui est guidé par le réflecteur 10 vers la partie supérieure 23 du dispositif de conversion 3, dans la zone située au-dessus du plan horizontal de l'axe optique AO (représenté en pointillés), afin de concentrer le rayonnement exclusivement sous la ligne de coupure horizontale 18. Le dispositif de conversion 3 réémet ensuite un rayonnement 16 de lumière blanche vers le système optique de projection 4 qui forme ainsi le premier faisceau lumineux 14.

En particulier, le réflecteur 10 est calculé pour réaliser cette ligne de coupure horizontale 18 ainsi qu'une répartition d'énergie maîtrisée pour produire ce premier faisceau lumineux 14.

[0059] Ce premier faisceau lumineux 14 représente une portion du faisceau d'éclairage 15 qui est commune à tous les faisceaux d'éclairage réglementaires, notamment de croisement ou route, susceptibles d'être produits par le module d'éclairage. Ce premier faisceau lumineux 14 correspond généralement à la partie basse des faisceaux d'éclairage réglementaires.

[0060] Ces faisceaux d'éclairage réglementaires correspondent aux configurations d'éclairages homologuées qui remplissent les différentes fonctions d'éclairage tenant compte des conditions de circulation, comme par exemple des fonctions de feu de croisement, de ville, d'autoroute, de portique ou encore de brouillard, etc...

[0061] On notera que ce premier faisceau lumineux 14 remplit une fonction d'éclairage à l'avant du véhicule sur le sol jusqu'à environ 0,5 à 1,5 degrés en dessous de l'horizon.

[0062] Le deuxième faisceau lumineux 13 réalise une coupure non plate, présentant un segment horizontal 19 qui se prolonge en une partie inclinée 17 formant un angle d'environ 10 à 60 degrés vers le haut par rapport à l'horizontale.

[0063] La superposition du deuxième faisceau lumineux 13 avec le premier faisceau lumineux 14 présente une zone 20 de recouvrement qui présente une intensité lumineuse importante.

Cette zone 20 de recouvrement autrement appelée « spot lumineux », ou « point chaud » est, généralement, située au centre d'un halo de lumière moins intense. Cette zone 20 est ici positionnée sensiblement au centre du faisceau d'éclairage 15 dans l'axe dudit faisceau 15. Dans une configuration où le projecteur est du type directionnel, c'est-à-dire où la partie haute du faisceau (au-dessus de la ligne de coupure) est décalée dans la direction de l'orientation des roues avant du véhicule, cette zone 20 subira un déplacement par rapport à l'axe du faisceau, selon l'orientation à gauche ou à droite des roues.

[0064] Ainsi, le faisceau d'éclairage 15 du type feu de croisement obtenu présente une ligne de coupure non plate, essentiellement constituée d'une partie 21 horizontale basse, suivie d'un décrochement 17, consistant en un segment oblique au niveau de la projection de l'axe optique, puis d'une partie 22 sensiblement horizontale haute. Une telle configuration permet de ne pas éblouir les conducteurs croisés, à gauche dans l'exemple considéré, tout en assurant un éclairage optimal sur la droite de la route.

[0065] Un tel faisceau d'éclairage 15 du type code a pour rôle d'éviter que l'éclairage du véhicule n'éblouisse un conducteur dans un véhicule en sens inverse ou le véhicule le précédant.

[0066] Cet exemple de faisceau correspondant à un faisceau d'éclairage 15 de croisement est applicable à la circulation à droite. Cet exemple est bien sûr directement transposable à des conditions de circulation à gauche.

[0067] Le faisceau d'éclairage 15 produit par le module d'éclairage est homogène car dans ce mode de réalisation,

la première source de lumière laser 9 présente les mêmes caractéristiques que la deuxième source de lumière laser 6 et ces dernières émettent toutes deux des rayonnements L1, L2 vers le même dispositif de conversion 3.

[0068] Le module d'éclairage est bien sûr apte à produire de la même façon d'autres fonctions d'éclairage tenant compte des conditions de circulation et de la réglementation en la matière, notamment des faisceaux route adaptatifs ou avec fonction anti-éblouissement.

[0069] On comprend bien que du fait de l'absence de système de balayage au niveau de la première source lumineuse, et de la nature statique ou quasi statique de la partie de faisceau générée par la première source lumineuse, le potentiel de la ou des source(s) laser de la première source lumineuse peut être exploité de manière optimale et le rendement du module est amélioré.

[0070] Le réflecteur 10 présente une surface 24 particulière qui peut être déterminée à partir de la définition de la transformation par réflexion sur cette surface 24 d'un faisceau elliptique gaussien issu de la première source de lumière laser 9 dont l'intersection avec le dispositif de conversion 3 forme une zone délimitée par une coupure horizontale.

[0071] Ainsi que nous l'avons vu, cette zone éclairée par la première source de lumière laser 9 va ensuite à partir du dispositif de conversion 3 devenir une source lumineuse blanche quasi lambertienne qui est imagée à l'infini par le système optique de projection 4.

[0072] On notera que du fait de la nature gaussienne du faisceau elliptique de la première source de lumière laser 9, il est possible de connaître par avance la répartition d'énergie résultant de ce faisceau sur le dispositif de conversion 3.

[0073] Ainsi que l'illustrent les figures 5 et 6, on détermine alors des coupes du réflecteur 10 par un plan vertical et un plan horizontal passant par un point source correspondant à la première source de lumière laser 9.

[0074] Ces coupes verticale et horizontale du réflecteur 10 sont déterminées en imposant la direction d'un rayon émis par la première source de lumière laser 9 et réfléchi le long de ces coupes du réflecteur 10 au niveau d'un point courant de sorte que le point d'impact du rayon réfléchi $\vec{r}$ de vecteur $\vec{i}$ sur le dispositif de conversion 3 décrive une ligne horizontale pour la coupe horizontale et une ligne verticale dans le cas de la coupe verticale.

[0075] On précise que sur les figures 5 et 6, la base orthonormée du plan est ici définie par le repère en O, x, y et z, dont le centre O est placé sur la sortie de la première source de lumière laser 9 et plus précisément sur le centre de la facette de sortie de la diode.

On a également un vecteur $\vec{i}$, représentant la direction du rayon incident sur le réflecteur 10 et un vecteur $\vec{p}$ perpendiculaire à $\vec{i}$ et on pose alors pour $\vec{i}$ et $\vec{p}$:

$$\vec{i} = \begin{pmatrix} \cos\varphi \\ \sin\varphi \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \vec{p} = \begin{pmatrix} \sin\varphi \\ -\cos\varphi \\ 0 \end{pmatrix}$$

- pour la coupe horizontale

$$\vec{i} = \begin{pmatrix} \cos\theta \\ \sin\theta \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \vec{p} = \begin{pmatrix} \sin\theta \\ -\cos\theta \end{pmatrix}$$

- pour la coupe verticale :

La position du point courant est définie par $M = \rho \cdot \vec{i}$.

[0076] On impose alors la position du point d'impact C sur le dispositif de conversion 3 défini par $\vec{c}$ en fonction de

$$\vec{r} = \frac{\vec{c} - \rho \vec{i}}{\|\vec{c} - \rho \vec{i}\|},$$

l'angle θ projeté vertical ou l'angle φ projeté horizontal du rayon incident $\vec{i}$ sur le miroir 10, et alors, avec :

$$\vec{c} = \begin{pmatrix} D \\ y_i(\varphi) \\ z_{i0} \end{pmatrix}$$

- pour la coupe horizontale :

$$\vec{c} = \begin{pmatrix} D \\ z_i(\theta) \end{pmatrix}$$

- pour la coupe verticale : D étant la position du système de conversion 3 le long de l'axe optique par rapport à la position de la première source laser 9.

[0077] Ainsi, les deux coupes recherchées sont alors solutions d'équations différentielles qui s'écrivent sous une forme canonique. Ces équations différentielles sont issues de la loi de la réflexion exprimée sous forme vectorielle.

Concernant la coupe horizontale, l'équation différentielle en $\rho(\varphi)$ est :

$$\rho' = \frac{\rho \vec{r} \cdot \vec{p}}{\vec{r} \cdot \vec{i} - 1}$$

S'agissant de la coupe verticale l'équation différentielle en $\rho(\theta)$ est :

$$\rho'(\vec{r} \cdot \vec{1} - 1) = \rho \vec{r} \cdot \vec{p}$$

Ces équations différentielles peuvent être facilement résolues numériquement à partir de méthodes d'analyse numérique d'approximation de solutions d'équations différentielles comme par exemple la méthode de Runge-Kutta.

[0078] On obtient alors les deux coupes horizontale et verticale du réflecteur 10 en mettant en œuvre une de ces méthodes, et en imposant les critères suivants :

- pour assurer l'existence de la coupure horizontale : $Z_i(\theta) \geq Z_{i0}$;
 $Z_i(0) = Z_{i0}$; $Z_i(\theta)$ doit être monotone et continue pour $\theta \geq 0$; $Z_i(\theta)$ doit être monotone et continue pour $\theta \leq 0$, et
- pour que la surface obtenue corresponde à un réflecteur 10 matériellement réalisable : $y_i(\varphi)$ doit être monotone et croissante.

[0079] Une fois ces deux coupes du réflecteur 10 obtenues, il convient de déterminer le reste de la surface 24 du réflecteur 10, c'est-à-dire les points courant de cette surface 24 qui ne sont pas compris au niveau de ces coupes du réflecteur 10.

Pour ce faire, on utilise alors une méthode dite de différences finies qui permet une résolution point par point par optimisation sous contrainte.

Plus précisément, pour un point courant $P_{i,j}$ si autour de la position de ce point $P_{i,j}$ des points voisins $P_{i-1,j}$ et $P_{i,j-1}$ sont connus, on peut approximer la normale $\vec{N}$ à la surface de ce point $P_{i,j}$ par produit vectoriel avec les deux points voisins $P_{i-1,j}$ et $P_{i,j-1}$.

[0080] Soit alors : $\overrightarrow{P_{i+1,j} P_{i,j}} \wedge \overrightarrow{P_{i,j-1} P_{i,j}} = \vec{N}$ avec

$$P_{i,j} = \begin{pmatrix} x \\ y(j) \\ z(i) \end{pmatrix} ; P_{i-1,j} = \begin{pmatrix} x \\ y(j) \\ z(i-1) \end{pmatrix} ; P_{i,j-1} = \begin{pmatrix} x \\ y(j-1) \\ z(i) \end{pmatrix}$$

[0081] On obtient alors :

$$\vec{N} = \begin{pmatrix} -(Z(i) - Z(i-1))(y(j) - y(j-1)) \\ (Z(i) - Z(i-1))(x - x_{i,j-1}) \\ (y(j) - y(j-1))(x - x_{i-1,j}) \end{pmatrix}$$

[0082] Ces deux points voisins $P_{i-1,j}$ et $P_{i,j-1}$ peuvent être des points compris sur les coupes verticale et horizontale et par la suite ils peuvent concerner des points qui auront été résolus par cette méthode de différences finies.

[0083] On notera que par ce point courant $P_{i,j}$ passe un rayon incident émis par la première source de lumière laser

9, qui est défini par un vecteur incident suivant : $\frac{\overrightarrow{OP_{i,j}}}{\|\overrightarrow{OP_{i,j}}\|}$

[0084] On détermine ensuite le rayon réfléchi $\vec{r}$ du point courant $P_{i,j}$ à partir de cette normale $\vec{N}$ avec :

$$\vec{r} = \vec{1} - 2 \frac{\vec{N} \cdot \vec{1}}{N^2} \vec{N} = \begin{pmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix}$$

(loi de la réflexion)

$$P_i = \begin{pmatrix} x_{pi} \\ y_{pi} \\ z_{pi} \end{pmatrix},$$

[0085] On peut donc définir le point d'impact P_i , à partir du point courant $P_{i,j}$ et du rayon réfléchi $\vec{r}$ et

des coordonnées $\begin{pmatrix} D \\ y_i(\varphi) \\ z_i(\theta) \end{pmatrix}$ d'un point d'impact idéal, lesquelles sont comprises sur les coupes verticale et horizontale, soit alors :

$$P_i = P_{i,j} + \mu \vec{r}$$

avec : $P_i = \begin{pmatrix} x_{pi} \\ y_{pi} \\ z_{pi} \end{pmatrix}$, $P_{i,j} = \begin{pmatrix} x \\ y(j) \\ z(i) \end{pmatrix}$ et μ est la distance $P_{i,j}$, P_i .

$$P_i = \begin{pmatrix} x_{pi} \\ y_{pi} \\ z_{pi} \end{pmatrix}$$

[0086] Les coordonnées du point d'impact sont alors égales à :

$$x_{pi} = x + \mu r_x = D ;$$

$$y_{pi} = y(j) + \mu r_y = y(j) + (D-x) \frac{r_y}{r_x} \text{ car } \mu = \frac{D-x}{r_x}$$

$$z_{pi} = z(i) + \mu r_z = z(i) + (D-x) \frac{r_z}{r_x} \text{ car } \mu = \frac{D-x}{r_x}$$

[0087] Par la suite, une minimisation sous contraintes est alors réalisée pour déterminer la position x du point courant $P_{i,j}$. Il s'agit ici de minimiser la distance du point d'impact P_i sur le dispositif de conversion 3 du rayon réfléchi $\vec{r}$, par

rapport à un point d'impact idéal $\begin{pmatrix} D \\ y_i(\varphi) \\ z_i(\theta) \end{pmatrix}$ considéré dont les coordonnées sont sur des coupes verticale et horizontale.
[0088] Soit

$$(y_{pi} - y_i(\varphi))^2 + (z_{pi} - z_i(\theta))^2$$

[0089] Cette minimisation doit être réalisée avec les contraintes suivantes :

- la coordonnée latérale y_{pi} du point d'impact P_i ne doit pas être de signe opposé à la coordonnée latérale $y(j)$ du point courant $P_{i,j}$ pour ne pas changer de côté par rapport au plan vertical contenant l'axe optique et éviter ainsi de générer une ligne brillante au milieu du premier faisceau lumineux 14. On pose alors que : $y_{pi} y(j) \geq 0$;
- la coordonnée verticale z_{pi} du point d'impact P_i doit être supérieure ou égale à z_{i0} pour ne pas dépasser la ligne horizontale inférieure. On a $z_{pi} \geq z_{i0}$.

[0090] Cette minimisation peut être effectuée à partir d'un algorithme de type « inner point » dont le fonctionnement est notamment décrit dans la publication scientifique ayant pour titre "An interior algorithm for nonlinear optimization that combines line search and trust region steps", et dont les auteurs sont R.A. Waltz, J.L. Morales, J. Nocedal, et D. Orban. Cette publication est extraite de l'ouvrage intitulé « Mathematical Programming », Vol 107, No. 3, pages. 391-408, publié en 2006.

[0091] Cette minimisation est alors par la suite réalisée par cet algorithme pour tous les points d'impact susceptibles d'être définis sur la surface 24 de ce réflecteur 10 par la première source de lumière laser afin de produire le premier faisceau lumineux 14.

[0092] Ainsi, en définissant la transformation par réflexion sur le réflecteur du faisceau elliptique gaussien issu de la première source de lumière laser 9 vers le dispositif de conversion 3, il est alors possible de déterminer la surface 24

particulière de ce réflecteur 10.

[0093] On comprend bien qu'en choisissant de manière adéquate les fonctions $y_i(\varphi)$ et $Z_i(\theta)$, on détermine la répartition du flux lumineux dans la projection sur la route en fonction des spécifications de la photométrie désirée.

[0094] La méthode de détermination de la surface du miroir 10 qui vient d'être exposée dans le cas d'une source laser unique est transposable à une configuration dans laquelle les sources laser de la première source lumineuse 1 sont combinées. Dans ce cas, on prendra comme centre O du référentiel le centre de la source laser virtuelle résultant de la combinaison des rayons.

[0095] Avant d'aborder les autres configurations possibles, on rappellera que les rayons lasers ont une section transverse de type elliptique gaussien et comportent donc un grand et un petit axe.

[0096] Dans le cas où les rayons des sources laser ne sont pas combinés, les sources laser sont alors placées de sorte que soit le plan des grands axes soit celui des petits axes soient confondus.

Si les rayons ne se chevauchent pas (pour une largeur à $1/e^2$) alors chaque rayon laser se réfléchit sur une portion dédiée du miroir, calculée comme détaillé précédemment (chaque source est considérée individuellement).

S'il y a superposition des rayons laser, alors le miroir 10 sera de type cylindrique, sa section droite étant calculée comme détaillé précédemment pour une des sources laser et les sources laser de la première source lumineuse 1 sont alignées selon une droite parallèle à l'axe du cylindre du miroir.

[0097] La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui ont été explicitement décrits, mais elle en inclut les diverses variantes et généralisations contenues dans le domaine des revendications ci-après. Les variations de balayage du système de conversion pour obtenir une fonction d'éclairage avancée pourront être alors générées en recourant à un dispositif de cache, par exemple rotatif, qui va créer des lignes de coupure.

Revendications

1. Module d'éclairage pour projecteur de véhicule automobile comprenant des première (1) et deuxième (2) sources de rayonnement lumineux aptes à émettre des rayonnements laser (L1, L2) vers un dispositif de conversion (3) de longueur d'onde qui est susceptible de réémettre un rayonnement (16) de lumière vers un système optique de projection (4) pour produire un faisceau d'éclairage (15), le module comportant un seul dispositif de conversion (3) de longueur d'onde qui est commun aux rayonnements laser (L1, L2) **caractérisé en ce que** la première source de rayonnement lumineux (1) comporte au moins une première source de lumière laser (9) coopérant avec un unique réflecteur (10) qui est un miroir monté fixe ou monté en rotation autour d'un axe horizontal et animé d'un mouvement de faible amplitude et de faible vitesse, inférieur à $15^\circ.s^{-1}$, de préférence inférieur à $10^\circ.s^{-1}$, avantageusement inférieur à $4^\circ.s^{-1}$, et la deuxième source de rayonnement lumineux (2) comporte au moins une deuxième source de lumière laser (6) qui coopère avec au moins un système de balayage (7) comportant au moins un micro-miroir mobile autour d'un axe horizontal.
2. Module d'éclairage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la première source de rayonnement lumineux (1) est agencée au-dessus d'un axe optique du système optique de projection (4).
3. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** la première source de lumière laser (9) est positionnée au-dessus ou en retrait du dispositif de conversion (3) de longueur d'onde.
4. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le réflecteur (10) est positionné devant la première source de lumière laser (9), au-dessus d'un axe optique du système optique de projection (4) entre le dispositif de conversion (3) de longueur d'onde et le système optique de projection (4).
5. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le réflecteur (10) est un miroir réalisé en métal, notamment un alliage à base d'aluminium.
6. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la première source de lumière laser (9) est apte à émettre un rayonnement laser (L1) vers le réflecteur (10) qui est apte à le diriger vers une partie supérieure (23) de la surface du dispositif de conversion (3) de longueur d'onde.
7. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la deuxième source de rayonnement lumineux (2), le réflecteur (10) et le système optique de projection (4) sont agencés du même côté du dispositif de conversion (3) de longueur d'onde.
8. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les première (9) et

deuxième (6) sources de lumière laser sont des diodes laser, notamment des diodes laser présentant les mêmes caractéristiques.

9. Projecteur pour véhicule automobile comportant un module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications précédentes, notamment un unique module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications précédentes.

10. Procédé de réalisation d'un faisceau d'éclairage (15) pour projecteur de véhicule automobile comprenant les étapes suivantes :

- formation d'un premier faisceau lumineux (14) réalisant une première partie qui est la partie inférieure projetée sur la route dudit faisceau d'éclairage (15) au moyen d'une première source de rayonnement lumineux (1) comportant au moins une première source de lumière laser (9) émettant un rayonnement laser (L1) dirigé par un unique réflecteur (10), qui est un miroir monté fixe ou monté en rotation autour d'un axe horizontal et animé d'un mouvement de faible amplitude et de faible vitesse, inférieur à $15^{\circ} \cdot s^{-1}$, de préférence inférieur à $10^{\circ} \cdot s^{-1}$, avantageusement inférieur à $4^{\circ} \cdot s^{-1}$, vers un seul dispositif de conversion (3) de longueur d'onde, le dispositif de conversion (3) de longueur d'onde réémettant un rayonnement de lumière vers un système optique de projection (4),

- formation d'un deuxième faisceau lumineux (13) réalisant une deuxième partie dudit faisceau d'éclairage (15) au moyen d'une deuxième source de rayonnement lumineux (2) comportant au moins une deuxième source de lumière laser (6) qui coopère avec au moins un système de balayage (7) comportant un micro-miroir mobile autour d'un axe horizontal, la deuxième source de lumière laser (6) émettant un rayonnement laser (L2) dirigé par le système de balayage (7) vers ledit seul dispositif de conversion (3) de longueur d'onde, le dispositif de conversion (3) de longueur d'onde réémettant un rayonnement de lumière vers le système optique de projection (4), et

- superposition au moins partielle des premier (14) et deuxième (13) faisceaux lumineux.

Patentansprüche

1. Beleuchtungsmodul für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer mit einer ersten (1) und einer zweiten (2) Lichtstrahlungsquelle, die in der Lage sind, eine Laserstrahlung (L1, L2) an eine Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3) abzugeben, die in der Lage ist, eine Lichtstrahlung (16) an ein optisches Projektionssystem (4) zu reemittieren, um ein Beleuchtungsbündel (15) zu erzeugen, wobei das Modul eine einzige Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3) umfasst, die der Laserstrahlung (L1, L2) gemeinsam ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Lichtstrahlungsquelle (1) mindestens eine erste Laserlichtquelle (9) umfasst, die mit einem einzigen Reflektor (10) zusammenwirkt, der ein fest oder um eine horizontale Achse drehbar montierter Spiegel ist und mit einer Bewegung mit geringer Amplitude und geringer Geschwindigkeit angetrieben wird, die weniger als $15^{\circ} \cdot s^{-1}$ beträgt, vorzugsweise weniger als $10^{\circ} \cdot s^{-1}$, vorzugsweise weniger als $4^{\circ} \cdot s^{-1}$, und die zweite Lichtquelle (2) mindestens eine zweite Laserlichtquelle (6) aufweist, die mit mindestens einem Abtastsystem (7) mit mindestens einem um eine horizontale Achse beweglichen Mikrospiegel zusammenwirkt.

2. Beleuchtungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Lichtstrahlungsquelle (1) oberhalb einer optischen Achse der Projektionsoptik (4) angeordnet ist.

3. Beleuchtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Laserlichtquelle (9) oberhalb oder vertieft von der Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3) angeordnet ist.

4. Beleuchtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reflektor (10) vor der ersten Laserlichtquelle (9) oberhalb einer optischen Achse des projektionsoptischen Systems (4) zwischen der Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3) und dem projektionsoptischen System (4) angeordnet ist.

5. Beleuchtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reflektor (10) ein Spiegel aus Metall, insbesondere aus einer Legierung auf Aluminiumbasis, ist.

6. Beleuchtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Laserlichtquelle (9) in der Lage ist, Laserstrahlung (L1) zum Reflektor (10) zu emittieren, der in der Lage ist, sie auf einen oberen Teil (23) der Oberfläche der Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3) zu richten.

7. Beleuchtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Lichtstrahlungsquelle (2), der Reflektor (10) und die Projektionsoptik (4) auf derselben Seite der Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3) angeordnet sind.

8. Beleuchtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste (9) und die zweite (6) Laserlichtquelle Laserdioden sind, insbesondere Laserdioden mit gleichen Eigenschaften.

9. Kraftfahrzeugscheinwerfer mit einem Lichtmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, insbesondere einem einzigen Lichtmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche

10. Verfahren zur Erzeugung eines Beleuchtungsstrahls (15) für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer mit den folgenden Schritten :

- Bildung eines ersten Lichtbündels (14), das einen ersten Teil erzeugt, der der untere Teil des genannten Lichtbündels (15) ist, der mittels einer ersten Lichtstrahlungsquelle (1) auf die Straße projiziert wird, die mindestens eine erste Laserlichtquelle (9) umfasst, die eine Laserstrahlung (L1) aussendet, die von einem einzigen Reflektor (10) gerichtet wird, der ein fest oder um eine horizontale Achse drehbar montierter Spiegel ist und mit einer Bewegung mit geringer Amplitude und geringer Geschwindigkeit angetrieben wird, die weniger als $15^{\circ} \cdot s^{-1}$ beträgt, vorzugsweise weniger als $10^{\circ} \cdot s^{-1}$, vorzugsweise weniger als $4^{\circ} \cdot s^{-1}$, auf eine einzel Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3), wobei die Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3) Lichtstrahlung an ein optisches Projektionssystem (4) zurückstrahlt,

- Bildung eines zweiten Lichtstrahls (13), der einen zweiten Teil des genannten Beleuchtungsstrahls (15) mit Hilfe einer zweiten Lichtstrahlungsquelle (2) erzeugt, die mindestens eine zweite Laserlichtquelle (6) umfasst, die mit mindestens einem Abtastsystem (7) zusammenwirkt, das mindestens einen um eine horizontale Achse beweglichen Mikrospiegel umfasst, die zweite Laserlichtquelle (6), die Laserstrahlung (L2) emittiert, die von dem Abtastsystem (7) auf die einzel Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3) gerichtet ist, wobei die Wellenlängenkonversionsvorrichtung (3) Lichtstrahlung zu dem optischen Projektionssystem (4) wieder emittiert, und
- mindestens teilweise Überlagerung des ersten (14) und zweiten (13) Lichtstrahls.

Claims

1. Lighting module for a motor vehicle headlamp comprising first (1) and second (2) light radiation sources capable of emitting laser radiation (L1, L2) to a wavelength conversion device (3) which is capable of re-emitting light radiation (16) to an optical projection system (4) in order to produce an illumination beam (15), the module comprising a single wavelength conversion device (3) which is common to the laser radiation (L1, L2), **characterised in that** the first light radiation source (1) comprises at least a first laser light source (9) cooperating with a single reflector (10) which is a mirror mounted fixedly or mounted in rotation about a horizontal axis and driven with a movement of small amplitude and low speed, that is less than $15^{\circ} \cdot s^{-1}$, preferably less than $10^{\circ} \cdot s^{-1}$, preferably less than $4^{\circ} \cdot s^{-1}$, and the second light source (2) has at least one second laser light source (6) which cooperates with at least one scanning system (7) having at least one micromirror which is movable about a horizontal axis.

2. Illumination module according to claim 1, **characterised in that** the first light radiation source (1) is arranged above an optical axis of the projection optical system (4).

3. An illumination module according to any one of claims 1 to 2, **characterized in that** the first laser light source (9) is positioned above or recessed from the wavelength conversion device (3).

4. An illumination module according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the reflector (10) is positioned in front of the first laser light source (9) above an optical axis of the projection optical system (4) between the wavelength conversion device (3) and the projection optical system (4).

5. Lighting module according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the reflector (10) is a mirror made of metal, in particular an aluminium-based alloy.

6. An illumination module according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the first laser light source (9) is capable of emitting laser radiation (L1) to the reflector (10) which is capable of directing it towards an upper part (23) of the surface of the wavelength conversion device (3).

7. An illumination module according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the second light radiation source (2), the reflector (10) and the projection optical system (4) are arranged on the same side of the wavelength conversion device (3).

8. Lighting module according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** the first (9) and second (6) laser light sources are laser diodes, in particular laser diodes having the same characteristics.

9. Motor vehicle headlamp comprising a light module according to any of the preceding claims, in particular a single light module according to any of the preceding claims

10. Method of producing an illumination beam (15) for a motor vehicle headlamp comprising the following steps :

- formation of a first light beam (14) producing a first part which is the lower part projected onto the road of said lighting beam (15) by means of a first light radiation source (1) comprising at least one first laser light source (9) emitting laser radiation (L1) directed by a single reflector (10), which is a mirror mounted fixedly or mounted in rotation about a horizontal axis and driven with a movement of small amplitude and low speed, that is less than $15^{\circ} \cdot s^{-1}$, preferably less than $10^{\circ} \cdot s^{-1}$, preferably less than $4^{\circ} \cdot s^{-1}$, to a single wavelength conversion device (3), the wavelength conversion device (3) re-emitting light radiation to a projection optical system (4),

- formation of a second light beam (13)) producing a second part of said illumination beam (15) by means of a second light radiation source (2) comprising at least one second laser light source (6) which cooperates with at least one scanning system (7) comprising at least one micromirror movable about a horizontal axis, the second laser light source (6) emitting laser radiation (L2) directed by the scanning system (7) to said single wavelength conversion device (3), the wavelength conversion device (3) re-emitting light radiation to the projection optical system (4), and

- at least partial superimposition of the first (14) and second (13) light beams.

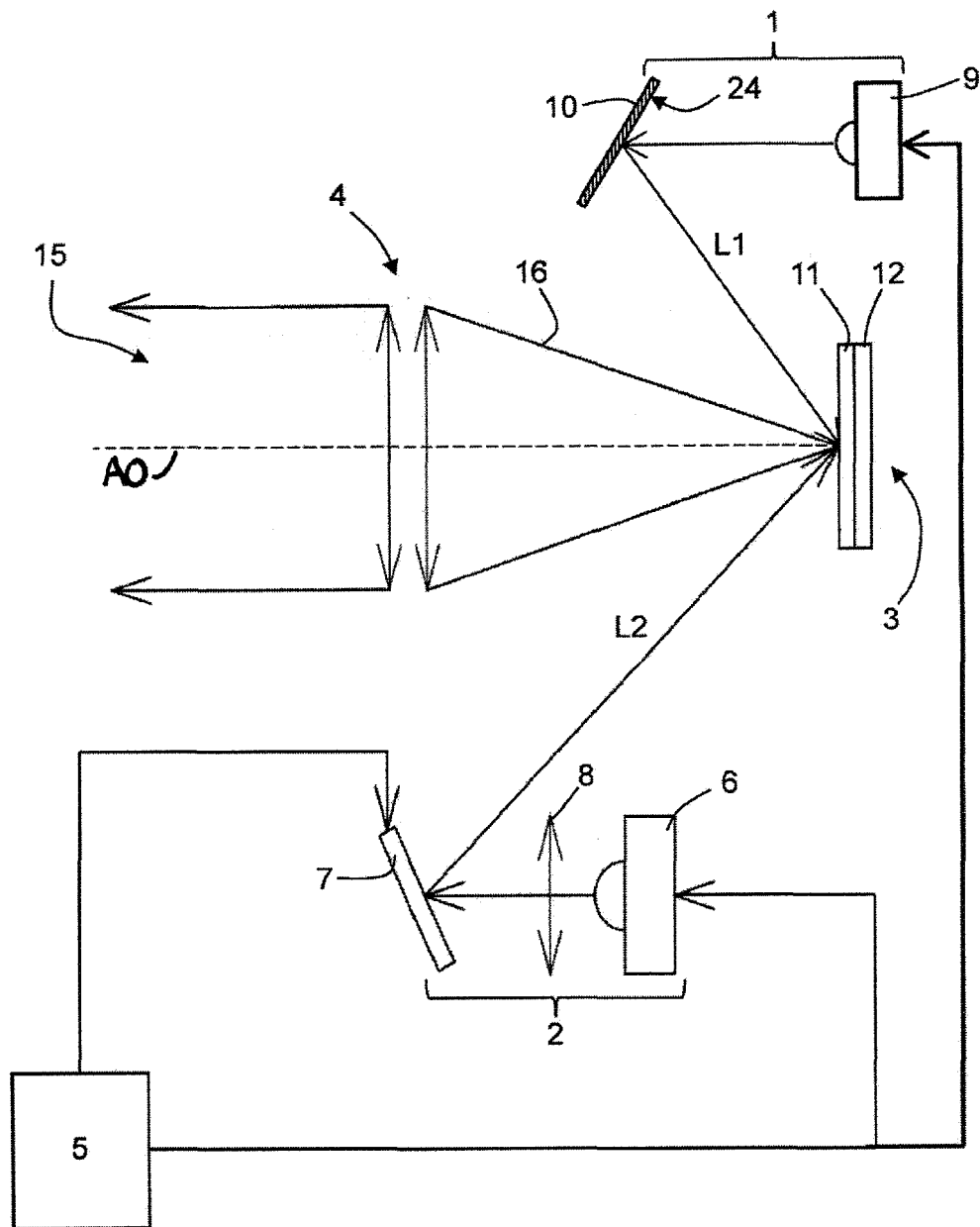


FIGURE 1

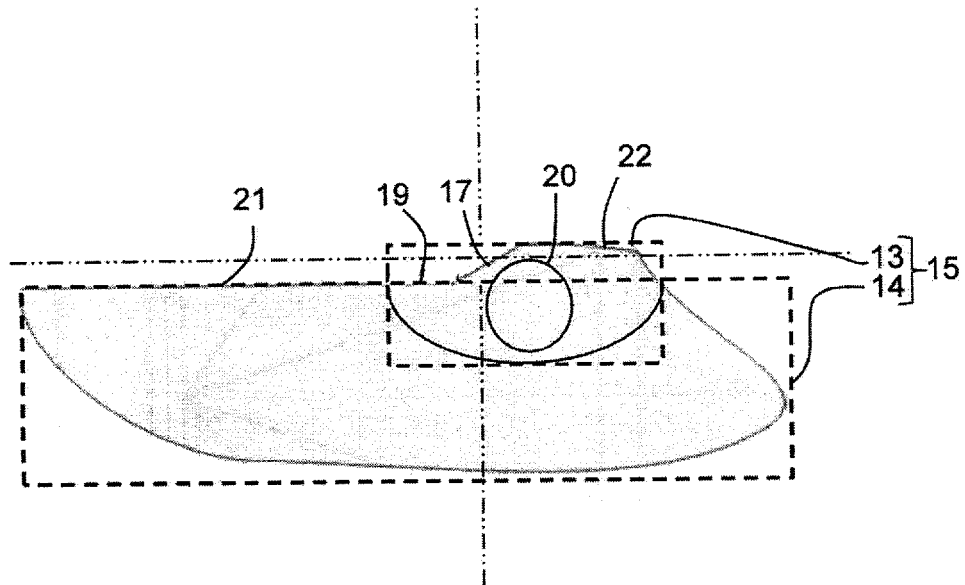


FIGURE 2

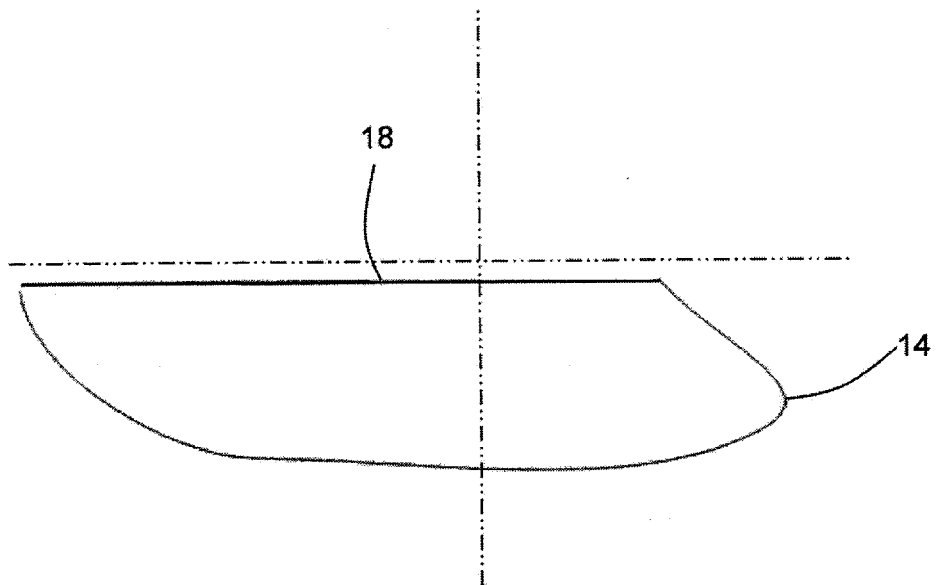


FIGURE 3

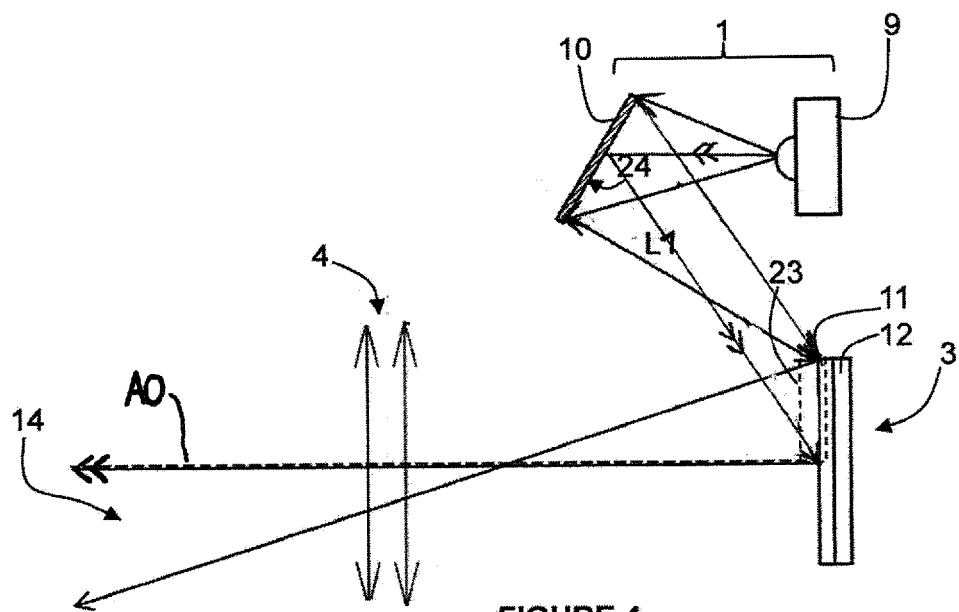


FIGURE 4

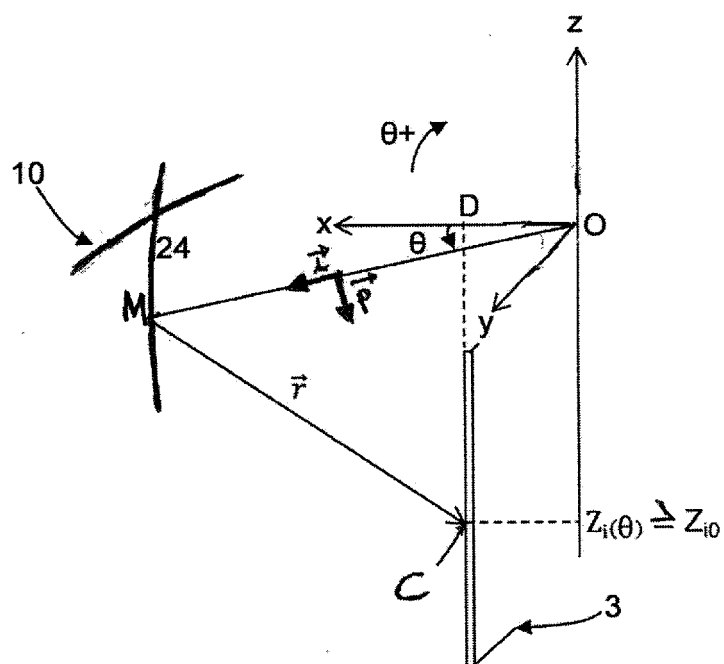


FIGURE 5

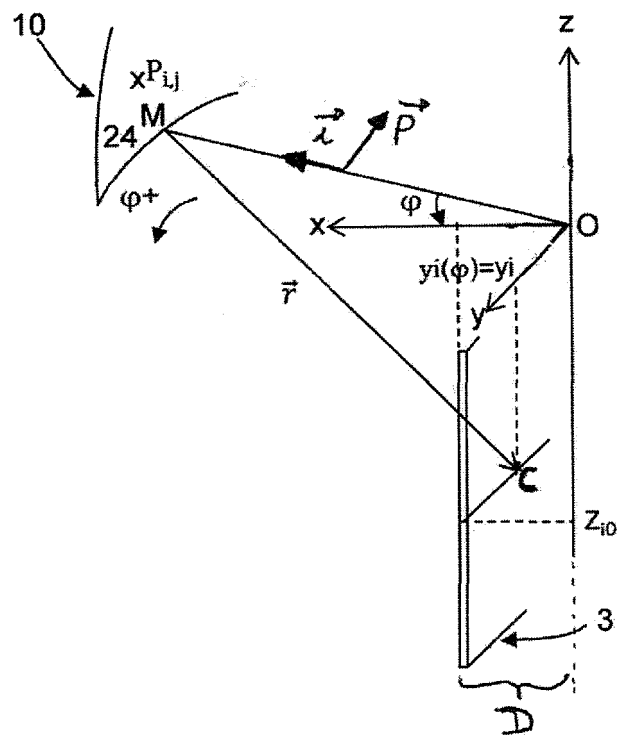


FIGURE 6

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

- DE 102012100141 A1 [0003]
- US 20110249460 A1 [0003]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **R.A. WALTZ ; J.L. MORALES ; J. NOCEDAL ; D. ORBAN.** An interior algorithm for nonlinear optimization that combines line search and trust région steps. *Mathematical Programming*, 2006, vol. 107 (3), 391-408 [0090]