

(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
2. September 2010 (02.09.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/097263 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B29D 11/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/050958

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Januar 2010 (28.01.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 001 102.1
24. Februar 2009 (24.02.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **EVONIK RÖHM GMBH** [DE/DE]; Kirschen-
allee, 64293 Darmstadt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DELP, Stefan**
[DE/DE]; In der Wolfsschlucht 34, 64625 Bensheim
(DE). **ROCHHOLZ, Heiko** [DE/DE]; Am Weiler Pfad
20, 55452 Rümmlsheim (DE). **BATTENHAUSEN, Pe-
ter** [DE/DE]; Steinweg 8, 63636 Brachtal-Udenhain
(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, RO, RS, RU, 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.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (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, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND SIZING RULE FOR DIMENSIONING AND PRODUCING FRESNEL LENSES FOR FOCUSING
LIGHT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND BEMESSUNGSREGEL ZUR DIMENSIONIERUNG UND HERSTELLUNG VON
FRESNEL-LINSEN ZUR LICHT-FOKUSSIERUNG

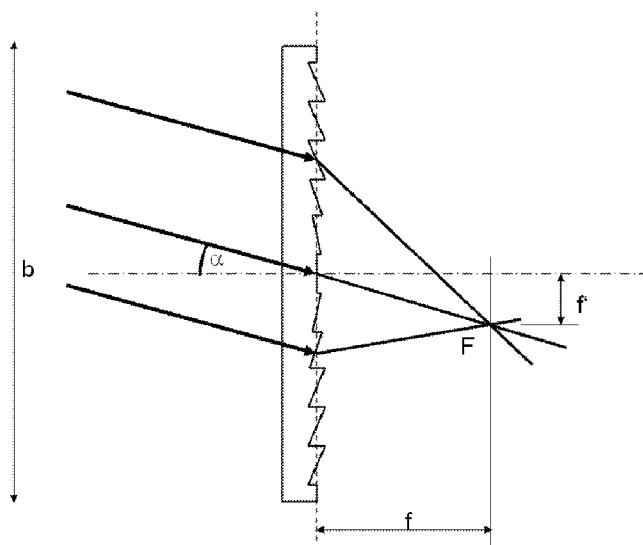


Abb. 1: Abbildungseigenschaften. Ein Bündel paralleler Lichtstrahlen trifft auf die Linse
und wird im Punkt F fokussiert.

FIG. 1: Imaging characteristics. A beam of parallel light rays hits the lens and is focused at
point F.

(57) Abstract: The invention relates to a method
for producing linear Fresnel lenses by forming a
melt strand of a thermoplastic plastic, such as
polymethyl (meth)acrylate, on the surface of a
rotating drum that can be heated and cooled in
certain areas, wherein the melt strand is pressed
onto the rotating drum by means of a device,
characterized in that the profile of the rotating
drum is engraved according to the stipulations of
the optimization program.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Herstel-
lung von linearen Fresnel-Linsen durch Formen
eines Schmelzestrangs eines thermoplastischen
Kunststoffs, wie beispielsweise
Polymethyl(meth)acrylat, auf der Oberfläche ei-
ner rotierenden Trommel, die in bestimmten Be-
reichen heiz- und kühlbar ist, wobei der Schmel-
zestrand mittels einer Vorrichtung an die rotie-
rende Trommel angepreßt wird, dadurch gekenn-
zeichnet, dass das Profil der rotierenden Trom-
mel nach den Maßgaben des Optimierungspro-
gramms graviert ist.

WO 2010/097263 A1



Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Verfahren und Bemessungsregel zur Dimensionierung und Herstellung von Fresnel-Linsen zur Licht -Fokussierung

Gebiet der Erfindung

Im Vergleich zu massiven Linsen eignen sich Fresnel-Linsen durch ihren geringen Materialbedarf auch für großflächige Anwendungen. Auf dem Gebiet der solarthermischen Energiegewinnung besteht für große Sammellinsen ein nützliches Einsatzpotential. Sie können Sonnenlicht auf Wärmeträger fokussieren und diese auf hohe Temperaturen aufheizen. Billige Fresnel-Linsen können aus Kunststoffen gepreßt werden und finden in Tageslichtprojektoren, bei Passiv-Infrarotsensoren, bei einfachen Handlupen und als Weitwinkellinsen in Automobil-Heckscheiben und Ladenkassen zur Kontrolle der Einkaufswagen Anwendung

Die Erfindung betrifft die Verwendung und die Anwendung eines verbesserten Herstellungsverfahrens einer linearen Fresnel-Linse aus transparenten Kunststoffen, deren Geometrie optisch und herstellungstechnisch mit einem neuen Berechnungsprogramm optimiert wurde. Unter einer linearen Fresnel-Linse wird eine Fresnel-Linse verstanden, die wie eine Zylinderlinse wirkt und eine lineare Brennzone aufweist.

Stand der Technik

US-PS 5,656,209 (Röhm GmbH) beschreibt ein Verfahren zur Extrusion von Fresnel-Linsen aus transparenten Kunststoffen, wie beispielsweise Polymethyl(meth)acrylat (PMMA) oder Polycarbonat (PC). Der aus einer Breitschlitzdüse austretende Schmelzestrom umschlingt die Prägewalze, die dem Schmelzestrom das Profil der Fresnel-Linse aufprägt. Die Dicke der Linse beträgt ca. 6 mm, die Linsen bestehen aus einem nicht näher spezifizierten Polymethylmethacrylat.

WO 01/196000 (Schröder, Nawrath) beschreibt ein weiteres Verfahren zur Herstellung von endlosen, optisch abbildungsfähigen Folien, Bahnen oder Platten und eine Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens. Aufgabe der Erfindung ist es, die bisher unbefriedigende Abbildungsgenauigkeit der Strukturen auf den Film o. ä. zu verbessern.

Die Lösung besteht darin, das aus einer Breitschlitzdüse austretende Schmelzeband aus PMMA mittels eines umlaufenden Stahlbands auf die gravierte Walze aufzupressen. Die Temperatur der Gravurwalze am Auftreffpunkt der Kunststoffschmelze (im Falle PMMA) liegt nahe der für Extrusionsprozesse höchst zulässigen Temperatur, entlang des Umfangs der Gravurwalze wird anschließend abgekühlt, so dass eine Entformung der entstandenen Fresnel-Linse problemlos möglich ist.

EP 1 559 528 (Kark AG) beschreibt eine Vorrichtung zum Formen eines Kunststoffformkörpers an einer rotierenden Trommel, wobei die Trommel in einzelnen Bereichen heizbar und kühlbar ist.

Aufgabe

Es bestand nun die Aufgabe, das Verfahren zur Herstellung von linearen Fresnel-Linsen aus transparenten Kunststoffen mit den bekannten Vorrichtungen aus dem Stand der Technik so zu optimieren, dass man in der Lage ist, einer Prägewalze eine derart optimierte Struktur zu geben, dass eine damit geformte lineare Fresnel-Linse senkrecht auf sie einfallendes paralleles (Sonnen-) Licht bei optimaler Lichtsammelintensität und Energieausbeute in einer möglichst schmalen Fokus-Linie bündelt.

Bei der Konstruktion dieser fresnel'schen Stufenstruktur gibt es folgende Probleme, die gelöst bzw. berücksichtigt wurden:

1. Aberration: Das Auftreten der sphärischen Aberration, also die Variation der Fokusslage von Achsen-fernen und Achsen-nahen Lichtstrahlen, wurde in der Berechnungsvorschrift durch eine optimierte Gestaltung der Flankenwinkel vermieden. (Hierzu wurde für den mittleren Wellenlängenbereich, mit dem die Linse bestrahlt werden soll, der Brechungsindex des eingesetzten Polymers bestimmt und in der Berechnung verwendet. Die Farbzerstreuung, also die Variation der Fokusslage in Abhängigkeit der Wellenlänge, kann wegen der Dispersion des Brechungsindex des eingesetzten Polymers mit einer einzelnen Fresnel-Linse nicht beeinflusst werden. Als mittlere Wellenlänge wurden beispielsweise 630 nm angenommen.)
2. Minimierung des von der Prägewalze umzuformenden Materials auf den Bereich der Breite einer Flankenstruktur entlang der gesamten Breite der Fresnel-Linse.

3. Durch die zu minimierende Abrundung der Stufenkanten in der Fresnel-Linse entstehen Störungen, die auch senkrecht auf die Plattenebene einfallendes Licht in ungewünschte Richtungen lenken. Die Flächen der dazwischen liegenden Steiflanken verursachen zusätzliche Verluste durch ihre Lichtbrechung gemäß einer Zerstreuungszylinderlinse. Die Bemessung dieses Winkels wurde auf den zur Entformung erforderlichen Wert minimiert. Der Winkel beträgt beispielsweise ca. 1° - 4° .
4. Die berechnete Kontur auf der Walze zur Abformung wird mit einem keilförmigen Werkzeug herausgedreht. Die Linse ist optisch optimiert unter der Nebenbedingung der Möglichkeiten des Werkzeuges.

Lösung

Gelöst wird die Aufgabe durch die zur Verfügungstellung der Profilkordinaten, die es erlauben, die Maschine zur Gravur der Prägewalze so zu steuern, dass damit eine Prägewalze angefertigt werden kann, mit der unter Anwendung des Stands der Technik linearen Fresnel-Linsen im Sinne der Aufgabe geformt werden können. Die Erfindung stellt ferner eine optimierte lineare Fresnel-Linse aus transparenten Kunststoffen zur Verfügung.

Durchführung der Erfindung

Transparenter Kunststoff

Als transparente Kunststoffe können Poly(meth)acrylat (PMMA), Polycarbonat (PC), cyclisch Olefinopolymere (OCP) oder Polystyrol (PS) verwendet werden.

Poly(meth)acrylat (PMMA)

Geeignet zur Durchführung der Erfindung ist z. B. eine Polymethylmethacrylat - Formmasse, das aus 80 bis 100 Gew.-% Methylmethacrylat-Einheiten und gegebenenfalls aus 0 bis 20 Gew.-% weiteren copolymerisierbaren Monomeren besteht. Zu nennen sind z. B. Hydroxyethylmethacrylat, Butylacrylat, Ethylacrylat oder bevorzugt Methylacrylat. Das Molekulargewicht M_w (Gewichtsmittel, bestimmt z. B. nach DSC oder durch Gelchromatographie) kann z. B. im Bereich von 5×10^4 bis 2×10^5 liegen. Die geeigneten PMMA-Typen sind unter der Marke Plexiglas® bei der Evonik Röhm GmbH erhältlich, beispielsweise Plexiglas® POQ 62 oder Plexiglas® POQ64 oder Plexiglas® 6N.

Bevorzugt werden leicht fließende Typen der PMMA-Formmassen mit einer Schmelzvolumenrate von $25 - 5 \text{ cm}^3/10\text{min}$ eingesetzt, besonders bevorzugt werden PMMA-Formmassen mit einer Schmelzvolumenrate von $20 - 10$ eingesetzt. Die Schmelzvolumenrate wird nach ISO 1133 (230/3,8) bestimmt.

Schlagzähes Polymethylmethacrylat (sz-PMMA)

Schlagzähmodifiziertes Polymethylmethacrylat und dessen Herstellung ist z. B. aus EP-A 0 733 754 bekannt.

Das schlagzähe Polymethylmethacrylat kann z. B. aufgebaut aus p1) 4 bis 30 Gew.-% einer Elastomerphase und aus p2) 70 bis 96 Gew.-% einer thermoplastischen Matrixphase aus Polymethylmethacrylat, das bis zu 20 Gew.-Teilen, bezogen auf 100 Gew.-Teile P, an geeigneten Comonomeranteilen enthalten kann, wobei die Brechungsindices der Elastomerphase E und der Matrixphase M um maximal $n \leq 0,02$ voneinander abweichen und wobei die Summe von p1) + p2) 100 Gew.-% ausmacht.

Die Elastomerphase aus vernetzter Polymerphase ist aus 60 bis 99,9 Gew.-Teilen Alkylacrylat und/oder Arylacrylat, aus 0,1 bis 10 Gew.-Teilen geeigneten Vernetzungsmitteln und gegebenenfalls aus 0 bis 30 Gew.-Teilen an geeigneten monofunktionellen ethylenisch ungesättigten Monomeren aufgebaut.

Vorzugsweise werden als Alkylacrylate C_2 - C_{10} -Alkylacrylate eingesetzt, wie beispielsweise Ethylacrylat, Propylacrylat, iso-Propylacrylat, Amylacrylat, Hexylacrylat, Octylacrylat, Decylacrylat, sowie besonders bevorzugt Butylacrylat und 2-Ethylhexylacrylat. Bevorzugte Acrylate sind Phenylacrylat, 2-Phenylethylacrylat, 3-Phenyl-1-propylacrylat, 2-Phenoxyethylacrylat, 2-Phenoxyethoxyethylacrylat, sowie besonders bevorzugt Benzylacrylat.

Die Vernetzungsmittel sind im allgemeinen Verbindungen mit mindestens zwei ethylenisch ungesättigten, radikalisch polymerisierbaren Resten. Als Vertreter für Verbindungen mit zwei ethylenisch ungesättigten, radikalisch polymerisierbaren Resten seien beispielhaft genannt: (Meth)acrylester von Diolen, wie beispielsweise Ethylenglykoldi(meth)acrylat oder 1,4-Butandioldi(meth)acrylat, aromatische Verbindungen, wie beispielsweise Divinylbenzol, sowie Verbindungen mit mindestens

einer Allylgruppe, wie beispielsweise Allyl(meth)acrylat. Als Vernetzungsmittel mit drei oder mehr ethylenisch ungesättigten, radikalisch polymerisierbaren Resten seien beispielhaft Triallylcyanurat, Trimethylolpropantri(meth)acrylat sowie Pentaerythritetra(meth)acrylat genannt. Weitere Beispiele hierzu werden beispielsweise in US-P 4,513,118 angegeben.

Die gegebenenfalls in 0 bis 30 Gew.-Teilen in der Elastomerphase enthaltenen Comonomeren, dienen vornehmlich der Angleichung des in der Regel niedrigeren Brechungsindex der Elastomerphase an denjenigen der Matrixphase M. Vorzugsweise werden also Comonomere mit vergleichsweise hohen Brechungs-Indizes gewählt werden, wie beispielsweise radikalisch polymerisierbare aromatische Verbindungen. Beispielhaft seien genannt: Vinyltoluol, Styrol oder α -Methylstyrol, die in solchen Mengen verwendet werden, daß sie die Witterungsbeständigkeit des schlagzähen Polymethylmethacrylats nicht beeinträchtigen.

Die mit der Elastomerphase zumindest zu 5 Gew.-% kovalent verbundene Matrixphase M besteht aus einem Polymethylmethacrylat P, das aus 80 bis 100 Gew.-Teilen Methylmethacrylat-Einheiten aufgebaut ist, und weist eine Glasübergangstemperatur von wenigstens 70 °C auf. Weiterhin können im Polymethylmethacrylat 0 bis 20 Gew.-Teile weitere ethylenisch ungesättigte, radikalisch polymerisierbare Comonomereinheiten anwesend sein, vorzugsweise Alkyl(meth)acrylate mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen im Alkylrest. Das mittlere Molekulargewicht M_w des Polymethylmethacrylats beträgt günstigerweise zwischen 10^4 und 10^6 , vorzugsweise zwischen 3×10^4 und 5×10^5 Dalton (zur Bestimmung von M_w vergleiche beispielsweise H.F. Mark et.al., Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 2nd Ed., Vol. 10, Seiten 1ff, J. Wiley, New York, 1989).

Vorzugsweise ist die Elastomerphase Bestandteil zwei- oder mehrstufiger Emulsionspolymerisate, die in der äußeren Hülle aus dem die Matrixphase bildenden Polymethylmethacrylate bestehen. Besonders bevorzugt sind Emulsionspolymerisate

mit einem wenigstens dreistufigen Aufbau, gebildet aus einem Kern aus Polymethylmethacrylat, einer ersten Schale S1 aus der Elastomerphase und einer zweiten Schale S2 aus Polymethylmethacrylat, wobei sich weitere Schalen entsprechend den Schalen S1 und S2 alternierend anschließen können. Der Anteil der Emulsionspolymerisate am schlagzähen Polymethylmethacrylat beträgt zwischen 5 und 70 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 10 und 50 Gew.-%, wobei die restlichen Gewichtsanteile von dem nicht in den Latexteilchen enthaltenen Polymethylmethacrylat-Kunststoff ausgemacht werden.

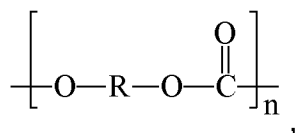
Vorzugsweise wird das schlagzähe Polymethylmethacrylat durch Abmischen des Emulsionspolymerisats mit dem Polymethylmethacrylat hergestellt, wobei beispielsweise die Bestandteile gemischt werden und anschließend die Wasserphase und die Emulgatoren abgetrennt werden oder wobei zunächst das Emulsionspolymerisat aus der wässrigen Phase isoliert wird und anschließend mit dem, beispielsweise durch kontinuierliche Substanzpolymerisation hergestellten Polymethylmethacrylat in der Schmelze gemischt wird. Insgesamt sollen die Latexteilchen, die das Emulsionspolymerisat bilden, einen Durchmesser zwischen 0,1 und 3 μm , bevorzugt zwischen 0,15 und 1 μm aufweisen. Prinzipiell ist der Aufbau solcher Latexteilchen und die Isolierung des Emulsionspolymerisats für zweistufige Emulsionspolymerisate beispielsweise in EP-Patent 0 033 999 (= US-Patent 4,543,383) und für dreistufige Emulsionspolymerisate beispielsweise in EP-Patent 0 113 925 (= US-Patent 4,513,118) beschrieben. Bei der wässrigen Emulsionspolymerisation arbeitet man zweckmäßigerweise im neutralen oder leicht sauren pH-Bereich, wobei der Verwendung langkettiger Alkylsulfate bzw. Alkylsulfonate als Emulgatoren günstig ist. Als Polymerisationsinitiatoren dienen zweckmäßig die einschlägig bekannten Azoverbindungen bzw. organische oder anorganische Peroxide, wie beispielsweise Persulfate, die im allgemeinen in Mengen zwischen 10^{-3} und 1 Gew.-%, bezogen auf die Monomeren, verwendet werden: Zur Einstellung des zuvor beschriebenen Molekulargewichts M_w des im Emulsionspolymerisat anwesenden Polymethylmethacrylats dienen die einschlägig bekannten Molekulargewichtsregler, wie

beispielsweise Mercaptoverbindungen, wie 2-Ethylhexylthioglykolat oder tert.-Dodecylmercaptan.

Besonders bevorzugt sind solche Emulsionspolymerisate, die im einem Extruder coaguliert und entwässert werden. Die Schmelze wird dabei in der Entwässerungszone des Extruders in mehrere Abschnitte unterteilt, die jeweils in voneinander getrennten Schneckengängen gefördert werden. Die Schmelzephase wird dabei in wenigstens einem dieser Schneckengänge im Einzugsspalt der Doppelschnecke unter Bildung eines örtlich eng begrenzten Druckgradienten zu einem zusammenhängenden Schmelzekuchen gestaut. Dabei wird das Wasser vor der Grenze des Schmelzekuchens unter der Wirkung der Schwerkraft derart nach unten durch wenigstens eine Abzugsöffnung abfließen gelassen, daß der Schmelzekuchen nicht mit einer zusammenhängenden Wasserphase in Berührung steht. Dadurch werden die im Wasser enthaltenen Zusatzstoffe und Verunreinigungen effektiv entfernt, so das ein besonders witterungsstabiles nicht zur Vergilbung neigendes Material erhalten wird (s. dazu EP-A 0 683 028 und als zweistufiges Verfahren DE 197 18 597 C1). Die geeigneten sz-PMMA-Typen sind unter der Marke Plexiglas[®] bei der Evonik Röhm GmbH erhältlich, beispielsweise Plexiglas[®] zk6BR, zk6HF oder zk6HT.

Polycarbonate

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auch auf thermoplastische formbare Polycarbonate. Polycarbonate sind dem Fachmann bekannte Kunststoffe. Sie bezeichnen thermoplastische Polymere mit der allgemeinen Strukturformel



die formal als Polyester aus Kohlensäure und aliphatischen oder aromatischer Dihydroxy-Verbindung betrachtet werden können. Dabei bezeichnet der Rest R zweibindige aliphatische, cycloaliphatische oder aromatische Gruppen, die sich von den entsprechenden Dihydroxy-Verbindungen ableiten.

Zu den erfindungsgemäß einsetzbaren Polycarbonaten gehören Homopolycarbonate, Copolycarbonate, unverzweigte Polycarbonate, verzweigte Polycarbonate und Mischungen der genannten Polycarbonate.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden aromatische Reste R bevorzugt. Dazu gehören unter anderem Reste, die sich vom Hydrochinon, Resorcinol, 4,4'-Dihydroxydiphenol, 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan, 2,4-Bis-(4-hydroxyphenyl)-2-methylbutan, 2,2-Bis-(4-hydroxy-3,5-dimethylphenyl)-propan, 2,2-Bis-(4-hydroxy-3,5-dichlorophenyl)-propan, 2,2-Bis-(4-hydroxy-3,5-dibromophenyl)-propan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexan oder vom 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan ableiten. Besonders bevorzugte Reste R leiten sich vom 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan oder vom 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexan ab.

Die Reste R können gegebenenfalls weitere Substituenten, vorzugsweise Methyl- oder Halogengruppen tragen. Besonders bevorzugte Substituenten sind Brom- und Chloratome.

Die erfindungsgemäßen Polycarbonate haben vorzugsweise ein Gewichtsmittel des Molekulargewichts im Bereich zwischen 10.000 g/mol und 200.000 g/mol. Besonders bevorzugt ist ein Gewichtsmittel des Molekulargewichts im Bereich zwischen 10.000 g/mol und 100.000 g/mol, insbesondere zwischen 15.000 g/mol und 45.000 g/mol.

Die erfindungsgemäßen Polycarbonate können weitere mit Polycarbonat mischbare Polymere enthalten. Hierzu gehören unter anderem Poly(meth)acrylate, Polyester, Polyamide, Polyimide, Polyurethane, Polyether, ABS, ASA und PBT.

Mischbarkeit der verschiedenen Substanzen bedeutet im Sinne der vorliegenden Erfindung, daß die Komponenten eine homogene Mischung bilden.

Des weiteren können die Polycarbonate in der Fachwelt weithin bekannte Zusatzstoffe enthalten. Hierzu gehören unter anderem Antistatika, Antioxidantien, Farbstoffe, Füllstoffe, Lichtstabilisatoren, Pigmente, UV-Absorber, Verwitterungsschutzmittel und Weichmacher.

Polystyrol

Polystyrol kann beispielsweise aus folgenden Monomeren aufgebaut sein: Styrol, substituierte Styrole mit einem Alkylsubstituenten in der Seitenkette, wie z.B. α -Methylstyrol und α -Ethylstyrol, substituierte Styrole mit einem Alkylsubstituenten an dem Ring, wie beispielsweise Vinyltoluol und p-Methylstyrol, halogenierte Styrole, wie beispielsweise Monochlorstyrole, Dichlorstyrole, Tribromstyrole und Tetrabromstyrole.

Durchführung der Erfindung

- 1 Bestimmung des Brechungsindex
- 2 Optimierung der Linsenstruktur
- 3 Flussdiagramm

ad 1

Der in die Berechnung einzusetzende Wert für den Brechungsindex folgt aus einer Messung an dem zu verwendenden transparenten Polymer bei einer Wellenlänge, die im mittleren Bereich des Spektrums liegt, mit dem die Linse bestrahlt werden soll. Er wurde bei 23° C bestimmt. Als beispielhaften Wert kann man 1,50 annehmen.

ad 2

Die Koordinaten für die Ansteuerung einer CNC-Maschine zur Herstellung der Fresnel-Linse werden in folgenden Schritten ermittelt.

Figurenbeschreibung

Abb. 1 zeigt die Geometrie, von der ausgegangen wird. Ein Bündel paralleler Lichtstrahlen wird durch die Fresnel-Linse auf den Punkt F fokussiert. Es ist zu beachten, dass die lineare Fresnel-Linse räumlich einen Linienfokus ergibt. Allgemein sei angenommen, dass das Bündel paralleler Strahlen unter dem Winkel α auf die Linse trifft. Außerdem ist der Fokus um den Abstand f' von der optischen Achse entfernt. Im Folgenden wird nur $\alpha = 0^\circ$ und $f' = 0$ betrachtet.

Die Breite der Linse sei b . Es gilt eine Fresnel-Linse zu konstruieren mit diesen optischen Eigenschaften.

Abb. 2 zeigt, dass eine Fresnel-Linse aus vielen aneinandergereihten elementaren Flankenkombinationen aufgebaut ist. Eine Flankenkombination (3) besteht aus einer optischen Flanke (1), die den Lichtstrahl in Richtung Fokus lenkt. Außerdem schließen oben und unten zwei Störflanken (2) an, die zu den Stufen der Linse führen. Diese sind so auszurichten, dass möglichst wenige Lichtstrahlen darauf auftreffen sollen. Diese Lichtstrahlen bedeuten eine Verringerung der Energieausbeute, da diese Lichtstrahlen nicht den Fokus erreichen.

Zur Berechnung der optimierten Geometrie führt ein Prozess, der durch das Flussdiagramm (Abb. 3) beschrieben wird.

1. Startkoordinaten festlegen: Im Fall $\alpha = 0^\circ$ und $f' = 0$ ist die Linse symmetrisch zur optischen Achse und die Linse wird von der Achse aus nach oben konstruiert. Anschließend wird der obere Teil gespiegelt und die Linse nach unten vervollständigt.

2. Untere störende Flanke ausrichten: Die Flanke wird parallel den Lichtstrahlen in der Linse ausgerichtet. Bei $\alpha = 0^\circ$ ist die Entformung exakt senkrecht zu dieser Oberfläche. Daher wird eine Entformungsneigung der Flanke von ca. $1^\circ - 4^\circ$ verwendet.
3. Optisch wirksame Flanke ausrichten: Die Flanke wird so ausgerichtet, dass der mittlere Lichtstrahl in den Fokus gerichtet wird. Die Brechung der Lichtstrahlen wird nach dem Snellius-Brechungsgesetz unter Einbeziehung des anzuwendenden Brechungsindex berechnet. Die Flanke wird nicht mehr ausgerichtet, wenn aufgrund der Totalreflexionsbedingung ein Lichtstrahl nicht mehr auf den Fokus gerichtet werden kann.
4. Obere störende Flanke optimieren: Die Flanke wird parallel den Lichtstrahl in der Linse ausgerichtet. Ebenfalls wird wieder die Entformungsneigung von ca. $1^\circ - 4^\circ$ berücksichtigt.
5. Flankenkombination skalieren: Die Schritte 2 bis 4 bilden eine Flankenkombination. Eine Einschränkung in der Herstellung ist die maximale Höhe h der Flankenkombination. Außerdem können nur optische Flanken mit einer maximalen Länge z mit optischer Präzision hergestellt werden. Unter diesen beiden Randbedingungen wird die größte mögliche Flankenkombination durch skalieren gewählt und die Koordinaten eingetragen. Außerdem soll ein gleicher Materialfluss bei der Herstellung erzielt werden. Daher wird die Flankenkombination in der horizontalen so ausgerichtet, dass über eine Flankenkombination gemittelt, der Materialverbrauch auf der gestrichelten Linie liegt.
6. Ist die Sollbreite erreicht? Das Aneinanderreihen von Flankenkombinationen wird solange fortgesetzt, bis die Sollbreite erreicht wird oder aufgrund von eintretender Totalreflexion nicht mehr sinnvoll ist.

7. Koordinaten für die nächste Flankenkombination vorbereiten: Ist die Sollbreite noch nicht erreicht worden, so wird die nächste Kombination angehängt.
8. Koordinaten spiegeln: Im Fall $\alpha = 0^\circ$ und $f' = 0$ ist die Linse symmetrisch und die konstruierte Hälfte muss zusätzlich gespiegelt werden. Andernfalls wird die untere Hälfte separat berechnet.

Unter einer zirkularen Fresnel-Linse wird eine Linse mit konzentrischen Stufen verstanden. Unter einer linearen gekrümmten Fresnel-Linse wird eine Platte verstanden, wobei die Stufen gerade verlaufen. Diese Platte kann dann – z. B. durch einspannen - wie ein Gewölbe eingebaut werden.

Gravur der Prägewalze

Die Prägewalze wird in geeigneten mech. Bearbeitungszentren durch Fräsen und oder Drehen mit der erfindungsgemäß optimierten Fresnel-Struktur versehen.

Herstellung der erfindungsgemäßen Fresnel-Linsen

Für die Herstellung der erfindungsgemäßen Fresnel-Linsen können herkömmliche Einschnckenknetter (Hersteller zum Beispiel Kuhne, Breier, Krauss Maffei) zur Plastifizierung der ausgewählten Thermoplaste eingesetzt werden. Je nach Kunststoff und Kunststofftype sind Schmelzetemperaturen von ca. 200°C bis 300°C anzuwenden. Die Vorverteilung der Kunststoffschmelze erfolgt durch eine Breitschlitzdüse. Der so auf die Gravurwalze aufgebrachte Schmelzefilm wird durch ein umlaufendes Spiegelband aus hochglanzpoliertem Edelstahl in die Gravurwalze gedrückt, was zur Abformung der vorgegebenen erfindungsgemäßen Fresnel-Struktur in dem erstarrenden Schmelzestrang führt. Anstelle des umlaufendes Spiegelbands aus hochglanzpoliertem

Edelstahl können auch eine oder mehrere Rollen angeordnet sein, um den Anpreßdruck der Schmelzebahn auf die Gravurwalze zu erzeugen. Der Anpreßdruck der Rollen kann gleich oder verschieden sein. Die Gravurwalze kann heiz- und/oder kühlbar ausgerüstet sein, wobei einzelne Bereiche heizbar und/oder kühlbar sein können.

Die Dimension der Linse hängt im Wesentlichen von der Leistung des Schneckenkneters sowie von der eingesetzten Breitschlitzdüse und der Breite der Prägetrommel ab.

Die Extrusionsgeschwindigkeit kann von ca. 0,1 bis 10m/min variieren und wird hauptsächlich durch den Prägewalzendurchmesser und die Linsendicke beeinflusst.

Beispielsweise wurde eine Linse mit folgenden Parametern hergestellt:

Breite 1000 mm

Dicke 2,0 mm

Brechungsindex $n = 1,49$

Brennweite $f = 1500$ mm

Abformwinkel $\phi = 4^\circ$ (Flankensteilheit zur senkrechten Linie)

Alle angegebenen Werte sind als Beispiele zu verstehen, die nicht beschränkend sind.

Unter der Berücksichtigung der Fresnel'schen Reflexionen werden 89,9 % des Lichtes transmittiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von linearen Fresnel-Linsen durch Formen eines Schmelzestrangs eines thermoplastischen Kunststoffes auf der Oberfläche einer rotierenden Trommel, die in bestimmten Bereichen heiz- und kühlbar ist, wobei der Schmelzestrand mittels einer Vorrichtung an die rotierende Trommel angepreßt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Profil der rotierenden Trommel nach den Maßgaben des Optimierungsprogramms graviert ist.

2. Verfahren zur Herstellung von zirkularen Fresnel-Linsen durch Formen eines Schmelzestrangs eines thermoplastischen Kunststoffes auf der Oberfläche einer rotierenden Trommel, die in bestimmten Bereichen heiz- und kühlbar ist, wobei der Schmelzestrand mittels einer Vorrichtung an die rotierende Trommel angepreßt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Profil der rotierenden Trommel nach den Maßgaben des Optimierungsprogramms graviert ist.

3. Verfahren zur Herstellung von gekrümmten linearen Fresnel-Linsen durch Formen eines Schmelzestrangs eines thermoplastischen Kunststoffes auf der Oberfläche einer rotierenden Trommel, die in bestimmten Bereichen heiz- und kühlbar ist, wobei der Schmelzestrand mittels einer Vorrichtung an die rotierende Trommel angepreßt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Profil der rotierenden Trommel nach den Maßgaben des Optimierungsprogramms graviert ist.

4. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 – 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorrichtung, womit der Schmelzestrand an die rotierende Trommel gepreßt wird, aus einer oder mehreren Rollen besteht.

5. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 – 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorrichtung, womit der Schmelzestrand an die rotierende Trommel gepreßt wird, aus einem Band besteht.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Band aus Stahl besteht.

Zeichnungen

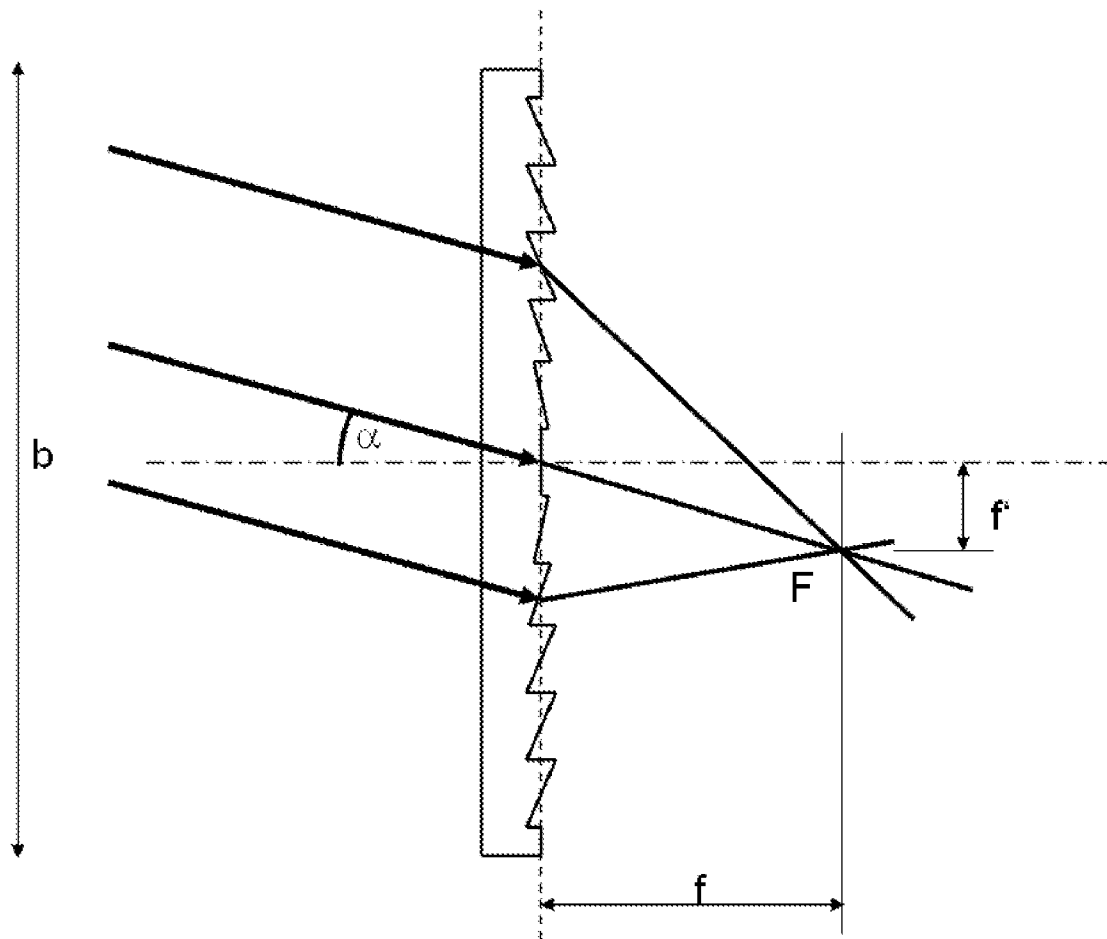


Abb. 1: Abbildungseigenschaften. Ein Bündel paralleler Lichtstrahlen trifft auf die Linse und wird im Punkt F fokussiert.

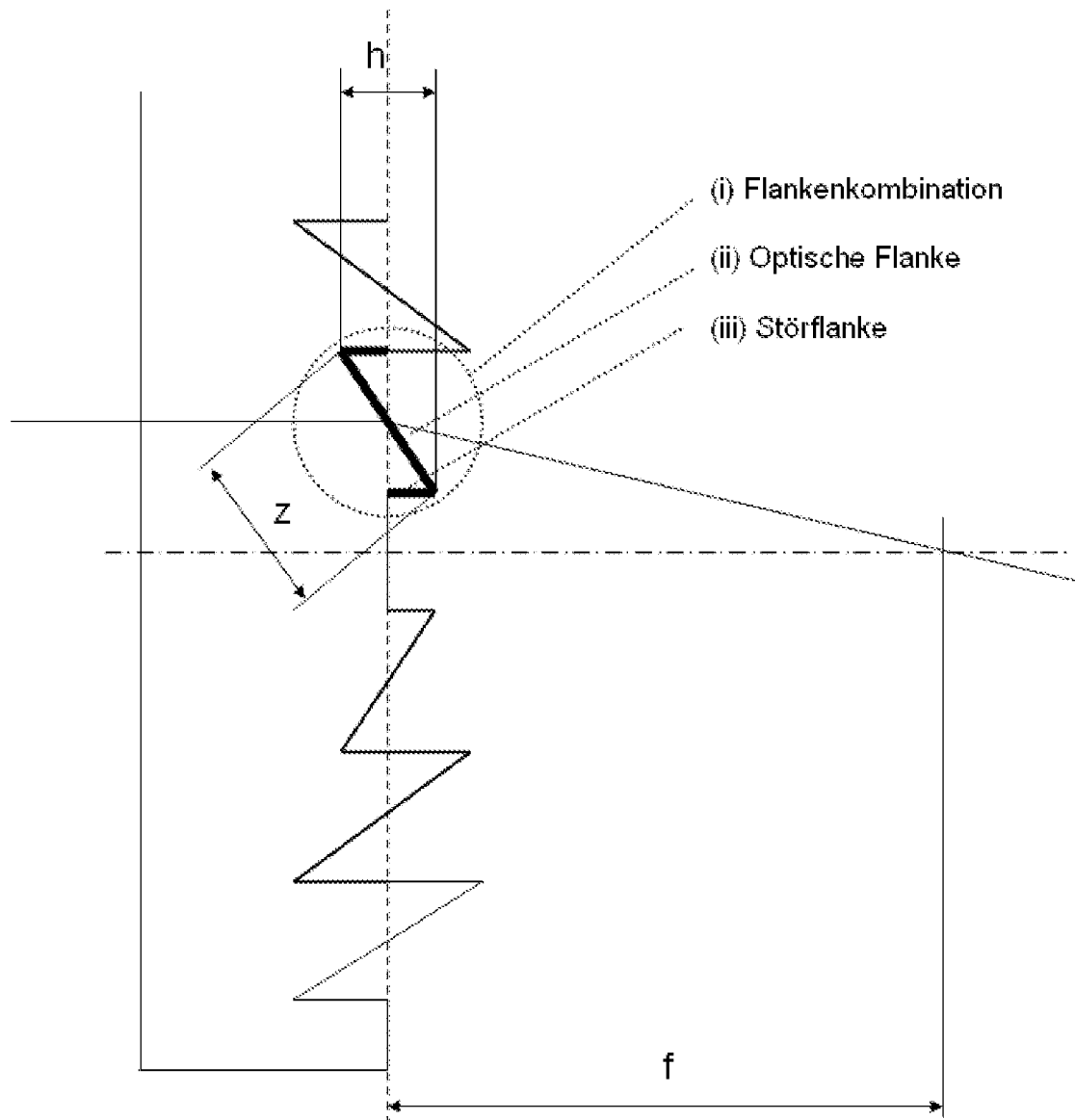


Abb. 2: Konstruktion der Fresnel-Linse. Die Linse entsteht durch die Aneinanderreihung von Flankenkombinationen.

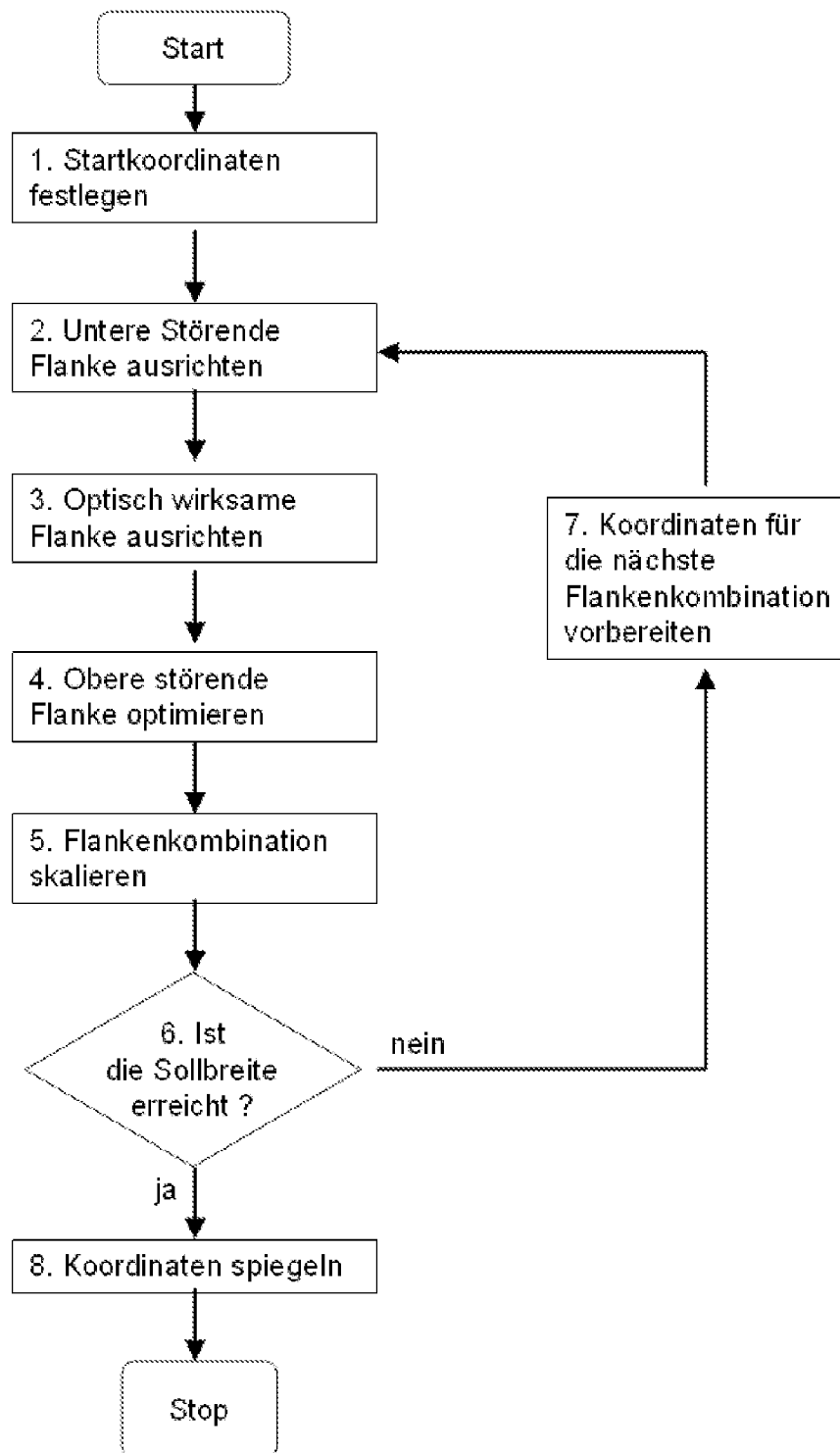


Abb. 3: Flussdiagramm zur Konstruktion der Fresnel-Linse.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/050958

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B29D11/00

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 199 43 604 A1 (SCHROEDER HEINRICH FRIEDRICH [DE]) 22 March 2001 (2001-03-22) column 2, last paragraph	1-6
Y	WO 97/02312 A1 (RAYMOND ENTERPRISES INC [US]) 23 January 1997 (1997-01-23) page 9, last paragraph	1-6
A	US 5 803 568 A (ECKHARDT STEPHEN K [US]) 8 September 1998 (1998-09-08) column 6, lines 28-67	1-6
A	DE 10 2004 044981 A1 (KARK AG [DE]) 18 August 2005 (2005-08-18) paragraph [0001]; claim 1	1-6
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 April 2010

Date of mailing of the international search report

29/04/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pipping, Lars

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/050958

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2005/062908 A2 (SOLID STATE OPTO LTD [GB]; PARKER JEFFERY R [US]; MC COLLUM TIMOTHY A) 14 July 2005 (2005-07-14) last paragraph page 23, lines 13-29 -----	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/050958

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19943604	A1	22-03-2001	AT 231793 T 15-02-2003
		WO 0119600 A1	22-03-2001
		DK 1210223 T3	19-05-2003
		EP 1210223 A1	05-06-2002
		ES 2187485 T3	16-06-2003
		JP 2003509241 T	11-03-2003
		PT 1210223 E	30-06-2003
		US 6972103 B1	06-12-2005
WO 9702312	A1	23-01-1997	AU 2957595 A 05-02-1997
US 5803568	A	08-09-1998	CN 1141080 A 22-01-1997
		DE 69509074 D1	20-05-1999
		DE 69509074 T2	09-12-1999
		EP 0745228 A1	04-12-1996
		ES 2129812 T3	16-06-1999
		JP 9509263 T	16-09-1997
		WO 9522772 A1	24-08-1995
DE 102004044981	A1	18-08-2005	NONE
WO 2005062908	A2	14-07-2005	CN 1917998 A 21-02-2007
		EP 1697114 A2	06-09-2006
		JP 2007516477 T	21-06-2007
		KR 20060132661 A	21-12-2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/050958

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B29D11/00

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B29D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 199 43 604 A1 (SCHROEDER HEINRICH FRIEDRICH [DE]) 22. März 2001 (2001-03-22) Spalte 2, letzter Absatz	1-6
Y	WO 97/02312 A1 (RAYMOND ENTERPRISES INC [US]) 23. Januar 1997 (1997-01-23) Seite 9, letzter Absatz	1-6
A	US 5 803 568 A (ECKHARDT STEPHEN K [US]) 8. September 1998 (1998-09-08) Spalte 6, Zeilen 28-67	1-6
A	DE 10 2004 044981 A1 (KARK AG [DE]) 18. August 2005 (2005-08-18) Absatz [0001]; Anspruch 1	1-6

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. April 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/04/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pipping, Lars

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2005/062908 A2 (SOLID STATE OPTO LTD [GB]; PARKER JEFFERY R [US]; MC COLLUM TIMOTHY A) 14. Juli 2005 (2005-07-14) letzter Absatz Seite 23, Zeilen 13-29 -----	1-3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/050958

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19943604 A1	22-03-2001	AT 231793 T	15-02-2003
		WO 0119600 A1	22-03-2001
		DK 1210223 T3	19-05-2003
		EP 1210223 A1	05-06-2002
		ES 2187485 T3	16-06-2003
		JP 2003509241 T	11-03-2003
		PT 1210223 E	30-06-2003
		US 6972103 B1	06-12-2005
WO 9702312 A1	23-01-1997	AU 2957595 A	05-02-1997
US 5803568 A	08-09-1998	CN 1141080 A	22-01-1997
		DE 69509074 D1	20-05-1999
		DE 69509074 T2	09-12-1999
		EP 0745228 A1	04-12-1996
		ES 2129812 T3	16-06-1999
		JP 9509263 T	16-09-1997
		WO 9522772 A1	24-08-1995
DE 102004044981 A1	18-08-2005	KEINE	
WO 2005062908 A2	14-07-2005	CN 1917998 A	21-02-2007
		EP 1697114 A2	06-09-2006
		JP 2007516477 T	21-06-2007
		KR 20060132661 A	21-12-2006