

(19)



(11)

**EP 3 449 178 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**08.04.2020 Patentblatt 2020/15**

(51) Int Cl.:  
**F21S 41/27** <sup>(2018.01)</sup> **F21S 41/275** <sup>(2018.01)</sup>  
**F21S 41/32** <sup>(2018.01)</sup> **F21S 41/40** <sup>(2018.01)</sup>  
**F21S 41/143** <sup>(2018.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **17723237.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/AT2017/060107**

(22) Anmeldetag: **26.04.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2017/185118 (02.11.2017 Gazette 2017/44)**

(54) **BELEUCHTUNGSEINHEIT FÜR EINEN KRAFTFAHRZEUGSCHEINWERFER ZUM ERZEUGEN EINES LICHTBÜNDELS MIT HELL-DUNKEL-GRENZE**

LIGHTING DEVICE FOR A VEHICLE HEADLAMP WITH A LIGHT PATTERN HAVING A DARK-LIGHT-BOUNDARY

DISPOSITIF D'ILLUMINATION POUR PHARE DE VÉHICULE AVEC UNE DISTRIBUTION DE LUMIÈRE AYANT UNE COUPURE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(74) Vertreter: **Patentanwaltskanzlei Matschnig & Forsthuber OG**  
**Biberstraße 22**  
**Postfach 36**  
**1010 Wien (AT)**

(30) Priorität: **29.04.2016 AT 503942016**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.03.2019 Patentblatt 2019/10**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 2 993 392 EP-A2- 2 620 695**  
**WO-A1-2013/014046 DE-A1-102004 005 931**  
**DE-A1-102006 007 450 FR-A1- 3 010 772**  
**JP-A- 2010 108 639 US-A1- 2006 061 990**

(73) Patentinhaber: **ZKW Group GmbH**  
**3250 Wieselburg (AT)**

(72) Erfinder: **EICHINGER, Bernd**  
**3375 Krumnussbaum (AT)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 3 449 178 B1**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinheit für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer zum Erzeugen eines Lichtbündels mit Hell-Dunkel-Grenze, wobei die Beleuchtungseinheit umfasst:

- zumindest eine Lichtquelle,
- zumindest einen Kollimator,
- je eine Lichtquelle für jeden Kollimator,
- eine Austrittslinse mit einer Außenfläche,
- einen Brennlinienbereich, welcher zwischen dem zumindest einen Kollimator und der Austrittslinse angeordnet ist,

wobei der zumindest eine Kollimator die von der ihm zugeordneten Lichtquelle in den Kollimator eingespeisten Lichtstrahlen zu einem Lichtbündel von Lichtstrahlen ausrichtet, und wobei Lichtstrahlen des aus dem zumindest einen Kollimator austretenden Lichtbündels in den Brennlinienbereich gelangen, und wobei die aus dem zumindest einen Kollimator austretenden Lichtstrahlen von der Austrittslinse zumindest in vertikaler Richtung derart abgelenkt werden, dass die aus der Austrittslinse austretenden Lichtstrahlen eine Lichtverteilung mit einer Hell-Dunkel-Grenze bilden, wobei sich die Hell-Dunkel-Grenze als Abbildung der Brennlinie bzw. des Brennlinienbereiches durch die Austrittslinse ergibt, und wobei der zumindest eine Kollimator, die Austrittslinse und der Brennlinienbereich einstückig aus einem lichtdurchlässigen Körper gebildet sind, und wobei an zumindest einer Begrenzungsfläche des zumindest einen Kollimator die sich in dem lichtdurchlässigen Körper fortpflanzenden Lichtstrahlen totalreflektiert werden, wobei der zumindest eine Kollimator derart ausgebildet und angeordnet ist, dass aus dem zumindest einen Kollimator austretende Lichtstrahlen in vertikaler Richtung auf eine in dem Brennlinienbereich liegende, geradlinig verlaufende Brennlinie gebündelt werden.

**[0002]** Weiters betrifft die Erfindung eine Beleuchtungsvorrichtung mit zumindest zwei solchen Beleuchtungseinheiten, wobei vorzugsweise die lichtdurchlässigen Körper der Beleuchtungseinheiten horizontal nebeneinander und/oder übereinander liegen, und wobei insbesondere die lichtdurchlässigen Körper der zumindest zwei Beleuchtungseinheiten miteinander verbunden sind, vorzugsweise einstückig ausgebildet sind.

**[0003]** Schließlich betrifft die Erfindung noch einen Kraftfahrzeugscheinwerfer, welcher zumindest eine solche Beleuchtungseinheit bzw. zumindest eine solche Beleuchtungsvorrichtung aufweist.

**[0004]** Eine Beleuchtungseinheit im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung kann in einem Kraftfahrzeug-Scheinwerfer z.B. zur Realisierung eines Teiles einer Abblendlichtverteilung, insbesondere der Vorfeld-Lichtverteilung einer Abblendlichtverteilung oder zur Realisierung von Nebellicht verwendet werden.

**[0005]** Aktuelle Designrends verlangen oftmals Scheinwerfer, welche in vertikaler Richtung schmale und in horizontaler Richtung ausgedehnte, schlitzförmige Lichtaustrittsöffnungen aufweisen. Eine eingangs erwähnte Beleuchtungseinheit kann im Bereich der Lichtaustrittsfläche mit einer geringen Bauhöhe, die bei gewissen Ausführungsformen nur bis zu 10mm oder bis zu 15mm hoch sein kann, realisiert werden, sodass sich eine schlitzförmige, sich in horizontaler Richtung erstreckende Lichtaustrittsfläche ergibt.

**[0006]** Bei den im Stand der Technik offengelegten typischen Beleuchtungseinheiten, wie z.B. eine davon in der DE 60 2006 000 180 T2 beschrieben ist, wird das in den lichtleitenden Körper eingespeiste Licht von einem in dem lichtleitenden Körper ausgebildeten totalreflektierenden Reflektor auf die Austrittslinse umgelenkt.

**[0007]** Aus der FR 3 010 772 A1 ist eine Vorrichtung zur Lichtabstrahlung bekannt, welche einen im Wesentlichen zylindrischen optischen Körper mit einem Lichteintritts- und einem Lichtaustrittsbereich aufweist. Lichtstrahlen propagieren von dem Lichteintrittsbereich durch den optischen Körper zu dem Lichtaustrittsbereich, wobei die Lichtstrahlen in einem Mittelbereich, welcher durch eine Einbuchtung des optischen Körpers gebildet ist, teilweise absorbiert werden.

**[0008]** Aus der EP 2 620 695 A2 ist ein Fahrzeugscheinwerfer mit einem Lichtemitter und einer Projektionslinse bekannt. Ein zentraler Bereich der Projektionslinse ist dazu ausgebildet, Lichtstrahlen parallel zu einer optischen Achse der Projektionslinse abzustrahlen. Ein Randbereich der Projektionslinse ist dazu ausgebildet, Lichtstrahlen unter einem Winkel zur optischen Achse abzustrahlen.

**[0009]** Die DE 10 2006 007 450 A1 zeigt eine Beleuchtungseinrichtung in einem Fahrzeug mit einem Primärreflektor zur Erzeugung einer Kernlichtverteilung und einem zur Erzeugung einer peripheren Lichtverteilung mit einer Linse zusammenwirkenden Sekundärreflektor.

**[0010]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Beleuchtungseinheit zu schaffen, welche die Lichtverteilung verbreitert und wobei sich die Hell-Dunkel-Grenze nach Außen nicht aufbiegt.

**[0011]** Diese Aufgabe wird mit einer Beleuchtungseinheit mit den kennzeichnenden Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

**[0012]** Es hat sich herausgestellt, dass bei erfindungsgemäßer Ausgestaltung des Kollimators auf einen Reflektor und entsprechend auf eine Umlenkung der aus dem Kollimator austretenden Lichtstrahlen verzichtet werden kann, wodurch sich die Bauhöhe des lichtleitenden Optikkörpers und somit jene der Beleuchtungseinheit deutlich verringern lässt.

**[0013]** Bei der oben genannten DE 60 2006 000 180 T2 ist vorgesehen, dass die Lichtaustrittsfläche, d.h. die Außenfläche der Austrittslinse, glatt ausgebildet ist. Dabei hat sich herausgestellt, dass oftmals das damit erzielbare Lichtbild bzw. die erzielbare Lichtverteilung in horizontaler Richtung nicht ausreichend breit ist und die Ausleuchtung der Straße störende Inhomogenitäten aufweist.

**[0014]** Der Optikkörper ist vorzugsweise ein Vollkörper.

**[0015]** Bei der vorliegenden Beleuchtungseinheit ist vorgesehen, dass die Außenfläche der Austrittslinse durch eine rillenförmige Struktur in einer glatten Basisfläche gebildet ist, wobei die die rillenförmige Struktur bildenden Rillen in im Wesentlichen vertikaler Richtung verlaufen, und wobei jeweils zwei in horizontaler Richtung nebeneinander liegende Rillen durch eine, insbesondere im Wesentlichen vertikal verlaufende, Erhebung, die sich über die gesamte Vertikalerstreckung der Rillen erstreckt, getrennt sind, wobei sich die Rillentiefe, insbesondere linear, von einem bestimmten Ausgangswert  $A_0$  an einer

Oberkante der Austrittslinse auf einen Wert von Null an einer Unterkante der Austrittslinse verändert. Die glatte Basisfläche ist vorzugsweise C0-stetig und weist insbesondere keine horizontal verlaufenden Kanten auf.

**[0017]** Wie eingangs beschrieben kann mit einer glatten Außenfläche der Austrittslinse oftmals nicht die notwendige Breite für das gewünschte Lichtbild, insbesondere nicht für eine Vorfeld-Lichtverteilung einer Abblendlichtverteilung, erzielt werden. Insbesondere bei einem Verzicht auf einen umlenkenden Reflektor wie bei der vorliegenden Erfindung vorgesehen kann dies problematisch sein. Durch die vorgesehene Struktur auf der Außenfläche der Austrittslinse wird ein horizontales Verwischen der austretenden Lichtstrahlen erreicht, wodurch sich die gewünschte Breite der Lichtverteilung erzielen lässt. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die zumindest eine Begrenzungsfläche des zumindest einen Kollimators derart ausgebildet ist, dass das auf dieser zumindest einen Begrenzungsfläche total-reflektierte Licht der dem Kollimator zugeordneten Lichtquelle in vertikaler Richtung konvergierend abgestrahlt wird, sodass es auf die Brennnlinie oder in den Brennlinsenbereich gebündelt wird.

**[0018]** Insbesondere kann vorgesehen sein, dass ein zentraler Einkoppel-Bereich des zumindest einen Kollimators in Form einer Linse, insbesondere in Form einer Freiformlinse derart ausgebildet ist, dass über den zentralen Einkoppel-Bereich in den Kollimator eingekoppeltes Licht in vertikaler Richtung konvergierend abgestrahlt wird, sodass es auf die Brennnlinie oder in den Brennlinsenbereich gebündelt wird.

**[0019]** Weiters kann mit Vorteil vorgesehen sein, dass alle aus dem Kollimator austretenden Lichtstrahlen in vertikaler Richtung auf die Brennnlinie oder in den Brennlinsenbereich gebündelt werden.

**[0020]** Es ist vorgesehen, dass der zumindest eine Kollimator, insbesondere zumindest eine Begrenzungsfläche und/oder ein zentraler Einkoppel-Bereich, des zumindest einen Kollimators, derart ausgebildet ist bzw. sind, dass in horizontaler Richtung die von dem zumindest einen Kollimator austretenden Lichtstrahlen parallel zueinander verlaufen.

**[0021]** Auf diese Weise lässt sich eine verbesserte Homogenität der Lichtstrahlen im Bereich an der Austrittslinse erzielen.

**[0022]** Es kann auch vorgesehen sein, dass der zumindest eine Kollimator, insbesondere zumindest eine Begrenzungsfläche oder ein zentraler Einkoppel-Bereich, derart ausgebildet ist bzw. sind, dass in horizontaler Richtung die von dem zumindest einen Kollimator austretenden Lichtstrahlen konvergierend verlaufen, vorzugsweise derart, dass sich die Lichtstrahlen in etwa im Bereich der Austrittslinse, insbesondere in etwa im Bereich der Außenfläche der Austrittslinse, überkreuzen.

**[0023]** Auf diese Weise lässt sich bei gegenbener Breite des lichtleitenden (Optik-)Körpers die Breite der Lichtverteilung vergrößern.

**[0024]** Der Linsenbereich ist im allgemeinen eine Freiformlinse, mit zumeist positiver Brechkraft, die aber nicht rotationssymmetrisch ist. Die sogenannten Ost-/West-/Nord-/Süd-Kurven der Außenfläche des Kollimators sind vorzugsweise ebenfalls Freiformkurven. Für ein Fokussieren (konvergierende Strahlenbündel) stellen diese Kurven, vereinfacht dargestellt, eine Aneinanderreihung in etwa „elliptischer“ Kurvenabschnitte dar, für ein Parallelrichten ergeben sich, vereinfacht dargestellt, in etwa „parabelartige“ Kurvenzüge. Hat man diese Kurven, beispielsweise die oben angesprochenen Ost-/West-/Nord-/Süd-Kurven (oder andere Kurven, bzw. eine andere Anzahl an Kurven) bestimmt, werden diese zu einer vorzugsweise zumindest G1-stetigen Fläche verbunden und zwar beispielsweise dergestalt, dass bei jedem konstanten Z (Parallelebenen, die normal zur optischen Achse sind) die beiden zugeordneten Kurvenpunkte auf einer Ellipse liegen. Durch eine entsprechende Wahl der Tangentenrichtungen an diesen Anschlußpunkten entsteht eine geschlossene Umrisskurve, die die G1-Stetigkeitsbedingung erfüllt.

**[0025]** Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Beleuchtungseinheit genau einen Kollimator mit einer zugeordneten Lichtquelle aufweist. Ein Kraftfahrzeugscheinwerfer besteht beispielhaft aus acht bis fünfzehn erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheiten.

**[0026]** Besonders bevorzugt ist es, wenn der zumindest eine Kollimator und die Austrittslinse derart zueinander angeordnet sind, dass aus dem zumindest einen Kollimator austretendes Licht direkt, insbesondere ohne vorherige Um-

lenkung und/oder Reflexion, zu der Austrittslinse gelangt.

**[0027]** Vorzugsweise liegt die Lichtquelle mit ihrem zugeordneten Kollimator an einem Ende des lichtdurchlässigen Optikkörpers, an dem anderen, gegenüberliegenden Ende liegt die Austrittslinse, dazwischen lediglich der Brennlinsenbereich mit der Brennlinie; auf einen umlenkenden Reflektor wird verzichtet, sodass der Optikkörper deutlich niedriger gebaut werden kann.

**[0028]** Beispielsweise ist vorgesehen, dass eine Lichtaustrittsfläche des zumindest einen Kollimators im Wesentlichen normal auf eine optische Achse der Austrittslinse steht.

**[0029]** Jeder Kollimator weist eine Lichtaustrittsfläche auf, welche eben ausgebildet, mit dieser geht der Kollimator einstückig in den Optikkörper aus vorzugsweise identem Material über, sodass diese Lichtaustrittsfläche keine optische Wirkung aufweist.

**[0030]** Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die zumindest eine Lichtquelle

- tiefer liegt als der Brennlinsenbereich bzw. die Brennlinie, oder
- höher liegt als der Brennlinsenbereich bzw. die Brennlinie, oder
- auf gleicher Höhe wie der Brennlinsenbereich bzw. die Brennlinie.

**[0031]** Es kann vorgesehen sein, dass an der Unterseite des Optikkörpers zwei aufeinander zu laufende Optikkörper-Außenflächen eine Körperkante bilden, welche im Bereich der Brennlinie bzw. im Brennlinsenbereich liegt oder den Brennlinsenbereich bildet. Durch Wahl des vertikalen Normalabstands der Körperkante von der optischen Achse bzw. der Brennlinie kann die Größe der Absenkung der abgeblendeten Lichtverteilung festgelegt werden.

**[0032]** Dabei kann es zweckmässig sein, dass die dem zumindest einen Kollimator zugewandte Optikkörper-Außenfläche an ihrer Außenseite zumindest bereichsweise, vorzugsweise in ihrem gesamten Bereich, für sich in dem Optikkörper fortpflanzendes, auf diese Optikkörper-Außenfläche auftreffendes Licht, Licht absorbierend ausgebildet ist.

**[0033]** Beispielsweise kann die entsprechende Optikkörper-Außenfläche abgedeckt sein, etwa mit einem schwarzen Abdeckelement, z.B. einer Blende, oder einer entsprechenden Beschichtung etc. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass Licht unkontrolliert aus dem Optikkörper austreten kann oder wieder in den Optikkörper zurückreflektiert wird und sich dort dann unkontrolliert ausbreitet.

**[0034]** Wie weiter oben beschrieben, ist bei der vorliegenden Beleuchtungseinheit vorzugsweise vorgesehen, dass die Außenfläche der Austrittslinse durch eine rillenförmige Struktur in einer glatten Basisfläche gebildet ist. Vorzugsweise kann dabei in diesem Zusammenhang vorgesehen sein, dass die sich bei einem Schneiden der glatten Basisfläche mit ersten, nicht-vertikalen Schnittebenen ergebenden ersten Basis-Schnittkurven geradlinig verlaufen, und wobei die sich bei einem Schneiden der Außenfläche mit diesen ersten Schnittebenen ergebenden ersten Außenflächen-Schnittkurven einen sinusförmigen Verlauf aufweisen.

**[0035]** Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die ersten Außenflächen-Schnittkurven in den ersten Schnittebenen, in Bezug auf die Basis-Schnittkurve der jeweiligen ersten Schnittebene, proportional zu  $\sin^N(k \cdot x)$  verlaufen, mit  $N = 1, 2, 3, \dots$ , wobei  $x$  die Koordinate entlang der jeweiligen Basis-Schnittkurve und  $k$  eine Konstante bezeichnet.

**[0036]** Dabei kann vorgesehen sein, dass die Nulldurchgänge der sinusförmigen ersten Außenflächen-Schnittkurven auf den ersten Basis-Schnittkurven liegen.

**[0037]** Es gilt somit, dass der Verlauf proportional zu  $\sin^N(k \cdot x) + c$  mit  $c = 0$  ist.

**[0038]** Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Wert für die Konstante  $k$  für alle ersten Außenflächen-Schnittkurven identisch ist.

**[0039]** Weiters kann es zweckmässig sein, wenn die sich bei einem Schneiden der glatten Basisfläche mit zweiten, vertikalen Schnittebenen, welche parallel zu einer optischen Achse der Austrittslinse verlaufen, ergebenden zweiten Basis-Schnittkurven gekrümmt, insbesondere nach Außen gekrümmt, ausgebildet sind, wobei vorzugsweise die zweiten Basis-Schnittkurven stetig sind.

**[0040]** In diesem Zusammenhang zweckmässig kann es sein, wenn die sich bei einem Schneiden der Außenfläche mit definierten zweiten Schnittebenen ergebenden zweiten Außenflächen-Schnittkurven Punkte der Außenfläche mit maximalem Abstand zu der Basisfläche miteinander verbinden.

**[0041]** Insbesondere ist es dabei günstig, wenn bei einem Fortschreiten entlang der zweiten Basis-Schnittkurve in den definierten Schnittebenen der Normalabstand zu der zweiten Außenflächen-Schnittkurve eine Funktion  $A(s)$  eines Parameters  $s$ , welcher die Position auf der zweiten Basis-Schnittkurve angibt, ist.

**[0042]** Die zweiten Schnittebenen sind vertikale Ebenen parallel zu der optischen Achse des lichtdurchlässigen Körpers, d.h. der Austrittslinse des optischen Körpers.

**[0043]** Unter der optischen Achse ist die optische Achse des optischen Körpers, insbesondere die Mittenlinie des Optikkörpers definiert in Bezug auf den Apex der Austrittslinse, zu verstehen.

**[0044]** In einem betrachteten Punkt auf der Basisfläche ergeben sich die ersten Schnittebene wie folgt: die erste Schnittebene in dem betrachteten Punkt ist eine Ebene, die normal steht auf die Tangentialebene an die Basisfläche, wobei diese Ebene, d.h. die erste Schnittebene, weiters noch normal auf die zweite Schnittebene, in welcher der Punkt

liegt, steht. Bei der zweiten Schnittebene handelt es sich, wie oben schon ausgeführt, um eine vertikale Schnittebene durch die glatte Basisfläche, welche parallel zu der optischen Achse (oder durch diese optische Achse) verläuft, und in welcher der betrachtete Punkt liegt.

**[0045]** Bei einer Basisfläche, welche lediglich in vertikaler Richtung gekrümmt ist, in horizontaler Richtung normal auf die optische Achse aber geradlinig verläuft, ändert sich zwischen benachbarten ersten Schnittebenen zwar der Winkel in Bezug auf die optische Achse, in horizontaler Richtung normal zu der optischen Achse verlaufen hingegen alle Schnittebenen geradlinig und "parallel" zueinander.

**[0046]** Dabei ist mit Vorteil vorgesehen, dass sich bei einem Fortschreiten entlang der zweiten Basis-Schnittkurve der Normalabstand  $A(s)$  kontinuierlich vergrößert, wobei vorzugsweise der Normalabstand an einem unteren Rand der Basisfläche geringer ist als an einem oberen Rand der Basisfläche, wobei sich der Normalabstand  $A(s)$  beispielsweise nach dem Zusammenhang  $A(s) = A_0 \cdot (K - s)$ , mit  $s \in [0, 1]$ , wobei  $s = 0$  die Position am oberen Rand und  $s = 1$  die Position am unteren Rand bezeichnet, und  $K = 1$  oder  $K > 1$ , ergibt.

**[0047]** Für  $K = 1$  ist somit  $A_0$  der Normalabstand an einem oberen oder unteren, vorzugsweise dem oberen Rand ( $s = 0$ ) der Basisfläche (BF), am unteren Rand ( $s = 1$ ) gilt dementsprechend  $A(1) = 0$ .

**[0048]** Für einen Wert  $K > 1$  gilt, dass am oberen Rand ( $s = 0$ ) der Normalabstand  $A(0) = K \cdot A_0$  ist, und am unteren Rand ist der Normalabstand  $A(1) = A_0 \cdot (K - 1) > 0$ .

**[0049]** Im Fall mit  $K > 1$  hat sich teilweise eine bessere optische Effizienz gezeigt als im Fall  $K = 1$ .

**[0050]** Somit gibt es bei dieser Ausgestaltung vertikale zweite Schnittebenen, in welchen jeweils die übereinander liegenden "Nulldurchgänge", also jene Bereiche, wo die Außenfläche und die Basisfläche zusammenfallen, miteinander durch entsprechende zweite Außenflächen-Schnittkurven, die in diesem Fall mit den zweiten Basis-Schnittkurven zusammenfallen, verbunden sind.

**[0051]** Genauso gibt es zweite Schnittebenen, in welchen die zweiten Außenflächen-Schnittkurven die negativen Normalabstände/Amplituden miteinander verbinden. Für eine eindeutige Beschreibung ist es aber ausreichend, die zweiten Außenflächen-Schnittkurven für die "positiven" Normalabstände/Amplituden anzugeben, die anderen Zusammenhänge ergeben sich durch den Sinus-Verlauf in den ersten Schnittebenen.

**[0052]** Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Außenfläche der Austrittslinse in vertikaler Richtung nach Außen gekrümmt ist, und in horizontaler Richtung vorzugsweise geradlinig verläuft, und beispielsweise durch eine Zylinderfläche mit geradem Querschnitt entlang einer nach außen konvexen Kurve gebildet ist. Ein Beispiel für eine solche nach Außen konvexe Kurve ist eine asphärische Linsenkontur genannt.

**[0053]** Beispielsweise handelt es sich um eine Freiformlinse, die in vertikaler Richtung nach Außen gekrümmt und in horizontaler Richtung nicht gekrümmt ist.

**[0054]** Die zumindest eine Lichtquelle umfasst vorzugsweise eine oder mehrere halbleiterbasierte lichtemittierende Elemente, z.B. eine Leuchtdiode oder eine Mehrzahl von Leuchtdioden, und/oder z.B. zumindest eine Laserlichtquelle umfassend zumindest eine Laserdioden mit zumindest einer Konversionsschicht, umfasst.

**[0055]** Generell wird bevorzugt eine Lichtquelle, z.B. eine der oben beschriebenen Lichtquellen, verwendet, welche eine ebene Licht emittierende Fläche aufweist bzw. deren Licht emittierende Flächen in einer Ebene liegen. Bevorzugt ist dann weiters noch vorgesehen, dass die Normale auf diese ebene Licht emittierende Fläche bzw. diese Ebene (der Licht emittierenden Flächen) normal auf die Lichtaustrittsfläche des der Lichtquelle zugeordneten Kollimators steht und/oder parallel zu der optischen Achse der Austrittslinse verläuft. Denkbar sind auch Verkippungswinkel zwischen der Normalenrichtung und der optischen Achse, insbesondere Verkippungswinkel von max.  $10^\circ$ . Dies kann z.B. bei der Kombination von mehreren Beleuchtungseinheiten nebeneinander von Vorteil sein, wo die Austrittslinse zur Ausbreitungsrichtung geneigt ist (Fahrzeugstrak), sodass die LEDs noch auf einer gemeinsamen Platte montiert werden können.

**[0056]** Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist zusammenfassend eine sinusförmige Rillenoptik vorgesehen, wobei die Sinus-Funktion normal zu der Linsenoberfläche, d.h. der glatten Basisfläche der Austrittslinse steht. Die Periode bleibt vorzugsweise unverändert, während vorzugsweise sich die Rillentiefe (Amplitude), insbesondere linear, z.B. wie oben beschrieben von einem bestimmten Ausgangswert  $A_0$  oder  $A_0 \cdot K$  (mit diesem Wert kann die Breite der Lichtverteilung eingestellt werden) an der Oberkante der Lichtaustrittsfläche auf einen Wert von Null oder  $A_0 \cdot (K - 1)$  an der Unterkante der Linse verändert.

**[0057]** Damit kann erreicht werden, dass sich die Lichtverteilung wie gewünscht verbreitert, und überraschender Weise hat sich dabei auch ergeben, dass sich die Hell-Dunkel-Grenze nach Außen, auch bei einer geradlinig verlaufenden Brennpunktlinie des lichtdurchlässigen Körpers, nicht aufbiegt.

**[0058]** Im Folgenden ist die Erfindung an Hand der Zeichnung näher erörtert. In dieser zeigt

Fig. 1 die wesentlichen Bestandteile einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheit für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer in einer ersten perspektivischen Ansicht,

Fig. 1a die Beleuchtungseinheit aus Figur 1 in einer anderen perspektivischen Ansicht,

Fig. 2 eine Draufsicht auf eine Beleuchtungseinheit aus Figur 1,

Fig. 2a einen Vertikalschnitt durch die Beleuchtungseinheit aus Figur 1,

Fig. 2b einen Detailausschnitt des Brennlinsenbereichs (Position der Körperkante zur optischen Achse mit offset)

Fig. 3 den Strahlenverlauf in dem Optikkörper der Beleuchtungseinheit in vertikaler Richtung in einer Ebene, welche die optische Achse enthält,

Fig. 3a einen Strahlenverlauf in dem Optikkörper der Beleuchtungseinheit in horizontaler Richtung in einer Ebene, welche die optische Achse enthält,

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht eines vorderen Teils einer Beleuchtungseinheit mit einem lichtdurchlässigen Körper, dessen Austrittslinse keine Rillenstruktur aufweist,

Fig. 4a eine mit einer Beleuchtungseinheit aus Figur 4 erzeugte Lichtverteilung,

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht eines vorderen Teils einer Beleuchtungseinheit mit einem lichtdurchlässigen Körper, dessen Austrittslinse eine Rillenstruktur aufweist, und

Fig. 5a die mit dieser erzeugte Lichtverteilung,

Fig. 6 zeigt in einem Vertikalschnitt einen vergrößerten Ausschnitt des lichtdurchlässigen Körpers aus Figur 5 zwischen seiner Brennlinie und der Lichtaustrittsfläche,

Fig. 7 den Verlauf der Lichtaustrittsfläche der Austrittslinse des lichtdurchlässigen Körpers in einem Schnitt entlang einer beispielhaften ersten Schnittebene SE1 aus Figur 6,

Fig. 8 nochmals den Vertikalschnitt aus Figur 6 mit exemplarischen Schnittflächen A-A, B-B, C-C und D-D,

Fig. 9a - Fig. 9d den Verlauf der Lichtaustrittsfläche der Austrittslinse des lichtdurchlässigen Körpers in den verschiedenen Schnitten A-A, B-B, C-C und D-D gemäß Figur 8 für  $K = 1$ , und

Fig. 10a - Fig. 10d den Verlauf der Lichtaustrittsfläche der Austrittslinse des lichtdurchlässigen Körpers in den verschiedenen Schnitten A-A, B-B, C-C und D-D gemäß Figur 8 für  $K > 1$ ,

Fig. 11 eine Beleuchtungsvorrichtung umfassend vier erfindungsgemäße Beleuchtungseinheiten, und

Fig. 12 eine Vorderansicht einer Beleuchtungsvorrichtung mit sechs Beleuchtungseinheiten.

**[0059]** Im Rahmen dieser Beschreibung sind die Begriffe "oben", "unten", "horizontal", "vertikal" als Angaben der Ausrichtung zu verstehen, wenn die Einheit in normaler Benutzungsstellung angeordnet ist, nachdem sie in einer im Fahrzeug montierten Beleuchtungsvorrichtung eingebaut wurde.

**[0060]** Die Figuren 1, 1a, 2 und 2a zeigen eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinheit 100 für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer zum Erzeugen eines Lichtbündels mit Hell-Dunkel-Grenze. Die Beleuchtungseinheit umfasst eine Lichtquelle 1, einen Kollimator 2, eine Austrittslinse 3 mit einer Außenfläche 3a sowie einen Brennlinsenbereich 4, welcher zwischen dem Kollimator 2 und der Austrittslinse 3 angeordnet ist.

**[0061]** Kollimator 2, Austrittslinse 3 und Brennlinsenbereich 4 sind aus einem lichtdurchlässigen, einstückigen Körper 101 ("Optikkörper") gebildet, wobei es sich bei dem Optikkörper 101 vorzugsweise - generell, d.h. nicht auf die vorliegende Ausführungsform beschränkt - um einen Vollkörper handelt, d.h. um einen Körper, der keine Durchgangsöffnungen oder Öffnungseinschlüsse aufweist.

**[0062]** Das lichtdurchlässige Material, aus dem der Körper 101 gebildet ist, weist vorzugsweise einen Brechungsindex größer als jener von Luft auf. Das Material enthält z.B. PMMA (Polymethylmethacrylat) oder PC (Polycarbonat) und ist insbesondere vorzugsweise daraus gebildet. Der Körper 101 kann aber auch aus anorganischen Glasmaterial gefertigt sein.

**[0063]** In dem gezeigten Beispiel weist der Optikkörper 1 zwei an seiner Unterseite aufeinander zu laufende Optikkörper-Außenflächen 1a, 1b auf, welche in eine Körperkante 4' zusammenlaufen. Diese Körperkante 4' liegt im Bereich der Brennlinie FL der Austrittslinse bzw. im Brennlinsenbereich 4. Dabei kann es zweckmäßig sein, dass die dem

Kollimator 2 zugewandte Optikkörper-Außenfläche 1a an ihrer Außenseite zumindest bereichsweise, vorzugsweise in ihrem gesamten Bereich, für sich in dem Optikkörper 1 fortpflanzendes, auf diese Optikkörper-Außenfläche 1a auftretendes Licht, Licht absorbierend ausgebildet ist.

**[0064]** Beispielsweise kann die entsprechende Optikkörper-Außenfläche 1a abgedeckt sein, etwa mit einem schwarzen Abdeckelement, z.B. einer Blende, oder einer entsprechenden Beschichtung etc. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass Licht unkontrolliert aus dem Optikkörper austreten kann oder wieder in den Optikkörper zurückreflektiert wird und sich dort dann unkontrolliert ausbreitet.

**[0065]** Die Lichtquelle 1 umfasst eine oder mehrere halbleiterbasierte lichtemittierende Elemente, z.B. eine Leuchtdiode oder eine Mehrzahl von Leuchtdioden, und/oder z.B. zumindest eine Laserlichtquelle umfassend zumindest eine Laserdioden mit zumindest einer Konversionsschicht. Die Lichtquelle 1 liegt in dem gezeigten Beispiel tiefer als der Brennnlinienbereich 4 bzw. die Brennnlinie FL.

**[0066]** Der Kollimator 2 ist derart ausgebildet und angeordnet, dass zumindest Teile oder alle von der Lichtquelle 1 in den Kollimator 2 eingespeisten Lichtstrahlen S1 aus dem Kollimator 2 derart austreten (Lichtstrahlen S2), dass sie in vertikaler Richtung auf die Brennnlinie FL oder in den Brennnlinienbereich 4 gebündelt werden, wie dies in Figur 3 dargestellt ist.

**[0067]** Dazu ist vorzugsweise vorgesehen, dass eine äußere Begrenzungsfläche 2a des Kollimators 2 derart ausgebildet ist, dass das auf dieser Begrenzungsfläche 2a total-reflektierte Licht in vertikaler Richtung konvergierend abgestrahlt wird, sodass es auf die Brennnlinie FL oder in den Brennnlinienbereich 4 gebündelt wird.

**[0068]** Der Kollimator 2 weist eine Einkoppel-Ausnehmung 2' auf, welche seitliche Einkoppelfläche 2c aufweist, über welche von der Lichtquelle 1 eingekoppeltes Licht S1 auf die Begrenzungsfläche 2a abgestrahlt wird.

**[0069]** Weiters weist die Einkoppel-Ausnehmung 2' einen zentralen Einkoppel-Bereich 2b auf, welcher vorzugsweise in Form einer Linse, insbesondere in Form einer Freiformlinse 2b' derart ausgebildet ist, dass über den zentralen Einkoppel-Bereich 2b in den Kollimator 2 eingekoppeltes Licht S1 in vertikaler Richtung konvergierend abgestrahlt wird (Lichtstrahlen S2), sodass es auf die Brennnlinie FL oder in den Brennnlinienbereich 4 gebündelt wird.

**[0070]** Die aus dem Kollimator 2 austretenden Lichtstrahlen S2 werden schließlich von der Austrittslinse 3 zumindest in vertikaler Richtung V derart abgelenkt werden, dass die aus der Austrittslinse 3 austretenden Lichtstrahlen S3 eine Lichtverteilung mit einer Hell-Dunkel-Grenze bilden, wobei sich die Hell-Dunkel-Grenze als Abbildung der Brennnlinie FL bzw. des Brennnlinienbereiches 4 durch die Austrittslinse 3 ergibt.

**[0071]** Wie in Figur 2a zu erkennen ist, liegt in dem dort gezeigten Beispiel die Brennnlinie FL, welche in der optischen Achse Z der Austrittslinse liegt, in vertikaler Richtung ungefähr auf Höhe der Körperkante 4' oder geringfügig darunter. Figur 2b zeigt in diesem Zusammenhang eine weitere Ausführungsmöglichkeit, bei welcher die Körperkante 4' oberhalb der Brennnlinie FL der Austrittslinse 3 liegt. Über eine solche Höhendifferenz in der vertikalen Richtung lässt sich das Ausmass der Absenkung der Hell-Dunkel-Grenze im Lichtbild einstellen.

**[0072]** Figur 3a zeigt, wie die aus dem aus dem Kollimator 2 "austretenden" Lichtstrahlen S2 in horizontaler Richtung verlaufen. Gemäß Figur 3a ist der Kollimator 2 derart ausgebildet, insbesondere seine Begrenzungsfläche 2a und der zentrale Einkoppel-Bereich 2b in Form einer Freiformlinse 2b', dass die aus dem Kollimator "austretenden" Lichtstrahlen S2 in horizontaler Richtung parallel zueinander, und vorzugsweise auch parallel zur optischen Achse Z, verlaufen. Auf diese Weise lässt sich eine verbesserte Homogenität der Lichtstrahlen im Bereich an der Austrittslinse und der Lichtverteilung erzielen.

**[0073]** Wie in den Figuren 1, 1a und 2, 2a sowie 3, 3a zu erkennen ist, sind der Kollimator 2 und die Austrittslinse 3 derart zueinander angeordnet, dass aus dem Kollimator 2 austretendes Licht S2 direkt, insbesondere ohne vorherige Umlenkung und/oder Reflexion durch einen Reflektor, zu der Austrittslinse 3 gelangt.

**[0074]** Konkret liegt die Lichtquelle 1 mit ihrem zugeordneten Kollimator 2 an einem Ende des lichtdurchlässigen Optikkörpers 101, an dem anderen, gegenüberliegenden Ende liegt die Austrittslinse 3, dazwischen lediglich der Brennnlinienbereich 4 mit der Brennnlinie FL; auf einen umlenkenden Reflektor wird verzichtet, sodass der Optikkörper 101 deutlich niedriger gebaut werden kann.

**[0075]** Beispielsweise ist vorgesehen, dass eine Lichtaustrittsfläche 2d des Kollimators 2 im Wesentlichen normal auf eine optische Achse Z der Austrittslinse 3 steht. Der Kollimator 2 weist eine Lichtaustrittsfläche 2d auf, welche eben ausgebildet, mit dieser geht der Kollimator 2 einstückig in den Rest des Optikkörpers aus vorzugsweise identem Material über, sodass diese Lichtaustrittsfläche 2d keine optische Wirkung aufweist.

**[0076]** Die Brennnlinie FL liegt im Brennnlinienbereich 4 des Körpers 101 und fällt vorzugsweise im Wesentlichen mit der Brennnlinie der Austrittslinse 3 zusammen.

**[0077]** Der Brennnlinienbereich 4 ist um eine Kante in dem Körper 101 angeordnet. Durch Abbildung der Kante 4, bei der es sich um eine gekrümmte Linie, insbesondere mit geringer Krümmung oder besonders vorzugsweise um eine gerade Linie handelt, wird die HD-Linie gebildet.

**[0078]** Das möglicherweise unterhalb der Kante 4 über die Fläche 1a austretende Licht wird abgeschattet/abgeblockt bzw. absorbiert, indem die unterhalb der Kante 4 liegende Fläche 1a z.B. durch eine Blende oder eine dunkle, z.B. schwarze oder braune Beschichtung an ihrer Außenseite, etc., abgeschattet wird, um Fehl/Streulicht zu vermeiden

Die Außenfläche 3a der Austrittslinse 3 des Körpers 101 ist in vertikaler Richtung nach Außen gekrümmt, und zwar vorzugsweise derart, dass in einem mittleren Bereich die Austrittsfläche in Lichtaustrittsrichtung weiter vorne ist als ihr oberer und unterer Randbereich. In horizontaler Richtung verläuft die Austrittslinse vorzugsweise geradlinig, und ist beispielsweise durch eine Zylinderfläche mit geradem Querschnitt entlang einer nach außen konvexen Kurve gebildet ist, oder durch eine Freiformlinse, die in vertikaler Richtung nach Außen gekrümmt und in horizontaler Richtung nicht gekrümmt ist.

**[0079]** Figur 4 zeigt den vorderen Teil einer Beleuchtungseinheit 101', von welcher ausgehend eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinheit 101 wie bereits in den vorstehenden Figuren prinzipiell angedeutet abgeleitet werden kann. Die in Figur 4 teilweise gezeigte Beleuchtungseinheit 101' weist eine Austrittslinse 3' mit einer glatten Austrittsfläche 3a' auf.

**[0080]** Figur 4a zeigt eine Lichtverteilung mit einer Hell-Dunkel-Grenze, z.B. eine Abblendlichtverteilung oder einen Teil, z.B. das Vorfeld einer Abblendlichtverteilung. Eine solche Lichtverteilung hat eine gewisse Breite, wie in Figur 4a angedeutet.

**[0081]** Ausgehend von einer solchen Beleuchtungseinheit 101' ist nun in Figur 5 der vordere Teil einer bereits an Hand der Figuren 1, 1a, 2, 2a und 3, 3a beschriebenen Beleuchtungseinheit 101 dargestellt.

**[0082]** Der Unterschied zu der Ausführung nach Figur 4 liegt darin, dass bei der Beleuchtungseinheit 101 aus Figur 5 die Außenfläche 3a der Austrittslinse 3 aus einer glatten Basisfläche BF (entsprechend der Austrittsfläche 3a' aus Figur 4) besteht, welche mit einer rillenförmigen Struktur versehen ist, wobei die die rillenförmige Struktur bildenden Rillen 3b in vertikaler Richtung, also von oben nach unten, verlaufen. Konkret ist die Außenfläche 3a der Austrittslinse 3 durch eine rillenförmige Struktur in einer glatten Basisfläche BF gebildet, wobei die die rillenförmige Struktur bildenden Rillen 3b in im Wesentlichen vertikaler Richtung verlaufen, und wobei vorzugsweise jeweils zwei in horizontaler Richtung nebeneinander liegende Rillen 3b durch eine, insbesondere im Wesentlichen vertikal verlaufende, Erhebung, die sich vorzugsweise über die gesamte Vertikalerstreckung der Rillen 3b erstreckt, getrennt sind.

**[0083]** Wie eingangs beschrieben kann mit einer glatten Außenfläche BF, 3a' der Austrittslinse oftmals nicht die notwendige Breite für das gewünschte Lichtbild, insbesondere nicht für eine Vorfeld-Lichtverteilung einer Abblendlichtverteilung, erzielt werden. Durch eine Struktur auf der Außenfläche der Austrittslinse wird ein horizontales Verwischen der austretenden Lichtstrahlen erreicht, wodurch sich die gewünschte Breite der Lichtverteilung erzielen lässt, wie dies schematisch in Figur 5a gezeigt ist. Darüberhinaus wird die Qualität der Lichtverteilung deutlich verbessert, da der Homogenitätseindruck sich durch die Struktur auf der Außenfläche der Austrittslinse verbessert.

**[0084]** Die Figuren 6 - 8, 9a - 9d, 10a - 10d zeigen im Folgenden noch eine bevorzugte Ausgestaltung dieser erfindungsgemäßen Rillenstruktur.

**[0085]** Figur 6 und Figur 8 zeigen Vertikalschnitte durch den Körper 101, und zwar jeweils einen vergrößerten Ausschnitt des lichtdurchlässigen Körpers zwischen seiner Brennpunktlinie FL und der Lichtaustrittsfläche 3a.

**[0086]** Figur 6 zeigt dabei einen zweiten vertikalen Schnitt, welcher einen betrachteten Punkt P auf der Basisfläche BF enthält, die Figur 8 zeigt einen zweiten vertikalen Schnitt SE2, in welchem vier beispielhaft betrachtete Punkte PA, PB, PC und PD liegen.

**[0087]** Schneidet man die glatte Basisfläche BF mit ersten, nicht-vertikalen Schnittebenen SE1 (diese Schnittebenen SE1 sind weiter unten noch genauer erörtert), beispielsweise im Punkt P (Figur 6) oder entsprechend den Schnitten A-A, B-B, C-C, D-D (Figur 8), so ergeben sich erste Basis-Schnittkurven BSK1, die geradlinig verlaufen, wobei die sich bei einem Schneiden der Außenfläche 3a mit diesen ersten Schnittebenen SE1 ergebenden ersten Außenflächen-Schnittkurven SK1 (die dem Verlauf der Linsen-Außenfläche in diesen Schnittebenen SE1 entsprechen) einen sinusförmigen Verlauf aufweisen.

**[0088]** Bei der glatten Basisfläche handelt es sich um ein gedankliches Konstrukt, in Bezug auf welche die dann tatsächlich realisierte Außenfläche beschrieben wird. Bei den ersten, nicht vertikalen Schnittebenen SE1 handelt es sich um eine Vielzahl an solchen nicht-vertikalen Schnittebenen, die im Folgenden noch genau definiert werden.

**[0089]** In dem gezeigten, bevorzugten Beispiel verlaufen die ersten Außenflächen-Schnittkurven SK1 in den ersten Schnittebenen SE1, in Bezug auf die Basis-Schnittkurve BSK1 der jeweiligen ersten Schnittebene SE1, proportional zu  $\sin^N(k \cdot x)$ , mit  $N = 1, 2, 3, \dots$  (im gezeigten Beispiel  $N = 1$ ), wobei  $x$  die Koordinate entlang der jeweiligen Basis-Schnittkurve BSK1 und  $k$  eine Konstante bezeichnet.

**[0090]** Dabei kann vorgesehen sein, dass die Nulldurchgänge der sinusförmigen ersten Außenflächen-Schnittkurven SK1 auf den ersten Basis-Schnittkurven BSK1 liegen. Es gilt somit, dass der Verlauf proportional zu  $\sin^N(k \cdot x) + c$  mit  $c = 0$  ist.

**[0091]** Figur 7 zeigt eine solche beispielhafte erste Schnittebene SE1, in welcher der Punkt P liegt, welche normal auf die Tangentialebene TE in dem Punkt P steht (Figur 6), zur allgemeinen Veranschaulichung der Zusammenhänge. In diesem Schnitt ist die Linsen-Außenfläche in Bezug auf eine erste Basis-Schnittkurve BSK1 dargestellt. Die Basis-Schnittkurve BSK1 ist eine Gerade mit dem Parameter  $x$  entlang dieser Geraden BSK1. Die Linsen-Außenkontur ist in diesem Schnitt eine erste Außenflächen-Schnittkurve SK1, welche in diesem Beispiel proportional zu  $\sin(k \cdot x)$  ist. Abhängig von einer Position  $s$  (zum Parameter  $s$  siehe die weiter untenstehenden Erörterungen), welche dem Punkt P entspricht, d.h.  $s = s_p$  in dem Schnitt gemäß Figur 6 ist die maximale Amplitude bestimmt durch  $A(s_p)$ , wie in Figur 7



eingezeichnet. Die Bestimmung der Amplitude wird weiter unten ebenfalls noch näher erörtert.

**[0092]** Figur 8 zeigt einen Schnitt entlang einer zweiten, vertikalen Schnittebenen SE2 parallel zur optischen Achse Z, mit den vier beispielhaft betrachteten Punkten PA, PB, PC und PD.

**[0093]** In diesen vier Punkten sind erste Schnittebenen SE1 dargestellt, die entsprechenden Verläufe der sich ergebenden zweiten Außenflächen-Schnittkurven SK2 für die vier ausgewählten Schnittebenen SE1 (entsprechend den Schnitten A-A, B-B, C-C und D-D) sind in den Figuren 9a - 9d gezeigt. Der besseren Übersichtlichkeit halber ist in den Schnitten jeweils die doppelte Amplitude, also der Abstand zwischen maximaler und minimaler Auslenkung dargestellt.

**[0094]** Erkennbar ist wiederum, in Entsprechung zur Figur 6, der sinus-förmige Verlauf der zweiten Außenflächen-Schnittkurve SK2, für k gilt dabei  $k = 2\pi/T$ , mit der Periodenlänge T. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Wert für die Konstante k für alle ersten Außenflächen-Schnittkurven SE1 identisch ist.

**[0095]** Generell, unabhängig von der gezeigten Ausführungsform, liegen typische Werte für die Periodenlänge T [mm] in einem Bereich bis 2,50 mm, bevorzugt bis 2,00 mm. Insbesondere liegen bevorzugte Werte zwischen 0,10 mm bis 2,00 mm, beispielsweise zwischen 0,25 mm und 0,75 mm.

**[0096]** Bevorzugte Werte für die maximale Amplitude  $A_0$  [ $\mu\text{m}$ ], unabhängig von der gezeigten Ausführungsform, liegen in einem Bereich von 25  $\mu\text{m}$  bis 350  $\mu\text{m}$ , ein typischer Wert liegt bei 50  $\mu\text{m}$ .

**[0097]** Als günstiger Wertebereich für das Größenverhältnis  $A_0$  zu T hat sich beispielsweise  $0,075 < (A_0/T) < 0,250$  ergeben.

**[0098]** Obige Angaben gelten für den Fall  $K = 1$  (zum Parameter K siehe die Ausführungen weiter oben in der Beschreibungseinleitung), für den Fall  $K > 1$  gelten die analogen Überlegungen, wobei in diesem Fall die in den beiden vorstehenden Absätzen  $A_0$  durch  $A_0 \cdot K$  zu ersetzen ist.

**[0099]** Figur 8 zeigt weiters (ebenso wie Figur 6), dass die sich bei einem Schneiden der glatten Basisfläche BF mit den zweiten, vertikalen Schnittebenen SE2, welche parallel zu einer optischen Achse Z der Austrittslinse 3 verlaufen, ergebenden zweiten Basis-Schnittkurven BSK2 gekrümmt, insbesondere nach Außen gekrümmt, ausgebildet sind, wobei vorzugsweise die zweiten Basis-Schnittkurven BSK2 stetig sind.

**[0100]** In diesem Zusammenhang ist dabei vorgesehen, dass die sich bei einem Schneiden der Außenfläche 3a mit definierten zweiten Schnittebenen SE2 ergebenden zweiten Außenflächen-Schnittkurven SK2 Punkte der Außenfläche 3a mit maximalem Abstand zu der Basisfläche BF miteinander verbinden. Die zweiten Ebenen SE sind somit vorzugsweise vertikale Schnittebenen parallel zu der optischen Achse Z, für welche gilt, dass der Betrag von  $\sin^N(k \cdot x) = 1$  ist. Diese zweiten Ebenen sind für die Definition der Linsen-Außenfläche ausreichend, die Bereiche zwischen diesen vertikalen Ebenen werden durch die oben beschriebene Sinus-Funktion definiert.

**[0101]** Bei einem Fortschreiten entlang der zweiten Basis-Schnittkurven BSK2 in den definierten Schnittebenen SE2 lässt sich der Normalabstand der zweiten Außenflächen-Schnittkurve SK2 zu der zweiten Basis-Schnittkurve BSK2 als eine Funktion A(s) eines Parameters s, welcher die Position auf der zweiten Basis-Schnittkurve BSK2 angibt, darstellen.

**[0102]** Vorerst noch einmal auf die ersten Schnittebenen zurückkommend, ist zu sagen, dass sich in einem betrachteten Punkt P (Fig. 6), PA, PB, PC, PD (Fig. 8) auf der Basisfläche BF die ersten Schnittebene SE1 wie folgt ergeben: die erste Schnittebene SE1 in dem betrachteten Punkt P, PA, ... ist eine Ebene, die normal steht auf die Tangentialebene TE an die Basisfläche BF, wobei diese Ebene (= Schnittebene SE1) weiters noch normal auf die zweite Schnittebene SE2, in welcher der Punkt P liegt, steht. Bei der zweiten Schnittebene handelt es sich, wie oben schon ausgeführt, um eine vertikale Schnittebene durch die glatte Basisfläche BF, welche parallel zu der optischen Achse Z (oder durch diese optische Achse Z) verläuft, und in welcher der betrachtete Punkt P liegt. Die ersten Schnittebenen SE1 schließen mit der zweiten Basis-Schnittkurve BSK2 einen Winkel von  $90^\circ$  ein.

**[0103]** Bei einer Basisfläche, welche lediglich in vertikaler Richtung gekrümmt ist, in horizontaler Richtung normal auf die optische Achse Z aber geradlinig verläuft, ändert sich zwischen benachbarten ersten Schnittebenen SE1 zwar der Winkel in Bezug auf die optische Achse Z, in horizontaler Richtung normal zu der optischen Achse Z verlaufen hingegen alle Schnittebenen geradlinig und "parallel" zueinander.

**[0104]** Nun wieder zurückkommend auf die zweiten, vertikalen Schnittebenen SE2 und auf den Verlauf der Außenflächen-Schnittkurve SK2, folgt die Funktion A(s) beispielsweise dem Zusammenhang  $A(s) = A_0 \cdot (1 - s)$ , mit  $s[0, 1]$ , wobei  $A_0$  der Normalabstand an dem oberen Rand der Basisfläche BF ist.

**[0105]** Dabei ist  $s = 0$  die Position am oberen Rand der Basisfläche, wo somit  $A(0) = A_0$  gilt, am unteren Rand gilt  $A(1) = 0$ . Der Parameter stellt somit eine normierte Bogenlänge entlang der Schnittkurve BSK2 dar.

**[0106]** Für den Parameter s gilt in den vier Punkten gemäß Figur 9:

- PA:  $s = s_{PA} = 1$ ,
- PB:  $s = s_{PB}$ ,  $s_{PB} < 1$ ,
- PC:  $s = s_{PC}$ ,  $s_{PC} < s_{PB}$ , und
- PD:  $s = s_{PD} = 0$ .

$$A(s_{PA}) = A_0 * 0 = 0, A(s_{PD}) = A_0 * 1 = A_0, \text{ sowie } 0 < A(s_{PB}) < A(s_{PC}) < A(s_{PD}) = A_0.$$

**[0107]** Somit gibt es bei dieser Ausgestaltung vertikale zweite Schnittebenen, in welchen jeweils die übereinander liegenden "Nulldurchgänge", also jene Bereiche, wo die Außenfläche und die Basisfläche zusammenfallen, miteinander durch entsprechende zweite Außenflächen-Schnittkurven, die in diesem Fall mit den zweiten Basis-Schnittkurven zusammenfallen, verbunden sind.

**[0108]** Genauso gibt es zweite Schnittebenen, in welchen die zweiten Außenflächen-Schnittkurven die negativen Normalabstände/Amplituden miteinander verbinden. Für eine eindeutige Beschreibung ist es aber ausreichend, die zweiten Außenflächen-Schnittkurven für die "positiven" Normalabstände/Amplituden anzugeben, die anderen Zusammenhänge ergeben sich durch den Sinus-Verlauf in den ersten Schnittebenen.

**[0109]** Der oben beschriebene Zusammenhang  $A(s) = A_0 * (1 - s)$  ist ein Spezialfall des allgemeineren Falles  $A(s) = A_0 * (K - s)$ , mit  $K = 1$ . Es hat sich herausgestellt, dass zum Teil die optische Effizienz für  $K > 1$  besser ist als für  $K = 1$ . Ein typischer Wert für den Parameter  $K$  liegt im Bereich von 1,2 - 1,45, vorzugsweise bei ca. 1,33.

**[0110]** In diesem in den Figuren 10a - 10d dargestellten Fall gilt

$$A(s_{PA}) = A_0 * (K - 1) > 0, A(s_{PD}) = A_0 * K, \text{ sowie } A_0 * (K - 1) < A(s_{PB}) < A(s_{PC}) < A(s_{PD}) = A_0 * K.$$

**[0111]** Zusammenfassend lässt sich die Kontur der Außenfläche 3a über einer "gedachten" Basisfläche BF darstellen als

$$z(s, x) = A(s) * \sin^N(k * x).$$

**[0112]** Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist zusammenfassend eine sinusförmige Rillenoptik vorgesehen, wobei die Sinus-Funktion normal zu der Linsenoberfläche, d.h. der glatten Basisfläche der Austrittslinse steht. Die Periode bleibt vorzugsweise unverändert, während vorzugsweise sich die Rillentiefe (Amplitude), insbesondere linear, von einem bestimmten Ausgangswert  $A_0$  (mit diesem Wert kann die Breite der Lichtverteilung eingestellt werden) an der Oberkante der Lichtaustrittsfläche auf einen Wert von Null an der Unterkante der Linse verändert. Damit kann erreicht werden, dass sich die Lichtverteilung wie gewünscht verbreitert, und überraschender Weise hat sich dabei auch ergeben, dass sich die Hell-Dunkel-Grenze nach Außen, auch bei einer geradlinig verlaufenden Brennnlinie des lichtdurchlässigen Körpers, nicht aufbiegt.

**[0113]** Figur 11 zeigt eine Beleuchtungsvorrichtung umfassend vier erfindungsgemäße Beleuchtungseinheiten 100, welche einen oben beschriebenen Aufbau aufweisen. Die Optikkörper der einzelnen Beleuchtungseinheiten 100 sind ebenso wie die Lichtquellen 1 horizontal nebeneinander angeordnet. Vorzugsweise bilden die Optikkörper einen gemeinsamen einstückigen Optikkörper 1101. In dem gezeigten Beispiel bilden die Austrittsflächen der Austrittslinsen 3 eine durchgehende Fläche, welche in Horizontalschnitten eine gerade Linie darstellen.

**[0114]** Figur 12 zeigt eine weitere solche Beleuchtungsvorrichtung in einer Vorderansicht, die im Prinzip einen ähnlichen Aufbau wie jene aus Figur 11 (z.B. mit einstückigem Optikkörper; die einzelnen Optikkörper können aber auch getrennt sein) aufweist, wobei die Beleuchtungsvorrichtung mit sechs Beleuchtungseinheiten und somit sechs Austrittslinsen (wiederum einstückig oder getrennt) ausgestattet ist.

**[0115]** Aufgrund der erfindungsgemäßen Einspeisung des Lichtes in Abstrahlrichtung(=Fahrtrichtung) können mehrere erfindungsgemäße Beleuchtungseinheiten modularartig nebeneinander und/oder in der Höhe zueinander versetzt angeordnet werden, wobei die optischen Achsen der einzelnen Beleuchtungseinheiten einer DK folgen. Dies ist dadurch möglich, da die Austrittslinsen einfacher beschnitten werden können und entsprechende Designwunsch erfüllt werden können. Außerdem kann durch einen schräger Beschnitt der Austrittslinsen (bzw. der Gesamt-Austrittslinse, das ist die Summe aller einzelnen Austrittslinsen 3) die Breite der einzelnen Beleuchtungseinheit reduziert werden und/oder eine Anpassung an eine gewünschte Fahrzeugscheinwerferpeilung erfolgen.

## Patentansprüche

1. Beleuchtungseinheit für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer zum Erzeugen eines Lichtbündels mit Hell-Dunkel-Grenze, wobei die Beleuchtungseinheit (100) umfasst:

- zumindest eine Lichtquelle (1),

- zumindest einen Kollimator (2),
- je eine Lichtquelle (1) für jeden Kollimator (2),
- eine Austrittslinse (3) mit einer Außenfläche (3a),
- einen Brennnlinienbereich (4), welcher zwischen dem zumindest einen Kollimator (2) und der Austrittslinse (3) angeordnet ist,

wobei der zumindest eine Kollimator (2) die von der ihm zugeordneten Lichtquelle (1) in den Kollimator (2) eingespeisten Lichtstrahlen (S1) zu einem Lichtbündel von Lichtstrahlen (S2) ausrichtet, und wobei Lichtstrahlen (S2) des aus dem zumindest einen Kollimator (2) austretenden Lichtbündels in den Brennnlinienbereich (4) gelangen,

und wobei die aus dem zumindest einen Kollimator (2) austretenden Lichtstrahlen (S2) von der Austrittslinse (3) zumindest in vertikaler Richtung (V) derart abgelenkt werden, dass die aus der Austrittslinse (3) austretenden Lichtstrahlen (S3) eine Lichtverteilung mit einer Hell-Dunkel-Grenze bilden, wobei sich die Hell-Dunkel-Grenze als Abbildung der Brennnlinie (FL) bzw. des Brennnlinienbereiches (4) durch die Austrittslinse (3) ergibt,

und wobei

der zumindest eine Kollimator (2), die Austrittslinse (3) und der Brennnlinienbereich (4) einstückig aus einem lichtdurchlässigen Körper (101) gebildet sind, und wobei an zumindest einer Begrenzungsfläche (2a) des zumindest einen Kollimator (2) die sich in dem lichtdurchlässigen Körper (101) fortplanzenden Lichtstrahlen (S1, S2) totalreflektiert werden, wobei

der zumindest eine Kollimator (2) derart ausgebildet und angeordnet ist, dass aus dem zumindest einen Kollimator (2) austretende Lichtstrahlen (S2) in vertikaler Richtung auf eine in dem Brennnlinienbereich (4) liegende, geradlinig verlaufende Brennnlinie (FL) gebündelt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Außenfläche (3a) der Austrittslinse (3) durch eine rillenförmige Struktur in einer glatten Basisfläche (BF) gebildet ist, wobei die die rillenförmige Struktur bildenden Rillen (3b) in im Wesentlichen vertikaler Richtung verlaufen, und wobei jeweils zwei in horizontaler Richtung nebeneinander liegende Rillen (3b) durch eine, insbesondere im Wesentlichen vertikal verlaufende, Erhebung, die sich über die gesamte Vertikalerstreckung der Rillen (3b) erstreckt, getrennt sind, wobei sich die Rillentiefe, insbesondere linear, von einem bestimmten Ausgangswert  $A_0$  an einer Oberkante der Austrittslinse auf einen Wert von Null an einer Unterkante der Austrittslinse verändert, wobei der zumindest eine Kollimator (2), insbesondere zumindest eine Begrenzungsfläche (2a) und/oder ein zentraler Einkoppel-Bereich (2b) des zumindest einen Kollimators (2), derart ausgebildet ist bzw. sind, dass in horizontaler Richtung die von dem zumindest einen Kollimator (2) austretenden Lichtstrahlen parallel zueinander verlaufen.

2. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Begrenzungsfläche (2a) des zumindest einen Kollimators (2) derart ausgebildet ist, dass das auf dieser zumindest einen Begrenzungsfläche (2a) total-reflektierte Licht der dem Kollimator (2) zugeordneten Lichtquelle (1) in vertikaler Richtung konvergierend abgestrahlt wird, sodass es auf die Brennnlinie (FL) oder in den Brennnlinienbereich (4) gebündelt wird.

3. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zentraler Einkoppel-Bereich (2b) des zumindest einen Kollimators (2) in Form einer Linse, insbesondere in Form einer Freiformlinse (2b') derart ausgebildet ist, dass über den zentralen Einkoppel-Bereich (2b) in den Kollimator (2) eingekoppeltes Licht in vertikaler Richtung konvergierend abgestrahlt wird, sodass es auf die Brennnlinie (FL) oder in den Brennnlinienbereich (4) gebündelt wird.

4. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle aus dem Kollimator (2) austretenden Lichtstrahlen (S2) in vertikaler Richtung auf die Brennnlinie (FL) oder in den Brennnlinienbereich (4) gebündelt werden.

5. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie genau einen Kollimator (2) mit einer zugeordneten Lichtquelle (1) aufweist.

6. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Kollimator (2) und die Austrittslinse (3) derart zueinander angeordnet sind, dass aus dem zumindest einen Kollimator (2) austretendes Licht direkt, insbesondere ohne vorherige Umlenkung und/oder Reflexion, zu der Austrittslinse (3) gelangt.

7. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Lichtaustrittsfläche (2d) des zumindest einen Kollimators (2) im Wesentlichen normal auf eine optische Achse der Austrittslinse (3) steht.

8. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Lichtquelle

- tiefer liegt als der Brennnlinienbereich (4) bzw. die Brennnlinie (FL), oder
- höher liegt als der Brennnlinienbereich (4) bzw. die Brennnlinie (FL), oder
- auf gleicher Höhe wie der Brennnlinienbereich (4) bzw. die Brennnlinie (FL).

9. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Unterseite des Optikkörpers (1) zwei aufeinander zu laufende Optikkörper-Außenflächen (1a, 1b) eine Körperkante (4') bilden, welche im Bereich der Brennnlinie (FL) bzw. im Brennnlinienbereich (4) liegt oder den Brennnlinienbereich bildet, wobei vorzugsweise die dem zumindest einen Kollimator (2) zugewandte Optikkörper-Außenfläche (1a) an ihrer Außenseite zumindest bereichsweise, vorzugsweise in ihrem gesamten Bereich, für sich in dem Optikkörper (1) fortpflanzendes, auf diese Optikkörper-Außenfläche (1a) auftreffendes Licht, Licht absorbierend ausgebildet ist.

10. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sich bei einem Schneiden der Basisfläche (BF) mit ersten, nicht-vertikalen Schnittebenen (SE1) ergebenden ersten Basis-Schnittkurven (BSK1) geradlinig verlaufen, und wobei die sich bei einem Schneiden der Außenfläche (3a) mit diesen ersten Schnittebenen (SE1) ergebenden ersten Außenflächen-Schnittkurven (SK1) einen sinusförmigen Verlauf aufweisen, wobei vorzugsweise die ersten Außenflächen-Schnittkurven (SE1) in den ersten Schnittebenen (SE1), in Bezug auf die Basis-Schnittkurve (BSK1) der jeweiligen ersten Schnittebene (SE1), proportional zu  $\sin^N(k \cdot x)$  verlaufen, mit  $N = 1, 2, 3, \dots$  aufweisen, wobei  $x$  die Koordinate entlang der jeweiligen Basis-Schnittkurve (SE1) und  $k$  eine Konstante bezeichnet, wobei vorzugsweise die Nulldurchgänge der sinusförmigen ersten Außenflächen-Schnittkurven (SE1) auf den ersten Basis-Schnittkurven (BSK1) liegen, wobei vorzugsweise der Wert für die Konstante  $k$  für alle ersten Außenflächen-Schnittkurven (SE1) identisch ist.

11. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sich bei einem Schneiden der Basisfläche mit zweiten, vertikalen Schnittebenen (SE2), welche parallel zu einer optischen Achse (Z) der Austrittslinse (3) verlaufen, ergebenden zweiten Basis-Schnittkurven (BSK2) gekrümmt, insbesondere nach Außen gekrümmt, ausgebildet sind, wobei vorzugsweise die zweiten Basis-Schnittkurven (BSK2) stetig sind, wobei vorzugsweise die sich bei einem Schneiden der Außenfläche (3a) mit definierten zweiten Schnittebenen (SE2) ergebenden zweiten Außenflächen-Schnittkurven (SK2) Punkte der Außenfläche (3a) mit maximalem Abstand zu der Basisfläche (BF) miteinander verbinden, wobei vorzugsweise bei einem Fortschreiten entlang der zweiten Basis-Schnittkurve (BSK2) in den definierten Schnittebenen (SE2) der Normalabstand zu der zweiten Außenflächen-Schnittkurve (SK2) eine Funktion  $A(s)$  eines Parameters  $s$ , welcher die Position auf der zweiten Basis-Schnittkurve (BSK2) angibt, ist, wobei vorzugsweise sich bei einem Fortschreiten entlang der zweiten Basis-Schnittkurve (BSK2) der Normalabstand  $A(s)$  kontinuierlich vergrößert, wobei vorzugsweise der Normalabstand an einem unteren Rand der Basisfläche (BF) geringer ist als an einem oberen Rand der Basisfläche, wobei sich der Normalabstand  $A(s)$  beispielsweise nach dem Zusammenhang  $A(s) = A_0 \cdot (K - s)$ , mit  $s \in [0, 1]$ , wobei  $s = 0$  den oberen Rand und  $s = 1$  den unteren Rand bezeichnet, und  $K = 1$  oder  $K > 1$ , ergibt, wobei  $A_0$  der Normalabstand an einem oberen oder unteren, vorzugsweise dem oberen Rand der Basisfläche (BF) ist.

12. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Außenfläche (3a) der Austrittslinse (3) in vertikaler Richtung nach Außen gekrümmt ist, und in horizontaler Richtung vorzugsweise geradlinig verläuft, und beispielsweise durch eine Zylinderfläche mit geradem Querschnitt entlang einer nach außen konvexen Kurve gebildet ist, und/oder die zumindest eine Lichtquelle (1) eine oder mehrere halbleiterbasierte lichtemittierende Elemente, z.B. eine Leuchtdiode oder eine Mehrzahl von Leuchtdioden, und/oder z.B. zumindest eine Laserlichtquelle umfassend zumindest eine Laserdiode mit zumindest einer Konversionsschicht, umfasst.

13. Beleuchtungsvorrichtung umfassend zumindest zwei Beleuchtungseinheiten nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei vorzugsweise die lichtdurchlässigen Körper (101) der Beleuchtungseinheiten horizontal nebeneinander und/oder übereinander liegen.

14. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 13, dass die lichtdurchlässigen Körper (101) der zumindest zwei Beleuchtungseinheiten miteinander verbunden sind, vorzugsweise einstückig ausgebildet sind.

15. Kraftfahrzeugscheinwerfer mit zumindest einer Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder mit zumindest einer Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 13 oder 14.

## Claims

1. An illumination unit for a motor-vehicle headlamp for creating a light bundle with cut-off line, wherein the illumination unit (100) comprises:

- at least one light source (1),
- at least one collimator (2),
- one light source (1) in each case for each collimator (2),
- an exit lens (3) with an outer surface (3a),
- a focal-line region (4), which is arranged between the at least one collimator (2) and the exit lens (3),

wherein the at least one collimator (2) aligns the light beams (S1) fed into the collimator (2) by the light source (1) assigned to the collimator to form a light bundle of light beams (S2), and wherein light beams (S2) of the light bundle exiting from the at least one collimator (2) make it into the focal-line region (4),

and wherein the light beams (S2) exiting from the at least one collimator (2) are deflected at least in the vertical direction (V) by the exit lens (3) in such a manner that the light beams (S3) exiting from the exit lens (3) form a light distribution with a cut-off line, wherein the cut-off line is created as an image of the focal line (FL) or the focal-line region (4) by the exit lens (3),

and wherein

the at least one collimator (2), the exit lens (3) and the focal-line region (4) are formed in one piece from a transparent body (101), and wherein the light beams (S1, S2) propagating in the transparent body (101) are totally internally reflected at least at one boundary surface (2a) of the at least one collimator (2), wherein

the at least one collimator (2) is constructed and arranged in such a manner that light beams (S2) exiting from the at least one collimator (2) are bundled in the vertical direction onto a focal line (FL), which lies in the focal-line region (4) and runs in a straight line, **characterized in that** the outer surface (3a) of the exit lens (3) is formed by a groove-like structure in a smooth base surface (BF), wherein the grooves (3b) forming the groove-like structure run in a substantially vertical direction, and wherein in each case two grooves (3b) lying next to one another in the horizontal direction are separated by an elevation, which in particular runs substantially vertically and extends over the entire vertical extent of the grooves (3b), wherein the groove depth changes, linearly in particular, from a certain initial value  $A_0$  at an upper edge of the exit lens to a value of zero at a lower edge of the exit lens, wherein the at least one collimator (2), in particular at least one boundary surface (2a) and/or a central coupling region (2b) of the at least one collimator (2), is or are constructed in such a manner that the light beams exiting from the at least one collimator (2) run parallel to one another in the horizontal direction.

2. The illumination unit according to Claim 1, **characterized in that** the at least one boundary surface (2a) of the at least one collimator (2) is constructed in such a manner that the light of the light source (1) assigned to the collimator (2), which light is totally internally reflected on this at least one boundary surface (2a), is radiated in a convergent manner in the vertical direction, so that it is bundled onto the focal line (FL) or into the focal-line region (4).

3. The illumination unit according to Claim 1 or 2, **characterized in that** a central coupling region (2b) of the at least one collimator (2) is constructed in the form of a lens, particularly in the form of a free-form lens (2b') in such a manner that light coupled via the central coupling region (2b) into the collimator (2) is radiated in a convergent manner in the vertical direction, so that it is bundled onto the focal line (FL) or into the focal-line region (4).

4. The illumination unit according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** all of the light beams (S2) exiting from the collimator (2) are bundled in the vertical direction onto the focal line (FL) or into the focal-line region (4).

5. The illumination unit according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the illumination unit has exactly one collimator (2) with an assigned light source (1).

6. The illumination unit according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the at least one collimator (2) and the exit lens (3) are arranged in such a manner with respect to one another that light exiting from the at least one collimator (2) reaches the exit lens (3) directly, particularly without prior deflection and/or reflection.

7. The illumination unit according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** a light exit surface (2d) of the at least one collimator (2) is substantially normal to an optical axis of the exit lens (3).

8. The illumination unit according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the at least one light source

- lies deeper than the focal-line region (4) or the focal line (FL), or
- lies higher than the focal-line region (4) or the focal line (FL), or
- is at the same height as the focal-line region (4) or the focal line (FL).

9. The illumination unit according to one of Claims 1 to 8, **characterized in that** two converging optical body outer surfaces (1a, 1b) on the underside of the optical body (1) form a body edge (4'), which lies in the region of the focal line (FL) or in the focal-line region (4) or forms the focal-line region, wherein preferably the optical body outer surface (1a) facing the at least one collimator (2) is constructed in an absorbing manner on its outside, at least in certain regions, preferably over its entire area, for light propagating in the optical body (1) and impinging onto this optical body outer surface (1a).

10. The illumination unit according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that** the first base intersecting curves (BSK1), which result in the case of cutting of the base surface (BF) with first non-vertical intersecting planes (SE1), run in a straight line, and wherein the first outer surface intersecting curves (SK1), which result in the case of cutting of the outer surface (3a) with these first intersecting planes (SE1), have a sinusoidal course, wherein preferably the first outer surface intersecting curves (SE1) run in the first intersecting planes (SE1), in relation to the base intersecting curve (BSK1) of the respective first intersecting plane (SE1), proportionally to  $\sin^N(k \cdot x)$ , where  $N = 1, 2, 3, \dots$ , wherein  $x$  denotes the coordinate along the respective base intersecting curve (SE1) and  $k$  denotes a constant, wherein preferably the zero crossings of the sinusoidal first outer surface intersecting curves (SE1) lie on the first base intersecting curves (BSK1), wherein preferably the value for the constant  $k$  is identical for all first outer surface intersecting curves (SE1).

11. The illumination unit according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the second base intersecting curves (BSK2), which result in the case of cutting of the base surface with second vertical intersecting planes (SE2) which run parallel to an optical axis (Z) of the exit lens (3), are constructed in a curved, particularly outwardly curved, manner, wherein the second base intersecting curves (BSK2) are preferably constant, wherein preferably the second outer surface intersecting curves (SK2), which result in the case of cutting of the outer surface (3a) with defined second intersecting planes (SE2), connect points of the outer surface (3a), with maximum distance from the base surface (BF), to one another, wherein preferably when advancing along the second base intersecting curve (BSK2) in the defined intersecting planes (SE2), the normal distance from the second outer surface intersecting curve (SK2) is a function  $A(s)$  of a parameter  $s$ , which specifies the position on the second base intersecting curve (BSK2), wherein preferably when advancing along the second base intersecting curve (BSK2), the normal distance  $A(s)$  increases continuously, wherein the normal distance at a lower edge of the base surface (BF) is preferably smaller than at an upper edge of the base surface, wherein the normal distance  $A(s)$  results for example according to the relationship  $A(s) = A_0 \cdot (K - s)$ , where  $s \in [0, 1]$ , wherein  $s = 0$  denotes the upper edge and  $s = 1$  denotes the lower edge, and  $K = 1$  or  $K > 1$ , wherein  $A_0$  is the normal distance at an upper or lower, preferably the upper, edge of the base surface (BF).

12. The illumination unit according to one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the outer surface (3a) of the exit lens (3) is curved outwards in the vertical direction, and preferably runs in a straight line in the horizontal direction, and for example is formed by a cylindrical surface with straight cross section along an outwardly convex curve, and/or the at least one light source (1) comprises one or more semiconductor-based light-emitting elements, e.g. a light-emitting diode or a plurality of light-emitting diodes, and/or e.g. at least one laser light source comprising at least one laser diode with at least one conversion coating.

13. An illumination device comprising at least two illumination units according to one of Claims 1 to 12, wherein the transparent bodies (101) of the illumination units preferably lie horizontally next to one another and/or above one another.

14. The illumination device according to Claim 13, **characterized in that** the transparent bodies (101) of the at least two illumination units are connected to one another, preferably are constructed in one piece.

15. A motor-vehicle headlamp having at least one illumination unit according to one of Claims 1 to 12 or having at least one illumination device according to Claim 13 or 14.

## Revendications

1. Module d'éclairage, destiné à un projecteur de véhicule automobile, pour créer un faisceau lumineux pourvu d'une ligne de coupure, le module d'éclairage (100) comprenant :

- au moins une source lumineuse (1),
- au moins un collimateur (2),
- chaque fois une source lumineuse (1) pour chaque collimateur (2),
- une lentille de sortie (3) pourvue d'une surface extérieure (3a),
- une zone de ligne focale (4), laquelle est placée entre l'au moins un collimateur (2) et la lentille de sortie (3),

l'au moins un collimateur (2) alignant les rayons lumineux (S1) injectés par la source lumineuse (1) qui lui est associée dans le collimateur (2) en un faisceau lumineux de rayons lumineux (S2), et des rayons lumineux (S2) du faisceau lumineux qui émerge de l'au moins un collimateur (2) arrivant dans la zone de ligne focale (4),

et les rayons lumineux (S2) qui émergent de l'au moins un collimateur (2) étant déviés par la lentille de sortie (3) au moins dans la direction horizontale (V), de telle sorte que les rayons lumineux (S3) qui émergent de la lentille de sortie (3) créent une distribution de lumière avec une ligne de coupure, la ligne de coupure résultant en tant que reproduction de la ligne focale (FL) ou de la zone de ligne focale (4) à travers la lentille de sortie (3), et

l'au moins un collimateur (2), la lentille de sortie (3) et la zone de ligne focale (4) étant créés d'un seul tenant en un corps translucide (101) et sur au moins une surface de délimitation (2a) de l'au moins un collimateur (2), les rayons lumineux (S1, S2) qui se propagent dans le corps translucide (101) étant totalement réfléchis,

l'au moins un collimateur (2) étant conçu et placé de telle sorte que des rayons lumineux (S2) qui émergent de l'au moins un collimateur (2) soient focalisés dans la direction verticale, sur une ligne focale (FL) située dans la zone de ligne focale (4) qui s'écoule en ligne droite, **caractérisé en ce que** la surface extérieure (3a) de la lentille de sortie (3) est formée d'une structure en forme de rainure dans une surface de base (BF) lisse, les rainures (3b) qui forment la surface en forme de rainure s'écoulant sensiblement dans la direction verticale et chaque fois deux rainures (3b) situées côte à côte dans la direction horizontale étant séparées par une élévation, s'écoulant notamment sensiblement à la verticale, qui s'étend sur toute l'extension verticale des rainures (3b), la profondeur des rainures variant, notamment de manière linéaire, d'une valeur de départ définie sur une arête supérieure de la lentille de sortie à une valeur de zéro sur une arête antérieure de la lentille de sortie, l'au moins un collimateur (2), notamment au moins une surface de délimitation (2a) et / ou une zone d'injection centrale (2b) de l'au moins un collimateur (2) étant conçue ou conçues de telle sorte que dans la direction horizontale, les rayons lumineux qui émergent de l'au moins un collimateur (2) s'écoulent à la parallèle les uns des autres.

2. Module d'éclairage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'au moins une surface de délimitation (2a) de l'au moins un collimateur (2) est conçue de telle sorte que la lumière totalement réfléchie sur ladite au moins une surface de délimitation (2a) de la source lumineuse (1) associée au collimateur (2) soit émise en convergence dans la direction verticale, de sorte qu'elle soit focalisée sur la ligne focale (FL) ou dans la zone de ligne focale (4) .

3. Module d'éclairage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**une zone d'injection centrale (2b) de l'au moins un collimateur (2) est conçue sous la forme d'une lentille, notamment sous la forme d'une lentille de forme libre (2b'), de telle sorte que de la lumière injectée par l'intermédiaire de la zone d'injection centrale (2b) dans le collimateur (2) soit émise de manière à converger en direction verticale de sorte qu'elle soit focalisée sur la ligne focale (FL) ou dans la zone de ligne focale (4).

4. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** tous les rayons lumineux (S2) émergeant du collimateur (2) sont focalisés en direction verticale sur la ligne focale (FL) ou dans la zone de ligne focale (4).

5. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'il** comporte exactement un collimateur (2) avec une source lumineuse (1) associée.
  
- 5 6. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'au moins un collimateur (2) et la lentille de sortie (3) sont placés l'un par rapport à l'autre de telle sorte que de la lumière émergeant de l'au moins un collimateur (2) arrive directement, notamment sans déviation préalable et/ ou réflexion vers la lentille de sortie (3).
  
- 10 7. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'une** surface de lumière émergente (2d) de l'au moins un collimateur (2) est debout sensiblement à la normale sur un axe optique de la lentille de sortie (3).
  
- 15 8. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'au moins une source lumineuse
  - se situe plus bas que la zone de ligne focale (4) ou que la ligne focale (FL), ou
  - se situe plus haut que la zone de ligne focale (4) ou que la ligne focale (FL), ou
  - se situe à la même hauteur que la zone de ligne focale (4) ou que la ligne focale (FL).
  
- 20 9. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** sur la face inférieure du corps de l'optique (1) deux surfaces extérieures du corps de l'optique (1a, 1b) convergentes l'une vers l'autre forment une arête du corps (4'), laquelle se situe dans la zone de la ligne focale (FL) ou dans la zone de ligne focale (4) ou forme la zone de ligne focale, de préférence
 

la surface extérieure du corps de l'optique (1a) qui fait face à l'au moins un collimateur (2) étant conçue au moins

- 25 par zones, de préférence sur toute sa zone de manière à absorber la lumière, pour la lumière qui se propage dans le corps de l'optique (1), qui est incidente sur ladite surface extérieure du corps de l'optique (1a).
  
- 30 10. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** les premières courbes de section de base (BSK1) résultant d'une coupe de la surface de base (BF) avec des premiers plans sécants (SE1) non verticaux ont un trajet rectiligne et les premières courbes de section de surface extérieure (SK1) résultant d'une coupe de la surface extérieure (3a) avec lesdits premiers plans sécants (SE1) ont un trajet sinusoïdal, de préférence les premières courbes de section de surface extérieure (SE1) dans les premiers plans sécants (SE1) s'écoulant en rapport de la courbe de section de base (BSK1) du premier plan sécant (SE1) respectif de manière proportionnelle à  $\sin^N(k \cdot x)$ , avec  $N = 1, 2, 3, \dots$ ,  $x$  désignant la coordonnée le long de la courbe de section de base (SE1) respective
 

et nulle constante, de préférence

- 35 les passages par zéro des premières courbes de section de surface extérieure (SE1) de forme sinusoïdale se trouvant sur les premières courbes de section de base (BSK1), de préférence la valeur de la constante  $k$  étant identique pour toutes les premières courbes de section de surface extérieure (SE1).
  
- 40 11. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** les deuxièmes courbes de section de base (BSK2) résultant d'une coupe de la surface de base avec des deuxièmes plans sécants (SE2) verticaux, lesquels s'écoulent à la parallèle d'un axe optique (Z) de la lentille de sortie (3) sont conçus de forme incurvée, notamment incurvée vers l'extérieur, de préférence, les deuxièmes courbes de section de base (BSK2) étant constantes, de préférence
 

les deuxièmes courbes de section de surface extérieure (SK2) résultant d'une coupe de surface extérieure (3a) avec des deuxièmes plans sécants (SE2) définis reliant les uns aux autres des points de la surface extérieure (3a) avec un écart maximal par rapport à la surface de base (BF), de préférence

- 45 lors d'une progression de long de la deuxième courbe de section de base (BSK2) dans les plans sécants (SE2) définis, l'écart normal par rapport à la deuxième courbe de section de surface extérieure (SK2) indiquant une fonction  $A(s)$  d'un paramètre  $s$ , lequel indique la position sur la deuxième courbe de section de base (BSK2), de préférence lors d'une progression le long de la deuxième courbe de section de base (BSK2), l'écart normal  $A(s)$  s'agrandissant continuellement, de préférence l'écart normal sur un bord inférieur de la surface de base (BF) étant inférieur à celui sur un bord supérieur de la surface de base, l'écart normal  $A(s)$  se désignant à titre d'exemple selon la relation  $A(s) = A_0 \cdot (K - s)$ , avec  $s \in [0, 1]$ ,  $s = 0$  désignant le bord supérieur et  $s = 1$  désignant le bord inférieur, et donnant au
 

50 résultat  $K = 1$  ou  $K > 1$ ,  $A_0$  étant l'écart normal sur un bord supérieur ou inférieur, de préférence le bord supérieur de la surface de base (BF).

- 55
  
- 12. Module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** la surface extérieure



(3a) de la lentille de sortie (3) est incurvée vers l'extérieur dans la direction verticale et s'écoule de préférence en ligne droite dans la direction horizontale, et à titre d'exemple est formée d'une surface cylindrique de section transversale droite le long d'une courbe convexe vers l'extérieur, et/ ou  
 l'au moins une source lumineuse (1) comprend un ou plusieurs éléments à semi-conducteur, émetteurs de lumière, par ex. une diode électroluminescente ou une pluralité de diodes électroluminescentes, et/ ou par exemple au moins une source de lumière laser comprenant au moins une diode laser avec au moins une couche de conversion.

13. Dispositif d'éclairage comprenant au moins deux modules d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, de préférence le corps translucide (101) des modules d'éclairage se situant côte à côte à l'horizontale et/ ou étant superposés.

14. Dispositif d'éclairage selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les corps translucides (101) des au moins deux modules d'éclairage sont reliés l'un à l'autre, de préférence sont conçus de préférence d'un tenant.

15. Projecteur de véhicule automobile pourvu d'au moins un module d'éclairage selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 ou d'au moins un dispositif d'éclairage selon la revendication 13 ou 14.

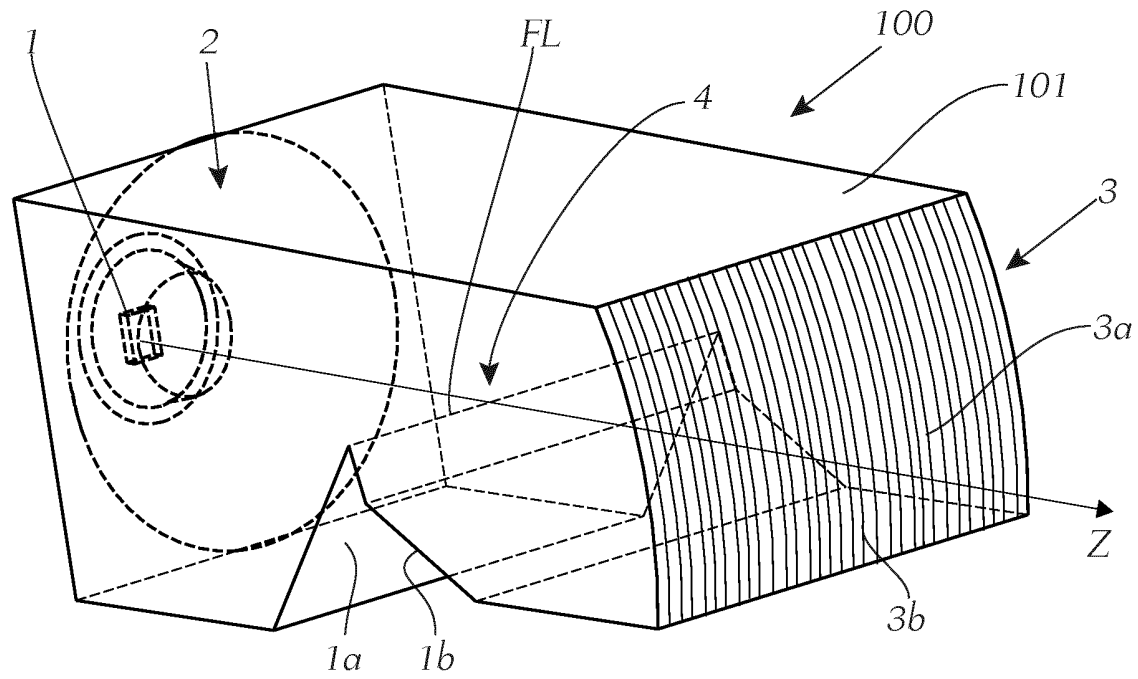


Fig. 1

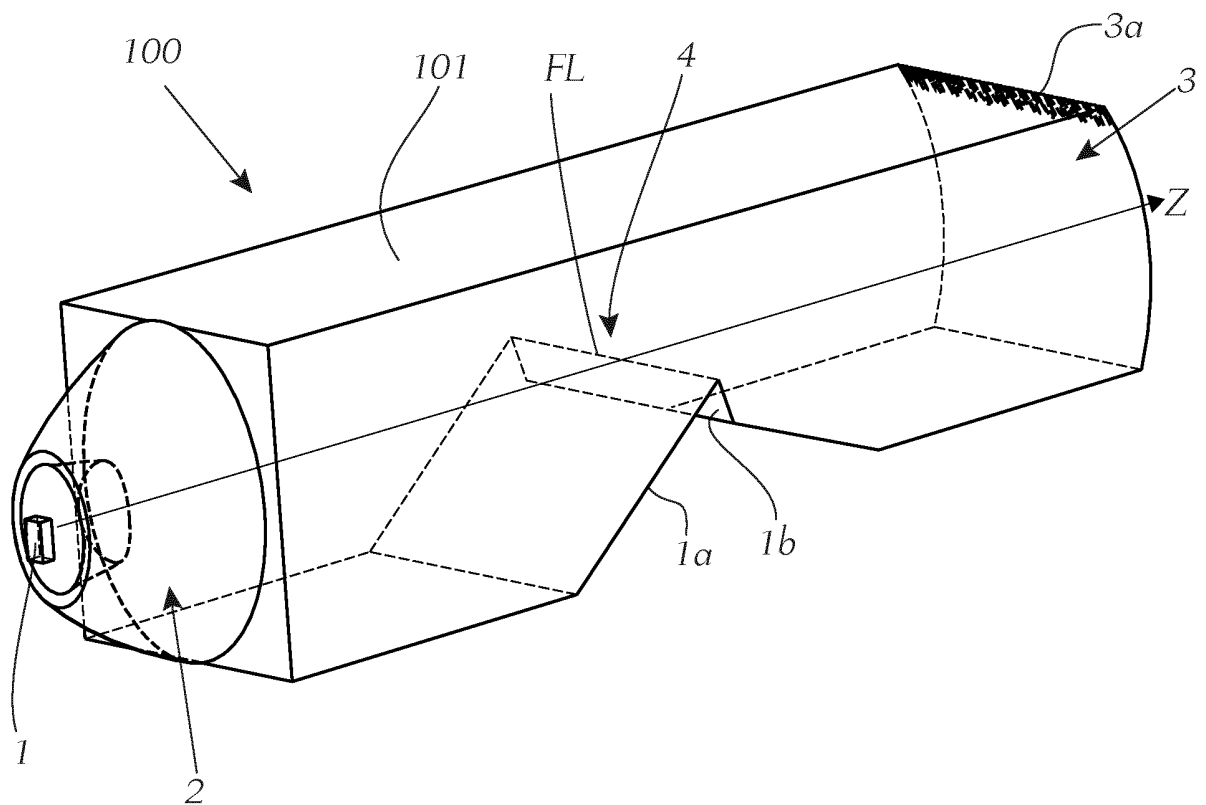


Fig. 1a

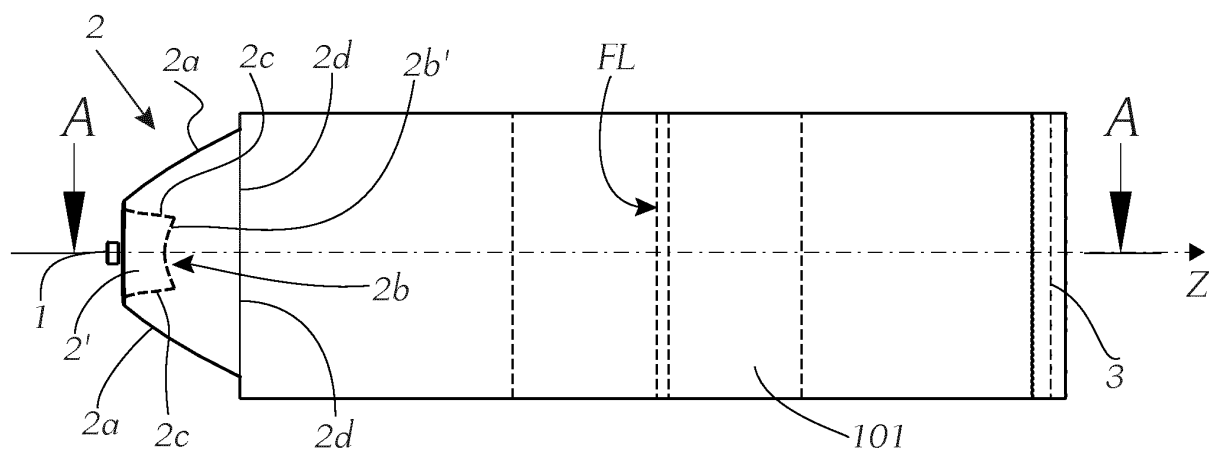


Fig. 2

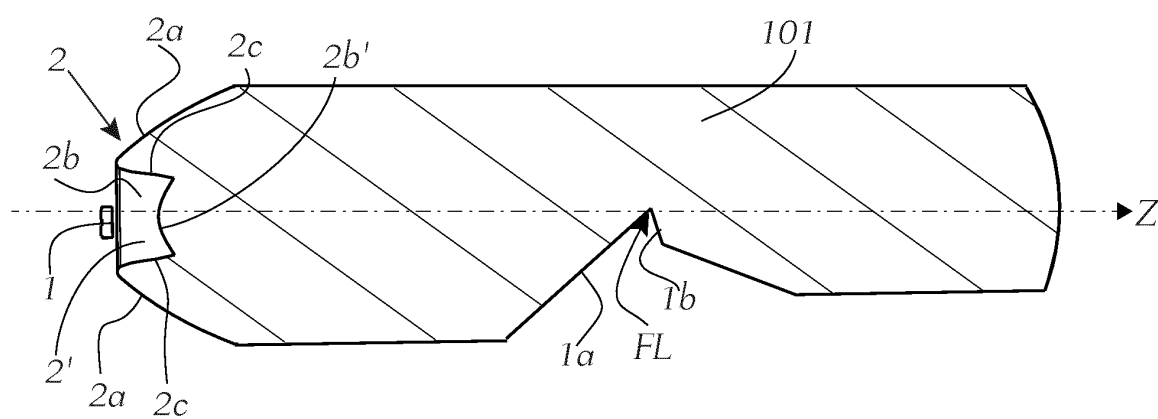


Fig. 2a

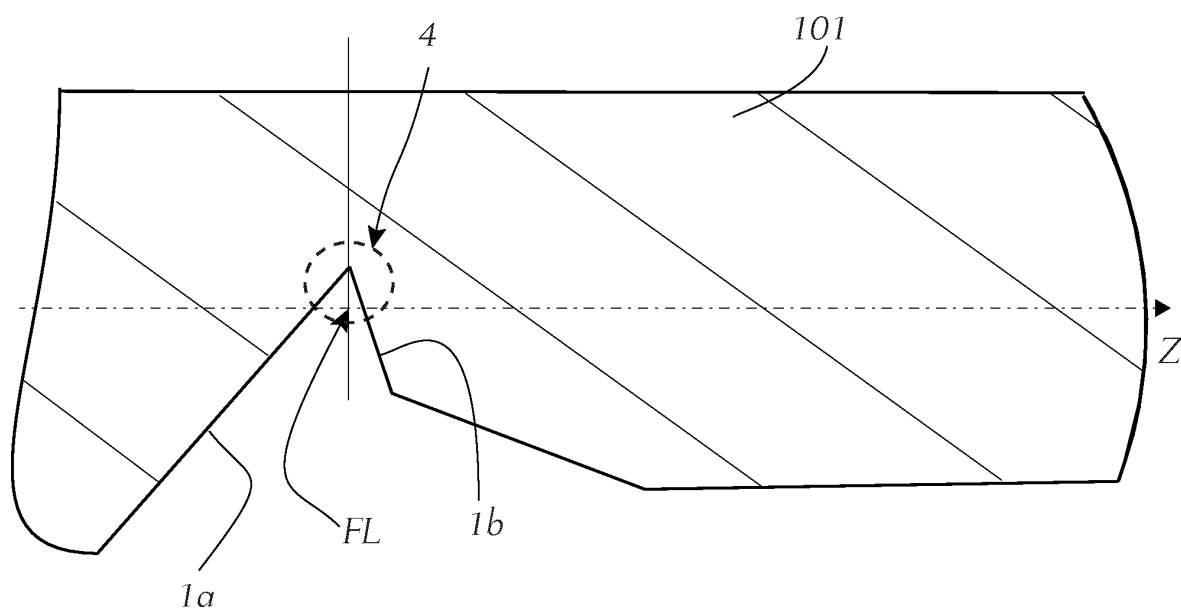


Fig. 2b

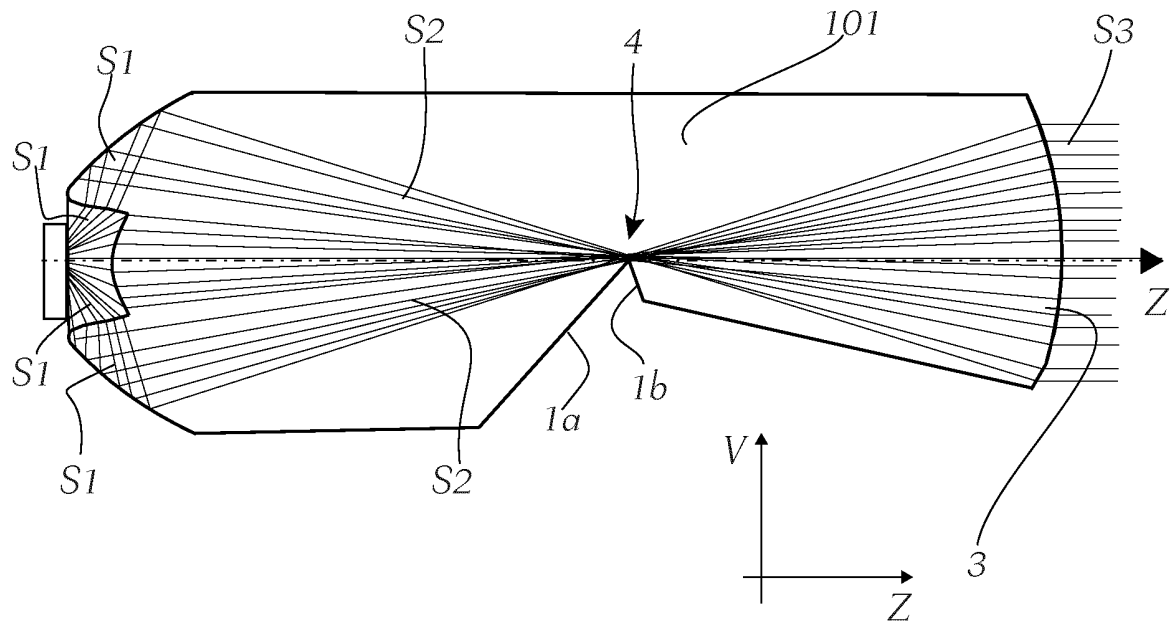


Fig. 3

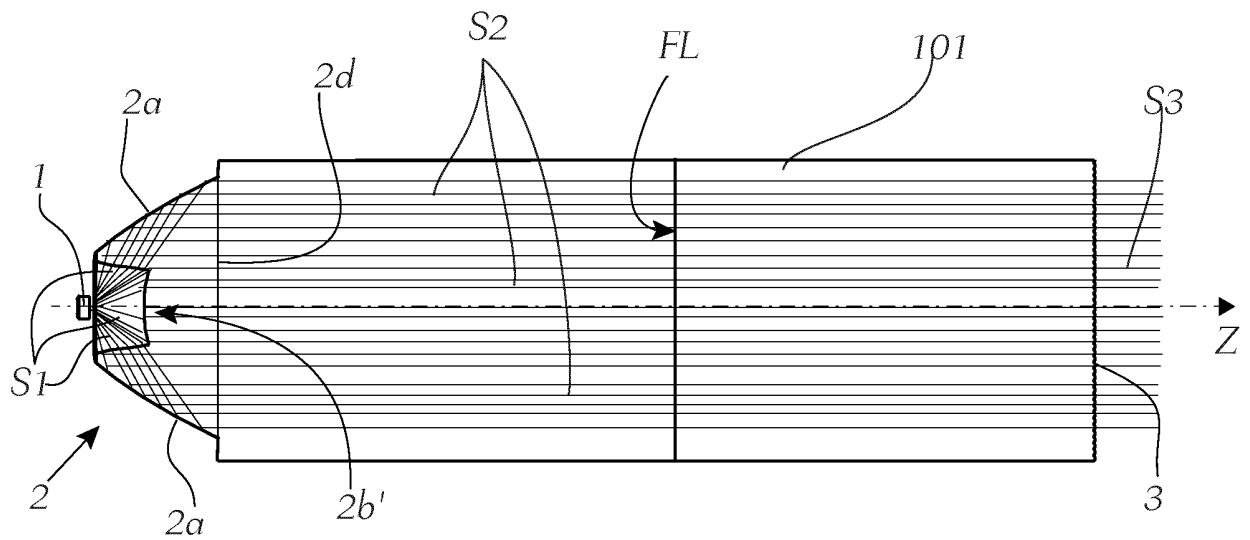


Fig. 3a

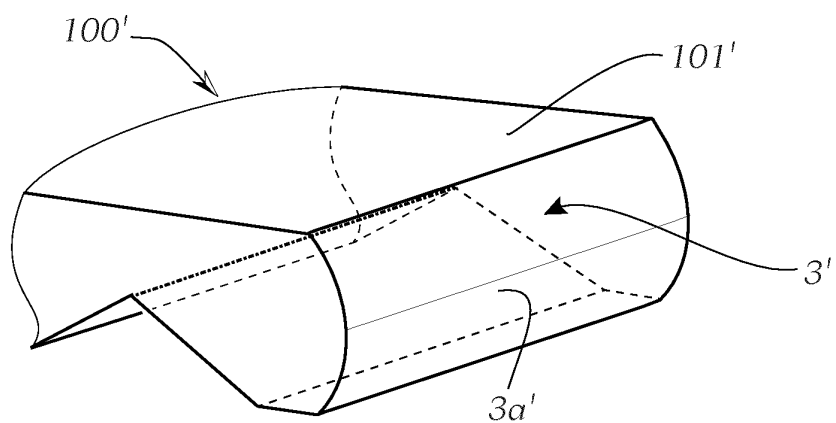


Fig. 4

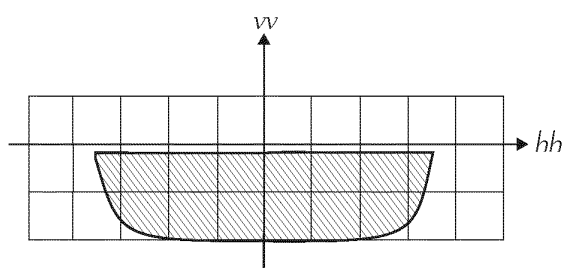


Fig. 4a

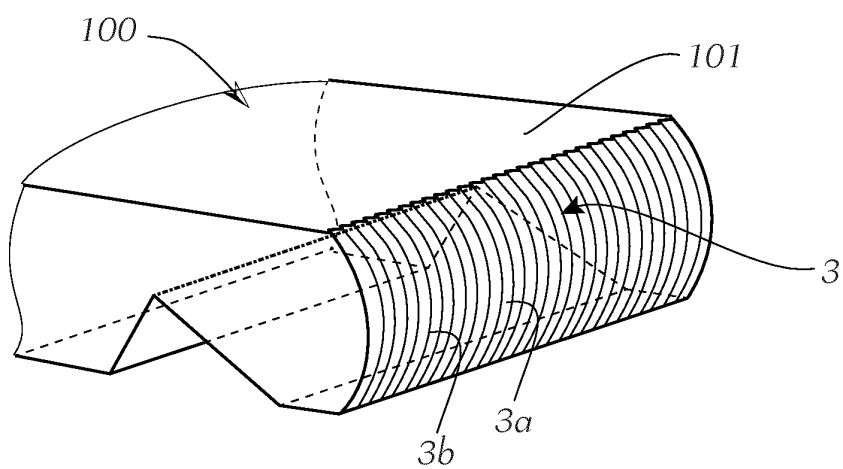


Fig. 5

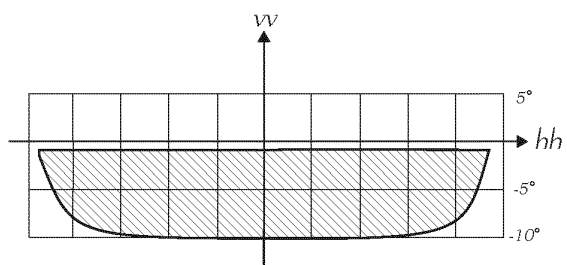


Fig. 5a

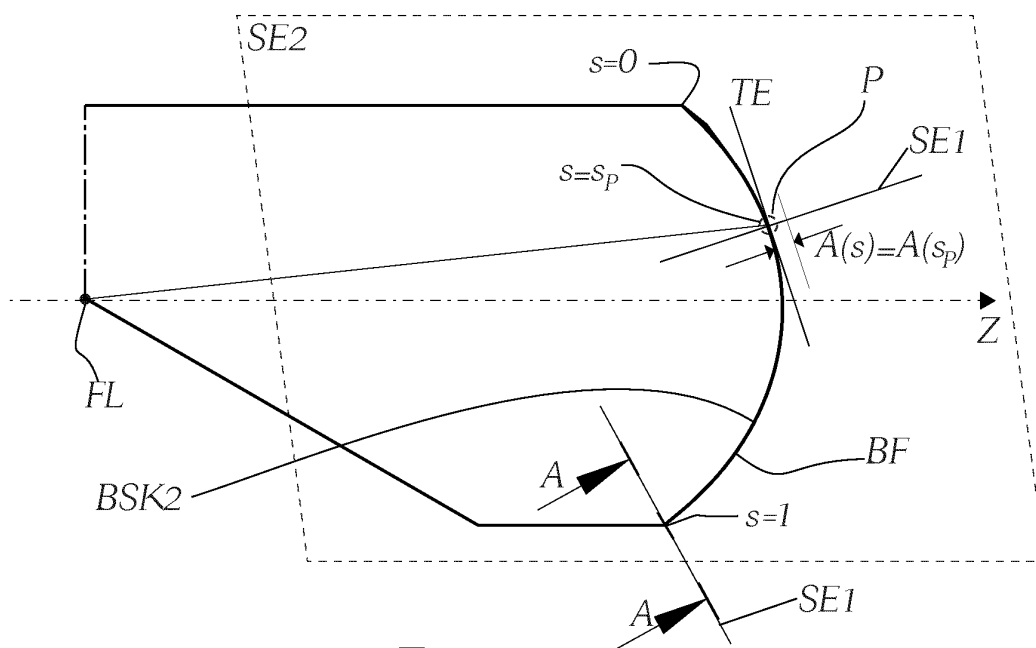


Fig. 6

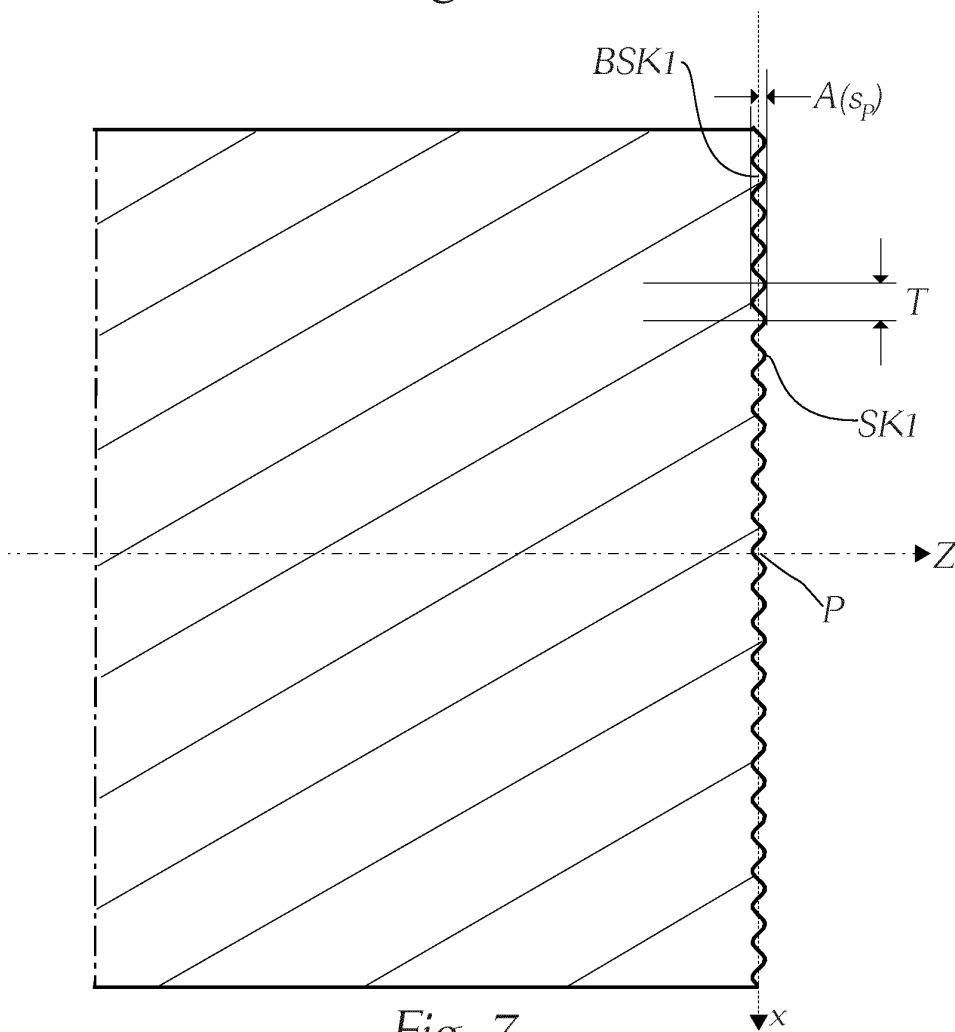


Fig. 7

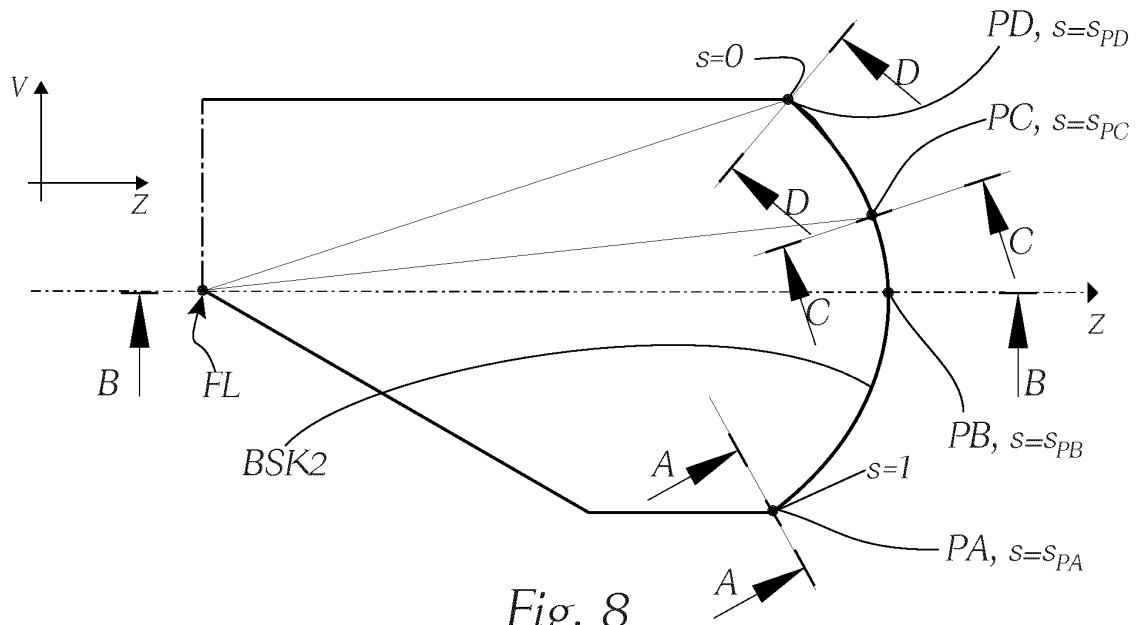


Fig. 8

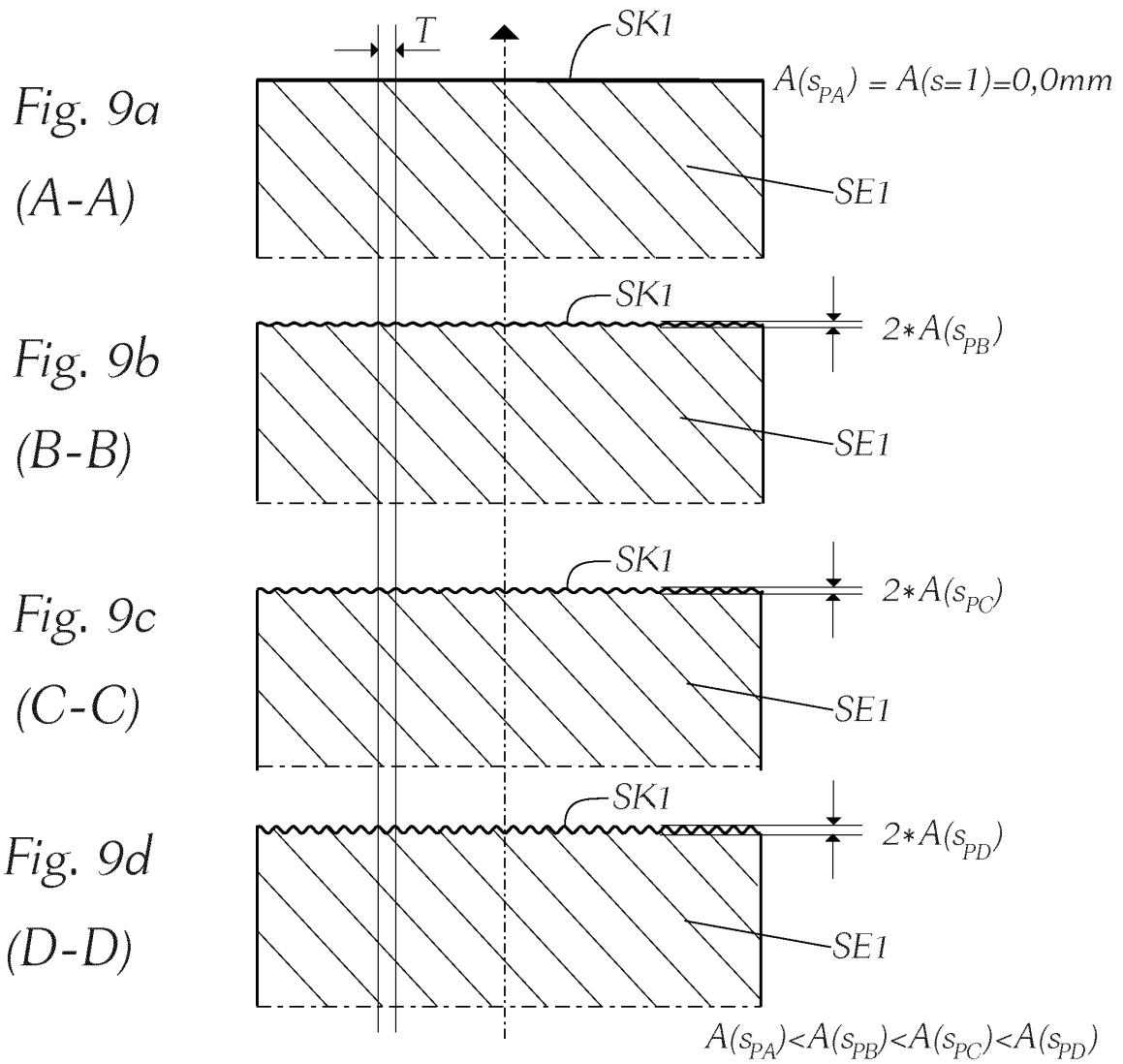


Fig. 10a  
(A-A)

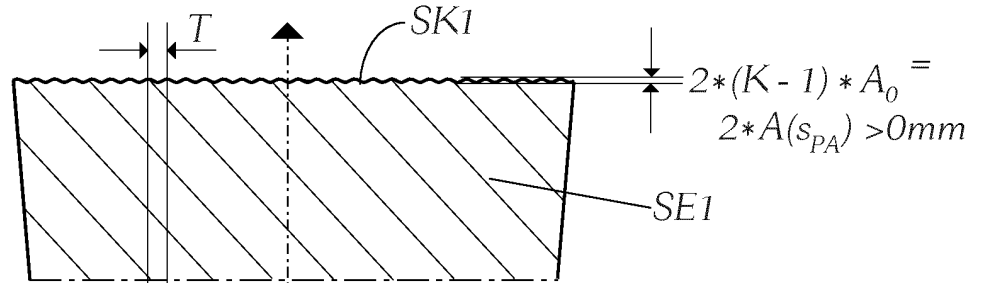


Fig. 10b  
(B-B)

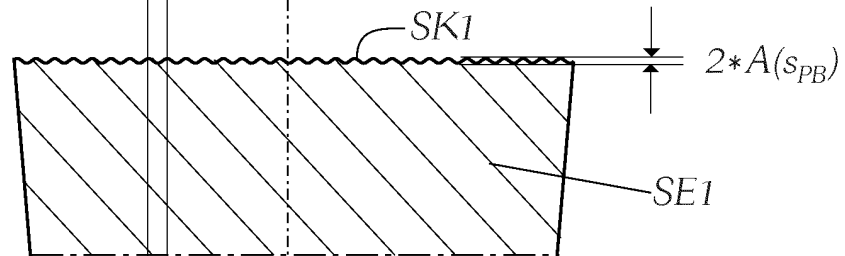


Fig. 10c  
(C-C)

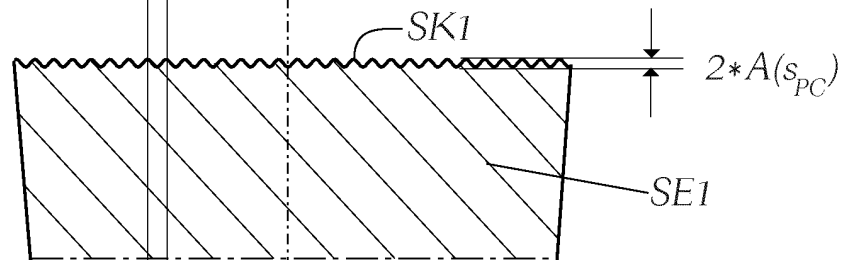
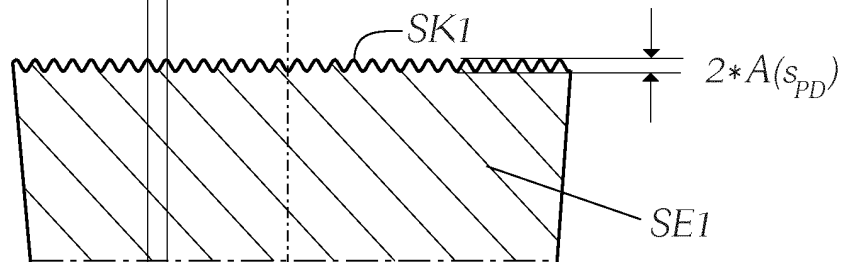


Fig. 10d  
(D-D)



$$A(s_{PA}) < A(s_{PB}) < A(s_{PC}) < A(s_{PD})$$



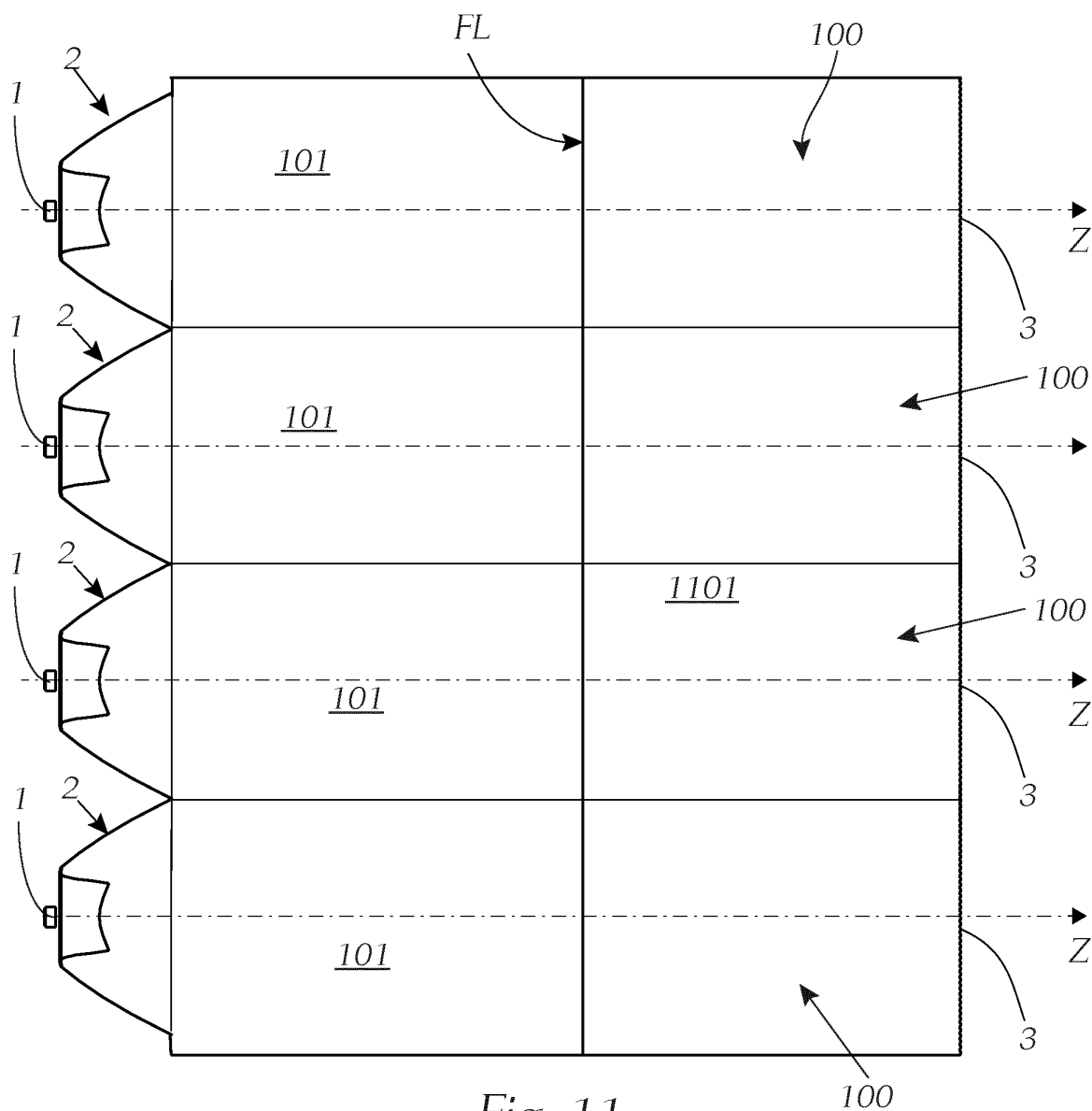


Fig. 11

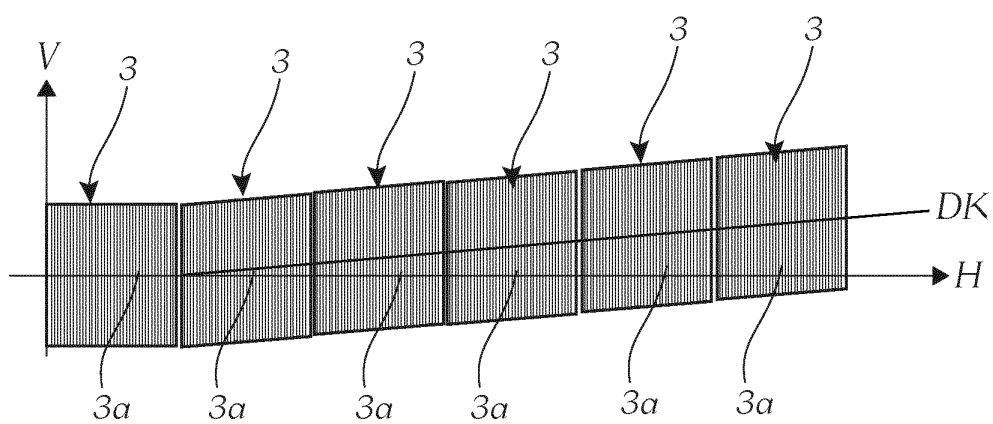


Fig. 12

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 602006000180 T2 [0006] [0013]
- FR 3010772 A1 [0007]
- EP 2620695 A2 [0008]
- DE 102006007450 A1 [0009]