

(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
19. April 2018 (19.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/068914 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01P 3/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/068148

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Juli 2017 (18.07.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
16193115.9 10. Oktober 2016 (10.10.2016) EP

(71) Anmelder: **ROSENBERGER HOCHFREQUENZ-
TECHNIK GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Hauptstr. 1,
83413 Fridolfing (DE).

(72) Erfinder: **WOLLITZER, Michael**; Hauptstr. 32, 83413
Fridolfing (DE). **ARMBRECHT, Gunnar**; Oderstr. 40a,
84453 Mühldorf (DE). **BIPPUS, Rainer**; Starz 3, 83317
Teisendorf (DE). **KLAPFENBERGER, Raimund**; Ober-
hafing 5, 83349 Palling (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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: DIELECTRIC WAVEGUIDE CABLE

(54) Bezeichnung: DIELEKTRISCHES WELLENLEITERKABEL

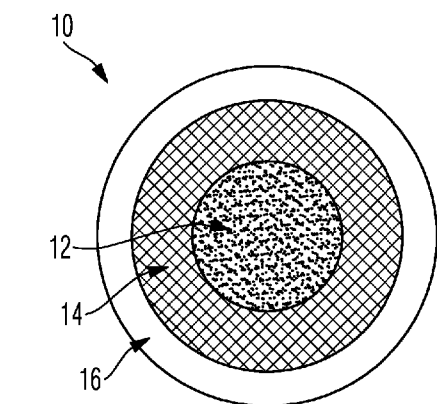


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a dielectric waveguide cable, in particular for use in the automotive sector, for transmitting electromagnetic waves in the gigahertz range having a first dielectric and having a second dielectric in which air is included, wherein the first dielectric is designed for transmitting electromagnetic waves and has a first permittivity, wherein the second dielectric at least partially surrounds the first dielectric and is designed for spatially limiting the electromagnetic waves and has a second permittivity which is lower than the first permittivity. The invention further relates to a transmission method for a signal.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein dielektrisches Wellenleiterkabel, insbesondere zur Verwendung im Automobilbereich, zur Übertragung von elektromagnetischen Wellen im Gigahertzbereich mit einem ersten Dielektrikum und mit einem zweiten Dielektrikum, in welches Luft eingelagert ist, wobei das erste Dielektrikum zur Übertragung von elektromagnetischen Wellen ausgebildet ist und eine erste Permittivität aufweist, wobei das zweite Dielektrikum das erste Dielektrikum wenigstens teilweise umgibt und zur räumlichen Begrenzung der elektromagnetischen Wellen ausgebildet ist und eine zweite Permittivität aufweist, welche kleiner ist als die erste Permittivität. Die Erfindung betrifft ferner ein Übertragungsverfahren für ein Signal.



WO 2018/068914 A1

Dielektrisches Wellenleiterkabel

GEBIET DER ERFINDUNG

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein dielektrisches Wellenleiterkabel zur Übertragung von hochfrequenten Signalen im Gigahertzbereich sowie ein Übertragungsverfahren für ein Signal.

10 TECHNISCHER HINTERGRUND

Nicht-dielektrische Wellenleiterkabel für elektromagnetische Wellen im Gigahertzbereich sind bekannt. Beispielsweise zeigt die US 2014/0368301 A1 einen Wellenleiter mit einem dielektrischen Kern und einer dielektrischen Hülle, welche von einer metallischen Berandung umgeben sind.

15 Dielektrische Wellenleiterkabel wie LWL oder POF zur optischen Übertragung von Signalen mit einer Frequenz im Terrahertzbereich sind seit längerem bekannt. Derartige Kabel weisen in der Regel Quarzglas oder PMMA (Polymethylmethacrylat) auf.

25 Diese Kabel sind aufgrund der verwendeten Materialien und einem ungeeigneten Durchmesser Verhältnis von Kern, Hülle und Mantel zur Signalübertragung im Gigahertzbereich nicht geeignet.

30 ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein dielektrisches Wellenleiterkabel, wel-

ches zur Übertragung von Signalen in einem Frequenzbereich zwischen 50 GHz und 500 GHz geeignet ist, anzugeben. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Baugruppe mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

5

Demgemäß ist vorgesehen:

- 10 - ein dielektrisches Wellenleiterkabel, insbesondere zur Verwendung im Automobilbereich, zur Übertragung von elektromagnetischen Wellen im Gigahertzbereich mit einem ersten Dielektrikum und mit einem zweiten Dielektrikum, in welches Luft eingelagert ist, wobei das erste Dielektrikum zur Übertragung von elektromagnetischen Wellen ausgebildet ist und eine erste Permittivität 15 aufweist, wobei das zweite Dielektrikum das erste Dielektrikum wenigstens teilweise umgibt und zur räumlichen Begrenzung der elektromagnetischen Wellen ausgebildet ist und eine zweite Permittivität aufweist, welche kleiner ist als die erste Permittivität; sowie
- 20 - ein Übertragungsverfahren für ein Signal mit einer Frequenz zwischen 50 und 500 GHz und einer Wellenlänge zwischen 0,6 mm und 6 mm mittels einem dielektrischen Wellenleiter, wobei ein Verhältnis eines Durchmessers eines ersten Dielektrikums in dem dielektrischen Wellenleiter zu einer Freiraumwellenlänge des zu übertragenden Signals zwischen 0,5 und 2, insbesondere zwischen 0,7 und 1,5, weiter insbesondere in etwa 1,0. 25 beträgt.

30

Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht darin, ein dielektrisches Kernmaterial von einer dielektrischen Hülle mit einer reduzierten Permittivität zu um-

manteln. Aufgrund der Einlagerung von Luft in das zweite Dielektrikum kann dessen Permittivität weiter reduziert werden.

- 5 Bei der Auslegung des zweiten Dielektrikums ist ein Kompromiss zwischen mechanischer Stabilität und einem möglichst hohen Luftanteil in dem zweiten Dielektrikum zu erzielen.

10 Dabei ist die erste dielektrische Schicht derart auszulegen, dass diese eine möglichst hohe Permittivität aufweist, so dass eine elektromagnetische Welle im ersten Dielektrikum gebunden bleibt. Dies verbessert die Signalübertragung besonders bei einer Biegung des Kabels.

- 15 Für das zweite Dielektrikum ist eine geringere Permittivität zu wählen. Auf diese Weise wird die Führung der Welle im ersten Dielektrikum verbessert. Zudem reduziert die geringere Permittivität des zweiten Dielektrikums die Verluste.

20 Die dielektrische Hülle ist derart ausgebildet, dass sie auch bei Frequenzen im Gigahertzbereich einen möglichst großen Anteil einer zu übertragenden elektromagnetischen Welle im Kern konzentriert.

- 25 Ein erfindungsgemäßer dielektrischer Wellenleiter verwendet zur Signalübertragung ausschließlich dielektrische Materialien. Aufgrund dessen sind zwei Enden des dielektrischen Wellenleiters galvanisch voneinander getrennt.

30 Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung.

Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne
5 den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Im Folgenden werden die Begriffe „Kern“ und „erstes Dielektrikum“ bzw. „Hülle“ und „zweites Dielektrikum“ bzw. „Mantel“ und „drittes Dielektrikum“ synonym verwendet.

10

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das dielektrische Wellenleiterkabel zudem ein drittes Dielektrikum, welches eine äußere Schutzhülle für das erste und das zweite Dielektrikum bildet, auf. Auf diese Weise kann
15 das dielektrische Wellenleiterkabel vor äußeren Umwelteinflüssen, wie etwa UV-Strahlung oder mechanischen Einflüssen geschützt werden. Des Weiteren kann die Steifigkeit des dritten Dielektrikums derart gewählt werden, dass es ein Abknicken des Wellenleiterkabels erschwert.

20

Durch eine richtige Material- und Durchmesserkombination aus erstem, zweitem und drittem Dielektrikum kann erreicht werden, dass das dielektrische Wellenleiterkabel sowohl eine geringe Dämpfung, niedrige Dispersion und hohe Berührungsempfindlichkeit, das heißt, dass die Führung der Welle in dem
25 Kabel von einer Handberührung nicht beeinflusst wird, aufweist. Ferner kann ein erfindungsgemäßes Kabel auch auf einen Kontakt mit Wasser oder Metall ausgelegt sein.

30 Weiterhin kann es vorteilhaft sein, dass das dritte Dielektrikum aus verschiedenen Materialien aufgebaut ist. Dabei schützt eine äußere Schicht das Wellenleiterkabel vor nicht elektrischen Umwelteinflüssen, etwa UV-Strahlung oder mecha-

- nischen Einflüssen. Eine zweite innere Schicht ist hinsichtlich seiner Materialeigenschaften derart ausgelegt, dass das Wellenleiterkabel vor elektrischen Umwelteinflüssen geschirmt ist. Auf diese Weise schirmt die zweite innere
- 5 Schicht des Mantels das elektrische Feld in dem Wellenleiterkabel auch nach außen ab. Auf diese Weise kann das als Schutzmantel ausgebildete dritte Dielektrikum hinsichtlich verschiedener Funktionalitäten ausgelegt werden.
- Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung
- 10 beträgt eine Differenz zwischen der Permittivität des ersten Dielektrikums und der Permittivität des zweiten Dielektrikums zwischen 0,3 und 2,0, insbesondere zwischen 0,5 und 1,2, weiter insbesondere in etwa 0,8.
- 15 Vollmaterialien mit einer Permittivität von weniger als 2,0 sind derzeit nicht bekannt. Diese Unterschiede in der Permittivität werden folglich erreicht, indem in das zweite Dielektrikum eine bestimmte Menge Luft eingelagert ist.
- Durch einen großen Unterschied der Permittivität zwischen
- 20 dem ersten Dielektrikum und dem zweiten Dielektrikum wird die Führung der elektromagnetischen Welle im ersten Dielektrikum verbessert. Dadurch ist eine Führung der elektromagnetischen Welle auch bei kleinen Biegeradien möglich.
- 25 Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist das erste und/oder das zweite Dielektrikum Polyethylen (PE) und/oder Polypropylen (PP) und/oder Polytetrafluorethylen (PTFE) auf.
- 30 Obgleich PE, PP bzw. PTFE bislang nicht zur Übertragung von elektromagnetischen Wellen für dielektrische Wellenleiter zum Einsatz kommen, haben umfangreiche Versuche ergeben, dass die genannten Materialien im Gigahertzbereich eine ge-

ringe Dämpfung und ein besonders vorteilhaftes Verhältnis zwischen der Permittivität und des Verlustfaktors des dielektrischen Wellenleiterkabels aufweisen.

- 5 Bei einer Verwendung der genannten Materialien im Automobilbereich kann ein Additiv zur Steigerung der Temperaturbeständigkeit beigemischt werden.

Die genannten Materialien sind zudem besonders vorteilhaft
10 aufgrund ihrer Flexibilität. Ein Wellenleiterkabel mit den genannten Materialien weist bei geeigneter Auslegung einen Biegeradius auf, der in etwa einem fünffachen Kabeldurchmesser entspricht.

- 15 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das zweite Dielektrikum als Schaum, insbesondere PE-Schaum, und/oder als Geflecht und/oder als wenigstens ein Band, welches das erste Dielektrikum umwickelt, und/oder als Vlies ausgebildet.

20

- Kunststoffschäume eignen sich zur Einlagerung von Luft bei gleichzeitig ausreichender mechanischer Stabilität. Alternativ kann das zweite Dielektrikum auch als Geflecht mit ausreichend großen Zwischenräumen zwischen den einzelnen Fasern
25 des Geflechts ausgebildet sein. Weiter alternativ kann das zweite Dielektrikum als ein oder mehrere Bänder, welche das erste Dielektrikum umwickeln, ausgebildet sein. Weiter alternativ kann das zweite Dielektrikum als Vlies ausgebildet sein. Unter einem Vlies versteht man ein Flächengebilde mit
30 nicht orientierten Fasern.

Dabei ist es insbesondere vorteilhaft, das zweite Dielektrikum als Materialgemisch aufzubauen. Dementsprechend kann das

zweite Dielektrikum auch mehrere Komponenten aus Schaum, Geflecht oder Band aufweisen. Zudem kann ein Schaum mehrere dielektrische Schichten aus verschiedenen Materialien aufweisen. Weiter denkbar ist es, ein Geflecht aus Fasern von
5 verschiedenen Materialien zu weben oder mehrere Bänder aus verschiedenen Materialien zu verwenden.

Auf diese Weise kann das zweite Dielektrikum besonders vorteilhaft hinsichtlich mechanischer und dielektrischer Eigenschaften ausgelegt werden. Zudem kann die Permittivität
10 des zweiten Dielektrikums weiter eingestellt werden.

Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das dritte Dielektrikum TPE, insbesondere TPE S auf.
15 TPE, insbesondere TPE S, ist ein Dielektrikum mit besonders großen Verlustfaktor sowie vorteilhaften mechanischen Eigenschaften, besonders hinsichtlich der Festigkeit gegen Abknicken, sowie eine hohe Flammbeständigkeit.

20 Ein weiterer Vorteil eines besonders großen Verlustfaktors im Mantel ist, dass dadurch höhere, unerwünschte Moden stark gedämpft werden, da diese eine größere elektromagnetische Feldausdehnung besitzen als die zu übertragende Grundmode.

25 Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform weist das erste Dielektrikum eine mit Luft gefüllte Bohrung auf. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass die Gruppenlaufzeit einer elektromagnetischen Welle in einem bestimmten Frequenzbereich konstant ist. Auf diese Weise wird das Frequenzband, auf welches das dielektrische Wellenleiterkabel
30 ausgelegt ist, verbreitert.

Zudem verringert eine Bohrung die Kabeldämpfung, da zumindest ein Teil der Energie in der Bohrung geführt wird und dort nahezu keine Dämpfung erfährt.

- 5 Besonders vorteilhaft ist die Bohrung in axialer Richtung mittig in dem ersten Dielektrikum ausgebildet.

Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das erste Dielektrikum einen symmetrischen Quer-
10 schnitt, insbesondere kreisförmigen oder polygonförmigen Querschnitt auf. Bei einem symmetrischen Querschnitt des Kerns unterliegt die Welle keiner Vorzugsrichtung. Dies ist besonders bei zirkular polarisierten Wellen vorteilhaft.

- 15 Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das erste Dielektrikum einen Querschnitt mit unterschiedlich langen Seitenlängen auf. Bei einer linear polarisierten Welle kann deren Schwingungsrichtung parallel zu einer der Seitenlängen gelegt werden. Auf diese Weise entsteht
20 eine Vorzugsrichtung der zu übertragenden elektromagnetischen Welle in Richtung der zu der Schwingungsrichtung parallelen Seitenlänge, also der längeren oder kürzeren Seitenlänge, je nach Einspeisung der Welle. Dies führt zu einer gesteigerten Richtungsstabilität der elektromagnetischen Po-
25 larisation auch bei Verbiegen des Kabels.

Insbesondere ist es zweckmäßig eine Querschnittsfläche mit endlich vielen, weiter insbesondere mit zwei Symmetrieachsen zu wählen. Beispielhaft kann das erste Dielektrikum einen
30 rechteckförmigen oder einen elliptischen Querschnitt aufweisen. Dielektrika mit einem elliptischen Querschnitt sind einfach zu fertigen.

Kerne mit Querschnitten mit verschiedenen Seitenlängen sind besonders vorteilhaft für linear polarisierte Wellen. Die Polarisierung der Welle folgt der Richtung der Halbachsen. Bei einer Einspeisung auf der kurzen Seite kommt es zu einer
5 geringeren Dämpfung.

Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das zweite Dielektrikum mehrere Speichen, insbesondere zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben oder acht Speichen
10 auf. Auf diese Weise kann die Permittivität des zweiten Dielektrikums weiter eingestellt werden. Unter einer Speiche wird ein Abstandshalter zwischen dem ersten Dielektrikum und dem dritten Dielektrikum verstanden, welcher sich in einer Ebene senkrecht, also radial, zur Übertragungsrichtung er-
15 streckt und den Zwischenraum zwischen dem ersten und dem dritten Dielektrikum nur teilweise ausfüllt.

Alternativ ist es auch denkbar, dass das zweite Dielektrikum in axialer Richtung mehrere Stützscheiben aufweist. Dabei
20 sind in Übertragungsrichtung des Kabels mehrere aufeinanderfolgenden Stützscheiben ausgebildet. Der Abstand der Stützscheiben ist in Abhängigkeit der Wellenlänge zu dimensionieren. Auf diese Weise kann die Permittivität des zweiten Dielektrikums weiter eingestellt werden.

25 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das zweite Dielektrikum wenigstens ein Beilauffilament, insbesondere zwei Beilauffilamente auf, welche das erste Dielektrikum spiralförmig umwickeln. Das Beilauffilament kann eine oder mehrere Fasern bzw. einen oder mehrere
30 Schaumstränge aufweisen und sorgt für einen weiteren Lufteinschluss in der Umgebung des ersten Dielektrikums. Besonders vorteilhaft ist es, einen Kern mit den genannten Bei-

lauffilamenten zu umwickeln, um die äußere Kontur des ersten Dielektrikums abzurunden.

Weiter vorteilhaft ist es, wenn das zweite Dielektrikum eine
5 Schaummasse aufweist, welche die wenigstens eine Faser umgibt. Dabei ist zwischen der Faser und der Schaummasse Luft eingeschlossen. Auf diese Weise kann die Permittivität des zweiten Dielektrikums weiter eingestellt werden.

10 Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, sofern sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Aus-
15 führungsbeispiele beschriebenen Merkmale der Erfindung. Insbesondere wird dabei der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der vorliegenden Erfindung hinzufügen.

20 INHALTSANGABE DER ZEICHNUNG

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen dabei:

25

Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer Ausführungsform;

30 Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;

- Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- 5 Fig. 4 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- 10 Fig. 5 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- Fig. 6 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- 15 Fig. 7 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- 20 Fig. 8 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- 25 Fig. 9 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- 30 Fig. 10 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 11 zeigt Permittivitätsprofile von Lichtwellenleitern und von einem erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabel;

- 5 Fig. 12 zeigt einen Vergleich zweier Permittivitätsprofile erfindungsgemäßer dielektrischen Wellenleiterkabel.

Die beiliegenden Figuren der Zeichnung sollen ein weiteres Verständnis der Ausführungsformen der Erfindung vermitteln.
10 Sie veranschaulichen Ausführungsformen und dienen im Zusammenhang mit der Beschreibung der Erklärung von Prinzipien und Konzepten der Erfindung. Andere Ausführungsformen und viele der genannten Vorteile ergeben sich im Hinblick auf die Zeichnungen. Die Elemente der Zeichnungen sind nicht
15 notwendigerweise maßstabsgetreu zueinander gezeigt.

In den Figuren der Zeichnung sind gleiche, funktionsgleiche und gleich wirkende Elemente, Merkmale und Komponenten – sofern nichts anderes ausgeführt ist – jeweils mit denselben
20 Bezugszeichen versehen.

Im Folgenden werden die Figuren zusammenhängend und übergreifend beschrieben.

25 BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

Die folgenden Figuren 1-10 zeigen jeweils ein erfindungsgemäßes Dielektrisches Wellenleiterkabel gemäß einer Ausführungsform. Die Modifikationen gemäß den Figuren 1-10 sind,
30 sofern nicht anders angegeben, beliebig austauschbar und kombinierbar.

Die Figur 1 zeigt ein dielektrisches Wellenleiterkabel 10 gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Das Wellenleiterkabel 10 umfasst einen dielektrischen Kern 12 zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle, eine dielektrische Hülle 14 zur Schirmung der zu übertragenden Welle und einen dielektrischen Mantel 16 zum Schutz des dielektrischen Wellenleiterkabels 10.

In Figur 1 weist der Kern 12 aus PE einen runden Querschnitt auf. Den Kern konzentrisch umgebend ist eine Hülle 14 aus PE-Schaum ausgebildet. Der Schaum ist derart ausgelegt, dass dieser geeignet ist, bei ausreichender mechanischer Stabilität möglichst viel Luft in der Hülle 14 einzulagern.

Die Hülle 14 konzentrisch umgebend ist ein Mantel 16 aus TPE-S ausgebildet. Der Mantel 16 schützt das Kabel 10 vor UV-Strahlung und mechanischen Einflüssen. Zudem schützt er das Kabel 10 auch vor einer Berührung durch einen Benutzer.

Figur 2 zeigt ein dielektrisches Wellenleiterkabel 20 gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Ähnlich zu Figur 1 weist das Kabel 20 einen Kern 22, eine Hülle 24 sowie einen Mantel 26 auf. Das Kabel 20 in Figur 2 unterscheidet sich von dem Kabel 10 in Figur 1 durch den Kern 22, welcher eine Bohrung 21 aufweist.

Die Bohrung 21 ist mittig in dem Kern 22 ausgebildet. Es ist jedoch auch denkbar, die Bohrung 21 nicht symmetrisch zu dem Kern 22 anzuordnen. Weiterhin ist es denkbar, mehrere Bohrungen 21 in dem Kern 22 auszubilden.

Figur 3 zeigt ein weiteres dielektrisches Wellenleiterkabel 30 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Das

dielektrische Wellenleiterkabel 30 in Figur 3 ist ähnlich zu dem Kabel 20 aus Figur 2 aufgebaut und weist einen Kern 32 mit einer Bohrung 31, einer Hülle 34 sowie einen Mantel 36 auf.

5

Das Kabel 30 unterscheidet sich von dem Kabel 20 in Figur 2 durch die rechteckige Querschnittsform des Kerns 32. Die rechteckige Querschnittsform des Kerns 32 bewirkt eine Vorzugsrichtung einer zu übertragenden Welle in Richtung der längeren oder kürzeren Seite des Kerns, je nach Einspeisung der Welle.

Figur 4 zeigt ein weiteres erfindungsgemäßes Wellenleiterkabel 40, welches ähnlich zu dem Kabel 30 aufgebaut ist und einen ähnlichen technischen Effekt bewirkt wie das Kabel 30. Analog zu dem Kabel 30 umfasst auch das dielektrische Wellenleiterkabel 40 einen Kern 42 mit einer Bohrung 41, einen PE-Schaum, welcher den Kern 42 umgibt, und einen Mantel 46 aus TPE-S.

20

Das Kabel 40 in Figur 4 unterscheidet sich von dem Kabel 30 durch die elliptische Querschnittsform des Kerns 42. Ähnlich zu dem Kern 32 weist auch der Kern 42 in Figur 4 verschiedene Seitenlängen, also Halbachsen, auf, wodurch einer zu übertragenden Welle ebenfalls eine Vorzugsrichtung in Richtung der längeren oder kürzeren Halbachse aufgezwängt wird. Nach derzeitigen Erkenntnissen ergeben sich jedoch Vorteile in der Fertigung bei einem elliptischen Querschnitt.

Figur 5 zeigt ein weiteres erfindungsgemäßes dielektrisches Wellenleiterkabel 50 mit einem Kern 52, welcher von einer Bohrung 51 durchsetzt ist, eine Hülle 54 und einem Mantel 56.

30

Das dielektrische Wellenleiterkabel 50 unterscheidet sich von den vorhergehenden Kabeln durch die polygonförmige Querschnittsfläche des Kernes 52. In Figur 5 weist der polygonförmige Querschnitt ebenfalls unterschiedliche maximale Seitenlängen 57 und 58 auf. Es versteht sich, dass auch ein polygonförmiger Querschnitt mit identischen maximalen Seitenlängen 57, 58 denkbar ist, sofern keine Vorzugsrichtung der Welle erwünscht ist. Darüber hinaus sind die maximalen Seitenlängen 57, 58 des Polygons genauso wie die Seitenlängen des Rechtecks in Figur 3 oder der Ellipse in Figur 4 beliebig variierbar.

Obgleich die dielektrischen Wellenleiterkabel 20, 30, 40 und 50 in den Figuren 2-5 jeweils mit einer Bohrung dargestellt sind, versteht es sich, dass die Kabel 20, 30, 40, 50 auch ohne die Bohrung im Kern ausführbar sind.

Ferner ist die Hülle der dielektrischen Wellenleiterkabel 10, 20, 30, 40 und 50 jeweils als PE-Schaum ausgebildet. Es versteht sich, dass alternativ auch eine gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung, etwa PTFE-Bänder oder ein Geflecht, denkbar sind.

Figur 6 zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels 60. Ähnlich zu den vorhergehenden Kabeln weist auch das Kabel 60 einen Kern 62 sowie einen Mantel 66 auf.

Das Kabel 60 unterscheidet sich von den vorhergehenden Kabeln durch seine Hülle, welche Speichen 64 aufweist. Die Speichen 64 bilden zwischen den Speichen 64 einen Lufteinchluss 63. Die Speichen 64 sind nach mechanischen Gesichts-

punkten, besonders Stabilitätserfordernissen, auszulegen. So ist es denkbar, die Speichen 64 in Übertragungsrichtung des Kabels 60 durchgehend auszubilden oder mehrere Lagen Speichen 64 stützscheibenartig entlang der Übertragungsrichtung anzuordnen, wobei sich deren Abstand zueinander an der Wellenlänge der zu übertragenden Welle orientiert.

Figur 7 zeigt ein dielektrisches Wellenleiterkabel 70 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Das dielektrische Wellenleiterkabel 70 weist einen Kern 72 sowie ein zweites Dielektrikum 74 mit einem Lufteinschluss 73 auf. Ein Mantel 76 umgibt das zweite Dielektrikum 74 mit dem Lufteinschluss 73. In Figur 7 ist das zweite Dielektrikum 74 bzw. die Hülle als sogenanntes Beilauffilament ausgebildet, welches den Kern 72 spiralförmig umgibt und somit den Mantel 76 zum Kern 72 beabstandet. Das Beilauffilament 74 kann mehrere kleinere versponnene Filamente aufweisen. Auf diese Weise lässt sich die Permittivität der Beilauffilamente 74 anwendungsspezifisch einstellen.

20

Die Kerne 62 und 72 der Kabel 60 und 72 weisen keine Bohrungen auf. Es versteht sich, dass die Kabel 60 und 70 auch mit einer Bohrung in den Kernen 62 bzw. 72 ausführbar sind.

Figur 8 zeigt ein dielektrisches Wellenleiterkabel 80 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Ähnlich zu dem Kabel 20 in Figur 2 weist auch das Kabel 80 einen TPE-Mantel 86, einen Kern 82 mit einer Bohrung 81 und einer dielektrischen Hülle 83, 84 auf.

30

Das Kabel 80 unterscheidet sich von den vorangehenden Kabeln durch den Aufbau seiner dielektrischen Hülle, welche zwei Schichten 83 und 84 aufweist. Durch die Wahl verschiedener

Kunststoffe in der Hülle 83, 84 sowie durch die jeweiligen Schichtdicken in der Hülle 83, 84 lässt sich die Permittivität anwendungsspezifisch einstellen. Obgleich in Figur 8 lediglich zwei Schichten exemplarisch dargestellt sind, ist
5 auch ein Aufbau aus mehr als zwei Schichten denkbar.

Es versteht sich, dass der Schichtaufbau der Hülle 83, 84 beliebig mit einer der vorangehenden dielektrische Wellenleiterkabel 10, 20, 30, 40 oder 50 kombinierbar ist.

10

Figur 9 zeigt ein weiteres erfindungsgemäßes dielektrisches Wellenleiterkabel 90 gemäß einer weiteren Ausführungsform.

Ähnlich zu dem dielektrischen Wellenleiterkabel 20 aus Figur
15 2 weist das Kabel 90 einen Kern 92 mit einer Bohrung 91, einer Hülle 94 sowie einen Mantel 95, 96 auf.

Das Kabel 90 unterscheidet sich von dem Kabel 20 durch den mehrschichtigen Aufbau des Mantels 95, 96 mit einer ersten
20 Schicht 96 und einer zweiten Schicht 95. Die erste Schicht 96 weist TPE-S auf. Die zweite Schicht 95 weist PE auf. Auf diese Weise schützt der äußere Mantel 96 das Kabel vor mechanischen Einflüssen bzw. UV-Strahlung, wohingegen der innere Mantel 95 das Kabel elektrisch schützt bzw. schirmt.

25

Obgleich in Figur 9 ein zweischichtiger der Mantel 95, 96 dargestellt ist, sind auch Mäntel mit mehr als zwei Schichten denkbar.

30 Es versteht sich, dass sich die vorangehenden dielektrischen Wellenleiterkabel 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 und 80 beliebig mit dem mehrschichtigen Mantel 95, 96 des Kabels 90 kombinieren lassen.

Figur 10 zeigt ein weiteres Dielektrisches Wellenleiterkabel 100 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Ähnlich wie die vorangehenden Kabel weist auch das Kabel 100
5 einen Mantel 107, eine Hülle 106 und einen Kern 102 mit einer Bohrung 101 auf. Das Kabel 100 unterscheidet sich von den vorangehenden Kabeln durch zwei Beilauffilamente 103 und 104, welche dem rechteckigen Kern 102 eine gewünschte, beispielsweise runde oder elliptische, Kontur verleihen, indem
10 die Beilauffilamente 103 und 104 den Kern 102 umwickeln. Es versteht sich, dass eine Umwicklung durch die Beilauffilamente 103 und 104 für Kerne mit beliebiger Querschnittsfläche denkbar sind. Allerdings ergibt sich bei Kernen mit einer eckigen, also rechteckigen oder polygonförmigen, Querschnittsfläche eine besondere Notwendigkeit, da eckige Kerne
15 schwierig zu fertigen sind.

Figur 11 zeigt vier Permittivitätsprofile in radialer Richtung verschiedener Leiter. Den Permittivitätsprofilen 17,
20 18, 19 eines Monomodenfaser-Leiters, eines Multimodenfaser-Leiters und eines POF-Leiters (polymeren optische Fasern) gemäß dem Stand der Technik liegt jeweils eine Wellenlänge von 1550 nm für Monomode und Multimode und 650nm für POF zugrunde. Dem Permittivitätsprofil 11 des erfindungsgemäßen
25 dielektrischen Wellenleiters liegt eine Wellenlänge von 2,14 mm zugrunde.

In Figur 11 bezeichnet λ_0 die Freiraumwellenlänge, x der radiale Abstand zum Mittelpunkt des Leiters und ϵ_r die Permittivität.
30

Bei dem Permittivitätsprofil 11 des dielektrischen Wellenleiters 10 ist eine erste Sprungstelle von ϵ_r bei $x/\lambda_0 \approx 0,5$

erkennbar. Diese Sprungstelle tritt am Übergang zwischen dem ersten Dielektrikum 12 und dem zweiten Dielektrikum 14 auf. Es ergibt sich, dass der Durchmesser des ersten Dielektrikums, also des Kernes, in etwa der Wellenlänge des Signals
5 entspricht.

Das Verhältnis des Durchmessers des ersten Dielektrikums 10 zur Freiraumwellenlänge für Frequenzen im Gigahertzbereich für dielektrische Wellenleiter beträgt typischerweise zwischen 0,25 und 1,0, insbesondere zwischen 0,35 und 0,75,
10 weiter insbesondere in etwa 0,5. Aufgrund dieses niedrigen Verhältnisses ist eine Grundmode im ersten Dielektrikum stark geführt.

15 Eine weitere Sprungstelle von ϵ_r ist bei $x/\lambda_0 \approx 1,25$ erkennbar. Diese Sprungstelle tritt am Übergang zwischen dem zweiten Dielektrikum 14 und dem dritten Dielektrikum 16 auf.

Das Permittivitätsprofil 11 für einen dielektrischen Wellenleiter 10 endet bei $x/\lambda_0 \approx 1,4$ am äußeren Rand des dielektrischen Wellenleiters. Nachfolgend ist die Permittivität von Luft dargestellt. Nachdem nicht ausgeschlossen ist, dass sich eine zu übertragende Welle teilweise außerhalb des Kabels ausbreitet ist die Permittivität mit 1 angegeben.
25

Folglich beträgt der Gesamtdurchmesser des dielektrischen Wellenleiters in etwa das dreifache einer Freiraumwellenlänge eines zu übertragenden Signals.

30 Bei dem Permittivitätsprofil des Monomodenfaser-Leiters 17 ist eine erste kleine Sprungstelle von ϵ_r bei $x/\lambda_0 \approx 3,3$ erkennbar. Diese Sprungstelle tritt am Übergang zwischen einem Kern und einer Ummantelung auf und beträgt $\Delta\epsilon_r \leq 0,1$. Somit

ist das Verhältnis aus Kerndurchmesser zu Freiraumwellenlänge deutlich größer als in einem erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiter. Die Grundmode eines Signals ist somit in der Monomodenfaser deutlich schlechter geführt als in einem
5 dielektrischen Wellenleiter.

Bei dem Permittivitätsprofil des Multimodenfaser-Leiters 18 und bei dem POF-Leiter 19 ist jeweils eine erste Sprungstelle von ϵ_r bei $x/\lambda_0 \approx 16$ bzw. bei $x/\lambda_0 \approx 750$ erkennbar. Diese
10 Sprungstelle tritt am Übergang zwischen einem Kern und einer Ummantelung auf. Folglich ist die Grundmode eines Signals auch in der Multimodenfaser und im POF-Leiter deutlich schlechter geführt als in einem dielektrischen Wellenleiter.

15 Die Permittivitätsprofile des Monomodenfaser-Leiters 17, des Multimodenfaser-Leiters 18 und des POF-Leiters 19 sind nur teilweise dargestellt wie dies in der Figur 11 angedeutet ist. Die genannten Leiter sind bei $x/\lambda_0 \approx 1350$ noch nicht abgeschlossen und es folgen weitere Sprungstellen durch wei-
20 tere Materialübergänge.

Figur 12 zeigt einen Vergleich zwischen den Permittivitätsprofilen 11, 37 eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels 10 ohne Bohrung und eines erfindungsgemäßen
25 dielektrischen Wellenleiterkabels 30 mit einer Bohrung 31.

Das Permittivitätsprofil 37 weist eine erste Sprungstelle von ϵ_r bei $x/\lambda_0 \approx 0,1$ auf. An dieser Stelle ist der Übergang von der Bohrung zum ersten Dielektrikum 32. In der luftgefüllten Bohrung beträgt die Permittivität in etwa 1. Eine
30 weitere Sprungstelle von ϵ_r ist bei $x/\lambda_0 \approx 0,6$ erkennbar. Diese Sprungstelle tritt am Übergang zwischen dem ersten Dielektrikum 32 und dem zweiten Dielektrikum 34 auf. Eine

weitere Sprungstelle von ϵ_r ist bei $x/\lambda_0 \approx 1,27$ erkennbar.
Diese Sprungstelle tritt am Übergang zwischen dem zweiten
Dielektrikum 34 und dem dritten Dielektrikum 36 auf. An ei-
ner letzten Sprungstelle fällt die Permittivität auf 1. Dies
5 ist die Stelle des Kabelabschlusses.

Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführ-
ungsbeispiele vorstehend vollständig beschrieben wurde, ist
sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und
10 Weise modifizierbar.

Bezugszeichenliste

- 10 dielektrisches Wellenleiterkabel
11 Permittivitätsprofil dielektrisches Wellenleiterkabel
5 12 erstes Dielektrikum
14 zweites Dielektrikum
16 drittes Dielektrikum
17 Permittivitätsprofil Monomodenfaser-Leiter
18 Permittivitätsprofil Multimodenfaser-Leiter
10 19 Permittivitätsprofil POF-Leiter
- 20 dielektrisches Wellenleiterkabel
21 Bohrung
22 erstes Dielektrikum
15 24 zweites Dielektrikum
26 drittes Dielektrikum
- 30 dielektrisches Wellenleiterkabel
31 Bohrung
20 32 erstes Dielektrikum
34 zweites Dielektrikum
36 drittes Dielektrikum
37 Permittivitätsprofil dielektrisches Wellenleiterkabel mit
Bohrung
25
- 40 dielektrisches Wellenleiterkabel
41 Bohrung
42 erstes Dielektrikum
44 zweites Dielektrikum
30 46 drittes Dielektrikum
- 50 dielektrisches Wellenleiterkabel
51 Bohrung

- 52 erstes Dielektrikum
- 54 zweites Dielektrikum
- 56 drittes Dielektrikum
- 5 60 dielektrisches Wellenleiterkabel
- 62 erstes Dielektrikum
- 63 Lufteinschluss
- 64 zweites Dielektrikum
- 66 drittes Dielektrikum
- 10 70 dielektrisches Wellenleiterkabel
- 72 erstes Dielektrikum
- 73 Lufteinschluss
- 74 zweites Dielektrikum
- 15 76 drittes Dielektrikum
- 80 dielektrisches Wellenleiterkabel
- 81 Bohrung
- 82 erstes Dielektrikum
- 20 83 innere Schicht im zweiten Dielektrikum
- 84 äußere Schicht im zweiten Dielektrikum
- 86 drittes Dielektrikum
- 90 dielektrisches Wellenleiterkabel
- 25 91 Bohrung
- 92 erstes Dielektrikum
- 94 zweites Dielektrikum
- 95 innere Schicht im dritten Dielektrikum
- 96 äußere Schicht im dritten Dielektrikum
- 30 100 dielektrisches Wellenleiterkabel
- 101 Bohrung
- 102 erstes Dielektrikum

- 103 erstes Beilauffilament
- 104 zweites Beilauffilament
- 105 Lufteinschluss
- 106 PE-Schaum
- 5 107 drittes Dielektrikum

PATENTANSPRÜCHE

1. Dielektrisches Wellenleiterkabel (10), insbesondere zur Verwendung im Automobilbereich, zur Übertragung von elektromagnetischen Wellen mit einer Frequenz im Gigahertzbereich mit einem ersten Dielektrikum (12; 22; 32; 42; 52; 62; 72; 82; 92; 102) und mit einem zweiten Dielektrikum (14; 24; 34; 44; 54; 64; 74; 83, 84; 94; 103, 104), in welches Luft eingelagert ist,
- wobei das erste Dielektrikum zur Übertragung von elektromagnetischen Wellen ausgebildet ist und eine erste Permittivität aufweist,
- wobei das zweite Dielektrikum das erste Dielektrikum wenigstens teilweise umgibt und zur räumlichen Begrenzung der elektromagnetischen Wellen ausgebildet ist und eine zweite Permittivität aufweist, welche kleiner ist als die erste Permittivität.
2. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach Anspruch 1, welches zudem ein drittes Dielektrikum (16; 26; 36; 46; 56; 66; 76; 86; 95, 96; 107), welches einen äußeren Schutzmantel für das erste und das zweite Dielektrikum bildet, aufweist.
3. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach Anspruch 2, wobei das dritte Dielektrikum mehrere Schichten (95, 96) aus verschiedenen Materialien aufweist, wobei eine äußere Schicht (96) eingerichtet ist, das Wellenleiterkabel vor nicht-elektrischen Umwelteinflüssen zu schützen, und wobei eine innere Schicht (95) eingerichtet ist,

das Wellenleiterkabel vor elektrischen Umwelteinflüssen zu schützen und das elektrische Feld in dem Wellenleiterkabel zu schirmen.

- 5 4. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Permittivität des zweiten Dielektrikums geringer als 2 ist und/oder eine Differenz zwischen der Permittivität des ersten Dielektrikums und der Permittivität des zweiten Dielektrikums
10 wenigstens 0,3, insbesondere wenigstens 0,5, weiter insbesondere wenigstens 0,8 beträgt.
- 15 5. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das erste und/oder das zweite Dielektrikum Polyethylen (PE) und/oder Polypropylen (PP) und/oder Polytetrafluorethylen (PTFE) aufweisen.
- 20 6. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das zweite Dielektrikum als Schaum, insbesondere PE-Schaum, und/oder als Geflecht und/oder als wenigstens ein Band, welches das erste Dielektrikum umwickelt, und/oder als Vlies ausgebildet ist.
- 25 7. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach Anspruch 2, weist das dritte Dielektrikum TPE, insbesondere TPE S, auf.
- 30 8. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das erste Dielektrikum eine Bohrung (21; 31; 41; 51; 91; 101), welche mit Luft gefüllt ist, aufweist.

9. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das erste Dielektrikum einen kreisförmigen oder polygonförmigen Querschnitt aufweist.

5

10. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche 1-8, wobei das erste Dielektrikum einen Querschnitt mit zwei Seitenlängen aufweist, welche unterschiedlich lang sind.

10

11. Dielektrisches Wellenleiterkabel Anspruch 10, wobei das erste Dielektrikum einen rechteckförmigen oder einen elliptischen Querschnitt aufweist.

15

12. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das zweite Dielektrikum mehrere zu dem ersten Dielektrikum radial angeordnete Speichen (64), insbesondere zwei, drei, vier, sechs, sieben oder acht Speichen, aufweist.

20

13. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das zweite Dielektrikum mehrere zu dem ersten Dielektrikum axial angeordnete Stützscheiben aufweist.

25

14. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das zweite Dielektrikum wenigstens ein Beilauffilament, insbesondere zwei Beilauffilamente, aufweist, welche das erste Dielektrikum spiralförmig umwickeln, wobei insbesondere das zweite Dielektrikum ferner eine Schaummasse aufweist, welche das wenigstens eine Bei-

30

lauffilament umgibt, und wobei zwischen dem Beilauf-
filament und der Schaummasse Luft eingeschlossen ist.

15. Übertragungsverfahren für ein Signal mit einer
5 Frequenz zwischen 50 und 500 GHz und einer Wellenlänge
zwischen 0,6 mm und 6 mm mittels einem dielektrischen
Wellenleiter, wobei ein Verhältnis eines Durchmessers
eines ersten Dielektrikums in dem dielektrischen Wel-
lenleiter zu einer Freiraumwellenlänge des zu übertra-
10 genden Signals zwischen 0,5 und 2, insbesondere zwi-
schen 0,7 und 1,5, weiter insbesondere in etwa 1,0.
beträgt.

1/5

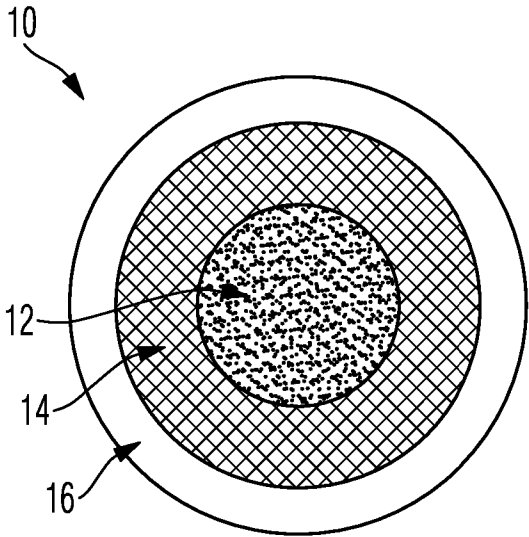


Fig. 1

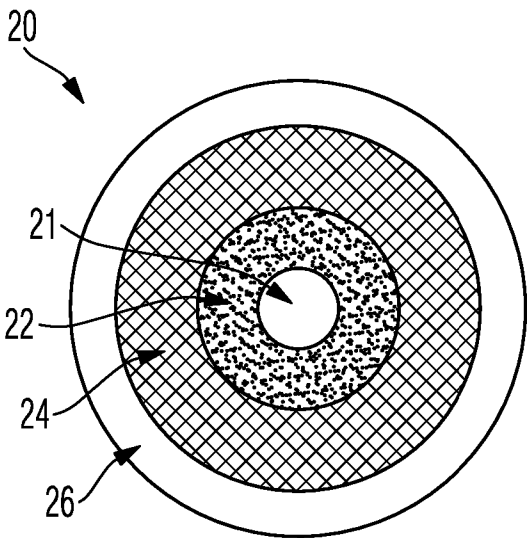


Fig. 2

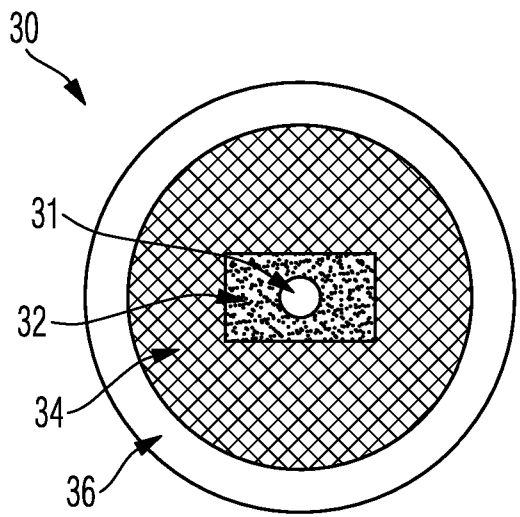


Fig. 3

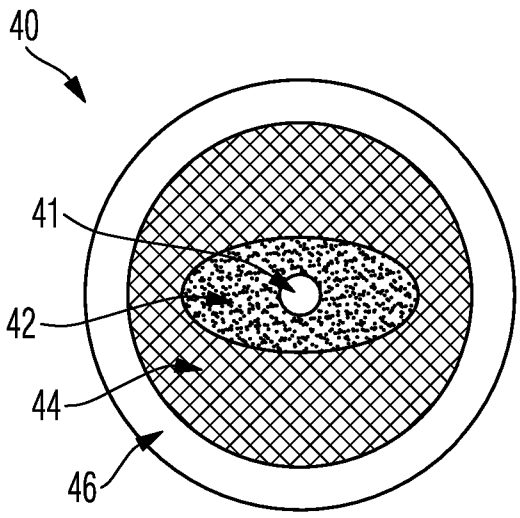


Fig. 4

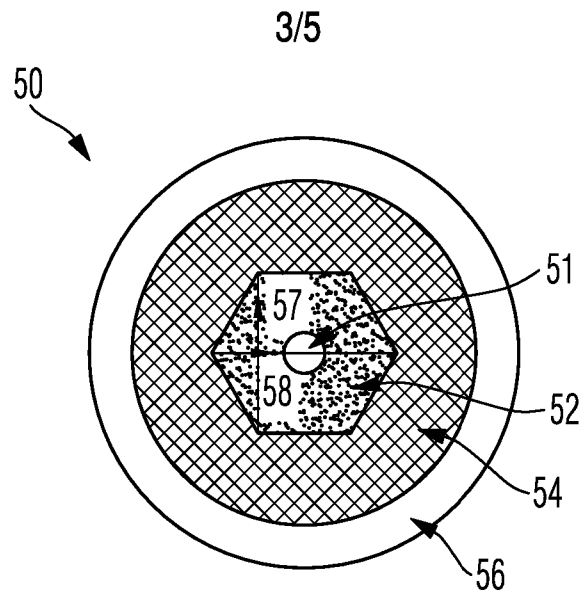


Fig. 5

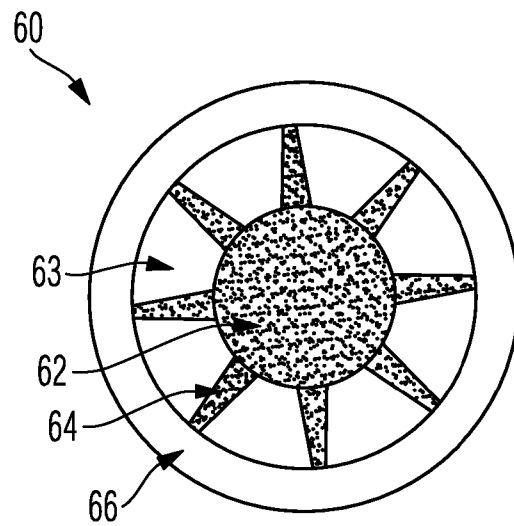


Fig. 6

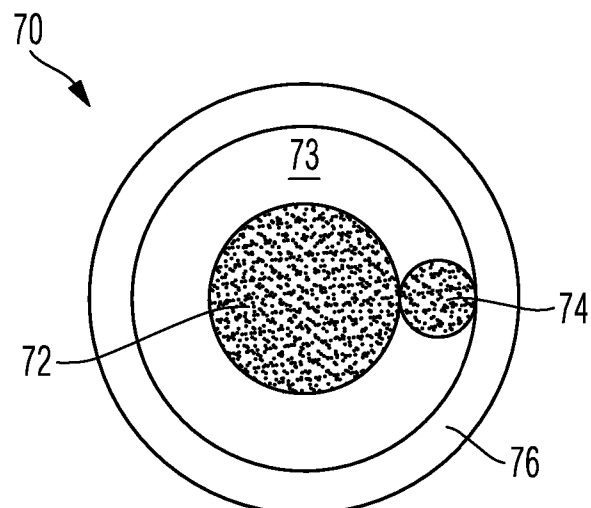


Fig. 7

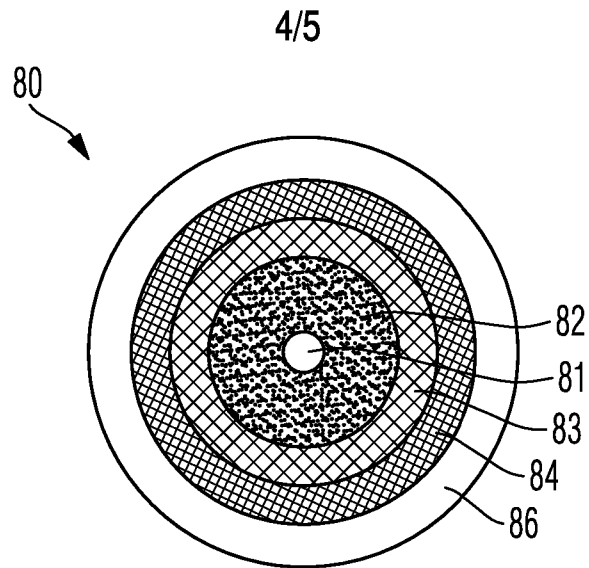


Fig. 8

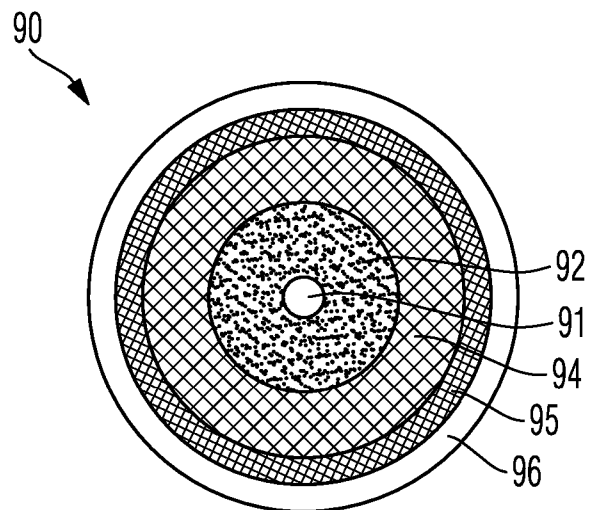


Fig. 9

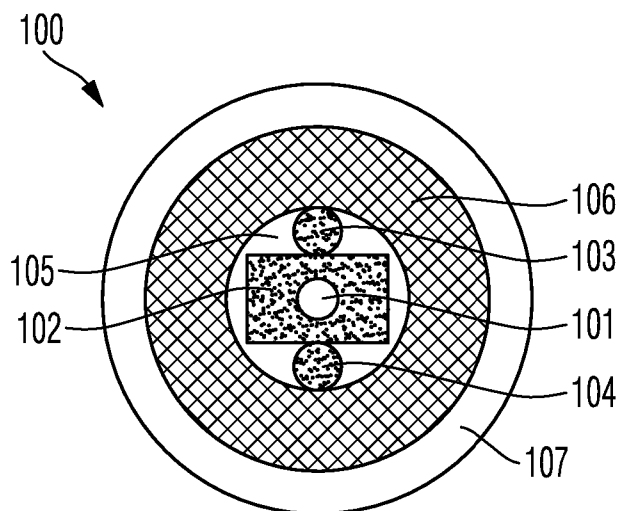


Fig. 10

5/5

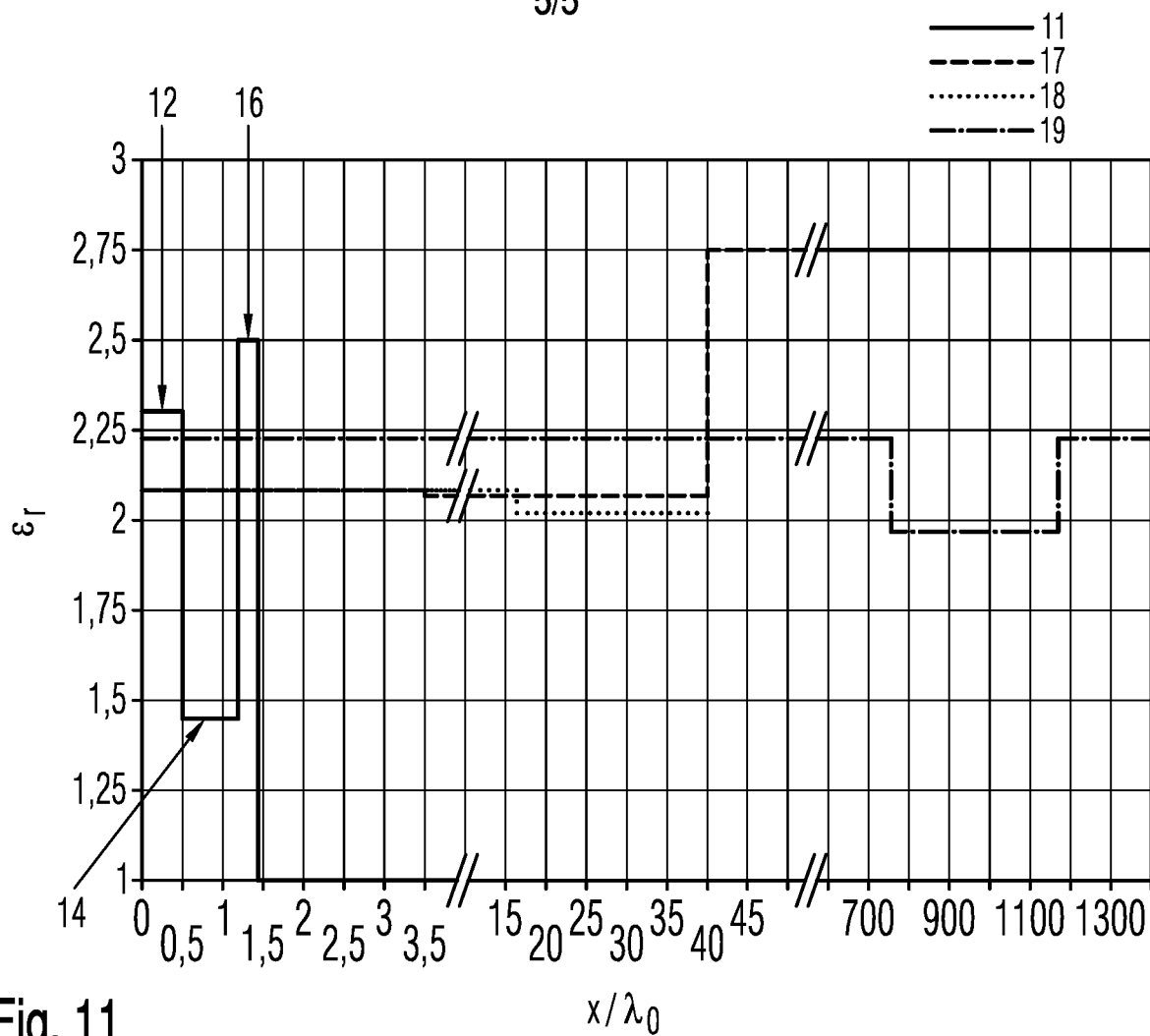


Fig. 11

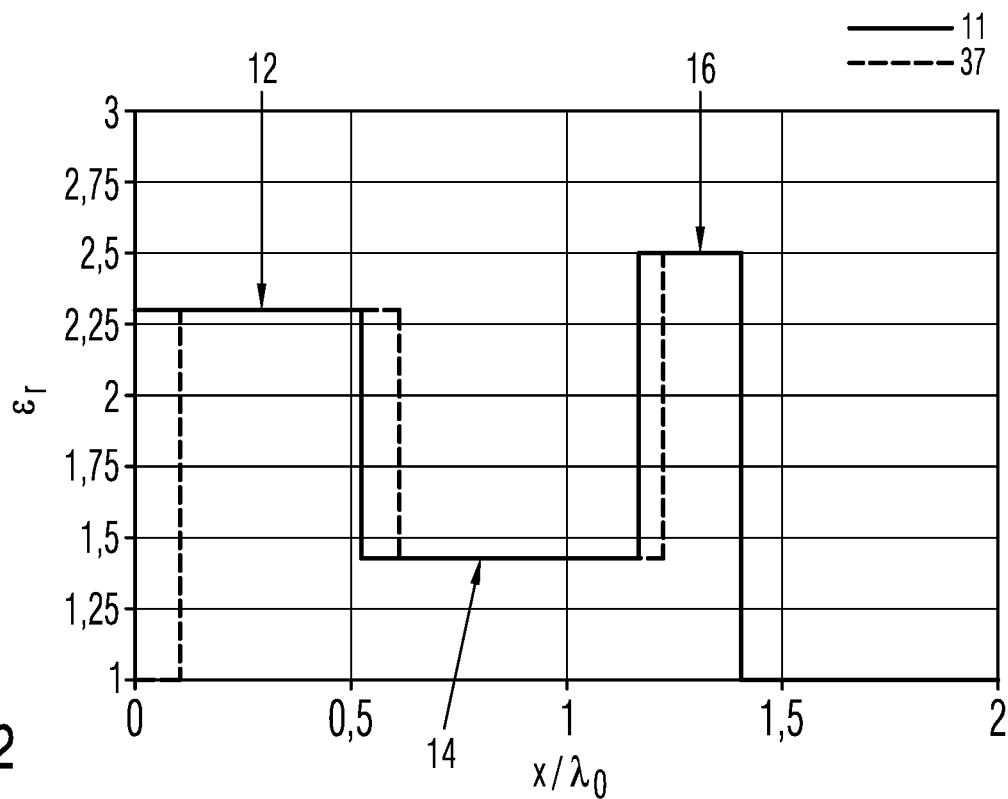


Fig. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/068148

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01P3/16
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)
H01P

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	WO 2016/089492 A1 (AT & T IP I LP [US]) 9 June 2016 (2016-06-09)	1-7, 9-11, 13-15
Y	page 10, paragraph 55 - page 11, paragraph 55 page 59, paragraph 187 - page 61, paragraph 190; figure 18A page 69, paragraph 209 - page 70, paragraph 214; figure 18K page 71, paragraph 214; figure 18L -----	8,12
X	US 4 463 329 A (SUZUKI HIROSUKE [JP]) 31 July 1984 (1984-07-31)	1-7, 9-11,15
Y	column 2, line 49 - column 2, line 59; figure 2	8,12
A	column 4, line 12 - column 4, line 21; figure 3 ----- -/-	13,14



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

11 September 2017

Date of mailing of the international search report

19/09/2017

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

Blech, Marcel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/068148

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	GB 1 473 655 A (POST OFFICE) 18 May 1977 (1977-05-18) page 3, line 3 - page 3, line 101; figures 8, 9 -----	1-7, 9-11,15 8,12 13,14
X Y A	CA 2 449 596 A1 (BLESZYNSKI STANISLAW [CA]) 5 June 2005 (2005-06-05) the whole document -----	1-7,9-11 8,12 13,14
Y	US 4 441 091 A (NISHIDA SHIGEO [JP] ET AL) 3 April 1984 (1984-04-03) column 3, line 53 - column 4, line 32; figure 3 -----	8
Y	US 2012/199235 A1 (RYBSKI PATRICK [FR] ET AL) 9 August 2012 (2012-08-09) page 1, paragraph 5; figure 1a -----	12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/068148

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2016089492 A1	09-06-2016	US 2016164571 A1	09-06-2016
		WO 2016089492 A1	09-06-2016
US 4463329 A	31-07-1984	NONE	
GB 1473655 A	18-05-1977	NONE	
CA 2449596 A1	05-06-2005	NONE	
US 4441091 A	03-04-1984	JP S5616303 A	17-02-1981
		JP S6232841 B2	17-07-1987
		US 4441091 A	03-04-1984
US 2012199235 A1	09-08-2012	BR 102012002416 A2	07-01-2014
		CN 102629505 A	08-08-2012
		EP 2485221 A1	08-08-2012
		FR 2971356 A1	10-08-2012
		US 2012199235 A1	09-08-2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01P3/16
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01P

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	WO 2016/089492 A1 (AT & T IP I LP [US]) 9. Juni 2016 (2016-06-09)	1-7, 9-11, 13-15
Y	Seite 10, Absatz 55 - Seite 11, Absatz 55 Seite 59, Absatz 187 - Seite 61, Absatz 190; Abbildung 18A Seite 69, Absatz 209 - Seite 70, Absatz 214; Abbildung 18K Seite 71, Absatz 214; Abbildung 18L	8,12
X	US 4 463 329 A (SUZUKI HIROSUKE [JP]) 31. Juli 1984 (1984-07-31)	1-7, 9-11,15
Y	Spalte 2, Zeile 49 - Spalte 2, Zeile 59;	8,12
A	Abbildung 2 Spalte 4, Zeile 12 - Spalte 4, Zeile 21; Abbildung 3	13,14
	----- -/-	

☒ 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

11. September 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/09/2017

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

Blech, Marcel

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 1 473 655 A (POST OFFICE) 18. Mai 1977 (1977-05-18)	1-7, 9-11,15
Y	Seite 3, Zeile 3 - Seite 3, Zeile 101;	8,12
A	Abbildungen 8, 9 -----	13,14
X	CA 2 449 596 A1 (BLESZYNSKI STANISLAW [CA]) 5. Juni 2005 (2005-06-05)	1-7,9-11
Y	das ganze Dokument	8,12
A	-----	13,14
Y	US 4 441 091 A (NISHIDA SHIGEO [JP] ET AL) 3. April 1984 (1984-04-03) Spalte 3, Zeile 53 - Spalte 4, Zeile 32; Abbildung 3 -----	8
Y	US 2012/199235 A1 (RYBSKI PATRICK [FR] ET AL) 9. August 2012 (2012-08-09) Seite 1, Absatz 5; Abbildung 1a -----	12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/068148

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2016089492	A1	09-06-2016	US	2016164571 A1	09-06-2016
			WO	2016089492 A1	09-06-2016

US 4463329	A	31-07-1984	KEINE		

GB 1473655	A	18-05-1977	KEINE		

CA 2449596	A1	05-06-2005	KEINE		

US 4441091	A	03-04-1984	JP	S5616303 A	17-02-1981
			JP	S6232841 B2	17-07-1987
			US	4441091 A	03-04-1984

US 2012199235	A1	09-08-2012	BR	102012002416 A2	07-01-2014
			CN	102629505 A	08-08-2012
			EP	2485221 A1	08-08-2012
			FR	2971356 A1	10-08-2012
			US	2012199235 A1	09-08-2012
