

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 802 576 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
01.08.2001 Patentblatt 2001/31

(51) Int Cl. 7: **H01P 5/08**

(21) Anmeldenummer: **97400752.8**

(22) Anmeldetag: **01.04.1997**

(54) Kupplung für zwei elektromagnetische Hohlleiter mit unterschiedlichen Querschnittsformen

Coupling for two electromagnetic waveguides of different cross section

Couplage pour deux guides d'ondes de sections transversales différentes

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(30) Priorität: **20.04.1996 DE 19615854**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.10.1997 Patentblatt 1997/43

(73) Patentinhaber: **ALCATEL
75008 Paris (FR)**

(72) Erfinder: **Schneider, Martin, Dipl. Ing.
30419 Hannover (DE)**

(74) Vertreter: **Rausch, Gabriele, Dr.**
Alcatel

**Intellectual Property Department, Stuttgart
70430 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 145 292	GB-A- 842 344
GB-A- 850 992	US-A- 3 019 399
US-A- 3 686 589	US-A- 3 818 383
US-A- 4 906 951	

EP 0 802 576 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Kupplung für zwei elektromagnetische Hohlleiter mit unterschiedlichen Querschnittsformen, die in axialer Richtung hintereinander angeordnete Stufen mit im wesentlichen rechteckigem Querschnitt und abgerundeten Ecken sowie unterschiedlicher lichter Weite aufweist, in welcher eine reflexionsarme Transmission der zur Signalführung bestimmten Wellentypen erfolgt (EP 0 145 292 A2).

[0002] Eine solche auch als "Übergang" bezeichnete Kupplung hat die Aufgabe, den signalführenden Wellentyp (Mode) eines Hohlleiters reflexionsfrei in den zur Signalführung bestimmten Wellentyp des anderen Hohlleiters zu überführen. Sie ist dann erforderlich, wenn die beiden zu verbindenden Hohlleiter unterschiedliche Querschnitte haben und eine direkte Verbindung zu großen Reflexionen verursachen würde. Die Querschnitte der beiden Hohlleiter sind dabei grundsätzlich beliebig. Sie können beispielsweise elliptisch, rechteckig, quadratisch oder rund sein.

[0003] In herkömmlicher Technik ist es bekannt, Hohlleiter unterschiedlicher Querschnittsform mittels einer Kupplung zu verbinden, die von einem Ende zum anderen kontinuierlich von einer Querschnittsform in die andere übergeht (DE-AS 14 91 901). Derartige Kupplungen haben gute elektrische Eigenschaften. Sie sind jedoch nur mit großem Aufwand herstellbar. Außerdem sind sie sehr lang, weil ihre Länge gleich einem Vielfachen der Hohlleiterwellenlänge sein muß.

[0004] Eine abgestufte Kupplung nach der eingangs erwähnten EP 0 145 292 A2 baut kürzer. Der Einsatz dieser bekannten Kupplung mit sprungförmiger Änderung der Querschnittsgeometrie beschränkt sich ausdrücklich auf Frequenzbereiche, bei denen sowohl in den beiden zu verbindenden Hohlleitern als auch in der Kupplung selbst jeweils nur die entsprechende Grundwelle ausbreitungsfähig sein darf. Die Querschnitte der einzelnen Stufen der Kupplung werden jeweils so gewählt, daß andere Wellentypen nicht ausbreitungsfähig sind. Diese bekannte Kupplung ist daher auf den einmodigen Betrieb beschränkt. Sie dient ausschließlich zur Transmission der jeweiligen Grundmoden der zu verbindenden Hohlleiter. Es wird außerdem vorausgesetzt, daß sich die einzelnen Stufen von einem Ende der Kupplung zum anderen gleichsinnig aufweiten bzw. verengen, damit sich die Grenzfrequenz des Grundmodus innerhalb der Kupplung monoton ändert. Schließlich ist die Kupplung nur für die Verbindung eines rechteckigen mit einem elliptischen Hohlleiter vorgesehen.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die eingangs geschilderte Vorrichtung so weiterzubilden, daß sie bei einfacherem Aufbau ohne Einschränkungen für die Verbindung beliebiger Hohlleiter und für beliebige signalführende Wellentypen verwendet werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung da-

durch gelöst,

- daß die Abmessungen aller Stufen gezielt so bemessen sind, daß jeweils neben dem Grundwellentyp auch andere Wellentypen an sich ausbreitungsfähig sind und
- daß aufgrund dieser Abmessungen der Kupplung sich nur die zur Signalführung bestimmten Wellentypen in den angeschlossenen Hohlleitern ausbreiten, während die nicht zur Signalführung vorgesehenen Wellentypen sich durch Überlagerung im wesentlichen auslöschen.

[0007] "Ausbreitungsfähig" im Sinne der Erfindung bedeutet, daß sich aufgrund der Bemessung der Kupplung grundsätzlich alle möglichen Wellentypen ausbreiten könnten bzw. dürfen. Es sind im Gegensatz zur eingangs beschriebenen, bekannten Kupplung keine Maßnahmen getroffen, um die Ausbreitungsfähigkeit irgendwelcher Wellentypen zu verhindern.

[0008] Die bei dieser Vorrichtung eingesetzte Kupplung ist einfach aufgebaut und einfach herstellbar. Sie kann aus einem Teil gefertigt werden, in das die einzelnen Stufen beispielsweise eingefräst werden. Dabei wird der Durchmesser des Fräzers zweckmäßig und bewußt so gewählt, daß die Radien der abgerundeten Ecken bei der Bemessung der Stufen mit berücksichtigt sind. Die Kupplung ist geeignet, Hohlleiter mit stark unterschiedlichen Querschnitten bei minimalem Leistungsverlust miteinander zu verbinden. Sie ist auf keine bestimmte Querschnittsform der zu verbindenden Hohlleiter beschränkt. Die zur Signalführung vorgesehenen Wellentypen in den zu verbindenden Hohlleitern können sowohl vom Grundwellentyp sein als auch einem höheren Wellentyp entsprechen. Es besteht auch die Möglichkeit, daß in einem Hohlleiter der Grundwellentyp und in dem anderen Hohlleiter ein höherer Wellentyp zur Signalführung verwendet wird. Die Kupplung sorgt dabei für die Transformation der Wellentypen in beiden Übertragungsrichtungen.

[0009] Die Kupplung kann insbesondere auch für Hohlleiter eingesetzt werden, in denen mehrere Moden ausbreitungsfähig sind. So kann die Kupplung mit Vorteil zum Verbinden von Hohlleitern eingesetzt werden, die in sogenannten übermodierten und damit sehr verlustarmen Frequenzbereichen eingesetzt werden. Die Kupplung erlaubt auch die Verbindung eines im einmodigen Frequenzbereich betriebenen und deshalb vergleichsweise kleinen Hohlleiters mit einem übermodierten Hohlleiter, bei dem mehrere Moden ausbreitungsfähig sind und der deshalb einen vergleichsweise großen Querschnitt hat.

[0010] Bei dieser Kupplung werden die elektromagnetischen Eigenschaften derselben in ihrer Gesamtheit erfaßt. Deren Kenntnis wird zur Herstellung der Kupplung eingesetzt. Dabei werden die an den Diskontinuitäten innerhalb der Kupplung (Stufen) und an den Verbindungsstellen zu den angeschlossenen Hohllei-

tern auftretenden Verkopplungen der jeweiligen Wellentypen voll berücksichtigt. Um die Verkopplungen aller Wellentypen zu bestimmen, müssen die Wellentypen aller beteiligten Stufen der Kupplung und auch die der zu verbindenden Hohlleiter bekannt sein. Insbesondere ist also die Kenntnis der Feldverteilung der Eigenmoden von Rechteckhohlleitern mit verrundeten Ecken erforderlich. Hierzu zählen sowohl ausbreitungsfähige Wellentypen, die zum Wirkleistungstransport beitragen, als auch Wellentypen, die nicht ausbreitungsfähig sind, da die Betriebsfrequenz unterhalb der jeweiligen Grenzfrequenz der Wellentypen liegt. Derartige Moden transportieren keine Wirkleistung, speichern aber induktive und kapazitive Blindenergie und sind insbesondere zur Beschreibung der Streufelder erforderlich, die sich direkt an den Sprungstellen ausbilden und das Verhalten des signalführenden Wellentyps beeinflussen.

[0011] Die Kupplung kann auch zur gezielten Anregung mehrerer Wellentypen verwendet werden, um mit deren Überlagerung beispielsweise Antennen zu speisen, die spezielle Richtcharakteristiken aufweisen sollen.

[0012] Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes sind in den Zeichnungen dargestellt.

[0013] Es zeigen:

[0014] Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Verbindungsstelle zwischen zwei Hohlleitern mit einer Kupplung nach der Erfindung.

[0015] Fig. 2 einen Querschnitt durch die Kupplung in vergrößerter Darstellung.

[0016] Fig. 3 bis 5 Stirnansichten von unterschiedlich ausgeführten Kupplungen.

[0017] Fig. 6 ein Diagramm für den Reflexionsfaktor über der Frequenz.

[0018] Zwei elektromagnetische Hohlleiter 1 und 2 sind durch eine Kupplung 3 reflexionsarm miteinander verbunden. Die Hohlleiter 1 und 2 haben stark unterschiedliche Abmessungen. Der Hohlleiter 1 hat beispielsweise einen rechteckigen Querschnitt, während der Hohlleiter 2 beispielsweise elliptisch ist, mit einer wesentlich größeren lichten Querschnittsfläche als der Hohlleiter 1.

[0019] Die Kupplung 3 weist in ihrem lichten Querschnitt drei Stufen S1, S2 und S3 auf. Die lichten Abmessungen der Stufen S1 bis S3 können sich gemäß Fig. 3 von einem Ende der Kupplung 3 zu ihrem anderen Ende gleichsinnig ändern, so daß am einen Ende der kleinere Hohlleiter 1 und am anderen Ende der größere Hohlleiter 2 reflexionsarm angeschlossen werden können. Die Stufen S1 bis S3 können einander gemäß Fig. 4 auch überlappen. Die durch die Stufen S1 bis S3 gebene sprunghafte Änderung der Grenzfrequenz der zur Signalführung vorgesehenen Wellentypen kann dann von einem Ende der Kupplung fallen und wieder ansteigen bzw. umgekehrt. Ob es zu derartigen Überlappungen kommt, hängt vom Betriebsfrequenzbereich und der jeweiligen Querschnittsform und -größe der zu verbindenden Hohlleiter ab und wird im jeweiligen An-

wendungsfall entschieden. Auf jeden Fall ist der Anschluß der zu verbindenden Hohlleiter eindeutig und darf nicht vertauscht werden, da die Kupplung in axialer Richtung unsymmetrisch ist. Die Achsen der einzelnen

5 Stufen S1 bis S3 können gemäß Fig. 5 auch um eine Strecke V gegeneinander versetzt sein, und zwar sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung.
[0020] Die Kupplung 3 ist einteilig ausgeführt. Sie ist über Flansche 4 und 5 an die Hohlleiter 1 und 2 anschließbar. Die Stufen S1 bis S3 können beispielsweise mittels eines Fräzers hergestellt werden. Jede der Stufen S1 bis S3 hat dann einen i. w. rechteckigen lichten Querschnitt mit abgerundeten Ecken. Der Radius der Ecken wird vom Durchmesser des eingesetzten Fräzers bestimmt. Begrenzt wird er nur durch die Höhe und die Breite der einzelnen Stufen.

[0021] Höhe H, Breite B und die axiale Länge L der Stufen S1 bis S3 sowie der Radius R ihrer abgerundeten Ecken werden so bemessen, daß außer dem signalführenden Wellentyp alle anderen Wellentypen so gedämpft werden, daß sie sich nicht in den Hohlleitern 1 und 2 ausbreiten und daß dem signalführenden Wellentyp durch die Verkopplungen mit anderen Wellentypen vernachlässigbar wenig Energie entzogen wird. Die Be-25 dämpfung der unerwünschten Wellentypen erfolgt durch eine gegenphasige Überlagerung der an den Diskontinuitäten verursachten Mehrfachreflexionen und -transmissionen dieser nicht zur Signalführung vorge-sehenen Wellentypen. Grundsätzlich sind in allen drei 30 Stufen S1 bis S3 mehrere Wellentypen entsprechend obiger Erläuterung im zu übertragenden Frequenzbe-reich "ausbreitungsfähig".

[0022] Die Festlegung grundlegender mechanischer Eigenschaften der Kupplung 3 kann nach Maßgabe des 35 zu übertragenden Frequenzbereichs und der geforderten Anpassung der signalführenden Wellentypen nach Erfahrungswerten durchgeführt werden. Dieses bezieht sich i. w. auf die Anzahl der erforderlichen Stufen der Kupplung 3, die Wahl der jeweiligen Verrundungen und 40 auf die Möglichkeit der Überlappung einzelner Stufen der Kupplung 3 oder der äußeren Stufen der Kupplung 3 mit den angeschlossenen Hohlleitern 1 und 2.

[0023] Zur Bestimmung der optimalen lichten Abmes-sungen und der optimalen Breite der Stufen S1 bis S3 45 kann mit Einsatz eines Digitalrechners eine feldtheore-tische Analyse durchgeführt werden, welche die elektromagnetischen Verkopplungen aller Wellentypen und insbesondere deren Auswirkungen auf das Reflexions- und Transmissionsverhalten der signalführenden Wel-lentypen der angeschlossenen Hohlleiter 1 und 2 voll-ständig erfaßt. Diese Analyse kann z. B. mit Hilfe der sogenannten gegenseitigen Orthogonalreihenentwick-lung erfolgen. Durch die Forderung nach einer Stetigkeit der tangentialen elektrischen und magnetischen Felder 50 an jeder Diskontinuität der Kupplung 3 werden bei dieser Methode die Verkopplungen der Wellentypen berechnet, und zwar unter Berücksichtigung aller erforder-lichen Eigenmoden eines rechteckigen Hohlleiters mit

abgerundeten Ecken. Die Anwendung der Orthogonalreihenentwicklung erlaubt die Berechnung von Streumatrizen der einzelnen Stufen der Kupplung 3 und damit eine mathematische Erfassung sämtlicher elektromagnetischer Eigenschaften derselben. Durch die Kenntnis der Streumatrizen an den Sprungstellen (Stufen) ist eine exakte Berechnung und Optimierung der Kupplung 3 möglich.

[0024] Mit Kenntnis der Verkopplungen der Wellentypen in der Kupplung ist durch gezielte Variation der mechanischen Parameter - Höhe H, Breite B, Länge L, Verrundungsradius R, Versatz V der Stufen S1 bis S3 in der transversalen Ebene - eine Optimierung der elektrischen Eigenschaften der Kupplung 3 möglich. Die Anzahl der erforderlichen Stufen der Kupplung 3 richtet sich hauptsächlich nach den Querschnitten der zu verbindenden Hohlleiter, nach der geforderten Frequenzbandbreite und nach den elektromagnetischen Anforderungen innerhalb des gewählten Frequenzbereichs. Das bezieht sich beispielsweise auf den Reflexions- und Transmissionsfaktor der signalführenden Wellentypen.

Beispiel

[0025] Es wurde eine Kupplung zwischen einem rechteckigen Hohlleiter mit einem Querschnitt von 10,67 mm x 4,32 mm und einem elliptischen Hohlleiter hergestellt, dessen Hauptachsen mit 25,0 mm bzw. 15,3 mm bemessen sind. Die Querschnittsfläche des rechteckigen Hohlleiters ist um den Faktor 6,5 kleiner als die des elliptischen Hohlleiters. Die Kupplung hat drei Stufen, die achsensymmetrisch zueinander angeordnet sind. Aufgabe der Kupplung ist die reflexionsarme Anpassung der Grundmoden H_{10} des rechteckigen Hohlleiters und H_{cell} des elliptischen Hohlleiters im Frequenzbereich 17,7 GHz bis 19,7 GHz. In Fig. 4 sind der gemessene (ausgezogene Linie) und der berechnete (gestrichelte Linie) Reflexionsfaktor im Frequenzbereich von 17,0 bis 20,0 GHz dargestellt. Der Reflexionsfaktor liegt bei <-34dB. Obwohl ab 17 GHz bereits 6 Moden im elliptischen Hohlleiter prinzipiell ausbreitungsfähig sind, wird die Energie nur zwischen den Grundmoden ausgetauscht.

Patentansprüche

1. Kupplung für zwei elektromagnetische Hohlleiter mit unterschiedlichen Querschnittsformen, die in axialer Richtung hintereinander angeordnete Stufen mit im wesentlichen rechteckigem Querschnitt und abgerundeten Ecken sowie unterschiedlicher lichter Weite aufweist, in welcher eine reflexionsarme Transmission der zur Signalführung bestimmten Wellentypen erfolgt, dadurch gekennzeichnet,
 - daß die Abmessungen aller Stufen (S1-S3) gezielt so bemessen sind, daß jeweils neben dem

Grundwellentyp auch andere Wellentypen an sich ausbreitungsfähig sind und

- daß aufgrund dieser Abmessungen der Kupplung (3) sich nur die zur Signalführung bestimmten Wellentypen in den angeschlossenen Hohlleitern ausbreiten, während die nicht zur Signalführung vorgesehenen Wellentypen sich durch Überlagerung im wesentlichen auslöschen.

2. Kupplung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Stufen (S1-S3) einander überlappen.
3. Verfahren zur Herstellung einer Kupplung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß alle Stufen (S1-S3) in Abhängigkeit vom zu übertragenden Frequenzband und von dem jeweils gewünschten Wellentyp mit der Höhe (H) und der Breite (B) des lichten Querschnitts sowie der axialen Länge (L) und dem Radius (R) der abgerundeten Ecken sowie dem möglichen Versatz (V) ihrer Achsen gegeneinander als Parameter bemessen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen Stufen (S1-S3) der Kupplung (3) durch Einsatz eines Fräzers erzeugt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung (3) in Gußtechnik hergestellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung (3) durch galvanische Abscheidung hergestellt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Bemessung der Stufen (S1-S3) der Kupplung (3) die zur Signalführung vorgesehenen Wellentypen einander im gewünschten Sinne in Phasenlage und Amplitude überlagern.

Claims

1. Coupling for two electromagnetic wave guides with different cross sectional shapes, having steps arranged axially, one behind the other with a predominantly rectangular cross section and rounded corners as well as varying open widths, in which a low reflection transmission of the wave types intended for carrying signals takes place, characterised in that:
 - the dimensions of all steps (S1-S3) are to be dimensioned so exactly that, besides the basic

- wave type, even other wave types are capable of propagation and
- that due to these dimensions of coupling (3), only the wave types intended for bearing the signals propagate in the connected wave guides, while the wave types not intended for carrying signals cancel each other out, to a large extent, through superposing.
2. Coupling according to claim 1, characterised in that the individual steps (S1-S3) overlap each other.
3. Method for manufacturing a coupling according to claim 1 or 2, characterised in that all steps (S1 to S3) can be dimensioned, depending upon the frequency band to be transmitted and the respective desired wave types with the height (H) and the width (B) of the open cross section as well as the axial length (L) and the radius (R) of the rounded comers as well as the possible offset (V) of their axes as parameters.
4. Method according to claim 3, characterised in that the different steps (S1-S3) of the coupling (3) can be generated by means of a milling cutter.
5. Method according to claim 3, characterised in that the coupling (3) is manufactured as a casting.
6. Method according to claim 3, characterised in that the coupling (3) is manufactured by galvanic precipitation.
7. Method according to one of claims 3 to 6, characterised in that the wave types intended for carrying signals overlap each other as desired in the phase position and amplitude due to the dimensioning of the steps (S1-S3) of the coupling (3).

40

Revendications

1. Coupleur de deux guides d'ondes électromagnétiques à différentes formes de section disposant de paliers à section essentiellement rectangulaire, angles arrondis et différents diamètres intérieurs, placés l'un derrière l'autre dans le sens de l'axe, ce coupleur effectue une transmission à faible réflexion des types d'ondes particuliers au guidage de signaux se distinguant par les éléments suivants :
- grâce à un dimensionnement approprié de tous les paliers (S1-S3) de telle sorte que, en plus des ondes de base, d'autres types d'ondes puissent se propager et
 - grâce aux dimensions du coupleur, seules les ondes de guidage des signaux se propagent dans les guides d'onde rattachés, alors que les

45

50

55

types d'onde non prévus pour le guidage des signaux perdent toute puissance en raison des interférences.

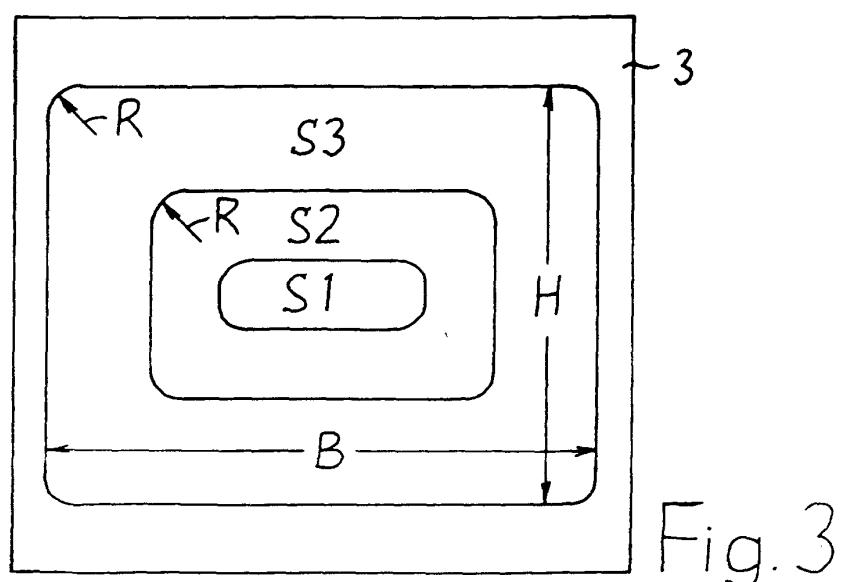
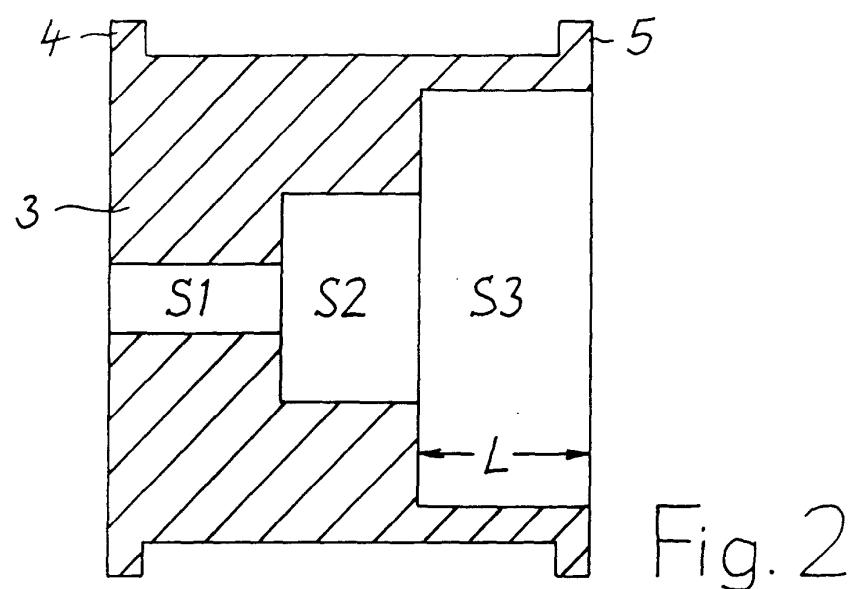
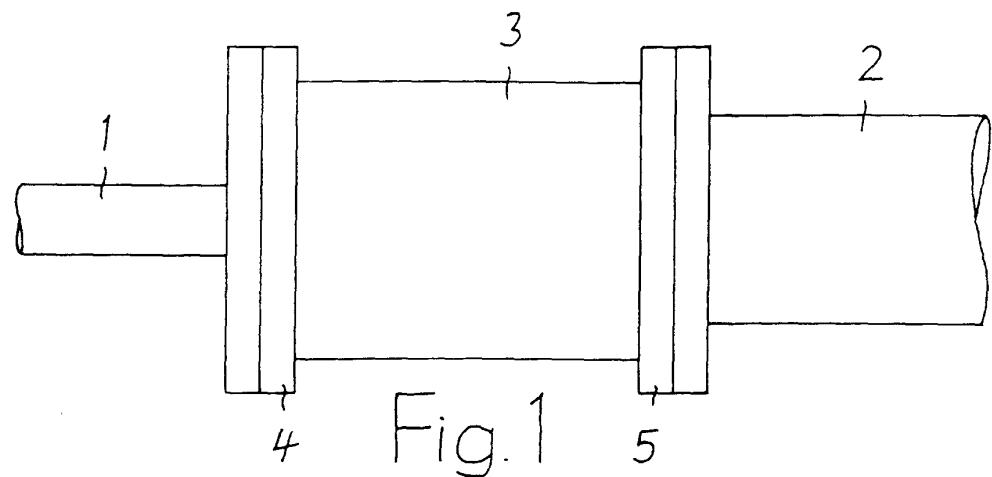
- 5 2. Coupleur correspondant à la spécification 1, remarquable du fait que les différents paliers (S1 à S3) se chevauchent.
- 10 3. Méthode de fabrication d'un coupleur correspondant à la spécification 1 ou 2, remarquable du fait que tous les paliers (S1 à S3), en fonction de la bande de fréquence à transférer et des types d'ondes souhaités, disposent de paramètres définis les uns par rapport aux autres, tels que les valeurs de la hauteur (H) et de la largeur (B) de la section intérieure, ainsi que celles concernant la longueur axiale (L), le rayon (R) des angles arrondis ainsi que le déplacement possible (V) des axes.
- 15 20 4. Méthode correspondant à la spécification 3, remarquable du fait que les différents paliers (S1 à S3) du coupleur (3) sont fabriqués à l'aide d'une fraise.
- 25 5. Méthode correspondant à la spécification 4, remarquable du fait que le coupleur respecte la technique du moulage.
- 30 6. Méthode correspondant à la spécification 3, remarquable du fait que le coupleur est fabriqué par électrodéposition.
- 35 7. Méthode correspondant à l'une des spécifications 3 à 6, remarquable du fait que, grâce au dimensionnement des paliers (S1 à S3) du coupleur (3), les types d'onde prévus pour le guidage de signaux se superposent en amplitude et en phase dans le but souhaité.

40

45

50

55



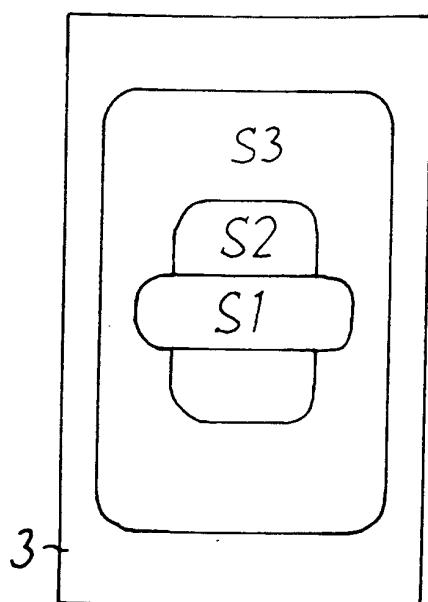


Fig. 4

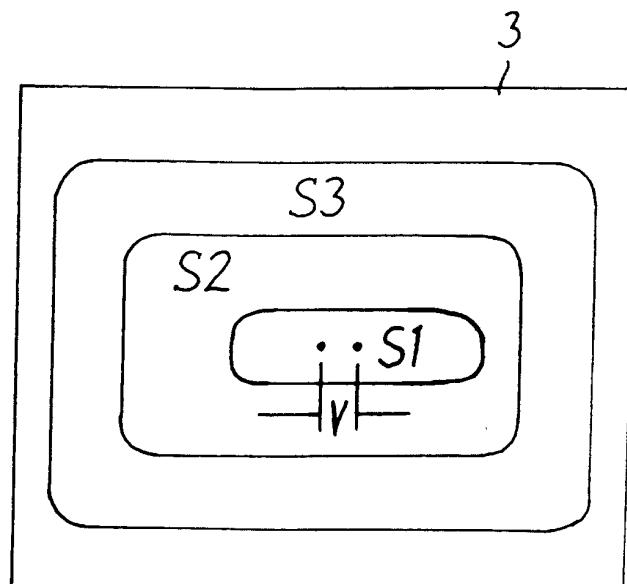


Fig. 5

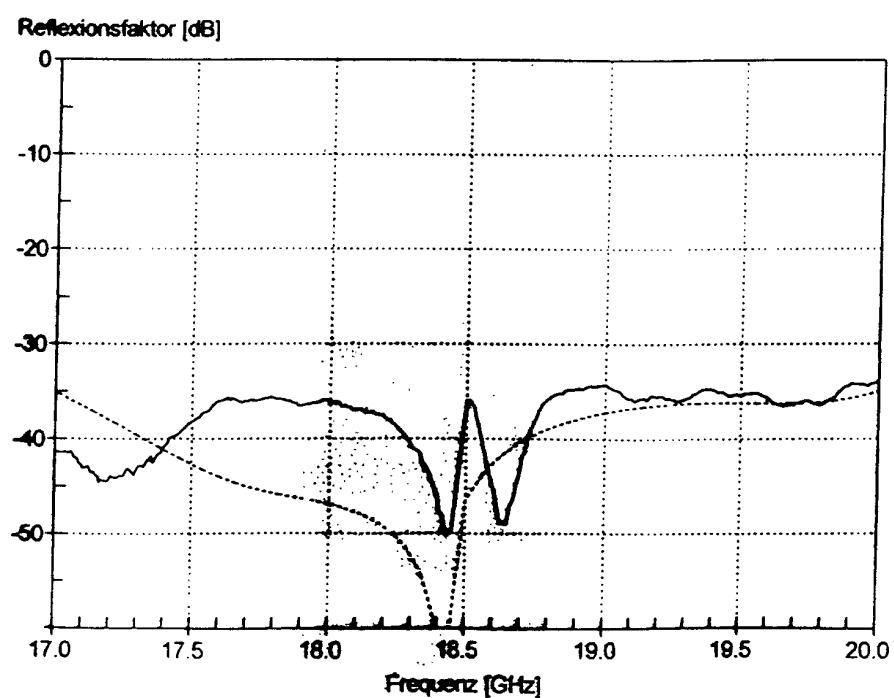


Fig. 6