

(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  
31. März 2011 (31.03.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/036243 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**H01P 1/18** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/064126

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. September 2010 (24.09.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
09171350.3 25. September 2009 (25.09.2009) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT** [DE/DE]; Karolinenplatz 5, 64283 Darmstadt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GÄBLER, Alexander** [DE/DE]; Eichwiesenstr. 9, 64285 Darmstadt (DE). **JAKOBY, Rolf** [DE/DE]; Brunnenstr. 31a, 61191 Rosbach (DE).

(74) Anwalt: **STUMPF, Peter**; TransMIT Gesellschaft für Technologietransfer mbH, Kerkrader Str. 3, 35394 Gießen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: PHASE SHIFTER FOR HIGH-FREQUENCY SIGNALS

(54) Bezeichnung : PHASENSCHIEBER FÜR HOCHFREQUENZ-SIGNALE

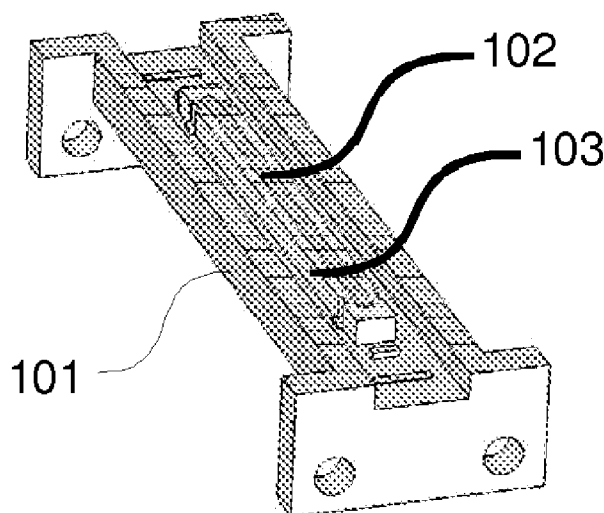


Fig. 1

Der große Vorteil gegenüber herkömmlichen

(57) Abstract: The present invention relates to a novel phase shifter in the microwave range. It is based on a wave guide filled partially with liquid crystal (102). By controllably orienting the liquid crystal as a tunable dielectric material, the electric length of the wave guide, and thus the phase of the output signal, can be continuously adjusted. The great advantage, as compared to conventional phase shifters according to the prior art, is attained by the targeted use of the influence of the orientation of the liquid crystal on the electric field of the transmission mode. The quality of the phase shifter that can be achieved by means of the invention opens up possibilities for implementing more cost-effective, and high-performance agile transmission systems, which cannot be achieved by the phase shifters of the conventional design and technology.

(57) Zusammenfassung: Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein neuartiger Phasenschieber im Mikrowellenbereich. Er basiert auf einem teilweise mit Flüssigkristall (102) gefüllten Hohlleiter. Durch die kontrollierbare Orientierung des Flüssigkristalls als steuerbares Dielektrikum kann die elektrische Länge des Wellenleiters und somit die Phase des Ausgangssignals kontinuierlich eingestellt werden.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

Phasenschiebern nach Stand der Technik ergibt sich durch die gezielte Ausnutzung des Einflusses der Orientierung des Flüssigkristalls auf das elektrische Feld des Übertragungsmoden. Die aufgrund der Erfindung erzielten Güten der Phasenschieber eröffnen Möglichkeiten für die Realisierung kostengünstiger, dazu hochperformanter agiler Übertragungssysteme, welche mit den Phasenschiebern herkömmlicher Bauart und Technologie nicht erreicht werden können.

## Patentanmeldung

### TITEL

#### Phasenschieber für Hochfrequenz-Signale

5

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Phasenschieber für Hochfrequenz-Signale.

#### **[Beschreibung und Einleitung des allgemeinen Gebietes der Erfindung]**

10 Die Verknappung des verfügbaren Frequenzspektrums für Kommunikationssysteme und die Forderung nach immer mehr Funktionalität in immer kleineren Volumen erfordert die Entwicklung neuer Konzepte in der Hochfrequenztechnik. Ein Lösungsansatz bietet die Verwendung dynamisch steuer- oder rekonfigurierbarer HF – Schaltungen wie Phasenschiebern mit einer kontrollierbaren Phase des Ausgangssignals. Mit diesen Elementen können beispielsweise elektronisch schwenkbare Antennen realisiert werden, ohne dass hierfür mechanisch bewegbare Teile benötigt werden.

Herkömmliche Phasenschieber nach Stand der Technik erfordern aufgrund ihrer hohen Einfügeverluste meist eine zusätzliche Verstärkung des Signals, was die Anwendbarkeit aufgrund der hohen Kosten für derartige Lösungen limitiert. Des Weiteren zeigen diese Typen eine unerwünschte Abhängigkeit der Signalamplitude vom Steuerzustand. Um diesen Effekt zu kompensieren wird für hohe Anforderungen noch ein zusätzliches Kompensationsnetzwerk benötigt.

Ein Phasenschieber der mit niedrigen Kosten und sehr geringen Einfügungsverlusten eine vom Steuerzustand unabhängige Signalamplitude erzielen kann, eröffnet Möglichkeiten für die Realisierung hochperformanter agiler Übertragungssysteme, welche mit den Phasenschiebern herkömmlicher Bauart und Technologie nicht erreicht werden können.

### **[Stand der Technik]**

Bisher verwendete Lösungen zur Realisierung der Phasenschiebermodule im Mikrowellenbereich benutzen beispielsweise Mikromechanische Schalter (MEMS), steuerbare Mikrowellendielektrika wie Barium – Strontium - Titanat (BST), Halbleiterbauelemente oder Flüssigkristall.

Als gebräuchliches Qualitätsmerkmal wird die Figure of Merit (FoM) definiert, welche sich aus der erzielbaren Phasenverschiebung und den über alle Steuerzuständen auftretenden maximalen Verlusten in dB berechnet. Generell wird angestrebt, eine möglichst hohe Phasenverschiebung bei gleichzeitig geringen maximalen Einfügeverlusten zu erreichen. Sie beträgt nach dem aktuellen Stand der Technik je nach Technologie und Frequenzbereich zwischen 40 %dB bis 90 %dB für BST basierte Phasenschieber und 90 %dB bei Anwendung der MEMS - Technologie. Halbleiterlösungen auf MMIC-Basis erreichen Phasenschiebergüten ~ 40 %dB bis 60 %dB im Mikrowellenbereich > 20GHz. Mit flüssigkristallbasierten Phasenschiebern konnte eine Phasenschiebergüte von bis zu 110 %dB mit der invertierten Mikrostreifenleitung erreicht werden. Weitere Beispiele für Mikrostreifenleitungs-Phasenschieber, auf Basis von Materialien mit kontinuierlich abstimm-

baren Dielektrika, sind z.B. in US5212463; US5451567 und US5479139 ausgeführt.

Nachteilig ist, dass bei den bisherigen Phasenschiebern eine kontrollierte Einstellung der Phase des elektromagnetischen Signals nur mit vergleichsweise hohen  
5 Einfügeverlusten durchgeführt werden kann und dass die Amplitude des Ausgangssignals vom Steuerzustand abhängig ist und somit oftmals unerwünschten Schwankungen unterliegt.

### **[Aufgabe]**

10

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu beheben.

### **[Lösung der Aufgabe]**

15

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Phasenschieber, bei dem ein Hohlleiter nur in bestimmten Bereichen einen Flüssigkristall aufweist. Die Wirkungsweise von auf Flüssigkristall (LC) basierenden Phasenschiebern im Mikrowellenbereich beruht auf der Ausnutzung der speziellen LC-Material-

20 eigenschaften in diesem Frequenzbereich.

Der Flüssigkristall besitzt im Mikrowellenbereich geringe dielektrische Verluste und eine dielektrische Anisotropie, d.h. die für das HF-Feld effektive Materialpermittivität ist abhängig von der Orientierung des Flüssigkristalls. Diese Eigenschaft kann ausgenutzt werden, um die Wellenlänge und somit die Phase einer elektromagne-  
25 tischen Welle im Mikro- und Millimeterwellenbereich zu steuern, indem die Orien-

tierung des Flüssigkristalls und somit die effektiv wirksame Permittivität des jeweiligen HF- Ausbreitungstyps (Mode) gezielt geändert wird. Durch die variable effektive Permittivität kann die Wellenlänge und somit die Phase des HF-Signals gezielt geändert werden.

- 5 Die Orientierung des Flüssigkristalls kann durch Verwendung äußerer magnetischer Felder, unter Benutzung einer Oberflächenorientierung des Flüssigkristalls sowie einer Kombination dieser Methoden mit elektrischen Feldern kontinuierlich variiert werden.

Die maximal erreichbare Phasenverschiebung ist frequenzabhängig und kann  
10 durch Vorgabe der Länge des LC- gefüllten Bereiches auf gegebene Anforderungen eingestellt werden.

Es existieren bereits mehrere Ansätze für Mikrowellenphasenschieber basierend auf Flüssigkristall. Verwendet wurden bislang homogen (in Richtung der Wellenausbreitung) mit LC gefüllte TEM -Wellenleitertypen wie der Inverted Microstrip  
15 Line oder der Finline. Bei diesen Wellenleiterstrukturen ist die Phasenschiebergüte durch den hohen Verlustanteil des Flüssigkristalls beschränkt was auf eine quasi konstante Feldverteilung der TEM - Übertragungsmoden unabhängig vom Steuerzustand der Flüssigkristalle zurückzuführen ist.

Im Unterschied zum Stand der Technik wird bei der Erfindung nur ein Teil eines  
20 Wellenleiters, speziell eines Hohlleiters mit einem Flüssigkristall **902** gefüllt (siehe Fig. 9a Ansicht von vorn, Fig. 9b Ansicht von der Seite) und das Signal wird nicht in einem TEM sondern mit einem quasi -TE- bzw. Hybridmode übertragen. Bevorzugt wird dabei der mittlere Bereich des Hohlleiterquerschnitts (parallel zur Wellenfront, Fig. 9a) mit Flüssigkristall **902** gefüllt. Die Abgrenzung des Flüssigkristalls  
25 wird durch ein dielektrisches Medium **901** z.B. Teflon erreicht. Damit können auch

mehrere Flüssigkristallbereiche in einem Hohlleiter angeordnet werden. Diese Flüssigkristallbereiche können parallel oder senkrecht zur Wellenfront angeordnet sein. Damit eine ausreichende Phasenverschiebung möglich ist, sollte ein Hohlleiterquerschnitt (parallel zur Wellenfront, Fig. 9a) über die gesamte Fläche einen Flüssigkeitskristallanteil von 0 bis 90% aufweisen.

Bevorzugt ist eine Ausführung bei dem ein Hohlleiterquerschnitt (parallel zur Wellenfront, Fig. 9a).einen Flüssigkeitskristallanteil von:

- in der Breite (Richtung senkrecht zum elektrischen Feld) einen Anteil von 3 bis 90%, bevorzugt 3 bis 50 %, besonders bevorzugt 20 % Flüssigkristall,
- 10 - in der Höhe (Richtung parallel zum elektrischen Feld) einen Anteil von 60 bis 100 %, bevorzugt 95 % Flüssigkristall

aufweisen. Der Flüssigkeitskristall wirkt dabei als Dielektrikum. Der Rest des Querschnitts ist mit mindestens einem weiterem Dielektrikum z.B. Gas, Gasgemisch (z.B. Luft), Kunststoff, Glas, Keramik oder einer Kombination der Materialien gefüllt. Die Berandung besteht aus mindestens einem Metall, Metalllegierung 15 z.B. als Metallfolien aus z.B. Aluminium, Gold, Silber, Kupfer oder einer Kombination der Materialien.

Die Orientierung des Flüssigkristalls wird durch eine angelegte Steuerspannung durchgeführt. Eine Reduktion der Steuerspannung kann erreicht werden, indem 20 man eine Substanz zu Vororientierung auf die Flächen aufträgt, die mit dem Flüssigkristall in Verbindung stehen. Durch eine Einlage **903** (z.B. als Gitter oder Lochstreifen) die mit einer Substanz zur Vororientierung beschichtet ist, kann auch bei größeren Abständen der Vororientierungssubstanzen (mehr als 1 mm ) die Orientierung des Flüssigkristalls erreicht werden. Die Einlage **903** kann Elektroden zur 25 Schaltung des Flüssigkristalls aufweisen bzw. als Elektrode ausgebildet sein.

Durch den verringerten Anteil und einer gezielten Anordnung des Flüssigkristalls im Hohlleiter ist ein vorteilhafter verringerter Energieverlust bei einer gleichzeitig hohen Steuerbarkeit erzielbar. Gleichzeitig wurden Schwankung der Signalamplituden unterdrückt. Damit konnte die Phasenschiebergüte gegenüber dem Stand  
 5 der Technik deutlich gesteigert werden.

Der theoretisch erreichbare Wert der Phasenschiebergüte für nematische Flüssigkristalle ohne Berücksichtigung weiterer Verlustmechanismen des Wellenleiters kann für bisher veröffentlichte Phasenschieberkonzepte aus dem Verhältnis aus  
 10 Materialsteuerbarkeit  $\tau$  und dem maximal auftretenden Verlustwinkel  $\tan(\delta)$  des Flüssigkristalls wie folgt angegeben werden:

$$\text{Gl. 1: } FoM \approx 6,6 \cdot \frac{\tau_{LC}}{\tan(\delta)_{\max}}; \text{ mit: } \tau_{LC} = \frac{\epsilon_{r,\parallel} - \epsilon_{r,\perp}}{\epsilon_{r,\parallel}}$$

Der sich aus obiger Formel ergebende Wert der Phasenschiebergüte kann im  
 15 Rahmen der durch die Erfindung erzielten Vorteile durch Ausnutzung der speziellen Eigenschaften nematischer Flüssigkristalle um den Faktor 2-3 übertroffen werden: Wie aus Fig. 7a und Fig. 7b hervorgeht, konzentriert sich die elektrische Feldverteilung mit zunehmend senkrechter LC Orientierung in dem Bereich des Hohlleiters, wo der Flüssigkristall ist. Diese Konzentration des elektrischen Feldes  
 20 im Bereich der hohen Permittivität führt zu einer Erhöhung der Steuerbarkeit, da die Änderung der effektiven Permittivität des Wellenleiters dadurch vergrößert wird. Zum anderen wirkt sich die Feldverzerrung sehr günstig auf die LC - bedingten dielektrischen Einfügeverluste des Wellenleiters aus, da der Verlustwinkel einer LC - Orientierung senkrecht zum Feld (Fig. 7a) deutlich größer ist als die dielektrischen Verluste des LC's parallel zum HF – Feld (Faktor 2 bis 4). Durch die  
 25



unterschiedliche Feldverteilung gehen die hohen Verlustanteile (Fig. 7a) nicht so stark ein, bei einer gleichzeitig hohen Steuerbarkeit. Die Phasenschiebergüte (das Verhältnis von Steuerbarkeit zu Energieverlust) wird durch die vorliegende Erfindung für Flüssigkristallphasenschieber somit deutlich gesteigert.

- 5 Werden die geometrischen Abmessungen der Erfindung für die entsprechende Betriebsfrequenz geeignet gewählt, sind die Wellenleiterverluste beider Steuerendzustände insgesamt gleich hoch und es tritt keine (für viele Anwendungen unerwünschte) Änderung der Signalamplitude über die beliebigen Steuerzustände auf wie es bei LC basierten Phasenschiebern und bei anderen Phasenschieber-
- 10 technologien nach dem bisherigen Stand der Technik der Fall ist. Die erreichbare FoM wird (ohne Berücksichtigung zusätzlicher metallischer und dielektrischer Verluste des den LC umgebenden Dielektrikums) in diesem Fall nur noch von dem kleineren Verlustwinkel des Flüssigkristalls begrenzt, (den dielektrischen Verlusten parallel zum einfallenden elektrischen Feld).
- 15 Im Vergleich zu allen anderen Bauarten und Technologien nach dem Stand der Technik einschließlich den bisher publizierten auf Flüssigkristall basierenden Phasenschiebern ist die erreichbare FoM aus diesem Grund unter Verwendung geeigneter LC's deutlich höher (~Faktor 2) gegenüber den bisher veröffentlichten kontinuierlichen Phasenschiebern im Mikrowellenbereich (>20 GHz).
- 20 Folgende mit einem Vector Network Analyzer 37397c von Anritzu durchgeführte Messung belegt die signifikante Verbesserung des erfindungsgemäßen Wellenleiterkonzeptes für Flüssigkristallphasenschieber (aufgebaut nach Fig. 4) experimentell (Fig. 8). Die Messung wurde mit einer double Offset-Short - SSLT Kalibration bei Raumtemperatur (23°C) durchgeführt. Als Bezugstore für die Kalibration des
- 25 Wellenleiters wurden Standard WR 28 Hohlleiter mit den Abmessungen von

7.112mm und 3.556 mm mit einem Betriebsfrequenzbereich von 26.0 GHz bis 40.0 GHz gewählt. Die Orientierung des Flüssigkristalls erfolgte zur Demonstration des erfindungsgemäßen Wellenleiters mit einem externen magnetischen Feld.

Fig. 8 zeigt die gemessenen Parameter. Der verwendete Flüssigkristall weist eine  
5 erreichte FoM von 110 %dB auf. Die erfindungsgemäße Phasenschiebergüte erreicht Werte von ~200 %dB im Messintervall und liegt damit deutlich höher als alle bisher publizierten Ergebnisse in diesem Frequenzbereich.

Die erfindungsgemäße Ausführung ist nachfolgend erläutert, wobei die Erfindung  
10 alle nachfolgend aufgeführten bevorzugten Ausführungsformen einzeln und in Kombination umfasst.

### [Ausführungsbeispiele]

In Fig. 1 ist ein Schnitt durch eine mögliche Realisierungsvariante der Erfindung  
15 dargestellt.

Sie besteht aus einem Rechteckhohlleiter, einem vorzugsweise symmetrisch mit LC **102** gefüllten Bereich in der Mitte der Struktur (Fig 1) und ein den Flüssigkristall umgebenden, vorzugsweise verlustarmen Dielektrikum **103**.

Der in dem ungestörten Bereich am Anfang und am Ende der Komponente zuerst  
20 ausbreitungsfähige und zur HF Signalübertragung genutzte Mode ist der TE<sub>10</sub> Mode.

Der für die Phasenverschiebung funktionale Bereich des steuerbaren Phasenschiebers wird durch den mittleren, mit Flüssigkristall gefüllten Bereich gebildet, deren Querschnitt in Fig. 2 dargestellt ist. Der Übergang vom ungestörten Hohlleiter zur Phasenschiebersektion sollte vorzugsweise reflexionsarm ausgeführt wer-  
25

den. Dies kann zum Beispiel durch die in dargestellten quaderförmigen Metallisierungen **101** auf der Ober- und Unterseite des Hohlleiters realisiert werden.

Eine hinsichtlich Schaltgeschwindigkeit vorteilhafte Orientierungsmethode kann durch das Einbringen von Elektrodenstrukturen in den Hohlleiter (Fig. 3) erreicht  
5 werden. Die Orientierung des Flüssigkristalls wird, dieser Variante folgend, ausschließlich aktiv durch Anlegen einer definierten Spannung mit elektrischen Steuerfeldern realisiert.

Wie in Fig. 3a zu sehen ist, erfordert diese Variante eine Anzahl von Streifenleitungen auf der Ober- und Unterseite des Hohlleiters (Fig. 3c). Bei Anlegen der Bi-  
10 as – Spannung entsprechend Fig. 3a orientiert sich der Flüssigkristall senkrecht zum elektrischen Feld des quasi TE<sub>10</sub> Modes, während die Spannungsbelegung nach Fig. 3b zu einer parallelen Ausrichtung der Flüssigkristalle führt. Bei Anlegen einer Spannungsfunktion zwischen diesen beiden Zuständen, lässt sich die Aus-  
15 richtung der LC Direktoren und darüber die Phase des Mikrowellensignals analog einstellen.

Durch das Einbringen dieser Streifenleitungen in den Hohlleiter entstehen mehrere (der Anzahl der Streifenleitungen entsprechend) ebenfalls ausbreitungsfähigen TEM Moden. Da der Betriebsmode für die Signalübertragung der Quasi-TE<sub>10</sub>  
20 Mode ist, sind für eine hohe Phasenschiebergüte Einfügeverluste durch Energieübertragung vom Betriebsmode in die Streifenleitungstypen zu vermeiden. Dies kann zum einen durch die Verwendung stark verlustbehafteter Streifenleitungen realisiert werden, indem resistive Elektroden verwendet werden oder die Streifenleitungen aus besonders dünnen Metallisierungen <300nm gebildet werden. Eine  
25 andere Möglichkeit besteht darin, die Streifenleitungen als Tiefpass auszuführen

(Fig. 3d). Liegt der Betriebsfrequenzbereich des Phasenschiebers oberhalb des Durchlassbereiches der Tiefpässe, ist ebenfalls nur eine stark gedämpfte Wellenausbreitung in den Streifenleitungen möglich. Für beide Ausführungsvarianten erscheinen die Elektroden unsichtbar für das HF-Feld im gewählten Betriebsfrequenzbereich.

Fig. 4 zeigt eine mögliche Ausführungsform nach Fig. 1. Der Übergang vom ungestörten Hohlleiter zu der mit Flüssigkristall gefüllten Leitungsstruktur wurde hier mit quaderförmigen Metallisierungen auf der Ober- und Unterseite des Hohlleiters realisiert (Fig. 4c). Dadurch kann der für die steuerbare Phasenverschiebung funktionale Wellenleiter breitbandig und reflexionsarm angepasst und gleichzeitig justiert werden. Die ca. 100nm dicken Streifenleitungselektroden nach Fig. 3d wurden aus aluminiumbeschichteter 23 µm dicken Mylar-Folie **401** hergestellt (Fig. 4a). Die Elektroden sind auf beiden Seiten durch kurze Schlitze (Fig. 4b) zum Anlegen der Steuerspannung herausgeführt (Fig. 4c).

Eine andere mögliche Variante ist in Fig. 5a zu sehen. Sie besteht aus einem WR 28 Standardhohlleiter (Betriebsbereich 26.0 GHz – 40 GHz) und einem im Querschnitt U-förmigen, mit Flüssigkristall gefüllten Teflonbehälter (Fig. 5b). Die zugespitzten Enden des Teflonbehälters dienen dazu den Übergang vom ungestörten Hohlleiter zur steuerbaren Wellenleiterstruktur reflexionsarm zu realisieren. Die Orientierung des Flüssigkristalls wird bei diesem Aufbau mit einem externen magnetischen Feld eingeprägt. Dies kann zum einen durch ein drehbares Paar von Permanentmagneten oder durch eine Anordnung stromgesteuerter Helmholtzspulen realisiert werden

Weitere Ausführungsformen können Veränderungen im Querschnitt des Hohlleiters betreffen und können z.B. dazu dienen, den Frequenzbereich mit nur einem ausbreitungsfähigen Hohlleitermode zu vergrößern da die untere Grenzfrequenz höherer Hohlleitermoden durch das in den Wellenleiter eingefügte Dielektrikum reduziert wurde. Dies schließt sowohl elliptische bzw. Hohlleiter mit gebogener Berandung (Fig. 6a) sowie modifizierte Rechteckquerschnitte ein (Fig. 6b, LC-Container **601**)

#### 10                                    **[Abbildungslegenden und Bezugszeichenliste]**

Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch einen Phasenschieber

Fig. 2 Querschnitt der funktionalen Wellenleiterstruktur und E-Feldverteilung des Betriebsmodos

15    Fig. 3 Querschnitt des teilweise mit Flüssigkristall gefüllten Wellenleiters mit zwei möglichen Varianten der Steuerelektroden

Fig. 4 Realisierung der oben beschriebenen Phasenschieberkomponente

Fig. 5 alternative Realisierung mit externen magnetischem Feld zur Orientierung des Flüssigkristalls

Fig. 6 Hohlleiterquerschnitte

20    Fig. 7 Darstellungen des elektrischen Feldes vom Übertragungsmoden für beide Steuerendzustände

Fig. 8 Messergebnisse der Amplituden und Phasendifferenz der Streuparameter sowie der sich daraus ergebenden Phasenschiebergüte (FoM)

Fig. 9 schematischer Querschnitt durch einen Hohlleiter a) von vorn b) seitlich

- 101    Metallisierungen
- 102    Flüssigkristall
- 103    Dielektrikum
- 401    Mylar-Folie
- 5    601    LC-Container
- 901    Dielektrikum
- 902    Flüssigkristall
- 903    Einlage

**[Ansprüche]**

1. Eine Vorrichtung zur Verschiebung von Phasen von Millimeter- oder Mikrowellen mittels Hohlleiter dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlleiterquerschnitt mindestens zwei unterschiedliche Dielektrika aufweist.

5

2. Eine Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlleiterquerschnitt über die gesamte Fläche einen Flüssigkeitskristallanteil von 0 bis 90% und mindestens ein weiteres Dielektrikum aufweist.

10 3. Eine Vorrichtung nach Ansprüchen 1 bis 2 dadurch gekennzeichnet, dass ein Hohlleiterquerschnitt einen Flüssigkeitskristallanteil

- in der Richtung senkrecht zum elektrischen Feld einen Anteil von 3 bis 90%, bevorzugt 3 bis 50 %, besonders bevorzugt 20 % Flüssigkristall,

- in der Richtung parallel zum elektrischen Feld einen Anteil von 60 bis 100 %, be-

15 vorzugt 95 % Flüssigkristall aufweist.

4. Eine Vorrichtung nach Ansprüchen 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlleiterquerschnitt parallel und oder senkrecht zur Wellenfront mehrere Flüssigkeitskristallbereiche aufweist.

20

5. Eine Vorrichtung nach Ansprüchen 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass das Dielektrikum einen Flüssigkristall, Kunststoff, Glas, Keramik oder einer Kombination dieser Materialien umfasst.

6. Eine Vorrichtung nach Ansprüchen 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, dass in dem Flüssigkristall mindestens eine Schicht zur Vororientierung des Flüssigkristalls und mindestens eine Elektrode zur Orientierung des Flüssigkristalls vorhanden ist.



[Anhängende Zeichnungen]

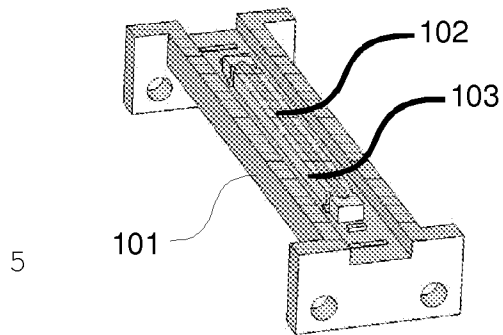


Fig. 1

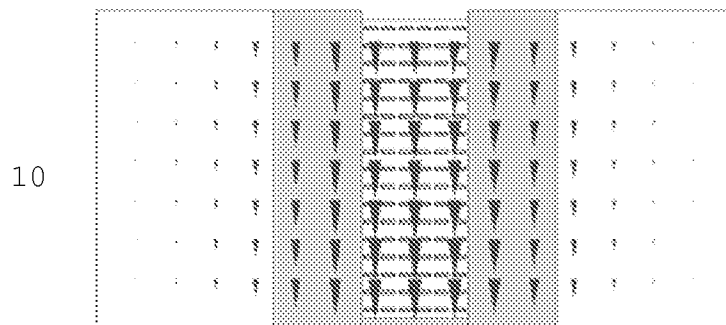


Fig. 2

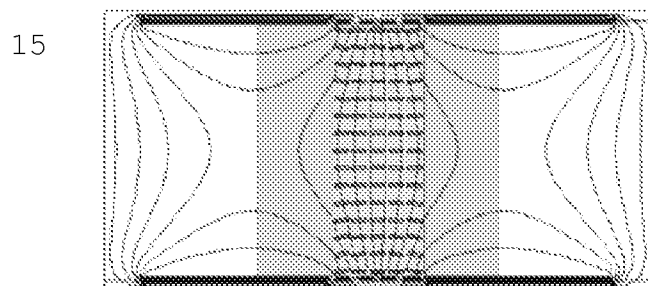


Fig. 3a

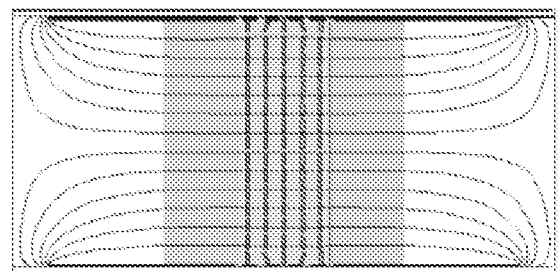
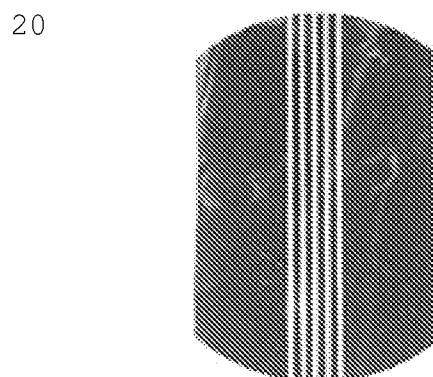


Fig. 3b



25 Fig. 3c

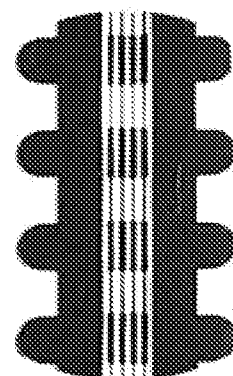


Fig. 3d

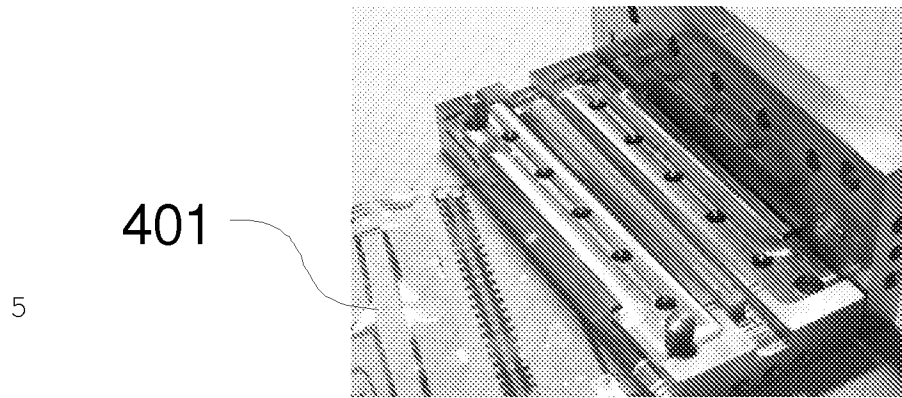


Fig. 4a

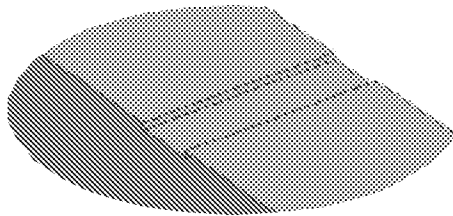


Fig. 4b

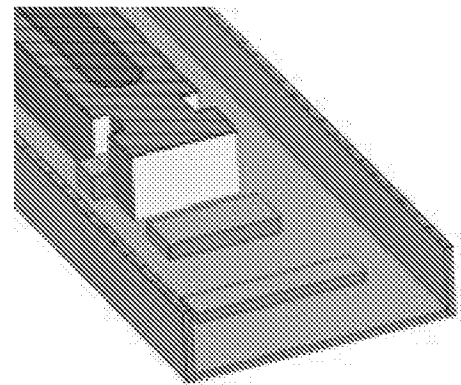


Fig. 4c

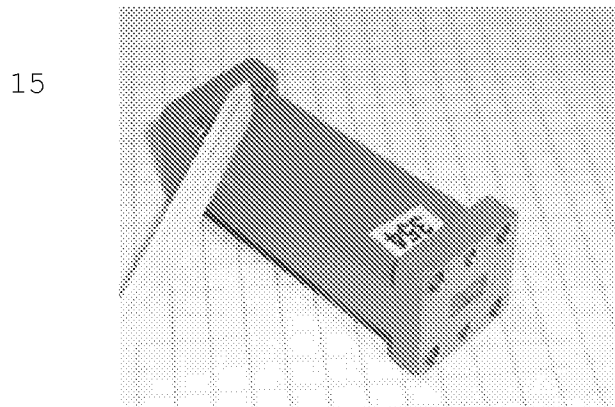


Fig. 5a

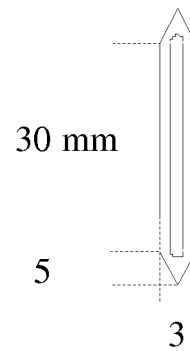


Fig. 5b

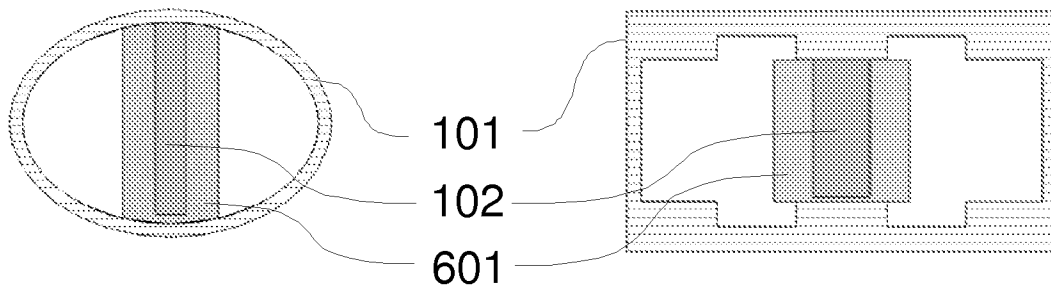


Fig. 6a

Fig. 6b

5

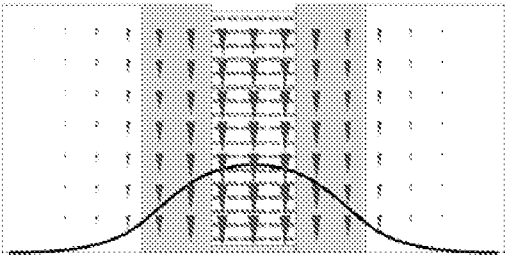


Fig. 7a

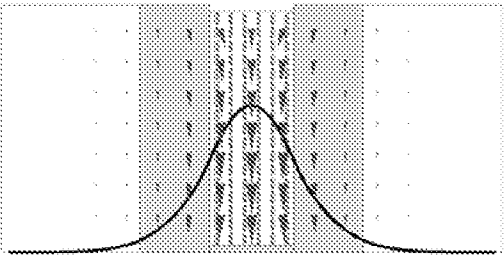
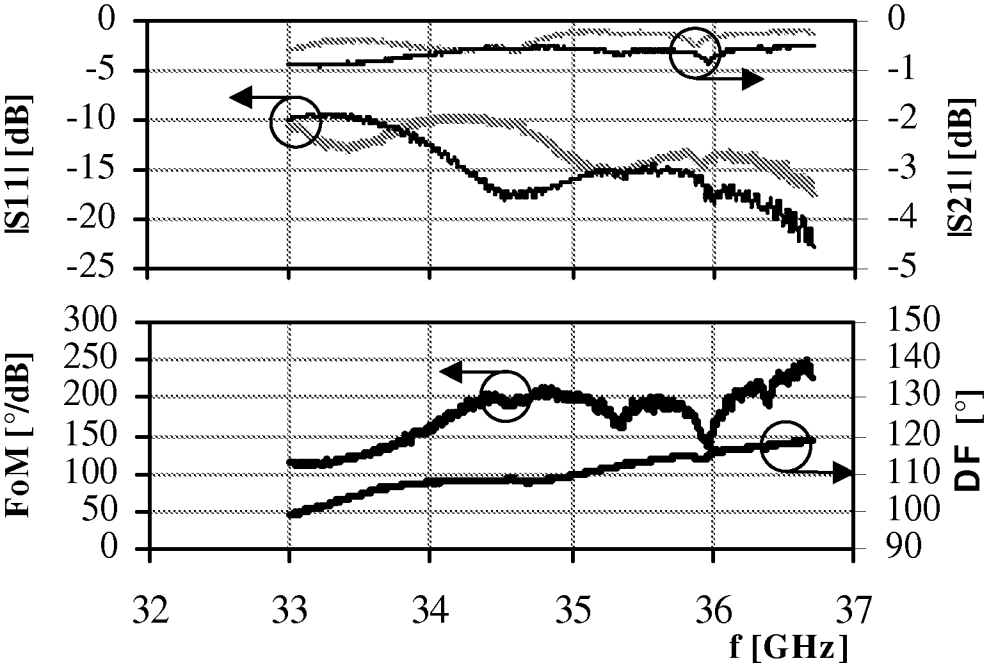


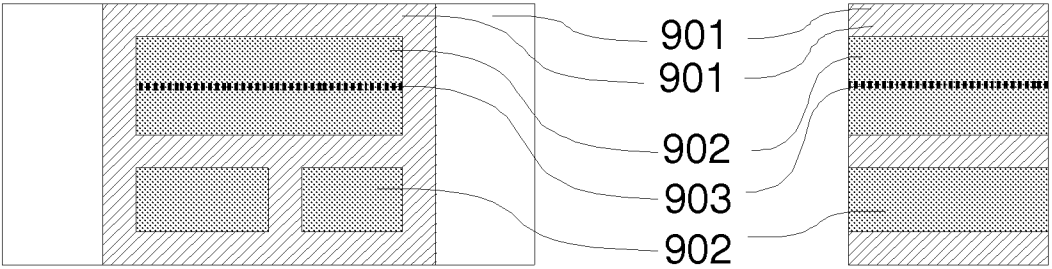
Fig. 7b

10



15

20 Fig. 8



25 Fig. 9a

Fig. 9b

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/064126

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01P1/18

ADD.

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01P

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

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

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	TSANDOULAS, G.N.; WILLWERTH, F.G.; INCE, W.J.: "LSE20-Mode Characteristics in Phase-Shifter Parametrization", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. 20, no. 4, April 1972 (1972-04), pages 253-258, XP002569323, ISSN: 0018-9480	1
Y	the whole document ----- -/--	2-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 December 2010

Date of mailing of the international search report

28/12/2010

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

von Walter, Sven-Uwe

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/064126

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WHICKER, LAWRENCE R.: "Control technology for millimeter waves", CONFERENCE PROCEEDINGS MILITARY MICROWAVES '84, 24 October 1984 (1984-10-24), - 26 October 1984 (1984-10-26), pages 413-418, XP002569322,	1
Y	page 414, line 14 - page 415, line 9 figures 1-3 * abstract	2-6
Y	----- EP 0 472 404 A (HUGHES AIRCRAFT CO [US]) 26 February 1992 (1992-02-26) column 3, line 50 - column 10, line 28 figures 1-11 * abstract	2-5
Y	----- US 3 805 197 A (BUSCHER H) 16 April 1974 (1974-04-16) column 2, line 24 - column 4, line 24 figures 1-3 * abstract	2-5
Y	----- JP 60 214105 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 26 October 1985 (1985-10-26) figures 3-5 * abstract	2-5
Y	----- STEFAN MUELLER ET AL: "Passive Phase Shifter for W-Band Applications using Liquid Crystals", MICROWAVE CONFERENCE, 2006. 36TH EUROPEAN, IEEE, PI, 1 September 2006 (2006-09-01), pages 306-309, XP031005561, ISBN: 978-2-9600551-6-0 page 306, paragraph II - page 307, paragraph III * abstract	6
	-----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/064126

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0472404	A	26-02-1992	JP	4245803 A	02-09-1992
US 3805197	A	16-04-1974	NONE		
JP 60214105	A	26-10-1985	JP	1646417 C	13-03-1992
			JP	3006684 B	30-01-1991

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

INV. H01P1/18

ADD.

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01P

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

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

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	TSANDOULAS, G.N.; WILLWERTH, F.G.; INCE, W.J.: "LSE20-Mode Characteristics in Phase-Shifter Parametrization", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, Bd. 20, Nr. 4, April 1972 (1972-04), Seiten 253-258, XP002569323, ISSN: 0018-9480	1
Y	das ganze Dokument ----- -/--	2-6

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

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Dezember 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/12/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

von Walter, Sven-Uwe

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WHICKER, LAWRENCE R.: "Control technology for millimeter waves", CONFERENCE PROCEEDINGS MILITARY MICROWAVES '84, 24. Oktober 1984 (1984-10-24), - 26. Oktober 1984 (1984-10-26), Seiten 413-418, XP002569322,	1
Y	Seite 414, Zeile 14 - Seite 415, Zeile 9 Abbildungen 1-3 * Zusammenfassung	2-6
Y	EP 0 472 404 A (HUGHES AIRCRAFT CO [US]) 26. Februar 1992 (1992-02-26) Spalte 3, Zeile 50 - Spalte 10, Zeile 28 Abbildungen 1-11 * Zusammenfassung	2-5
Y	US 3 805 197 A (BUSCHER H) 16. April 1974 (1974-04-16) Spalte 2, Zeile 24 - Spalte 4, Zeile 24 Abbildungen 1-3 * Zusammenfassung	2-5
Y	JP 60 214105 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 26. Oktober 1985 (1985-10-26) Abbildungen 3-5 * Zusammenfassung	2-5
Y	STEFAN MUELLER ET AL: "Passive Phase Shifter for W-Band Applications using Liquid Crystals", MICROWAVE CONFERENCE, 2006. 36TH EUROPEAN, IEEE, PI, 1. September 2006 (2006-09-01), Seiten 306-309, XP031005561, ISBN: 978-2-9600551-6-0 Seite 306, Absatz II - Seite 307, Absatz III * Zusammenfassung	6



**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2010/064126**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0472404	A	26-02-1992	JP	4245803 A	02-09-1992
US 3805197	A	16-04-1974	KEINE		
JP 60214105	A	26-10-1985	JP	1646417 C	13-03-1992
			JP	3006684 B	30-01-1991