(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
11. Juni 2020 (11.06.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/114973 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 6/26 (2006.01) *F21V 8/00* (2006.01)
G01N 21/3586 (2014.01) *G02B 6/028* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/083323

(22) Internationales Anmeldedatum:
02. Dezember 2019 (02.12.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 130 831.0
04. Dezember 2018 (04.12.2018) DE

(71) Anmelder: **ROSENBERGER HOCHFREQUENZTECHNIK GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Hauptstrasse 1, 83413 Fridolfing (DE). **UNIVERSITAET BREMEN** [—/DE]; Bibliothekstrasse 1, 28359 Bremen (DE).

(72) Erfinder: **KARAU, Simon**; Ludwigstrasse 86A, 70197 Stuttgart (DE). **MEYER, Andre**; Osterstrasse 30, 28199 Bremen (DE). **SCHNEIDER, Martin**; An der Hase 4, 49637 Menslage (DE).

(74) Anwalt: **LORENZ, Markus**; LORENZ & KOLLEGEN, Patentanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB, Alte Ulmer Str. 2, 89522 Heidenheim (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:** WAVEGUIDE ASSEMBLY, WAVEGUIDE PASSAGE, AND USE OF A WAVEGUIDE ASSEMBLY

(54) **Bezeichnung:** WELLENLEITERANORDNUNG, WELLENLEITERÜBERGANG UND VERWENDUNG EINER WELLENLEITERANORDNUNG

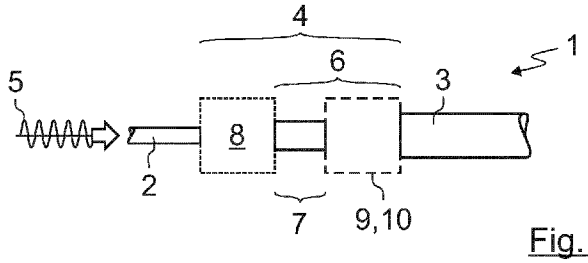

Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a waveguide assembly (1) comprising a first waveguide (2), a second waveguide (3) designed as a dielectric multimode waveguide, and a waveguide transition (4) for transmitting an electromagnetic wave (5) between the first waveguide (2) and the second waveguide (3), having a dielectric waveguide piece (6) which is arranged between the first waveguide (2) and the second waveguide (3). The dielectric waveguide piece (6) is designed so as to be capable of guiding a smaller mode number than the second waveguide (3) at least in a front section (7) facing the first waveguide (2).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Wellenleiteranordnung (1), umfassend einen ersten Wellenleiter (2), einen zweiten, als dielektrischer Multi-Mode-Wellenleiter ausgebildeten Wellenleiter (3), sowie einen Wellenleiterübergang (4) zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle (5) zwischen dem ersten Wellenleiter (2) und dem zweiten Wellenleiter (3), aufweisend ein dielektrisches Wellenleiterstück (6), das zwischen dem ersten Wellenleiter (2) und dem zweiten Wellenleiter (3) angeordnet ist. Das dielektrische Wellenleiterstück (6) ist ausgebildet, um zumindest in einem dem ersten Wellenleiter (2) zugewandten, vorderen Abschnitt (7) eine geringere Modenzahl zu führen, als der zweite Wellenleiter (3) zu führen vermag.

WO 2020/114973 A1

Wellenleiteranordnung, Wellenleiterübergang und Verwendung einer Wellenleiteranordnung

Die Erfindung betrifft eine Wellenleiteranordnung, umfassend einen ersten Wellenleiter, einen zweiten, als dielektrischer Multi-Mode-Wellenleiter ausgebildeten Wellenleiter, sowie einen Wellenleiterübergang zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle zwischen dem ersten Wellenleiter und dem zweiten Wellenleiter.

Die Erfindung betrifft auch einen Wellenleiterübergang zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle zwischen einem ersten Wellenleiter und einem zweiten, als dielektrischer Multi-Mode-Wellenleiter ausgebildeten Wellenleiter.

Die Erfindung betrifft außerdem eine Verwendung einer Wellenleiteranordnung.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik lässt sich die kabelgebundene Datenübertragung im Wesentlichen in zwei unterschiedliche Technologien gliedern. Dabei ist zum einen eine Datenübertragung mittels metallischer Leiter und zum anderen eine optische Datenübertragung mittels Glasfasern bekannt.

Die Signalübertragung über herkömmliche elektrische Leiter, wie beispielsweise Kupferkabel in elektrischen Kabeln, unterliegt bei hohen Frequenzen bekanntermaßen einer starken Signaldämpfung. Somit muss, insbesondere wenn hohe Anforderungen an die Übertragungsbandbreite gestellt werden, mitunter ein hoher Aufwand betrieben werden, um die Spezifikationen zu erreichen – falls überhaupt möglich.

Eine optische Datenübertragung ist hingegen äußerst verlustarm und mit hohen Datenraten möglich. Die optische Datenübertragung erfordert allerdings stets eine Umwandlung elektrischer Signale in optische Signale und umgekehrt, was bei dieser Signalübertragungsart komplexe Sende- und Empfangsstrukturen nötig macht.

Neben den beiden konventionellen Datenübertragungstechniken besteht ein zunehmendes Interesse an einer Technologie, welche versucht, sich als Alternative zu etablieren. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Datenübertragung über sogenannte dielektrische Wellenleiter ("Dielectric Waveguides", DWG oder "Polymer Microwave Fibres", PMF).

Bei dieser Technik wird das elektrische Signal einer Trägerfrequenz aufmoduliert, insbesondere im oberen Gigahertz-Bereich (beispielsweise 80 GHz) und als elektromagnetische Welle entlang des dielektrischen Wellenleiters übertragen. Das Verfahren kommt im Gegensatz zu einem optischen Verfahren ohne eine elektro-optische Wandlung aus. Gegenüber metallischen Wellenleitern hat das Konzept den Vorteil, sehr hohe Datenraten, zum Beispiel im Bereich von 50 GB/s, zumindest über mittlere Distanzen, beispielsweise im Bereich von 10 m, übertragen zu können. Dielektrische Wellenleiter erscheinen insbesondere deshalb sehr interessant, da die erforderlichen Halbleitertechnologien für den hohen Gigahertz-

Bereich mittlerweile zunehmend zur Verfügung stehen und eine kostengünstige und hohe Integration erlauben, beispielsweise in der RF CMOS-Technologie.

Elektromagnetische Wellen, die sich entlang eines dielektrischen Wellenleiters ausbreiten, können je nach Beschaffenheit des Wellenleiters in unterschiedlichen Feldkonfigurationen auftreten. Diese unterschiedlichen Feldkonfigurationen werden als "Moden" bezeichnet. Wird in einem dielektrischen Wellenleiter nur die Grundmode geführt, spricht man analog zur Glasfaser von einem "Single-Mode"-Wellenleiter. Besteht hingegen die Möglichkeit, dass der dielektrische Wellenleiter mehrere Moden zugleich führen kann, wird von einem "Multi-Mode"-Wellenleiter gesprochen. Wie viele Moden ein dielektrischer Wellenleiter zu führen vermag, hängt im Wesentlichen von der Betriebsfrequenz und von der Geometrie des Wellenleiters, insbesondere der Größe seiner Querschnittsfläche (z. B. Durchmesser eines runden Wellenleiters) sowie von seiner Permittivität (auch dielektrische Leitfähigkeit genannt) ab.

Wie auch bei den herkömmlichen Datenübertragungstechnologien ist beim Entwurf des Übertragungsmediums die von diesem verursachte Dispersion eine kritische Komponente. Als Dispersion wird die Eigenschaft eines Wellenleiters bezeichnet, wonach sich Signale bzw. Signalanteile unterschiedlicher Frequenz mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten im Wellenleiter ausbreiten. Die Dispersion ist damit neben der Dämpfung ein entscheidender Parameter, der die maximal erzielbare Datenrate limitieren kann. Im Falle des dielektrischen Wellenleiters lässt sich die Dispersion in zwei Unterarten aufteilen: die Wellenleiterdispersion und die Modendispersion.

Die Wellenleiterdispersion beschreibt die Dispersion der Grundmode, in der in der Regel die Daten übertragen werden, und tritt sowohl in Single- als auch in Multi-Mode-Wellenleitern auf.

Die Modendispersion hingegen bezieht sich auf die unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten der einzelnen Moden. Werden höhere Moden am Übergang zum dielektrischen Wellenleiter oder entlang des Leiters durch Diskontinuitäten angeregt, kann es bei einer Datenübertragung zur Verringerung der nutzbaren Leistung und zur Verzerrung des Signals kommen, wodurch die maximal erreichbare Datenrate begrenzt sein kann.

Multi-Mode-Wellenleiter können eine geringere Wellenleiterdispersion als Single-Mode-Wellenleiter aufweisen, können diesen Vorteil jedoch durch etwaige Modendispersion wieder verlieren. Dies ist insbesondere problematisch, wenn entweder durch den Übergang vom Sender bzw. Empfänger auf den dielektrischen Wellenleiter oder durch Diskontinuitäten entlang des Wellenleiters unerwünschte Moden in einem zu hohen Maße angeregt werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Wellenleiteranordnung bereitzustellen, insbesondere eine Wellenleiteranordnung mit verringerter Modendispersion bereitzustellen.

Der vorliegenden Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Wellenleiterübergang bereitzustellen, bei dem insbesondere eine Anregung höherer Moden bei einem Übergang zu einem dielektrischen Multi-Mode-Wellenleiter vermieden werden kann.

Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine vorteilhafte Verwendung einer Wellenleiteranordnung bereitzustellen.

Die Aufgabe wird für die Wellenleiteranordnung durch die Merkmale des Anspruchs 1, für den Wellenleiterübergang durch die Merkmale des Anspruchs 16 und für die Verwendung durch die Merkmale des Anspruchs 17 gelöst.

Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen und Varianten der Erfindung.

Erfindungsgemäß wird eine Wellenleiteranordnung vorgeschlagen, umfassend einen ersten Wellenleiter, einen zweiten, dielektrischen Multi-Mode-Wellenleiter, sowie einen Wellenleiterübergang zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle zwischen dem ersten Wellenleiter und dem zweiten Wellenleiter.

Mit einer elektromagnetischen Welle im Rahmen der Erfindung ist eine elektromagnetische Welle gemeint, die nicht innerhalb des für eine optische Signalübertragung verwendeten Lichtspektrums liegt.

Die Erfindung eignet sich besonders zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle im Millimeterbereich (30 GHz bis 300 GHz) und Submillimeterbereich (300 GHz bis 3 THz).

Auf die Übertragungsrichtung der elektromagnetischen Welle kommt es im Rahmen der Erfindung nicht an. Die elektromagnetische Welle kann somit ausgehend von dem ersten Wellenleiter über den Wellenleiterübergang in den zweiten Wellenleiter eingespeist werden – oder umgekehrt. Auch eine bidirektionale Übertragung ist im Rahmen der Erfindung möglich. Insofern nachfolgend auf eine Übertragung der elektromagnetischen Welle von dem ersten Wellenleiter in den zweiten Wellenleiter Bezug genommen wird, ist dies nur der vereinfachten Beschreibung der Erfindung zuzurechnen und nicht einschränkend zu verstehen.

Der zweite Wellenleiter ist vorzugsweise als dielektrischer Hohlleiter ausgebildet. Der zweite Wellenleiter kann insbesondere einen runden Querschnitt aufweisen. Vorzugsweise ist der zweite Wellenleiter als runder, dielektrischer Hohlleiter ausgebildet.

Der Wellenleiterübergang der erfindungsgemäßen Wellenleiteranordnung weist ein dielektrisches Wellenleiterstück auf, das zwischen dem ersten Wellenleiter und dem zweiten Wellenleiter angeordnet ist, um die elektromagnetische Welle zwischen dem ersten Wellenleiter und dem zweiten Wellenleiter durch das dielektrische Wellenleiterstück zu übertragen.

Bei dem dielektrischen Wellenleiterstück handelt es sich vorzugsweise um ein von dem ersten Wellenleiter und/oder von dem zweiten Wellenleiter separat ausgebildetes Bauteil.

Das dielektrische Wellenleiterstück ist erfindungsgemäß ausgebildet, um zumindest in einem dem ersten Wellenleiter zugewandten, vorderen Abschnitt eine geringere Modenzahl zu führen, als der zweite Wellenleiter zu führen vermag.

Die Erfindung bezieht sich somit auf einen verbesserten Übergang von einem beliebigen Wellenleiter, beispielsweise einem Koaxialkabel, einem Eindraht- Wellenleiter, einem metallischen oder dielektrischen Hohlleiter oder einem Streifenleiter, auf einen dielektrischen Multi-Mode-Wellenleiter.

Insofern der zweite Wellenleiter entlang seiner Längsachse unterschiedliche Feldkonfigurationen aufweist, beispielsweise in einem ersten Bereich eine erste maximale Modenzahl zu führen vermag und in einem zweiten Bereich eine hiervon abweichende, zweite maximale Modenzahl zu führen vermag, ist im Rahmen der Erfindung vorgesehen, dass das dielektrische Wellenleiterstück ausgebildet ist, um in seinem vorderen Abschnitt eine geringere Modenzahl zu führen, als der zweite Wellenleiter in dem dem dielektrischen Wellenleiterstück zugewandten vorderen Bereich zu führen vermag.

Dadurch, dass das dielektrische Wellenleiterstück in seinem vorderen Abschnitt nur eine geringere Modenzahl zu führen vermag als der zweite Wellenleiter, kann die beim Übergang eines beliebigen Wellenleiters auf einen Wellenleiter, welcher mehrere Moden zu führen vermag, auftretende Anregung ungewünschter Moden vermieden oder zumindest stark reduziert werden, so dass sich die daraus resultierende Modendispersion und ihre negativen Auswirkungen auf die Datenübertragung praktisch vernachlässigen lassen. Erfindungsgemäß kann die Anregung höherer Moden beim Übergang der elektromagnetischen Welle von dem ersten Wellenleiter in den zweiten Wellenleiter durch den dazwischen angeordneten Wellenleiterübergang unterdrückt werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das dielektrische Wellenleiterstück ein rein dielektrisches Wellenleiterstück ist, insbesondere ohne eine metallische oder sonstige leitfähige Umrandung.

Bei dem dielektrischen Wellenleiterstück kann es sich somit im Rahmen der üblichen technischen Definition vorzugsweise um einen Wellenleiter handeln, bei dem die elektromagnetische Welle lediglich durch den Unterschied der Permittivitäten zweier Dielektrika (insbesondere eines dielektrischen Festkörpers, der das dielektrische Wellenleiterstück ausbildet, und die den Festkörper umgebende Luft oder ein sonstiges Gas) geführt wird.

Vorzugsweise ist das dielektrische Wellenleiterstück im Sinne der Erfindung nicht als ein dielektrischer Festkörper innerhalb einer metallischen Umrandung auszulegen, da eine derartige Struktur gemäß der

üblichen technischen Definition im Rahmen der Erfindung vorzugsweise als dielektrisch gefüllter Hohlleiter zu verstehen ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann insbesondere vorgesehen sein, dass der vordere Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks als Single-Mode-Wellenleiter ausgebildet ist.

Vorzugsweise ist der vordere Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstück somit ausgebildet, lediglich die Grundmode zu übertragen. Hierdurch kann die Einspeisung höherer Moden beim Übergang von dem ersten Wellenleiter in das dielektrische Wellenleiterstück vollständig vermieden werden. Es kann im Rahmen der Erfindung aber bereits vorteilhaft sein, wenn der vordere Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks eine sonstige geringe Anzahl Moden zu führen vermag, welche für eine gegebene Anwendung als unkritisch angesehen werden, beispielsweise zwei, drei, vier, fünf oder sechs Moden.

Durch die Vermeidung der Anregung ungewünschter höherer Moden kann die Modendispersion in dem Multi-Mode-Wellenleiter deutlich verringert werden. Ferner kann die in die für die eigentliche Übertragung vorgesehenen Moden eingespeiste Leistung erhöht und eine nahezu identische Anpassung an beiden Eingängen des Wellenleiterübergangs erreicht werden.

Unter dem Begriff "höhere Moden" sind vorliegend alle Moden zu verstehen, deren jeweiligen Grenzfrequenzen oberhalb der Grenzfrequenz der Mode liegt, in der die Daten übertragen werden sollen. Vorzugsweise werden die Daten in der Grundmode, gegebenenfalls in unterschiedlichen Polarisationen, übertragen.

Erfindungsgemäß ist es durch die Verwendung des Wellenleiterübergangs erstmals vorteilhaft möglich, einen Multi-Mode-Wellenleiter bzw. ein Übertragungssystem mit Multi-Mode-Fasern zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle zu verwenden, welches grundsätzlich bessere Übertragungseigenschaften besitzt als ein Übertragungssystem mit Single-Mode-Fasern, da die Modendispersion erfindungsgemäß hinreichend unterdrückt werden kann.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der vordere Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks einen bezüglich dem zweiten Wellenleiter verringerten Querschnitt, eine bezüglich dem zweiten Wellenleiter verringerte Permittivität eines dielektrischen Kernmaterials und/oder eine bezüglich dem zweiten Wellenleiter erhöhte Permittivität eines das dielektrische Kernmaterial umhüllenden Mantels aufweist.

Mit dem Begriff "Kernmaterial" ist vorliegend das Material des dielektrischen Wellenleiterstücks gemeint, das von dem Mantel umhüllt wird.

Durch die vorstehend beschriebenen Möglichkeiten kann die maximale Anzahl übertragbarer Moden in dem vorderen Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks vorteilhaft vorgegeben werden, insbesondere in Bezug zu dem zweiten Wellenleiter.

Eine geeignete Möglichkeit zur Reduzierung der Anzahl führbarer Moden des dielektrischen Wellenleiterstücks ist insbesondere eine Modifikation der Geometrie im Hinblick auf den zweiten Wellenleiter. Insbesondere kann die Querschnittsfläche des dielektrischen Wellenleiterstücks gegenüber der Querschnittsfläche des zweiten Wellenleiters verringert sein, wodurch das dielektrische Wellenleiterstück eine geringere Modenanzahl zu führen vermag, als der zweite Wellenleiter.

Insbesondere kann auch eine beliebige Kombination abweichender Geometrien mit Änderung der Permittivität des dielektrischen Wellenleiterstücks und/oder des das dielektrische Wellenleiterstück umgebenden Materials (Mantel) vorgesehen sein. Hierdurch kann sich der Freiheitsgrad beim Entwurf sowohl bezüglich der mechanischen Stabilität, der Herstellbarkeit als auch bei der Materialauswahl erhöhen.

Der Kern des dielektrischen Wellenleiterstücks kann insgesamt oder zumindest in seinem vorderen Abschnitt beispielsweise eine relative Permittivität von 1,8 bis6,0, vorzugsweise 2,0 bis 3,0 aufweisen.

Der Mantel des dielektrischen Wellenleiterstücks kann beispielsweise eine relative Permittivität von 1,0 bis 3,0, vorzugsweise 1,0 bis 2,0 aufweisen.

Das dielektrische Wellenleiterstück kann beispielsweise im Wesentlichen aus Polyethylen oder Polytetrafluorethylen ausgebildet sein. Das dielektrische Wellenleiterstück kann auch im Wesentlichen aus Polystyrol ausgebildet sein, was insbesondere aufgrund dessen guter Verarbeitungseigenschaften von Vorteil sein kann.

Das dielektrische Wellenleiterstück kann grundsätzlich ausschließlich aus dem als "vorderer Abschnitt" bezeichneten Abschnitt bestehen. Es kann allerdings auch vorgesehen sein, dass das dielektrische Wellenleiterstück einen hinteren Abschnitt aufweist. Vorzugsweise kann der hintere Abschnitt ausgebildet sein, eine höhere Modenzahl zu führen als der vordere Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks.

Der hintere Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks kann dabei vorzugsweise so ausgelegt sein, dass die Anregung höherer Moden bei dem Übergang zwischen dem hinteren Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks zu dem zweiten Wellenleiter möglichst gering ist.

Es kann vorgesehen sein, dass sich der Durchmesser des dielektrischen Wellenleiterstücks in Richtung auf den zweiten Wellenleiter vergrößert, insbesondere ausgehend von dem vorderen Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks zu dem hinteren Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks vergrößert.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann insbesondere vorgesehen sein, dass der hintere Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks einen Übergang zwischen unterschiedlichen Geometrien und/oder Permittivitäten (von Kern oder Mantel) des vorderen Abschnitts des dielektrischen Wellenleiterstücks und des zweiten Wellenleiters ausbildet.

Durch einen entsprechenden Übergang kann eine geeignete Anpassung des dielektrischen Wellenleiterstücks zur Übertragung der elektromagnetischen Welle zwischen dem ersten und dem zweiten Wellenleiter bereitgestellt werden.

Es kann vorgesehen sein, durch entsprechende Anpassung des dielektrischen Wellenleiterstücks bei der Übertragung der elektromagnetischen Welle in den zweiten Wellenleiter gezielt eine gewünschte Mode in dem zweiten Wellenleiter anzuregen.

Der Mantel des dielektrischen Wellenleiterstücks kann in seinem hinteren Abschnitt beispielsweise eine relative Permittivität von 1,0 bis 3,0, vorzugsweise 1,0 bis 2,0, aufweisen.

Ein geeigneter Übergang zwischen dem vorderen Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks und dem zweiten Wellenleiter kann alternativ oder zusätzlich zu einem hinteren Abschnitt des Wellenleiterstücks auch durch ein von dem Wellenleiterstück separates Übergangsstück bereitgestellt werden, das zwischen dem Wellenleiterstück und dem zweiten Wellenleiter angeordnet ist. Die nachfolgenden und vorstehenden Merkmale, die sich auf den hinteren Abschnitt des Wellenleiterstücks beziehen, können demnach auch auf das separate Übergangsstück bezogen verstanden werden.

Die axiale Länge des vorderen Abschnitts und des hinteren Abschnitts des dielektrischen Wellenleiterstücks bzw. des vorderen Abschnitts des dielektrischen Wellenleiterstücks und des separaten Übergangsstücks können unterschiedlich sein.

In einer Weiterbildung kann außerdem vorgesehen sein, dass der hintere Abschnitt (und/oder das separate Übergangsstück) einen kontinuierlichen, abschnittsweise kontinuierlichen oder diskret gestuften Übergang ausbildet.

Im Rahmen eines abschnittsweise kontinuierlichen Übergangs kann insbesondere vorgesehen sein vereinzelt, beispielsweise in einem mittleren Bereich des hinteren Abschnitts des dielektrischen Wellenleiters, einen oder mehrere sprunghafte Übergänge geometrischer Art und/oder physikalischer Materialeigenschaften einzubringen.

In einer Weiterbildung kann außerdem vorgesehen sein, dass der hintere Abschnitt (und/oder das separate Übergangsstück) einen linearen Übergang, exponentiellen Übergang und/oder einen Übergang gemäß einem monotonen Abschnitt einer Kosinusfunktion ausbildet.

Ein linearer Übergang, exponentieller Übergang und/oder ein Übergang gemäß einem monotonen Abschnitt einer Kosinusfunktion eignet sich insbesondere als kontinuierlicher oder abschnittsweise kontinuierlicher Übergang zwischen unterschiedlichen Geometrien, beispielsweise unterschiedlichen Querschnittsflächen des vorderen und hinteren Abschnitts des dielektrischen Wellenleiters.

Beispielsweise kann der hintere Abschnitt des Wellenleiterstücks oder das separate Übergangsstück eine entlang der Längsachse verlaufende, einem monotonen Abschnitt einer Kosinusfunktion folgende oder lineare Änderung des Außenradius aufweisen und somit einen Übergang von einem geringeren Außenradius des vorderen Abschnitts des Wellenleiterstücks zu einem größeren Radius des zweiten Wellenleiters ausbilden.

In einer Weiterbildung kann außerdem vorgesehen sein, dass der hintere Abschnitt (und/oder das separate Übergangsstück) einen gestuften Übergang in Form von Stufen der Länge eines ganzzahligen Vielfachen von einem Viertel bis zur Hälfte der geführten Wellenlänge der elektromagnetischen Welle bei der Mittenfrequenz eines zu übertragenden Signals ausbildet.

Ein solcher gestufter Übergang kann sich insbesondere als Übergang zwischen unterschiedlichen Geometrien, beispielsweise unterschiedlichen Querschnittsflächen des vorderen und hinteren Abschnitts des dielektrischen Wellenleiterstücks, eignen.

Beispielsweise kann der hintere Abschnitt des Wellenleiterstücks oder das separate Übergangsstück eine entlang der Längsachse verlaufende gestufte Änderung des Außenradius aufweisen und somit einen Übergang von einem geringeren Außenradius des vorderen Abschnitts des Wellenleiterstücks zu einem größeren Radius des zweiten Wellenleiters ausbilden.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass ein Übergang zwischen unterschiedlichen Permittivitäten mittels Compoundierung, Materialdichtemodifikation und/oder Zusammenfügung verschiedener Materialien in dem hinteren Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks (und/oder dem separaten Übergangsstück) ausgebildet ist.

Die Permittivitäten von Kern und/oder Mantel oder deren Verhältnis können somit von dem vorderen Abschnitt des Wellenleiterstücks zu dem hinteren Ende des Wellenleiterstücks (und/oder zu dem separaten Übergangsstück) kontinuierlich, abschnittsweise kontinuierlich oder diskret ineinander übergehen.

Im Rahmen der Compoundierung (Mischen unterschiedlicher Materialien) können beispielsweise Polymerlegierungen, ein Polyblend oder eine Dotierung des Materials in Frage kommen. Eine Modifikation der Dichte des dielektrischen Wellenleiterstücks kann beispielsweise durch Stauchen, Ausschäumen oder eine abweichende Kristallisierung erfolgen.

Schließlich können auch mehrere Materialien geometrisch zusammengesetzt bzw. zusammengefügt werden, die jeweils unterschiedliche Permittivitäten aufweisen und schließlich insgesamt das dielektrische Wellenleiterstück, einen der Abschnitte des dielektrischen Wellenleiterstücks und/oder das separate Übergangsstück ausbilden. In diesem Fall kann insbesondere ein diskret gestufter Übergang zwischen den Permittivitäten des vorderen Abschnitts und des hinteren Abschnitts des dielektrischen Wellenleiterstücks bereitgestellt werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann ferner vorgesehen sein, dass der hintere Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks und ein vorderer Bereich des zweiten Wellenleiters ausgebildet sind, um deren dielektrische Kerne und/oder deren die dielektrischen Kerne umhüllende Mäntel geometrisch ineinander übergehen zu lassen.

Auf die vorstehend genannte Weise kann sich eine besonders geeignete Anpassung bei der Übertragung der elektromagnetischen Welle erreichen lassen.

Insbesondere kann vorgesehen sein, das dielektrische Wellenleiterstück und den zweiten Wellenleiter mit jeweils unterschiedlichen Permittivitäten geometrisch ineinander übergehen zu lassen. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, die dielektrischen Kerne und/oder die die dielektrischen Kerne umgebende Mäntel des dielektrischen Wellenleiterstücks und des zweiten Wellenleiters geometrisch ineinander übergehen zu lassen.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das dielektrische Wellenleiterstück als rechteckiger oder runder dielektrischer Hohlleiter ausgebildet ist.

Das dielektrische Wellenleiterstück kann insbesondere einen runden Querschnitt aufweisen. Vorzugsweise ist das dielektrische Wellenleiterstück als runder, dielektrischer Hohlleiter ausgebildet.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann außerdem vorgesehen sein, dass ein Teilübergang zwischen dem ersten Wellenleiter und dem dielektrischen Wellenleiterstück angeordnet ist.

Ein entsprechender Teilübergang kann insbesondere von Vorteil sein, wenn es sich bei dem ersten Wellenleiter nicht um einen dielektrischen Wellenleiter handelt. Der Teilübergang kann in diesem Falle ausgebildet sein, die elektromagnetische Welle ausgehend von dem ersten Wellenleiter in das dielektrische Wellenleiterstück bzw. in dessen vorderen Abschnitt, hinteren Abschnitt und/oder in das separate Übergangsstück einzuleiten.

In einer Weiterbildung kann insbesondere vorgesehen sein, dass der Teilübergang als Hohlleiterhorn oder Patchantenne einer elektrischen Leiterplatte ausgebildet ist.

Grundsätzlich kann der Teilübergang als separates Bauteil ausgebildet sein. In einer Weiterbildung der Erfindung kann aber auch vorgesehen sein, dass der Teilübergang einstückig mit dem dielektrischen Wellenleiterstück ausgebildet ist.

Da die direkte Anregung des zweiten Wellenleiters durch den Teilübergang, insbesondere ein Hohlleiterhorn, zu einer starken Anregung höherer Moden in dem zweiten Wellenleiter führen würde, kann erfindungsgemäß das dielektrische Wellenleiterstück vorteilhaft sein. Insbesondere wenn das dielektrische Wellenleiterstück als dielektrisches Single-Mode-Wellenleiterstück ausgebildet ist, kann somit eine Anregung höherer Moden beim Übergang von dem ersten Wellenleiter verhindert werden. Der anschließende Übergang von dem dielektrischen Wellenleiterstück auf den zweiten Wellenleiter regt höhere Moden somit nur noch in sehr geringem Maße an.

Der Teilübergang kann den vorderen Abschnitt des Wellenleiterstücks (und ggf. zumindest teilweise auch dessen hinteren Abschnitt) funktionell überlappen.

In einer Ausgestaltung der Erfindung kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die Moden des dielektrischen Wellenleiterstücks neben der dielektrischen Führung auch eine untergeordnete leitfähige Führung aufweisen, beispielsweise durch eine leitfähige Berandung des dielektrischen Leiters. Auf diese Weise kann der hintere Abschnitt des Wellenleiterstücks die Moden des dielektrischen Wellenleiterstücks bereits in die Moden des zweiten Wellenleiters umwandeln, während das dielektrische Wellenleiterstück noch von dem Teilübergang bzw. von dem ersten Wellenleiter angeregt wird. Hiermit kann der vorstehend genannte überlappende Bereich gebildet werden. Ein Beispiel kann ein Übergang von einem als Hohlleiter ausgebildeten ersten Wellenleiter in einen dielektrischen Multi-Mode-Wellenleiter sein, bei dem ein Hohlleiterhorn den Teilübergang ausbildet und der hintere Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks noch in dem Hohlleiterhorn beginnt.

In einer Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass der erste Wellenleiter als Koaxialkabel, als Eindraht-Wellenleiter, als metallischer oder dielektrischer Hohlleiter oder als Streifenleiter ausbildet ist.

Der erste Wellenleiter kann beispielsweise als rechteckiger Hohlleiter ausgebildet sein, welcher über einen optional zwischen dem ersten Wellenleiter und dem dielektrischen Wellenleiterstück angeordneten Teilübergang die Grundmode in dem dielektrischen Wellenleiterstück anregt.

Grundsätzlich kann der erste Wellenleiter allerdings als beliebiger Wellenleiter zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle ausgebildet sein.

Der Mantel des zweiten Wellenleiters kann in seinem hinteren Abschnitt beispielsweise eine relative Permittivität von 1,0 bis 3,0, vorzugsweise 1,0 bis 2,0 aufweisen. Der zweite Wellenleiter kann beispielsweise aus Polyethylen, Polytetrafluorethylen oder Polystyrol ausgebildet sein.

Beispielsweise kann der zweite Wellenleiter einen kreisrunden Querschnitt aufweisen. Ein derartiger dielektrischer Wellenleiter vermag grundsätzlich höhere Moden zu führen, sofern dieser eine minimale Wellenleiterdispersion aufweist. Die Erfindung ist allerdings nicht auf die Verwendung eines spezifischen Querschnitts bzw. einer spezifischen Geometrie des dielektrischen Multi-Mode-Wellenleiters beschränkt zu verstehen. Beispielsweise können auch rechteckige oder elliptische Wellenleiter vorgesehen sein.

Das dielektrische Wellenleiterstück und der zweite Wellenleiter sind vorzugsweise nicht identisch und weisen unterschiedliche Geometrien auf. Das dielektrische Wellenleiterstück und der zweite Wellenleiter können allerdings auch – zumindest abschnittsweise – identische Geometrien aufweisen.

Der optionale Teilübergang zwischen dem ersten Wellenleiter und dem dielektrischen Wellenleiterstück, das dielektrische Wellenleiterstück bzw. dessen vorderer Abschnitt und/oder hinterer Abschnitt oder das separate Übergangsstück können eine beliebige Länge aufweisen sowie in beliebigen Kombinationen einteilig oder mehrteilig ausgebildet sein.

Die Erfindung betrifft auch einen Wellenleiterübergang für eine vorstehend und nachfolgend beschriebene Wellenleiteranordnung, zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle zwischen einem ersten Wellenleiter und einem zweiten, als dielektrischer Multi-Mode-Wellenleiter ausgebildeten Wellenleiter. Der Wellenleiterübergang weist ein dielektrisches Wellenleiterstück auf, das zwischen dem ersten Wellenleiter und dem zweiten Wellenleiter angeordnet ist. Das dielektrische Wellenleiterstück ist ferner ausgebildet, um zumindest in einem dem ersten Wellenleiter zugewandten, vorderen Abschnitt eine geringere Modenzahl zu führen, als der zweite Wellenleiter zu führen vermag.

Erfindungsgemäß kann beispielsweise ein Eingangssignal aus dem ersten Wellenleiter somit nicht direkt in den dielektrischen Multi-Mode-Wellenleiter eingeleitet, sondern zunächst durch den erfindungsgemäßen Wellenleiterübergang übertragen werden. Dabei wird die elektromagnetische Welle zunächst in einen modifizierten dielektrischen Wellenleiter, im Rahmen der Erfindung als "dielektrisches Wellenleiterstück" bezeichnet, eingeleitet, das nur eine reduzierte Modenzahl zu führen vermag.

Das dielektrische Wellenleiterstück ist vorzugsweise also so zu wählen, dass die höheren Moden innerhalb des dielektrischen Wellenleiters nicht geführt werden, insbesondere nicht in dem vorderen Abschnitt des dielektrischen Wellenleiterstücks. Beispielsweise kann hierfür ein Single-Mode-Wellenleiterstück vorgesehen sein.

Erfindungsgemäß kann durch den Wellenleiterübergang die Anregung höherer Moden durch den Übergang von dem ersten Wellenleiter zu dem zweiten Wellenleiter vermieden oder zumindest stark reduziert werden, wodurch eine Multi-Mode-Übertragung durch den zweiten Wellenleiter genutzt werden kann, ohne die Nachteile einer Modendispersion.

Neben den im Rahmen der erfindungsgemäßen Wellenleiteranordnung bereits genannten Vorteilen ist es ein weiterer Vorteil der Erfindung, dass durch die Vermeidung der Anregung höherer Moden am Übergang zum dielektrischen Wellenleiter ein höherer Freiheitsgrad hinsichtlich des Designs der Wellenleiter erreicht werden kann, da die Berücksichtigung der Modendispersion eine nur geringe Rolle spielt.

Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer Wellenleiteranordnung gemäß den vorstehenden und nachfolgenden Ausführungen zur Datenübertragung mittels elektromagnetischer Wellen oder für die Messtechnik, insbesondere für die Terrahertz-Spektroskopie.

Der Einsatz eines die Anregung höherer Moden vermeidenden Wellenleiterübergangs ist nicht ausschließlich bei der Datenübertragung vorteilhaft, sondern kann auch in anderen Bereichen, wie beispielsweise der Messtechnik, genutzt werden. Die Erfindung ist somit nicht als spezielle und ausschließliche Lösung für dielektrische Wellenleiter zur Datenübertragung zu verstehen, sondern kann auch in anderen Einsatzgebieten dielektrischer Wellenleiter, wie beispielsweise der Terrahertz-Spektroskopie, vorteilhaft genutzt werden.

Es kann vorgesehen sein, dass der Wellenleiterübergang ausschließlich aus dem dielektrischen Wellenleiterstück besteht und optional aus dem Übergangsstück und/oder Teilübergang besteht. Vorzugsweise weist der Wellenleiterübergang zumindest keinen Hohlleiter auf, insbesondere keinen dielektrisch gefüllten Hohlleiter.

Merkmale, die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Wellenleiteranordnung beschrieben wurden, sind selbstverständlich auch für den erfindungsgemäßen Wellenleiterübergang oder die beschriebene Verwendung vorteilhaft umsetzbar – und umgekehrt. Ferner können Vorteile, die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Wellenleiteranordnung genannt wurden, auch auf den erfindungsgemäßen Wellenleiterübergang bzw. auf die Verwendung bezogen verstanden werden – und umgekehrt.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass Begriffe, wie "umfassend", "aufweisend" oder "mit", keine anderen Merkmale oder Schritte ausschließen. Ferner schließen Begriffe, wie "ein" oder "das", die auf eine Einzahl von Schritten oder Merkmalen hinweisen, keine Mehrzahl von Schritten oder Merkmalen aus – und umgekehrt.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben.

Die Figuren zeigen jeweils bevorzugte Ausführungsbeispiele, in denen einzelnen Merkmale der vorliegenden Erfindung in Kombination miteinander dargestellt sind. Merkmale eines Ausführungsbeispiels sind auch losgelöst von den anderen Merkmalen des gleichen Ausführungsbeispiels umsetzbar und können dementsprechend von einem Fachmann ohne Weiteres zu weiteren sinnvollen Kombinationen und Unterkombinationen mit Merkmalen anderer Ausführungsbeispiele verbunden werden.

In den Figuren sind funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen.

Es zeigen schematisch:

Figur 1 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung mit einem ersten Wellenleiter, einem Wellenleiterübergang und einem zweiten Wellenleiter;

Figur 2 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung mit einem Wellenleiterübergang gemäß einer ersten Variante;

Figur 3 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung mit einem Wellenleiterübergang gemäß einer zweiten Variante;

Figur 4 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung mit einem Wellenleiterübergang gemäß einer dritten Variante;

Figur 5 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung mit einem Wellenleiterübergang gemäß einer vierten Variante;

Figur 6 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung mit einem Wellenleiterübergang gemäß einer fünften Variante;

Figur 7 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung mit einem Wellenleiterübergang gemäß einer sechsten Variante; und

Figur 8 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung mit einem Wellenleiterübergang gemäß einer siebten Variante.

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung 1. Die Wellenleiteranordnung 1 umfasst einen ersten Wellenleiter 2, einen zweiten Wellenleiter 3 und einen Wellenleiterübergang 4 zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle 5 zwischen dem ersten Wellenleiter 2 und dem zweiten Wellenleiter 3.

Der erste Wellenleiter 2 kann als beliebiger Wellenleiter ausgebildet sein. Der erste Wellenleiter 2 kann somit beispielsweise als Koaxialkabel, als Eindraht-Wellenleiter, als metallischer oder dielektrischer Hohlleiter oder als Streifenleiter ausgebildet sein.

Der zweite Wellenleiter 3 ist als dielektrischer Multi-Mode-Wellenleiter und vorzugsweise als dielektrischer Hohlleiter ausgebildet.

Der Wellenleiterübergang 4 weist ein dielektrisches Wellenleiterstück 6 auf, das zwischen dem ersten Wellenleiter 2 und dem zweiten Wellenleiter 3 angeordnet ist, wobei das dielektrische Wellenleiterstück 6 ausgebildet ist, um zumindest in einem dem ersten Wellenleiter 2 zugewandten, vorderen Abschnitt 7 eine geringere Modenzahl zu führen, als der zweite Wellenleiter 3 zu führen vermag.

Vorzugsweise ist der vordere Abschnitt 7 des Wellenleiterstücks 6 als Single-Mode-Wellenleiter ausgebildet.

Zur Übertragung der elektromagnetischen Welle 5 zwischen dem ersten Wellenleiter 2 und dem dielektrischen Wellenleiterstück 6 ist in den Ausführungsbeispielen ein Teilübergang 8 zwischen dem ersten Wellenleiter 2 und dem dielektrischen Wellenleiterstück 6 angeordnet. Der Teilübergang 8 kann mit dem dielektrischen Wellenleiterstück 6 einstückig oder mehrstückig ausgebildet sein und ist im Ausführungsbeispiel lediglich schematisch als Blackbox angedeutet. Der Teilübergang 8 kann beispielsweise als Hohlleiterhorn oder Patchantenne einer elektrischen Leiterplatte ausgebildet sein. Der Teilübergang 8 kann sich mit dem vorderen Abschnitt 7 und/oder mit dem nachfolgend noch beschriebenen hinteren Abschnitt 9 des dielektrischen Wellenleiterstücks 6 auch funktional überlappen.

Um hinsichtlich des zweiten Wellenleiters 3 bzw. zumindest einem dem dielektrischen Wellenleiterstück 6 zugewandten vorderen Bereich des zweiten Wellenleiter 3 eine geringere Modenzahl zu führen, kann der vordere Abschnitt 7 des Wellenleiterstücks 6 einen bezüglich dem zweiten Wellenleiter 3 verringerten Querschnitt (vgl. Figur 1 und Figur 2) aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann das Wellenleiterstück 6 auch eine bezüglich dem zweiten Wellenleiter 3 verringerte Permittivität seines dielektrischen Kernmaterials (durch Schraffierungen in Figur 3 angedeutet) und/oder eine bezüglich dem zweiten Wellenleiter 3 erhöhte Permittivität eines das dielektrische Kernmaterial umhüllenden Mantels (vgl. Figur 6) aufweisen.

In den Figuren 1 bis 5 sind zur Veranschaulichung jeweils nur die Kerne des dielektrischen Wellenleiters 3 und des dielektrischen Wellenleiterstücks 6 gezeigt. Die Mäntel (vgl. Figuren 6 bis 8) sind nicht dargestellt.

Das dielektrische Wellenleiterstück 6 kann auch als rechteckiger oder runder dielektrischer Hohlleiter ausgebildet sein.

Das dielektrische Wellenleiterstück 6 kann einen dem zweiten Wellenleiter 3 zugewandten, hinteren Abschnitt 9 aufweisen, der einen Übergang zwischen unterschiedlichen Geometrien und/oder Permittivitäten des vorderen Abschnitts 7 des Wellenleiterstücks 6 und des zweiten Wellenleiters 3 ausbildet. Alternativ kann ein von dem Wellenleiterstück 6 separates Übergangsstück 10 vorgesehen sein. In Figur 1 ist hierfür vereinfacht zunächst nur eine Blackbox dargestellt, die weiteren Figuren zeigen verschiedenen Varianten des hinteren Abschnitts 9 des Wellenleiterstücks 6.

Figur 2 zeigt eine Wellenleiteranordnung 1 mit einem Wellenleiterübergang 4, dessen dielektrisches Wellenleiterstück 6 in seinem vorderer Abschnitt 7 einen im Vergleich mit dem zweiten Wellenleiter 3 verringerten Querschnitt aufweist und dessen hinterer Abschnitt 9 einen Übergang zu dem vergrößerten Querschnitt des zweiten Wellenleiters 3 ausbildet. Der Übergang des hinteren Abschnitts 9 verläuft dabei kontinuierlich in linearer Weise ausgehend von dem vorderen Abschnitt 7 in Richtung auf den zweiten Wellenleiter 3. Grundsätzlich kann der Übergang in dem hinteren Abschnitt 9 linear, exponentiell und/oder kosinusförmig (d. h. dem monotonen Abschnitt einer Kosinusfunktion folgend) oder auf sonstige Weise verlaufen. Der durch den hinteren Abschnitt 9 gebildete Übergang kann kontinuierlich, wie dargestellt, aber auch nur abschnittsweise kontinuierlich oder diskret gestuft ausgebildet sein.

An dieser Stelle sei nochmals betont, dass das dielektrische Wellenleiterstück 6 und der Teilübergang 8 zwischen dem ersten Wellenleiter 2 und dem dielektrischen Wellenleiterstück 6 auch einteilig ausgebildet sein und ineinander übergehen können. Das in Figur 2 als ein sich ändernder Kernquerschnitt ausgebildete Wellenleiterstück 6 kann auch Teil des Teilübergangs 8 sein, wenn dieser beispielsweise als metallisches Hohlleiterhorn ausgebildet ist.

Figur 3 zeigt eine Variante des Wellenleiterstücks 6, bei der der vordere Abschnitt 7 eine im Vergleich zu dem zweiten Wellenleiter 3 verringerte Permittivität aufweist. Die unterschiedlichen Permittivitäten sind in Figur 3 durch verschiedene Kreuzschraffierungen angedeutet. Der hintere Abschnitt 9 bildet einen Übergang zwischen der verringerten Permittivität des vorderen Abschnitts 7 und der Permittivität des zweiten Wellenleiters 3 aus. Dies kann beispielsweise mittels Compoundierung, Materialdichtemodifikation und/oder Zusammenfügung verschiedener Materialien in dem hinteren Abschnitt 9 des Wellenleiterstücks 6 erfolgen. Vorliegend ist ein stufiger Übergang in dem hinteren Abschnitt 9 des Wellenleiterstücks 6 dargestellt, beispielsweise aufgrund der Zusammenfügung verschiedener Materialien.

Es kann auch vorgesehen sein, dass der hintere Abschnitt 9 des Wellenleiterstücks 6 und ein vorderer Bereich des zweiten Wellenleiters 3 ausgebildet sind, um deren dielektrische Kerne geometrisch ineinander übergehen zu lassen. Dies ist in den Figuren 4 und 5 beispielhaft dargestellt. Ein derartiger geometrischer Übergang kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn sich die Permittivitäten des dielektrischen Wellenleiterstücks 6, zumindest des hinteren Abschnitts 9 des dielektrischen Wellenleiterstücks 6, und des zweiten Wellenleiters 3 zusätzlich unterscheiden.

Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, die Anzahl Moden, die das dielektrische Wellenleiterstück 6 zu führen vermag, verglichen mit dem zweiten Wellenleiter 3 zu reduzieren, indem die Permittivität eines den dielektrischen Kern des Wellenleiterstücks 6 umhüllenden Mantels 11 im Hinblick auf einen Mantel des zweiten Wellenleiters 3 erhöht ist. Dies ist in Figur 6 dargestellt, wobei die unterschiedlichen Permittivitäten abermals durch verschiedene Kreuzschraffierungen angedeutet sind. Der zweite Wellenleiter 3 weist einen Mantel 12 auf, der eine geringere Permittivität aufweist, als der Mantel 11 im hinteren Abschnitt 9 des dielektrischen Wellenleiterstücks 6.

Es kann auch vorgesehen sein, dass der hintere Abschnitt 9 des Wellenleiterstücks 6 und ein vorderer Bereich des zweiten Wellenleiters 3 ausgebildet sind, um deren die dielektrischen Kerne umhüllende Mäntel geometrisch ineinander übergehen zu lassen. Dies ist in den Figuren 7 und 8 angedeutet.

Die beschriebene Wellenleiteranordnung 1 kann vorteilhaft für die Datenübertragung mit sehr hohen Datenraten zumindest über mittlere Distanzen verwendbar sein. Die dargestellte Wellenleiteranordnung 1 eignet sich allerdings auch zur Verwendung in der Messtechnik, beispielsweise für die Terrahertz-Spektroskopie.

Patentansprüche

1. Wellenleiteranordnung (1), umfassend
   - einen ersten Wellenleiter (2),
   - einen zweiten, als dielektrischer Multi-Mode-Wellenleiter, vorzugsweise als dielektrischer Hohlleiter, ausgebildeten Wellenleiter (3), sowie
   - einen Wellenleiterübergang (4) zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle (5) zwischen dem ersten Wellenleiter (2) und dem zweiten Wellenleiter (3), aufweisend ein dielektrisches Wellenleiterstück (6), das zwischen dem ersten Wellenleiter (2) und dem zweiten Wellenleiter (3) angeordnet ist, wobei das dielektrische Wellenleiterstück (6) ausgebildet ist, um zumindest in einem dem ersten Wellenleiter (2) zugewandten, vorderen Abschnitt (7) eine geringere Modenzahl zu führen, als der zweite Wellenleiter (3) zu führen vermag.

2. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   das dielektrische Wellenleiterstück (6) ein rein dielektrisches Wellenleiterstück (6) ist.

3. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 1 oder 2,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   der vordere Abschnitt (7) des dielektrischen Wellenleiterstücks (6) als Single-Mode-Wellenleiter ausgebildet ist.

4. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   der vordere Abschnitt (7) des dielektrischen Wellenleiterstücks (6) einen bezüglich dem zweiten Wellenleiter (3) verringerten Querschnitt, eine bezüglich dem zweiten Wellenleiter (3) verringerte Permittivität eines dielektrischen Kernmaterials und/oder eine bezüglich dem zweiten Wellenleiter (3) erhöhte Permittivität eines das dielektrische Kernmaterial umhüllenden Mantels (11) aufweist.

5. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   das dielektrische Wellenleiterstück (6) einen dem zweiten Wellenleiter (3) zugewandten, hinteren Abschnitt (9) aufweist, der einen Übergang zwischen unterschiedlichen Geometrien und/oder Permittivitäten des vorderen Abschnitts (7) des dielektrischen Wellenleiterstücks (6) und des zweiten Wellenleiters (3) ausbildet.

6. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 5,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   der hintere Abschnitt (9) einen kontinuierlichen, abschnittsweise kontinuierlichen oder diskret gestuften Übergang ausbildet.

7. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der hintere Abschnitt (9) einen linearen Übergang, exponentiellen Übergang und/oder einen Übergang gemäß einem monotonen Abschnitt einer Kosinusfunktion ausbildet.

8. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der hintere Abschnitt (9) einen gestuften Übergang in Form von Stufen der Länge eines ganzzahligen Vielfachen von einem Viertel bis zur Hälfte der geführten Wellenlänge der elektromagnetischen Welle (5) bei der Mittenfrequenz eines zu übertragenden Signals ausbildet.

9. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
ein Übergang zwischen unterschiedlichen Permittivitäten mittels Compoundierung, Materialdichtemodifikation und/oder Zusammenfügung verschiedener Materialien in dem hinteren Abschnitt (9) des dielektrischen Wellenleiterstücks (6) ausgebildet ist.

10. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der hintere Abschnitt (9) des dielektrischen Wellenleiterstücks (6) und ein vorderer Bereich des zweiten Wellenleiters (3) ausgebildet sind, um deren dielektrische Kerne und/oder deren die dielektrischen Kerne umhüllende Mäntel (11) geometrisch ineinander übergehen zu lassen.

11. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
das dielektrische Wellenleiterstück (6) als rechteckiger oder runder dielektrischer Hohlleiter ausgebildet ist.

12. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
ein Teilübergang (8) zwischen dem ersten Wellenleiter (2) und dem dielektrischen Wellenleiterstück (6) angeordnet ist.

13. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Teilübergang (8) als Hohlleiterhorn oder Patchantenne einer elektrischen Leiterplatte ausgebildet ist.

14. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 12 oder 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Teilübergang (8) einstückig mit dem dielektrischen Wellenleiterstück (6) ausgebildet ist.

15. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der ersten Wellenleiter (2) als Koaxialkabel, als Eindraht-Wellenleiter, als metallischer oder dielektrischer Hohlleiter oder als Streifenleiter ausgebildet ist.

16. Wellenleiterübergang (4) für eine Wellenleiteranordnung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis14, zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle (5) zwischen einem ersten Wellenleiter (2) und einem zweiten, als dielektrischer Multi-Mode-Wellenleiter ausgebildeten Wellenleiter (3), aufweisend ein dielektrisches Wellenleiterstück (6), das zwischen dem ersten Wellenleiter (2) und dem zweiten Wellenleiter (3) angeordnet ist, wobei das dielektrische Wellenleiterstück (6) ausgebildet ist, um zumindest in einem dem ersten Wellenleiter (2) zugewandten, vorderen Abschnitt (7) eine geringere Modenzahl zu führen, als der zweite Wellenleiter (3) zu führen vermag.

17. Verwendung einer Wellenleiteranordnung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Datenübertragung mittels elektromagnetischer Wellen (5) oder für die Messtechnik, insbesondere für die Terrahertz-Spektroskopie.

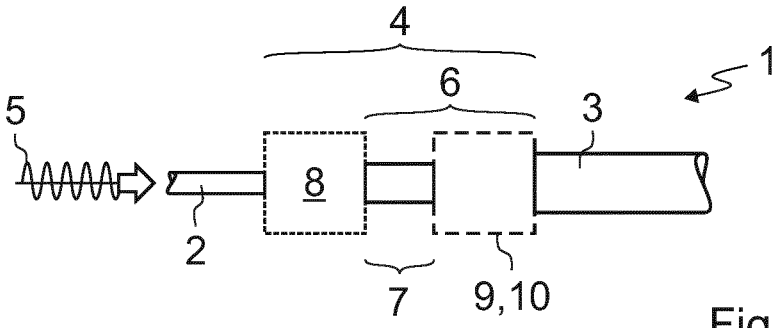

Fig. 1

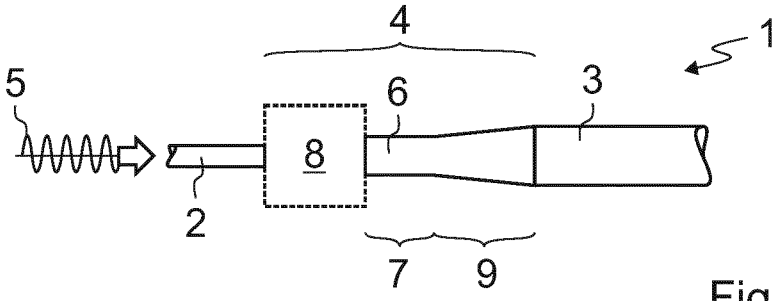

Fig. 2

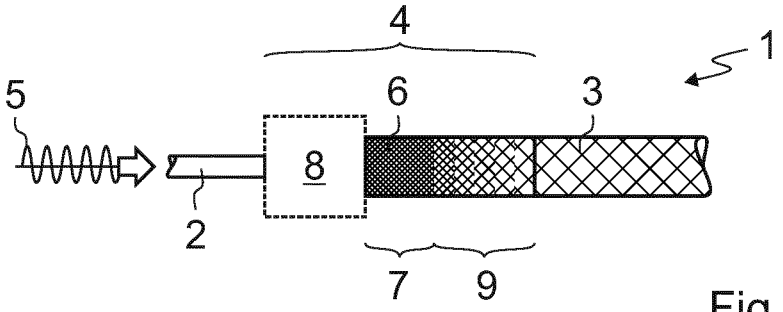

Fig. 3

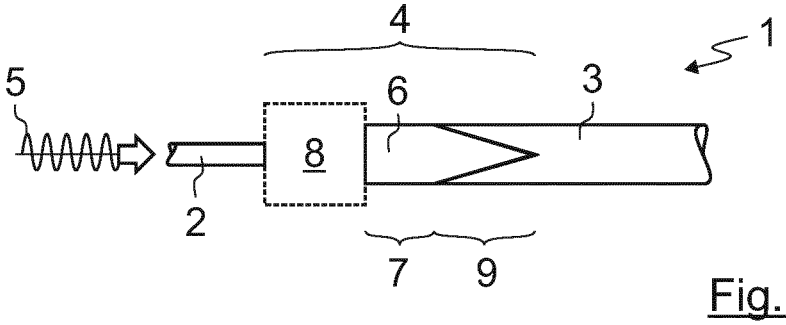

Fig. 4

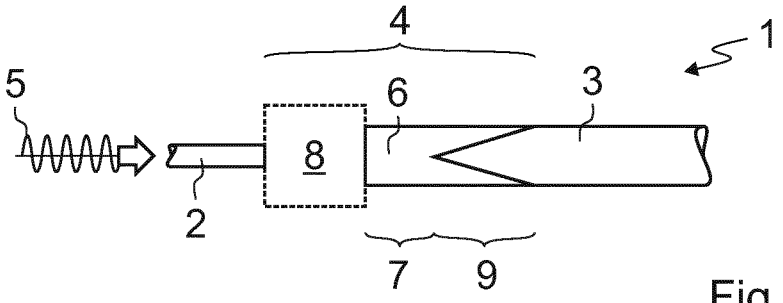

Fig. 5

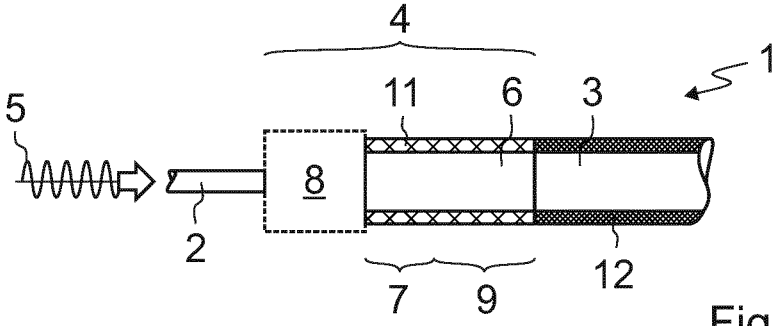

Fig. 6

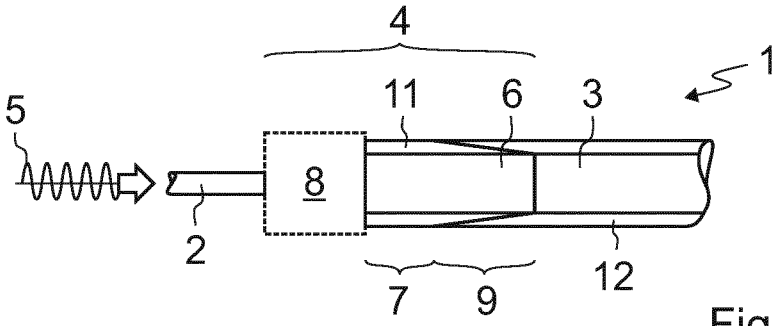

Fig. 7

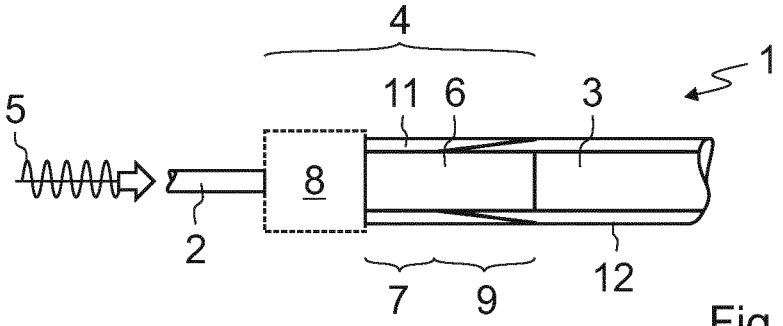

Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2019/083323

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/26(2006.01)i; ***G01N 21/3586***(2014.01)i; *F21V 8/00*(2006.01)n; *G02B 6/028*(2006.01)n

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B; G01N

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007081764 A1 (DELIWALA SHRENIK [US]) 12 April 2007 (2007-04-12) abstract paragraphs [0004] - [0008], [0017] - [0034] figures 1-4	1-10,12-17
X	US 2009136176 A1 (KOPP VICTOR IL CH [US] ET AL) 28 May 2009 (2009-05-28) abstract figures 1-3 claim 1 paragraphs [0002] - [0010], [0031] - [0045]	1-10,12-17
A	US 5067789 A (HALL DOUGLAS W [US] ET AL) 26 November 1991 (1991-11-26) column 5, line 44 - column 6, line 16 figures 1,7,8	1-17

☐ 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	Date of mailing of the international search report
14 February 2020	**25 February 2020**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Moroz, Alexander** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2019/083323

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2007081764 A1	12 April 2007	NONE	
US 2009136176 A1	28 May 2009	NONE	
US 5067789 A	26 November 1991	AU 653982 B2	20 October 1994
		CA 2056953 A1	15 August 1992
		EP 0498945 A2	19 August 1992
		JP H0580230 A	02 April 1993
		KR 100277163 B1	15 January 2001
		US 5067789 A	26 November 1991

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/083323

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G02B6/26 G01N21/3586
ADD. F21V8/00 G02B6/028

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G02B G01N

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2007/081764 A1 (DELIWALA SHRENIK [US]) 12. April 2007 (2007-04-12) Zusammenfassung Absätze [0004] - [0008], [0017] - [0034] Abbildungen 1-4 -----	1-10, 12-17
X	US 2009/136176 A1 (KOPP VICTOR IL CH [US] ET AL) 28. Mai 2009 (2009-05-28) Zusammenfassung Abbildungen 1-3 Anspruch 1 Absätze [0002] - [0010], [0031] - [0045] -----	1-10, 12-17
A	US 5 067 789 A (HALL DOUGLAS W [US] ET AL) 26. November 1991 (1991-11-26) Spalte 5, Zeile 44 - Spalte 6, Zeile 16 Abbildungen 1,7,8 -----	1-17

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
14. Februar 2020	25/02/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Moroz, Alexander

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/083323

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007081764 A1	12-04-2007	KEINE	
US 2009136176 A1	28-05-2009	KEINE	
US 5067789 A	26-11-1991	AU 653982 B2	20-10-1994
		CA 2056953 A1	15-08-1992
		EP 0498945 A2	19-08-1992
		JP H0580230 A	02-04-1993
		KR 100277163 B1	15-01-2001
		US 5067789 A	26-11-1991