

(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
10. Dezember 2015 (10.12.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/185481 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F21V 8/00 (2006.01) *G02B 6/028* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/062083
- (22) Internationales Anmeldedatum:
1. Juni 2015 (01.06.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2014 210 903.5 6. Juni 2014 (06.06.2014) DE
- (71) Anmelder: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V. [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).
- (72) Erfinder: DEICKE, Frank; Bönischplatz 15, 01307
Dresden (DE). SCHNEIDER, Tobias; Torgauer Str. 29,
01127 Dresden (DE).
- (74) Anwälte: ZIMMERMANN, Tankred et al.;
Radlkoferstr.2, 81373 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LIGHT CHANNEL AND METHOD FOR PRODUCING A LIGHT CHANNEL

(54) Bezeichnung : LICHTKANAL UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES LICHTKANALS

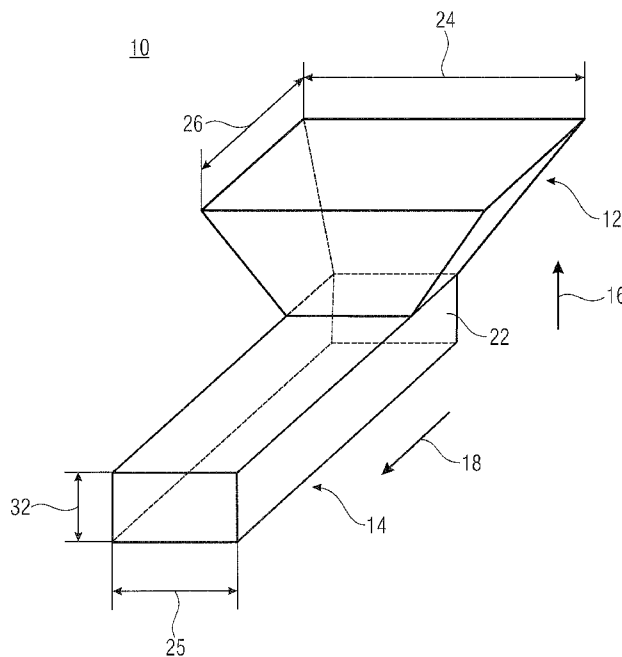


FIG 1

(57) Abstract: A light channel (10) for guiding light comprises a first section (12), extending in a first direction (16), a second section (14), extending in a second direction (18) which differs from the first direction (16), and a reflective element (22) for deflecting light from the first section (12) into the second section (14) or from the second section (14) into the first section (12), wherein the first section (12) has a first widthwise extent (24), which is greater than a second widthwise extent (28) of the second section (14), and wherein a first lengthwise extent (26) of the first section (12) is smaller than the first widthwise extent (24) of the first section (12), and wherein the second widthwise extent (28) of the second section (14) is at least as great as a second lengthwise extent (32) of the second section (14), and wherein an inner side of the light channel (10) is designed to be reflective for the light, or wherein a material from which the light channel (10) is made has a total reflection property.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Ein Lichtkanal (10) zum Leiten von Licht umfasst einen ersten Abschnitt (12), der sich in eine erste Richtung (16) erstreckt, einen zweiten Abschnitt (14), der sich in eine zweite Richtung (18), die sich von der ersten Richtung (16) unterscheidet, erstreckt, und ein reflexives Element (22), um Licht aus dem ersten Abschnitt (12) in den zweiten Abschnitt (14) oder aus dem zweiten Abschnitt (14) in den ersten Abschnitt (12) umzulenken, wobei der erste Abschnitt (12) eine erste Breitenerstreckung (24) aufweist, die größer als eine zweite Breitenerstreckung (28) des zweiten Abschnitts (14) ist, und wobei eine erste Längenerstreckung (26) des ersten Abschnitts (12) kleiner als die erste Breitenerstreckung (24) des ersten Abschnitts (12) ist, und wobei die zweite Breitenerstreckung (28) des zweiten Abschnitts (14) zumindest so groß wie eine zweite Längenerstreckung (32) des zweiten Abschnitts (14) ist, und wobei eine Innenseite des Lichtkanals (10) für das Licht reflektierend ausgebildet ist, oder wobei ein Material, aus dem der Lichtkanal (10) ausgebildet ist, eine Totalreflexionseigenschaft aufweist.

Lichtkanal und Verfahren zum Herstellen eines Lichtkanals

Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft einen Lichtkanal zum Leiten von Licht. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Lichtkanalsystem und ein Lichtelement. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Schaffen eines Lichtkanals, eines Lichtkanalsystems oder eines Lichtelements.

- 10 Ein Kommunikationssystem weist zumindest einen Sender und einen Empfänger auf und kann auf unterschiedliche Art und Weise aufgebaut sein. Neben drahtlosen funkbasierten Kommunikationssystemen mit kleiner bis mittlerer Reichweite (etwa Bluetooth, ZigBee oder WLAN) haben sich in den letzten Jahren zunehmend optische Kommunikationssysteme durchsetzen können. Im Vergleich mit funkbasierten Kommunikationssystemen haben optische Kommunikationssysteme den Vorteil, dass keine Kommunikationsregulierungen gelten und keine Störungen durch elektromagnetische Interferenzen und auch keine Interferenzen durch andere Übertragungen auftreten. Weiterhin ist die ausgesandte Strahlung normalerweise auf einen Raum beschränkt, da das für optische Übertragungssysteme häufig verwendete Licht aus dem infraroten Bereich ähnliche Eigenschaften wie
- 15 sichtbares Licht aufweist. Die optischen Signale in optischen Kommunikationssystemen müssen sich nicht zwingend auf einer direkten Linie (Line of Sight) von einem jeweiligen optischen Sender hin zu einem optischen Empfänger ausbreiten. Auch eine indirekte Ausbreitung der Signale ist möglich, wenn diese etwa an Wänden oder Decken reflektiert werden. Gleichwohl ist für viele Anwendungen eine möglichst definierte Ausbreitung, also
- 20 Strahlformung, wünschenswert.

- Dies liegt in der Tatsache begründet, dass die erreichbare Übertragungsbereichweite direkt proportional mit einer Öffnung eines Sende- oder Empfangswinkels des jeweiligen optischen Senders oder Empfängers zusammenhängt. Wenn also beispielsweise eine gerichtete Übertragung über eine möglichst weite Strecke erfolgen soll, so wäre es wünschenswert sowohl die Abstrahlcharakteristik als auch die Empfangscharakteristik der jeweiligen
- 30 optischen Sender oder Empfänger dergestalt beeinflussen zu können, dass möglichst wenig Lichtleistung in ungewünschte Raumrichtungen abgestrahlt bzw. aus ungewünschten Raumrichtungen empfangen wird.

35

Es versteht sich, dass eine Erhöhung der Reichweite der Übertragung auch durch eine Erhöhung der Sendeleistung erreicht werden kann. Diesem Ansatz diametral gegenüber steht jedoch nicht nur der Wunsch, möglichst Energie einzusparen, sondern es müssen auch Schutzbestimmungen (Eye-Safety-Regulations) eingehalten werden. Diese sind in der IEC60825-1 fixiert. Es muss in jedem Fall auf eine höchstmögliche Sicherheitsstufe für die Augen geachtet werden. Abhängig von dem gewünschten Anwendungsfall, der gewünschten Übertragungsreichweite sowie den explizit im Gesetzestext festgelegten Bestimmungen kann eine maximale Strahlungsleistung festgelegt werden. Der Ansatz, die Strahlungsleistung zu erhöhen, ist aus diesen Gründen alleine wenig zielführend.

Weiterhin bestehen heutige optische Kommunikationssysteme („Transceiver“) bzw. optische Empfänger für die optische drahtlose Kommunikation häufig aus einer Linse und einem Photodetektor. Die sog. optische Performance (Sensitivität, Abdeckung bzw. „Coverage“, Dynamikbereich) dieser Anordnung wird bestimmt durch die Größe der Linse, die Größe des Photodetektors, sowie die elektrischen Eigenschaften des Detektors (elektrische Bandbreite, Eingangskapazität, Ladungsträgerbeweglichkeit, Ansprechverhalten bzw. Responsivity...). Da eine hohe Datenrate eine sehr kleine Eingangskapazität des Detektors erfordert, welche aus Proportionalitätsgründen eine sehr kleine Dioden Fläche zur Folge hat, ist die Performance des Systems bzgl. Abdeckung stark eingeschränkt. Eine bedingte Kompensation dieses Nachteils kann durch komplexe und große Optiken erreicht werden. Dadurch wird der Empfänger zu groß und schwer sowie kostentechnisch nicht marktrelevant.

In der deutschen Patentschrift DE 694 25 447 T2 beispielsweise werden mehrere lichtemittierende Dioden (LEDs), die als optische Sender fungieren sollen, zunächst auf einer Befestigungsplatte angeordnet und dann von einer glasförmig ausgeführten Kuppel umgeben. Diese Kuppel weist Streuungseigenschaften auf, wodurch eine Bündelung oder Sammlung eines ausgesandten Lichtstrahls erreicht werden kann. Ebenfalls vorgesehen sind gemäß einigen Ausführungsbeispielen mehrere Photodioden, die als optischer Empfänger dienen. Diese sind innerhalb derselben Kuppel angeordnet. Die dort vorliegende Erfindung ist auch dadurch gekennzeichnet, dass eine Strahlformung sowohl beim Empfangsteil als auch beim Sendeteil jeweils durch die bereits erwähnte Kuppel erfolgt. Es werden zwar weiterhin Möglichkeiten angegeben, um auch eine Strahlrichtung zu erreichen, das resultierende Gesamtsystem weist aber in jedem Fall mehrere Photodioden als Empfangselemente auf, um in dem Fall einer radialen Abstrahlung Licht von allen Seiten empfangen zu können. Es kann somit zwar ein definierter Lichtkanal erreicht werden, es

ist jedoch in jedem Fall die glasförmig ausgeführte Kuppel zu verwenden. Falls eine „Rundumsicht“ für den optischen Empfänger gewünscht ist, so muss dieser mehrere Photodioden umfassen.

- 5 Die US 2012/0006382 A1 offenbart einen dünnen und flachen Solarkollektor-Konzentrator, der ausgebildet ist, um Strahlung von einer Seite zu sammeln und auf die andere Seite zu führen, wo Solarzellen zur Energiewandlung angeordnet sind. Der planare Solarkonzentrator umfasst zwei Abschnitte. Der obere Abschnitt ist eine Matrix aus mikro-dimensionierten Solarkonzentratoren mit einem großen Winkel, während der untere
- 10 Abschnitt eine planare Lichtwellenschaltung umfasst, die mehrschichtig sein kann.

- Die DE 102 30 481 A1 offenbart eine Datenübertragungsvorrichtung zwischen zwei radial um eine Drehachse gegeneinander beweglichen Einrichtungen, bei der ein Lichtleiter kreis- oder ringförmig um die Drehachse herum angeordnet ist, so dass das zu übertragende Licht bei jedem eingestellten Drehwinkel der ersten gegenüber der zweiten Einrichtung zwischen Sende- und Empfangseinheiten der beiden Einrichtungen übertragen wird.
- 15

- Die DE 31 11 339 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Signalübertragung in Kraftfahrzeugen. Hier werden mehrere durch Schalter am Lenkrad erzeugte elektrische Steuersignale auf optischem Wege und digital an zugeordnete Steuereinheiten für die Steuerung von diversen Fahrzeugfunktionen mit hoher Zuverlässigkeit und selbst bei Lenkradausschlägen störungsfrei übertragen. Wesentliche Elemente sind ein Elektrizität/Licht-Umsetzer, ein ringförmiger Lichtübertrager, ein Licht/Elektrizität-Umsetzer, ein Analog-Digital-Wandler und ein Digital-Analog-Wandler.
- 20

- 25 Die US 5,829,858 A1 offenbart ein Projektorsystem mit einer Lichtleiteroptikanordnung. Das Projektorsystem umfasst eine Lampe, eine Reflektor-Kollektor-Optik, eine Weiterleitungsoptik, um das Licht von dem Lichtleiterausgang zu einem Bildtor abzubilden, einen Lichtleiter und eine Bildformungseinrichtung.

- 30 Die US 4,496,211 A1 offenbart ein Lichtleiternetz mit optischen Elementen zum Verteilen von elektromagnetischer Strahlung, wobei verschiedene männliche und weibliche Koppelungselemente mit entsprechenden Kollimatorlinsen gezeigt sind.

- 35 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein verbessertes Lichtkanalkonzept zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch einen Lichtkanal gemäß Anspruch 1, ein Lichtkanalsystem gemäß Anspruch 7, ein Lichtelement gemäß Anspruch 10 oder ein Verfahren zum Herstellen eines Lichtkanals, eines Lichtkanalsystems oder eines Lichtelements gemäß Anspruch 16 gelöst.

Die vorliegende Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass ein Lichtkanal auf vorteilhafte Weise mit einem reflexiven Element gebaut werden kann, so dass nicht nur eine Umlenkung eines Gangs eines Lichtstrahls ermöglicht wird, sondern auch eine Formung bzw. Auffächerung oder Bündelung des Lichtstrahls. Diese Formung kann so erfolgen, dass der Lichtstrahl einen definierten Bereich abdecken kann, und beispielsweise auch so, dass eine radial flache Rundumsicht (360°) ermöglicht wird.

Ein Vorteil ist ferner, dass das erfindungsgemäße Lichtkanalkonzept ein verbessertes, z. B. effizienteres Empfangs- oder Sendeverhalten ermöglicht.

Die vorliegende Erfindung schafft weiterhin ein zwei Lichtkanäle umfassendes Lichtkanalsystem, das sich durch einen kleinen Formfaktor und eine einfache Handhabung durch einen Anwender auszeichnet. Durch eine geschickte Ausformung und Anordnung der einzelnen Lichtkanäle wird ein Lichtkanalsystem geschaffen, das gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ohne großen Aufwand durch zusätzliche Optiken erweitert werden kann.

Die vorliegende Erfindung schafft weiterhin ein Lichtelement, ausgebildet für die optische drahtlose Kommunikation („Optischer Transceiver“). Gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen werden ein optischer Sender mit einem ersten Lichtkanal bzw. Lichtleiter und ein optischer Empfänger mit einem zweiten Lichtkanal bzw. Lichtleiter verknüpft. Diese Konfiguration insbesondere des Empfangslichtleiters ermöglicht dabei einen radial flachen Empfangsbereich dergestalt, dass Licht aus allen Raumrichtungen (360° Rundumsicht) auf einen einzelnen Lichtempfänger fallen kann.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel schafft die vorliegende Erfindung ferner ein Lichtelement, bei dem ein Lichtkanal wenigstens zwei Scheibensegmente aufweist und Licht von beiden Scheibensegmenten auf ein und denselben Lichtempfänger koppelbar ist.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel schafft die vorliegende Erfindung ferner ein Lichtelement, bei dem ein Lichtkanal wenigstens zwei Scheibensegmente aufweist und Licht von beiden Scheibensegmenten auf einen jeweiligen Lichtempfänger koppelbar ist.

Ferner schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Lichtkanals, eines Lichtkanalsystems oder eines Lichtelements.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische perspektivische Ansicht eines Lichtkanals, bei dem eine Breitenerstreckung gerade ausgeführt ist;

Fig. 2 eine schematische perspektivische Ansicht eines Lichtkanals, der einen viertelkreisförmigen Querschnitt aufweist;

Fig. 3 eine schematische perspektivische Ansicht eines Lichtkanals, der einen viertelkreisringförmigen Querschnitt aufweist;

Fig. 4 eine schematische perspektivische Ansicht eines Lichtkanalsystems, das zwei ineinandersteckbare Lichtkanäle umfasst;

Fig. 5 eine schematische Ansicht eines Lichtelements mit einem Lichtsender und einem Lichtempfänger;

Fig. 6 eine schematische Ansicht eines Lichtelements, das eine senkrechte Ablenkung eines Sende- oder Empfangslichtstrahls ermöglicht;

Fig. 7 eine schematische Ansicht eines Lichtelements mit zwei Scheibensegmenten, von denen Licht auf ein und denselben Lichtempfänger koppelbar ist;

Fig. 8 eine schematische Ansicht eines Lichtelements mit zwei eckig ausgeführten Scheibensegmenten, die eine homogene Ausformung eines Lichtstrahls ermöglichen;

Fig. 9 eine schematische Ansicht eines Lichtelements mit zwei Segmentpärchen, von denen Licht auf ein und denselben Lichtempfänger koppelbar ist;

Fig. 10 eine schematische Ansicht eines Lichtelements mit zwei Segmentpärchen, von denen Licht auf zwei verschiedene Lichtempfänger koppelbar ist.

Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung im Detail anhand der Zeichnungen näher erläutert werden, wird darauf hingewiesen, dass identische, funktionsgleiche oder gleichwirkende Elemente, Objekte oder Strukturen in den unterschiedlichen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellte Beschreibung dieser Elemente untereinander austauschbar ist bzw. aufeinander angewendet werden kann.

Fig. 1 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht eines Lichtkanals 10 zum Leiten von Licht, mit einem ersten Abschnitt 12 und einem zweiten Abschnitt 14. Der erste Abschnitt 12 erstreckt sich dabei in eine erste Richtung 16 und der zweite Abschnitt in eine zweite Richtung 18. Die erste Richtung 16 und die zweite Richtung 18 sind gemäß einer bevorzugten Ausführungsform zumindest in einem Toleranzbereich von $\pm 5^\circ$ orthogonal zueinander angeordnet. Es versteht sich, dass auch eine andere Orientierung der beiden Richtungen zueinander denkbar ist. Der erste Abschnitt 12 ist exemplarisch trapezförmig ausgeführt, während der zweite Abschnitt quaderförmig ausgeführt ist. Zwischen dem ersten Abschnitt 12 und dem zweiten Abschnitt 14 ist ein reflexives Element 22 angeordnet. Hierbei kann es sich beispielsweise um einen Spiegel oder eine reflektierende Oberfläche handeln. Alternativ kann das reflexive Element 22 aus einem Material aufgebaut sein, das eine (Total-)Reflexionseigenschaft aufweist. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist das reflexive Element 22 weiterhin so angeordnet, dass es gegenüber der ersten Richtung 16 oder gegenüber der zweiten Richtung 18 näherungsweise einen 45° Winkel einnimmt. Alternativ kann das reflexive Element 22 auch einen anderen Winkel gegenüber der ersten Richtung 16 oder der zweiten Richtung 18 einnehmen, wie beispielsweise 30° , 60° oder einen anderen Winkel zwischen 0° und 90° .

Der erste Abschnitt 12 weist weiterhin eine erste Breitenerstreckung 24 auf, die exemplarisch entlang einer geraden Kante, die den ersten Abschnitt 12 an einer Seite, die nicht mit dem zweiten Abschnitt 14 verbunden ist, begrenzt, ausgeführt ist. Denkbar ist auch, dass sich die erste Breitenerstreckung 24 entlang einer Krümmung erstreckt. Der erste Abschnitt 12 weist weiterhin eine erste Längenerstreckung 26 auf, die sich entlang einer zweiten Kante des ersten Abschnitts 12, die näherungsweise orthogonal zu der ersten Kante des ersten Abschnitts 12 ist, erstreckt. Auch hier wäre eine Erstreckung entlang einer Krümmung oder gekrümmten Kante denkbar. Die erste Breitenerstreckung 24 ist größer als die erste Längenerstreckung 26. Der erste Abschnitt 12 ist hier näherungsweise in Form eines Trapezes ausgeführt, d. h. er verjüngt sich hin zum zweiten Abschnitt 14. Der zweite Abschnitt 14 weist wiederum eine zweite Breitenerstreckung 28 auf, die sich entlang einer vorderen Kante des zweiten Abschnitts 14 erstreckt. Mit anderen Worten erstreckt sich die zweite Breitenerstreckung 28 an einer Kante, die an einem Ende des zweiten Abschnitts 14 liegt, das nicht mit dem ersten Abschnitt 12 verbunden ist. Der zweite Abschnitt 14 weist weiterhin eine zweite Längenerstreckung 32 auf. Diese erstreckt sich hier exemplarisch entlang einer Kante des zweiten Abschnitts 14, die abermals nicht an der Seite des zweiten Abschnitts 14 liegt, die mit dem ersten Abschnitt 12 verbunden ist. Die zweite Längenerstreckung 32 erstreckt sich weiterhin näherungsweise orthogonal zu der zweiten Breitenerstreckung 28. Dies ist hier lediglich exemplarisch so gezeigt und kann auch anders ausgeführt sein.

Die erste Breitenerstreckung 24 ist größer als die zweite Breitenerstreckung 28. Das bedeutet, dass die erste Breitenerstreckung 24 beispielsweise größer ausgeführt sein könnte, wodurch sich die Form des ersten Abschnitts 16 ändern würde, ohne dass die Form des zweiten Abschnitts 14 davon beeinflusst wäre. Denkbar ist etwa, dass sich die erste Breitenerstreckung 24 doppelt so weit erstreckt, wie es hier in der Fig. 1 gezeigt ist. Ebenfalls denkbar wäre, dass die erste Breitenerstreckung 24 gekrümmt ausgeführt ist. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel wird in der Figurenbeschreibung zur Fig. 2 erläutert werden. Denkbar ist weiterhin, dass die zweite Breitenerstreckung 28 genauso groß ist wie die zweite Längenerstreckung 32. In diesem Fall hätte der zweite Abschnitt 14 beispielsweise einen quadratischen oder kreisrunden Querschnitt.

Allgemein kann ein Lichtkanal bzw. Lichtleiter einen axialsymmetrischen Querschnitt aufweisen. Alternativ können Lichtkanäle oder Lichtleiter einen eckigen Querschnitt aufwei-

sen (z. B. dreieckig, viereckig, mehreckig, symmetrisch oder unsymmetrisch), um Licht in bestimmte Richtungen abzustrahlen bzw. aus bestimmten Richtungen zu empfangen.

5 Der Lichtkanal 10 weist weiterhin eine Innenseite auf, die für Licht reflektierend ausgebildet ist. Alternativ ist denkbar, dass ein Material, aus dem der Lichtleiter ausgebildet ist, eine Totalreflexionseigenschaft aufweist. Dieses Material kann beispielsweise Kunststoff oder Plexiglas umfassen.

10 Der Lichtkanal 10 ist so ausgebildet, dass Licht von einem Ende des zweiten Abschnitts 14, das nicht das Ende ist, welches mit dem ersten Abschnitt 12 verbunden ist, einkoppeln kann. Das so eingekoppelte Licht wird dann an dem reflexiven Element 22 um- oder abgelenkt, um durch den ersten Abschnitt 12 hindurchzutreten und aus dem Ende des ersten Abschnitts 12, das nicht mit dem zweiten Abschnitt 14 zusammenhängt, auszutreten. So ist ein Querschnitt des ersten Abschnitts 12, aus dem das Licht heraustreten
15 kann, flächenmäßig größer als das Ende des zweiten Abschnitts 14, in das das Licht einfallen kann. Somit wird eine Formung respektive Auffächerung eines Lichtstrahls ermöglicht. Diese kann durch eine Veränderung der Geometrie des ersten Abschnitts 12 wie von einem Anwender gewünscht beeinflusst werden. Ebenfalls denkbar ist, dass das Licht den umgekehrten Weg nimmt, also in den ersten Abschnitt 12, genauer gesagt in das Ende
20 des ersten Abschnitts 12, das nicht mit dem zweiten Abschnitt 14 zusammenhängt, hineintritt, an dem reflexiven Element 22 ab- oder umgelenkt wird und, nachdem es durch den zweiten Abschnitt 14 hindurchgetreten ist, aus dem Ende des zweiten Abschnitts 14, das nicht mit dem ersten Abschnitt 12 zusammenhängt, aus dem Lichtkanal 10 austritt. Dann wird das Licht nicht aufgefächert, sondern gebündelt.

25 Vorteilhaft an der hier gezeigten Ausführungsform des Lichtkanals 10 ist, dass eine applikationsspezifische Strahldivergenz („Beamdivergenz“) ermöglicht werden kann. Beispielsweise kann der Lichtstrahl radial flach ausgeformt werden. Alternativ kann ein applikationsspezifisches Gesichtsfeld („Field of View“) ermöglicht werden. Auch hier ist bspw.
30 eine radial flache Ausweitung denkbar. Es kann mit anderen Worten eine definierte oder gewünschte Abdeckung („Coverage“) ermöglicht werden. Der Lichtkanal 10 kann dabei mit einem kleinen Formfaktor gebaut werden. Dies kann bspw. zur Erfüllung von anwendungsspezifischen Anforderungen nützlich sein.

35 Der Lichtkanal 10 kann einfach hergestellt werden. Ebenso ist durch das geringe Maß an geometrischer Komplexität eine einfache Handhabung durch den Anwender gegeben. Es

versteht sich weiterhin, dass aus einer steuer- oder konfigurierbaren Abdeckung („Coverage“) auch eine große Reichweite einer optischen Kommunikation resultieren kann. In anderen Worten bestehen die Vorteile des Lichtkanals 10 in einer Kombination aus kleinem Formfaktor sowie gleichzeitig anwendungsspezifischer Abdeckung (im Extremfall: 360° Rundumsicht). Dadurch kann die optische Leistung („Performance“) einer optisch drahtlosen Übertragungsstrecke bezüglich Reichweite und Ausrichtung erhöht werden.

In anderen Worten kann eine Verwendung des Lichtkanals 10 für ein optisches Kommunikationssystem bzw. einen optischen Transceiver viele Vorteile bieten: Es können hohe Datenraten, eine applikationsspezifische Strahldivergenz (z. B. radial flach), ein applikationsspezifisches Gesichtsfeld (z. B. radial flach) und daraus resultierend: große Reichweite und Abdeckung sowie einfache Handhabung durch den Anwender, kleiner Formfaktor, hohe Sensitivität, großer Dynamikbereich des Empfängers und eine einfache Herstellung ermöglicht werden. Es ist weiterhin eine hohe Abdeckung oder Coverage bei gleichzeitig hoher Datenrate umsetzbar, und anwendungsspezifische Anforderungen können erfüllt werden.

Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht eines Lichtkanals 20, der einen ersten Abschnitt 34 sowie einen zweiten Abschnitt 36 aufweist. Der erste Abschnitt 34 erstreckt sich entlang der Richtung 16 und der zweite Abschnitt 36 erstreckt sich entlang der Richtung 18. Der erste Abschnitt 34 weist die Längenerstreckung 26 auf. Der erste Abschnitt 34 weist weiterhin eine erste Breitenerstreckung 38 auf, die hier exemplarisch entlang einer gekrümmten Linie ausgeführt ist, dergestalt, dass sich der erste Abschnitt 34 entlang eines Viertelkreises erstreckt. Mit anderen Worten weist der erste Abschnitt 34 hier einen viertelkreisförmigen Querschnitt auf. Alternativ ist auch denkbar, dass sich die erste Breitenerstreckung 38 entlang eines Halbkreises oder ganzen Kreises erstreckt. In diesem Fall kann die erste Breitenerstreckung 38 die Ausdehnung eines Kreisumfangs angeben.

Der zweite Abschnitt 36 weist eine zweite Längenerstreckung 42 sowie eine zweite Breitenerstreckung 44 auf. Die zweite Breitenerstreckung 44 ist hier exemplarisch ebenfalls viertelkreisförmig ausgeführt. Mit anderen Worten erstreckt sich die zweite Breitenerstreckung 44 entlang einer gekrümmten Linie. Der zweite Abschnitt 36 weist somit einen abschnittsweisen kreissektorförmigen Querschnitt auf. Aus Gründen der Anschaulichkeit ist hier ein Viertelkreissektor dargestellt, es versteht sich aber, dass auch andere Querschnittsformen resultieren können, wie beispielsweise halbkreis- oder dreiviertelkreisfö-

mig. Alternativ ist ebenfalls denkbar, dass sich die zweite Breitenerstreckung 44 entlang eines Kreisumfangs erstreckt. In diesem Fall könnte der zweite Abschnitt 36 einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen.

5 Zwischen dem ersten Abschnitt 34 und dem zweiten Abschnitt 36 angeordnet ist ein reflexives Element 46. Das reflexive Element 46 wird durch eine kreisrunde (zwischen dem ersten Abschnitt 34 und dem zweiten Abschnitt 36) zentral angeordnete Abschrägung gebildet. Hieraus kann ein Winkel von 45° gegenüber der ersten Richtung 16 oder der zweiten Richtung 18 resultieren. Aus dieser Ausformung des reflexiven Elements 46 kann
10 ferner eine näherungsweise senkrechte Ablenkung eines Lichtstrahls, der bspw. aus dem ersten Abschnitt 34 in den zweiten Abschnitt 36 oder aus dem zweiten Abschnitt 36 in den ersten Abschnitt 34 fällt, resultieren. Mit anderen Worten kann es sich bei dem Lichtkanal 20 um einen Lichtleiter mit z. B. senkrechter Ablenkung des Lichtes handeln.

15 Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht eines Lichtkanals 30 mit einem ersten Abschnitt 48 und einem zweiten Abschnitt 52, die sich jeweils entlang der bereits bekannten Richtungen 16 und 18 erstrecken. Im Unterschied zu dem in der Beschreibung zur Fig. 2 beschriebenen Lichtkanal 20 weist der erste Abschnitt 48 hier jedoch eine erste Längenerstreckung 54 auf, die exemplarisch kleiner als die erste Längenerstreckung 26 (siehe Fig.
20 2) dargestellt ist. Ebenso weist der zweite Abschnitt 52 eine zweite Längenerstreckung 56 auf, die kleiner als die zweite Längenerstreckung 42 (siehe Fig. 2) ist. Die Längenerstreckungen 54 und 56 sind dabei exemplarisch so ausgeführt, dass sich sowohl für den ersten Abschnitt 48 als auch für den zweiten Abschnitt 52 ein kreisringsektorförmiger Querschnitt ergibt. Alternativ ist auch ein halbkreisringsektorförmiger oder dreiviertelkreisringsektorförmiger oder kreisringförmiger Querschnitt denkbar. Ebenfalls denkbar ist, dass
25 sich die erste Breitenerstreckung 38 oder die zweite Breitenerstreckung 44 entlang eines jeweiligen Kreisumfangs erstrecken.

Zwischen dem ersten Abschnitt 48 und dem zweiten Abschnitt 52 angeordnet ist wiederum ein reflexives Element 47, das hier durch eine innere (viertel-) kreisrunde Fase gebildet wird. Es ergibt sich abermals eine näherungsweise senkrechte Ablenkung eines Lichtstrahls. Diese Ablenkung kann auch in einem anderen Winkel erfolgen.

Bei jeder der in den Figuren 1 bis 3 gezeigten Ausführungsformen ist ebenfalls denkbar,
35 dass das jeweilige reflexive Element 22, 46, 47 eine Optikanordnung zum Beeinflussen

einer Abstrahlcharakteristik oder einer Empfangscharakteristik des jeweiligen Lichtkanals oder bspw. ein wellenlängenselektives Filter umfasst.

Fig. 4 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Lichtkanalsystems 40. In einem oberen Bereich der Fig. 4 ist ein Lichtkanal 50 gezeigt, wie er beispielsweise aus dem Lichtkanal 20, wie er in der Fig. 2 gezeigt ist, resultieren kann, wenn die erste Breitenerstreckung 38 und die zweite Breitenerstreckung 44 (siehe Fig. 2) jeweils entlang eines Kreisumfangs ausgeführt sind. Der Lichtkanal 50 weist einen ersten Abschnitt 62 und einen zweiten Abschnitt 64 auf. Der erste Abschnitt 62 erstreckt sich hierbei entlang einer radialen Richtung, die zu einer zweiten Richtung, entlang sich der zweite Abschnitt 64 erstreckt, orthogonal ist. Der Lichtkanal 50 weist ferner ein reflexives Element 66 auf, das hier kegelförmig ausgebildet ist.

In einem unteren Bildbereich zeigt die Fig. 4 einen Lichtkanal 60, wie er beispielsweise aus dem Lichtkanal 30, wie er in Fig. 3 gezeigt wurde, resultieren kann, wenn die erste Breitenerstreckung 38 oder die zweite Breitenerstreckung 44 (siehe Fig. 3) jeweils entlang eines jeweiligen Kreisumfangs ausgeführt sind. Der Lichtkanal 60 weist weiterhin einen ersten Abschnitt 68 und einen zweiten Abschnitt 72 auf, die wiederum innerhalb eines Toleranzbereichs von $\pm 5^\circ$ orthogonal zueinander angeordnet sind. Der erste Abschnitt 68 oder der zweite Abschnitt 72 des Lichtkanals 60 kann einen jeweils kreisringförmigen Querschnitt aufweisen. Zwischen dem ersten Abschnitt 68 und dem zweiten Abschnitt 72 angeordnet ist ein reflexives Element 71, das durch eine kreisrunde innere Fase gebildet wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform entspricht ein Kreisumfang, der den zweiten Abschnitt 64 des Lichtkanals 50 außen begrenzt, hier näherungsweise einem weiteren Kreisumfang, der den zweiten Abschnitt 72 des zweiten Lichtkanals 60 innen begrenzt. Mit anderen Worten hat hier eine Außenwand des zweiten Abschnitts 64 des ersten Lichtkanals 50 eine Form, die an eine Form einer Innenwand des zweiten Abschnitts 72 des zweiten Lichtkanals 60 angepasst ist, so dass der erste Lichtkanal 50 und der zweite Lichtkanal 60 aneinander liegend angeordnet sein können.

Weiterhin in Fig. 4 zu sehen ist eine Symmetrieachse 74, die so ausgeführt ist, dass sowohl der Lichtkanal 50 als auch der Lichtkanal 60 zu ihr rotationssymmetrisch sind. Der Lichtkanal 50 und der Lichtkanal 60 sind ferner so entlang der Rotationsachse 74 angeordnet, dass der Lichtkanal 50 und der Lichtkanal 60 ineinandergesteckt werden könnten.

Dies ist durch den nach unten gerichteten, auf der Rotationsachse 74 liegenden Pfeil 76 angedeutet. Alternativ gibt der Pfeil 76 eine Richtung an, entlang sich sowohl der zweite Abschnitt 64 des ersten Lichtkanals 50 als auch der zweite Abschnitt 72 des zweiten Lichtkanals 60 erstrecken.

5

Fig. 5 zeigt einen Querschnitt eines Lichtelements 70, wie es aus der in der vorherigen Figurenbeschreibung erläuterten Konfiguration von zwei Lichtkanälen bzw. dem Lichtkanalsystem 40 (siehe Fig. 4) resultieren kann. Dabei ist in einem oberen Bildbereich eine Draufsicht des so entstandenen Lichtelements 70 zu sehen und in einem mittleren Bildbereich ein Querschnitt des Lichtelements 70. In einem unteren Bildbereich ist ein optisches Sende-/Empfangsmodul angeordnet, das einen Lichtsender 92 und Lichtempfänger 94 aufweist. Zur Veranschaulichung ist weiterhin die Symmetrieachse 74 angedeutet.

Der Lichtsender oder Lichtemitter 92 ist exemplarisch kreisringförmig ausgeführt und unterhalb des zweiten Abschnitts 72 des zweiten Lichtkanals 60 angeordnet.

Der Lichtemitter 92 kann je nach Querschnittsform des dazugehörigen Lichtleiters eine oder mehrere modulierbare Lichtquellen (z. B. LED, Laserdiode...) aufweisen. Bei einem kreisförmigen Querschnitt können die Lichtquellen z. B. ringförmig angeordnet sein. Gemäß einem Anwendungsbeispiel umfasst der Lichtemitter 92 6 oder 7 ringförmig oder äquidistant angeordnete LEDs, aber auch eine andere Anzahl ist denkbar.

Über jeder Lichtquelle kann eine zusätzliche Optik 98 (z. B. plankonvex, plankonkav, Asphären, Fresnel-Linsen, Diffusor) angeordnet sein.

25

Der Lichtempfänger oder Photodetektor 94 ist exemplarisch kreisförmig ausgeführt und unterhalb des zweiten Abschnitts 64 des ersten Lichtkanals 50 angeordnet. In anderen Worten ist der Photodetektor 94 unter dem Empfangslichtleiter angeordnet. Der Photodetektor 94 kann mit einer zusätzlichen Optik 96 (z. B. plankonvex, plankonkav, Asphären, Fresnel-Linsen, Diffusor) über einem Lichteintrittsfenster, das einem unteren Ende des zweiten Abschnitts 64 entsprechen kann, ausgestattet sein.

Bei jeder der (optionalen) Optiken 96 und 98 kann es sich beispielsweise um eine Linse oder eine Linsenkombination oder ein wellenlängenselektives Filter handeln. Alternativ können die Optiken 96 und 98 auch ausgeformt sein, um eine gezielte Bündelung von Licht zu ermöglichen. Ebenfalls denkbar ist die Verwendung von Fresnel-Linsen oder Dif-

fusoren. Zwischen den Optiken 96 und 98 und dem jeweiligen Lichtkanal kann beispielsweise eine Beschichtung oder ein Luftspalt angeordnet sein. Die Verwendung eines Luftspalts kann dabei in einer erhöhten Anzahl von Freiheitsgraden resultieren.

- 5 Das Lichtelement 70 kann auch an einem jeweils anderen Ende des ersten Lichtkanals 50 bzw. des zweiten Lichtkanals 60 optionale Optiken 97 bzw. 99 aufweisen. Diese sind hier linsenförmig (mittlerer Bildbereich) bzw. kreisringförmig (oberer Bildbereich) angedeutet, können jedoch auch anders aufgebaut sein.
- 10 Das Lichtelement 70 weist hier exemplarisch eine Gesamthöhenerstreckung 81 von 4 cm auf. Alternativ kann diese im Bereich zwischen 3 cm und 5 cm liegen. Der erste Abschnitt 62 des ersten Lichtkanals 50 weist eine Höhenerstreckung 83 von 0,75 cm auf, die alternativ mit einer Toleranz von $\pm 0,25$ cm ausgeführt sein kann. Eine Gesamtbreitenerstreckung 85 des Lichtelements 70 im oberen Bildbereich kann mit 5 cm bemaßt sein (alternativ im Bereich von 4 cm bis 6 cm), während sich für eine Gesamtbreitenerstreckung 87
- 15 im unteren Bildbereich 2 bis 4 cm ergeben können. Dabei beträgt eine Breitenerstreckung 89 des zweiten Abschnitts 64 des ersten Lichtkanals 50 (und des reflexiven Elements 66) 2 cm (in einem Toleranzbereich von $\pm 0,5$ cm), während eine weitere Breitenerstreckung 91, die hier eine Breitenerstreckung des zweiten Abschnitts 72 des zweiten Lichtkanals 60
- 20 oder eine Breitenerstreckung der Optik 98 sein kann, exemplarisch 1,5 cm beträgt. Auch hier ist ein Toleranzbereich von $\pm 0,5$ cm denkbar.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die ersten und die zweiten Abschnitte des ersten Lichtkanals und des zweiten Lichtkanals weiterhin so dimensioniert, dass

25 Enden der Abschnitte auf gleicher Höhe bezüglich einer ersten Richtung und einer zweiten Richtung innerhalb einer Toleranz von ± 5 mm angeordnet sind.

- Das hier gezeigte Lichtelement 70 zeichnet sich dadurch aus, dass für den Aufbau sowohl Sender und Empfänger ausgeführt werden. In einer alternativen Ausführungsform wird
- 30 optional nur der Sender ausgeführt. In einer weiteren alternativen Ausführungsform wird nur der Empfänger ausgeführt.

- Das Lichtelement 70 kann für die optische drahtlose Kommunikation eingesetzt werden. Aus der hier gezeigten Ausführungsform können sich dabei verschiedene Vorteile ergeben: Es sind hohe Datenraten bei einem kleinen Formfaktor realisierbar, der Lichtempfän-
- 35

ger kann mit einer hohen Sensitivität gebaut werden und einen hohen Dynamikbereich aufweisen, und die Herstellung ist einfach.

Es sei ferner erwähnt, dass handelsübliche Lichtsender oder –Empfänger häufig einen
5 Öffnungswinkel von ca. 5° - 10° aufweisen, der durch einen Lichtkanal ohne die Verwendung komplexer oder schwerer Optiken vergrößert werden kann. Dies kann je nach gewünschter Applikation sehr vorteilhaft sein.

Ebenfalls vorteilhaft ist, dass ein Lichtempfänger eine kleine Fläche und damit eine kleine
10 Eingangskapazität aufweisen kann. Hieraus kann eine hohe Datenrate einer optischen Übertragung resultieren.

Fig. 6 zeigt eine schematische Ansicht eines Lichtelements 100, das einen inneren Lichtkanal 102 sowie einen äußeren weiteren Lichtkanal 104 aufweist. In einem oberen Bildbereich ist eine Aufsicht auf das komplette Lichtelement 100 zu sehen. Hier wird deutlich,
15 dass ein Öffnungswinkel für den inneren Lichtkanal 102 von ca. 60° ergibt. Weiterhin ist der erste Abschnitt 106 des ersten Lichtkanals 102 also so ausgeführt, dass er einen kreissektorförmigen Querschnitt aufweist. Die gezeigte Konfiguration kann man daher auch als Scheibensegment bezeichnen. Alternativ kann das Segment auch asphärisch
20 aufgebaut sein (z. B. elliptisch, freiform...). Dies kann beispielsweise für gerichtete optische Übertragungen über möglichst lange Strecken vorteilhaft sein.

In die Öffnung des Scheibensegmentes einfallendes Licht wird mittels eines reflexiven Elementes 108 umgelenkt, so dass es auf einen unter dem ersten Lichtkanal 102 angeordneten optischen Empfänger 112 fallen kann. Über dem optischen Empfänger 112 angeordnet ist weiterhin eine Optikanordnung 114. Das Licht kann durch diese Optikanordnung und durch eventuell einen Luftspalt (zwischen Optikanordnung 114 und Empfangslichtleiter 102) hindurchtreten. In einem unteren Bildbereich zu sehen ist ein optischer
25 Sender 116, der ausgebildet ist, um Licht auszusenden und dieses in den Lichtleiter 104 einzukoppeln. Das Licht kann dabei über die optionale Optikanordnung 118 in seinen Eigenschaften verändert werden. Es ergeben sich sowohl für die optische Sende- als auch die optische Empfangsstrecke jeweils eine senkrechte Ablenkung des Lichtes. Die gezeigte Ausführungsform ist vorteilhaft, da sowohl der optische Sender 116 als auch der optische Empfänger 112 sowie die optionalen Optikanordnungen 114 und 118 nicht oder nur
30 mit erschwertem Aufwand quer eingebaut werden können. Es ergibt sich also ein kleiner Formfaktor und eine einfachere Handhabung für das gezeigte Lichtelement 100.

Fig. 7 zeigt als weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel eine schematische Ansicht eines Lichtelement 120 mit einem Lichtkanalsystem, das zwei Scheibensegmente 122 und 124 aufweist. Es wird also ein Sammeln von Licht aus zwei unterschiedlichen Richtungen ermöglicht. Das Lichtelement 120 umfasst weiterhin einen Lichtempfänger oder Fotodetektor 126. Darüber angeordnet ist abermals eine Optikanordnung 128. Diese kann jetzt beispielsweise ein wellenlängenselektives Filter umfassen, um Licht aus dem linken Scheibensegment 122 oder dem rechten Scheibensegment 124 zu filtern. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann beispielsweise Licht mit einer Wellenlänge von 640 nm, 980 nm, 1330 nm oder 1500 nm unterschieden oder gefiltert werden. Denkbar ist ebenfalls, dass Licht mit einer Wellenlänge von 840 nm mit einer Toleranz von ± 40 nm gezielt gefiltert wird.

Fig. 8 zeigt eine schematische Ansicht eines Lichtelements 130, das wiederum zwei Scheibensegmente 132 und 134 aufweist. Diese sind nun jedoch nicht mehr kreissektorförmig ausgebildet, sondern (drei-) eckig. Es ergibt sich also ein eckiger Querschnitt des äußeren Lichtleiters, aus dem eine homogene Lichtstrahlausformung resultieren kann. Dies kann bspw. für ungerichtete optische Übertragungen über eine z. B. kurze Strecke vorteilhaft sein, da diese Anordnung die Lichtstreuung verstärkt.

20

Fig. 9 zeigt als ein weiteres Ausführungsbeispiel eine schematische Ansicht eines Lichtelements 140, das nun vier einzelne Segmente 142, 144, 146 und 148 aufweist. Diese einzelnen Segmente können zu einem oder mehreren Pärchen zusammengefasst werden. Beispielsweise können die Teilsegmente 142 und 144 sowie die Teilsegmente 146 und 148 jeweils zu einem Pärchen zusammengefasst werden. Die Segmentpärchen können Licht auf ein und denselben Empfänger koppeln.

Fig. 10 zeigt eine schematische Ansicht eines Lichtelements 150, das wie in der vorhergehenden Figurenbeschreibung über vier Einzelsegmente 142 bis 148 verfügt. An der Stelle des Empfangslichtleiters sind nun jedoch exemplarisch zwei Empfangslichtleiter oder Fotodetektoren 152 und 154 angeordnet. Darüber jeweils angeordnet ist eine jeweilige Optik 156 bzw. 158. Das Lichtelement 150 ist damit ausgebildet, um Licht aus verschiedenen Richtungen zu empfangen und jeweils auf einen separaten Fotodetektor zu koppeln. Dies kann beispielsweise auch so geschehen, dass das Licht vermittle der Optikanordnungen 156 oder 158 nach Wellenlängen gefiltert wird (z. B. kann eine Aufteilung erfolgen in: Sichtbares Licht, Infrarotes Licht...). Ebenfalls denkbar ist eine Ausbildung der

Fotodetektoren 152 und 154 dergestalt, dass z. B. auf mehreren Kanälen parallel gesendet und empfangen werden kann. Alternativ können pro Segment oder Segmentpärchen mehrere Fotodetektoren für unterschiedliche Wellenlängen zugewiesen sein.

- 5 Zusammengefasst ermöglicht das Lichtelement 150 also eine gerichtete mehrkanalige, optische Übertragung. Vorteilhaft kann dies z. B. bei Industrieanwendungen sein. Denkbar ist eine Verwendung eines Lichtelements z. B. für Fließbandsteuermaschinen bzw. deren drahtlose Kommunikation untereinander. Es ist ferner zu erwähnen, dass die optischen Empfänger 152 und 154 so angeordnet sind, dass im Wesentlichen kein Licht von einem
- 10 äußeren Lichtkanal in den jeweiligen Lichtempfänger koppelbar ist.

Die vorliegende Erfindung wurde oben anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele erläutert. Die vorliegende Erfindung ist aber nicht hierauf beschränkt.

- 15 Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen können Lichtleiter einen kompletten kreisförmigen Querschnitt haben oder aber nur aus einem Scheibensegment oder mehreren Scheibensegmenten bestehen. Analoges gilt für alle n-eckigen Querschnitte.

- Besteht der Lichtleiter aus Segmenten, können diese zu einem oder mehreren Pärchen
- 20 zusammengefasst werden.

Lichtleiter können das Licht durch eine schräge Fläche bzw. ein reflexives Element senkrecht ablenken. Alternativ kann das Licht in einem anderen Winkel abgelenkt werden.

- 25 Lichtleiter können an den Ein- und Austrittsöffnungen Optiken aufweisen (z. B. plankonvex, plankonkav, Asphären, Fresnel-Linsen, Diffusor), entweder an Eintritts- und/oder Austrittsöffnung. Dadurch kann der Lichtweg sowohl bezüglich einem Lichtemitter oder einem Photodetektor als auch bezüglich Umgebung (Abstrahlkegel bzw. Empfangskegel) angepasst werden.

30

Lichtleiter können an den Ein- und Austrittsöffnungen Filter aufweisen, um nur bestimmte Wellenlängen zu transportieren.

- Die Lichtleiter von Sender und Empfänger werden vorzugsweise ineinander gesteckt, so
- 35 dass der Austritt des Senders unter dem Eintritt des Empfängers ist.

Die Lichtkanäle können auch einstückig ausgeführt sein, so dass eine Außenwand des Empfangs-Lichtkanals gleichzeitig eine Innenwand des Sender-Lichtkanals ist. Dann ist die Innenseite der Lichtkanäle reflektierend beschichtet.

- 5 Der Photodetektor kann mit einer zusätzlichen Optik (z. B. plankonvex, plankonkav, Asphären, Fresnel-Linsen, Diffusor) über dem Lichteintrittsfenster ausgestattet sein.

Besteht der Lichtleiter aus Scheibensegmenten, kann das Licht der einzelnen Segmente auf einen Photodetektor geleitet werden. Alternativ kann für jedes Segment und/oder
10 Segmentpärchen ein einzelner Photodetektor zugewiesen werden. Diese einzelnen Photodetektoren (für jedes Segment/Segmentpärchen) können die gleiche Wellenlänge oder verschiedene Wellenlängen aufweisen, um z. B. auf mehreren Kanälen parallel zu empfangen. Alternativ können pro Segment/Segmentpärchen mehrere Photodetektoren für unterschiedliche Wellenlängen zugewiesen sein.

15

Der Lichtsender bzw. Lichtemitter kann je nach Querschnittsform des dazugehörigen Lichtleiters eine oder mehrere modulierbare Lichtquellen (z. B. LED, Laserdiode...) aufweisen. Bei einem kreisförmigen Querschnitt können die Lichtquellen z. B. ringförmig angeordnet sein.

20

Über jeder Lichtquelle kann eine zusätzliche Optik (z. B. plankonvex, plankonkav, Asphären, Fresnel-Linsen, Diffusor) angeordnet sein.

Besteht der Lichtleiter aus Scheibensegmenten, kann das Licht der einzelnen Segmente
25 durch parallel angesteuerte Lichtemitter erzeugt werden. Alternativ kann für jedes Segment und/oder Segmentpärchen ein einzelner Lichtemitter (oder eine Mehrzahl von Lichtemittern oder ein Lichtemitterarray) zugewiesen werden. Diese einzelnen Lichtemitter können die gleiche Wellenlänge oder verschiedene Wellenlängen aufweisen, um z. B. auf mehreren Kanälen parallel zu senden. Alternativ können pro Segment/Segmentpärchen
30 mehrere Lichtemitter für unterschiedliche Wellenlängen zugewiesen sein.

Patentansprüche

1. Lichtkanal (10; 20; 30; 50; 60; 102; 104) zum Leiten von Licht, mit:
- 5 einem ersten Abschnitt (16; 34; 48; 62; 68; 106), der sich in eine erste Richtung (16) erstreckt,
- 10 einem zweiten Abschnitt (14; 36; 52; 64; 72), der sich in eine zweite Richtung (18; 76), die sich von der ersten Richtung unterscheidet, erstreckt, und
- 15 einem reflexiven Element (22; 46; 47; 66; 71; 108), um Licht aus dem ersten Abschnitt in den zweiten Abschnitt oder aus dem zweiten Abschnitt in den ersten Abschnitt umzulenken, wobei
- 20 der erste Abschnitt eine erste Breitenerstreckung (24; 38; 85) aufweist, die größer als eine zweite Breitenerstreckung (28; 44; 87; 89) des zweiten Abschnitts ist, und
- wobei eine erste Längenerstreckung (26; 54; 89; 91) des ersten Abschnitts kleiner als die erste Breitenerstreckung des ersten Abschnitts ist, und
- 25 wobei die zweite Breitenerstreckung des zweiten Abschnitts zumindest so groß wie eine zweite Längenerstreckung des zweiten Abschnitts ist, und
- 30 wobei eine Innenseite des Lichtkanals für das Licht reflektierend ausgebildet ist, oder wobei ein Material, aus dem der Lichtkanal ausgebildet ist, eine Totalreflexionseigenschaft aufweist.
2. Lichtkanal (20; 30; 50; 60) gemäß Anspruch 1, wobei sich die erste Breitenerstreckung oder die zweite Breitenerstreckung entlang einer Krümmung oder eines Kreisumfangs erstreckt.
- 35 3. Lichtkanal (20; 50) gemäß Anspruch 2, wobei der erste Abschnitt oder der zweite Abschnitt einen annähernd kreissektorförmigen oder kreisförmigen Querschnitt aufweist.

4. Lichtkanal (30; 60) gemäß Anspruch 2, wobei der erste Abschnitt oder der zweite Abschnitt einen annähernd kreisringsektorförmigen oder kreisringförmigen Querschnitt aufweist.
- 5 5. Lichtkanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Richtung und die zweite Richtung zumindest in einem Toleranzbereich von $\pm 5^\circ$ orthogonal zueinander angeordnet sind.
- 10 6. Lichtkanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem das reflexive Element eine schräge Wand des Lichtkanals zwischen dem ersten Abschnitt und dem zweiten Abschnitt ist.
- 15 7. Lichtkanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Lichtkanal aus einem Kunststoff gebildet ist und innen reflexiv beschichtet ist, oder der aus dem Material mit der Totalreflexionseigenschaft gebildet ist, wobei das reflexive Element spiegelnd ausgebildet ist.
- 20 8. Lichtkanal (50; 60) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem der erste Abschnitt zwischen 0,5 und 2 cm lang ist,
bei dem der zweite Abschnitt zwischen 3 und 5 cm lang ist, bei dem die zweite
25 Breitenerstreckung zwischen 0,75 und 3 cm liegt, oder bei dem die zweite Breiten-
erstreckung zwischen 2 und 4 cm liegt.
- 30 9. Lichtkanal (50; 60) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem der erste Abschnitt kreisförmig ist und die erste Richtung radial ist, wobei
das reflexive Element durch eine kreisrunde zentral angeordnete Abschrägung
gebildet ist,
oder bei dem der erste Abschnitt kreisringförmig ist und das reflexive Element
35 durch eine innere kreisrunde Fase gebildet ist.

10. Lichtkanal nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der an einem Ende des ersten Abschnitts, das nicht mit dem zweiten Abschnitt verbunden ist, eine Optikordnung (96; 97; 98; 99; 114; 118; 128; 156; 158) zum Beeinflussen einer Abstrahlcharakteristik oder einer Empfangscharakteristik des Lichtkanals, oder ein wellenlängenselektives Filter aufweist.
- 5
11. Lichtkanalsystem (40), mit folgenden Merkmalen:
- einem ersten Lichtkanal (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der erste Abschnitt des ersten Lichtkanals kreissektorförmig oder kreisförmig ist;
- 10
- einem zweiten Lichtkanal (60) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der erste Abschnitt des zweiten Lichtkanals kreissektorförmig oder kreisförmig ist,
- 15
- wobei der zweite Abschnitt des ersten Lichtkanals größer als der zweite Abschnitt des zweiten Lichtkanals ist, oder wobei der erste Abschnitt des ersten Lichtkanals größer als der erste Abschnitt des zweiten Lichtkanals ist,
- wobei der zweite Lichtkanal neben dem ersten Lichtkanal angeordnet ist, oder
- 20
- wobei der zweite Lichtkanal einen kreisringförmigen ersten Abschnitt hat, wobei der erste Lichtkanal einen kreisförmigen Abschnitt hat, der von dem kreisringförmigen Abschnitt des zweiten Lichtkanals umgeben ist.
12. Lichtkanalsystem (40) nach Anspruch 11, bei dem eine Außenwand des zweiten Abschnitts des ersten Lichtkanals (50) eine Form hat, die an eine Form einer Innenwand des zweiten Abschnitts des zweiten Lichtkanals (60) angepasst ist, so dass der erste Lichtkanal (50) und der zweite Lichtkanal (60) aneinander anliegend angeordnet sind.
- 25
13. Lichtkanalsystem (40) nach einem der Ansprüche 11 oder 12,
- 30
- bei dem die ersten Abschnitte und die zweiten Abschnitte des ersten Lichtkanals und des zweiten Lichtkanals so dimensioniert sind, dass Enden der Abschnitte auf gleicher Höhe bezüglich der ersten Richtung und der zweiten Richtung innerhalb
- 35
- einer Toleranz von ± 5 mm angeordnet sind.

14. Lichtelement (70; 100; 120; 130; 140; 150), mit folgenden Merkmalen:
- einem Lichtsender (92; 116) oder einem Lichtempfänger (94; 112; 126; 152; 154);
 und
- 5 einem Lichtkanal nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
- wobei der Lichtkanal so bezüglich des Lichtsenders oder des Lichtempfängers
 angeordnet ist, dass Licht an einem Ende des zweiten Abschnitts, das nicht mit
10 dem ersten Abschnitt verbunden ist, einkoppelbar ist.
15. Lichtelement nach Anspruch 14, das ferner folgende Merkmale aufweist:
- einen weiteren Lichtkanal nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
- 15 wobei der Lichtsender an einem Ende des zweiten Abschnitts des Lichtkanals an-
 geordnet ist, das nicht mit dem ersten Abschnitt des Lichtkanals verbunden ist,
 und
- 20 wobei der Lichtempfänger an einem Ende des zweiten Abschnitts des weiteren
 Lichtkanals angeordnet ist, das nicht mit dem zweiten Abschnitt des weiteren
 Lichtkanals verbunden ist.
16. Lichtelement (70) nach Anspruch 15,
- 25 bei dem der Lichtkanal in den weiteren Lichtkanal gesteckt ist,
- wobei der Lichtsender kreisringförmig ist und der Lichtempfänger kreisförmig ist,
 wobei der Lichtempfänger innerhalb des kreisringförmigen Lichtsenders angeord-
 net ist, und wobei der Lichtsender und der Lichtempfänger so bezüglich des Licht-
30 kanals und des weiteren Lichtkanals angeordnet sind, dass Licht von dem
 Lichtsender in den Lichtkanal einkoppelbar ist, und dass Licht aus dem weiteren
 Lichtkanal auskoppelbar ist und auf den Lichtempfänger fallen kann.
- 35 17. Lichtelement (120; 130; 140; 150) nach einem der Ansprüche 14 bis 16,

bei dem der Lichtkanal und der weitere Lichtkanal jeweils wenigstens zwei Scheibensegmente (122; 124; 132; 134; 142; 144; 146; 148) aufweisen, wobei der weitere Lichtkanal Licht von beiden Scheibensegmenten sammelt, und wobei ein Lichtempfänger angeordnet ist, so dass das Licht von beiden Scheibensegmenten auf ein und denselben Lichtempfänger koppelbar ist.

18. Lichtelement (120; 130; 140; 150) nach einem der Ansprüche 14 bis 16,

bei dem der weitere Lichtkanal lediglich höchstens ein halbkreisförmiges Scheibensegment umfasst und noch ein weiterer Lichtkanal nach einem der Ansprüche 1 bis 10 vorhanden ist, der ebenfalls höchstens ein halbkreisförmiges Scheibensegment umfasst,

wobei ein Lichtempfänger so bezüglich des weiteren Lichtkanals angeordnet ist, dass Licht aus dem weiteren Lichtkanal auf den Lichtempfänger koppelbar ist, und wobei ein weiterer Lichtempfänger so bezüglich des noch weiteren Lichtkanals angeordnet ist, dass Licht aus dem noch weiteren Lichtkanal auf den weiteren Lichtempfänger koppelbar ist, wobei jedoch im Wesentlichen kein Licht von dem noch weiteren Lichtkanal in den weiteren Lichtempfänger oder kein Licht von dem noch weiteren Lichtkanal in den Lichtempfänger koppelbar ist.

19. Verfahren zum Herstellen eines Lichtkanals nach Anspruch 1, eines Lichtkanalsystems nach Anspruch 11 oder eines Lichtelements nach Anspruch 14.

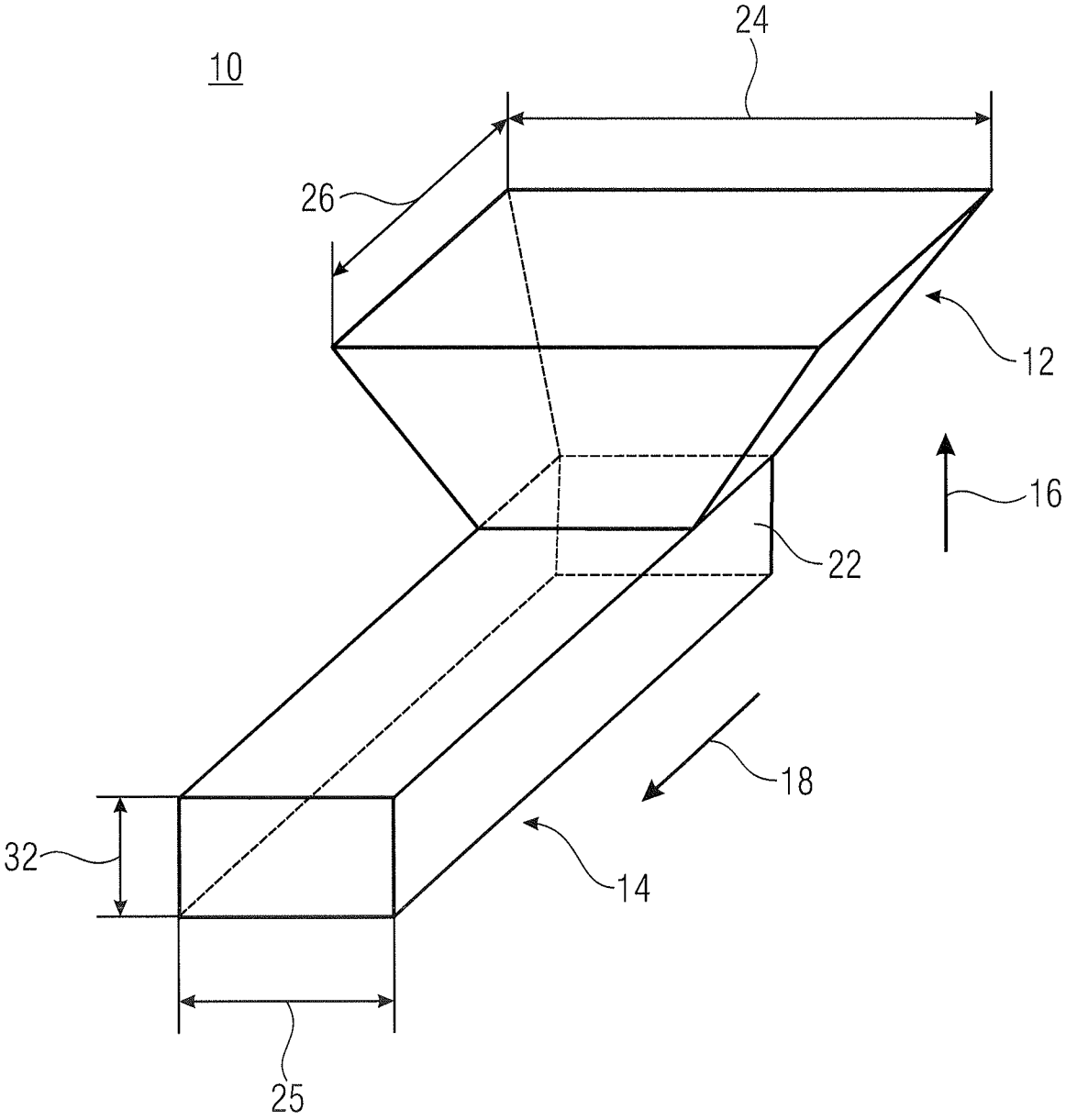


FIG 1

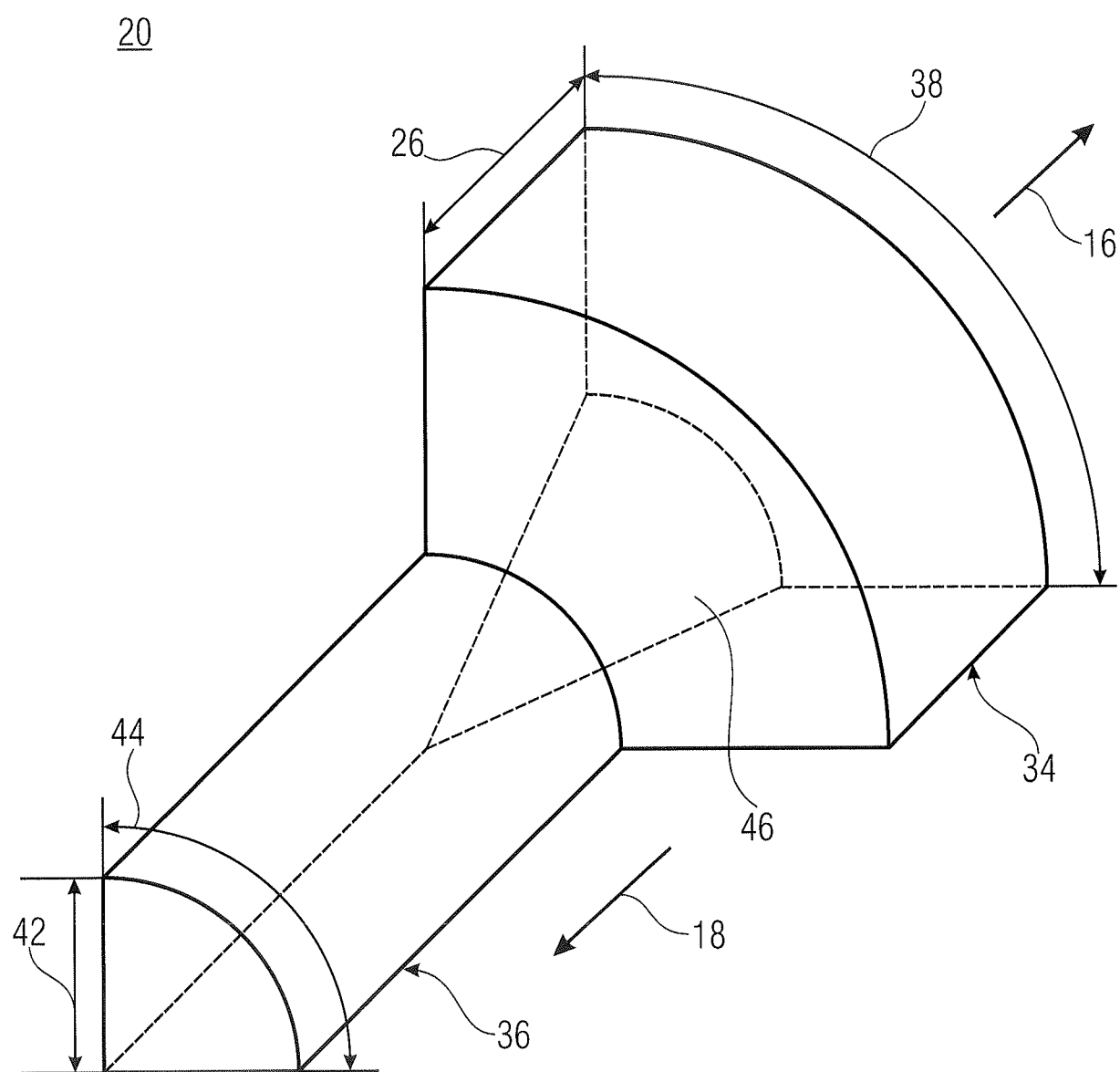


FIG 2

30

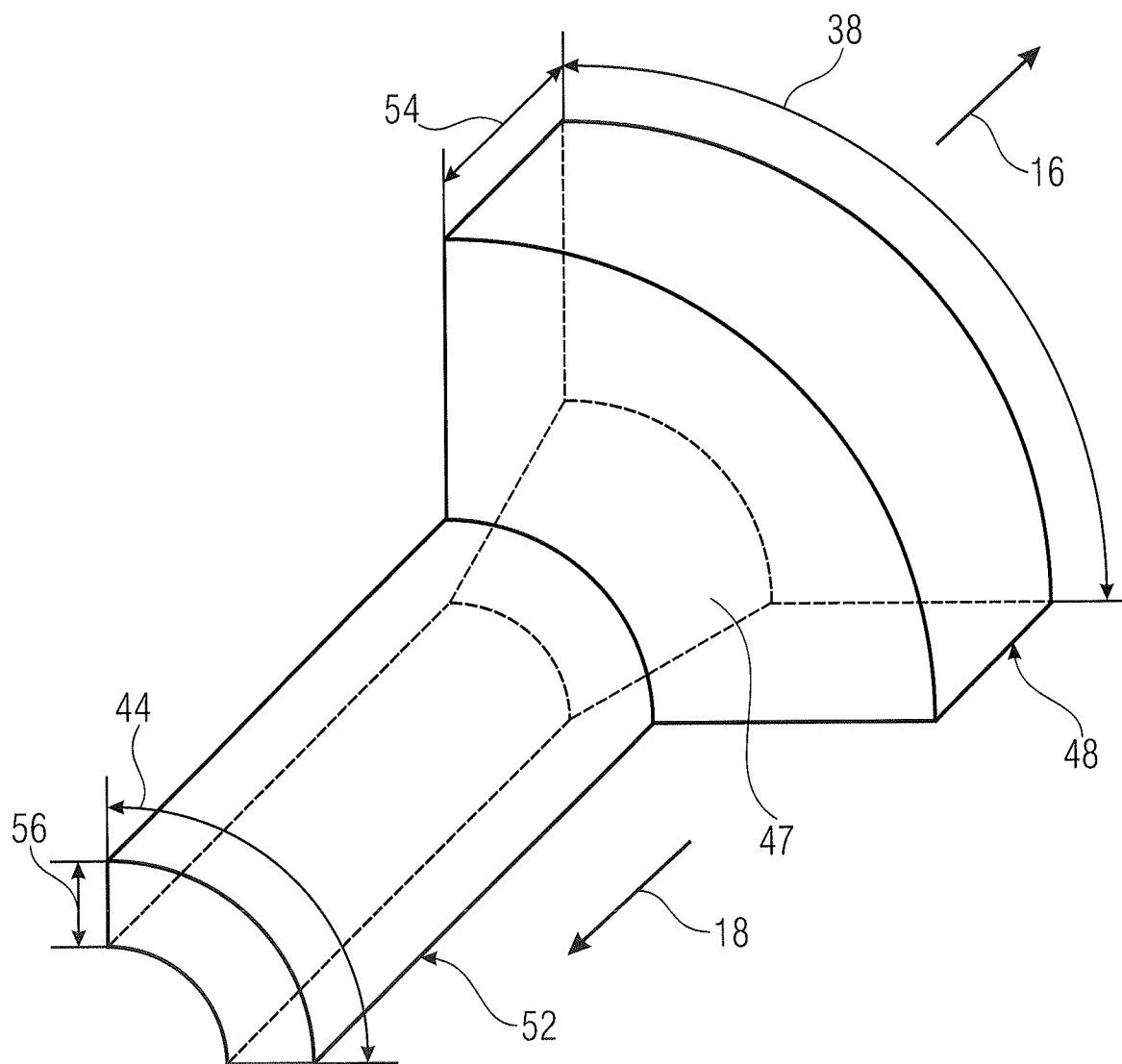


FIG 3

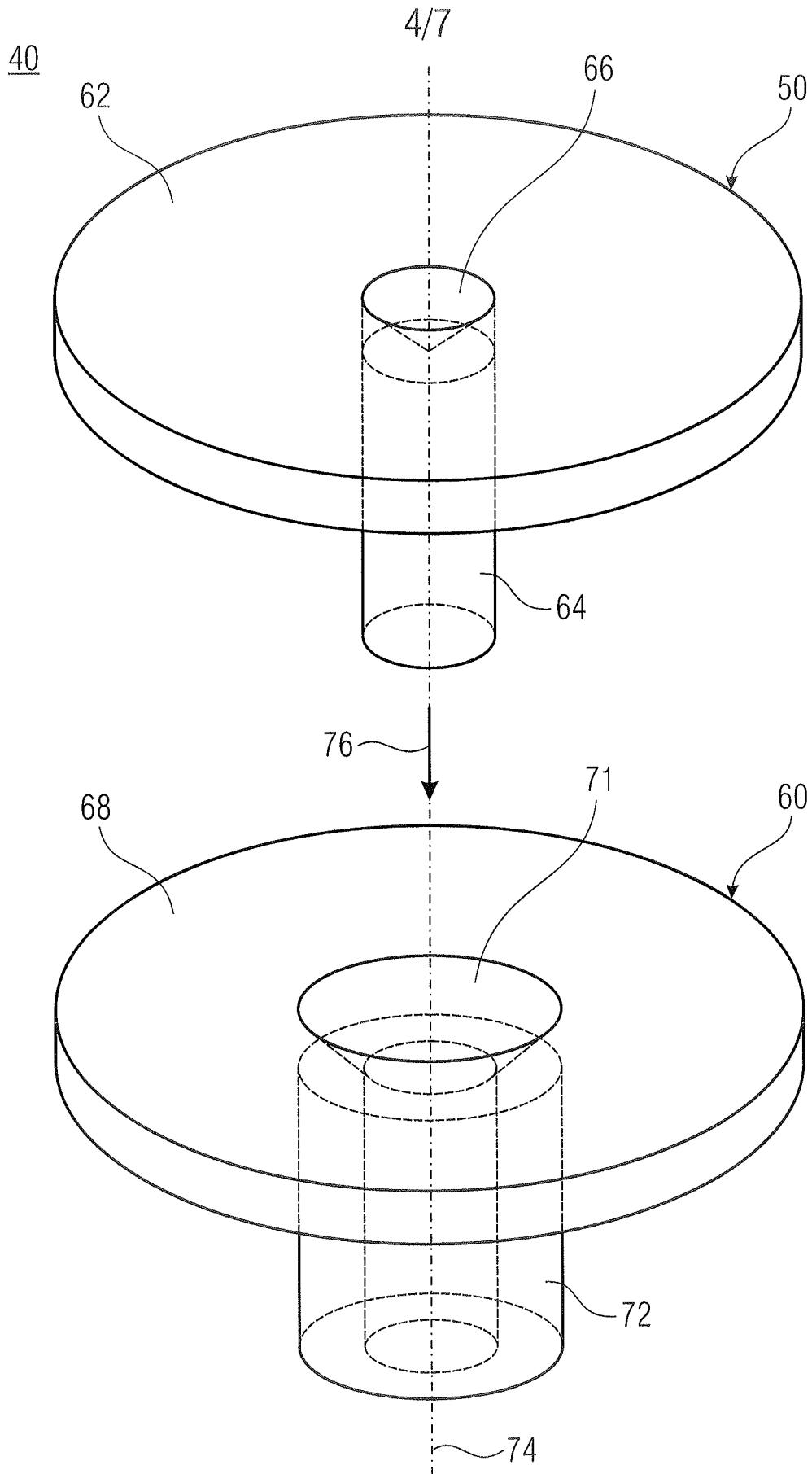


FIG 4

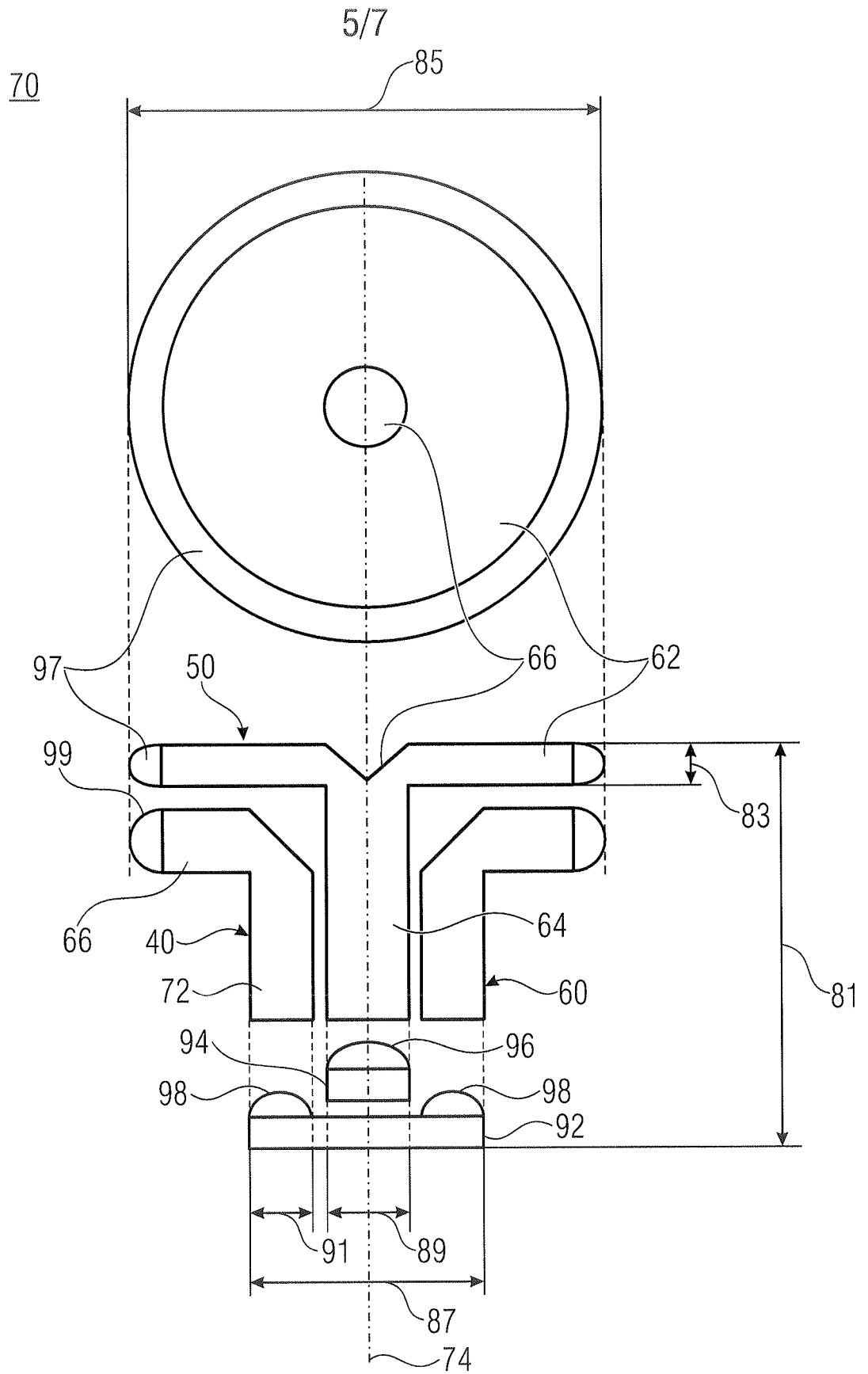


FIG 5

6/7

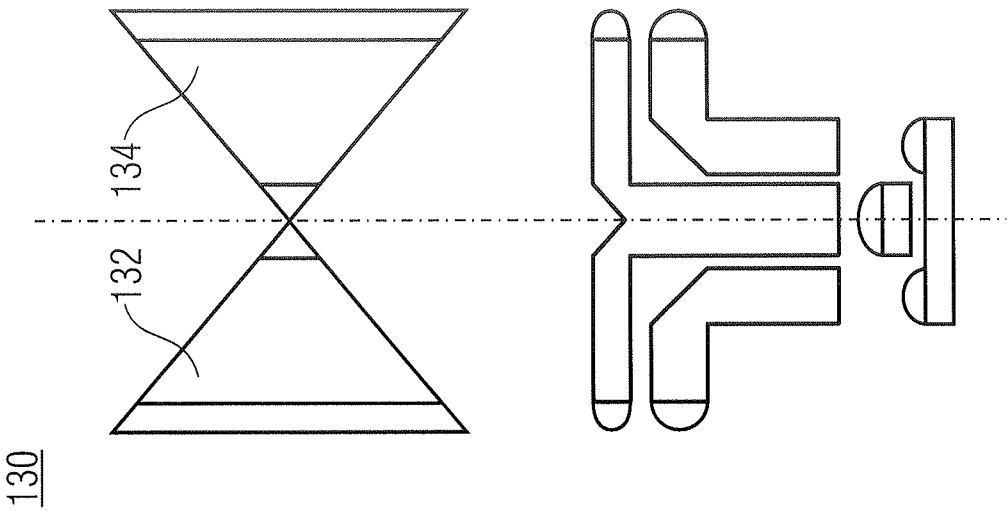


FIG 6

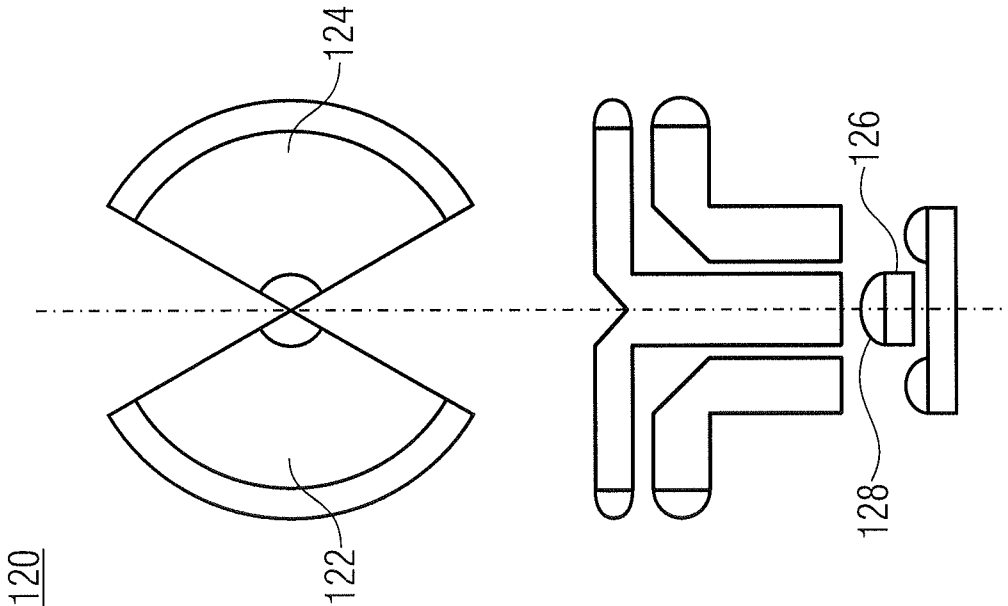


FIG 7

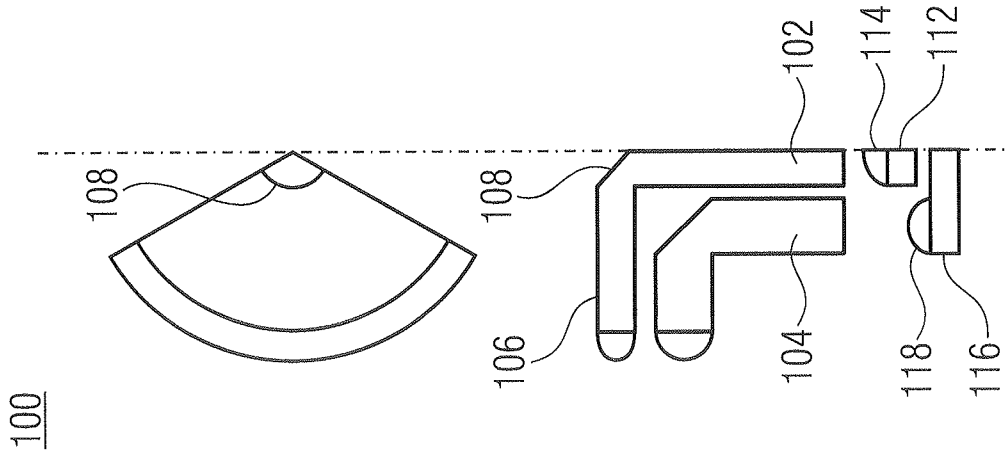
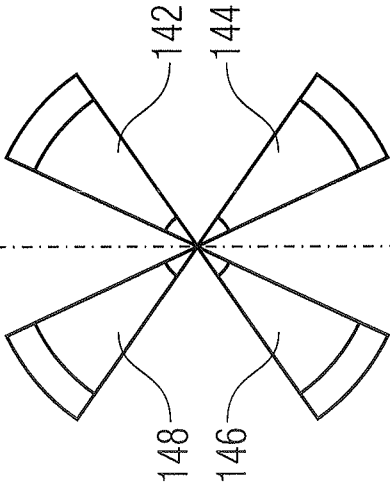


FIG 8

140



150

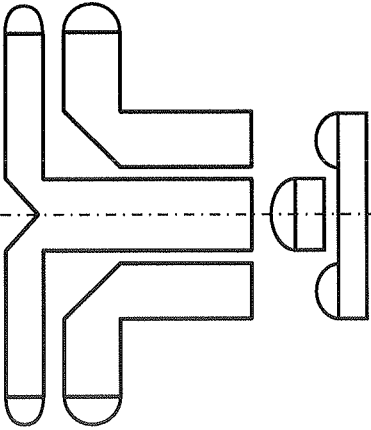
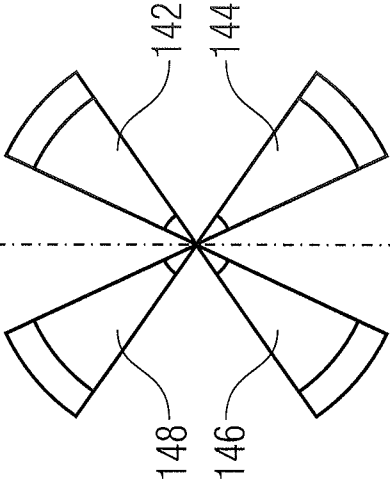


FIG 9

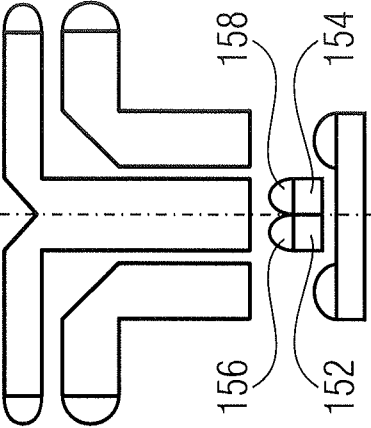


FIG 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/062083

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F21V8/00 G02B6/028
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)
G02B

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 practicable, 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.
X	US 4 496 211 A (DANIEL MAURICE [US]) 29 January 1985 (1985-01-29) figure 19	1-19
X	----- US 2012/026748 A1 (BOONEKAMP ERIK [NL] ET AL) 2 February 2012 (2012-02-02) figure 1	1-19
X	----- US 2005/007346 A1 (MA GUOLIN [US] ET AL) 13 January 2005 (2005-01-13) figure 5	1-19



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 application or patent 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

7 September 2015

Date of mailing of the international search report

14/09/2015

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

Quertemont, Eric

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/062083

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4496211	A	29-01-1985	EP 0065986 A1 08-12-1982
		GB 2094019 A 08-09-1982	
		US 4496211 A 29-01-1985	
		WO 8201942 A1 10-06-1982	

US 2012026748	A1	02-02-2012	CN 102378928 A 14-03-2012
			EP 2414876 A1 08-02-2012
			JP 2012523081 A 27-09-2012
			KR 20110134512 A 14-12-2011
			RU 2011144359 A 10-05-2013
			TW 201102563 A 16-01-2011
			US 2012026748 A1 02-02-2012
			WO 2010113113 A1 07-10-2010

US 2005007346	A1	13-01-2005	DE 102004011987 A1 10-02-2005
			JP 2005031667 A 03-02-2005
			KR 20050009150 A 24-01-2005
			US 2005007346 A1 13-01-2005

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F21V8/00 G02B6/028
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G02B

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.
X	US 4 496 211 A (DANIEL MAURICE [US]) 29. Januar 1985 (1985-01-29) Abbildung 19	1-19
X	US 2012/026748 A1 (BOONEKAMP ERIK [NL] ET AL) 2. Februar 2012 (2012-02-02) Abbildung 1	1-19
X	US 2005/007346 A1 (MA GUOLIN [US] ET AL) 13. Januar 2005 (2005-01-13) Abbildung 5	1-19



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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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

7. September 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/09/2015

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

Quertemont, Eric

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/062083

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4496211	A	29-01-1985	EP 0065986 A1 08-12-1982
			GB 2094019 A 08-09-1982
			US 4496211 A 29-01-1985
			WO 8201942 A1 10-06-1982

US 2012026748	A1	02-02-2012	CN 102378928 A 14-03-2012
			EP 2414876 A1 08-02-2012
			JP 2012523081 A 27-09-2012
			KR 20110134512 A 14-12-2011
			RU 2011144359 A 10-05-2013
			TW 201102563 A 16-01-2011
			US 2012026748 A1 02-02-2012
			WO 2010113113 A1 07-10-2010

US 2005007346	A1	13-01-2005	DE 102004011987 A1 10-02-2005
			JP 2005031667 A 03-02-2005
			KR 20050009150 A 24-01-2005
			US 2005007346 A1 13-01-2005
