



EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift :
26.04.95 Patentblatt 95/17

Int. Cl.⁶ : **H01Q 13/20**

Anmeldenummer : **89116628.2**

Anmeldetag : **08.09.89**

Anordnung zum Übertragen von Hochfrequenzsignalen.

Priorität : **30.12.88 DE 3844292**

Veröffentlichungstag der Anmeldung :
04.07.90 Patentblatt 90/27

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
26.04.95 Patentblatt 95/17

Benannte Vertragsstaaten :
AT CH DE FR GB IT LI SE

Entgegenhaltungen :
NTG-Fachberichte Band 57 Antennen, März 1977, Bad Nauheim, Seiten 222 - 226; U.PETRI: "Die Berechnung von offenen Koaxialkabeln für die UKW-Funkversorgung längs Fahrspuren"

Entgegenhaltungen :
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Bd. 7, Nr. 264 (E-212)(1409) 24.November 1983; & JP-A-58 146104
NTIS TECH NOTES. Bd. B, Nr. 10. Oktober 1984, Springfield, VA, US; Seiten 806 -807; NASA Techbrief: "Fabricating Slotted-Waveguide Arrays From Sheet Metal "

Patentinhaber : **KABEL RHEYDT Aktiengesellschaft**
Bonnenbroicher Strasse 2-14
D-41179 Mönchengladbach (DE)

Erfinder : **Thönnessen, Günter, Dr. Krischerstrasse 8**
D-4019 Monheim (DE)
Erfinder : **Schulze-Buxloh, Karl**
Memelstrasse 146a
D-4050 Mönchengladbach 2 (DE)

Vertreter : **Mende, Eberhard, Dipl.-Ing. c/o Alcatel Kabel Beteiligungs-AG**
Kabelkamp 20
D-30179 Hannover (DE)

EP 0 375 840 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

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Übertragen von Hochfrequenzsignalen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zu ihrer Herstellung

Um die Funkverbindung zu Fahrzeugen längs einer Fahrspur (Straße, Eisenbahn) aufrecht zu erhalten, genügt es, das Funksignal innerhalb einer begrenzten Umgebung dieser Spur auszustrahlen bzw von dort zu empfangen. Für den Funkbetrieb im Bereich 50 bis 1000 MHz sind hierzu offene Koaxialkabel geeignet, d.h. Leiter bestehend aus einem Innenleiter und einem diesen umgebenden elektrisch durchlässigen Außenleiter. Diese Kabel ermöglichen eine zuverlässige Funkverbindung auch unter ungünstigen Umgebungsverhältnissen, wie z.B. im Tunnel. Die abgestrahlte Energie sollte in einem möglichst großen Frequenzbereich räumlich und zeitlich möglichst wenig fluktuieren. Koaxialkabel mit Öffnungen gibt es in vielen verschiedenen Bauformen, die vielfach seit Jahren eingesetzt wurden Man unterscheidet:

- a) nicht abstrahlende offene Wellenleiter; hierzu gehören u.a. Kabel mit einem Außenleiter aus grobem Drahtgeflecht, Kabel mit durchgehendem Längsschlitz, und Kabel mit kleinen Öffnungen in kurzen Abständen und
- b) radial abstrahlende Kabel oder Leckkabel; diese werden hier näher betrachtet.

Aus der DE-OS 21 03 559 ist ein geschlitztes Koaxialkabel mit einem Innenleiter und einem Außenleiter bekannt, wobei der Außenleiter eine Reihe von Schlitzten aufweist, die in einem festen Intervall periodisch aufeinanderfolgend angeordnet und hinsichtlich ihrer Abmessungen entsprechend einer sinusförmigen Quellenverteilung geändert sind. Einerseits wird der Neigungswinkel der Schlitzte von Schlitz zu Schlitz geändert, andererseits wird auch die Länge der Schlitzte, ihre Krümmung, oder ihre Geometrie in bestimmter Weise abgewandelt. Nachteilig bei dieser Lösung ist der eingeschränkte Nutzfrequenz-Bereich sowie die geringe Anzahl der Schlitzte pro Periode, ihre verschiedene Form und die komplizierte Herstellungsweise.

Aus dem Europäischen Patent 0 028 500 ist ein Hochfrequenz-Koaxialkabel mit einem Innenleiter und - isoliert von diesem - ein mit Bohrungen versehener Außenleiter bekannt. Die Bohrungen und ihr gegenseitiger Abstand sind so bemessen, daß der gegenseitige Abstand zwischen benachbarten Bohrungen in Längsrichtung jeweils abnimmt, wobei ein Maximalwert der Abstände am einen Ende der Reihe und ein Minimalwert am anderen Ende der Reihe vorgesehen ist. Die Löcher sind als kreisrunde Bohrungen vorgesehen. Insgesamt wird ein größerer Teil des Außenleiters von Löchern eingenommen. Der Nachteil dieser Anordnung ist darin zu sehen, daß infolge der Größe der Bohrungen nur wenige Löcher innerhalb eines Periodizitätsintervalls auf dem Außenleiter anzubringen sind.

Aus der DE-OS 22 30 280 sind Berechnungsverfahren zur Unterdrückung von unerwünschten Polstellen im Frequenzgang der Kopplungsdämpfung bekannt, die verschiedene geeignete Funktionen umfassen. In erster Linie sind Produkte aus Sinusfunktionen, Cosinusfunktionen und deren gemischte Produkte sowie aperiodische Funktionen untersucht worden.

Nachteile der bisher bekannten Lösungen sind einerseits die begrenzte Bandbreite, welche nur etwa das 5fache der Grundfrequenz beträgt, und andererseits die nicht für alle Frequenzen innerhalb des übertragenen Frequenzbereichs hinreichend konstante Feldstärke. Bei einem Kabel mit periodischer Anordnung von Öffnungen besitzt der Frequenzgang der Kopplungsdämpfung Maxima außer bei der Grundfrequenz auch bei einer unbegrenzten Zahl von ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz (Polstellen). Durch nicht genügend unterdrückte Polstellen kommt es zu Interferenzerscheinungen. Die Übertragung längs einer Übertragungsstrecke z.B. in einem Tunnel wird dadurch empfindlich beeinträchtigt. Bisher war es nicht möglich, in einem breiten Frequenzband die Polstellen höherer Ordnung zu unterdrücken und einen einigermaßen konstanten Frequenzgang zu erzielen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Leckkabel so zu gestalten, daß ein möglichst großer Frequenzbereich mit einer in diesem Frequenzbereich möglichst großen und konstanten Feldstärke übertragen wird. Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 aufgeführten Merkmale gelöst; Weiterbildungen der Erfindung, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Leckkabels werden in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung eignet sich vorzugsweise zur Nachrichtenübertragung zwischen mobilen und/oder ortsfesten Funkanlagen beispielsweise beim Schienen- oder Straßenverkehr sowie in Tunneln, Abschattungsgebieten oder unter Tage.

Wegen der starken Abstrahlung bei geringer Wellendämpfung erfindungsgemäßer Leckkabel, eignen sich diese ganz besonders zur Breitbandkommunikation entlang von Verkehrswegen. Hier kommen insbesondere Verkehrsleitsysteme (z.B. entlang von Autobahnen) in Betracht. Die Kabel eignen sich sowohl zum Ausenden als auch zum Empfangen von Signalen.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß nicht primär die Lochgröße oder -form für die Abstrahlungsintensität entscheidend ist, sondern die Anzahl der Öffnungen und ihre Ausdehnung senkrecht zur Ka-

belachse.

Im Gegensatz zu den bekannten Anordnungen folgen die Abstände der Schlitze innerhalb der Periodenlänge keiner einfachen Gesetzmäßigkeit. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß die Schlitze möglichst schmal sind und durch ihre spezielle Anordnung die im abzustrahlenden Frequenzbereich störenden Polstellen ausgelöscht oder zumindest stark gedämpft sind. Schmale Schlitze sind nicht nur leicht herzustellen, es sind auch innerhalb einer vorgegebenen Periodenlänge von diesen Schlitzen mehr unterzubringen als von jeder anderen Öffnungsform.

Die Berechnung der Schlitzabstände zur Unterdrückung von Polstellen geschieht mit geeigneten Funktionen mittels der Fourier-Transformation. Bei dieser wird aus einer Frequenzfunktion eine Funktion im Ortsraum berechnet, die nach der Erfindung durch schmale zur Kabelachse senkrechte Schlitze realisiert wird.

Die erste Stufe dieser Vorgehensweise wird im folgenden erläutert. Durch Anbringen von Öffnungen, die paarweise zueinander den gleichen Abstand aufweisen, verursacht man bei einer gewissen Grundfrequenz f_0 , sowie bei allen ganzzahligen Vielfachen von f_0 Polstellen im Frequenzgang der Abstrahlung. Die Polstellen 2., 3., 4., n-ter Ordnung sollen möglichst unterdrückt werden. Dies wird durch sukzessive Multiplikation des Ausgangsspektrums mit Cosinusfunktionen $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, \dots$ (d.h. $F = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot \dots$) erreicht. Die Funktionen haben bei der Frequenz $f = 0$ ihr Maximum (d.h. die Amplitude 1). Bei $2f_0$ muß die Funktion F_1 durch 0 gehen, damit die Polstelle 2. Ordnung unterdrückt wird. Bei $4f_0$ hat diese Funktion die Amplitude -1. Die Schwingungsdauer beträgt also $8f_0$. Die Fouriertransformierte des Produkts aus Ausgangsspektrum - mit allen Polstellen - und dieser Cosinusfunktion der Schwingungsdauer $8f_0$ ist die Faltung der periodischen Einzelöffnung mit einem Öffnungspaar mit dem Abstand $2/8$ der Periodenlänge; d.h. aus einer Öffnung pro Periode werden zwei.

Durch die erste Verdoppelung der Zahl der Öffnungen pro Periode mit dem aus der Fourier-Transformation berechneten Abstand wird im Frequenzbereich die 2., 6., 10., 14., 18., ... Polstelle ausgelöscht. An den verbleibenden Polstellen sind folgende Amplituden zu erwarten:

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	...
A	0,707	0,00	-0,707	-1,00	-0,707	0,00	-0,707	1,0	...

Als nächster Schritt wird im Frequenzbereich das verbleibende Spektrum mit F_2 , dem Cosinus der Schwingungsdauer $12f_0$ multipliziert. Analog zum ersten Schritt erhält man die Auslöschung der 3., 9., 15., ... Polstelle.

Im Ortsbereich wird jede der zwei Öffnungen pro Periode durch eine Doppelöffnung ersetzt; Die beiden neu entstandenen Öffnungen liegen je $1/12$ der Periodenlänge nach rechts bzw. links versetzt. Die Amplituden lauten analog wie oben:

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	...
A	0,612	0,00	0,00	0,50	0,612	0,00	-0,612	-0,5	...

Im nächsten Schritt wird das verbleibende Spektrum mit F_3 , einem Cosinus der Schwingungsdauer $16f_0$ multipliziert; damit werden zusätzlich die 4., 12., 20., ... Polstelle eliminiert. Aus den bisher vier Öffnungen pro Periode werden acht.

Um die Polstellen P_n im Frequenzgang der Kopplungsdämpfung zu unterdrücken, muß für jede Polfrequenz $f_n = n \cdot f_0$ eine entsprechende Cosinusfunktion $F_n = \cos^n\left(\frac{1}{n+1} \cdot \frac{\pi}{2}\right)$ in Ansatz gebracht und das Produkt aller Cosinusfunktionen fouriertransformiert werden. Dieses Verfahren führt bei Leckkabeln für eine niedrige Grundfrequenz f_0 und einen breiten Übertragungsfrequenzbereich rasch zu einer sehr großen Zahl von Schlitzen innerhalb der Periodenlänge und damit zu teilweise sehr kleinen Schlitzabständen.

Das Muster der Öffnungen hat bei einer Periodenlänge von beispielsweise 2,2 m und 64 Öffnungen pro Periode - was der Realisierung der Funktion $F = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4 \cdot F_5 \cdot F_6$ entspricht - die in Fig. 1 widergegebene Form.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung besteht deshalb darin, die Nullstellen der Cosinusfunktionen so festzulegen, daß mit einer Cosinusfunktion noch weitere Polstellen stark abgeschwächt werden. Dazu wird die Lage der Nullstellen nicht exakt auf den Polfrequenzen gewählt, sondern so, daß das Produkt aller Cosinusfunktionen - für die Polfrequenzen als Argument - Werte $< 5 \cdot 10^{-2}$ ergibt. Auf diese Weise wird die Anzahl der für die Glättung des Frequenzgangs erforderlichen Cosinusfunktionen reduziert, so daß die Anzahl und die Mindestabstände der in einer Periodenlänge unterzubringenden Schlitze technisch realisierbar wer-

den.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert; dabei zeigt Figur 1 das Ergebnis der Transformation der "idealen" Anregungsfunktion F in den Ortsraum, Figur 2 das gleiche für eine optimierte Anregungsfunktion, und Figur 3 die schematische Darstellung eines Herstellungsverfahrens eines Kabels.

Die in der Figur 1 dargestellte Schlitzanordnung zeigt als Besonderheit einige Gruppen eng benachbarter Schlitze, welche durch mehr oder weniger große Lücken von den nächsten Schlitten getrennt sind. Auffällig ist der besonders im rechten Teil der Figur 1 auftretende Raum ohne Schlitze. Die Schlitzanordnung beruht auf der "idealen" Anregungsfunktion $F = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4 \cdot F_5 \cdot F_6$, wobei $F_1 = \cos(n\pi/2 \cdot 2)$; $F_2 = \cos(n\pi/2 \cdot 3)$; $F_3 = \cos(n\pi/2 \cdot 4)$; $F_4 = \cos(n\pi/2 \cdot 5)$; $F_5 = \cos(n\pi/2 \cdot 7)$; $F_6 = \cos(n\pi/2 \cdot 8)$ ist. Dabei ist n = die Ordnung der Polstelle.

Die bereits erwähnte Verschiebung der Nullstellen der Cosinus-Funktionen ergibt beispielsweise eine Schlitzkonfiguration, wie sie in Figur 2 dargestellt ist. Die zugehörigen optimierten Cosinus-Funktionen lauten: $F_1 = \cos(n\pi/2 \cdot 2,02)$; $F_2 = \cos(n\pi/2 \cdot 3,06)$; $F_3 = \cos(n\pi/2 \cdot 4,41)$; $F_4 = \cos(n\pi/2 \cdot 5,94)$; $F_5 = \cos(n\pi/2 \cdot 8,48)$ und $F_6 = \cos(n\pi/2 \cdot 12,63)$.

Obwohl die Nullstellen der F -Funktionen sich bei der optimierten Anregungsfunktion wesentlich von der "idealen" Anregungsfunktion unterscheiden, ist die Schlitzanordnung in beiden Fällen ähnlich.

Bei einer Grundfrequenz von 63 MHz lassen sich mit einem solchen Leckkabel Polstellen bis zur 15. Ordnung wirksam unterdrücken. Der kleinste Schlitzabstand beträgt dabei 8 mm.

Bei der Multiplikation mehrerer Cosinus-Funktionen unter der Nebenbedingung, daß sie bei einer vorgegebenen Anzahl auch eine vorgegebene Dämpfung der Polstellen bis zu einer bestimmten Ordnung n bewirken sollen, können sich auch Lösungen mit unterschiedlicher Schlitzlänge ergeben. Aus fertigungstechnischen Gründen sind allerdings vorgegebene, gleiche Schlitzlängen vorzuziehen. Die für die Optimierungsaufgabe zu verwendenden Parameter sind dann der Abstand der Schlitze, welcher minimal möglich ist, bzw. ihre Anzahl. Als anzustrebende Dämpfung der Polstellen kommt beispielsweise der Wert 25 db in Betracht, da dann keine störenden Interferenzen mehr auftreten. Um den Außenleiter mechanisch nicht mehr als nötig zu schwächen, kann es günstig sein, die Schlitze durch Querstege zu unterteilen.

Das Verfahren zum Herstellen einer erfindungsgemäßen Anordnung wird anhand der Figur 3 näher erläutert. Sie zeigt ein schematisches Bild der Kabelherstellung. Das Leiterband 3 wird mittels mechanischer oder elektrischer Verfahren mit einer bestimmten Schlitzfolge versehen, die sich mit der Periodenlänge p wiederholt. Die Periodenlänge beträgt vorzugsweise 2,2 m. Das mit Schlitten versehene Band, vorzugsweise ein Kupferband, durchläuft die beiden Walzen 5 gleichzeitig mit einem zugfesten Kunststoffband 6, welches durch Druck bzw. Hitze auf das Band 3 auf laminiert wird. Das Band 6 bedeckt die Schlitze derart, daß bei Zugbeanspruchung die Schlitze mechanisch gegen Aufweiten gesichert sind. Auch beim anschließenden Biegen des Laminates wird damit ein Zusammendrücken bzw. Aufweiten der Schlitze verhindert. Der Innenleiter 8 wird mit dem Dielektrikum 4 aus Isoliermaterial umgeben. Diese Anordnung wird von dem Laminat bzw. von dem Kupferband umhüllt, welches an der Nahtstelle durch eine Schweißvorrichtung 7 zu einem Rohr zusammengeschweißt wird. Durch Aufextrusion eines Mantels wird das Koaxialkabel fertiggestellt. Bei einer Variante dieses Verfahrens werden die Schlitze durch einen Kleber verschlossen. Der Kleber hat eine so kurze Aushärtungs- bzw. Abbindezeit, daß die Schlitze mechanisch gesichert sind bevor die weitere Verformung in der Weiterverarbeitung zum Kabel Schaden anrichten kann.

Die Schlitze können durch Funkenerosion hergestellt bzw. durch einen Laser in das Leiterband 3 geschnitten werden. Eine Alternative wäre die Herstellung der Schlitze durch rotierende Sägeblätter, welche mittels Abstandsstücken bereits den richtigen Schlitzabstand besitzen. Da sich diese Schlitze mit der Periodenlänge p wiederholen, ist es auf diese Weise möglich, mit einem Satz von Sägeblättern in einem Arbeitsgang die Schlitze für eine Periodenlänge herzustellen. Zur kontinuierlichen Herstellung ist das Kupferband 3 lediglich exakt um die Periodenlänge p zu verschieben bevor die nächste Gruppe von Schlitten hergestellt wird.

Bei einer bevorzugten Herstellungsart wird das Muster der Schlitze als erhabene Stege auf dem Umfang einer Walze angebracht, deren Umfang der Periodenlänge der Schlitzanordnung entspricht. Die Walze wird ständig mit einem Antihafmittel bestrichen, so daß die Stege diese Substanz auf ein Band auftragen können. Das Band besteht beispielsweise aus Polyester und wird nach dem Bedrucken mit Antihafmittel, beispielsweise mit Graphitpulver beschichtet. Dabei bleiben die Schlitze frei. Anschließend wird das Band verkuipfert. Das beschichtete Band wird anschließend zum Außenleiter eines Koaxialkabels geformt.

55 Patentansprüche

1. Anordnung zum Übertragen von Hochfrequenzsignalen mit einem mit Öffnungen (1) im Außenleiter versehenen Koaxialkabel (2), wobei die Öffnungen (1) in Längsrichtung des Kabels gesehen sich in Gruppen

- mit einer Periodenlänge wiederholen, welche so gewählt ist, daß die Öffnungsgruppen ab einer gewünschten unteren Grenzfrequenz f_0 Hochfrequenzsignale abstrahlen, und daß die den Vielfachen der unteren Grenzfrequenz f_0 zugeordneten Polstellen im Frequenzgang der Kopplungsdämpfung ausgelöscht oder zumindest stark gedämpft sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zahl der Öffnungen pro Periode größer als 30 ist, daß die Öffnungen möglichst schmale Schlitz (1) sind, und daß die Schlitz (1) im wesentlichen senkrecht zur Kabelachse angeordnet sind.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzabstände so gewählt sind, daß sie zur Dämpfung von mehr als 15 Polstellen einen gewissen Mindestabstand nicht unterschreiten, der mindestens doppelt so groß ist wie die Schlitzbreite.
 3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anregungsfunktion F gewählt ist, welche bei vorgegebener Anzahl von Schlitz (1) bei möglichst vielen Polstellen des Frequenzganges oder in deren Nähe Nullstellen aufweist, und die Funktion F dadurch definiert ist, daß sie bei der Transformation vom Frequenzbereich in den Ortsbereich eine Anordnung von Schlitz (1) ergibt.
 4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (1) durch in Längsrichtung der Schlitz (1) angeordnete Stege unterteilt sind.
 5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (1) unterschiedliche Längen aufweisen.
 6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzabstände (1) innerhalb der Periode eine nichtäquidistante und nichtperiodische Folge bilden.
 7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Schlitz (1) etwa ein Promille der Periodenlänge beträgt.
 8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Dämpfung von Polstellen eine Funktion F vorgesehen ist, welche ein Produkt von mehreren Funktionen F_i im Frequenzbereich ist.
 9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfung von Polstellen bis etwa zum 15fachen der unteren Grenzfrequenz durch nach Amplituden und/oder Frequenzen optimierte Funktionen F_i erfolgt.
 10. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Optimierung so gewählt ist, daß mit einer möglichst geringen Zahl von Funktionen F_i eine vorgegebene Dämpfung der Polstellen um mindestens 20 dB erreichbar ist.
 11. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion F ein Produkt von Cosinusfunktionen mit unterschiedlichen Argumenten ist.
 12. Verfahren zur Herstellung eines Koaxialkabels (2) nach Anspruch 1 mit im Außenleiter angeordneten Öffnungen (1), die sich in Gruppen mit einer Periodenlänge wiederholen, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem Leiterband (3) die Gruppen der Öffnungen (1) taktweise so erzeugt werden, daß die Zahl der Öffnungen pro Periode größer als 30 ist, daß die Öffnungen möglichst schmale Schlitz (1) sind, und daß die Schlitz (1) im wesentlichen senkrecht zur Kabelachse angeordnet sind, und das Leiterband (3) nach jedem Takt um die Periodenlänge weitertransportiert und zu dem zylindrischen Außenleiter des Koaxialkabels geformt wird.
 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (1) durch einen Laser in das Leiterband (3) geschnitten werden.
 14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (1) für eine Periodenlänge mittels eines Satzes synchron rotierender, fest beabstandeter Sägeblätter hergestellt werden.
 15. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (1) durch Stanzen hergestellt werden.
 16. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (1) durch Fotolithografie und Ät-

zen hergestellt werden.

17. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (1) durch Funkenerosion hergestellt werden.
18. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz durch Beschichten eines Kunststoffbandes dadurch hergestellt werden, daß zunächst ein Muster der Schlitz für eine Periodenlänge auf dem Umfang einer Druckwalze aufgebracht wird und die unterschiedlichen Oberflächeneigenschaften des Musters auf der Walze dazu verwendet werden, daß nach dem Abrollen der Druckwalze auf dem Kunststoffband außerhalb der periodisch angeordneten Schlitz eine Leitschicht auf das Kunststoffband aufgebracht wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Aufbringen einer ersten Leitschicht diese durch elektrolytische Abscheidung einer gut leitenden Metallschicht verstärkt wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das mit Schlitz (1) versehene Leiterband (3) mit einem zugfesten Kunststoffband laminiert wird, welches die Schlitz überdeckt und daß die Ränder des Leiterbandes (3) für den anschließenden Fügevorgang freigelassen werden.

Claims

1. Arrangement for transmitting high-frequency signals with a coaxial cable (2) which is provided with openings (1) in the outer conductor, the openings (1) being repeated, viewed in the longitudinal direction of the cable, in groups with a period length which is selected in such a way that the groups of opening radiate high-frequency signals starting from a desired lower cut-off frequency f_0 , and that the pole points assigned to the multiples of the lower cut-off frequency f_0 are cancelled out, or at least strongly attenuated, in the frequency response of the coupling attenuation, characterized in that the number of openings per period is greater than 30, in that the openings are slots (1) which are as narrow as possible, and in that the slots (1) are essentially arranged perpendicular to the axis of the cable.
2. Arrangement according to Claim 1, characterized in that the slot intervals are selected to be such that, in order to attenuate more than 15 pole points, they do not drop below a specific minimum interval which is at least twice as large as the width of the slot.
3. Arrangement according to Claim 1 or 2, characterized in that an excitation function F is selected which, with a prescribed number of slots, has zero points at the largest possible number of pole points of the frequency response or in their vicinity and the function F is defined in that it produces an arrangement of slots during the transformation from the frequency domain into the space domain.
4. Arrangement according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the slots (1) are subdivided by webs which are arranged in the longitudinal direction of the slots.
5. Arrangement according to one of Claims 1 to 4, characterized in that the slots (1) are of different lengths.
6. Arrangement according to one of Claims 1 to 5, characterized in that the slot intervals (1) form a non-equidistant and non-periodic sequence within the period.
7. Arrangement according to one of Claims 1 to 6, characterized in that the width of the slots is approximately one thousandth of the period length.
8. Arrangement according to one of Claims 1 to 7, characterized in that, in order to attenuate the pole points, a function F is provided which is a product of a plurality of functions F_i in the frequency domain.
9. Arrangement according to one of Claims 1 to 8, characterized in that the attenuation of pole points takes place up to approximately 15 times the lower cut-off frequency by functions F_i which are optimized according to amplitudes and/or frequencies.
10. Arrangement according to one of Claims 1 to 9, characterized in that the optimization is selected in such a way that a prescribed attenuation of the pole points by at least 20 dB can be achieved with a smallest

possible number of functions F_i .

11. Arrangement according to one of Claims 1 to 10, characterized in that the function F is a product of cosine functions with different arguments.
- 5 12. Method for producing a coaxial cable (2) according to Claim 1, with openings (1) which are arranged in the outer conductor and are repeated in groups with a period length, characterized in that in a conductor strip (3) the groups of openings (1) are produced cyclically in such a way that the number of openings per period is greater than 30, that the openings are slots (1) which are as narrow as possible and that the slots (1) are essentially arranged perpendicular to the axis of the cable and the conductor strip (3) is moved on after each cycle by the period length and is shaped to the cylindrical outer conductor of the coaxial cable.
- 10 13. Method according to Claim 12, characterized in that the slots (1) are cut into the conductor strip (3) by a laser.
- 15 14. Method according to Claim 12, characterized in that the slots (1) are produced for a period length by means of a set of synchronously rotating sawblades at fixed intervals.
- 20 15. Method according to Claim 12, characterized in that the slots (1) are produced by punching.
16. Method according to Claim 12, characterized in that the slots (1) are produced by photolithography and etching.
- 25 17. Method according to Claim 12, characterized in that the slots (1) are produced by spark erosion.
- 30 18. Method according to Claim 12, characterized in that the slots are produced by coating a plastic strip by at least one pattern of the slots for one period length being applied to the circumference of a pressure roller and the different surface properties of the pattern on the roller being used in such a way that, after the pressure roller rolls on the plastic strip, a conductive layer is applied to the plastic strip outside the periodically arranged slots.
- 35 19. Method according to Claim 18, characterized in that after a first conductive layer is applied the said conductive layer is reinforced by electrical deposition of a metal layer which is a good conductor.
20. Method according to one of Claims 12 to 17, characterized in that the conductor strip (3) which is provided with slots (1) is laminated with a tension-resistant plastic strip which covers the slots, and in that the edges of the conductor strip (3) are left free for the subsequent joining process.

Revendications

- 40 1. Structure pour la transmission de signaux à haute fréquence, comportant un câble coaxial (2) muni d'ouvertures (1) dans un conducteur extérieur, les ouvertures (1), vues dans la direction longitudinale du câble, se répétant en groupes avec une période qui est choisie de telle sorte que les groupes d'ouvertures émettent des signaux à haute fréquence, à partir d'une fréquence de coupure f_0 inférieure souhaitée et que les pôles associés aux multiples de la fréquence de coupure inférieure f_0 , sont supprimés ou au moins fortement atténués dans la réponse fréquentielle de l'atténuation de couplage, caractérisée, en ce que le nombre des ouvertures par période est supérieur à 30, que les ouvertures sont des fentes (1) les plus étroites possible et que les fentes (1) sont essentiellement perpendiculaires à l'axe du câble.
- 45 2. Structure suivant la revendication 1, caractérisée en ce que les intervalles entre les fentes sont sélectionnés de telle sorte qu'ils ne sont pas inférieurs à un certain intervalle minimal pour une atténuation de plus de 15 pôles, cet intervalle minimal étant au moins deux fois plus grand que la largeur des fentes.
- 50 3. Structure suivant la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisée en ce que l'on choisit une fonction d'excitation F qui présente des zéros pour un nombre prédéterminé de fentes au plus grand nombre possible de pôles de la réponse fréquentielle ou à leur proximité et en ce que la fonction F est définie par le fait qu'elle produit une structure de fentes lors de la transformation de la gamme de fréquences dans la zone locale.
- 55

4. Structure selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les fentes (1) sont subdivisées par des nervures disposées dans la direction longitudinale des fentes.
5. Structure suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que les fentes (1) présentent différentes longueurs.
6. Structure suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que les intervalles entre les fentes (1) forment une suite non équidistante et non périodique à l'intérieur de la période.
7. Structure suivant l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la largeur des fentes est de environ un millième de la période.
8. Structure suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que l'on prévoit pour l'atténuation des pôles une fonction F qui est un produit de plusieurs fonctions F_i dans la gamme de fréquences.
9. Structure suivant l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que l'atténuation de pôles allant environ jusqu'au 15ème de la fréquence de coupure inférieure se fait par des fonctions F_i optimisées suivant les amplitudes et/ou les fréquences.
10. Structure suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que l'optimisation est choisie de telle façon qu'avec un nombre de fonctions F_i le plus petit possible, on peut obtenir une atténuation prédéterminée des pôles d'au moins 20 db.
11. Structure suivant l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que la fonction F est un produit de fonctions cosinus et d'arguments différents.
12. Procédé de fabrication d'un câble coaxial (2) suivant la revendication 1, comportant des ouvertures (1) disposées dans un conducteur extérieur, ouvertures qui se répètent en groupes avec une période, caractérisé en ce que les groupes des ouvertures (1) sont produits par cycles dans une bande conductive (3) de telle sorte que le nombre d'ouvertures par période est supérieur à 30, que les ouvertures sont des fentes (1) les plus étroites possible et que les fentes (1) sont sensiblement parallèles à l'axe du câble, et en ce que la bande conductive (3) est décalée d'une période après chaque cycle et est formée pour prendre la forme du conducteur extérieur cylindrique du câble coaxial.
13. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé en ce que les fentes (1) sont découpées dans la bande conductive (3) par un laser.
14. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé en ce que les fentes (1) sont fabriquées pour une période au moyen d'un jeu de scies à rotation synchronisée et à intervalles fixes.
15. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé en ce que les fentes (1) sont fabriquées par découpage.
16. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé en ce que les fentes (1) sont fabriquées par photolithographie et mordantage.
17. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé en ce que les fentes (1) sont fabriquées par étincelage.
18. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé en ce que les fentes sont fabriquées par recouvrement d'une bande de plastique, par le fait qu'une combinaison des fentes est tout d'abord appliqué pour une période sur le pourtour d'un rouleau d'impression et que les différentes caractéristiques de surface de la combinaison, sont utilisées sur les rouleaux pour que, après le déroulement du rouleau d'impression sur la bande de plastique en dehors des fentes disposées périodiquement, une couche conductive soit appliquée sur la bande de plastique.
19. Procédé suivant la revendication 18, caractérisé en ce qu'après l'application d'une première couche conductive, celle-ci est renforcée par précipitation électrolytique d'une couche de métal bonne conductrice.
20. Procédé suivant l'une des revendications 12 à 17, caractérisé en ce que la bande conductive (3) munie de fentes (1) est laminée avec une bande de plastique résistant à la traction qui recouvre les fentes et

EP 0 375 840 B1

en ce que les bords de la bande conductive (3) sont laissés libres pour le processus d'assemblage qui suit.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



