

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
29. November 2012 (29.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/160101 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F21V 7/09 (2006.01) F21V 7/04 (2006.01)
G02B 5/09 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/059617
- (22) Internationales Anmeldedatum:
23. Mai 2012 (23.05.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102011102578.6 25. Mai 2011 (25.05.2011) DE
102011081349.7 22. August 2011 (22.08.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE). **JENOPTIK POLYMER SYSTEMS GMBH** [DE/DE]; Am Sandberg 2, 07819 Triptis (DE). **TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU** [DE/DE]; Ehrenbergstraße 29, 98693 Ilmenau (DE). **DILITRONICS GMBH** [DE/DE]; Felsbachstr. 5, 98693 Jena (DE).
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHREIBER, Peter** [DE/DE]; Burgweg 2, 07749 Jena (DE). **LI, Chen** [CN/DE]; Liselotte Hermann Str. 18, 07747 Jena (DE). **SCHWEDE, Maik** [DE/DE]; c/o Jenoptik Polymer System GmbH, Am Sandberg 2, 07819 Triptis (DE). **GÖHRING, Jens** [DE/DE]; Talstr. 28c, 07743 Jena (DE). **SCHIERZ, Christoph** [DE/DE]; Rudolf-Breitscheid-Str. 8, 98693 Ilmenau (DE). **WALKLING, Andreas** [DE/DE]; Thomas Mann Str. 7, 98693 Ilmenau (DE).
- (74) Anwälte: **SCHENK, Markus** et al.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, Postfach 246, 82043 Pullach (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: REFLECTOR FOR A STREETLAMP

(54) Bezeichnung : REFLEKTOR FÜR EINE STRASSENLAMPE

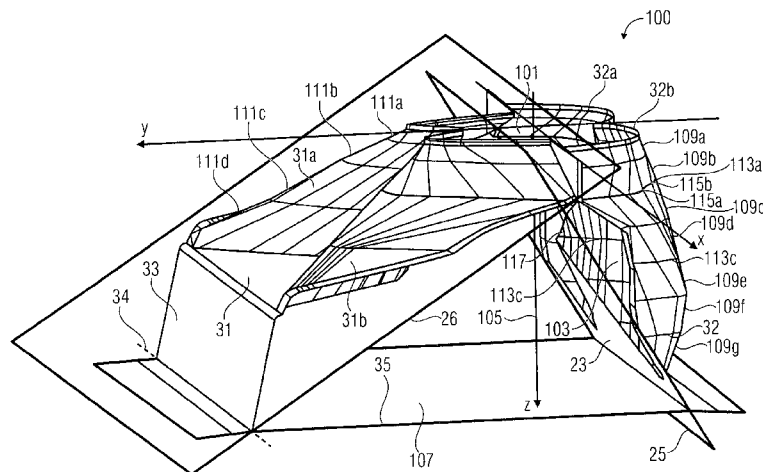


FIG 1A

(57) Abstract: The invention relates to a reflector for a streetlamp. The reflector comprises an opening for a lighting means and a reflector surface that extends away from the opening in a center beam direction without deflecting light of the lighting means along the center beam direction. The reflector surface is divided into bands in the center beam direction, which bands are continuously connected to each other along band edges. The band edges have at least one section that comprises curve segments that are continuously attached to each other in a differentiable manner, wherein the section has a first point at which a curvature vector of the section points inward and a second point at which the curvature vector of the section points outward.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/160101 A2



(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

Es wird ein Reflektor für eine Straßenlampe beschrieben. Der Reflektor umfasst eine Öffnung für ein Leuchtmittel und eine Reflektorfläche die sich in einer mittleren Abstrahlrichtung von der Öffnung weg erstreckt, ohne Licht des Leuchtmittels entlang der mittleren Abstrahlrichtung umzulenken. Die Reflektorfläche ist in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung in Bänder untergliedert ist, die entlang von Bandkanten stetig aneinander anschließen. Die Bandkanten weisen zumindest einen Abschnitt auf, der aus aneinander stetig und differenzierbar angefügten Kurvensegmenten besteht, wobei der Abschnitt einen ersten Punkt aufweist, in dem ein Krümmungsvektor des Abschnitts nach innen zeigt und einen zweiten Punkt aufweist, in dem der Krümmungsvektor des Abschnitts nach außen zeigt.

Reflektor für eine Straßenlampe

Beschreibung

5

Technisches Gebiet

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Reflektor für eine Straßenlampe.

10

Hintergrund der Erfindung

Straßenlampen kommen insbesondere als LED-Straßenleuchte (LED-Light Emitting Diode – Licht emittierende Diode), zur Beleuchtung von Außenanlagen, wie Sportplätzen, Parkplätzen oder auch von Industrieanlagen oder in Mehrzweckhallen zum Einsatz.

15

Modifizierte Beleuchtungen mit dem Ergebnis verbesserter Lichtverteilungskurven sind insbesondere für den Einsatz bei solchen Anwendungen interessant, wo wechselnde Umwelteinflüsse, wie Regen, Nebel, sonstige sich ändernde Sichtverhältnisse, unter anderem auch in Industrieanlagen (Dampfentwicklung, Änderungen des natürlichen Lichteinfalls, bei Mess- und Prüfsystemen in Labors oder Fertigungsanlagen, usw.), herrschen.

20

Das Streben nach immer besserer Lichtausbeute bei Einsparung von Energie ist allgemein eine Forderung, die an die Entwicklung von LEDs als Lichtquellen gerichtet ist. Besonders lichtstarke LEDs ermöglichen auch den Einsatz im Außenbereich oder in der Industriebeleuchtung.

25

Um eine homogene Straßenhelligkeit zu erzielen, soll die Winkelverteilung einer Straßenleuchte eine so genannte Flügelform (Fledermausflügel- bzw. Schmetterlingsform, engl.: bat wing shape) entlang der Längsrichtung der Straße aufweisen. Das ist jedoch nicht alles. Eine Straßenoberfläche ist normalerweise keine ideale Oberfläche für eine diffuse Reflexion (Lambertsche Reflexion) und weist eine Mischung aus gerichteter und diffuser Reflexion auf. Dadurch wird die von einer Straße reflektierte und von einem Betrachter wahrgenommene Lichtmenge von der relativen Position der Leuchte, des Betrachters und des betrachteten Punkts auf der Straße abhängig. Wenn Licht mit einer bestimmten Menge einen Punkt auf der der Leuchte gegenüberliegenden Straßenseite beleuchtet, wird im Vergleich zu dem Fall, in dem der betrachtete Punkt zwischen der Leuchte und dem

30

35

Betrachter liegt, ein größerer Anteil des Lichtes von der Straße zurückreflektiert, statt entlang der Straße reflektiert und betrachtet zu werden. Somit ist die Verteilung der Lichtintensität entlang der Breitenrichtung der Straße nicht homogen oder symmetrisch, sondern mit mehr Licht auf der der Leuchte gegenüberliegenden Straßenseite. Wenn die Straße nass ist, ist die gerichtete Reflexion stärker. Dies bewirkt, dass ein noch größerer Anteil von Licht von der Leuchte auf die gegenüberliegende Straßenseite verteilt werden sollte. Und außerdem sollte ein größerer Anteil von Licht den Bereich unter der Leuchte beleuchten, da ein größerer Teil von auf diesen Bereich treffendem Licht zum Himmel reflektiert wird. Bei einer nassen Straße ist die Reflexion höher; somit wird eine geringere Intensität benötigt, um einen bestimmten Helligkeitspegel zu erreichen. Wenn für eine nasse Straße eine Leuchte verwendet wird, die auf einer trockenen Straße eine perfekte Helligkeitshomogenität erreicht, erscheinen auf der gegenüberliegenden Straßenseite und unter der Leuchte dunkle Bereiche, und die Straße ist heller.

Zusammenfassend, die Beleuchtungsanforderung für Straßenlicht ist kompliziert, und die Lichtverteilung und -intensität unterscheiden sich zwischen trockener und nasser Straßenoberfläche.

Aufgrund der Komplexität der Straßenbeleuchtung ist es schwer, sie mit einfacher Optik mit regulären Formen zu entwerfen.

Zusammenfassung der Erfindung

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Reflektor für eine Straßenlampe zu schaffen, welcher sowohl eine homogenere Lichtverteilung ermöglicht, als auch mit konventionellen Verfahren herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Reflektor gemäß Anspruch 1.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Reflektor für eine Straßenlampe mit einer Öffnung für ein Leuchtmittel und einer Reflektorfläche, die sich in einer mittleren Abstrahlrichtung von der Öffnung weg erstreckt, ohne Licht des Leuchtmittels entlang der mittleren Abstrahlrichtung umzulenken. Die Reflektorfläche ist in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung in Bänder untergliedert, die entlang von Bandkanten stetig aneinander anschließen. Ferner weisen die Bandkanten zumindest einen Abschnitt auf, der aus aneinander stetig und differenzierbar angefügten Kurvensegmenten in Form von konischen Kurven besteht, wobei der Abschnitt einen ersten Punkt aufweist, in

welchem ein Krümmungsvektor des Abschnitts nach innen zeigt und einen zweiten Punkt aufweist, in welchem der Krümmungsvektor nach außen zeigt.

5 Es ist ein Kerngedanke von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung, dass ein Reflektor geschaffen werden kann, der eine homogene Lichtverteilung ermöglicht und mit konventionellen Methoden herstellbar ist, wenn die Reflektorfläche des Reflektors in Bänder untergliedert ist, die entlang von Bandkanten stetig aneinander anschließen. Die Untergliederung des Reflektors in Bänder bietet eine hohe Anzahl von Freiheitsgraden zur Realisierung des Reflektors. Ferner ermöglicht das stetige Aneinander-Anschließen der
10 Bänder, dass der Reflektor mit konventionellen Mitteln, wie beispielsweise Spritzgussverfahren herstellbar ist.

Ferner ermöglicht die Ausgestaltung des zumindest einen Abschnitts der Bandkanten so, dass in dem ersten Punkt der Krümmungsvektors des Abschnitts nach innen zeigt und in
15 dem zweiten Punkt der Krümmungsvektor nach außen zeigt eine Gestaltung der Reflektorfläche sowohl mit konkaven als auch konvexen Flächen und damit eine hohe Anzahl von Freiheitsgraden bei der Gestaltung der Reflektorfläche.

Es ist somit ein Vorteil von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung, dass ein
20 Reflektor für eine Straßenlampe geschaffen werden kann, welcher sowohl eine homogene Beleuchtung ermöglicht, als auch einfach mit konventionellen Mitteln herstellbar ist.

Gemäß weiterer Ausführungsbeispiele können Kurvensegmente benachbarter Bandkanten einander zugeordnet sein und die Reflektorfläche kann zwischen Anfangspunkten zweier
25 einander zugeordneter Kurvensegmente und zwischen Endpunkten der zwei einander zugeordneten Kurvensegmente jeweils eine Verbindungslinie aufweisen, so dass die zwei einander zugeordneten Kurvensegmente zusammen mit den Verbindungslinien den Umfang einer Reflektorteilfläche bilden. Der Reflektor kann dabei in eine Mehrzahl solcher Reflektorteilflächen unterteilt sein, welche in Abhängigkeit von der Position auf
30 dem Reflektor unterschiedliche Formen und Größen haben können. So kann beispielsweise jede Reflektorteilfläche (auch bezeichnet als patch), Licht in einen vorgegebenen Bereich (beispielsweise gemäß einer DIN-Norm) der Straße reflektieren. Wie bereits erwähnt, können die Bandkanten zumindest einen Abschnitt aufweisen, in dem in einem ersten Punkt ein Krümmungsvektor des Abschnitts nach innen zeigt und in einem zweiten Punkt
35 der Krümmungsvektor des Abschnitts nach außen zeigt. So können beispielsweise ein erstes Kurvensegment einer ersten Bandkante und ein zweites Kurvensegment einer zweiten Bandkante, welche zu der ersten Bandkante in Richtung der mittleren Abstrahl-

- richtung benachbart ist, Krümmungsvektoren aufweisen, die nach innen bezüglich des Reflektors (also in den Reflektor hinein) zeigen. Eine Reflektorteilfläche, die durch dieses erste Kurvensegment und das zweite Kurvensegment begrenzt wird, wölbt sich daher nach außen. Die Reflektorfläche ist also in diesem Bereich der Reflektorteilfläche konkav.
- 5 Ferner können ein drittes Kurvensegment (welches sich beispielsweise stetig und differenzierbar an das erste Kurvensegment anschließt) und ein viertes Kurvensegment (welches sich beispielsweise stetig und differenziert an das zweite Kurvensegment anschließt), welches in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung benachbart zu dem dritten Kurvensegment ist, Krümmungsvektoren aufweisen, die nach außen bezüglich des Reflektors (also
- 10 von dem Reflektor weg) zeigen. Eine zweite, durch das dritte Kurvensegment und das vierte Kurvensegment begrenzte Reflektorfläche kann sich daher zu dem Reflektor hin wölben. Mit anderen Worten kann die Reflektorfläche in diesem Bereich der zweiten Reflektorteilfläche konvex gewölbt sein.
- 15 Mit anderen Worten können benachbarte Reflektorteilflächen (beispielsweise abwechselnd unterschiedliche Krümmungsrichtungen aufweisen.

Die Wahl der unterschiedlichen Krümmungsrichtungen für benachbarte Reflektorteilflächen ermöglicht, dass auch mit einer zunehmenden Anzahl von Reflektorteilflächen

20 Tangenten an Verbindungspunkten zweier Kurvensegmente einer Bandkurve vorbestimmte Mindestwinkeldifferenzen aufweisen können. Diese Mindestwinkeldifferenzen ermöglichen, dass Artefakte, welche durch Bilder eines LED-Clusters (deutsch: LED-Anordnung) als Leuchtmittel entstehen, unterdrückt werden können.

25 In manchen Ausführungsbeispielen kann diese Winkeldifferenz zwischen zwei Tangenten an zwei Kontrollpunkten (beispielsweise Anfangspunkt und Endpunkt) eines Kurvensegments größer als 10 Grad sein.

Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen kann der Reflektor einen Rückreflektor und einen

30 Frontreflektor aufweisen. Der Frontreflektor kann in eine erste Anzahl von Bändern untergliedert sein und der Rückreflektor kann in eine zweite Anzahl von Bändern, welche verschieden (beispielsweise größer) zu der ersten Anzahl von Bändern ist. Beispielsweise können der Frontreflektor und der Rückreflektor jeweils einen Bandbereich aufweisen, in dem sie aus Bändern bestehen. Eine Ausdehnung des Bandbereichs des Rückreflektors in

35 Richtung der mittleren Abstrahlrichtung kann dabei größer als eine Ausdehnung des Bandbereichs des Frontreflektors in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung sein. Durch diese Wahl der unterschiedlichen Ausdehnung der Bandbereiche der beiden Reflektoren,

kann die Effizienz des Reflektors erhöht werden und ferner die gewünschte Raumwinkelverteilung (beispielsweise in Form eines Fledermausflügels) erreicht werden.

Kurze Beschreibung der Figuren

5

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand der beiliegenden Figuren detailliert beschrieben. Es zeigen:

- 10 Fig. 1a eine perspektivische Ansicht eines Reflektors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 1b eine weitere Darstellung der perspektivischen Ansicht aus Fig. 1;
- 15 Fig. 2 eine Darstellung zweier Rückreflektoren einer Anordnung zweier Reflektoren wie in den Fig. 1a und 1b gezeigt.
- Fig. 3 eine Ansicht eines Frontreflektors des in den Fig. 1a und 1b gezeigten Reflektors;
- 20 Fig. 4a eine Draufansicht des in Fig. 1a gezeigten Reflektors;
- Fig. 4b eine weitere Darstellung der in Fig. 4a gezeigten Draufansicht;
- 25 Fig. 5 eine beispielhafte Darstellung eines Leuchtmittels, wie es in einem Reflektor gemäß eines Ausführungsbeispiels Verwendung finden kann;
- Fig. 6 eine Freiformfläche, wie sie zur Modellierung der Reflektorfläche des in Fig. 1a gezeigten Reflektors verwendet werden kann;
- 30 Fig. 7a eine schematische Darstellung eines Beleuchtungssystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und
- Fig. 7b Beleuchtungsmuster, wie sie in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen von dem Beleuchtungssystem aus Fig. 7a erzeugt werden können.

35

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung

Bevor im Folgenden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Figuren detailliert beschrieben werden, wird darauf hingewiesen, dass gleiche Elemente oder Elemente gleicher Funktion mit denselben Bezugszeichen versehen sind und dass auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird. Beschreibungen von Elementen mit denselben Bezugszeichen sind untereinander austauschbar.

Im Folgenden wird ein Reflektor 100 gemäß eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung anhand der Figuren 1a bis 4b detailliert beschrieben.

Der Reflektor 100 weist eine Öffnung 101 für ein Leuchtmittel 3 auf. Das Leuchtmittel 3 ist in den Fig. 1b, 3 und 4b symbolisch mit einer kreisrunden Fläche dargestellt. Beispielsweise kann das Leuchtmittel 3 ein sogenanntes LED-Cluster sein, welches eine Mehrzahl von LEDs aufweist. Eine Grundfläche des LED-Clusters 3 kann dabei beliebig gewählt sein, und muss nicht zwangsläufig, wie in den Figuren gezeigt, kreisrund sein.

Ferner weist das Leuchtmittel 100 eine Reflektorfläche 103 auf. Die Reflektorfläche 103 befindet sich dabei im Inneren des Reflektors 100 und dient dazu, um von dem Leuchtmittel 3 emittiertes Licht zu reflektieren, um eine vorgegebene Lichtverteilung für die Straßenlampe zu erzeugen.

In den Fig. 1a, 2 und 4a ist der Reflektor 100 in einem dreidimensionalen X-Y-Z-Koordinatensystem angeordnet. Das X-Y-Z-Koordinatensystem weist eine X-Achse, eine Y-Achse und eine Z-Achse auf, die jeweils senkrecht zueinander stehen und damit die Richtungen des Raumes bilden.

Die Reflektorfläche 103 erstreckt sich in einer mittleren Abstrahlrichtung 105 von der Öffnung 101 weg, ohne Licht des Leuchtmittels 3 entlang der mittleren Abstrahlrichtung 105 umzulenken. In dem in Fig. 1a gezeigten Ausführungsbeispiel verläuft die mittlere Abstrahlrichtung 105 entlang der Z-Achse und bildet damit eine Normale einer durch die X-Achse und die Y-Achse aufgespannten X-Y-Ebene.

Wie erwähnt, lenkt die Reflektorfläche 103 Licht des Leuchtmittels 3 entlang der mittleren Abstrahlrichtung 105 nicht um. Mit anderen Worten, trifft Licht, welches von dem Leuchtmittel 3 in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105 emittiert wird, nicht auf die Reflektorfläche 103 und wird damit nicht umgelenkt, sondern trifft direkt auf einen zu

beleuchtenden Bereich (wie beispielsweise eine Straße). Mit anderen Worten weist der Reflektor 100 keine so genannte Brückenstruktur zwischen der Öffnung 100 (für das Leuchtmittel 3) und einer Lichtaustrittsöffnung 107 des Reflektors 100 auf.

- 5 Ferner ist die Reflektorfläche 103 in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105 in Bänder 109a bis 109g und 111a bis 111d untergliedert, die entlang von Bandkanten stetig (ohne Sprung) und (optional) nicht differenzierbar aneinander anschließen. Jedes Band 109a bis 109g, 111a bis 111d kann dabei eine erste Bandkante, beispielsweise eine obere Bandkante, und eine zweite Bandkante, beispielsweise eine untere Bandkante, aufweisen,
10 welche das Band 109a bis 109g, 111a bis 111d (zumindest in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105) begrenzen.

Die Bandkanten weisen zumindest einen Abschnitt auf, der aus aneinander stetig und differenzierbar angefügten Kurvensegmenten in Form von konischen Kurven besteht, wobei
15 der Abschnitt einen ersten Punkt aufweist, an welchem ein Krümmungsvektor des Abschnitts nach innen zeigt und einen zweiten Punkt aufweist, an welchem der Krümmungsvektor nach außen zeigt. Beispielsweise weist eine der Bandkanten des Reflektors einen solchen Abschnitt auf oder eine Mehrzahl von Bandkanten des Reflektors.

- 20 So weist beispielsweise eine erste Bandkante 113a eines Bandes 109c, welche gleichzeitig eine zweite Bandkante eines Bandes 109b des Reflektors 100 ist, ein erstes Kurvensegment 115a in Form einer ersten konischen Kurve und ein zweites Kurvensegment 115b in Form einer zweiten konischen Kurve auf. Das erste Kurvensegment 115a und das zweite Kurvensegment 115b gehen stetig und differenzierbar ineinander über. Ein Krümmungs-
25 vektor des ersten Kurvensegments 115a zeigt dabei nach innen (also in dem Reflektor 100 hinein), während ein Krümmungsvektor des zweiten Kurvensegments 115b nach außen zeigt (also von dem Reflektor 100 weg). Das erste Kurvensegment 115a wölbt sich daher nach außen bezüglich des Reflektors 100, ist also konkav gewölbt, und das zweite Kurvensegment 115b wölbt sich nach innen bezüglich des Reflektors 100 und ist daher
30 konvex gewölbt.

Ferner können Kurvensegmente benachbarter Bandkanten zueinander zugeordnet sein und die Reflektorfläche 103 kann zwischen Anfangspunkten zweier einander zugeordneter Kurvensegmente und zwischen Endpunkten zweier einander zugeordneter Kurvensegmente
35 jeweils eine Verbindungslinie aufweisen, so dass zwei einander zugeordnete Kurvensegmente zusammen mit den Verbindungslinien zwischen ihren Anfangspunkten und Endpunkten den Umfang von Reflektorteilflächen (auch bezeichnet als Patches) bilden.

Mit anderen Worten kann die Reflektorfläche 103 in solche Reflektorteilflächen eingeteilt sein, deren Wölbungen über die Anfangspunkte und Endpunkte der sie begrenzenden Kurvensegmente eingestellt werden können. Solche Reflektorteilflächen sind beispielsweise mit dem Bezugszeichen 51, 52, 53 und 54 bezeichnet und in Fig. 2 dargestellt. So wird
5 beispielsweise die Reflektorteilfläche 53 von einer ersten Bandkante 113b eines Bandes 109d sowie einer zweiten Bandkante 113c des Bandes 109d und zwei Verbindungslinien 116a, 116b von der ersten Bandkante 113b des Bandes 109d zu der zweiten Bandkante 113c des Bandes 109d aufgespannt.

10 Die Verbindungslinien zwischen den Anfangspunkten bzw. Endpunkten der einzelnen Kurvensegmente der Bänder 109a bis 109g, 111a bis 111d können Geraden sein.

Benachbarte Abschnitte einer Bandkante können sich entweder in einer Knickkante der Reflektorfläche 103 treffen oder an einer Außenfläche der Reflektorfläche 103 enden.

15

Eine solche Knickkante 117 ist in Fig. 1a gezeigt. An dieser Knickkante 117 trifft sich ein erster Abschnitt der Bandkante 113c mit einem dazu benachbarten zweiten Abschnitt der Bandkante 113c. Diese Knickkante 117 kann beispielsweise in einer Symmetrie-Ebene des Reflektors 100 liegen. Bei dem Reflektor 100 liegt die Knickkante 117 in einer durch die
20 Y- und die Z-Achse aufgespannten Y-Z-Ebene bei $X=0$, welche eine Symmetrie-Ebene des Reflektors 100 bildet. So kann der Reflektor 100 beispielsweise einen Frontreflektor 31 und einen Rückreflektor 32 aufweisen, wobei sowohl der Frontreflektor 31 als auch der Rückreflektor 32 jeweils symmetrisch zu der Y-Z-Ebene bei $X=0$ sind.

25 So kann beispielsweise der Frontreflektor 31 ein erstes Teilmodul 31a und ein zweites Teilmodul 31b aufweisen, welche bezüglich der Y-Z-Ebene bei $X=0$ symmetrisch zueinander sind.

30 Ferner kann der Rückreflektor 32 ein erstes Teilmodul 32a und ein zweites Teilmodul 32b aufweisen, welche bezüglich der Y-Z-Ebene bei $X=0$ zueinander symmetrisch sind.

Benachbarte Abschnitte einer Bandkante, welche sich an einer Knickkante 117 des Reflektors 100 treffen, können dabei zu unterschiedlichen Teilmodulen gehören. So kann beispielsweise der erste Abschnitt der Bandkante 113c zu dem ersten Teilmodul 32a des
35 Rückreflektors 32 gehören und der zu dem ersten Abschnitt benachbarte zweite Abschnitt der Bandkante 113c kann zu dem zweiten Teilmodul 32b des Rückreflektors 32 gehören.

Der Frontreflektor 31 und der Rückreflektor 32 können eine gemeinsame Grenzfläche aufweisen, welche in einer Grenzebene liegt. In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel wird diese Grenzebene durch eine X-Z-Ebene bei $Y=0$ gebildet.

5 Weiterhin kann der Frontreflektor 31 in eine erste Anzahl von Bändern 111a bis 111d untergliedert sein und der Rückreflektor 32 in eine zweite Anzahl von Bändern 109a bis 109g untergliedert sein, welche verschieden zu der ersten Anzahl von Bändern 111a bis 111d ist.

10 In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel ist der Frontreflektor 31 in vier Bänder 111a bis 111d untergliedert und der Rückreflektor 32 ist in sieben Bänder 109a bis 109g untergliedert.

Durch die unterschiedlich starke Untergliederung des Frontreflektors 31 und des Rückreflektors 32 lässt sich erreichen, dass mehr Licht nach vorne (zur Straße hin) reflektiert wird, als nach hinten (zum Straßenrand bzw. Fußgängerweg hin).

Die Bandkanten 109a bis 109g, 111a bis 111d können jeweils in zueinander parallelen Bandkantenebenen angeordnet sein. Die mittlere Abstrahlrichtung 105 kann dabei eine
20 Normale dieser zueinander parallelen Bandkantenebenen bilden. In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel werden die Bandkantenebenen durch die X-Achse und die Y-Achse aufgespannt und sind in der Z-Richtung, also entlang der Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105, voneinander beabstandet. Die X-Y-Ebenen, in denen die Bandkanten verlaufen, sind damit senkrecht zu der Symmetrieebene des Reflektors 100 und der
25 Grenzebene, in der die Grenzfläche des Frontreflektors 31 und des Rückreflektors 32 liegt.

Abstände zweier in Richtung der Abstrahlrichtung 105 aufeinander folgender Bandkanten sind daher in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105 konstant. Mit anderen Worten sind die Höhen der einzelnen Bänder 109a bis 109g, 111a bis 111d jeweils konstant.

30 Ferner kann auch die Öffnung 101 in einer zu den Bandkantenebenen parallelen X-Y-Ebene oder in einer Bandkantenebene selber liegen (beispielsweise bei $Z=0$).

Ferner können Bandkantenabstände der Bänder 109a bis 109g, 111a bis 111d mit zunehmender Entfernung zur Öffnung 101 (mit steigendem Z) zunehmen. Mit anderen Worten kann ein erster Abstand zwischen zwei Bandkanten eines ersten Bandes (beispielsweise des Bandes 109a) kleiner sein als ein zweiter Abstand zwischen zwei Bandkanten eines
35

zweiten Bandes (beispielsweise des Bandes 109e), welches in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105 nach dem ersten Band 109a angeordnet ist.

Der Reflektor 100 kann zusammen mit dem Leuchtmittel 3 ein Beleuchtungssystem oder
5 eine Lichtquelle bilden und die mittlere Abstrahlrichtung 105 kann beispielsweise eine mittlere Abstrahlung des Leuchtmittels 3 sein (beispielsweise gemittelt über die Winkelverteilung des Leuchtmittels 3).

Benachbarte Bänder können stetig aber nicht differenzierbar aneinander anschließen. Mit
10 anderen Worten kann der Reflektor 100 zwischen benachbarten Bändern Knickstellen aufweisen.

Eine Ausdehnung des Reflektors 100 in X-Richtung, also entlang einer Schnittgraden der
15 Grenzebene und der einer Bandkantenebenen kann mindestens 3,5 mal so groß wie eine Ausdehnung des Leuchtmittels 3 entlang dieser Schnittgrade gewählt sein.

Ferner kann der Frontreflektor 31 einen Bandbereich aufweisen, in dem er nur aus Bändern
111a bis 111d besteht und der Rückreflektor 32 kann einen Bandbereich aufweisen, in dem
20 der Rückreflektor 32 nur aus den Bändern 109a bis 109g besteht. Eine Ausdehnung des Bandbereichs des Rückreflektors 32 in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105 (also entlang der Z-Achse) ist größer als eine Ausdehnung des Bandbereichs des Frontreflektors 31 in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105. Wie bereits erläutert, kann dies dazu dienen, um die gewünschte Abstrahlcharakteristik des Reflektors 100 in Verbindung mit dem Leuchtmittel 3 zu erreichen, das heißt, dass mehr Licht auf die Straße reflektiert wird,
25 als zum Straßenrand hin (wie beispielsweise zum Fußweg).

Der Frontreflektor 31 kann stattdessen eine plane Reflektorplatte 33 aufweisen, welche
sich an dem Bandbereich des Frontreflektors 31 anschließt und sich von dem Bandbereich
des Frontreflektors 31 in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105 erstreckt.

30

Im Folgenden wird der Reflektor 100 noch detaillierter beschrieben.

Der Reflektor 100 weist zwei verschiedene Reflektoren, den Frontreflektor 31 und den
Rückreflektor 32 auf. Der Frontreflektor 31 wird in einer Anwendung zur Mitte der Straße
35 gerichtet, welche vor der Lampe ist. Der Rückreflektor 32 wird im Gegensatz zu dem Frontreflektor 31 hin zu einem Fußgängerweg oder Straßenrand hinter der Lampe orientiert. Der Reflektor 100 (und damit auch der Frontreflektor 31 und der Rückreflektor 32)

sind spiegelsymmetrisch in Bezug auf die Y-Z-Ebene bei $X=0$. Der Reflektor 100 weist eine Anzahl von Bändern 109a bis 109g, 111a bis 111d auf, sowie mechanische Komponenten 36 zur Befestigung und zum Abformprozess. Ferner weist der Reflektor 100 Oberflächen zum Blockieren ungewollter Lichtpfade auf. Eine solche Oberfläche ist die Reflektorplatte 33.

Ein Band 109a bis 109g, 111a bis 111d des Reflektors 100 ist eine optisch aktive Oberfläche des Reflektors 100, welche sich von Z_{min} zu Z_{max} erstreckt.

Ein Band 109a bis 109g, 111a bis 111d kann eine Regelfläche (auch bezeichnet im Englischen als ruled surface) sein, die durch Variieren (sweeping) eines Geradensegments (beispielsweise der Verbindungslinien 116a, 116b) gebildet wird, dessen Endpunkte sich entlang verschiedener Bahnen (beispielsweise entlang der Bandkanten) bewegen, die Kurven sind, die jeweils in verschiedenen XY-Ebenen mit Kontrollpunkten (beispielsweise Anfangs- und Endpunkte von Kurvensegmenten) definiert sind. Ein Kurvensegment zwischen zwei Kontrollpunkten ist mit einer konischen Kurve definiert, deren Tangenten an Kontrollpunkten mit denen eines benachbarten Kurvensegments zusammentreffen, wodurch die gesamte Kurve gleichmäßig (stetig und differenzierbar) verläuft. Fig. 6 zeigt dazu eine solche Freiform, die eine solche Regelfläche ist, die durch Variieren eines Geradensegments 11a, 11b gebildet wird, dessen Endpunkte sich entlang verschiedener Bahnen bewegen, die Kurven 12a, 12b, 12c sind, die jeweils in verschiedenen XY-Ebenen mit Kontrollpunkten 10 definiert sind. Ein maximaler Absolutwert des Spitzenwinkels 13 von der X-Achse zur Kurventangente beträgt in dem Beispiel in Fig. 6 75 Grad, was gewährleistet, dass die entworfene Optik anhand eines Polymer-Spritzgießens hergestellt werden kann. Wie bereits erwähnt, nutzen zwei benachbarte Bänder (und auch zwei benachbarte Patches) eine selbe Bahnkurve oder Bandkante 12b gemeinsam. Vorteile einer Verwendung eines derartigen Freiform-Stücks sind, dass Spritzgießfehler, wie beispielsweise Formungsfehler an scharfen Verbindungen oder Kanten der entwickelten Oberfläche, welche durch Herstellungsgrenzen erzeugt wurden, vermieden werden können und dass eine größere Flexibilität für ein kompliziertes Formdesign ermöglicht wird.

Mit anderen Worten kann ein spitzer Winkel zwischen einer Kurventangente an einem Anfangspunkt oder einem Endpunkt eines Kurvensegments eines Bandes und der X-Achse oder der Grenzebene maximal 75 Grad betragen. Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen kann dies für alle Anfangs- und Endpunkte der Kurvensegmente eines Abschnitts eines Bandes gelten.

Ein Band wird bestimmt durch zwei Kurven (Bandkurven), welche ihrerseits aus Abschnitten bestehen können, die aus aneinander angefügten konischen Kurven bestehen. Jede Bandkurve wird bestimmt durch eine Serie von Kontrollpunkten (beispielsweise Anfangs- und Endpunkte von aneinander angefügten Kurvensegmenten in Form konischer Kurven).

5

Ein Tangentenparameter an Kontrollpunkten kann derart eingestellt, dass ein durch jedes Paar entsprechender Kurvensegmente gebildetes Oberflächensegment (wie beispielsweise eine Reflektorteilfläche) Licht reflektiert, was Artefakte von den Bildern der einzelnen LEDs vermeidet. Die relativen Positionen zweier entsprechender Kurvensegmente werden derart eingestellt, dass die gebildeten Oberflächensegmente (oder Reflektorteilflächen) Licht in den Beleuchtungsbereich und so weit wie möglich weg von der LED-Mittellinie 2 (bzw. von der mittleren Abstrahlrichtung 105) wegreflektieren. Eine Optimierung des Reflektors 100 erfolgt durch ein Variieren der Parameter von Tangenten und Positionen von Kontrollpunkten.

10

15

Der Reflektor 100 weist eine Mehrzahl von Reflektorteilflächen oder Patches (beispielsweise die Reflektorteilflächen 51, 52, 53, 54) auf.

20

Benachbarte Bänder teilen eine gemeinsame Bandkurve und zeigen ein kontinuierliches aber nicht glattes Profil. Beispielsweise können benachbarte Bänder zwar stetig (ohne Sprung) aber nicht differenzierbar (aufgrund von Kanten) ineinander übergehen,

25

Eine Reflektorteilfläche oder ein Patch ist der Teil eines Bandes, welches von benachbarten Kontrollpunkten aufgespannt wird (beispielsweise von einem Start- und einem Endpunkt einer oberen Bandkurve des Bandes und einem Start- und einem Endpunkt einer unteren Bandkurve des Bandes).

30

Die Kontrollpunkte (also beispielsweise die Start- und Endpunkte der Kurvensegmente) haben als Parameter X-Y-Z-Positionen in dem X-Y-Z-Koordinatensystem des Reflektors 100 und eine Tangentenrichtung (in der XY-Ebene) an den Kontrollpunkten. Ein Kurvensegment, welches zwei benachbarte Kontrollpunkte in einer Reihe von Kontrollpunkten verbindet, ist wie folgt definiert.

35

Die Funktion, die benutzt wird, um ein Kurvensegment zwischen zwei Kontrollpunkten $p_1(x_1, y_1)$ und $p_2(x_2, y_2)$, mit $|x_2| > |x_1|$ ist:

$$x = x' * \cos(\theta_{T_o}) - y' * \sin(\theta_{T_o}) + x_o$$

$$y = y' * \cos(\theta_{T_o}) + x' * \sin(\theta_{T_o}) + y_o$$

wobei

5

$$y' = \frac{Cx'^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)C^2 x'^2}},$$

wobei

$$10 \quad C = \frac{y_e * \tan(\theta_{T_e} - \theta_{T_o})}{\tan(\theta_{T_e} - \theta_{T_o}) * x_e^2 - x_e * y_e},$$

$$K = \frac{\tan(\theta_{T_e} - \theta_{T_o})^2 - C^2 * x_e^2}{\tan(\theta_{T_e} - \theta_{T_o})^2 * C^2 * x_e^2} - 1,$$

wobei

15

$$x_e' = (x_e - x_o) * \cos(\theta_{T_o}) + (y_e - y_o) * \sin(\theta_{T_o}),$$

$$y_e' = (y_e - y_o) * \cos(\theta_{T_o}) - (x_e - x_o) * \sin(\theta_{T_o}).$$

20 K ist der konische Parameter.

Bei diesen Formeln gilt:

$$x_o = x_1, y_o = y_1, \theta_{T_o} = \theta_{T_1}, x_e = x_2, y_e = y_2, \theta_{T_e} = \theta_{T_2}, \quad \text{wobei } (\theta_{12} - \theta_{T_1}) \geq (\theta_{T_2} - \theta_{12})$$

25

$$x_o = x_2, y_o = y_2, \theta_{T_o} = \theta_{T_2}, x_e = x_1, y_e = y_1, \theta_{T_e} = \theta_{T_1}, \quad \text{wobei } (\theta_{12} - \theta_{T_1}) < (\theta_{T_2} - \theta_{12})$$

wobei θ_{T_1} und θ_{T_2} Winkel 13 von Kurventangenten an den Kontrollpunkten p1 und p2 sind und θ_{12} ist der spitze Winkel 14 zwischen der X-Achse und der Verbindungslinie

30 zwischen diesen beiden Kontrollpunkten.

Diese Funktion kann in Form einer Bezier-Kurve geschrieben werden:

$$P_{x,y}(t) = \frac{(1-t)^2 P_0 + 2t(1-t)w_1 P_1 + t^2 P_2}{(1-t)^2 + 2t(1-t)w_1 + t^2}, \quad \begin{cases} 0,5 < t < 1, & |x_e| > |x_o| \\ 0 < t < 0,5, & |x_e| < |x_o| \end{cases}$$

wobei P_0 , P_1 , P_2 und w_1 definierte Faktoren zur Reproduktion der konischen Kurve sind. Wenn zwei Kurvensegmente $P1_{x,y,z}(t)$ und $P2_{x,y}(t)$ verschiedener Bahnkurven definiert sind, dann können Punkte auf der Oberfläche, welche durch diese zwei Kurvensegmente
5 bestimmt werden, wie folgt berechnet werden:

$$P_{x,y,z}(t,u) = (1-u) * P1_{x,y}(t) + u * P2_{x,y}(t), \quad 0 < u < 1$$

Eine Mitte des Leuchtmittels 3 (beispielsweise in Form einer Anordnung von LEDs, so
10 genanntes LED-Cluster) ist im Ursprung des X-Y-Z-Koordinatensystems des Modulentwicklungsraums angeordnet und LED-Mittellinien 2 (wie sie beispielsweise in Fig. 5 in Verbindung mit einem Leuchtmittel 1 gezeigt sind) sind parallel zur Z-Achse. Die LED
Mittellinien können daher identisch mit der mittleren Abstrahlrichtung 105 sein. Der Reflektor selber bzw. das Modul ist im +Z-Bereich entworfen.

15

Der Reflektor 100 ist reflexionssymmetrisch und die Symmetrie-Ebene ist die YZ-Ebene bei $X=0$. Da der Reflektor 100 symmetrisch ist, kann sich der Entwurf nur auf eine Hälfte
des Reflektors beschränken (beispielsweise auf das erste Teilmodul 31a des Frontreflektors 31 und das erste Teilmodul 32a des Rückreflektors 32). Der Reflektor 100 ist untergliedert
20 in verschiedene Bänder, deren Bandkurven in XY-Ebenen verlaufen. Die Reflexionsoberfläche jedes Bandes ist eine Regelfläche (so genannte ruled surface). Eine Reflektorteilfläche
in einem Band ist ein Oberflächensegment einer stetigen Regelfläche, daher bestehen keine offensichtlichen Grenzen zwischen zwei (benachbarten) Reflektorteilflächen eines
Bandes.

25

Der Reflektor 100 weist ferner die folgenden Strukturen auf:

Gebogene Bandenden: Der Teil 21 jedes Bandes, welcher sich an eine (Außen-)Kante des
Reflektors 100 anschließt ist in Richtung der XZ-Ebene bei $Y=0$ (also in Richtung der
30 Grenzebene zwischen dem Frontreflektor 31 und dem Rückreflektor 32) gebogen, um Licht 41 daran zu hindern auf die Reflexionsoberfläche eines benachbarten Reflektors (in
einer Anordnung mehrerer Reflektoren, wie beispielsweise in Fig. 2 gezeigt) zu treffen, welches anderenfalls zu Streulicht 42 führen würde. Ein Vorteil dieser gebogenen Banden-
den ist, dass Licht 43 reflektiert wird, um das gewünschte Beleuchtungsmuster (sogenanntes
35 Illumination Pattern) zu erreichen. Die Reflektorteilflächen, welche an Reflektorteilflächen
eines benachbarten Reflektors anschließen, haben die zusätzliche Funktion, Licht zu
blockieren, welches von der Lichtquelle emittiert wird und um mehr als 80 Grad von der

Mittenlinie 2 oder der mittleren Abstrahlrichtung 105 weggelenkt wird und anderenfalls einen Beobachter auf der Straße blenden würde.

5 Durch Einschränkungsebenen begrenzte Reflektorfläche 103: Die Reflektorteilflächen sind durch Bodenoberflächen 23, 24 begrenzt. Eine Bodenoberfläche 23 liegt in einer Begrenzungsebene 25, welche sich zwischen einer +Y-Kante des Leuchtmittels 3 und einer -Y-Kante des Beleuchtungsbereichs erstreckt. Eine Bodenoberfläche 24 liegt in einer Begrenzungsebene 26 welche sich von einer -Y-Kante des Leuchtmittels 3 zu einer +Y-Kante des Beleuchtungsbereichs erstreckt. Die Kanten des Leuchtmittels 3 bzw. die Clusterränder
10 und die Kanten des Beleuchtungsbereichs bzw. die Beleuchtungsbereichsränder sind parallel zur X-Achse. Auf diese Weise wird das gesamte Licht, das aus Quellen emittiert und aus dem Beleuchtungsbereich herausgelenkt wird, gesammelt, und ferner wird die Möglichkeit, dass Licht von anderen Clustern (von anderen Leuchtmitteln 3), die nicht mit dem Reflektor 100 kombiniert sind (beispielsweise mit einem benachbarten Reflektor
15 100), auf die Reflexionsoberfläche des Reflektors 100 trifft, weiter verringert.

Im Folgenden werden der Entwurfsprozess und das Prinzip der Herausbildung der einzelnen Reflektorteilflächen beschrieben.

20 Die Bänder, welche am nächsten zu einer LED-Cluster-Befestigungsebene (beispielsweise in Form einer Leiterplatte, Englisch: PCB-printed circuit board) angeordnet sind werden zuerst entworfen. Mit anderen Worten, die Bänder, welche die geringste Z-Komponente aufweisen, beispielsweise welche sich am nächsten zu der Öffnung 101 befinden, werden zuerst entworfen. Für jedes der zuerst entworfenen Bänder startet der Entwurf mit einem
25 vorgegebenen Kontrollpunkt (Startpunkt), welcher auf der Y-Achse liegt und nahe zu dem LED-Cluster 3 ist. Danach wird der Rest der Kontrollpunkte in einer geordneten Reihenfolge gesetzt.

Der Rest der Bänder (oder Reflektorbänder) wird auch in einer geordneten Reihenfolge
30 definiert und teilt sich eine Reihe von Kontrollpunkten mit einem vorherigen Band. Gemäß der Definition für die Bänder bestehen keine Profil-Diskontinuitäten (also keine Sprünge) und jedes Band hat eine stetige (beispielsweise glatte) Oberfläche.

Die Reflektorteilflächen können wie folgt codiert werden: Das erste entworfene Band ist
35 B1, die erste Reflektorteilfläche in dem B1-Band des Frontreflektors 31, welche den vorgegebenen Kontrollpunkt bei $X=0$, $Y=10$, $Z=0$ hat, ist F.B1.Pch1; die erste Reflektorteilfläche in dem B1-Band des Rückreflektors 32, welche den vorgegebenen Kontrollpunkt

bei $X=0$, $Y=-10$, $Z=0$ hat, ist B.B1.Pch1 (in Fig. 2 auch mit dem Bezugszeichen 51 versehen); das nächste Band ist B2 usw. Die Reflektorteilfläche in dem B2-Band, welche dasselbe Bandkantenkurvensegment mit B1.Pch1 teilt, ist B2.Pch1, wie z. B. B.B2.Pch1 in Fig. 2 (auch mit dem Bezugszeichen 52 versehen). Die Reflektorteilfläche, welche in positiver X-Achsenrichtung auf Pch1 folgt, ist Pch2 usw. Die Reflektorteilfläche, welche in negativer X-Achsenrichtung auf Pch1 folgt, ist Pch-1 usw. Zusätzlich sind auch noch die Reflektorteilflächen B.B4.Pch-2 (auch mit Bezugszeichen 53 versehen) und B.B4.Pch4 (auch mit Bezugszeichen 54 versehen) in Fig. 2 gezeigt. Zu Beginn des Entwurfs wird nun die Anzahl der Kontrollpunkte und Bänder minimiert, um die Simulation schnell zu halten. Zusätzlich wird auch die X-Ausdehnung des Reflektors 100 auf einen minimalen Wert gesetzt.

Die Parameter für die Kontrollpunkte für die Grundeinstellung sind wie folgt:

Jede Reflektorteilfläche reflektiert Licht zu einem vorbestimmten Bereich auf der Straße gemäß der DIN-Spezifikation. Die Krümmungen der Reflektorteilflächen sind so gewählt, um Artefakte, die durch die einzelnen Bilder der einzelnen LEDs entstehen, zu vermeiden.

Zusätzlich sind die Ausrichtungen der Reflektorteilflächen so gewählt, dass Doppelreflexion verhindert wird und das Licht so weit wie möglich von einer Position der Straßenlampe hinweggelenkt wird.

Eine zusätzliche Regel, welche bei dem Entwurfsprozess angewendet wird, ist:

Um durch den LED-Cluster erzeugt Artefakte zu vermeiden, wird ein Winkel zwischen zwei Tangenten an zwei Kontrollpunkten eines Kurvensegments (beispielsweise zwischen einem Anfangspunkt und einem Endpunkt des Kurvensegments) größer als 10° gewählt. Je näher die Reflektorteilfläche an der YZ-Ebene bei $X=0$ ist (also je näher die Reflektorteilfläche an der Symmetrieebene ist), umso größer wird diese Winkeldifferenz gewählt. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der maximale Wert dieser minimalen Differenz 15° betragen. Mit anderen Worten kann eine erste Tangente eines Kurvensegments an einem Anfangspunkt des Kurvensegments mindestens um einen Winkel von 10° von einer zweiten Tangente des Kurvensegments an einem Endpunkt des Kurvensegments abweichen und mit einem kleiner werdenden Abstand zur Symmetrieebene kann dieser Winkel zunehmen. Dies kann gemäß weiteren Ausführungsbeispielen für alle Abschnitte von Bandkurven der Teilmodule 31a, 31b des Frontreflektors 31 sowie der Teilmodule 32a, 32b des Rückreflektors 32 zutreffen.

Mit anderen Worten kann für jedes Kurvensegment einer Bandkurve eine erste Tangente dieses Kurvensegments an einem Anfangspunkt des Kurvensegments mindestens um einen Winkel von 10° von einer zweiten Tangente des Kurvensegments an einem Endpunkt des Kurvensegments abweichen.

5

Um die gewünschte Helligkeitsverteilung zu erreichen, wird eine Optimierung ausgeführt, um die Anzahl und die Höhe der Bänder sowie die X-Ausdehnung des Reflektors 100 zu bestimmen.

10

Je größer die X-Ausdehnung ist, desto besser kann Streulicht mit dem Reflektor 100 kontrolliert werden. So wird beispielsweise die Steuerung von Doppel- oder Multi-Reflexion in dem Reflektor 100 einfacher und Licht kann weiter weg von der LED-Mittellinie 2 reflektiert werden. Dies führt dazu, dass die Lichtausbeutungseffizienz verbessert wird.

15

Jedoch führt ein größerer Reflektor 100 auch zwangsläufig zu einer größeren Lampe, was von einem Hersteller typischerweise nicht erwünscht ist. Daher muss ein guter Kompromiss zwischen Ausdehnung des Reflektors und optischem Verhalten gefunden werden.

20

Die Z-Ausdehnung des Rückreflektors 32 wird durch die X-Ausdehnung des Reflektors 100 sowie die Beschränkungsebene 25 beeinflusst.

Die Z-Dimension des Frontreflektors 31 wird so gewählt, dass die Lichtausbeutungseffizienz maximiert wird. Wenn die Z-Dimension zu groß gewählt wird, werden bestimmte Lichtpfade geblockt, was zu Streulicht führt und die Effizienz verringert. Wenn die Z-Dimension zu klein gewählt ist, wird zu wenig Licht von dem Reflektor 100 reflektiert, um die gewünschte Helligkeitsverteilung bzw. die gewünschte Beleuchtungsverteilung zu erreichen und mehr Licht wird von der Reflektorplatte oder Reflektoroberfläche 33 reflektiert und erreicht den Straßenbereich nicht.

30

Je geringer die Höhe ist, desto kleiner ist das Beleuchtungsmuster einer einzelnen Reflektorteilfläche, was zu einer höheren Flexibilität bei dem Entwurf des Beleuchtungsmusters führt. Anderenfalls führt eine steigende Anzahl von Reflektorteilflächen oder Patches dazu, dass eine Simulation für den Reflektor langsamer wird.

35

Die Höhen der Bänder sind so gewählt, dass je näher ein Band an der Leiterplatte ist, auf der das Leuchtmittel 3 angeordnet ist, desto geringer ist dessen Höhe.

5 Mit anderen Worten nimmt mit in Richtung der Abstrahlrichtung 105 zunehmendem Abstand von der Öffnung 101 eine Höhe der Bänder (beispielsweise in Richtung der Abstrahlrichtung 105) zu.

Im Folgenden werden beispielhafte Werte für die Abmessungen des Reflektors 100 angegeben.

10

Eine X-Ausdehnung des Reflektors 100 ohne die zusätzlichen mechanischen Bauteile 36 kann auf 80 mm festgelegt werden. Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann die X-Ausdehnung des Reflektors 100 so gewählt werden, dass sie 3,5-mal größer ist, als die X-Ausdehnung des LED-Clusters 3.

15

Die Höhen der Bänder des Frontreflektors 31 von F.B1 zu F.B4 können 2, 4, 7 und 8 mm betragen. Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann der Frontreflektor 31 mindestens drei Bänder aufweisen.

20

Bei einem ersten Rückreflektor 32 (beispielsweise für einen sogenannten Nass-Reflektor 100) können die Höhen der Bänder von B.B1 zu B.B7 2, 4, 5, 6, 6, 6 und 11 mm betragen.

Bei einem zweiten Rückreflektor 32 (beispielsweise für einen sogenannten Trocken-Reflektor 100) können die Höhen der Bänder von B.B1 zu B. B7 2, 4, 5, 6, 7, 8 und 8 mm betragen

25

Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann der Frontreflektor 31 mindestens fünf Bänder aufweisen.

30

Die angegebenen Höhenwerte sind hierbei in Z-Achsenrichtung, also in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung 105 gemessen.

Als nächster Optimierungsschritt können die Anzahl der Reflektorteilflächen in einem Band und die X-Positionen der Kontrollpunkte bestimmt werden.

35

Wenn z. B. die Kurvensegmente in Form von Kreissegmenten gewählt werden (die konische Konstante K zu 0 gesetzt wird), dann ist die Y-Position des zweiten Kontroll-

punkts ein berechneter Wert. Damit sind abgesehen von den Start-Kontrollpunkten der Reflektorteilfläche(n) Pch1, die Y-Positionen der Kontrollpunkte keine Variablen.

5 Zusätzlich können in diesem Schritt die Y-Positionen der Start-Kontrollpunkte des Bandes optimiert werden.

10 Je größer die Anzahl der Reflektorteilflächen ist, desto flexibler kann die gewünschte Reflektorform geschaffen werden und umso flexibler kann das Beleuchtungsmuster eingestellt werden. Jedoch kann mit einer zunehmenden Anzahl von Reflektorteilflächen die Geschwindigkeit für die Simulation langsamer werden.

15 Ein guter Kompromiss für eine minimale Anzahl von Reflektorteilflächen ist 10 Reflektorteilflächen pro Band (von Pch-3 zu Pch7). Ferner wurde herausgefunden, dass je näher die Reflektorteilfläche an dem LED-Cluster ist, desto kleiner sollte die Größe der Reflektorteilfläche sein.

20 In einigen Ausführungsbeispielen können X-Intervalle von Kontrollpunkten der Reflektorflächen von Pch1 zu Pch3 kleiner als 3 mm sein und von B.Pch-1 zu B.Pch-7 und von S.Pch-1 zu S.Pch-6 weniger als 2 mm betragen.

25 Um die im vorherigen beschriebenen minimalen Winkelunterschiede zwischen den Tangenten einhalten und um die vorgegebene Reflektorstruktur formen zu können, können, mit zunehmender Anzahl von Reflektorteilflächen die Reflektorteilflächen wechselweise konvexe und konkave Formen aufweisen. Mit anderen Worten können sich Kurvensegmente mit Krümmungsvektoren, die nach innen zeigen und Kurvensegmente mit Krümmungsvektoren, die nach außen zeigen, abwechseln.

30 Unter Beachtung, dass Licht, welches von einer Reflektorteilfläche reflektiert wird, nicht von einem anderen Teil des Reflektors 100 geblockt oder umgelenkt werden soll und direkt auf den zu beleuchtenden Untergrund (beispielsweise die Straße) treffen soll und unter Beachtung spezieller Funktionen der einzelnen Reflektorteilflächen können die Reflektorteilflächen verschiedenen Beleuchtungsbereichen zugeordnet werden und manuell optimiert werden.

35 Bei dem Reflektor 100 reflektieren die Reflektorteilflächen B.Pch-7 bis B.Pch4 Licht in einen Bereich $X > 10$ m auf der Straße.

Die Reflektorteilflächen von B.Pch5 bis B.Pch7 reflektieren Licht in einen Bereich $-5 \text{ m} < X < 15 \text{ m}$, $Y > 3 \text{ m}$ auf der Straße.

Die Reflektorteilflächen B.Pch8 und B.Pch9 reflektieren Licht in einen Bereich $X < -5 \text{ m}$, $Y > 3 \text{ m}$ auf der Straße (geblocktes Licht 41). Diese Reflektorteilflächen in den Bändern B1 und B2 verhindern Blendlicht.

Die Reflektorteilflächen B.Pch10 reflektieren Licht in einen Bereich $X > -5 \text{ m}$ auf der Straße und bilden eine Übergangsstruktur (zu einem benachbarten Reflektor), um einen Abformfehler zu vermeiden.

Die Reflektorteilflächen F.Pch-7 bis F.Pch-8 reflektieren Licht in einen Bereich $-5 \text{ m} < X < 5 \text{ m}$, $Y > 3 \text{ m}$ auf der Straße.

Die Reflektorteilflächen F.Pch-6 bis F.Pch3 reflektieren Licht in einen Bereich $X > 10 \text{ m}$ auf der Straße.

Die Reflektorteilflächen F.Pch4 bis F.Pch9 reflektieren Licht in einem Bereich $5 \text{ m} < X < 15 \text{ m}$ auf der Straße und blockieren Licht, welches, wie das Licht 41, Streulicht erzeugen würde. Zusätzlich verhindern diese Reflektorteilflächen in den Bändern B1 und B2 Blendlicht.

Eine automatische Optimierung kann durchgeführt werden um schlussendlich den benötigten Beleuchtungseffekt zu erreichen. Diese automatische Optimierung kann mit einer sogenannten Merit-Funktion durchgeführt werden. Optimierte Parameter sind hauptsächlich die Tangentenrichtungen an den Kontrollpunkten, wobei die Kurvensegmente als Kreissegmente festgelegt werden. In Ausführungsbeispielen, in denen das nicht der Fall ist, sind auch die Y-Positionen der Kontrollpunkte Variablen. Zusätzlich werden die X- und Y-Positionen der Kontrollpunkte der Reflektorteilfläche Pch1 optimiert. Nur für eine kleine Anzahl anderer Reflektorteilflächen können die X-Position oder die Y-Position durch manuelle Eingriffe optimiert werden.

Die oben genannte Merit-Funktion kann auf einer simulierten Helligkeitsverteilungskarte auf der Straßenoberfläche basieren. Sie kann verschiedene Faktoren aufweisen unter anderem gesamte und längenseitige Einheitlichkeit gemäß den Straßenbeleuchtungsstandards (DIN EN 13201 Standard ME3 und MEW3 Beleuchtungsklassen für trockene und nasse Straßen), nutzbare Transmissionen des Lichts auf die Straße, Lichtverschmutzung

und Blendlichtsteuerung. Unter Beachtung von Herstellungsbeschränkungen, können zusätzliche Einschränkungen eingeführt werden, wie beispielsweise ein maximaler absoluter spitzer Winkel von der X-Achse zu einer Kurventangente von 75° und dass der Radius der Reflexionsoberfläche 103 größer als 0,5 mm ist.

5

Wie bereits beschrieben, hat eine Freiform-Reflexionsoberfläche des +Y-Modulteils 31 (des Frontreflektors 31) eine kürzere Z-Abmessung als die des -Y-Modulteils 32 (des Rückreflektors 32), was eine Folge einer optischen Optimierung zum Bilden eines erforderlichen Beleuchtungsmusters und zum Verbessern der Lichtnutzungsrate ist.

10 Zwischen dem maximalen Z-Wert der Freiform-Reflexionsoberfläche des Frontreflektors 31 und dem maximalen Z-Wert des gesamten Reflektors 100 ist die Reflexionsplatte 33 angeordnet. Mit einem optimierten geneigten Winkel um die X-Achse weist die Reflexionsplatte 33 eine ebene Oberfläche auf, die eine untere Kantenlinie 34 des Moduls passiert, welche gleichzeitig eine Schnittlinie der Beschränkungsebene 26 und der Z-
15 Abmessungsbegrenzungsebene 35 des gesamten Reflektors 100 ist. Dieses Teil (die Reflexionsplatte 33) hindert Licht daran, dass es auf andere Cluster trifft und reflektiert das Licht zu dem Beleuchtungsbereich.

Fig. 7a zeigt ein Beleuchtungssystem 700 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorlie-
20 genden Erfindung. Das Beleuchtungssystem 700 weist einen ersten Reflektor 701a und einen zweiten Reflektor 701b auf, welche parallel nebeneinander auf einem gemeinsamen Träger, beispielsweise in Form einer Leiterplatte 703 angeordnet sind. Die Reflektoren 701a, 701b können beispielsweise mit dem im vorherigen beschriebenen Entwurfsverfahren entworfen worden sein und können daher beispielsweise ähnlich dem Reflektor 100
25 sein.

Ferner weist das Beleuchtungssystem 700 ein erstes Leuchtmittel 705a beispielsweise in Form eines ersten LED-Clusters und ein zweites Leuchtmittel 705b beispielsweise in Form eines zweiten LED-Clusters auf. Das erste Leuchtmittel 705a ist so auf dem Träger 703
30 angeordnet, dass es in einer Öffnung 101a des ersten Reflektors 701a sitzt, so dass Licht, welches von dem ersten Leuchtmittel 705a entlang dessen mittlerer Abstrahlrichtung emittiert wird, nicht von dem ersten Reflektor 701a blockiert oder umgelenkt wird. Analog dazu ist das zweite Leuchtmittel 705b so auf dem Träger 703 angeordnet, dass es in einer Öffnung 101b des zweiten Reflektors 701b sitzt, so dass Licht, welches von dem zweiten
35 Leuchtmittel 705b entlang dessen mittlerer Abstrahlrichtung emittiert wird, nicht von dem zweiten Reflektor 701b blockiert oder umgelenkt wird.

Eine Kombination aus einem LED-Cluster oder einem Leuchtmittel zusammen mit einem Reflektor kann eine Lichtquelle bilden. Eine Straßenlampe wird typischerweise aus einem Feld solcher Lichtquellen, einer elektrischen Treibereinrichtung, einem Gehäuse und einem Deckglas gebildet.

5

Wie bereits bei dem Reflektor 100 gezeigt, können der erste Reflektor 701a und der zweite Reflektor 701b jeweils einen Frontreflektor und einen Rückreflektor aufweisen. In dem in Fig. 7a gezeigten Beispiel weist der erste Reflektor 701a einen Frontreflektor 731a und einen Rückreflektor 732a auf und der zweite Reflektor 701b weist einen Frontreflektor

10

Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen kann das Beleuchtungssystem 700 auch eine Mehrzahl solcher Reflektoren 701a, 701b mit zugeordneten Leuchtmitteln 705a, 705b aufweisen, welche beispielsweise in einem Feld auf dem gemeinsamen Träger 703 angeordnet sind.

15

Gemäß einiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können die Reflektoren 701a, 701b identisch sein und damit sind auch die Frontreflektoren 731a, 731b sowie die Rückreflektoren 732a, 732b identisch. In diesem Fall weisen die beiden Reflektoren 701a, 701b eine identische Raumwinkelverteilung auf, so dass, wenn eines der Beleuchtungsmittel 705a, 705b ausfällt, sich die Raumwinkelverteilung in einem beleuchteten Bereich nicht ändert, sondern lediglich der Flux (die Helligkeit).

20

Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen können sich die Reflektoren 701a und 701b auch voneinander unterscheiden, um veränderbare Beleuchtungsmuster zu erzeugen. Dies kann beispielsweise sinnvoll sein, um in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen ein Beleuchtungsmuster des Beleuchtungssystems, welches beispielsweise in Straßenlampen verwendet werden kann, anzupassen.

25

So kann mit dem Beleuchtungssystem 700 beispielsweise eine LED-Straßenbeleuchtung geschaffen werden, die LED-Cluster als Lichtquellen 705a, 705b anwendet und die die zwei verschiedenen Typen von Reflexionsoptiken bzw. Reflektoren 701a, 701b beinhaltet und mit der beispielsweise eine Straße mit zwei veränderbaren Beleuchtungsmustern in Abhängigkeit von Bedingungen, wie beispielsweise Nass oder Trocken, beleuchtet werden kann, um die Einheitlichkeit der Helligkeit und die Lichtnutzungsrate zu verbessern.

30

35

Mit anderen Worten können die Reflektoren 701a, 701b an die verschiedenen Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise Nass oder Trocken angepasst sein und das Beleuchtungssystem 700 kann ausgebildet sein, um in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen, beispielsweise erfasst durch einen internen oder externen Sensor, die Leuchtmittel 705a, 705b des Beleuchtungssystems 700 an- und abzuschalten.

Die LED-Cluster können in einem Matrixarray (Matrixfeld) in einer Ebene angeordnet sein, in denen gleichzeitig eine Montageplatte (beispielsweise die Oberfläche des Trägers 703) angeordnet ist. LEDs zumindest einen chromatischen Typs können in den LED-Clustern verwendet werden und identisch in diesen Clustern auf dem Träger 703 angeordnet sein. Trotz des chromatischen Typs kann jede LED eines der LED-Cluster 705a, 705b dieselbe Energiewinkelverteilung aufweisen, die mit der folgenden Formel beschrieben werden kann:

$$I_{\theta} = \cos(\theta)^{\gamma}$$

wobei I_{θ} die relative Intensität einer LED bei einem gegebenen Winkel θ ist, bei dem Licht entlang der LED-Mittellinie θ , welche normal zu der Oberfläche der LED-Befestigungsplatte (des Trägers 703) ist. γ ist ein Anpassungsparameter, welcher bei Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung 0,5128 betragen kann, was eine Energiewinkelverteilung bei einem Halbspitzenwert von 75° (divergierender Winkel von 150°) beschreibt, der größer als der Divergenzwinkel der bei Hochleistungs-LEDs häufig anzutreffenden Lambert'schen Abstrahlcharakteristik ist. Die vorzugsweise Verwendung stark divergent abstrahlender LEDs ermöglicht die Realisierung von in Lichtausbreitungsrichtung kurz bauender Reflektoren.

Die zwei Typen von Reflektoren oder Reflexionsoptikmodulen 701a, 701b können als NASS (WET) bzw. TROCKEN (DRY) bezeichnet werden. Jeder der Reflektoren 701a, 701b ist mit einem einzelnen LED-Cluster bzw. einem einzelnen Leuchtmittel 705a, 705b kombiniert, so dass das Beleuchtungssystem 700 ein Array (Feld) aus Reflektoren 701a, 701b aufweist. Jedes Cluster bzw. jedes Leuchtelement 705a, 705b mit demselben Reflektor 701a, 701b hat ein identisches Energieverteilungsmuster, was zu einem linear additiven Arrayvorrichtung führt. In anderen Worten, in Ausführungsbeispielen in denen das Beleuchtungssystem 700 eine Mehrzahl von Reflektoren 701a mit zugeordneten Leuchtmitteln 705 und eine Mehrzahl von Reflektoren 701b mit zugeordneten Leuchtmitteln 705b aufweist, in welchen die Reflektoren 701a verschieden von den Reflektoren 701b sind, weisen die Kombinationen aus den Reflektoren 701a in Verbindung mit den Leucht-

mitteln 705a ein erste gemeinsame Energiewinkelverteilung auf und die Kombinationen aus den Reflektoren 701b in Verbindung mit den Leuchtmitteln 705b weisen eine zweite gemeinsame Energiewinkelverteilung auf, welche verschieden zu der ersten Energiewinkelverteilung ist.

5

Von den Leuchtmitteln 705a emittiertes Licht überlagert sich damit linear additiv, genauso wie von den Leuchtmitteln 705b emittiertes Licht.

Die Änderung der von den Straßenoberflächenbedingungen abhängigen Beleuchtungsmuster kann verwirklicht werden, indem die mit TROCKEN-Modulen (beispielsweise Reflektoren 701b) kombinierten LED-Cluster oder Leuchtmittel 705b ein- und ausgeschaltet werden. Für eine Beleuchtung einer nassen Straßenoberfläche werden die LED-Cluster 705b bzw. Leuchtmittel 705b mit den TROCKEN-Modulen (Reflektoren 701b) ausgeschaltet und ein Beleuchtungsmuster wird lediglich durch diejenigen LED-Cluster 705a oder Leuchtmittel 705a mit NASS-Modulen (beispielsweise Reflektoren 701a) bereitgestellt, die optisch dahingehend entworfen und optimiert sind, eine verbesserte Einheitlichkeit der Helligkeit auf einer Oberfläche mit einer Reflexionseigenschaft zu erzielen, die mit der Reflexionstabelle CIE W4 definiert ist.

Ein TROCKEN-Modul (beispielsweise der Reflektor 701a) ist dahingehend entworfen und optimiert, die Differenz der Beleuchtungsintensitätsverteilung zwischen dem Beleuchtungsmuster, das durch LED-Cluster 705b oder Leuchtmittel 705b mit NASS-Modulen (Reflektoren 701b) bereitgestellt wird, und einem zweiten Beleuchtungsmuster, das eine verbesserte Einheitlichkeit der Helligkeit auf einer Oberfläche mit einer Reflexionseigenschaft erzielt, die mit der Reflexionstabelle CIE R3 definiert ist, zu kompensieren.

Um diese Funktionalitäten zu erreichen, wurde der oben beschriebene Entwurfsprozess zum Entwurf der Reflektoren 701a, 701b erfunden, welcher für den Entwurf beider Reflektoren 701a, 701b angewendet wird, um Reflektorstrukturen zu erzeugen, die Streulicht steuern können, welches durch Multireflexion von Licht, welches von anderen LED-Clustern emittiert wird, erzeugt wird und bei dem all das Licht und nur das Licht, welches reflektiert und umgeleitet wird, Licht ist, welches von den LEDs aus dem Beleuchtungsbereich herausgelenkt wird (beispielsweise Licht, welches verschieden zu der mittleren Abstrahlrichtung fällt). Dadurch wird ermöglicht, dass der restliche Teil des aus den LEDs emittierten Lichts den Beleuchtungsbereich direkt erreicht, ohne umgeformt zu werden, somit wird der durch eine Absorption der Reflexionsoberfläche 103 bewirkte Energieverlust auf ein Minimum reduziert.

Wie im Vorherigen erläutert, können sich die NASS-Module und die TROCKEN-Module durch unterschiedliche Höhen ihrer Bänder voneinander unterscheiden.

- 5 Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die Frontreflektoren 731a, 731b bei den beiden Reflektoren 701a, 701b identisch, während lediglich die Rückreflektoren 732a, 732b voneinander abweichen, beispielsweise dadurch, dass die Höhen ihrer Bänder unterschiedlich sind.
- 10 Beispielsweise können die Höhen der Bänder bei dem Rückreflektor 732b des Reflektors 701b (also bei dem NASS-Modul) von B.B1 zu B.B7 2, 4, 5, 6, 6, 6 und 11 mm betragen, während bei dem Rückreflektor 732a des Reflektors 701a (also dem TROCKEN-Modul) die Höhen der Bänder von B.B1 bis B.B7 2, 4, 5, 6, 7, 8 und 8 mm betragen können.
- 15 Fig. 7b zeigt links ein Beleuchtungsmuster, wie es von dem Beleuchtungssystem 700 bei nassen Umgebungsbedingungen abgegeben werden kann. In diesem Fall ist nur das LED-Cluster 705b bzw. das Leuchtmittel 705b, welches mit dem zweiten Reflektor 701b (also mit dem NASS-Modul) kombiniert ist, eingeschaltet, während das LED-Cluster 705a bzw. das Leuchtmittel 705a, welches mit dem ersten Reflektor 701a (also mit dem TROCKEN-Modul) kombiniert ist, ausgeschaltet ist.
- 20

Fig. 7b zeigt auf der rechten Seite ein Beleuchtungsmuster des Beleuchtungssystems 700 für trockene Umgebungsbedingungen, in dem sowohl das Leuchtmittel 705a als auch das Leuchtmittel 705b angeschaltet ist.

25

Im Folgenden werden einige Aspekte von Ausführungsbeispielen zusammenfassend erläutert.

- Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung benutzen gebogene Freiform-Reflektorteilflächen oder Facetten. Ein Vorteil davon ist, dass keine Artefakte von LED-Clustern auf die Straße projiziert werden, wodurch eine bessere Farbmischung erreicht werden kann.
- 30

- In anderen Worten, müssen bei Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung keine Maßnahmen getroffen werden, um einen dunklen Bereich unter einer Straßenlampe, in welcher der Reflektor 100 verwendet wird, zu beleuchten und ferner existieren keine
- 35

Artefakte von LED-Clustern, daher muss keine Farbmischungsoptimierung durchgeführt werden.

5 Durch die gebogenen Reflektorteilflächen an den Enden der Bänder des Reflektors 100 kann erreicht werden, dass Licht, welches zu einem benachbarten Cluster abgestrahlt wird, nicht in einer Lichtverschmutzung endet, sondern die Straßenoberfläche erreicht, dadurch muss das Streulichtproblem nicht in der oben benannten Merit-Funktion bedacht werden.

10 Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Beleuchtungssystem (beispielsweise in Form eines Beleuchtungsentwurfs) zum Bereitstellen verschiedener Lichtverteilungen in Abhängigkeit von Straßen- oder Fundament- oder Boden- oder Erdboden- oder Gelände- und/oder Umweltbedingungen, welches mit einem LED-Cluster-Matrixarray arbeitet, das in einer Ebene angeordnet ist und zwei Typen von Reflexionsoptikmodulen (Reflektoren 701a, 701b) aufweist, die mit demselben Optikmodellierungsansatz entworfen sind, der Freiform-Flächen anwendet.

15 Weitere Ausführungsbeispiele vorliegenden Erfindung schaffen ein Beleuchtungssystem, bei dem jedes der LED-Cluster LEDs zumindest eines chromatischen Typs auf einer ebenen Oberfläche aufweist, die dieselbe ist, wie die Ebene des Cluster-Arrays.

20 Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Beleuchtungssystem, bei dem LEDs aller Typen dieselbe Winkelverteilung aufweisen, die eine zylindrisch-symmetrische Verteilung mit einem möglichst großen Divergenz-Winkel von z.B. bis zu 150° aufweist.

25 Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Beleuchtungssystem, bei dem jeder der LED-Cluster optisch mit einem Reflexionsoptikmodul (wie beispielsweise den Reflektoren 701a, 701b) kombiniert ist, um ein Beleuchtungsmuster auf einer Straße bereitzustellen, das dasselbe ist, wie das, das durch eine Mehrzahl von LED-Clustern mit demselben Modultyp (bzw. mit demselben Reflektor) bereitgestellt wird.

30 Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Beleuchtungssystem, bei dem das Modul (der Reflektor) um ein gewünschtes Muster zu bilden, nur das aus den LEDs emittierte Licht reflektiert, das aus dem Beleuchtungsbereich herausgelenkt wird, was dem restlichen Teil des aus den LEDs emittierten Licht ermöglicht, den Beleuchtungsbereich zu erreichen, ohne umgeformt zu werden.

Weitere Ausführungsbeispiele schaffen einen Reflektor, bei dem jedes der Freiform-Patches (beispielsweise jedes der Bänder) eine Regelfläche ist, die durch Variieren eines Geradensegments gebildet wird, dessen Endpunkte sich entlang verschiedener Bahnen (beispielsweise entlang der Bandkanten) bewegen, die Kurven sind, die jeweils in zwei Ebenen mit zwei Kontrollpunkten, dort, wo die Kurven gleichmäßig verlaufen, definiert sind.

Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen kann ein Kurvensegment zwischen zwei Kontrollpunkten mit einer konischen Kurve definiert sein, deren Tangenten an den zwei Kontrollpunkten mit denen eines benachbarten Kurvensegments zusammenfallen. Mit anderen Worten können zwei aneinander angefügte Kurvensegmente eines Abschnitts einer Bandkante an deren Berührungspunkten die gleiche Steigung aufweisen, so dass die beiden Kurvensegmente stetig und differenzierbar ineinander übergehen.

Gemäß weiterer Ausführungsbeispiele können sich bei einem Reflektor zwei benachbarte Bänder (und damit auch zwei benachbarte Reflektorteilflächen) eine selbe Bahnkurve (beispielsweise Bandkante) teilen.

Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Reflektor, bei dem sich ein Abschnitt jedes Bandes, der zu einem Rand des Reflektors angrenzt, zur XZ-Ebene biegt, um Licht daran zu hindern, dass es auf die Reflexionsoberfläche eines benachbarten Moduls oder Reflektors trifft, was Streulicht bewirken würde, während er Licht reflektiert, um ein gewünschtes Beleuchtungsmuster zu bilden.

Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Reflektor, bei dem die Reflektorteilflächen, die diejenigen der anderen Seite (des anderen Reflektors) erreichen, eine weitere Funktion eines Blockierens von aus der Lichtquelle emittiertem Licht, das um mehr als 80° von der Mittellinie (von der mittleren Abstrahlrichtung 105) weggelenkt wird, aufweisen.

Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Reflektor, bei dem die Reflektorteilflächen und/oder die Bänder durch eine Bodenoberfläche 23, 24 eines Reflektors oder Moduls begrenzt sind, die auf einer Einschränkungsebene liegt, die zwischen einem Rand des Leuchtmittels oder des LED-Clusters und einem Rand des Beleuchtungsbereichs, die beide parallel zur X-Achse sind, angeordnet ist.

Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung nutzen innerhalb eines LED-Clusters sowohl entsprechend angesteuerte weiße als auch monochrom, wie z.B. blau und/oder rot strahlende, LEDs, um eine hohe elektrooptische Wandlungseffizienz des LED-Clusters und eine hohe Lichtqualität mit sehr guter Farbwiedergabe zu erzielen. Mit anderen Worten kann bei Ausführungsbeispielen ein LED-Cluster eine Mehrzahl von LED-Gruppen aufweisen, wobei LEDs verschiedener LED-Gruppen in verschiedenen Farben abstrahlen und LEDs einer Gruppe in der gleichen Farbe abstrahlen.

Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Beleuchtungssystem, das einer Lichtverteilung mit Reflektoren vom NASS-Typ für eine nasse Straße bereitstellt, was bedeutet, dass lediglich die mit einem Reflektor vom NASS-Typ gekoppelten LED-Cluster aktiviert sind.

Eine Überwachung der Abstrahlung der einzelnen Module (Reflektoren in Kombination mit den Leuchtmitteln) bzw. der einzelnen LED-Gruppen eines Clusters wie z.B. durch eingebaute oder über Lichtleitfasern angekoppelte Detektoren oder Sensoren ermöglicht den sicheren Betrieb der Leuchte und den Ausgleich von temperatur- oder alterungsbedingten Änderungen der elektrooptischen Wandlungseffizienz der LEDs durch Nachregelung der Treiberströme. Die Nachregelung der Treiberströme kann dabei für die einzelnen LED-Gruppen der LED-Cluster und insbesondere für jedes LED-Cluster bei einer Anordnung mehrerer LED-Cluster in einem Feld (wie beispielsweise bei dem Beleuchtungssystem 700) getrennt erfolgen. Zur Erfassung der Abstrahlung der Lichtquellen (gebildet aus einem Reflektor und einem Leuchtmittel oder LED-Cluster) können die Lichtquellen Sensoren aufweisen. So ein Sensor kann beispielsweise an der Reflektoroberfläche 103 des Reflektors 100 angeordnet sein. Es wurde herausgefunden, dass eine gute Position für einen Sensor sich in einem Bereich der Reflektoroberfläche 103 des Reflektors 100 befindet, in dem das erste Band 111a des Frontreflektors 31 die Symmetrieebene des Reflektors 100 schneidet. Ausführungsbeispiele schaffen daher einen Reflektor 100 der einen Sensor aufweist, der in einem Bereich der Reflektorfläche 103 des Reflektors 100 angeordnet ist, in dem das in Richtung der mittleren Ausbreitungsrichtung 105 erste Band 111a des Frontreflektors 31 die Symmetrieebene des Reflektors 100 schneidet. Ein solcher Sensor kann im einfachsten Fall ein Lichtleiter sein, welcher mit einem Detektor (wie beispielsweise einer Photodiode oder einer Anordnung mehrerer Photodioden) verbunden ist. Der Detektor kann beispielsweise ein Farbsensor sein, welcher es ermöglicht die Abstrahlung der einzelnen LED-Gruppen des LED-Clusters einer Lichtquelle zu messen und deren Treiberströme getrennt voneinander nachzusteuern.

Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Beleuchtungssystem, das eine Lichtverteilung mit Reflektoren sowohl vom NASS-Typ als auch vom TROCKEN-Typ für eine trockene Straße bereitstellt, was bedeutet, dass alle LED-Cluster aktiviert sind.

5

Zur wetterabhängigen und optional verkehrs- und von der Umgebungshelligkeit abhängigen Steuerung der Leuchten kann eine zentrale Steuereinheit mit geeigneten Sensoren über geeignete Kommunikationswege wie z.B. Funk oder eine drahtgebundene Verbindung zur jeweiligen Leuchte verbunden sein.

10

Zusätzlich oder alternativ können dezentrale Sensoren und Steuereinheiten den Lichtfluß und die Abstrahlung des Beleuchtungssystems an die Witterung und optional den Verkehrsfluß und die Umgebungshelligkeit anpassen. Mit anderen Worten können Beleuchtungssysteme gemäß Ausführungsbeispielen ihre Abstrahlung zusätzlich zur witterungsabhängigen Anpassung auch in Abhängigkeit von weiteren Umgebungsbedingungen anpassen. Diese Anpassung kann sowohl durch das Aktivieren und Deaktivieren einzelner LED-Cluster (beispielsweise von NASS oder TROCKEN Modulen) als auch durch ein Dimmen (Variieren der Treiberströme) der LED-Cluster erfolgen.

15

20 Zusammenfassend schaffen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung einen Reflektor oder eine Reflexionsoptik, beispielsweise für eine LED-Straßenleuchte.

Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Beleuchtungssystem, beispielsweise für eine solche Straßenleuchte.

25

Patentansprüche

1. Reflektor (100, 701a, 701b) für eine Straßenlampe, mit folgenden Merkmalen:

5

einer Öffnung (101, 101a, 101b) für ein Leuchtmittel (3, 705a, 705b); und

einer Reflektorfläche (103), die sich in einer mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) von der Öffnung (101, 101a, 101b) weg erstreckt, ohne Licht des Leuchtmittels (3, 705a, 705b) entlang der mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) umzulenken;

10

wobei die Reflektorfläche (103) in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) in Bänder (109a bis 109g, 111a bis 111d) untergliedert ist, die entlang von Bandkanten (113a bis 113c) stetig aneinander anschließen; und

15

wobei die Bandkanten (113a bis 113c) zumindest einen Abschnitt aufweisen, der aus aneinander stetig und differenzierbar angefügten Kurvensegmenten (115a, 115b) besteht, wobei der Abschnitt einen ersten Punkt aufweist, in dem ein Krümmungsvektor des Abschnitts nach innen zeigt und einen zweiten Punkt aufweist, in dem der Krümmungsvektor des Abschnitts nach außen zeigt.

20

2. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß Anspruch 1,

wobei Kurvensegmente (115a, 115b) benachbarter Bandkanten (113a bis 113c) einander zugeordnet sind;

25

wobei die Reflektorfläche (103) zwischen Anfangspunkten zweier einander zugeordneter Kurvensegmente und zwischen Endpunkten der zwei einander zugeordneten Kurvensegmente jeweils eine Verbindungslinie (116a, 116b) aufweist, so dass die

zwei einander zugeordneten Kurvensegmente zusammen mit den Verbindungslinien (116a, 116b) den Umfang einer Reflektorteilfläche (53) bilden.

3. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß Anspruch 2,

5

wobei die Verbindungslinien (116a, 116b) Geraden sind.

4. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorherigen Ansprüche,

10

wobei benachbarte Abschnitte einer Bandkante sich entweder in einer Knickkante (117) der Reflektorfläche (103) treffen oder an einer Außenfläche der Reflektorfläche (103) enden.

5. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

15

wobei ein erstes Kurvensegment eines ersten Abschnitts einer Bandkante (113c) und ein zweites Kurvensegment eines zweiten Abschnitts der Bandkante (113c), der den ersten Abschnitt in einer Knickkante (117) der Reflektorfläche (103) trifft, identische Kurvenparameter aufweisen.

20

6. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die mittlere Abstrahlrichtung (2, 105) eine Normale einer Ebene, in der die Öffnung (101, 101a, 101b) liegt, bildet.

25

7. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei Bandkanten (113a bis 113c) verschiedener Bänder (109a bis 109g, 111a bis 111d) in zueinander parallelen Bandkantenebenen verlaufen.

8. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß Anspruch 7,

5

wobei die mittlere Abstrahlrichtung (2, 105) eine Normale der Bandkantenebenen bildet.

9. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

10

wobei die Bandkantenabstände zwischen benachbarten Bandkanten mit zunehmender Entfernung der Bandkanten zur Öffnung (101, 101a, 101b) zunehmen.

10. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

15

ferner aufweisend einen Frontreflektor (31, 731a, 731b) und einen Rückreflektor (32, 732a, 732b);

20

wobei der Frontreflektor (31, 731a, 731b) in eine erste Anzahl von Bändern (111a bis 111d) untergliedert ist und der Rückreflektor (32, 732a, 732b) in eine zweite Anzahl von Bändern (109a bis 109g), welche verschieden zu der ersten Anzahl von Bändern (109a bis 109g) ist, untergliedert ist.

11. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß Anspruch 10,

25

wobei der Frontreflektor (31, 731a, 731b) oder der Rückreflektor (32, 732a, 732b) ein erstes Teilmodul (31a, 32a) und ein zweites Teilmodul (31b, 32b) aufweist, wo-

bei das erste Teilmodul (31a, 32a) und das zweite Teilmodul (31b, 32b) symmetrisch zueinander sind.

12. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß Anspruch 11,

5

wobei Knickkanten (117) der Reflektorfläche (103) in der sich benachbarte Abschnitte von Bandkanten (113c) des Frontreflektors (31, 731a, 731b) oder des Rückreflektors ((32, 732a, 732b) treffen in einer Symmetrieebene der Teilmodule (31a, 31b, 32a, 32b) des Frontreflektors (31, 731a, 731b) oder Rückreflektors (32, 732a, 732b) verlaufen.

10

13. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12,

wobei der Frontreflektor (31, 731a, 731b) und der Rückreflektor (32, 732a, 732b) eine gemeinsame Grenzfläche aufweisen, die in einer Grenzebene liegt, welche senkrecht zu Bandkantenebenen ist, in der die Bandkanten (113a bis 113c) verlaufen.

15

14. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß Anspruch 13, wenn zurückbezogen auf Anspruch 11,

20

wobei eine Symmetrieebene der Teilmodule (31a, 31b, 32a, 32b) des Frontreflektors (31, 731a, 731b) oder des Rückreflektors (32, 732a, 732b) senkrecht zur Grenzebene und den Bandkantenebenen ist.

- 25 15. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die Bandkanten zumindest einen Abschnitt aufweisen, der aus aneinander angefügten Kreissegmenten unterschiedlicher Radien besteht, die stetig und differenzierbar ineinander übergehen.

- 5 16. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei eine erste Tangente eines Kurvensegments an einem Anfangspunkt des Kurvensegments mindestens um einen Winkel von 10° von einer zweiten Tangente des Kurvensegments an einem Endpunkt des Kurvensegments abweicht.

10

17. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 wobei für jedes Kurvensegment zumindest eines Abschnitts einer Bandkante, welcher sich von einer Außenkante der Reflektorfläche (103) zu einer weiteren Außenkante der Reflektorfläche (103) oder einer Knickkante (117) der Reflektorfläche (103) erstreckt, eine erste Tangente des Kurvensegments an einem Anfangspunkt des Kurvensegments mindestens um einen Winkel von 10° von einer zweiten Tangente des Kurvensegments an einem Endpunkt des Kurvensegments abweicht.

- 20 18. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

25 wobei Winkel zwischen Tangenten an Anfangspunkten von Kurvensegmenten von Bandkurven und Tangenten an Endpunkten der Kurvensegmente mit geringer werdendem Abstand der Kurvensegmente zu einer Symmetrieebene des Reflektors (100, 701a, 701b) zunehmen.

19. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

ferner aufweisend einen Frontreflektor (31, 731a, 731b) und einen Rückreflektor (32, 732a, 732b);

5 wobei der Frontreflektor (31, 731a, 731b) und der Rückreflektor (32, 732a, 732b) eine gemeinsame Grenzfläche aufweisen, die in einer Grenzebene liegt;

10 wobei eine Ausdehnung des Reflektors (100, 701a, 701b) in einer Richtung einer Schnittlinie der Grenzebene und einer Bandkantenebene, in der eine Bandkante verläuft, mindestens 3,5 mal so groß wie eine Ausdehnung des Leuchtmittels (5, 705a, 705b) entlang der Schnittlinie ist.

20. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 ferner aufweisend einen Frontreflektor (31, 731a, 731b) und einen Rückreflektor (32, 732a, 732b);

wobei der Frontreflektor (31, 731a, 731b) und der Rückreflektor (32, 732a, 732b) jeweils einen Bandbereich aufweisen, in dem sie aus Bändern (109a bis 109g, 111a bis 111d) bestehen; und

20

wobei eine Ausdehnung des Bandbereichs des Rückreflektors (32, 732a, 732b) in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) größer als eine Ausdehnung des Bandbereichs des Frontreflektors (31, 731a, 731b) in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) ist.

25

21. Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß Anspruch 20,

wobei der Frontreflektor (31, 731a, 731b) eine Reflektorplatte (33) aufweist, welche sich an den Bandbereich des Frontreflektors (31, 731a, 731b) anschließt und sich von dem Bandbereich des Frontreflektors (31, 731a, 731b) in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) erstreckt.

5

22. Reflektor gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend einen Frontreflektor (31), einen Rückreflektor (32) und einen Sensor;

wobei der Sensor in einem Bereich der Reflektoroberfläche (103) angeordnet ist, in dem sich ein in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung (105) erstes Band (111a) des Frontreflektors (31) und eine Symmetrieebene des Reflektors schneiden.

10

23. Beleuchtungssystem mit folgenden Merkmalen:

einem Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche ;
und

15

einem Leuchtmittel (3, 705a, 705b);

wobei die mittlere Abstrahlrichtung (2, 105) eine mittlere Abstrahlrichtung des Leuchtmittels (3, 705a, 705b) ist.

20

24. Beleuchtungssystem mit folgenden Merkmalen:

einem Reflektor (100, 701a, 701b) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22;

25

einem Leuchtmittel (3, 705a, 705b);

wobei das Leuchtmittel (3, 705a, 705b) eine Mehrzahl von LED-Gruppen aufweist, wobei LEDs verschiedener LED-Gruppen in verschiedenen Farben abstrahlen und LEDs derselben LED-Gruppe jeweils in der derselben Farbe abstrahlen; und

5 wobei das Beleuchtungssystem ausgebildet ist, um Helligkeiten der einzelnen LED-Gruppen getrennt voneinander zu erfassen und um Treiberströme für die einzelnen LED-Gruppen in Abhängigkeit von den erfassten Helligkeiten einzustellen.

25. Reflektoranordnung mit folgenden Merkmalen:

10

einem ersten Reflektor (701a) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche;

einem zweiten Reflektor (701b) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche;

15

wobei der erste Reflektor (701a) einen ersten Frontreflektor (731a) und einen ersten Rückreflektor (732a) aufweist;

wobei der zweite Reflektor (701b) einen zweiten Frontreflektor (731b) und einen zweiten Rückreflektor (732b) aufweist; und

20

wobei der erste Frontreflektor (731a) gleich dem zweiten Frontreflektor (731b) ist und der erste Rückreflektor (732a) verschieden zu dem zweiten Rückreflektor (732b) ist.

25 26. Reflektoranordnung gemäß Anspruch 25,

wobei eine Ausdehnung des ersten Rückreflektors (732a) in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) des ersten Reflektors (701a) identisch einer Ausdehnung des zweiten Rückreflektors (732b) in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) des zweiten Reflektors (701b) ist, aber zumindest zwei Bänder des ersten Rückreflektors (732a) eine andere Ausdehnung in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) des ersten Reflektors (701a) aufweisen, als eine Ausdehnung zweier entsprechender Bänder des zweiten Rückreflektors (732b) in Richtung der mittleren Abstrahlrichtung (2, 105) des zweiten Reflektors (701b).

10 27. Reflektoranordnung gemäß einem der Ansprüche 25 oder 26,.

wobei eine Anzahl der Bänder des ersten Rückreflektors (732a) gleich einer Anzahl der Bänder des zweiten Rückreflektors (732b) ist.

15 28. Beleuchtungssystem (700) mit folgenden Merkmalen:

einem ersten Reflektor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22;

einem zweiten Reflektor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22;

20

einem ersten Leuchtmittel (705a), welches in der Öffnung (101a) des ersten Reflektors (701a) angeordnet ist; und

25

einem zweiten Leuchtmittel (705b), welches in der Öffnung (101b) des zweiten Reflektors (701b) angeordnet ist;

wobei der erste Reflektor (701a) verschieden zu dem zweiten Reflektor (701b) ist; und

5 wobei das Beleuchtungssystem (700) ausgebildet ist, um in Abhängigkeit von einem Informationssignal, welches eine Umgebungsbedingung beschreibt, für einen ersten Zustand der Umgebungsbedingung nur den zweiten Reflektor (701b) zu aktivieren und für einen zweiten Zustand der Umgebungsbedingung sowohl den zweiten Reflektor (701b) als auch den ersten Reflektor (701a) zu aktivieren.

29. Beleuchtungssystem (700) gemäß Anspruch 28,

10 wobei das erste Leuchtmittel (705a) und das zweite Leuchtmittel (705b) sowie der erste Reflektor (701a) und der zweite Reflektor (701b) auf einem gemeinsamen Träger (703) angeordnet sind.

30. Beleuchtungssystem (700) gemäß einem der Ansprüche 28 oder 29,

15 ferner aufweisend eine Steuereinrichtung, die ausgebildet ist, um in Abhängigkeit von einer weiteren Umgebungsbedingung ein weiteres Informationssignal bereitzustellen; und

20 wobei das Beleuchtungssystem (700) ausgebildet ist, um in Abhängigkeit von dem weiteren Informationssignal, welches die weitere Umgebungsbedingung beschreibt, das erste Leuchtmittel (705a) oder das zweite Leuchtmittel (705b) zu dimmen.

31. Beleuchtungssystemanordnung mit folgenden Merkmalen:

25 einer Mehrzahl von Beleuchtungssystemen gemäß einem der Ansprüche 28 bis 30; und

einer zentralen Steuereinrichtung die ausgebildet ist, um in Abhängigkeit von der Umgebungsbedingung das Informationssignal für die Mehrzahl von Beleuchtungssystemen bereitzustellen.

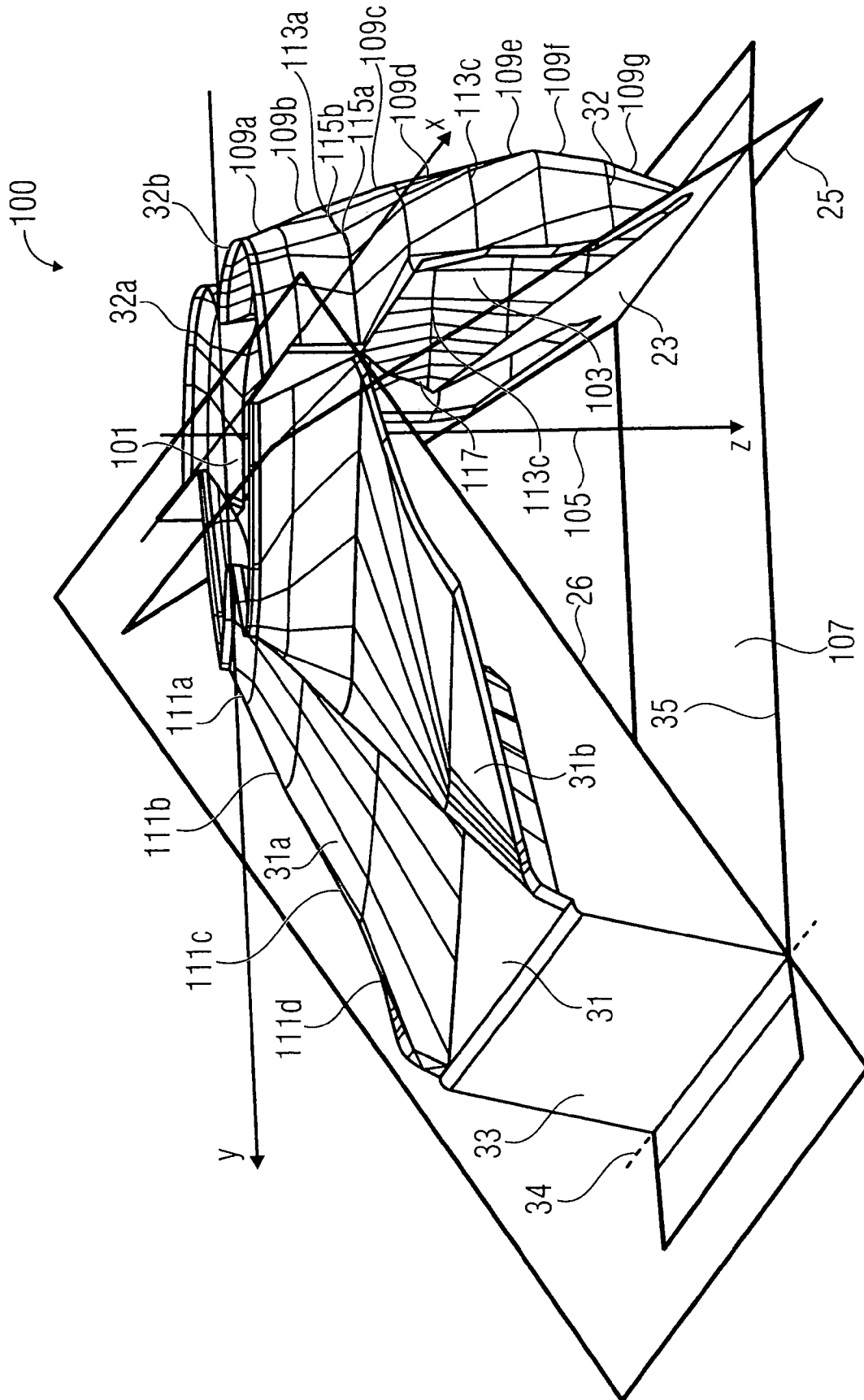


FIG 1A

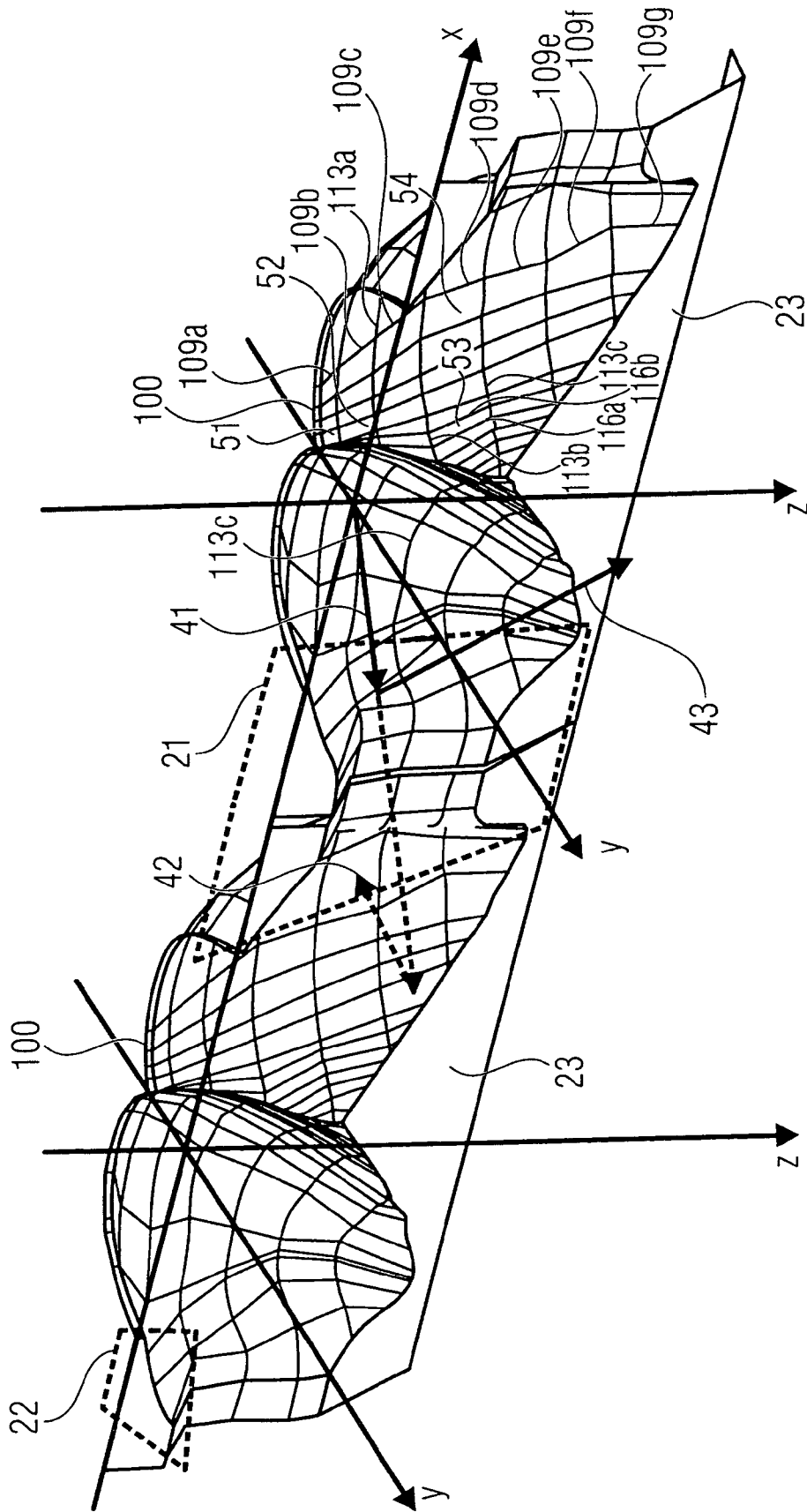


FIG 2

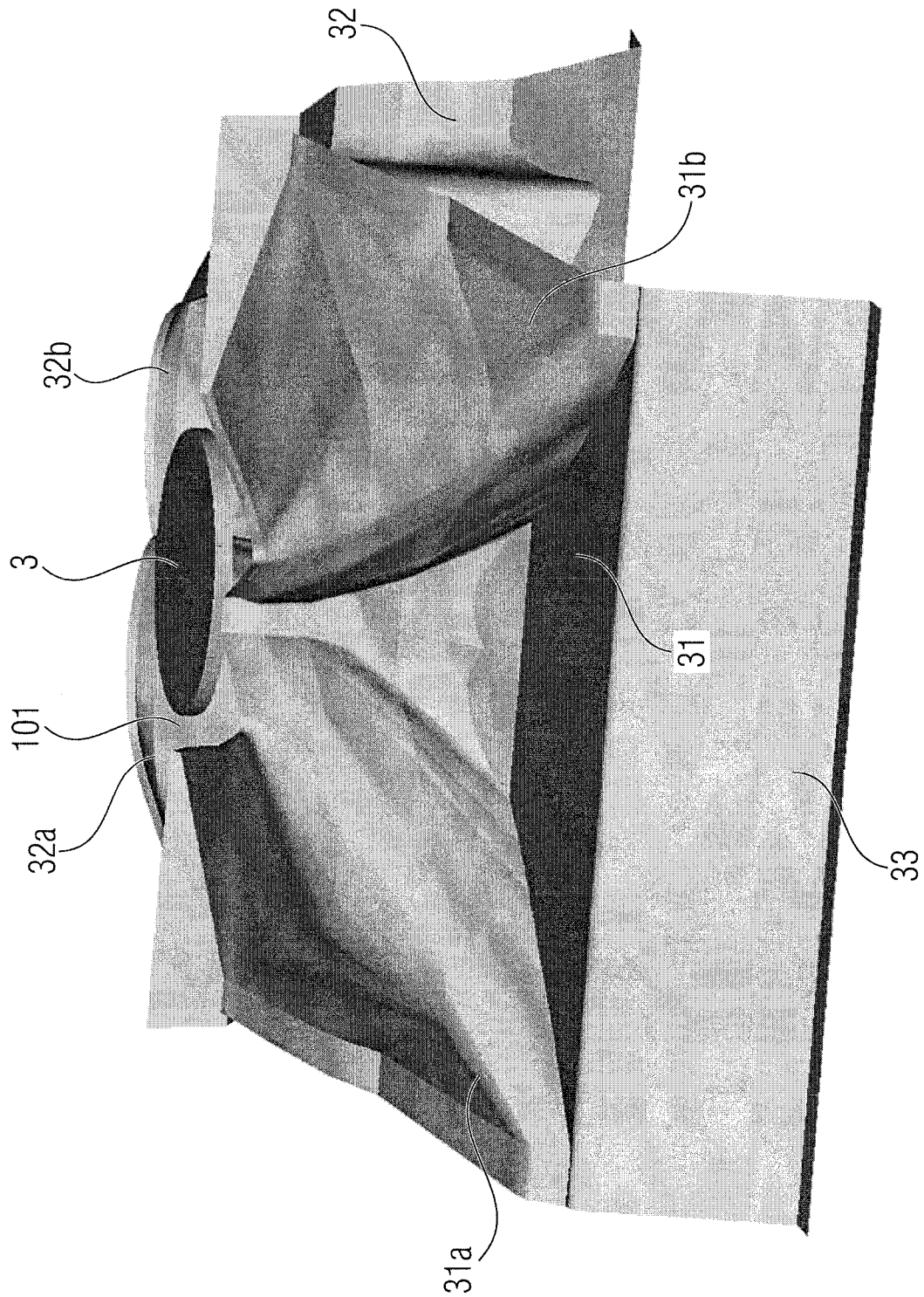


FIG 3

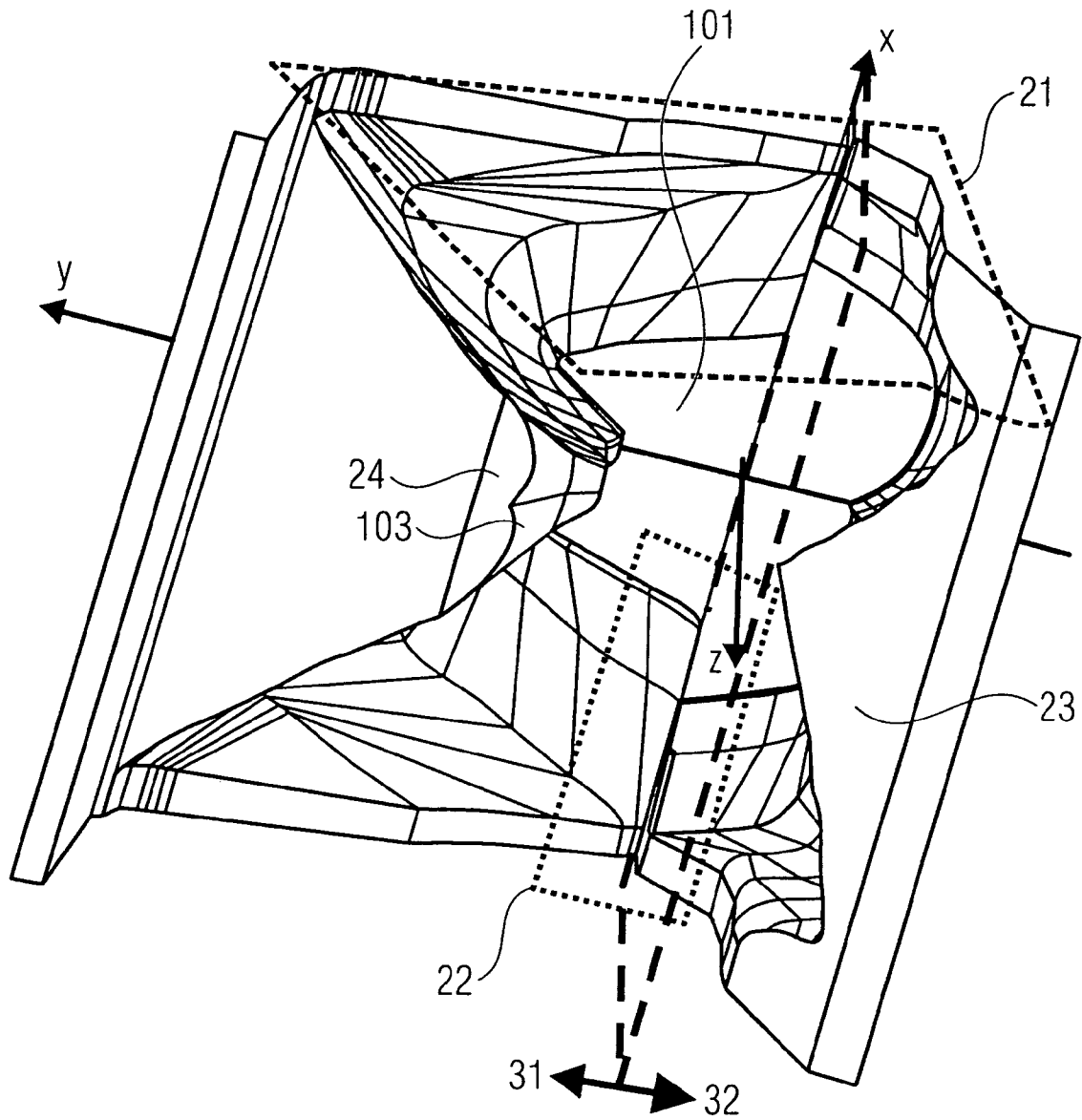


FIG 4A

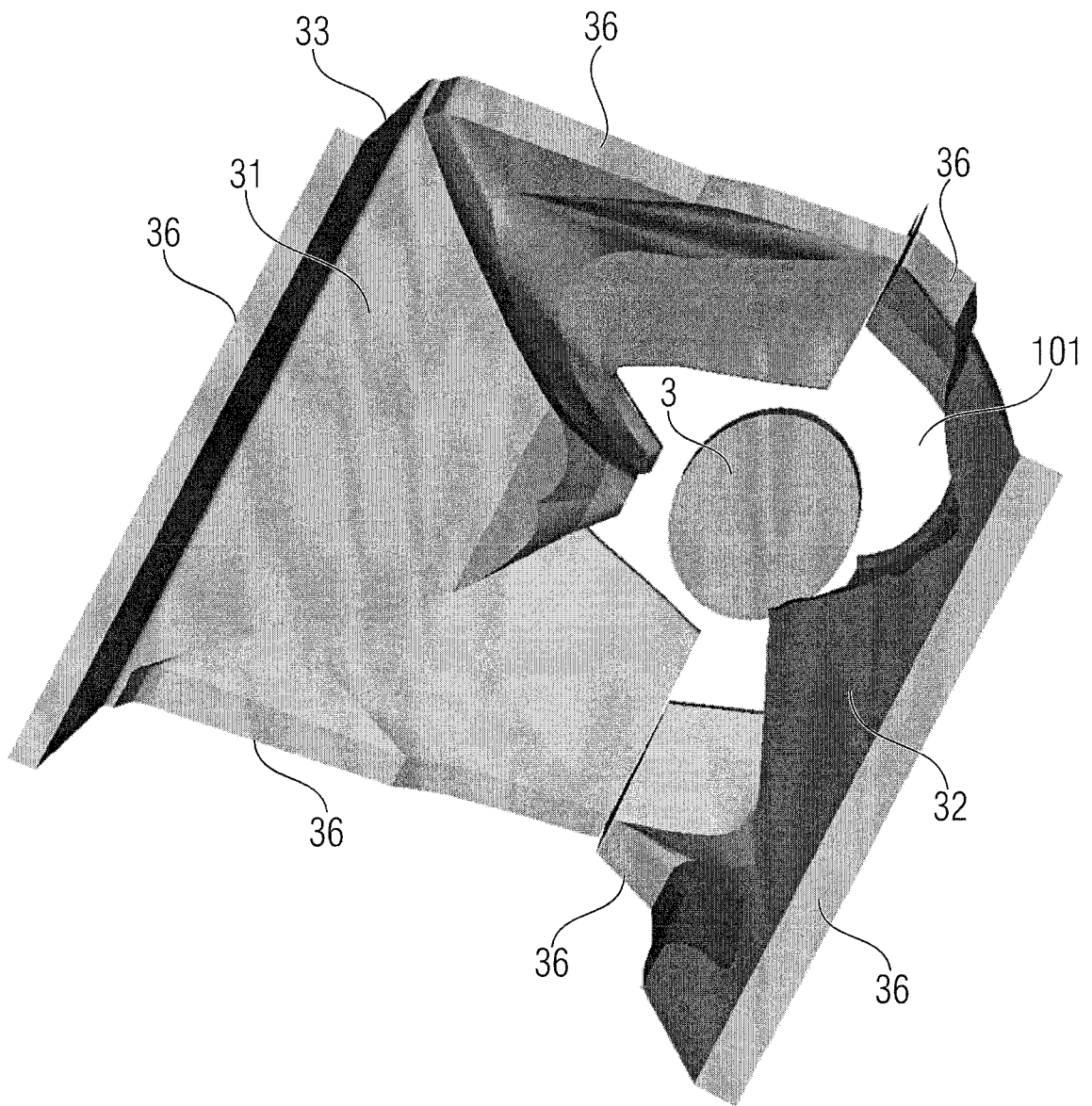


FIG 4B

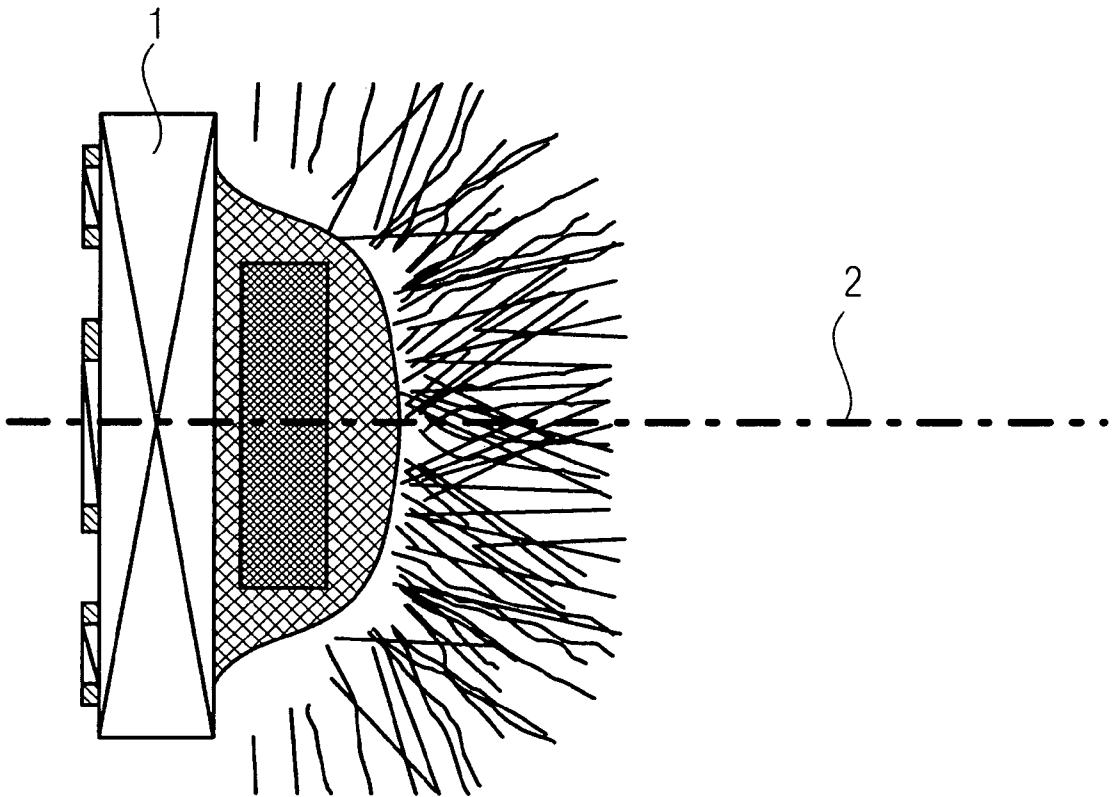


FIG 5

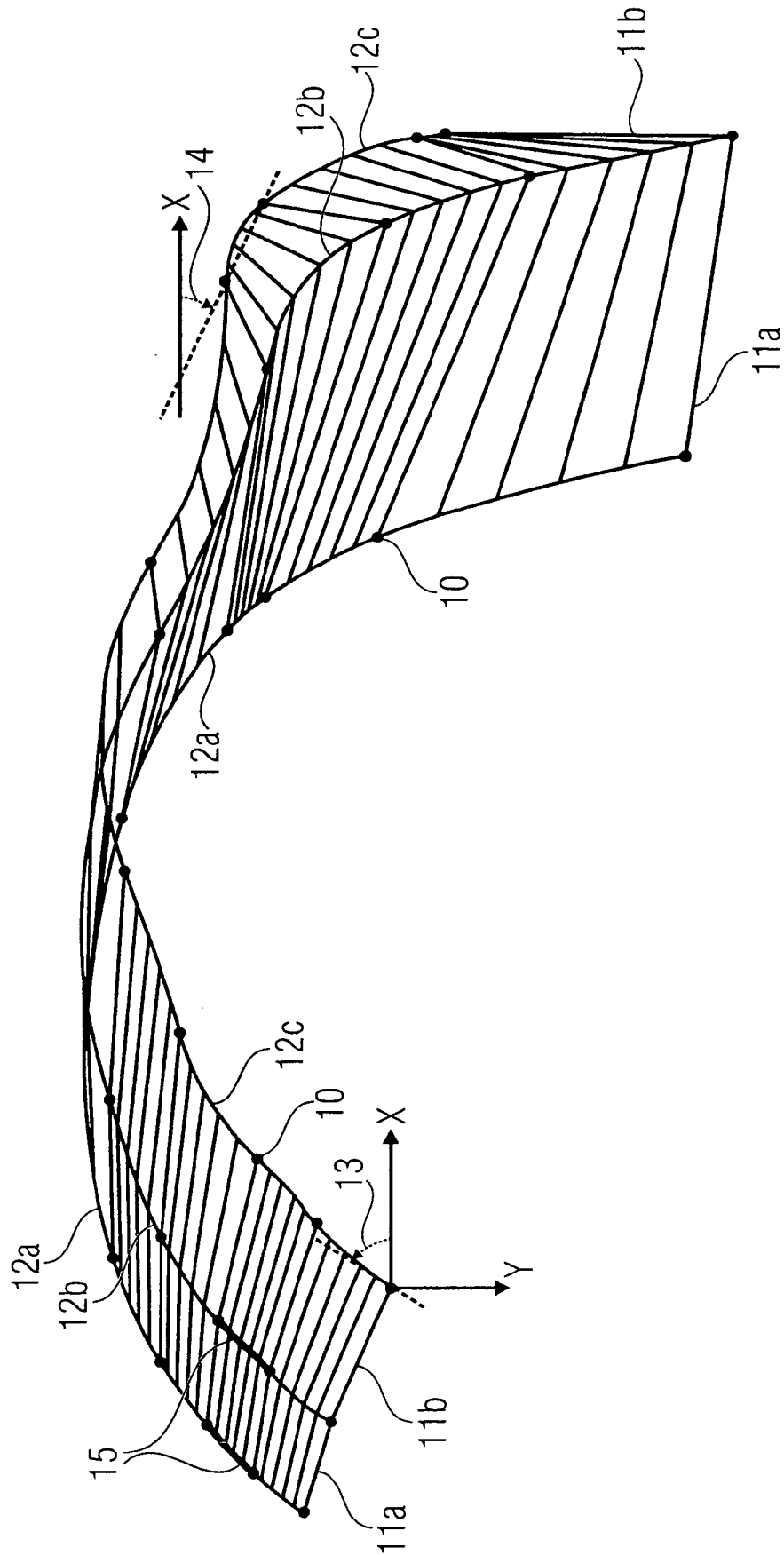


FIG 6

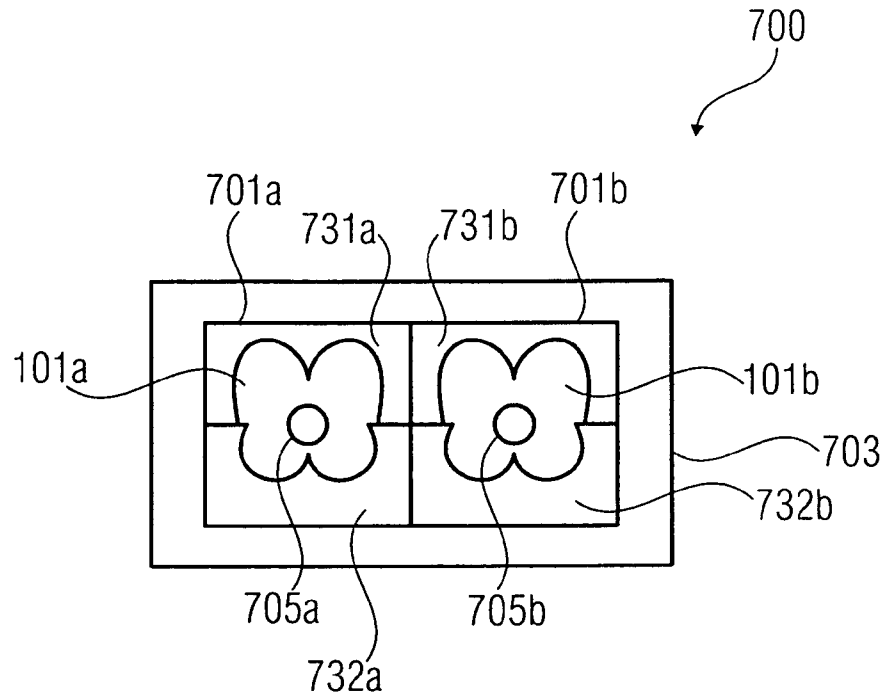


FIG 7A



FIG 7B