



(11)

EP 3 306 740 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.04.2018 Patentblatt 2018/15

(51) Int Cl.:
H01P 3/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 16193115.9

(22) Anmeldetag: 10.10.2016

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

(71) Anmelder: **Rosenberger Hochfrequenztechnik
GmbH & Co. KG
83413 Fridolfing (DE)**

(72) Erfinder:

- **Wollitzer, Michael**
83413 Fridolfing/Pietling (DE)
- **Armbrecht, Gunnar**
84453 Mühldorf (DE)
- **Bippus, Rainer**
83317 Teisendorf (DE)
- **Klapfenberger, Raimund**
83349 Palling (DE)

(54) DIELEKTRISCHES WELLENLEITERKABEL

(57) 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 aus-

gebildet 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.

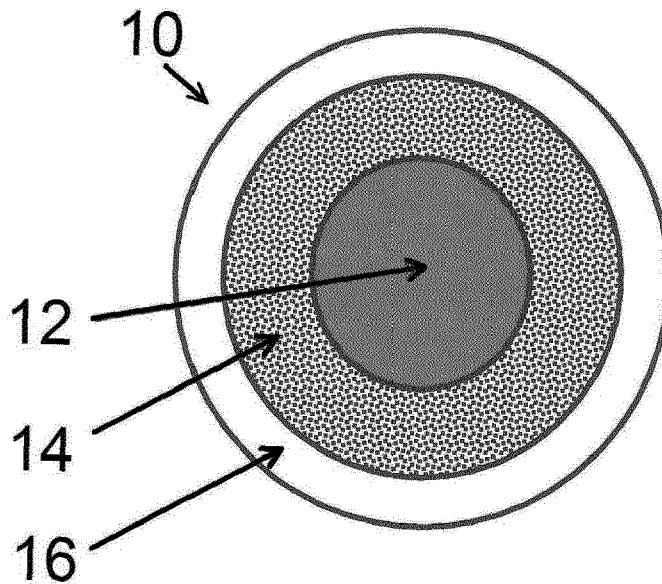


Fig. 1

Beschreibung**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein dielektrisches Wellenleiterkabel zur Übertragung von hochfrequenten Signalen im Gigahertzbereich sowie ein Übertragungsverfahren für ein Signal.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] 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.

[0003] 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.

[0004] Diese Kabel sind aufgrund der verwendeten Materialien und einem ungeeigneten Durchmesserverhältnis von Kern, Hülle und Mantel zur Signalübertragung im Gigahertzbereich nicht geeignet.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein dielektrisches Wellenleiterkabel, welches 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.

[0006] Demgemäß ist vorgesehen:

- 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; sowie
- 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 Freiraum-

wellenlänge des zu übertragenden Signals zwischen 0,5 und 2, insbesondere zwischen 0,7 und 1,5, weiter insbesondere in etwa 1,0, beträgt.

[0007] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht darin, ein dielektrisches Kernmaterial von einer dielektrischen Hülle mit einer reduzierten Permittivität zu ummanteln. Aufgrund der Einlagerung von Luft in das zweite Dielektrikum kann dessen Permittivität weiter reduziert werden.

[0008] Bei der Auslegung des zweiten Dielektrikums ist ein Kompromiss zwischen mechanischer Stabilität und einem möglichst hohen Luftanteil in dem zweiten Dielektrikum zu erzielen.

[0009] Dabei ist die erste dielektrische Schicht derart auszulegen, dass diese eine möglichst hohe Permittivität aufweist, sodass eine elektromagnetische Welle im ersten Dielektrikum gebunden bleibt. Dies verbessert die Signalübertragung besonders bei einer Biegung des Kabels.

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] Ein erfindungsgemäßer dielektrischer Wellenleiter verwendet zur Signalübertragung ausschließlich dielektrische Materialien. Aufgrund dessen sind zwei Enden des dielektrischen Wellenleiters galvanisch voneinander getrennt.

[0013] 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 den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0014] Im Folgenden werden die Begriffe "Kern" und "erstes Dielektrikum" bzw. "Hülle" und "zweites Dielektrikum" bzw. "Mantel" und "drittes Dielektrikum" synonym verwendet.

[0015] 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 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.

[0016] Durch eine richtige Material- und Durchmesser-

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

[0017] 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 mechanischen 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 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.

[0018] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung 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.

[0019] 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 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.

[0020] 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.

[0021] 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 geringe Dämpfung und ein besonders vorteilhaftes Verhältnis zwischen der Permittivität und des Verlustfaktors des dielektrischen Wellenleiterkabels aufweisen.

[0022] Bei einer Verwendung der genannten Materialien im Automobilbereich kann ein Additiv zur Steigerung der Temperaturbeständigkeit beigemischt werden.

[0023] Die genannten Materialien sind zudem besonders vorteilhaft aufgrund ihrer Flexibilität. Ein Wellenleiterkabel mit den genannten Materialien weist bei geeigneter Auslegung einen Biegeradius auf, der in etwa einem fünfachen Kabdurchmesser entspricht.

[0024] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausfüh-

rungsform 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.

[0025] Kunststoffschaume 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 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 nicht orientierten Fasern.

[0026] 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 verschiedenen Materialien zu weben oder mehrere Bänder aus verschiedenen Materialien zu verwenden.

[0027] Auf diese Weise kann das zweite Dielektrikum besonders vorteilhaft hinsichtlich mechanischer und dielektrischer Eigenschaften ausgelegt werden. Zudem kann die Permittivität des zweiten Dielektrikums weiter eingestellt werden.

[0028] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das dritte Dielektrikum TPE, insbesondere TPE S auf. 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.

[0029] 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.

[0030] 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 ausgelegt ist, verbreitert.

[0031] Zudem verringert eine Bohrung die Kabeldämpfung, da zumindest ein Teil der Energie in der Bohrung geführt wird und dort nahezu keine Dämpfung erfährt.

[0032] Besonders vorteilhaft ist die Bohrung in axialer Richtung mittig in dem ersten Dielektrikum ausgebildet.

[0033] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das erste Dielektrikum einen symmetrischen Querschnitt, 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.

[0034] 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 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 Polarisation auch bei Verbiegen des Kabels.

[0035] Insbesondere ist es zweckmäßig eine Querschnittsfläche mit endlich vielen, weiter insbesondere mit zwei Symmetriearchsen zu wählen. Beispielhaft kann das erste Dielektrikum einen rechteckförmigen oder einen elliptischen Querschnitt aufweisen. Dielektrika mit einem elliptischen Querschnitt sind einfach zu fertigen.

[0036] Kerne mit Querschnitten mit verschiedenen Seitenlängen sind besonders vorteilhaft für linear polarisierte Wellen. Die Polarisation der Welle folgt der Richtung der Halbachsen. Bei einer Einspeisung auf der kurzen Seite kommt es zu einer geringeren Dämpfung.

[0037] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das zweite Dielektrikum mehrere Speichen, insbesondere zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben oder acht Speichen 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 erstreckt und den Zwischenraum zwischen dem ersten und dem dritten Dielektrikum nur teilweise ausfüllt.

[0038] Alternativ ist es auch denkbar, dass das zweite Dielektrikum in axialer Richtung mehrere Stützscheiben aufweist. Dabei 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.

[0039] 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 Schaumstränge aufweisen und sorgt für einen weiteren Lufteinschluss in der Umgebung des ersten Dielektrikums. Besonders vorteilhaft ist es, einen Kern mit den genannten Beilauffilamenten zu umwickeln, um die äußere Kontur des ersten Dielektrikums abzurunden.

[0040] Weiter vorteilhaft ist es, wenn das zweite Dielektrikum eine Schaummasse aufweist, welche die we-

nigstens 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.

[0041] 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 Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale der Erfindung. Insbesondere wird dabei der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der vorliegenden Erfindung hinzufügen.

15

INHALTSANGABE DER ZEICHNUNG

[0042] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen dabei:

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

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;

Fig. 4 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;

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;

Fig. 7 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 8 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenlei-

50

45

40

35

30

25

20

15

10

5

4

3

2

1

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70

75

80

85

90

95

100

105

110

115

120

125

130

135

140

145

150

155

160

165

170

175

180

185

190

195

200

205

210

215

220

225

230

235

240

245

250

255

260

265

270

275

280

285

290

295

300

305

310

315

320

325

330

335

340

345

350

355

360

365

370

375

380

385

390

395

400

405

410

415

420

425

430

435

440

445

450

455

460

465

470

475

480

485

490

495

500

505

510

515

520

525

530

535

540

545

550

555

560

565

570

575

580

585

590

595

600

605

610

615

620

625

630

635

640

645

650

655

660

665

670

675

680

685

690

695

700

705

710

715

720

725

730

735

740

745

750

755

760

765

770

775

780

785

790

795

800

805

810

815

820

825

830

835

840

845

850

855

860

865

870

875

880

885

890

895

900

905

910

915

920

925

930

935

940

945

950

955

960

965

970

975

980

985

990

995

1000

1005

1010

1015

1020

1025

1030

1035

1040

1045

1050

1055

1060

1065

1070

1075

1080

1085

1090

1095

1100

1105

1110

1115

1120

1125

1130

1135

1140

1145

1150

1155

1160

1165

1170

1175

1180

1185

1190

1195

1200

1205

1210

1215

1220

1225

1230

1235

1240

1245

1250

1255

1260

1265

1270

1275

1280

1285

1290

1295

1300

1305

1310

1315

1320

1325

1330

1335

1340

1345

1350

1355

1360

1365

1370

1375

1380

1385

1390

1395

1400

1405

1410

1415

1420

1425

1430

1435

1440

1445

1450

- terkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- Fig. 9 zeigt eine schematische Schnittsicht eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- 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;
- Fig. 12 zeigt einen Vergleich zweier Permittivitätsprofile erfindungsgemäßer dielektrischen Wellenleiterkabel.

[0043] Die beiliegenden Figuren der Zeichnung sollen ein weiteres Verständnis der Ausführungsformen der Erfindung vermitteln. 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 notwendigerweise maßstabsgetreu zueinander gezeigt.

[0044] In den Figuren der Zeichnung sind gleiche, funktionsgleiche und gleich wirkende Elemente, Merkmale und Komponenten - sofern nichts anderes ausgeführt ist - jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0045] Im Folgenden werden die Figuren zusammenhängend und übergreifend beschrieben.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

[0046] Die folgenden Figuren 1-10 zeigen jeweils ein erfindungsgemäßes Dielektrisches Wellenleiterkabel gemäß einer Ausführungsform. Die Modifikationen gemäß den Figuren 1-10 sind, sofern nicht anders angegeben, beliebig austauschbar und kombinierbar.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] Die Bohrung 21 ist mittig in dem Kern 22 ausgebildet. Es ist jedoch auch denkbar, die Bohrung 21 nicht symmetrisch zu dem Kern 22 anzutragen. Weiterhin ist es denkbar, mehrere Bohrungen 21 in dem Kern 22 auszubilden.

[0052] 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.

[0053] 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.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] 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.

[0057] 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.

[0058] 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.

[0059] 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.

[0060] 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.

[0061] 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 Lufteinschluss 63. Die Speichen 64 sind nach mechanischen Gesichtspunkten, 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.

[0062] 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.

[0063] 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.

[0064] 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.

[0065] 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 auch ein Aufbau aus mehr als zwei Schichten denkbar.

[0066] Es versteht sich, dass der Schichtaufbau der Hülle 83, 84 beliebig mit einer der vorangehenden dielektrischen Wellenleiterkabel 10, 20, 30, 40 oder 50 kombinierbar ist.

[0067] Figur 9 zeigt ein weiteres erfindungsgemäßes dielektrisches Wellenleiterkabel 90 gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0068] Ähnlich zu dem dielektrischen Wellenleiterkabel 20 aus Figur 2 weist das Kabel 90 einen Kern 92 mit einer Bohrung 91, einer Hülle 94 sowie einen Mantel 95, 96 auf.

[0069] Das Kabel 90 unterscheidet sich von dem Kabel 20 durch den mehrschichtigen Aufbau des Mantels 95, 96 mit einer ersten 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.

[0070] Obgleich in Figur 9 ein zweischichtiger der Mantel 95, 96 dargestellt ist, sind auch Mäntel mit mehr als zwei Schichten denkbar.

[0071] 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 einen weiteren Dielektrischen Wellenleiterkabel 100 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Ähnlich wie die vorangehenden Kabel weist auch das Kabel 100 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 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 schwierig zu fertigen sind.

[0072] Figur 11 zeigt vier Permittivitätsprofile in radialer Richtung verschiedener Leiter. Den Permittivitätsprofilen 17, 18, 19 eines Monomodenfaser-Leiters, eines Multimodenfaser-Leiters und eines POF-Leiters (polymeren optischen 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 dielektrischen Wellenleiters liegt eine Wellenlänge von 2,14 mm zugrunde.

[0073] In Figur 11 bezeichnet λ_0 die Freiraumwellenlänge, x der radiale Abstand zum Mittelpunkt des Leiters

und ϵ_r die Permittivität.

[0074] 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 entspricht.

[0075] 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, weiter insbesondere in etwa 0,5. Aufgrund dieses niedrigen Verhältnisses ist eine Grundmode im ersten Dielektrikum stark geführt.

[0076] 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.

[0077] 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.

[0078] Folglich beträgt der Gesamtdurchmesser des dielektrischen Wellenleiters in etwa das dreifache einer Freiraumwellenlänge eines zu übertragenden Signals.

[0079] 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 dielektrischen Wellenleiter.

[0080] 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 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.

[0081] 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 weitere Materialübergänge.

[0082] Figur 12 zeigt einen Vergleich zwischen den Permittivitätsprofilen 11, 37 eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels 10 ohne Bohrung und eines erfindungsgemäßen dielektrischen Wellenleiterkabels 30 mit einer Bohrung 31.

[0083] 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 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 einer letzten Sprungstelle fällt die Permittivität auf 1. Dies ist die Stelle des Kabelabschlusses.

[0084] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele vorstehend vollständig beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar.

Bezugszeichenliste

- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65
- 70
- 75
- 80
- 85
- 90
- 95
- 100
- 105
- 110
- 115
- 120
- 125
- 130
- 135
- 140
- 145
- 150
- 155
- 160
- 165
- 170
- 175
- 180
- 185
- 190
- 195
- 200
- 205
- 210
- 215
- 220
- 225
- 230
- 235
- 240
- 245
- 250
- 255
- 260
- 265
- 270
- 275
- 280
- 285
- 290
- 295
- 300
- 305
- 310
- 315
- 320
- 325
- 330
- 335
- 340
- 345
- 350
- 355
- 360
- 365
- 370
- 375
- 380
- 385
- 390
- 395
- 400
- 405
- 410
- 415
- 420
- 425
- 430
- 435
- 440
- 445
- 450
- 455
- 460
- 465
- 470
- 475
- 480
- 485
- 490
- 495
- 500
- 505
- 510
- 515
- 520
- 525
- 530
- 535
- 540
- 545
- 550
- 555
- 560
- 565
- 570
- 575
- 580
- 585
- 590
- 595
- 600
- 605
- 610
- 615
- 620
- 625
- 630
- 635
- 640
- 645
- 650
- 655
- 660
- 665
- 670
- 675
- 680
- 685
- 690
- 695
- 700
- 705
- 710
- 715
- 720
- 725
- 730
- 735
- 740
- 745
- 750
- 755
- 760
- 765
- 770
- 775
- 780
- 785
- 790
- 795
- 800
- 805
- 810
- 815
- 820
- 825
- 830
- 835
- 840
- 845
- 850
- 855
- 860
- 865
- 870
- 875
- 880
- 885
- 890
- 895
- 900
- 905
- 910
- 915
- 920
- 925
- 930
- 935
- 940
- 945
- 950
- 955
- 960
- 965
- 970
- 975
- 980
- 985
- 990
- 995
- 1000
- 1005
- 1010
- 1015
- 1020
- 1025
- 1030
- 1035
- 1040
- 1045
- 1050
- 1055
- 1060
- 1065
- 1070
- 1075
- 1080
- 1085
- 1090
- 1095
- 1100
- 1105
- 1110
- 1115
- 1120
- 1125
- 1130
- 1135
- 1140
- 1145
- 1150
- 1155
- 1160
- 1165
- 1170
- 1175
- 1180
- 1185
- 1190
- 1195
- 1200
- 1205
- 1210
- 1215
- 1220
- 1225
- 1230
- 1235
- 1240
- 1245
- 1250
- 1255
- 1260
- 1265
- 1270
- 1275
- 1280
- 1285
- 1290
- 1295
- 1300
- 1305
- 1310
- 1315
- 1320
- 1325
- 1330
- 1335
- 1340
- 1345
- 1350
- 1355
- 1360
- 1365
- 1370
- 1375
- 1380
- 1385
- 1390
- 1395
- 1400
- 1405
- 1410
- 1415
- 1420
- 1425
- 1430
- 1435
- 1440
- 1445
- 1450
- 1455
- 1460
- 1465
- 1470
- 1475
- 1480
- 1485
- 1490
- 1495
- 1500
- 1505
- 1510
- 1515
- 1520
- 1525
- 1530
- 1535
- 1540
- 1545
- 1550
- 1555
- 1560
- 1565
- 1570
- 1575
- 1580
- 1585
- 1590
- 1595
- 1600
- 1605
- 1610
- 1615
- 1620
- 1625
- 1630
- 1635
- 1640
- 1645
- 1650
- 1655
- 1660
- 1665
- 1670
- 1675
- 1680
- 1685
- 1690
- 1695
- 1700
- 1705
- 1710
- 1715
- 1720
- 1725
- 1730
- 1735
- 1740
- 1745
- 1750
- 1755
- 1760
- 1765
- 1770
- 1775
- 1780
- 1785
- 1790
- 1795
- 1800
- 1805
- 1810
- 1815
- 1820
- 1825
- 1830
- 1835
- 1840
- 1845
- 1850
- 1855
- 1860
- 1865
- 1870
- 1875
- 1880
- 1885
- 1890
- 1895
- 1900
- 1905
- 1910
- 1915
- 1920
- 1925
- 1930
- 1935
- 1940
- 1945
- 1950
- 1955
- 1960
- 1965
- 1970
- 1975
- 1980
- 1985
- 1990
- 1995
- 2000
- 2005
- 2010
- 2015
- 2020
- 2025
- 2030
- 2035
- 2040
- 2045
- 2050
- 2055
- 2060
- 2065
- 2070
- 2075
- 2080
- 2085
- 2090
- 2095
- 2100
- 2105
- 2110
- 2115
- 2120
- 2125
- 2130
- 2135
- 2140
- 2145
- 2150
- 2155
- 2160
- 2165
- 2170
- 2175
- 2180
- 2185
- 2190
- 2195
- 2200
- 2205
- 2210
- 2215
- 2220
- 2225
- 2230
- 2235
- 2240
- 2245
- 2250
- 2255
- 2260
- 2265
- 2270
- 2275
- 2280
- 2285
- 2290
- 2295
- 2300
- 2305
- 2310
- 2315
- 2320
- 2325
- 2330
- 2335
- 2340
- 2345
- 2350
- 2355
- 2360
- 2365
- 2370
- 2375
- 2380
- 2385
- 2390
- 2395
- 2400
- 2405
- 2410
- 2415
- 2420
- 2425
- 2430
- 2435
- 2440
- 2445
- 2450
- 2455
- 2460
- 2465
- 2470
- 2475
- 2480
- 2485
- 2490
- 2495
- 2500
- 2505
- 2510
- 2515
- 2520
- 2525
- 2530
- 2535
- 2540
- 2545
- 2550
- 2555
- 2560
- 2565
- 2570
- 2575
- 2580
- 2585
- 2590
- 2595
- 2600
- 2605
- 2610
- 2615
- 2620
- 2625
- 2630
- 2635
- 2640
- 2645
- 2650
- 2655
- 2660
- 2665
- 2670
- 2675
- 2680
- 2685
- 2690
- 2695
- 2700
- 2705
- 2710
- 2715
- 2720
- 2725
- 2730
- 2735
- 2740
- 2745
- 2750
- 2755
- 2760
- 2765
- 2770
- 2775
- 2780
- 2785
- 2790
- 2795
- 2800
- 2805
- 2810
- 2815
- 2820
- 2825
- 2830
- 2835
- 2840
- 2845
- 2850
- 2855
- 2860
- 2865
- 2870
- 2875
- 2880
- 2885
- 2890
- 2895
- 2900
- 2905
- 2910
- 2915
- 2920
- 2925
- 2930
- 2935
- 2940
- 2945
- 2950
- 2955
- 2960
- 2965
- 2970
- 2975
- 2980
- 2985
- 2990
- 2995
- 3000
- 3005
- 3010
- 3015
- 3020
- 3025
- 3030
- 3035
- 3040
- 3045
- 3050
- 3055
- 3060
- 3065
- 3070
- 3075
- 3080
- 3085
- 3090
- 3095
- 3100
- 3105
- 3110
- 3115
- 3120
- 3125
- 3130
- 3135
- 3140
- 3145
- 3150
- 3155
- 3160
- 3165
- 3170
- 3175
- 3180
- 3185
- 3190
- 3195
- 3200
- 3205
- 3210
- 3215
- 3220
- 3225
- 3230
- 3235
- 3240
- 3245
- 3250
- 3255
- 3260
- 3265
- 3270
- 3275
- 3280
- 3285
- 3290
- 3295
- 3300
- 3305
- 3310
- 3315
- 3320
- 3325
- 3330
- 3335
- 3340
- 3345
- 3350
- 3355
- 3360
- 3365
- 3370
- 3375
- 3380
- 3385
- 3390
- 3395
- 3400
- 3405
- 3410
- 3415
- 3420
- 3425
- 3430
- 3435
- 3440
- 3445
- 3450
- 3455
- 3460
- 3465
- 3470
- 3475
- 3480
- 3485
- 3490
- 3495
- 3500
- 3505
- 3510
- 3515
- 3520
- 3525
- 3530
- 3535
- 3540
- 3545
- 3550
- 3555
- 3560
- 3565
- 3570
- 3575
- 3580
- 3585
- 3590
- 3595
- 3600
- 3605
- 3610
- 3615
- 3620
- 3625
- 3630
- 3635
- 3640
- 3645
- 3650
- 3655
- 3660
- 3665
- 3670
- 3675
- 3680
- 3685
- 3690
- 3695
- 3700
- 3705
- 3710
- 3715
- 3720
- 3725
- 3730
- 3735
- 3740
- 3745
- 3750
- 3755
- 3760
- 3765
- 3770
- 3775
- 3780
- 3785
- 3790
- 3795
- 3800
- 3805
- 3810
- 3815
- 3820
- 3825
- 3830
- 3835
- 3840
- 3845
- 3850
- 3855
- 3860
- 3865
- 3870
- 3875
- 3880
- 3885
- 3890
- 3895
- 3900
- 3905
- 3910
- 3915
- 3920
- 3925
- 3930
- 3935
- 3940
- 3945
- 3950
- 3955
- 3960
- 3965
- 3970
- 3975
- 3980
- 3985
- 3990
- 3995
- 4000
- 4005
- 4010
- 4015
- 4020
- 4025
- 4030
- 4035
- 4040
- 4045
- 4050
- 4055
- 4060
- 4065
- 4070
- 4075
- 4080
- 4085
- 4090
- 4095
- 4100
- 4105
- 4110
- 4115
- 4120
- 4125
- 4130
- 4135
- 4140
- 4145
- 4150
- 4155
- 4160
- 4165
- 4170
- 4175
- 4180
- 4185
- 4190
- 4195
- 4200
- 4205
- 4210
- 4215
- 4220
- 4225
- 4230
- 4235
- 4240
- 4245
- 4250
- 4255
- 4260
- 4265
- 4270
- 4275
- 4280
- 4285
- 4290
- 4295
- 4300
- 4305
- 4310
- 4315
- 4320
- 4325
- 4330
- 4335
- 4340
- 4345
- 4350
- 4355
- 4360
- 4365
- 4370
- 4375
- 4380
- 4385
- 4390
- 4395
- 4400
- 4405
- 4410
- 4415
- 4420
- 4425
- 4430
- 4435
- 4440
- 4445
- 4450
- 4455
- 4460
- 4465
- 4470
- 4475
- 4480
- 4485
- 4490
- 4495
- 4500
- 4505
- 4510
- 4515
- 4520
- 4525
- 4530
- 4535
- 4540
- 4545
- 4550
- 4555
- 4560
- 4565
- 4570
- 4575
- 4580
- 4585
- 4590
- 4595
- 4600
- 4605
- 4610
- 4615
- 4620
- 4625
- 4630
- 4635
- 4640
- 4645
- 4650
- 4655
- 4660
- 4665
- 4670
- 4675
- 4680
- 4685
- 4690
- 4695
- 4700
- 4705
- 4710
- 4715
- 4720
- 4725
- 4730
- 4735
- 4740
- 4745
- 4750
- 4755
- 4760
- 4765
- 4770
- 4775
- 4780
- 4785
- 4790
- 4795
- 4800
- 4805
- 4810
- 4815
- 4820
- 4825
- 4830
- 4835
- 4840
- 4845
- 4850
- 4855
- 4860
- 4865
- 4870
- 4875
- 4880
- 4885
- 4890
- 4895
- 4900
- 4905
- 4910
- 4915
- 4920
- 4925
- 4930
- 4935
- 4940
- 4945
- 4950
- 4955
- 4960
- 4965
- 4970
- 4975
- 4980
- 4985
- 4990
- 4995
- 5000
- 5005
- 5010
- 5015
- 5020
- 5025
- 5030
- 5035
- 5040
- 5045
- 5050
- 5055
- 5060
- 5065
- 5070
- 5075
- 5080
- 5085
- 5090
- 5095
- 5100
- 5105
- 5110
- 5115
- 5120
- 5125
- 5130
- 5135
- 5140
- 5145
- 5150
- 5155
- 5160
- 5165
- 5170
- 5175
- 5180
- 5185
- 5190
- 5195
- 5200
- 5205
- 5210
- 5215</li

60 dielektrisches Wellenleiterkabel 62 erstes Dielektrikum
 63 Lufteinschluss
 64 zweites Dielektrikum
 66 drittes Dielektrikum
 70 dielektrisches Wellenleiterkabel 72 erstes Dielektrikum
 73 Lufteinschluss
 74 zweites Dielektrikum
 76 drittes Dielektrikum
 80 dielektrisches Wellenleiterkabel
 81 Bohrung
 82 erstes Dielektrikum
 83 innere Schicht im zweiten Dielektrikum
 84 äußere Schicht im zweiten Dielektrikum
 86 drittes Dielektrikum
 90 dielektrisches Wellenleiterkabel
 91 Bohrung
 92 erstes Dielektrikum
 94 zweites Dielektrikum
 95 innere Schicht im dritten Dielektrikum
 96 äußere Schicht im dritten Dielektrikum
 100 dielektrisches Wellenleiterkabel
 101 Bohrung
 102 erstes Dielektrikum
 103 erstes Beilauffilament
 104 zweites Beilauffilament
 105 Lufteinschluss
 106 PE-Schaum
 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 eingeschlossen 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 äu-

ßeren 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.
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 wenigstens 0,3, insbesondere wenigstens 0,5, weiter insbesondere wenigstens 0,8 beträgt.
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.
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.
7. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach Anspruch 2, wobei das dritte Dielektrikum TPE, insbesondere TPE S, auf.
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.
10. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche 1-8, wobei das erste Dielektrikum einen Querschnitt mit zwei Seitenlängen aufweist, welche unterschiedlich lang sind.
11. Dielektrisches Wellenleiterkabel Anspruch 10, wobei das erste Dielektrikum einen rechteckförmigen oder einen elliptischen Querschnitt aufweist.

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. 5
13. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das zweite Dielektrikum mehrere zu dem ersten Dielektrikum axial angeordnete Stützscheiben aufweist. 10
14. Dielektrisches Wellenleiterkabel nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das zweite Dielektrikum wenigstens ein Beilauffilament, insbesondere 15 zwei Beilauffilamente, aufweist, welche das erste Dielektrikum spiralförmig umwickeln, wobei insbesondere das zweite Dielektrikum ferner eine Schaummasse aufweist, welche das wenigstens eine Beilauffilament umgibt, und wobei zwischen dem Beilauffilament und der Schaummasse Luft eingeschlossen ist. 20
15. 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 25 und 2, insbesondere zwischen 0,7 und 1,5, weiter insbesondere in etwa 1,0, beträgt. 30

35

40

45

50

55

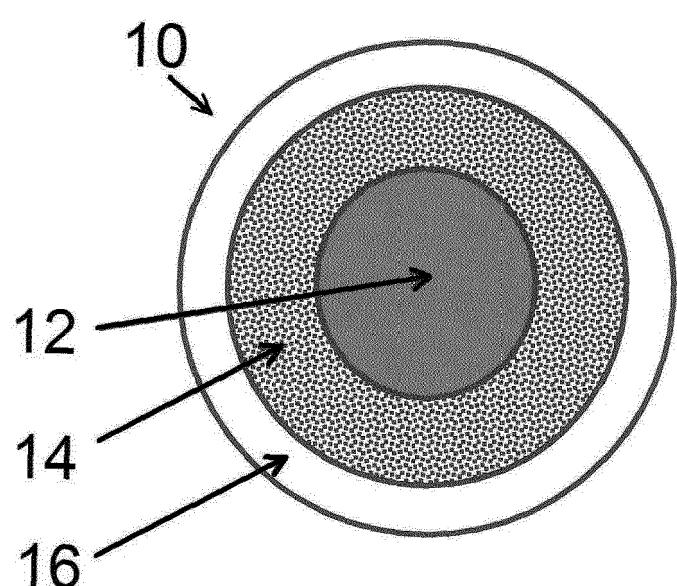


Fig. 1

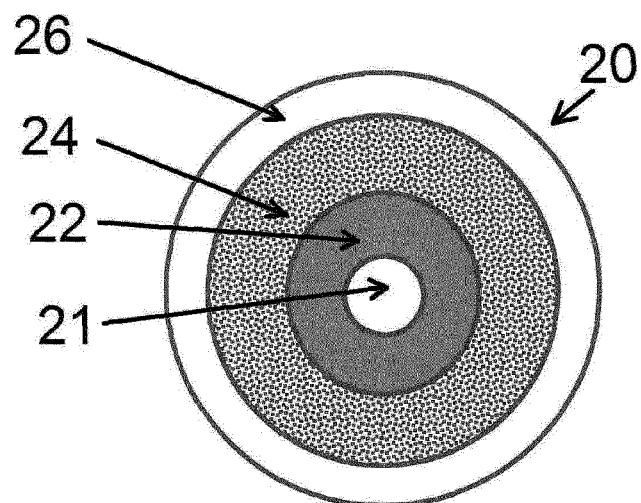


Fig. 2

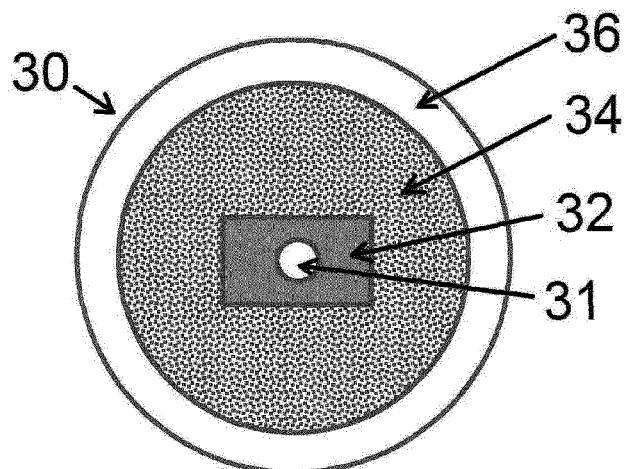


Fig. 3

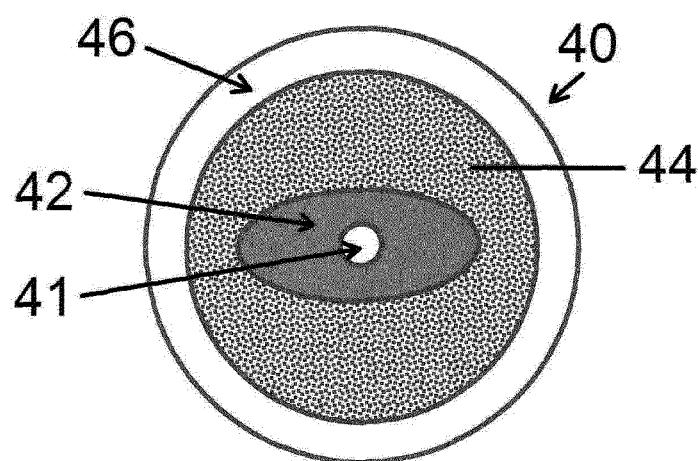


Fig. 4

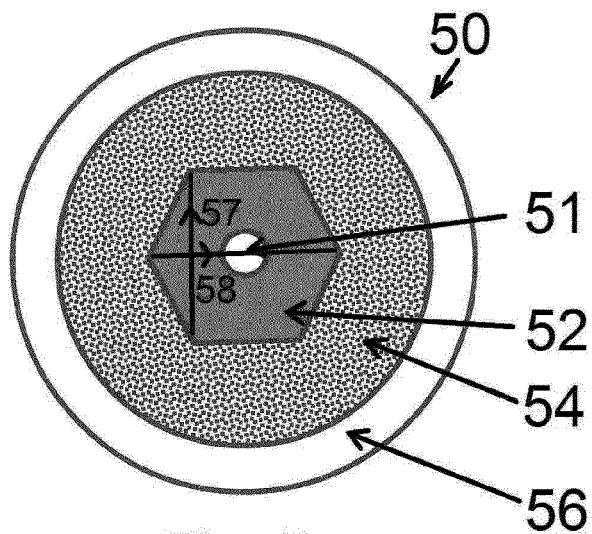


Fig. 5

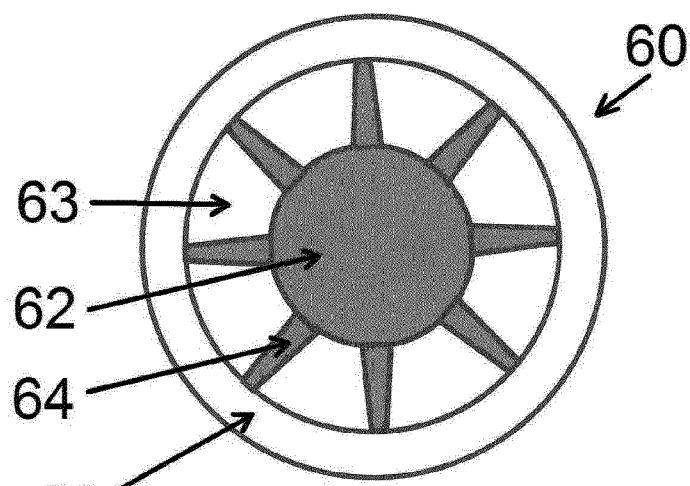


Fig. 6

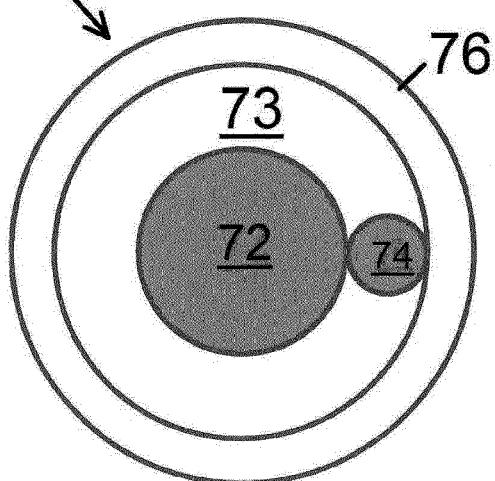


Fig. 7

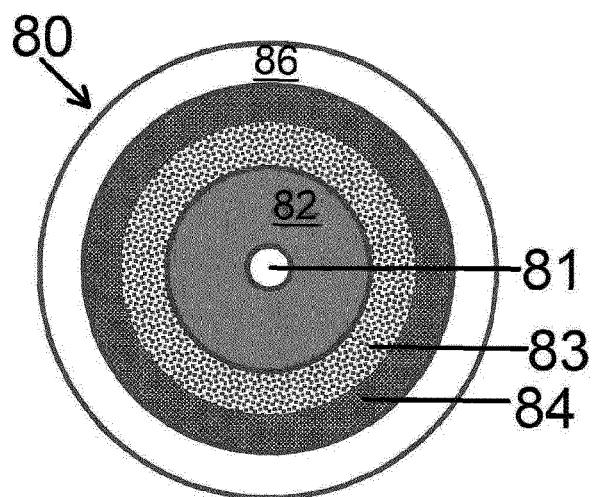


Fig. 8

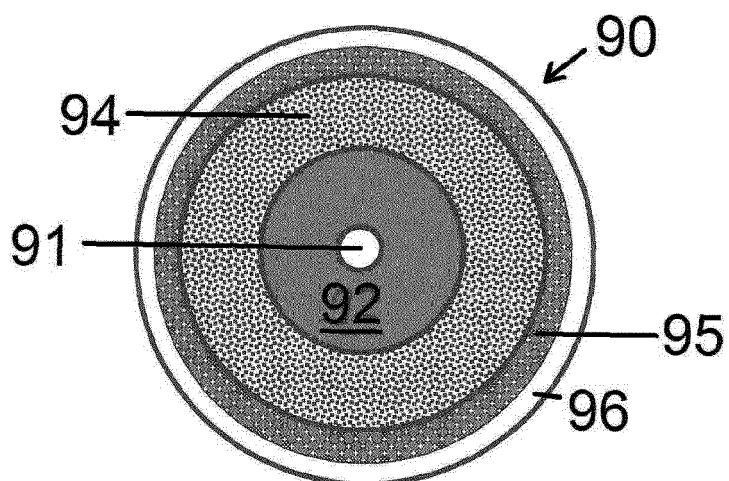


Fig. 9

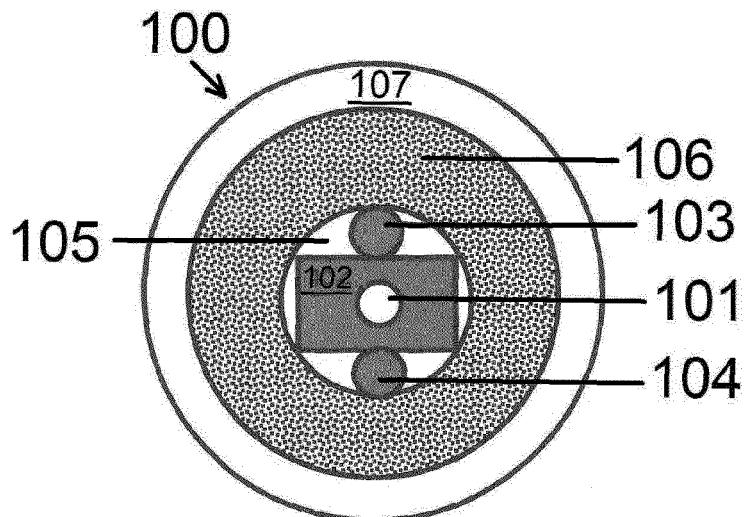


Fig. 10

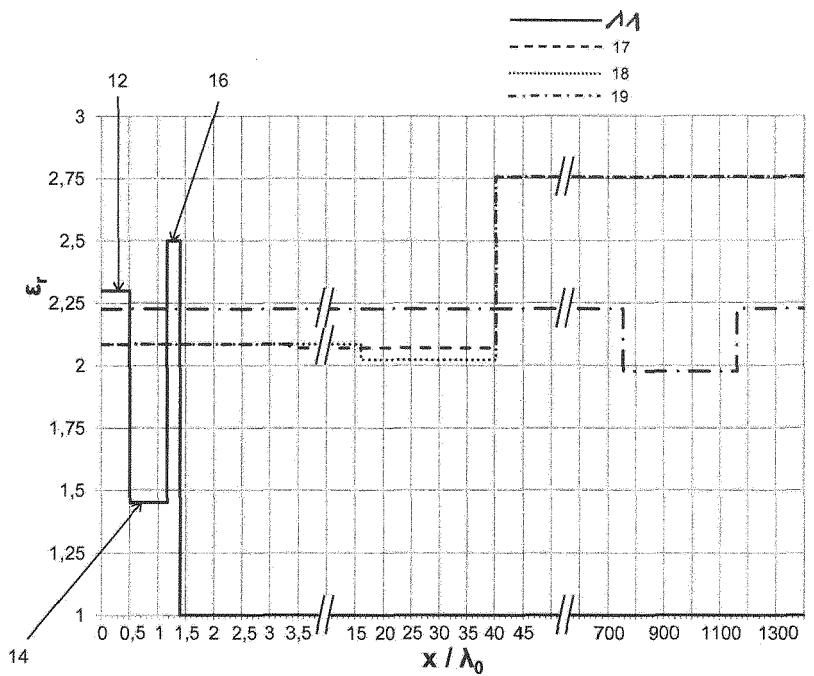


Fig. 11

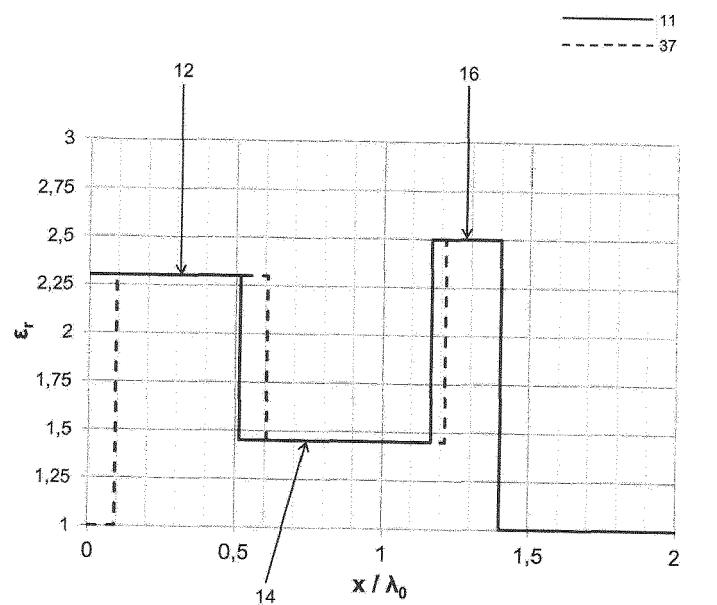


Fig. 12



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 19 3115

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriefft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	WO 2016/089492 A1 (AT & T IP I LP [US]) 9. Juni 2016 (2016-06-09)	1-7, 9-11, 13-15	INV. H01P3/16
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	
20 X	US 4 463 329 A (SUZUKI HIROSUKE [JP]) 31. Juli 1984 (1984-07-31)	1-7, 9-11,15	
25 Y	* Spalte 2, Zeile 49 - Spalte 2, Zeile 59;	8,12	
A	Abbildung 2 *	13,14	
	* Spalte 4, Zeile 12 - Spalte 4, Zeile 21; <td></td> <td></td>		
	Abbildung 3 *		

30 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	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
A	Abbildungen 8, 9 *	13,14	

35 X	CA 2 449 596 A1 (BLESZYNSKI STANISLAW [CA]) 5. Juni 2005 (2005-06-05)	1-7,9-11	H01P
Y	* das ganze Dokument *	8,12	
A	-----	13,14	
40 Y	US 4 441 091 A (NISHIDA SHIGEO [JP] ET AL) 3. April 1984 (1984-04-03)	8	
	* Spalte 3, Zeile 53 - Spalte 4, Zeile 32; <td></td> <td></td>		
	Abbildung 3 *		

45 Y	US 2012/199235 A1 (RYBSKI PATRICK [FR] ET AL) 9. August 2012 (2012-08-09)	12	
	* Seite 1, Absatz 5; Abbildung 1a *		

50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
	Den Haag	4. April 2017	Blech, Marcel
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
55 X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 19 3115

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendifikumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

04-04-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendifikument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	WO 2016089492 A1	09-06-2016	US 2016164571 A1 WO 2016089492 A1	09-06-2016 09-06-2016
15	US 4463329 A	31-07-1984	KEINE	
	GB 1473655 A	18-05-1977	KEINE	
20	CA 2449596 A1	05-06-2005	KEINE	
	US 4441091 A	03-04-1984	JP S5616303 A JP S6232841 B2 US 4441091 A	17-02-1981 17-07-1987 03-04-1984
25	US 2012199235 A1	09-08-2012	BR 102012002416 A2 CN 102629505 A EP 2485221 A1 FR 2971356 A1 US 2012199235 A1	07-01-2014 08-08-2012 08-08-2012 10-08-2012 09-08-2012
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20140368301 A1 **[0002]**