



(19) Federal Republic of Germany
German Patent and Trademark Office

(10) **DE 10 2006 004 587 A1** 2007.08.02

(12)

Unexamined Patent Application

(21) Application Number: **10 2006 004 587.4**
(22) Filing Date: **02/01/2006**
(43) Disclosure Date: **08/02/2006**

(51) Int. Cl.⁸: **G02B 3/08** (2006.01)
F21V 5/04 (2006.01)
F21S 8/12 (2006.01)
F21Y 101/02 (2006.01)

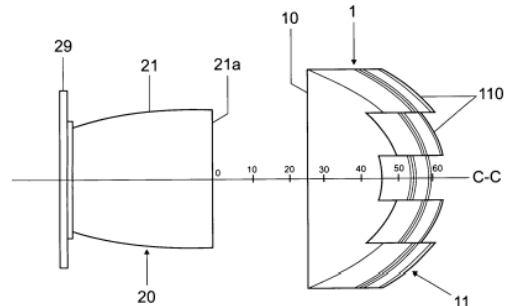
(71) Applicant:
**Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische
Glühlampen mbH, 81543 Munich, DE**

(72) Inventors:
**Brandenburg, Wilhelm, 33098 Paderborn, DE;
Reiners, Thomas, Dr., 89429 Bachhagel, DE;
Vollmer, Ralf, Dr., 89522 Heidenheim, DE**

The following information has been derived from the documents submitted by the applicant.

(54) Title: **Optical Lens and Illumination Device Comprising Light Source and Optical Lens**

(57) Abstract: The invention relates to an optical lens comprising a light entrance surface and a light exit surface, wherein the light exit surface (11) or the light entrance surface (10) is divided into stepped surface segments (110) designed as freeform surfaces. The invention furthermore relates to an illumination device comprising at least one light source (20) and at least one such optical lens (1). The illumination device is preferably designed as a vehicle headlight, and the light sources are preferably light-emitting diode modules (20).



Description

[0001] The invention relates to an optical lens according to claim 1 and to an illumination device comprising such an optical lens.

I. Prior Art

[0002] The unexamined patent application DE 198 56 281 A1 discloses a headlight for vehicles based on the projection principle, which comprises a reflector, a light source, and a converging lens designed as a concave-convex curved Fresnel lens. The Fresnel lens is an optical lens having a light exit surface that is divided into ring-shaped stepped surface segments, with the stepped surface segments forming concentric rings.

[0003] Aspheric optical lenses, which are used in telescopes and monoculars to eliminate spherical aberration, for example, are also generally known.

II. Description of the Invention

[0004] It is the object of the invention to provide an optical lens which, in particular when used in a vehicle headlight or another optical light projection system, makes it possible to influence the overall light intensity distribution by locally shaping the light beams.

[0005] This object is achieved according to the invention by the features of claim 1. Particularly advantageous embodiments of the invention are described in the dependent claims.

[0006] In the optical lens according to the invention, a light entrance surface and/or a light exit surface have stepped surface segments which are designed as freeform surfaces. This enables a novel projection lens that can be used in particular in headlights comprising multiple projection modules, such as those required for headlights equipped with light-emitting diodes, for example. The aforementioned surface segments of the optical lens according to the invention are configured as so-called freeform surfaces. This allows the light beam incident on the lens to be shaped locally by each, individually configured surface segment so as to achieve a predefined or desired light intensity distribution. The shape of the aforementioned surface segments of the optical lens according to the invention is calculated numerically using the known physical laws from the field of optics, with the desired light intensity distribution being specified. With the help of the optical lens according to the invention, it is thus also possible

to achieve asymmetric light intensity distributions.

[0007] Advantageously, the part of the light exit surface or light entrance surface that is divided into segments has a surface structure without rotational symmetry so as to better implement asymmetric light intensity distributions, as are common for vehicle headlights, for example. In particular, the freeform surfaces of the surface segments are designed such that there is no rotational symmetry of the segmented surface part with respect to an axis that is arranged perpendicular to the surface part and passes through the center of the surface part or of the optical lens.

[0008] Preferably, the surface segments are arranged row by row and/or column by column to avoid a rotationally symmetrical surface structure. According to the preferred embodiments, the edges of the surface segments have the shape of polygons, for example squares, hexagons or triangles, so as to ensure that part or all of the light exit surface or light entrance surface of the optical lens according to the invention is divided as seamlessly as possible into surface segments and enable easy production of the lens. In order to allow easy production of the optical lens according to the invention as a plastic injection-molded part, the stepped surface segments can have so-called draft angles. This means that the gradation of the surface segments does not have to be at right angles, but can be at an angle slightly different from 90 degrees, so that two adjacent surface segments are connected to each other by a slope. This makes it easier to release the injection-molded part from the mold.

[0009] The illumination device according to the invention comprises at least one light source and at least one optical lens, which is arranged such that light emitted by the at least one light source is incident on a light entrance surface of the at least one optical lens and leaves the at least one optical lens through a light exit surface of the at least one optical lens, wherein the light exit surface and/or the light entrance surface have stepped surface segments designed as freeform surfaces. This creates a novel illumination device that can be used in particular as a headlight comprising multiple projection modules. The surface segments of the light exit surface of the optical lens of the illumination device according to the invention are configured as so-called freeform surfaces, so that the light beam that is emitted by the light source and incident on the optical lens is locally shaped by each individually configured surface segment so as to achieve a desired light intensity distribution. The shape and arrangement of the aforementioned surface segments are calculated numerically using the known physical laws from the field of optics, with the desired

light intensity distribution being specified. Using the illumination device according to the invention, it is thus also possible to generate asymmetric light intensity distributions. The illumination device according to the invention can therefore advantageously be designed as a vehicle headlight so as to generate, for example, the high beam, low beam, daytime running light or fog light.

[0010] Advantageously, the part of the light exit surface or light entrance surface of the at least one optical lens which is divided into segments has a surface structure without rotational symmetry so as to better implement asymmetric light intensity distributions, as are common for vehicle headlights, for example. In particular, the freeform surfaces of the surface segments are designed such that there is no rotational symmetry of the segmented surface part with respect to the optical axis of the illumination device. Advantageously, the at least one light source of the illumination device according to the invention is designed as a light-emitting diode module since light-emitting diode modules have a significantly longer service life compared to other light sources, such as incandescent lamps or discharge lamps.

[0011] According to the preferred embodiment, the illumination device according to the invention comprises at least one light-emitting diode module including primary lens system, which is optically coupled to one or more light-emitting diode chips of the at least one light-emitting diode module and which is connected upstream from the at least one optical lens, so that at least a fraction of the light exiting the primary lens system is directed onto a light entrance surface of the at least one optical lens. The primary lens system reduces the divergence of the light generated by the at least one light-emitting diode and ensures that almost all of the light generated by the at least one light-emitting diode chip is coupled into the at least one optical lens.

[0012] The illumination device according to the invention can advantageously comprise multiple optical lenses having differing light emission characteristics so as to be able to produce different light intensity distributions using the same illumination device, for example. In particular, in the aforementioned illumination device, one or more light-emitting diode modules that can be switched on and off separately from one another can be assigned to each optical lens so as to generate the differing light intensity distributions. For this purpose, it is particularly advantageous if the light-emitting diode modules assigned to the same optical lens are designed such that they can be switched on and off together as a group and, if necessary, dimmed.

[0013] The illumination device according to the invention is preferably designed as a vehicle headlight. The device has a significantly longer service life compared to conventional vehicle headlights.

III. Description of the preferred exemplary embodiments

[0014] The invention will be described in more detail hereafter based on several preferred exemplary embodiments. In the drawings:

[0015] FIG. 1 shows a top view onto the first exemplary embodiment of the optical lens according to the invention;

[0016] FIG. 2 shows first side view of the optical lens shown in **FIG. 1**;

[0017] FIG. 3 shows a second side view of the optical lens shown in **FIG. 1** in a view rotated by an angle of 90 degrees about the axis of the lens;

[0018] FIG. 4 shows a top view onto a carrier comprising multiple light-emitting diode chips;

[0019] FIG. 5 shows a side view of a light-emitting diode module based on the carrier comprising light-emitting diode chips shown in **FIG. 4**;

[0020] FIG. 6 shows a schematic representation of an exemplary embodiment of the illumination unit according to the invention comprising the light-emitting diode module shown in **FIG. 5** and the optical lens shown in **FIG. 1**;

[0021] FIG. 7 shows a schematic representation of the light intensity distribution of the illumination unit shown in **FIG. 6**;

[0022] FIG. 8 shows a schematic representation of the light intensity distribution of the light-emitting diode module shown in **FIG. 5** comprising a non-segmented aspherical lens;

[0023] FIG. 9 shows a top view onto the second exemplary embodiment of the optical lens according to the invention;

[0024] FIG. 10 shows a first side view of the optical lens shown in **FIG. 9**;

[0025] FIG. 11 shows a second side view of the optical lens shown in **FIG. 9** in a view rotated by an angle of 90 degrees about the axis of the lens;

[0026] FIG. 12 shows a schematic representation of the light intensity distribution of an illumination unit composed of a light-emitting diode module according to FIG. 5 and the optical lens shown in FIG. 9;

[0027] FIG. 13 shows a top view onto the third exemplary embodiment of the optical lens according to the invention;

[0028] FIG. 14 shows a first side view of the optical lens shown in FIG. 13; and

[0029] FIG. 15 shows a second side view of the optical lens shown in FIG. 13 in a view rotated by an angle of 90 degrees about the axis of the lens.

[0030] FIG. 1 to FIG. 3 schematically show an optical lens 1 according to the first exemplary embodiment of the invention. This lens 1 is designed as a plano-convex aspheric optical lens. Its planar surface 10 is square having an edge length of 60 mm. FIG. 1 shows a top view onto the convex surface 11 of the optical lens 1. This surface 11 is formed by twenty-five stepped surface segments 110, which are arranged in five rows and five columns and the surface shape of each of which is convex. The surface segments 110 are designed as freeform surfaces. Two adjacent surface segments 110 are in each case separated from each other by a step. The spatial arrangement and shape thereof is aspherical. That is, the segmented surface 11 does not have the shape of a section of a spherical surface. In general, the individual freeform surfaces 110 are also not spherical surface sections. FIG. 2 shows a first side view of the optical lens 1', while FIG. 3 shows a second side view of the lens 1', which is rotated by an angle of 90 degrees about the lens axis extending perpendicular to the flat surface 10 compared to the first side view. The lens 1 is preferably made of a transparent, colorless plastic material.

[0031] FIG. 4 and FIG. 5 show details of a light-emitting diode module, which preferably serves as a light source for the illumination device according to the invention. In this exemplary embodiment, the light-emitting diode module 20 comprises five light-emitting diode chips 22. These light-emitting diode chips 22 are, for example, thin-film light-emitting diode chips 22, each having a luminous efficacy of at least 20 lumens per watt. Preferably, the light-emitting diode chips 22 are suitable for generating light in the blue spectral range. A luminescence conversion material is then arranged downstream from the light-emitting diode chips 22. The frequency-converted portion of the radiation emitted by the light-emitting diode chips 22 mixes with the non-converted portion to form white light. The light-emitting diode chips 22 are arranged on the bottom 24 of a pan-

like housing 23. The housing 23 can, for example, be made of a ceramic material, having optical properties that are reflective or absorbent depending on the application. The inner walls of the housing 23 can, for example, be shaped in the manner of a non-imaging optical concentrator through which light is passed in the opposite direction, resulting in collimation of the radiation emitted by the light-emitting diode chips 22. A module lens system 21 is arranged downstream from the inner walls of the housing 23 in the main radiation direction of the light-emitting diode chips 22, which is also referred to hereafter as a primary lens system. The primary lens system 21 focuses the light generated by the LED chips 22 so as to exit the end face 21a of the concentrator 21 facing away from the LED chips 22 with reduced divergence. The light-emitting diode chips 22 are contacted outside the housing 23 at the contact surfaces 25a and 25b. Conductor tracks 26 connect the contact surfaces 25a, 25b with connection points 30, via which the light source 20 can be contacted from the outside. For example, the light source can be connected to the power supply system of a motor vehicle by means of a plug on the mating connector 28. At least one varistor 27 acts as an overvoltage protection element for the light source 20. The mating connector 28, varistor 27 and housing 23 are arranged, for example, on a metal core board 29, which functions both as a circuit board and as a heat conducting element for the heat generated by the light-emitting diode chips 22 during operation. It is possible for a device for dimming the light-emitting diode chips 22 to be provided on the metal core board 29 or outside the light source 20. In this way, the radiation characteristics of the module can also be adapted to external conditions such as the weather or lighting conditions by changing the intensity. Furthermore, a change in the intensity of the light emitted by the light source 20 is also possible by specifically switching individual light-emitting diode chips 22 on and off.

[0032] FIG. 6 schematically shows an example of an illumination device according to the invention. This illumination device is composed of a light-emitting diode module 20 according to the above description and an optical lens 1 according to FIG. 1 and the associated description. The flat surface 10 of the optical lens is arranged parallel to the light exit surface 21a of the light-emitting diode module 20 at a distance of 25 mm, that is, the light exit surface 21a of the primary lens system 21 is located in the focal plane of the optical lens 1.

[0033] FIG. 7 shows a schematic representation of the light intensity distribution generated by the illumination device shown in FIG. 6. For comparison, FIG. 8 shows the light intensity distribution generated by the light-

emitting diode module **20** with a non-segmented aspherical lens instead of the optical lens **1**. The light intensity distribution is obtained by illuminating a measuring screen with the light emitted by the illumination device, wherein the measuring screen is arranged at a predefined distance in front of the light exit surface **11** of the optical lens **1** of the illumination device, so that the plane of the measuring screen is aligned perpendicular to the optical axis C-C of the illumination device. The distance between the illumination device and the measuring screen is large compared to the dimensions of the illumination device. For example, it is 25 m. This means that the light intensity distribution shown is a planar projection of the light emission characteristics of the illumination device or of the light-emitting diode module in the far field. The x-axis and y-axis of **FIG. 7** and **FIG. 8** as well as of **FIG. 12** indicate in arbitrary units the extent of the light intensity distribution in the horizontal and vertical directions, respectively. The contour lines **701**, **801**, **901** plotted in **FIG. 7**, **FIG. 8** and **FIG. 12**, of which only one is denoted by a reference symbol in the aforementioned figures for the sake of better clarity, are curves of constant light intensity and delimit areas of differing light intensity. The maximum light intensity is in the range **700** in **FIG. 7** and in the range **800** in **FIG. 8**. As the distance from the area **700** or **800** increases, the light intensity decreases in the areas delimited by the contour lines on the measuring screen.

[0034] A comparison of the light intensity distributions in **FIG. 7** and **FIG. 8** shows that the optical lens **1** focuses the comparatively large extent of the light intensity distribution of the light-emitting diode module **20** in the direction of the x-axis to a narrower area. According to **FIG. 8**, the light intensity distribution of the light-emitting diode module **20** comprising a non-segmented aspherical lens in the x-direction extends to a range from approximately -15 to +15, while the light intensity distribution of the illumination device shown in **FIG. 6** is focused with the aid of the optical lens **1** in the x-direction to a range from approximately -7.5 to +7.5. In addition, the lens **1** limits the light intensity distribution in the direction of the y-axis to an area below the horizontal $y = 0$. This means that a sharp light-dark boundary is created along the aforementioned horizontal by means of the optical lens **1**, wherein the area **700** of maximum light intensity is arranged just below the light-dark boundary. This circumstance is of particular significance when the illumination device shown in **FIG. 6** is designed as a vehicle headlight or as a component of a vehicle headlight.

[0035] **FIG. 9** to **FIG. 11** schematically show an optical lens **1'** according to the second exemplary embodiment of the invention. This lens **1'** has a planar first surface

10', which is square having an edge length of 60 mm. **FIG. 1'** shows a top view onto the curved second surface **11'** of the optical lens **1'**. This surface **11'** is formed by twenty-five stepped surface segments **110'**, which are arranged in five rows and five columns and the surface shape of which in each case is designed as a freeform surface. Two adjacent surface segments **110'** in each case are separated from each other by a step. This lens **1'** is likewise aspherical. **FIG. 10** shows a first side view of the optical lens **1'**, while **FIG. 11** shows a second side view of the lens **1'** which is rotated by an angle of 90 degrees about the lens axis extending perpendicular to the flat surface **10'** compared to the first side view. The focal length of the lens **1'** is 25 mm.

[0036] **FIG. 12** shows the light intensity distribution of an illumination device which is composed of the light-emitting diode module **20** shown in **FIG. 5** and the optical lens **1'** according to the second exemplary embodiment, wherein the light-emitting diode module **20** and the optical lens **1'** are arranged with a distance of 25 mm between the light exit surface **21a** of the light-emitting diode module **20** and the planar light entrance surface **10'** of the lens **1'**, as shown in **FIG. 6** for the first exemplary embodiment. A comparison of the light intensity distributions in **FIG. 12** and **FIG. 8** shows that the aspherical optical lens **1'** expands the extent of the light intensity distribution of the light-emitting diode module **20** in the direction of the x-axis to a larger area. According to **FIG. 8**, the light intensity distribution of the light-emitting diode module **20** comprising a non-segmented aspherical lens extends in the x-direction to a range from approximately -15 to +15, while the light intensity distribution of the illumination device shown in **FIG. 6** is expanded in the x-direction to a range from approximately -27 to +27 with the aid of the segmented optical lens **1'** according to the second exemplary embodiment. In addition, the lens **1'** limits the light intensity distribution in the direction of the y-axis to an area below the horizontal $y = 0$. This means that, by means of the optical lens **1'** according to the second exemplary embodiment, a sharp light-dark boundary is likewise generated along the aforementioned horizontal, wherein the area **900** of the maximum light intensity is situated just below the light-dark boundary. This circumstance is of particular significance when the illumination device is designed as a vehicle headlight or as a component of a vehicle headlight.

[0037] From the above explanations, it follows that the optical lens **1'** according to the second exemplary embodiment acts as a diverging lens in the direction of the x-axis and essentially as a converging lens in the direction of the y-axis, while the optical lens **1** according to the first exemplary embodiment acts essentially as a converging lens in the direction of the x-axis and the y-axis, which generates a narrowly delimited light beam.

[0038] FIG. 13 to FIG. 15 schematically shows an aspherical optical lens 1'' according to the third exemplary embodiment of the invention. This lens 1'' is designed as a plano-convex optical lens. The planar surface 10'' thereof is square having an edge length of 60 mm. FIG. 13 shows a top view onto the convex surface 11'' of the optical lens 1''. This surface 11'' is formed by thirty-six stepped surface segments 110'', which are arranged in six rows and six columns and the surface shape of which in each case is convex. The surface segments 110'' are designed as freeform surfaces. Two adjacent surface segments 110'' in each case are separated from each other by a step. FIG. 14 shows a first side view of the optical lens 1'', while FIG. 15 shows a second side view of the lens 1'' which is rotated by an angle of 90 degrees about the lens axis extending perpendicular to the flat surface 10'' compared to the first side view.

[0039] The invention is not limited to the exemplary embodiments described in more detail above. For example, the light exit or light entrance surface of the aspherical optical lens according to the invention can be divided into more than thirty-six surface segments. A larger number of surface segments enables a finer and more precise adaptation of the light intensity distribution of the illumination device to the desired light intensity distribution. Furthermore, the surface segments do not necessarily have to have square-shaped edges. For example, the edges of the surface segments can instead also have the shape of parallelograms, hexagons, rectangles or triangles. A combination of different polygons, such as squares and octagons, is also possible. Alternatively, the surface segments can also be arranged in concentric rings, for example, with each ring comprising several stepped surface segments and the surfaces of the segments being designed as freeform surfaces, so that there is no rotational symmetry with respect to the ring axis.

[0040] The illumination device according to the invention can, for example, also be composed of multiple light-emitting diode modules 20, to each of which an optical lens 1, 1' or 1'' is assigned. So as to achieve, for example, the highest possible light intensity, the illumination device according to the invention, however, can alternatively also comprise multiple light-emitting diode modules 20, the light of which is directed at the light entrance surface 10, 10' or 10'' of a single optical lens 1, 1' or 1'' with the aid of a suitable light guide means so that, in the case of identical light-emitting diode modules 20, the brightness can be varied by switching individual light-emitting diode modules 20 on or off or, in the case of differently designed light-emitting diode modules 20, the color

temperature or the color of the light can be adjusted by activating or deactivating or dimming individual light-emitting diode modules 20. Furthermore, the illumination device according to the invention can also comprise a combination of differently configured optical lenses, for example a combination of one or more of the optical lenses 1 according to the first exemplary embodiment with one or more of the optical lenses 1' according to the second exemplary embodiment, wherein each optical lens 1, 1' is supplied the light generated by at least one light-emitting diode module 20. This makes it possible to implement more complex light intensity distributions than the light intensity distributions shown in FIG. 7 and FIG. 12. In particular, such combinations can be used to generate, for example, the light intensity distributions for the high beam, low beam and fog light, and the like of a vehicle headlight. In addition, the light-emitting diode module 20 shown schematically in FIG. 4 and FIG. 5 can, for example, comprise two primary lens systems 21, which are coupled to different light-emitting diode chips 22 so as to implement different illuminations functions, as disclosed, for example, in the German patent application having the official filing number 10 2005 049 685.7.

[0041] A vehicle headlight according to the invention can, for example, be composed of four of the illumination devices shown in FIG. 6 by arranging two optical lenses including the associated light-emitting diode modules next to each other, and the other two optical lenses including the associated light-emitting diode modules above the first two. As a result, the light intensity distributions of the four illumination devices overlap almost completely on the measuring screen.

[0042] The term light here shall not only encompass the spectral range of visible electromagnetic radiation, but also the near infrared range (wavelength range from approximately 800 nm to 1000 nm), which is usually used for night vision devices. For example, the illumination device according to the invention can comprise light-emitting diode modules 20 which, exclusively or in addition to the visible electromagnetic radiation, generate infrared radiation from the near infrared range, which is coupled into one or more optical lenses according to the invention so as to obtain an infrared high beam light, for example together with a suitable infrared camera.

Claims

1. An optical lens comprising a light entrance surface (10) and a light exit surface (11), wherein the light exit surface (11) and/or the light entrance surface (10) comprise stepped surface segments (110) that are designed as freeform surfaces.

2. The optical lens according to claim 1, wherein the part of the light exit surface (11) or light entrance surface (10) divided into segments has a surface structure without rotational symmetry.

3. The optical lens according to claim 1 or 2, wherein the surface segments (110) are arranged row by row and/or column by column.

4. The optical lens according to any one or more of claims 1, 2 or 3, wherein the edges of the surface segments have the shape of polygons.

5. An illumination device comprising at least one light source (20) and at least one optical lens (1), which is arranged such that light emitted by the at least one light source (20) is incident on a light entrance surface (10) of the at least one optical lens (1) and leaves the at least one optical lens (1) through a light exit surface (11) of the at least one optical lens (1), wherein the light exit surface (11) and/or the light entrance surface (10) have stepped surface segments (110) designed as freeform surfaces.

6. The illumination device according to claim 5, wherein the part of the light exit surface (11) or light entrance surface (10) of the at least one optical lens (1) which is divided into segments has a surface structure without rotational symmetry.

7. The illumination device according to claim 5 or 6, wherein the surface segments (110) are arranged row by row and/or column by column.

8. The illumination device according to any one or more of claims 5, 6 or 7, wherein the edges of the surface segments have the shape of polygons.

9. The illumination arrangement according to claim 5, wherein the at least one light source is designed as a light-emitting diode module (20).

10. The illumination device according to claim 9, wherein the at least one light-emitting diode module (20) comprises a primary lens system (21), which is optically coupled to one or more light-emitting diode chips (22) of the at least one light-emitting diode module (20) and which is connected upstream from the at least one optical lens (1), so that at least a fraction of the light exiting the primary lens system (21) is directed onto a light entrance surface (10) of the at least one optical lens (1).

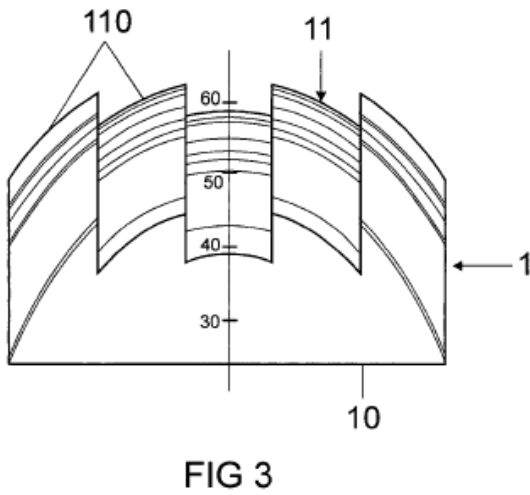
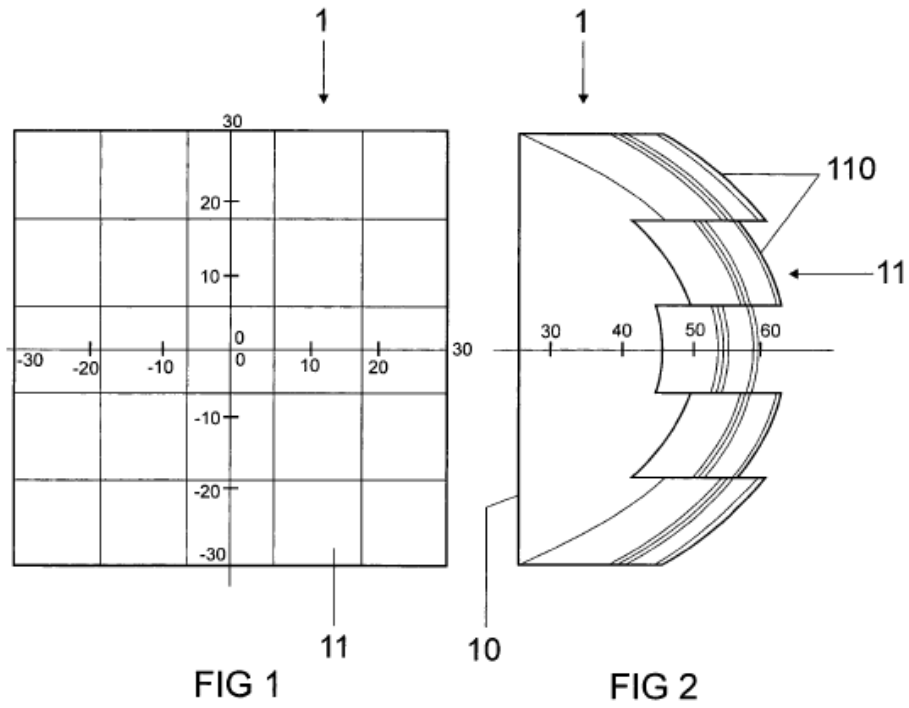
11. The illumination device according to any one or more of claims 5 to 10, wherein the illumination device

comprises a plurality of optical lenses (1, 1') having differing light emission characteristics.

12. The illumination device according to one or more of claims 5 to 11, designed as a vehicle headlight.

8 Sheets of drawings to follow

Accompanying Drawings



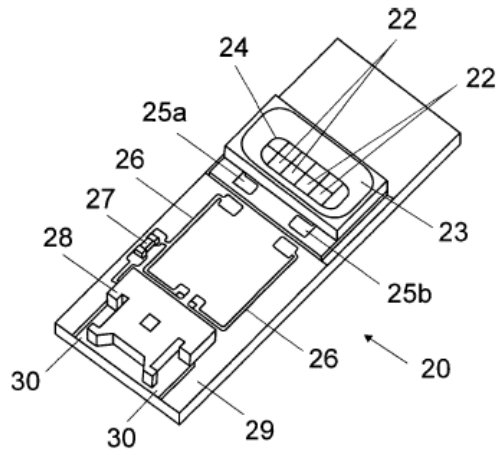


FIG 4

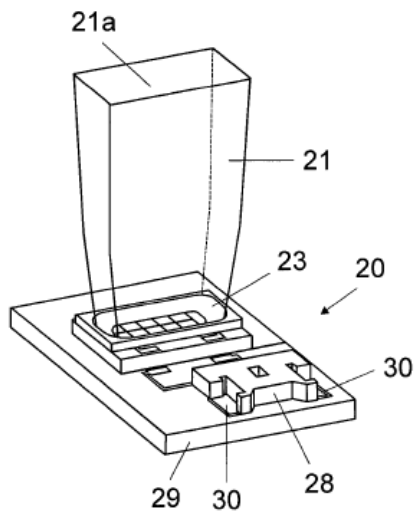


FIG 5

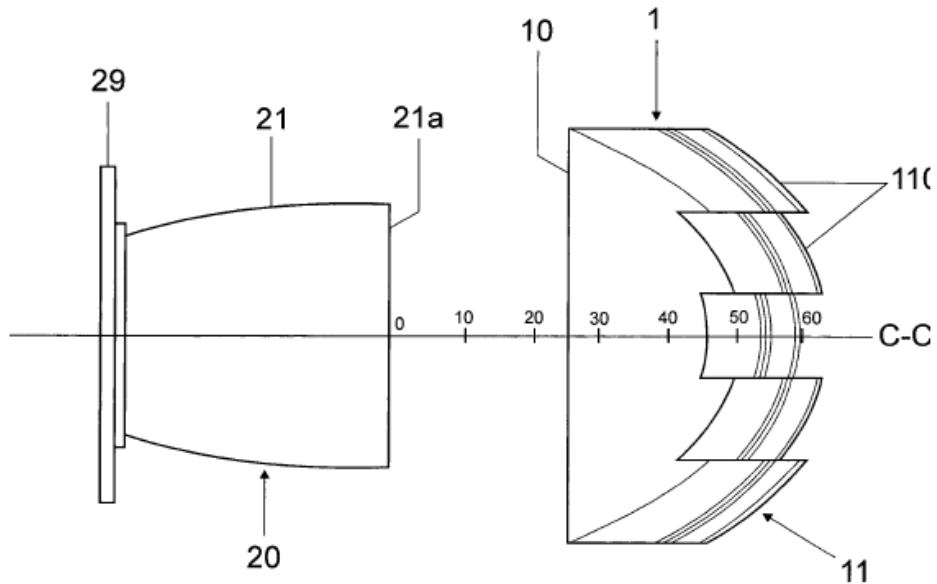


FIG 6

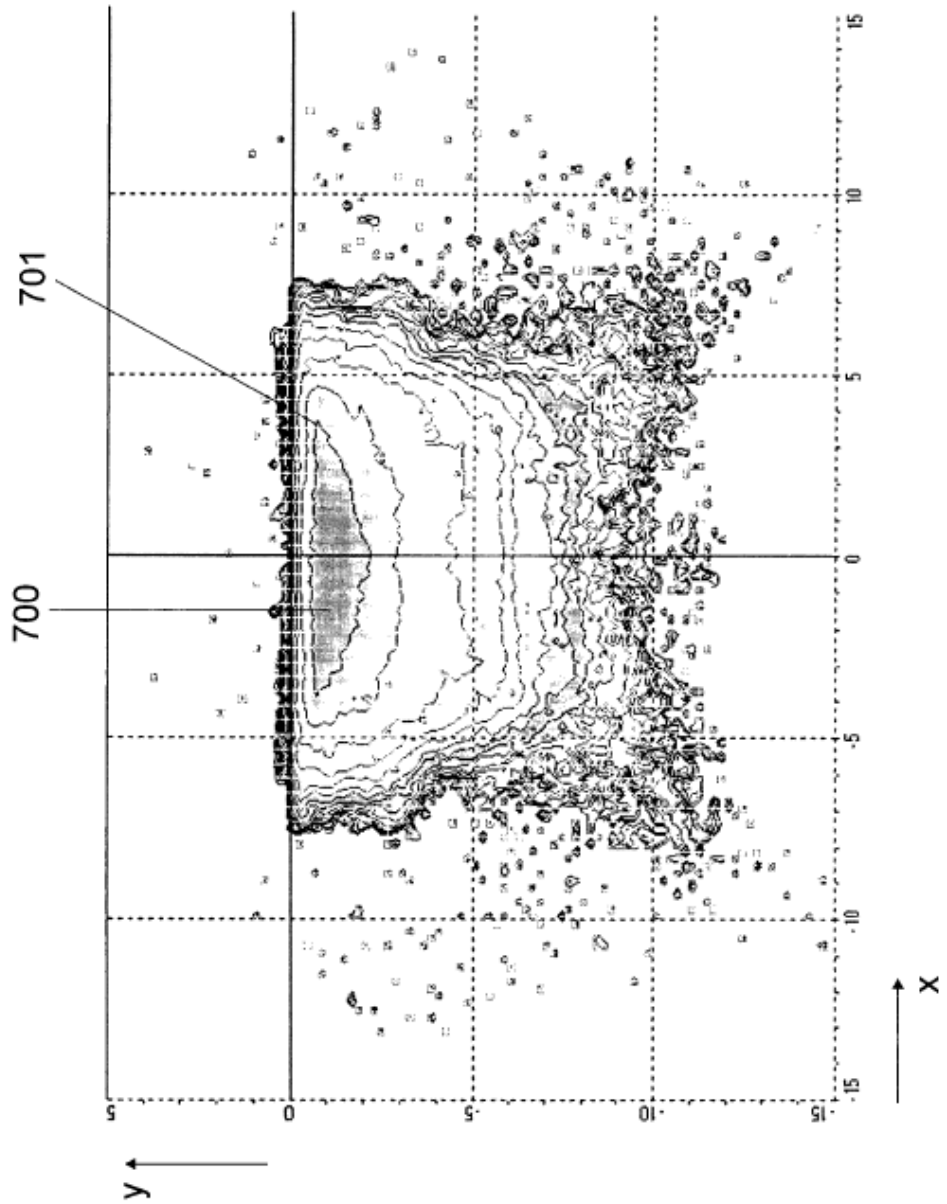


FIG 7

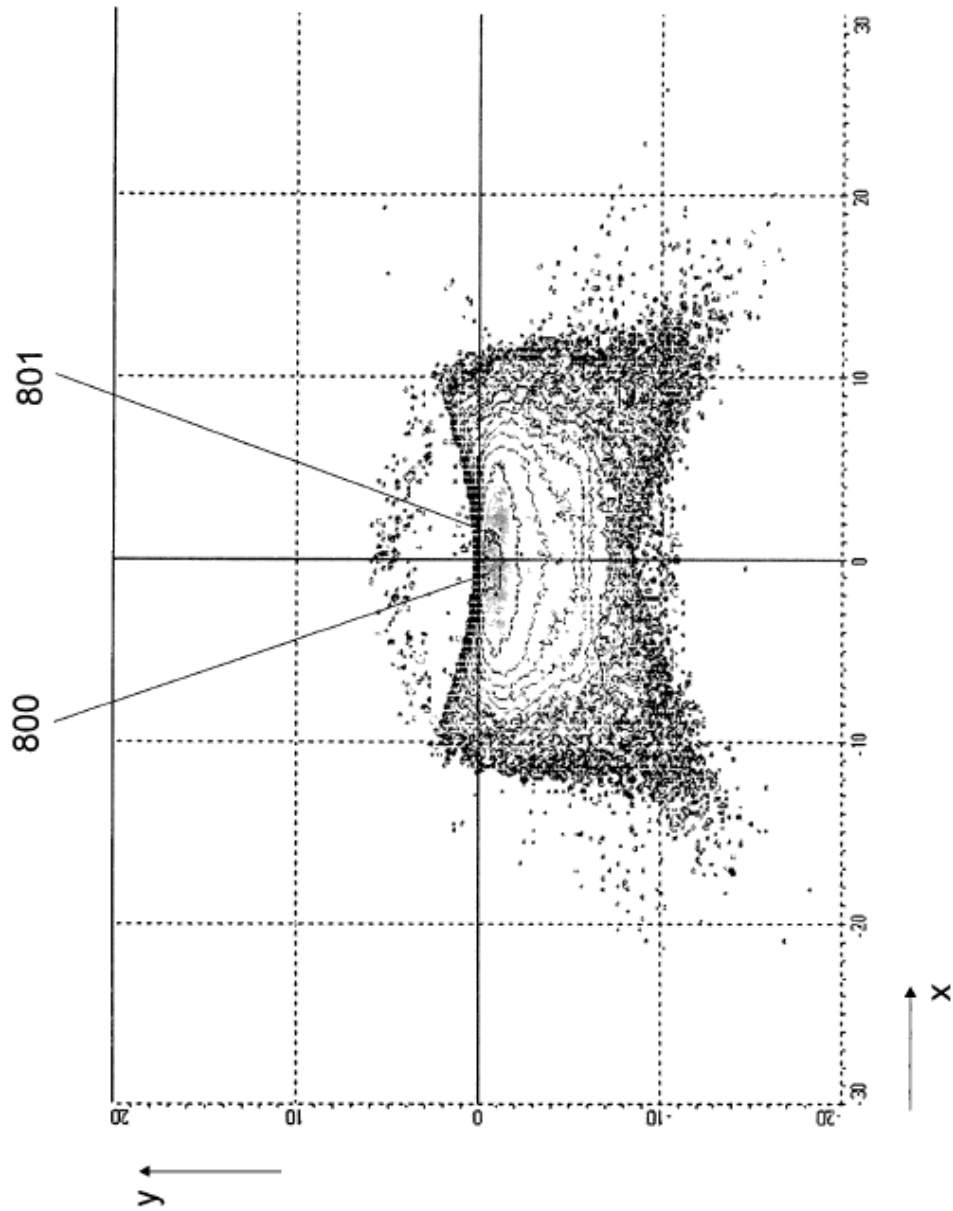


FIG 8

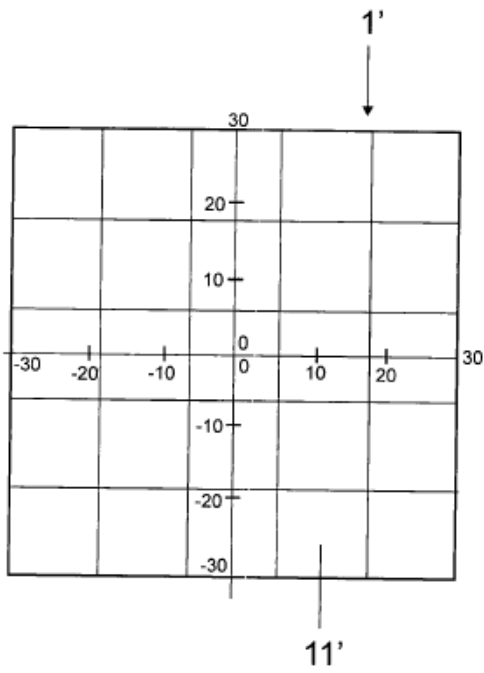


FIG 9

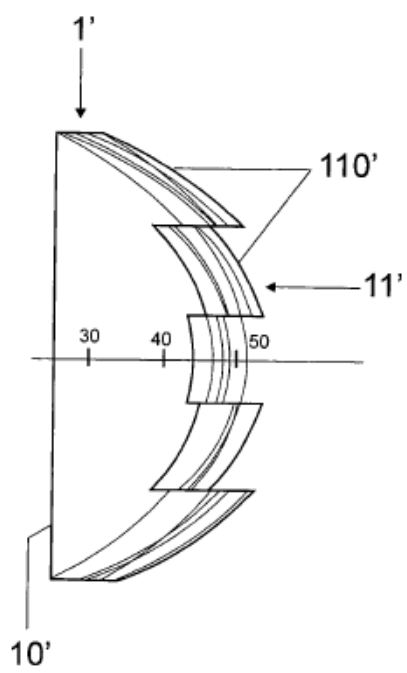


FIG 10

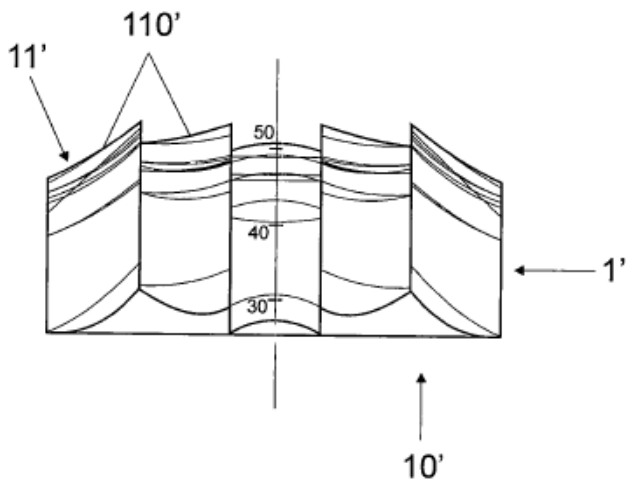


FIG 11

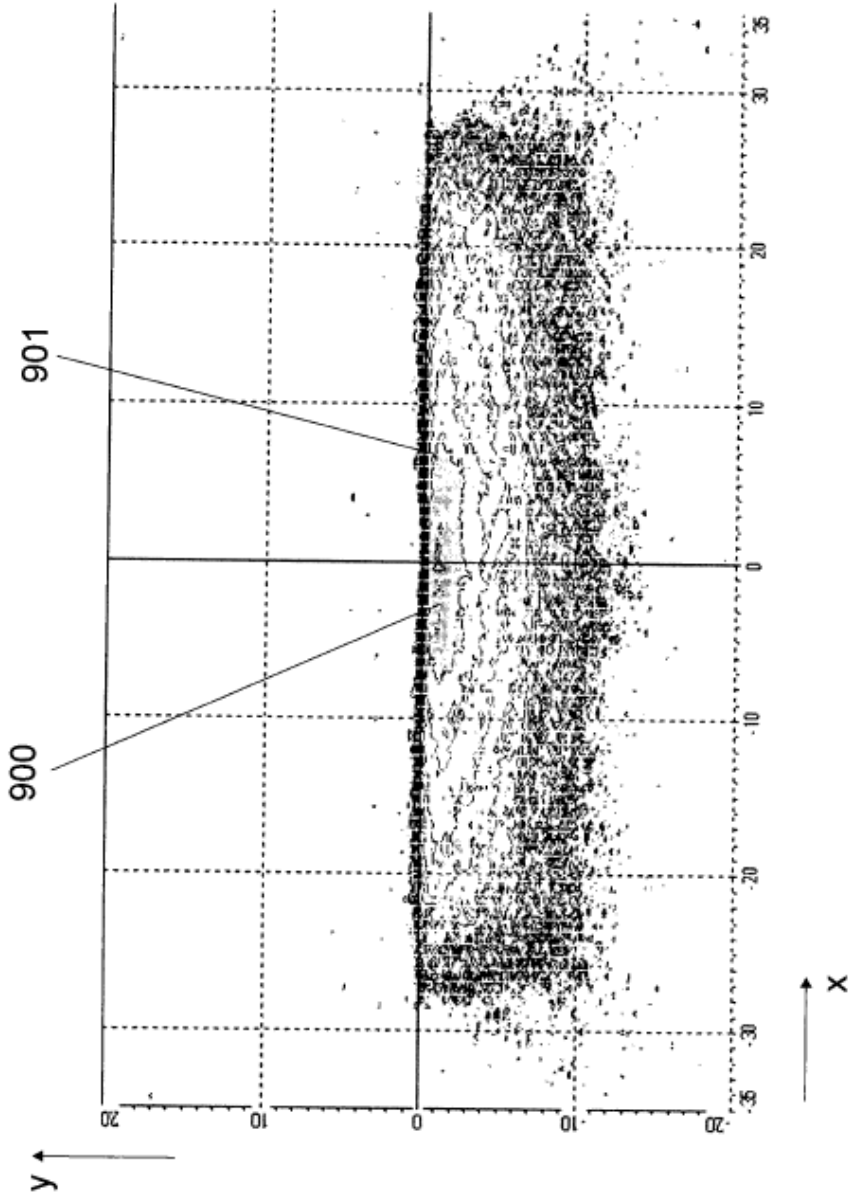


FIG 12

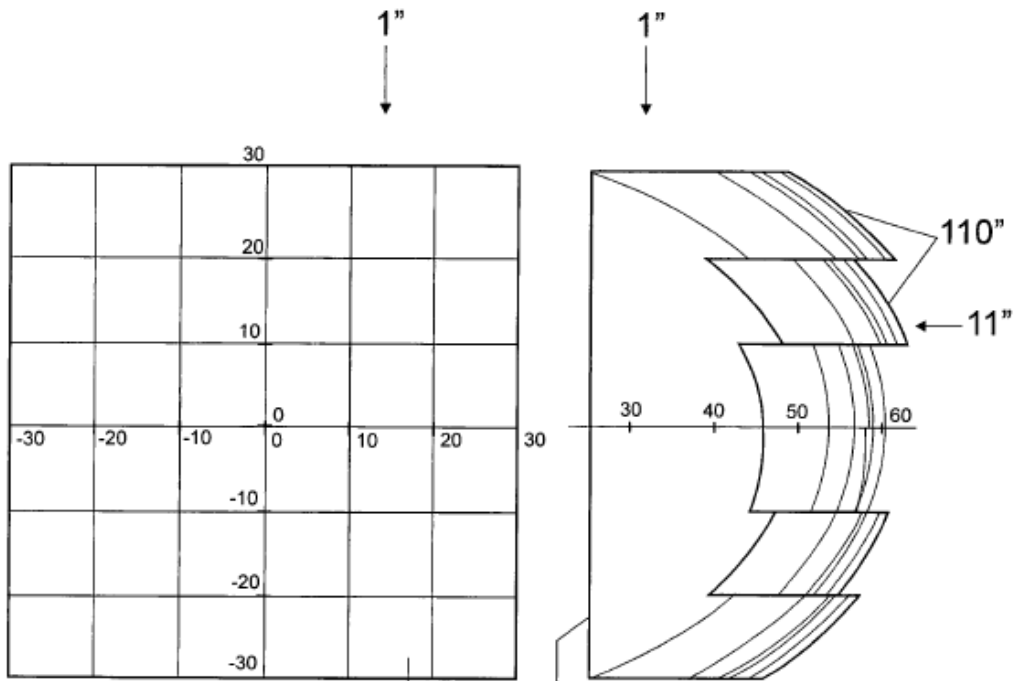


FIG 13

FIG 14

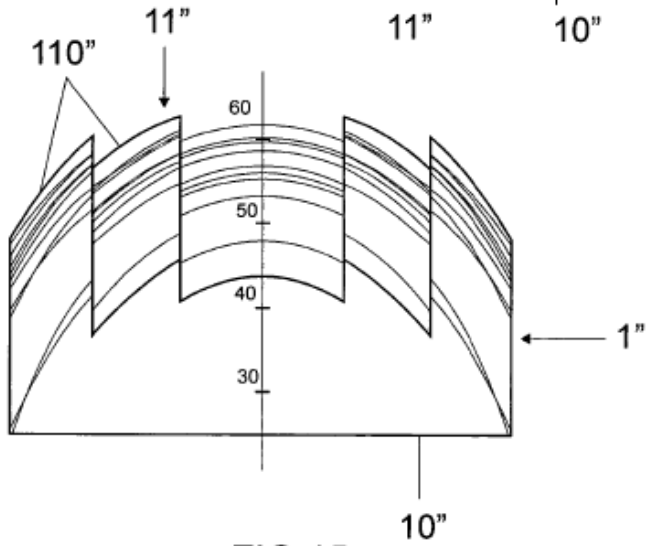


FIG 15



Certification of Accuracy of Translation

Sun IP Project # 25-1579

German to English translation of Brandenburg (DE 102006004587 A1)

I, Kerstin Roland, hereby certify that the attached German to English translation is, to the best of my knowledge, a true and accurate translation of "Brandenburg (DE 102006004587 A1)". The translated text reflects the content, meaning and style of the original text and constitutes a true and accurate translation of the original document.

March 31, 2025

Kerstin Roland

KERSTIN ROLAND

Sun IP | 555 E City Ave STE 940, Bala Cynwyd, PA 19004 | (215) 344-7800 | www.sunip.com



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 004 587 A1** 2007.08.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 004 587.4**

(22) Anmeldetag: **01.02.2006**

(43) Offenlegungstag: **02.08.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 3/08** (2006.01)

F21V 5/04 (2006.01)

F21S 8/12 (2006.01)

F21Y 101/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische
 Glühlampen mbH, 81543 München, DE**

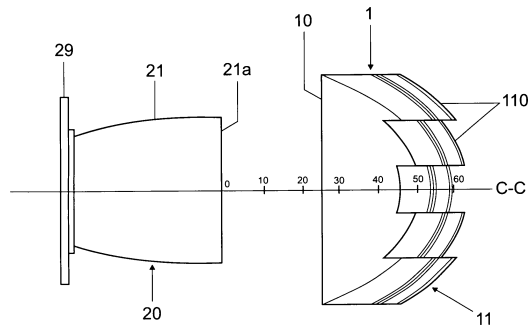
(72) Erfinder:

**Brandenburg, Wilhelm, 33098 Paderborn, DE;
 Reiners, Thomas, Dr., 89429 Bachhagel, DE;
 Vollmer, Ralf, Dr., 89522 Heidenheim, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optische Linse und Beleuchtungseinrichtung mit Lichtquelle und optischer Linse**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine optische Linse mit einer Lichteintrittsfläche und einer Lichtaustrittsfläche, wobei die Lichtaustrittsfläche (11) oder die Lichteintrittsfläche (10) in abgestufte, als Freiformflächen ausgebildete Flächensegmente (110) unterteilt ist. Ferner betrifft die Erfindung eine Beleuchtungseinrichtung mit mindestens einer Lichtquelle (20) und mindestens einer derartigen optischen Linse (1). Vorzugsweise ist die Beleuchtungseinrichtung als Fahrzeugscheinwerfer ausgebildet und bei den Lichtquellen handelt es sich vorzugsweise um Leuchtdiodenmodule (20).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine optische Linse gemäß dem Anspruch 1 und eine Beleuchtungseinrichtung mit einer derartigen optischen Linse.

I. Stand der Technik

[0002] Die Offenlegungsschrift DE 198 56 281 A1 offenbart einen Scheinwerfer für Fahrzeuge nach dem Projektionsprinzip, der einen Reflektor, eine Lichtquelle und eine als konkavkonvex gekrümmte Fresnellinse ausgebildete Sammellinse umfasst. Bei der Fresnellinse handelt es sich um eine optische Linse mit einer Lichtaustrittsfläche, die in ringförmig abgestufte Flächensegmente unterteilt ist, wobei die abgestuften Flächensegmente konzentrische Ringe bilden

[0003] Allgemein bekannt sind ferner asphärische optische Linsen, die in Fernrohren und Teleskopen verwendet werden, um beispielsweise die sphärische Aberration zu beseitigen.

II. Darstellung der Erfindung

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine optische Linse bereitzustellen, die, insbesondere bei Verwendung in einem Fahrzeugscheinwerfer oder einem anderen optischen Lichtprojektionssystem, eine Beeinflussung der Gesamtlichtstärkeverteilung durch lokale Formung der Lichtstrahlenbündel ermöglicht.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0006] Bei der erfindungsgemäßen optischen Linse weist eine Lichteintrittsfläche oder bzw. und eine Lichtaustrittsfläche abgestufte Flächensegmente auf, die als Freiformflächen ausgebildet sind. Dadurch wird eine neuartige Projektionslinse ermöglicht, die insbesondere in Scheinwerfern mit mehreren Projektionsmodulen einsetzbar ist, wie sie beispielsweise für mit Leuchtdioden bestückten Scheinwerfern benötigt werden. Die vorgenannten Flächensegmente der erfindungsgemäßen optischen Linse sind als so genannte Freiformflächen gestaltet. Dadurch kann das auf die Linse auftreffende Lichtstrahlenbündel lokal durch die einzelnen, individuell gestalteten Flächensegmente geformt werden, um eine vorgegebene bzw. gewünschte Lichtstärkeverteilung zu erreichen. Die Form der vorgenannten Oberflächensegmente der erfindungsgemäßen optischen Linse wird dabei unter Vorgabe der gewünschten Lichtstärkeverteilung numerisch mittels der bekannten physikalischen Gesetze aus dem Bereich der Optik berechnet. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen optischen Linse können daher auch asymmetrische Lichtstärke-

verteilungen erreicht werden.

[0007] Vorteilhafterweise besitzt der in Segmente unterteilte Teil der Lichtaustrittsfläche bzw. Lichteintrittsfläche eine Oberflächenstruktur ohne Rotations-symmetrie, um asymmetrische Lichtstärkeverteilungen, wie sie beispielsweise für Fahrzeugscheinwerfer üblich sind, besser verwirklichen zu können. Insbesondere sind die Freiformflächen der Flächensegmente derart ausgebildet, dass keine Rotationssymmetrie des segmentierten Oberflächenteils bzgl. einer senkrecht zu dem Oberflächenteil angeordneten und durch den Mittelpunkt des Oberflächenteils oder der optischen Linse verlaufenden Achse besteht.

[0008] Vorzugsweise sind die Oberflächensegmente zur Vermeidung einer rotationssymmetrischen Oberflächenstruktur zeilenweise oder bzw. und spaltenweise angeordnet. Die Ränder der Oberflächensegmente besitzen gemäß der bevorzugten Ausführungsbeispiele die Form von Vielecken, beispielsweise von Vierecken, Sechsecken oder Dreiecken, um eine möglichst lückenlose Unterteilung eines Teils oder der gesamten Lichtaustrittsfläche bzw. Lichteintrittsfläche der erfindungsgemäßen optischen Linse in Oberflächensegmente zu gewährleisten und eine einfache Fertigung der Linse zu ermöglichen. Um eine einfache Fertigung der erfindungsgemäßen optischen Linse als Kunststoffspritzgussteil zu erlauben, können die abgestuften Flächensegmente so genannte Entformschrägen aufweisen. Das heißt, die Abstufung der Flächensegmente muss nicht rechtwinklig ausgeführt sein, sondern kann unter einem geringfügig von 90 Grad abweichenden Winkel erfolgen, so dass jeweils zwei benachbarte Oberflächensegmente durch eine Schräge miteinander verbunden sind. Dadurch kann das Spritzgussteil besser aus der Gussform gelöst werden.

[0009] Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung umfasst mindestens eine Lichtquelle und mindestens eine optische Linse, die derart angeordnet ist, dass von der mindestens einen Lichtquelle emittiertes Licht auf eine Lichteintrittsfläche der mindestens einen optischen Linse auftrifft und die mindestens eine optische Linse durch eine Lichtaustrittsfläche der mindestens einen optischen Linse verlässt, wobei die Lichtaustrittsfläche oder bzw. und die Lichteintrittsfläche abgestufte Flächensegmente aufweisen, die als Freiformflächen ausgebildet sind. Dadurch wird eine neuartige Beleuchtungseinrichtung geschaffen, die insbesondere als Scheinwerfer mit mehreren Projektionsmodulen verwendbar ist. Die Oberflächensegmente der Lichtaustrittsfläche der optischen Linse der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung sind als so genannte Freiformflächen gestaltet, so dass das von der Lichtquelle emittierte und auf die optische Linse auftreffende Lichtstrahlenbündel lokal durch die einzelnen, individuell gestalteten Oberflächensegmente geformt wird, um

eine gewünschte Lichtstärkeverteilung zu erreichen. Die Form und Anordnung der vorgenannten Oberflächensegmente wird dabei unter Vorgabe der gewünschten Lichtstärkeverteilung numerisch mittels der bekannten physikalischen Gesetze aus dem Bereich der Optik berechnet. Mittels der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung können daher auch asymmetrische Lichtstärkeverteilungen generiert werden. Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung kann daher vorteilhaft als Fahrzeugscheinwerfer ausgebildet werden, um beispielsweise das Fernlicht, Abblendlicht, Tagfahrlicht oder Nebellicht zu erzeugen.

[0010] Vorteilhafterweise besitzt der in Segmente unterteilte Teil der Lichtaustrittsfläche bzw. Lichteintrittsfläche der mindestens einen optischen Linse eine Oberflächenstruktur ohne Rotationssymmetrie, um asymmetrische Lichtstärkeverteilungen, wie sie beispielsweise für Fahrzeugscheinwerfer üblich sind, besser verwirklichen zu können. Insbesondere sind die Freiformflächen der Flächensegmente derart ausgebildet, dass keine Rotationssymmetrie des segmentierten Oberflächenteils bzgl. der optischen Achse der Beleuchtungseinrichtung vorliegt. Vorteilhafterweise ist die mindestens eine Lichtquelle der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung als Leuchtdiodenmodul ausgebildet, da Leuchtdiodenmodule im Vergleich zu anderen Lichtquellen, wie zum Beispiel Glühlampen oder Entladungslampen, eine deutlich längere Lebensdauer besitzen.

[0011] Gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung mindestens ein Leuchtdiodenmodul mit Primäroptik auf, die optisch an einen oder mehrere Leuchtdiodenchips des mindestens einen Leuchtdiodenmoduls gekoppelt ist und die der mindestens einen optischen Linse vorgeschaltet ist, so dass zumindest ein Bruchteil des aus der Primäroptik austretenden Lichts auf eine Lichteintrittsfläche der mindestens einen optischen Linse gelenkt wird. Mittels der Primäroptik wird die Divergenz des von dem mindestens einen Leuchtdiodenchip generierten Lichts reduziert und gewährleistet, dass nahezu das gesamte von dem mindestens einen Leuchtdiodenchip erzeugte Licht in die mindestens eine optische Linse eingekoppelt wird.

[0012] Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung kann vorteilhafterweise mehrere optische Linsen mit unterschiedlicher Lichtabstrahlcharakteristik aufweisen, um beispielsweise mit derselben Beleuchtungseinrichtung unterschiedliche Lichtstärkeverteilungen erzeugen zu können. Insbesondere können bei der vorgenannten Beleuchtungseinrichtung jeder optischen Linse ein oder mehrere separat voneinander ein- und ausschaltbare Leuchtdiodenmodule zugeordnet sein, um die unterschiedlichen Lichtstärkeverteilungen zu generieren. Besonders vorteil-

haft sind zu diesem Zweck die derselben optischen Linse zugeordneten Leuchtdiodenmodule als Gruppe zusammen ein- und ausschaltbar sowie ggf. dimmbar ausgebildet.

[0013] Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung ist vorzugsweise als Fahrzeugscheinwerfer ausgebildet. Sie besitzt im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugscheinwerfern eine deutlich längere Lebensdauer.

III. Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0014] Nachstehend wird die Erfindung anhand mehrerer bevorzugter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

[0015] [Fig. 1](#) Eine Draufsicht auf das erste Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen optischen Linse

[0016] [Fig. 2](#) Eine erste Seitenansicht der in [Fig. 1](#) abgebildeten optischen Linse

[0017] [Fig. 3](#) Eine zweite Seitenansicht der in [Fig. 1](#) abgebildeten optischen Linse in einer um einen Winkel von 90 Grad um die Achse der Linse gedrehten Ansicht

[0018] [Fig. 4](#) Eine Draufsicht auf einen Träger mit mehreren Leuchtdiodenchips

[0019] [Fig. 5](#) Eine Seitenansicht eines Leuchtdiodenmoduls basierend auf dem in [Fig. 4](#) dargestellten Träger mit Leuchtdiodenchips

[0020] [Fig. 6](#) Eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheit mit dem in [Fig. 5](#) abgebildeten Leuchtdiodenmodul und der in [Fig. 1](#) abgebildeten optischen Linse

[0021] [Fig. 7](#) Eine schematische Darstellung der Lichtstärkeverteilung der in [Fig. 6](#) dargestellten Beleuchtungseinheit

[0022] [Fig. 8](#) Eine schematische Darstellung der Lichtstärkeverteilung des [Fig. 5](#) abgebildeten Leuchtdiodenmoduls mit einer nicht segmentierten asphärischen Linse

[0023] [Fig. 9](#) Eine Draufsicht auf das zweite Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen optischen Linse

[0024] [Fig. 10](#) Eine erste Seitenansicht der in [Fig. 9](#) abgebildeten optischen Linse

[0025] [Fig. 11](#) Eine zweite Seitenansicht der in

Fig. 9 abgebildeten optischen Linse in einer um einen Winkel von 90 Grad um die Achse der Linse gedrehten Ansicht

[0026] **Fig. 12** Eine schematische Darstellung der Lichtstärkeverteilung einer aus einem Leuchtdiodenmodul gemäß **Fig. 5** und der in **Fig. 9** abgebildeten optischen Linse bestehenden Beleuchtungseinheit

[0027] **Fig. 13** Eine Draufsicht auf das dritte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen optischen Linse

[0028] **Fig. 14** Eine erste Seitenansicht der in **Fig. 13** abgebildeten optischen Linse

[0029] **Fig. 15** Eine zweite Seitenansicht der in **Fig. 13** abgebildeten optischen Linse in einer um einen Winkel von 90 Grad um die Achse der Linse gedrehten Ansicht

[0030] In den **Fig. 1** bis **Fig. 3** ist eine optische Linse **1** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt. Diese Linse **1** ist als plan-konvexe asphärische optische Linse ausgebildet. Ihre plane Oberfläche **10** ist quadratisch mit einer Kantenlänge von 60 mm ausgebildet. **Fig. 1** zeigt eine Draufsicht auf die konvexe Oberfläche **11** der optischen Linse **1**. Diese Oberfläche **11** wird von fünf- und zwanzig abgestuften Oberflächensegmenten **110** gebildet, die in fünf Reihen und fünf Spalten angeordnet sind und deren Oberflächenform jeweils konvex ausgebildet ist. Die Oberflächensegmente **110** sind als Freiformflächen ausgebildet. Jeweils zwei benachbarte Oberflächensegmente **110** sind durch eine Stufe voneinander getrennt. Ihre räumliche Anordnung und Form ist asphärisch. Das heißt, die segmentierte Oberfläche **11** besitzt nicht die Gestalt eines Abschnitts einer Kugeloberfläche. In der Regel sind auch die einzelnen Freiformflächen **110** keine Kugeloberflächenabschnitte. Die **Fig. 2** zeigt eine erste Seitenansicht der optischen Linse **1'**, während **Fig. 3** eine zweite Seitenansicht der Linse **1'** zeigt, die gegenüber der ersten Seitenansicht um einen Winkel von 90 Grad um die senkrecht zur ebenen Oberfläche **10** verlaufenden Linsenachse gedreht ist. Die Linse **1** besteht vorzugsweise aus einem durchsichtigen, farblosen Kunststoffmaterial.

[0031] In den **Fig. 4** und **Fig. 5** sind Details eines Leuchtdiodenmoduls abgebildet, das vorzugsweise als Lichtquelle für die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung dient. Das Leuchtdiodenmodul **20** umfasst bei diesem Ausführungsbeispiel fünf Leuchtdiodenchips **22**. Bei diesen Leuchtdiodenchips **22** handelt es sich zum Beispiel um Dünnschicht-Leuchtdiodenchips **22** mit einer Lichtausbeute von jeweils wenigstens 20 Lumen pro Watt. Bevorzugt sind die Leuchtdiodenchips **22** geeignet, Licht im blauen Spektralbereich zu erzeugen. Den Leuchtdioden-

chips **22** ist dann ein Lumineszenzkonversionsmaterial nachgeordnet. Der frequenzkonvertierte Anteil der von den Leuchtdiodenchips **22** abgegebenen Strahlung mischt sich mit dem nicht-konvertierten Anteil bevorzugt zu weißem Licht. Die Leuchtdiodenchips **22** sind am Boden **24** eines wannenartigen Gehäuses **23** angeordnet. Das Gehäuse **23** kann zum Beispiel aus einem keramischen Material bestehen, dessen optische Eigenschaften je nach Anwendung reflektierend oder absorbierend gestaltet sind. Die Innenwände des Gehäuses **23** können zum Beispiel nach Art eines nicht-abbildenden optischen Konzentrators geformt sein, der in umgekehrter Richtung durchstrahlt wird, so dass eine Kollimation der von den Leuchtdiodenchips **22** emittierten Strahlung resultiert. Den Innenwänden des Gehäuses **23** ist in Hauptabstrahlrichtung der Leuchtdiodenchips **22** eine Moduloptik **21** nachgeordnet sein, die als zusammengesetzter optischer Konzentrador ausgebildet ist und nachstehend auch als Primäroptik bezeichnet wird. Die Primäroptik **21** bündelt das von den Leuchtdiodenchips **22** generierte Licht, so dass es aus der von den Leuchtdiodenchips **22** abgewandten Stirnseite **21a** des Konzentrators **21** mit verringerter Divergenz austritt. Die Leuchtdiodenchips **22** sind außerhalb des Gehäuses **23** an den Kontaktflächen **25a** und **25b** kontaktiert. Leiterbahnen **26** verbinden die Kontaktflächen **25a**, **25b** mit Anschlussstellen **30**, über die die Lichtquelle **20** von außen kontaktiert werden kann. Beispielsweise kann der Anschluss der Lichtquelle an das Stromnetz eines Kraftfahrzeuges mittels eines Steckers am Gegenstecker **28** erfolgen. Zumindest ein Varistor **27** fungiert als Überspannungsschutz der Lichtquelle **20**. Gegenstecker **28**, Varistor **27** sowie Gehäuse **23** sind zum Beispiel auf einer Metallkernplatine **29** angeordnet, die sowohl als Leiterplatte als auch als Wärmeleitelement für die im Betrieb von den Leuchtdiodenchips **22** erzeugte Wärme fungiert. Dabei ist es möglich, dass auf der Metallkernplatine **29** oder außerhalb der Lichtquelle **20** eine Vorrichtung zum Dimmen der Leuchtdiodenchips **22** vorgesehen ist. Auf diese Weise kann die Abstrahlcharakteristik des Moduls zusätzlich durch Intensitätsänderung an äußere Bedingungen wie Wetter oder Beleuchtungsverhältnisse angepasst werden. Weiter ist eine Intensitätsänderung des von der Lichtquelle **20** abgestrahlten Lichts auch durch gezieltes Zu- und Abschalten einzelner Leuchtdiodenchips **22** möglich.

[0032] In **Fig. 6** ist schematisch ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung dargestellt. Diese Beleuchtungseinrichtung besteht aus einem Leuchtdiodenmodul **20** gemäß der obigen Beschreibung und einer optischen Linse **1** gemäß der **Fig. 1** und der dazu gehörenden Beschreibung. Die ebene Oberfläche **10** der optischen Linse ist parallel zu der Lichtaustrittsfläche **21a** des Leuchtdiodenmoduls **20** in einem Abstand von 25 mm angeordnet, das heißt, die Lichtaustrittsfläche **21a** der Primäroptik

21 liegt in der Brennebene der optischen Linse 1.

[0033] In [Fig. 7](#) ist schematisch die von der in [Fig. 6](#) abgebildeten Beleuchtungseinrichtung erzeugten Lichtstärkeverteilung dargestellt. Zum Vergleich ist in [Fig. 8](#) die von dem Leuchtdiodenmodul 20 generierte Lichtstärkeverteilung mit einer nicht segmentierten asphärischen Linse statt der optischen Linse 1 dargestellt. Die Lichtstärkeverteilung ergibt sich durch Beleuchtung eines Messschirms mit dem von der Beleuchtungseinrichtung emittierten Licht, wobei der Messschirm in einem vorgegebenen Abstand vor der Lichtaustrittsfläche 11 der optischen Linse 1 der Beleuchtungseinrichtung angeordnet ist, so dass die Ebene des Messschirms senkrecht zur optischen Achse C-C der Beleuchtungseinrichtung ausgerichtet ist. Der Abstand zwischen der Beleuchtungseinrichtung und dem Messschirm ist groß im Vergleich zu den Abmessungen der Beleuchtungseinrichtung. Er beträgt beispielsweise 25 m. Das bedeutet, die gezeigte Lichtstärkeverteilung ist eine ebene Projektion der Lichtabstrahlcharakteristik der Beleuchtungseinrichtung bzw. des Leuchtdiodenmoduls im Fernfeld. Die x- und y-Achsen der [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) sowie auch der [Fig. 12](#) geben in willkürlichen Einheiten die Ausdehnung der Lichtstärkeverteilung in horizontaler bzw. vertikaler Richtung an. Die in den [Fig. 7](#), [Fig. 8](#) und [Fig. 12](#) eingezeichneten Höhenlinien 701, 801, 901, von denen der besseren Übersicht halber in den vorgenannten Figuren nur jeweils eine mit einem Bezugszeichen versehen ist, sind Kurven konstanter Lichtstärke und begrenzen Bereiche unterschiedlicher Lichtstärke. Das Maximum der Lichtstärke liegt bei [Fig. 7](#) in dem Bereich 700 und bei [Fig. 8](#) in dem Bereich 800. Mit zunehmendem Abstand von dem Bereich 700 bzw. 800 verringert sich die Lichtstärke in den von den Höhenlinien abgegrenzten Bereichen auf dem Messschirm.

[0034] Ein Vergleich der Lichtstärkeverteilungen in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zeigt, dass die optische Linse 1 die vergleichsweise große Ausdehnung der Lichtstärkeverteilung des Leuchtdiodenmoduls 20 in Richtung der x-Achse auf einen engeren Bereich bündelt. Gemäß [Fig. 8](#) erstreckt sich die Lichtstärkeverteilung des Leuchtdiodenmoduls 20 mit nicht segmentierter asphärischer Linse in x-Richtung auf einen Bereich von ca. -15 bis +15, während die Lichtstärkeverteilung der in [Fig. 6](#) abgebildeten Beleuchtungseinrichtung mit Hilfe der optischen Linse 1 in x-Richtung auf einen Bereich von ca. -7,5 bis +7,5 gebündelt wird. Außerdem wird durch die Linse 1 die Lichtstärkeverteilung in Richtung der y-Achse auf einen Bereich unterhalb der Horizontalen $y = 0$ beschränkt. Das heißt, mittels der optischen Linse 1 wird entlang der vorgenannten Horizontalen eine scharfe Hell-Dunkel-Grenze erzeugt, wobei der Bereich 700 der maximalen Lichtstärke knapp unterhalb der Hell-Dunkel-Grenze angeordnet ist. Dieser Umstand ist insbesondere von Bedeutung, wenn die in [Fig. 6](#) abgebil-

dete Beleuchtungseinrichtung als Fahrzeugscheinwerfer oder als Bestandteil eines Fahrzeugscheinwerfers ausgebildet ist.

[0035] In den [Fig. 9](#) bis [Fig. 11](#) ist eine optische Linse 1' gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt. Diese Linse 1' besitzt eine plane erste Oberfläche 10', die quadratisch mit einer Kantenlänge von 60 mm ausgebildet ist. [Fig. 1](#) zeigt eine Draufsicht auf die gewölbte zweite Oberfläche 11' der optischen Linse 1'. Diese Oberfläche 11' wird von fünfundzwanzig abgestuften Oberflächensegmenten 110' gebildet, die in fünf Reihen und fünf Spalten angeordnet sind und deren Oberflächenform jeweils als Freiformflächen ausgebildet ist. Jeweils zwei benachbarte Oberflächensegmente 110' sind durch eine Stufe voneinander getrennt. Diese Linse 1' ist ebenfalls asphärisch. Die [Fig. 10](#) zeigt eine erste Seitenansicht der optischen Linse 1', während [Fig. 11](#) eine zweite Seitenansicht der Linse 1' zeigt, die gegenüber der ersten Seitenansicht um einen Winkel von 90 Grad um die senkrecht zur ebenen Oberfläche 10' verlaufenden Linsenachse gedreht ist. Die Brennweite der Linse 1' beträgt 25 mm.

[0036] [Fig. 12](#) zeigt die Lichtstärkeverteilung einer Beleuchtungseinrichtung, die aus dem in [Fig. 5](#) abgebildeten Leuchtdiodenmodul 20 und der optischen Linse 1' gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel besteht, wobei das Leuchtdiodenmodul 20 und die optische Linse 1' mit einem Abstand von 25 mm zwischen der Lichtaustrittsfläche 21a des Leuchtdiodenmoduls 20 und der planen Lichteintrittsfläche 10' der Linse 1', so wie in [Fig. 6](#) für das erste Ausführungsbeispiel dargestellt, angeordnet sind. Ein Vergleich der Lichtstärkeverteilungen in den [Fig. 12](#) und [Fig. 8](#) zeigt, dass die asphärische optische Linse 1' die Ausdehnung der Lichtstärkeverteilung des Leuchtdiodenmoduls 20 in Richtung der x-Achse auf einen größeren Bereich aufweitet. Gemäß [Fig. 8](#) erstreckt sich die Lichtstärkeverteilung des Leuchtdiodenmoduls 20 mit nicht segmentierter asphärischer Linse in x-Richtung auf einen Bereich von ca. -15 bis +15, während die Lichtstärkeverteilung der in [Fig. 6](#) abgebildeten Beleuchtungseinrichtung mit Hilfe der segmentierten optischen Linse 1' gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel in x-Richtung auf einen Bereich von ungefähr -27 bis +27 aufgeweitet wird. Außerdem wird durch die Linse 1' die Lichtstärkeverteilung in Richtung der y-Achse auf einen Bereich unterhalb der Horizontalen $y = 0$ beschränkt. Das heißt, mittels der optischen Linse 1' gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel wird ebenfalls entlang der vorgenannten Horizontalen eine scharfe Hell-Dunkel-Grenze erzeugt, wobei der Bereich 900 der maximalen Lichtstärke knapp unterhalb der Hell-Dunkel-Grenze angeordnet ist. Dieser Umstand ist insbesondere von Bedeutung, wenn die Beleuchtungseinrichtung als Fahrzeugscheinwerfer oder als Bestandteil eines Fahrzeugscheinwerfers ausgebildet ist.

[0037] Aus den obigen Erläuterungen ergibt sich, dass die optische Linse **1'** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel in Richtung der x-Achse als Zerstreuungslinse und in Richtung der y-Achse im wesentlichen als Sammellinse wirkt, während die optische Linse **1** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel in Richtung der x-Achse und der y-Achse im wesentlichen als Sammellinse wirkt, die ein eng begrenztes Lichtbündel erzeugt.

[0038] In den [Fig. 13](#) bis [Fig. 15](#) ist eine asphärische optische Linse **1''** gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt. Diese Linse **1''** ist als plan-konvexe optische Linse ausgebildet. Ihre plane Oberfläche **10''** ist quadratisch mit einer Kantenlänge von 60 mm ausgebildet. [Fig. 13](#) zeigt eine Draufsicht auf die konvexe Oberfläche **11''** der optischen Linse **1''**. Diese Oberfläche **11''** wird von sechsunddreißig abgestuften Oberflächensegmenten **110''** gebildet, die in sechs Reihen und sechs Spalten angeordnet sind und deren Oberflächenform jeweils konvex ausgebildet ist. Die Oberflächensegmente **110''** sind als Freiformflächen ausgebildet. Jeweils zwei benachbarte Oberflächensegmente **110''** sind durch eine Stufe voneinander getrennt. Die [Fig. 14](#) zeigt eine erste Seitenansicht der optischen Linse **1''**, während [Fig. 15](#) eine zweite Seitenansicht der Linse **1''** zeigt, die gegenüber der ersten Seitenansicht um einen Winkel von 90 Grad um die senkrecht zur ebenen Oberfläche **10''** verlaufenden Linsenachse gedreht ist.

[0039] Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die oben näher erläuterten Ausführungsbeispiele. Beispielsweise kann die Lichtaustritts- bzw. Lichteintrittsfläche der erfindungsgemäßen asphärischen optischen Linse in mehr als sechsunddreißig Oberflächensegmente unterteilt sein. Eine größere Anzahl von Oberflächensegmenten ermöglicht eine feinere und genauere Anpassung der Lichtstärkeverteilung der Beleuchtungseinrichtung an die gewünschte Lichtstärkeverteilung. Die Oberflächensegmente müssen ferner nicht unbedingt quadratisch geformte Ränder aufweisen. Die Ränder der Oberflächensegmente können beispielsweise stattdessen auch die Form von Parallelogrammen, Sechsecken, Rechtecken oder Dreiecken besitzen. Auch eine Kombination von unterschiedlichen Vielecken, beispielsweise von Quadraten und Achtecken, ist möglich. Alternativ können die Oberflächensegmente beispielsweise auch in konzentrischen Ringen angeordnet sein, wobei jeder Ring mehrere abgestufte Oberflächensegmente umfasst und die Oberflächen der Segmente als Freiformflächen ausgebildet sind, so dass bzgl. der Ringachse keine Rotationssymmetrie vorliegt.

[0040] Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung kann beispielsweise auch aus mehreren Leuchtdiodenmodulen **20** aufgebaut sein, denen jeweils eine optische Linse **1**, **1'** oder **1''** zugeordnet ist. Um

beispielsweise eine möglichst hohe Lichtstärke zu erzielen, kann alternativ die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung aber auch mehrere Leuchtdiodenmodule **20** umfassen, deren Licht mit Hilfe eines geeigneten Lichtlenkmittels auf die Lichteintrittsfläche **10**, **10'** oder **10''** einer einzigen optischen Linse **1**, **1'** oder **1''** gelenkt wird, so dass bei gleichartigen Leuchtdiodenmodulen **20** durch Zu- oder Abschalten einzelner Leuchtdiodenmodule **20** die Helligkeit verändert werden kann oder bei unterschiedlich ausgebildeten Leuchtdiodenmodulen **20** durch Zu- oder Abschalten bzw. Dimmen einzelner Leuchtdiodenmodule **20** beispielsweise die Farbtemperatur oder die Farbe des Lichts einstellbar ist. Ferner kann die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung auch eine Kombination von unterschiedlich ausgestalteten optischen Linsen, beispielsweise eine Kombination einer oder mehrerer der optischen Linse **1** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel mit einer oder mehrerer der optischen Linse **1'** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel umfassen, wobei jeder optischen Linse **1**, **1'** das von mindestens einem Leuchtdiodenmodul **20** generierte Licht zugeführt wird. Dadurch lassen sich komplexere Lichtstärkeverteilungen als die in den [Fig. 7](#) und [Fig. 12](#) dargestellten Lichtstärkeverteilungen verwirklichen. Insbesondere können mit derartigen Kombinationen beispielsweise die Lichtstärkeverteilungen für Fernlicht, Abblendlicht und Nebellicht etc. eines Fahrzeugscheinwerfers erzeugt werden. Außerdem kann das in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) schematisch abgebildete Leuchtdiodenmodul **20** beispielsweise zwei Primäroptiken **21** aufweisen, die an unterschiedliche Leuchtdiodenchips **22** gekoppelt sind, um verschiedene Beleuchtungsfunktionen, wie beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung mit dem amtlichen Aktenzeichen 10 2005 049 685.7 offenbart ist, zu verwirklichen.

[0041] Ein erfindungsgemäßer Fahrzeugscheinwerfer kann beispielsweise aus vier der in [Fig. 6](#) abgebildeten Beleuchtungseinrichtungen aufgebaut werden, indem zwei optische Linsen mit den dazu gehörenden Leuchtdiodenmodulen nebeneinander und die anderen beiden optischen Linsen mit ihren zugehörigen Leuchtdiodenmodulen über den ersten beiden angeordnet werden. Dadurch überlagern sich die Lichtstärkeverteilungen der vier Beleuchtungseinrichtungen auf dem Messschirm nahezu vollständig.

[0042] Der Begriff Licht soll hier nicht nur den Spektralbereich der sichtbaren elektromagnetischen Strahlung, sondern zusätzlich auch noch den Bereich des Nahen Infrarot (Wellenlängenbereich von ca. 800 nm bis 1000 nm) umfassen, der üblicherweise für Nachtsichtgeräte verwendet wird. So kann die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung beispielsweise Leuchtdiodenmodule **20** umfassen, die ausschließlich oder zusätzlich zur sichtbaren elektromagnetischen Strahlung Infrarotstrahlung aus dem Nahen Infrarotbereich erzeugen, die in eine oder mehrere

re erfindungsgemäße optische Linsen eingekoppelt wird, um beispielsweise zusammen mit einer geeigneten Infrarotkamera ein Infrarotfernlicht zu erhalten.

Patentansprüche

1. Optische Linse mit einer Lichteintrittsfläche (10) und einer Lichtaustrittsfläche (11), wobei die Lichtaustrittsfläche (11) oder bzw. und die Lichteintrittsfläche (10) abgestufte Flächensegmente (110) aufweist, die als Freiformflächen ausgebildet sind.

2. Optische Linse nach Anspruch 1, wobei der in Segmente unterteilte Teil der Lichtaustrittsfläche (11) bzw. Lichteintrittsfläche (10) eine Oberflächenstruktur ohne Rotationssymmetrie besitzt.

3. Optische Linse nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Flächensegmente (110) zeilenweise oder bzw. und spaltenweise angeordnet sind.

4. Optische Linse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2 oder 3, wobei die Ränder der Flächensegmente die Form von Vielecken besitzen.

5. Beleuchtungseinrichtung mit mindestens einer Lichtquelle (20) und mindestens einer optischen Linse (1), die derart angeordnet ist, dass von der mindestens einen Lichtquelle (20) emittiertes Licht auf eine Lichteintrittsfläche (10) der mindestens einen optischen Linse (1) auftrifft und die mindestens eine optische Linse (1) durch eine Lichtaustrittsfläche (11) der mindestens einen optischen Linse (1) verlässt, wobei die Lichtaustrittsfläche (11) oder bzw. und die Lichteintrittsfläche (10) abgestufte Flächensegmente (110) aufweist, die als Freiformflächen ausgebildet sind.

6. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 5, wobei der in Segmente unterteilte Teil der Lichtaustrittsfläche (11) bzw. Lichteintrittsfläche (10) der mindestens einen optischen Linse (1) eine Oberflächenstruktur ohne Rotationssymmetrie besitzt.

7. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Flächensegmente (110) zeilenweise oder bzw. und spaltenweise angeordnet sind.

8. Beleuchtungseinrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 5, 6 oder 7, wobei die Ränder der Flächensegmente die Form von Vielecken besitzen.

9. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 5, wobei die mindestens eine Lichtquelle als Leuchtdiodenmodul (20) ausgebildet ist.

10. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 9, wobei das mindestens eine Leuchtdiodenmodul (20) eine Primäroptik (21) aufweist, die optisch an einen

oder mehrere Leuchtdiodenchips (22) des mindestens einen Leuchtdiodenmoduls (20) gekoppelt ist und die der mindestens einen optischen Linse (1) vorgeschaltet ist, so dass zumindest ein Bruchteil des aus der Primäroptik (21) austretenden Lichts auf eine Lichteintrittsfläche (10) der mindestens einen optischen Linse (1) gelenkt wird.

11. Beleuchtungseinrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 10, wobei die Beleuchtungseinrichtung mehrere optische Linsen (1, 1') mit unterschiedlicher Lichtabstrahlcharakteristik umfasst.

12. Beleuchtungseinrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 11, ausgebildet als Fahrzeugscheinwerfer.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

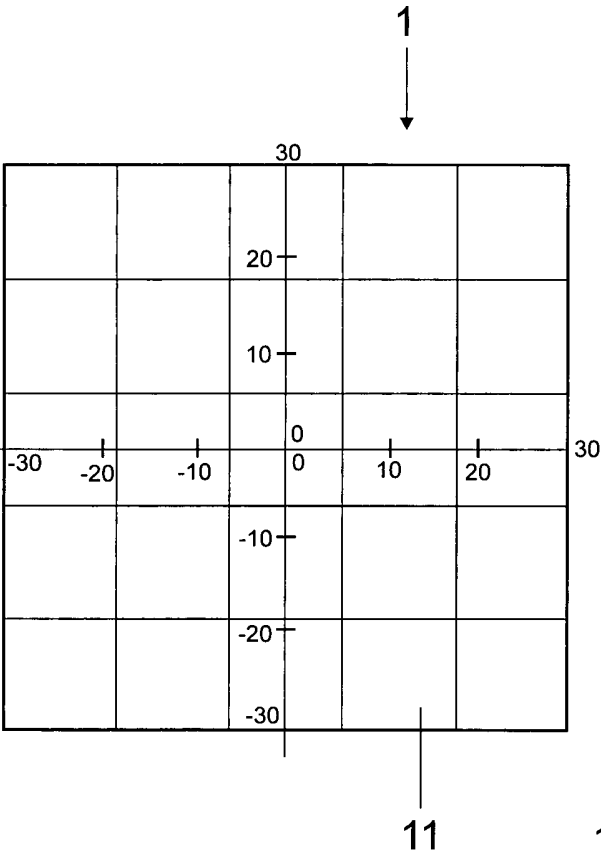


FIG 1

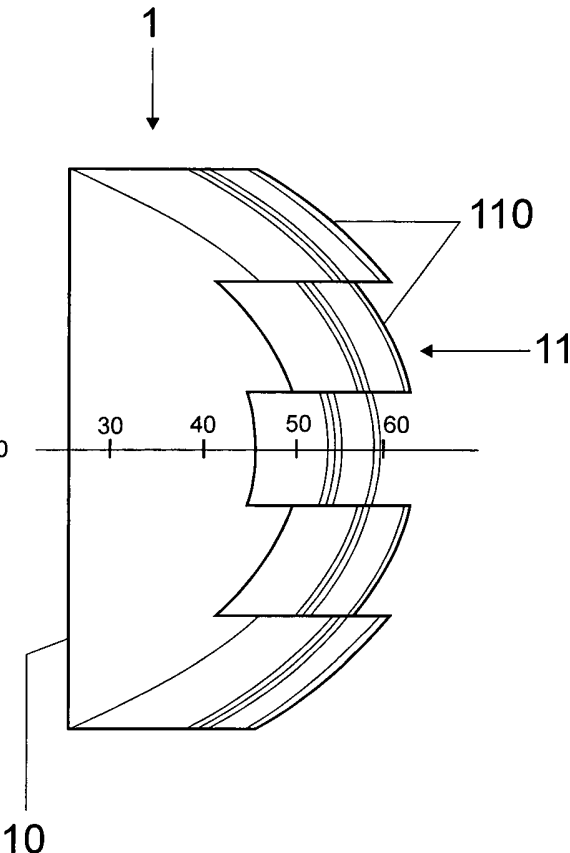


FIG 2

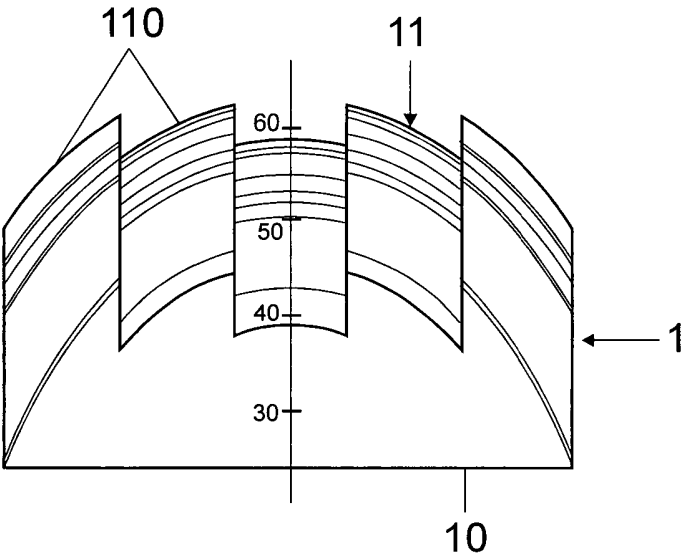


FIG 3

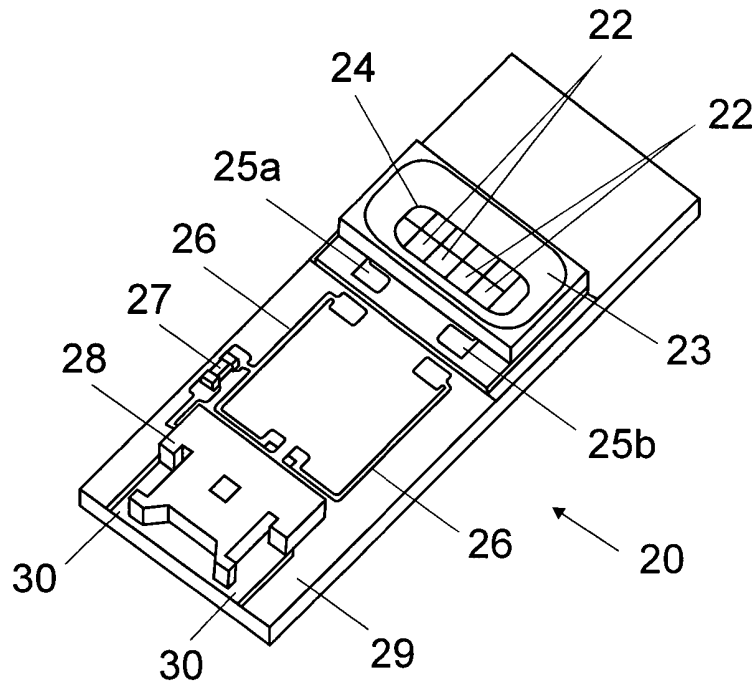


FIG 4

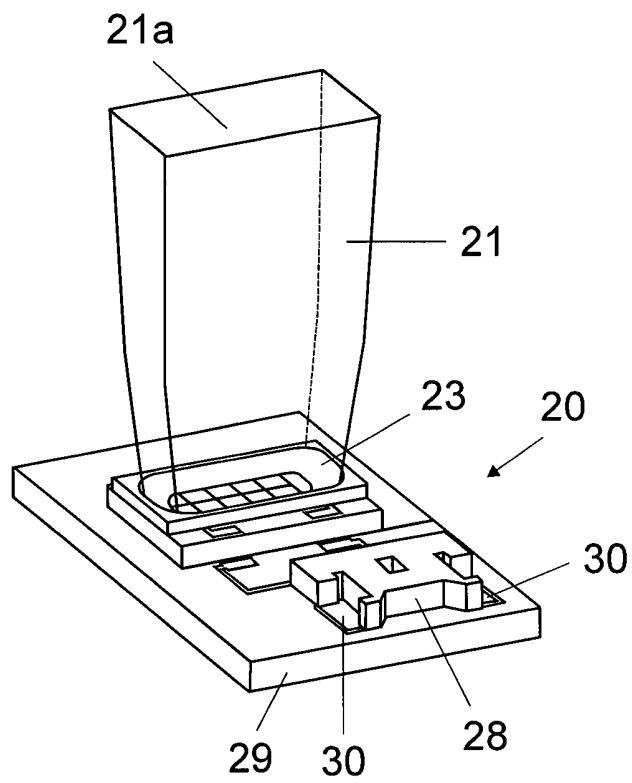


FIG 5

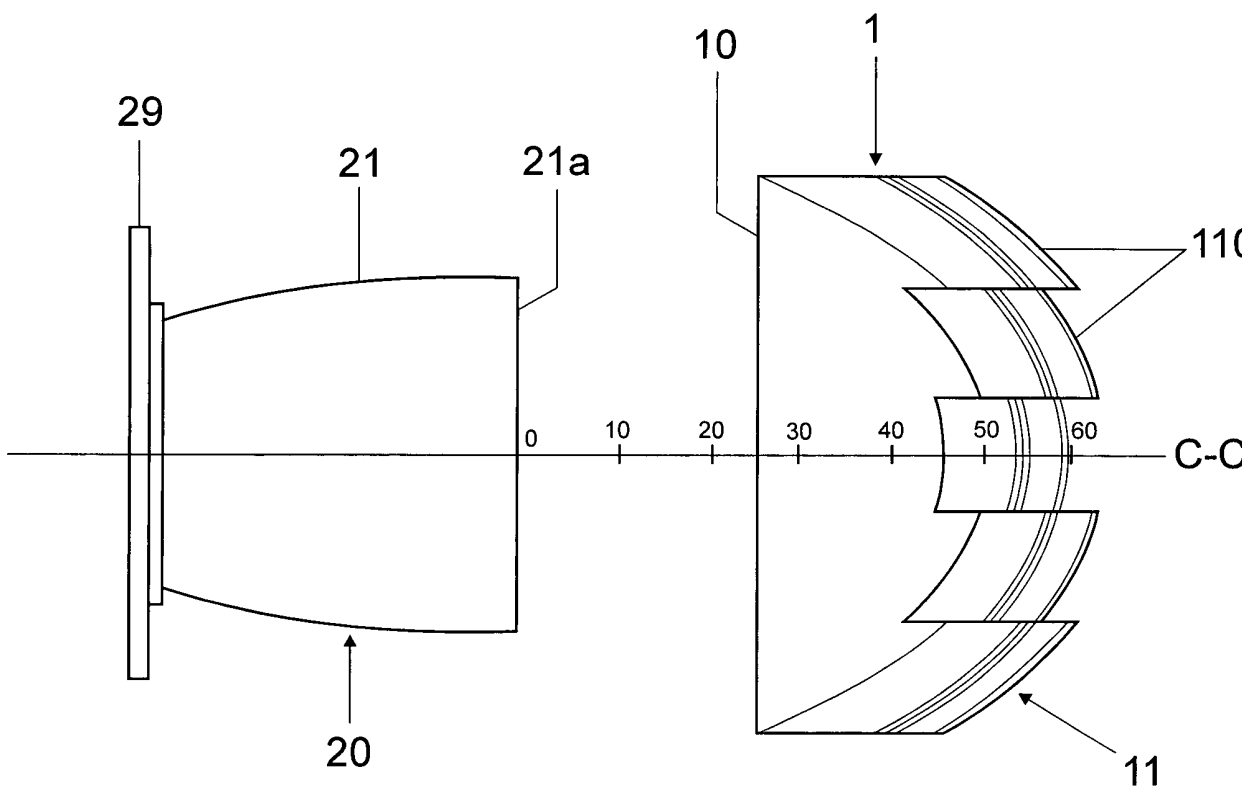


FIG 6

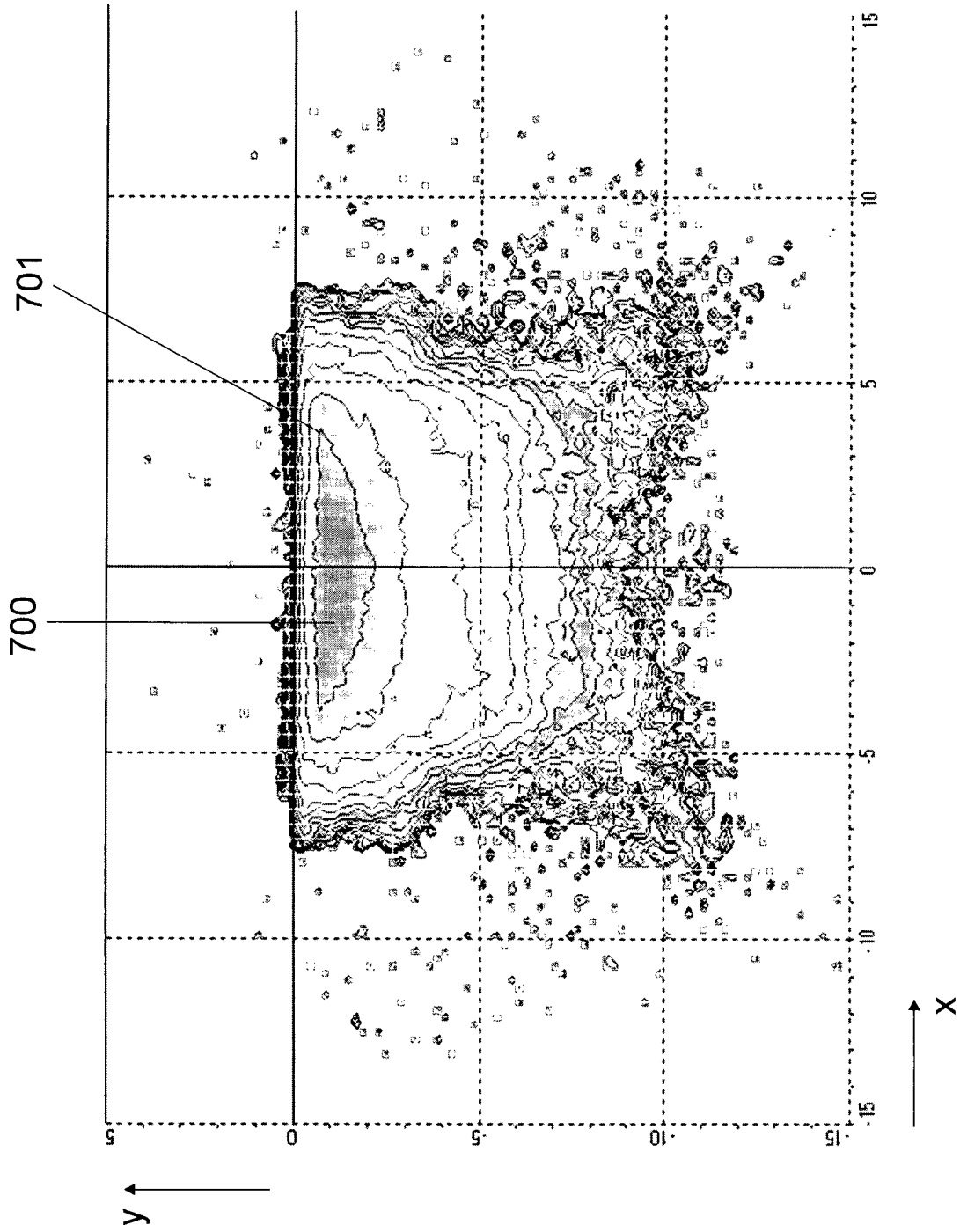


FIG 7

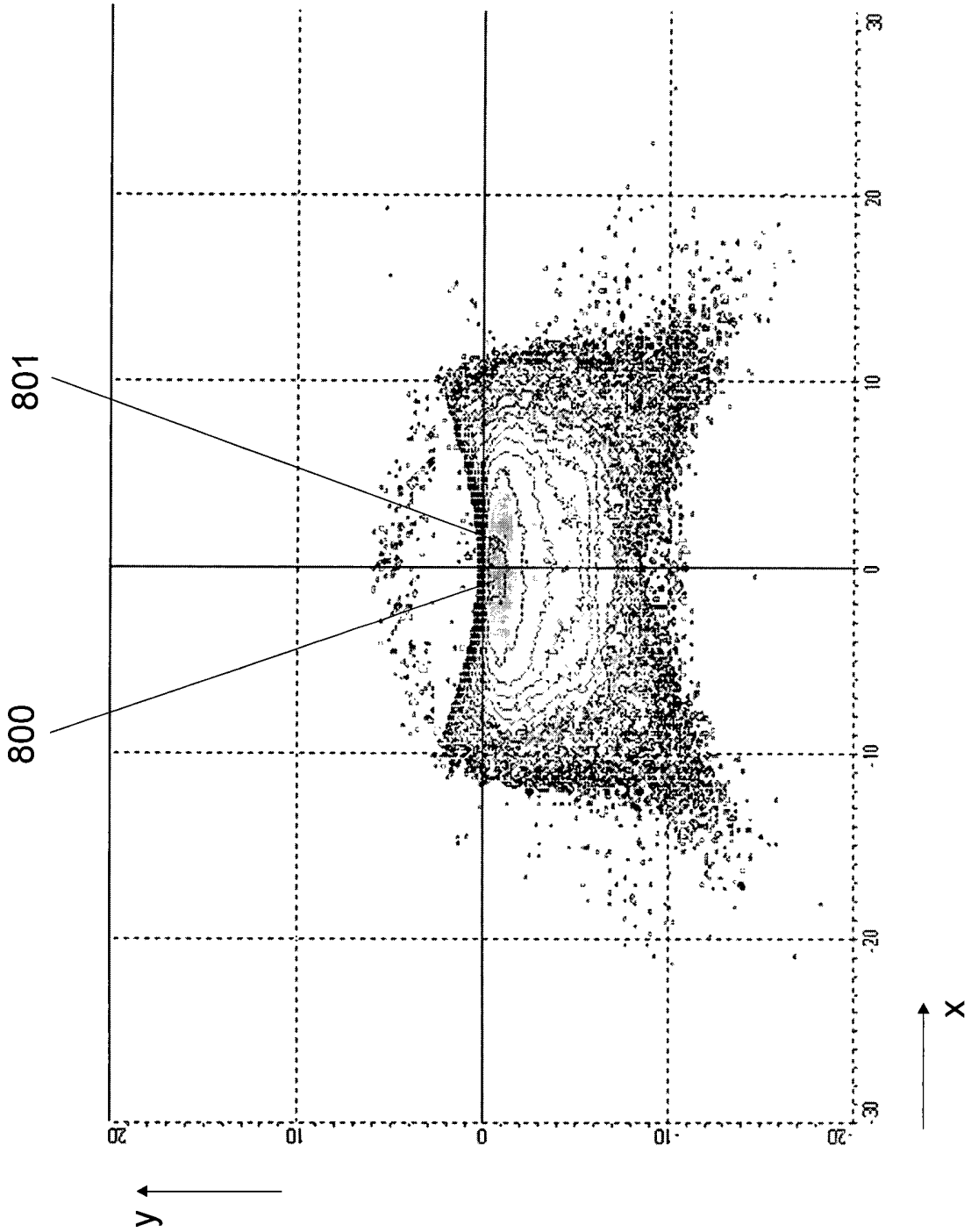


FIG 8

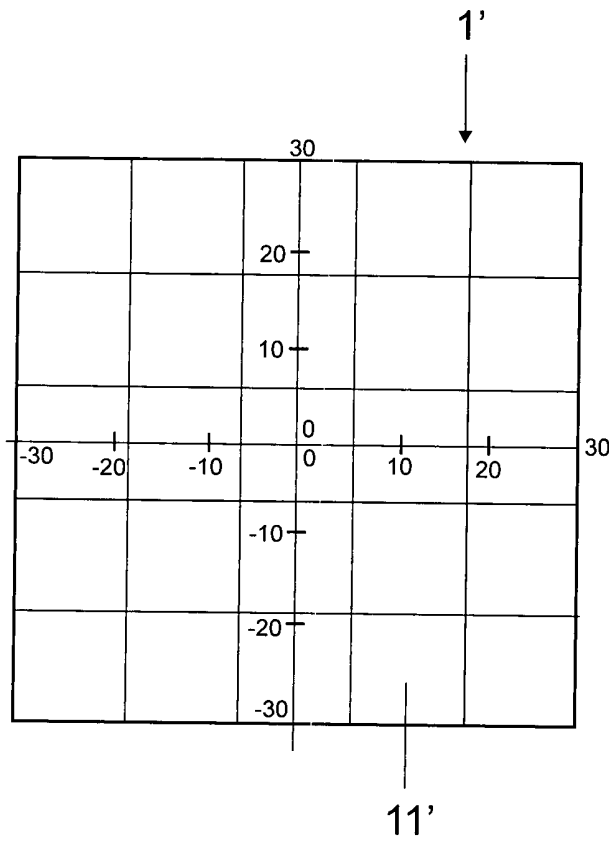


FIG 9

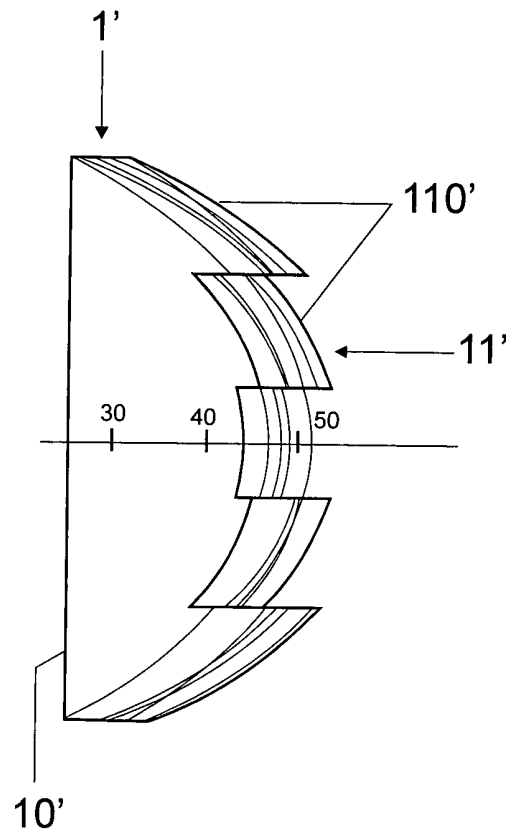


FIG 10

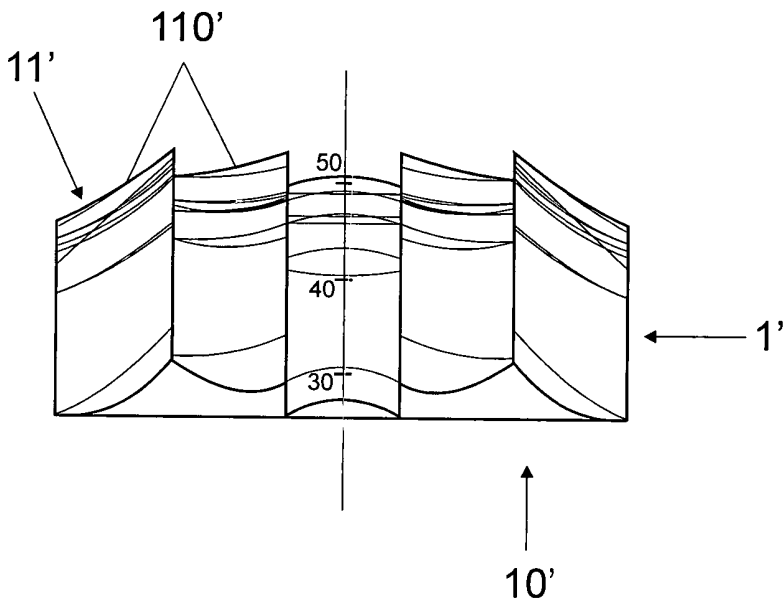


FIG 11

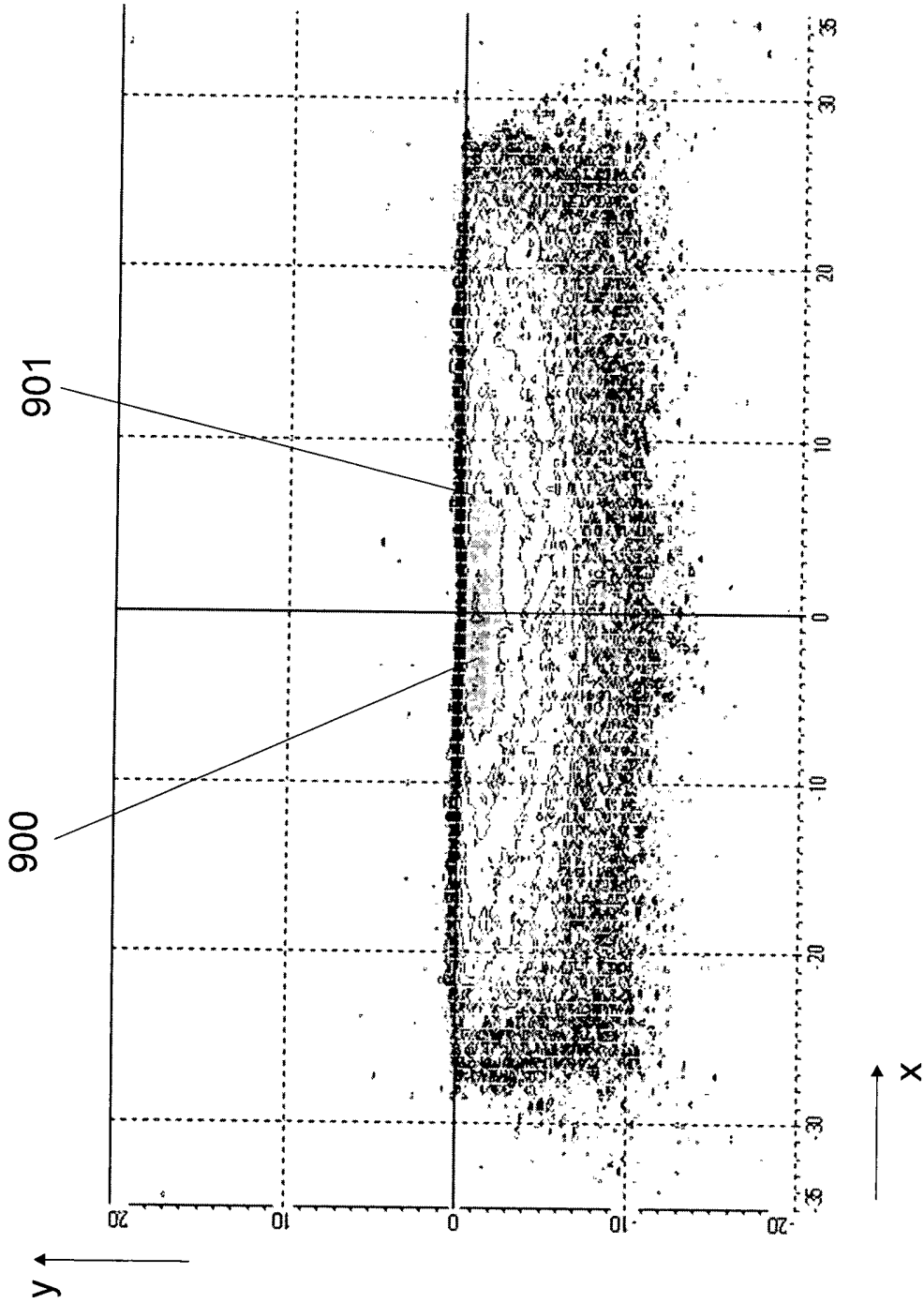


FIG 12

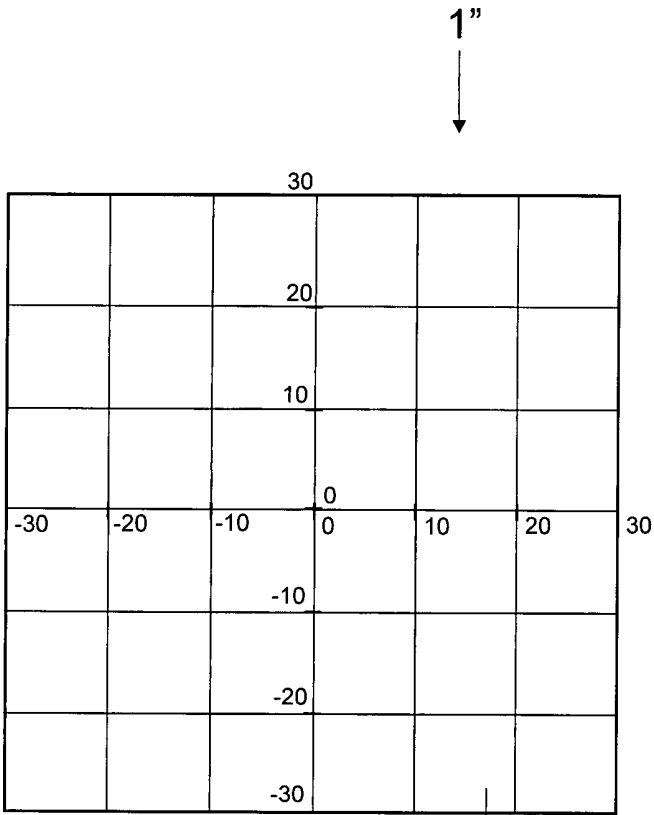


FIG 13

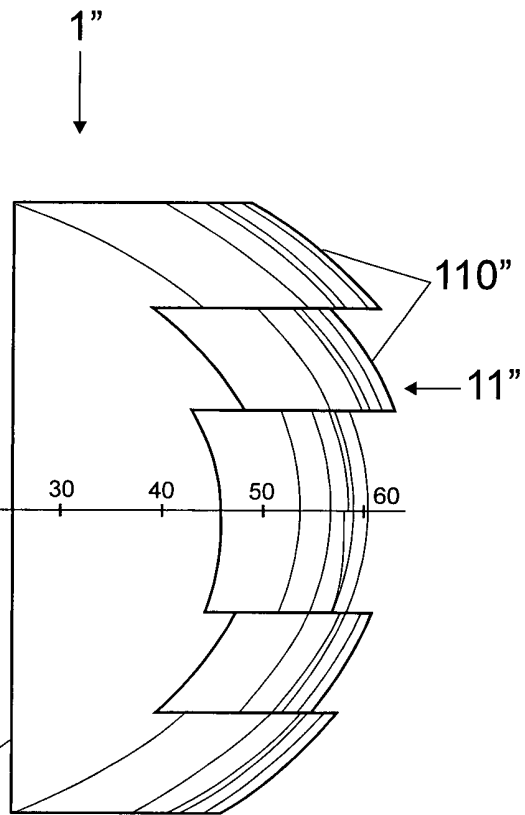


FIG 14

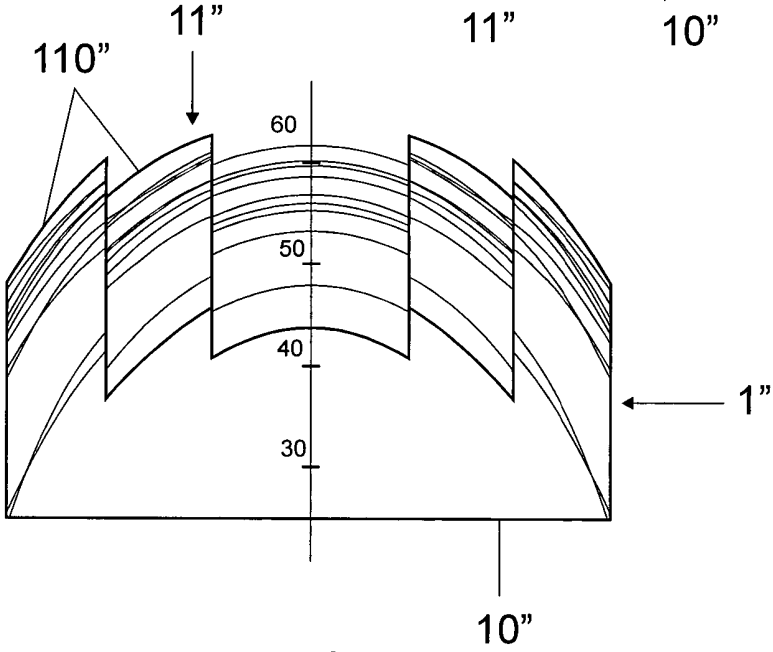


FIG 15