

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2273/89

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> : **H01B 11/18**

(22) Anmeldetag: 29. 9.1989

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1992

(45) Ausgabetag: 25. 8.1993

(30) Priorität:

10. 2.1989 US 309831 zuerkannt.

(56) Entgegenhaltungen:

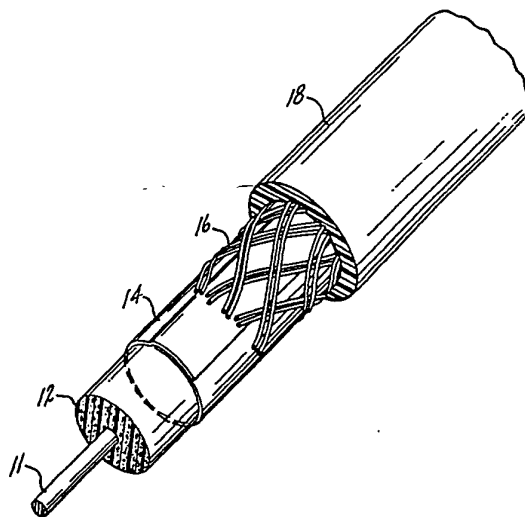
VERÖFFENTLICHTE AUSTRALISCHE PATENTANMELDUNG  
31479/89 (21.09.1989)

(73) Patentinhaber:

COMM/SCOPE, INC.  
28609 CATAWBA (US).

(54) HOCHFREQUENZ-SIGNALKABEL MIT GERINGEM ELEKTRISCHEN VERLUSTFAKTOR UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DESSELBEN

(57) Hochfrequenz-Signalkabel und Verfahren zum Herstellen eines solchen Kabels. Das Kabel ist für Hochfrequenzanwendungen konzipiert, bei denen die elektrische Dämpfung und der Verlustfaktor des Kabeldielektrikums von entscheidender Bedeutung sind. Das Kabel hat einen rohrförmigen Außenleiter (14) und mindestens einen Innenleiter (11) zur Übertragung von elektrischen Signalen. Zwischen Innenleiter (11) und Außenleiter (14) ist ein geschäumtes Dielektrikum (12). Dieses Dielektrikum besitzt eine polymere Matrix mit einer Vielzahl von Zellen, welche ein zurückgebliebenes Treibmittel enthalten, das Schwefelhexafluorid enthält. Das Expansionsverhältnis des geschäumten Dielektrikums (12) ist zwei oder größer. Vorzugsweise ist das Polymer ein Olefinpolymer oder ein Fluorpolymer. Das Verfahren sieht vor, daß eine Mischung eines geschmolzenen Polymers und eines Treibmittels, welches Schwefelhexafluorid enthält, um mindestens einen Innenleiter herum extrudiert wird, daß die Mischung zur Expansion gebracht wird, um ein geschäumtes Dielektrikum zu bilden, wobei die Mischung auf ein Expansionsverhältnis von zwei oder mehr als zwei gebracht wird, und daß rings um das expandierte Dielektrikum ein Außenleiter aufgebracht wird.



AT 396 310 B

Die Erfindung bezieht sich auf ein Hochfrequenz-Signalkabel mit geringem elektrischen Verlustfaktor, welches mindestens einen Innenleiter, einen Außenleiter, der mindestens einen Innenleiter umgibt, und ein geschäumtes Dielektrikum, welches zwischen dem Innenleiter und dem Außenleiter angeordnet ist, aufweist, wobei das geschäumte Dielektrikum eine polymere Matrix mit einer Vielzahl von darin gebildeten Zellen besitzt, welche ein zurückgebliebenes Treibmittel enthalten, das Schwefelhexafluorid enthält. Weiter bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Hochfrequenz-Signalkabels.

Beispiele solcher Kabel sind Computerkabel, Gemeinschaftsantennen- und Fernseekabel (CATV), und Lokalbereichnetzwerkkabel (LAN). Die Kabel können vom Koaxialtyp sein, oder in der Form von Mehrleiterkabeln und von Kabeln mit verdrehten Paaren ausgebildet sein.

Der Kern von Kabeln, welche zur Weiterleitung von hochfrequenten (d. h. radiofrequenten und mikrowellenfrequenten) Signalen ausgelegt sind, welcher Kern gewöhnlich einen oder mehrere Innenleiter und diese umgebendes Dielektrikum umfaßt, wird am häufigsten so hergestellt, daß man eine Mischung aus einem Polymer, wie z. B. Polyäthylen oder einem Fluorpolymer, und einem flüchtigen Treibmittel um den Innenleiter oder die Innenleiter extrudiert. Das flüchtige Treibmittel wird in den Extruderzylinder injiziert und mit dem Polymer unter dem im Extruder herrschenden Druck gemischt. Beim Austreten aus dem Extruder bildet das Treibmittel ein Gas, welches das Polymer steuerbar expandiert, um einen Polymerschäum mit feiner, gleichförmiger und geschlossener Zellstruktur zu bilden. Chlorfluorkohlenstoffverbindungen waren die am meisten verwendeten Typen von Treibmitteln zur Herstellung geschäumter Dielektrika.

Obwohl die geschäumten polymeren dielektrischen Materialien annehmbare Isolationseigenschaften haben (d. h. eine niedrige Dielektrizitätskonstante), verursacht der eigene Verlustfaktor,  $\tan \delta$ , des dielektrischen Materials eine unerwünschte Abschwächung des elektrischen Signals bei den hochfrequenten (radiofrequenten und mikrowellenfrequenten) Arbeitsfrequenzen der Kabel. Dieser Leistungsverlust, der manchmal als "dielektrischer Verlust" bezeichnet wird, trägt zur Abschwächung des elektrischen Signals bei. Es wurden Anstrengungen unternommen, um das Signalabschwächungsverhalten von Kabeln durch Verbesserungen bei den dielektrischen Verlusteigenschaften des Polymers, aus dem das geschäumte Dielektrikum hergestellt wird, zu verbessern, und es ist eine Anzahl spezialisierter Polymere für diesen Zweck entwickelt worden. Es wurde aber festgestellt, daß die Treibmittel, welche zur Herstellung der geschäumten Struktur verwendet werden, auch zum unerwünschten dielektrischen Verlust beitragen. Das Treibmittelgas, welches in den Zellen des Polymers eingeschlossen bleibt, hat seinen eigenen Verlustfaktor,  $\tan \delta$ , der zum dielektrischen Verlust des geschäumten Dielektrikums beiträgt. Zusätzlich kann das Treibmittel unter den Extrusionsbedingungen einen thermischen Abbau erleiden und die Abbauprodukte, oder die durch Wechselwirkung der Abbauprodukte mit dem geschäumten Dielektrikum gebildeten Verbindungen oder Radikale, können auch zur unerwünschten Signalabschwächung beitragen.

Es wurde in den vergangenen Jahren erkannt, daß verschiedene Chlorfluorkohlenstoffe, welche zuvor verbreitet in Aerosolspraydosen und auch zum Expandieren von als Kabeldielektrikum dienenden Kunststoffschäumen verwendet worden sind, die stratosphärische Ozonschicht über der Erde gefährden. Diese Schicht ein Abfangen gefährlicher ultravioletter Strahlen der Sonne. Bei vermindertem Ozongehalt der Stratosphäre werden größere Mengen an ultraviolettem Licht durchgelassen, was zu vermehrten Gesundheitsrisiken führt. Auf diese Erkenntnis folgend ist eine Anzahl alternativer Chlorfluorkohlenstoffe als Ersatzmittel für die umweltschädigenden Chlorfluorkohlenstoffe entwickelt und vorgeschlagen worden. Viele dieser alternativen Verbindungen haben sich für einen Einsatz in Fabrikationsbereichen, in denen die nun Beschränkungen unterworfenen Chlorfluorkohlenstoffe früher angewendet worden sind, geeignet erwiesen. Es muß aber nun der toxikologische Stoß dieser alternativen Chlorfluorkohlenstoffe bei den verschiedenen Fabrikationsanwendungen noch voll in Rechnung gestellt werden, und es ergeben sich aus der diesen Verbindungen innewohnenden chemischen Instabilität Eigenschaften, welche bei der Herstellung geschäumter Kabeldielektrika durch Schmelzextrusion unerwünscht sind, besonders bei den erhöhten Extrusionstemperaturen, welche für Fluorpolymere erforderlich sind, weil der Abbau solcher Treibmittel einen nachteiligen Einfluß auf die für elektrische Signale wirksamen Verlusteigenschaften des Dielektrikums ausübt.

Der beim Gegenstand der vorliegenden Erfindung vorgesehene Einsatz von Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) als Treibmittel für die Herstellung des geschäumten Dielektrikums elektrischer Hochfrequenzkabel zeigt, daß mit Schwefelhexafluoridgas als Treibmittel Hochfrequenzkabel erzielbar sind, deren Verlusteigenschaften für elektrische Signale besser sind, als jene von Kabeln die unter Verwendung von Chlorfluorkohlenstoffen hergestellt worden sind. Schwefelhexafluorid wurde als nicht schädlich für die Ozonschicht befunden und wird den Richtlinien für die Verwendung von hinsichtlich der Umweltbelastung sicheren Treibmitteln entsprechen.

Es kann hiezu erwähnt werden, daß Schwefelhexafluorid früher in leistungsübertragenden elektrischen Kabeln wegen seiner hohen Durchschlagsfestigkeit verwendet wurde. Es beschreibt z. B. die US-PS 3 582 533 ein elektrisches Hochspannungskabel zur Leistungsübertragung für Untergrundverlegung, bei dem eine Koronaentladung und Hochspannungsbögen zwischen den Leitern und dem Boden durch Umgeben der Leiter mit einem Schaum, in dessen Zellen Schwefelhexafluoridgas eingeschlossen ist, vermieden sind. Die japanischen Patentveröffentlichungen 48-98385 und 53-20665 beschreiben auch Kabel zur Leistungsübertragung, bei denen Schwefelhexafluorid wegen seiner vorteilhaften hohen Durchschlagsfestigkeit verwendet wird. Nach diesen Literaturstellen wird eine ungeschäumte Schicht aus Polyäthylen mit  $\text{SF}_6$  Gas imprägniert und bildet eine

Isolierschicht rings um einen Leistungskabelleiter. Die japanische Patentveröffentlichung 55-19764 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Kabels, bei dem eine geschäumte vernetzte Olefinharzisolierungsschicht unter Verwendung eines Schwefelhexafluoridtreibmittels, dessen hohe Durchschlagsfestigkeit unter Hochspannungsbedingungen (z. B. 15 bis 35 kV bis 4 kHz) als vorteilhaft erwähnt wird, hergestellt wird, wobei eine äußere Decke aus ungeschäumtem Harz die Schaumschicht umgibt. In diesen Literaturstellen ist nur auf ein Kabel zur Leistungübertragung, nicht jedoch auf Signalkabel für Radiofrequenzen oder Mikrowellenfrequenzen und auch nicht auf den Verlustfaktor des Dielektrikums eingegangen. Hiezu ist auch darauf hinzuweisen, daß sich Signalkabel von Kabeln zur Leistungübertragung grundsätzlich sowohl hinsichtlich des vorgesehenen Einsatzbereiches als auch hinsichtlich ihrer Entwurfsüberlegungen und ihrer elektrischen Eigenschaften unterscheiden.

Es ist nun Ziel der Erfindung, ein hinsichtlich der Verlusteigenschaften des Dielektrikums für hochfrequente Signale besonders günstiges Kabel eingangs erwähnter Art zu schaffen. Das erfindungsgemäße Hochfrequenz-Signalkabel eingangs erwähnter Art, ist dadurch gekennzeichnet, daß das geschäumte Dielektrikum ein Expansionsverhältnis von zwei oder mehr aufweist. Durch diese Ausbildung wird ein Hochfrequenz-Signalkabel mit vorteilhaften Eigenschaften erhalten.

Das geschäumte Dielektrikum hat beim erfindungsgemäßen Kabel ein verhältnismäßig hohes Expansionsverhältnis.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Hochfrequenz-Signalkabels ist dadurch gekennzeichnet, daß eine Mischung eines geschmolzenen Polymers und eines Treibmittels, welches Schwefelhexafluorid enthält, um mindestens einen Innenleiter herum extrudiert wird, daß die Mischung zur Expansion gebracht wird, um ein geschäumtes Dielektrikum zu bilden, wobei die Mischung beim Expandieren auf ein Expansionsverhältnis von zwei oder mehr als zwei gebracht wird, und daß rings um das expandierte geschäumte Dielektrikum ein Außenleiter aufgebracht wird.

Das beim erfindungsgemäßen Hochfrequenz-Signalkabel zur Bildung des Dielektrikums vorgesehene Polymer kann in geeigneter Weise ein Polyolefinpolymer, wie z. B. Polyäthylen, oder Fluorpolymere, wie z. B. fluoriertes Äthylen-Propylen (FEP) oder Perfluor-Alkoxypolymere (PFA) enthalten. Eine bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß das geschäumte Dielektrikum ein Polyäthylen mit einer Dichte von 0,91 bis 0,97 g/cm<sup>3</sup> enthält.

Eine andere bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß das geschäumte Dielektrikum ein fluoriertes Äthylen-Propylen-Polymer mit einer Dichte von 1,9 bis 2,2 g/cm<sup>3</sup> enthält.

Hinsichtlich des Treibmittels kann man vorteilhaft vorsehen, daß das Treibmittel außer Schwefelhexafluorid mindestens ein anderes Gas enthält. Eine andere, in manchen Fällen vorteilhafte Ausführungsform sieht hinsichtlich des Treibmittels vor, daß die Zellen des Dielektrikums zusätzlich den Rückstand eines thermisch zersetzbaren chemischen Treibmittels enthalten.

Einige der Merkmale und Vorteile der Erfindung wurden vorstehend beschrieben und andere gehen aus der nachstehenden detaillierten Beschreibung und aus der Zeichnung hervor. In der Zeichnung zeigt Fig. 1 eine perspektivische Teilansicht eines erfindungsgemäßen Koaxialkabels, Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Mehrleiterkabel und Fig. 3 eine Querschnittsansicht einer Vorrichtung zur Herstellung von erfindungsgemäß ausgebildeten Kabeln.

Die Erfindung wird nachstehend unter besonderer Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben, aber es kann vorab festgestellt werden, daß ins Auge gefaßt ist, daß im Rahmen der vorliegenden Erfindung einzelne Details gegenüber dem Dargestellten und Beschriebenen abgeändert werden können, wobei trotzdem die erwünschten Eigenschaften und Merkmale der vorliegenden Erfindung erlangt werden. Es ist dementsprechend die nachfolgende Beschreibung als breite, an Fachleute gerichtete Offenbarung zu verstehen und nicht in einschränkendem Sinn zu bewerten.

Das in Fig. 1 dargestellte Kabel ist ein Koaxialkabel, welches einen Kern aufweist, der aus einem Innenleiter (11) gebildet ist, der von einem geschäumten polymeren Dielektrikum (12) umgeben ist. Der Kern ist von einem Außenleiter umgeben, der aus einer Aluminiumfolienlage (14) gebildet ist, welche mit einem Metallgeflecht (16), welches den Umfang der Folienlage überdeckt, umgeben ist. Eine Mantelschicht (18), welche aus einem Ummantelungsmaterial, wie Polyvinylchlorid, PVDF oder FEP, gebildet ist, schafft eine schützende flexible Außenhülle für das fertige Kabel. Obwohl die dargestellte Ausführungsform ein Koaxialkabel mit nur einem Innenleiter (11) zeigt, ist die vorliegende Erfindung auch für Hochfrequenzkabel anderer bekannter Bauformen, bei denen ein oder mehrere Innenleiter vorgesehen sind, anwendbar, so z. B. für Kabel welche ein Paar von nebeneinanderliegenden Innenleitern aufweisen (welche manchmal Zweileiterkabel genannt werden), oder für abgeschirmte Kabel, welche eine Mehrzahl von Innenleitern, z. B. verdrehte Paare, aufweisen. In ähnlicher Weise können auch für den Außenleiter andere bekannte Bauformen, wie sie in Hochfrequenzkabeln benützt werden, vorgesehen werden, wie z. B. ein Metalldrahtgeflecht, oder ein gepreßtes bzw. gestauchtes Aluminiumrohr. So zeigt z. B. Fig. 2 ein Mehrleiterkabel mit einer großen Zahl von Innenleitern (11'), welche mit einem erfindungsgemäßen geschäumten polymeren Dielektrikum (12) umgeben sind, und mit einem äußeren abschirmenden Leiter (14), der das Dielektrikum (12) und die Innenleiter (11') umgibt. Der oder die Innenleiter (11) oder (11') und der Außenleiter (14) sind aus einem elektrisch leitfähigen Metall oder

Legierung, wie z. B. Kupfer, Aluminium, oder kupferplattiertes Aluminium gebildet.

Das Dielektrikum (12) ist aus einem thermoplastischen schäumbaren Polymer gebildet. Speziell geeignet sind Polyolefine, wie Polyäthylen niedriger Dichte, Polyäthylen hoher Dichte und Polypropylen. Das nicht expandierte Polyolefin hat typischerweise eine Dichte im Bereich von 0,91 bis etwa 0,97 g/cm<sup>3</sup>. Im expandierten Zustand hat es vorzugsweise eine Dichte von 0,5 g/cm<sup>3</sup> oder weniger, wobei eine Dichte von ungefähr 0,25 g/cm<sup>3</sup> oder weniger besonders erwünscht ist. Das Dielektrikum kann auch in üblicher Weise fein verteilte kernbildende Partikel enthalten. Solche Kernbildner können z. B. Calciumkarbonat, Silikaprodukte, Silikate, oder thermisch zerlegbare Verbindungen, wie Azodicarbonamid sein. Ein besonders geeignetes Polyäthylenpolymer hat eine Dichte von 0,95 g/cm<sup>3</sup> und einen Schmelzindex im Bereich von ungefähr 7 bis 12 Dezigramm/min.

Das Dielektrikum (12) kann auch aus einem geschäumten Fluorpolymer gebildet werden. Das Fluorpolymer ist vorzugsweise ein fluoriertes Äthylen-Propylen-Polymer (FEP) oder ein Perfluor-Alkoxy Copolymer (PFA). Fluorpolymere dieser Art werden vorteilhaft eingesetzt, um Kabel herzustellen, welche gegenüber hohen Temperaturen und/oder Feuer beständig sind. So werden z. B. Kabel, welche hohe Werte der Feuerbeständigkeit aufweisen und für Installationen im Plenumbereich über abgehängten Decken in Büro- und Geschäftsräumen vorgesehen sind (und welche üblicherweise als "Plenumkabel" bezeichnet werden) mit einem geschäumten Fluorpolymerdielektrikum hergestellt. Ein bevorzugtes fluoriertes Äthylen-Propylen Polymer hat eine Dichte von 1,9 bis 2,2 g/cm<sup>3</sup> und eine Schmelzindexzahl von 6,5 (Eigenviskosität =  $8 \times 10^4$  poise) bei 371 °C (700 °F). In expandiertem Zustand hat der Fluorpolymerschaum vorzugsweise eine Dichte von 1,1 g/cm<sup>3</sup> oder weniger.

Fig. 3 zeigt schematisch eine Extrudervorrichtung, wie sie zur Herstellung des erfindungsgemäßen Kabels verwendet wird. Die Vorrichtung hat einen Quer-Extrusionskopf (21) mit einer Zentralöffnung oder Bohrung, durch welche der Mittenleiter (11) zugeführt wird. Das Polymermaterial, welches üblicherweise granuliert oder pelletiert ist, wird in eine schematisch angedeutete Extrudervorrichtung (22) eingeführt und geschmolzen. Ein Treibmittel, welches Schwefelhexafluorid enthält, wird unter Druck in den Extruder (22) injiziert und mit dem geschmolzenen Polymer gründlich vermischt. Die Mischung aus geschmolzenem Polymer und Treibmittel wird in den Extrusionskopf (21) geleitet und durch einen Kanal (23) in einen den Mittenleiter (11) umgebenden Zustand gebracht. Wenn die Mischung aus der die Mittenleiter (11) umgebenden Form austritt, wird das Treibmittel dem Atmosphärendruck ausgesetzt und bringt das geschmolzene Polymer durch Bildung kleiner Zellen oder Blasen von SF<sub>6</sub> in einer Matrix von sich verfestigendem geschäumtem Polymer zur Expansion. Die Expansion des geschäumten Polymers vermindert dessen Dichte auf einen Bruchteil jener des umgeschäumten Polymers.

Um die bei einem Signalkabel verlangten Verluستهigenschaften für Kleinsignale zu schaffen, ist das Expansionsverhältnis des geschäumten Polymerdielektrikums 2 oder größer, wobei ein Wert von 2, 3 oder größer günstig ist. Für Polyolefinpolymere ist ein Expansionsverhältnis von 3 oder größer besonders vorteilhaft. Das "Expansionsverhältnis" ist als Verhältnis des spezifischen Volumens (Volumen pro Gewichtseinheit) des Schaumes zum spezifischen Volumen des nicht expandierten Polymers definiert. Das spezifische Volumen des Schaums und das spezifische Volumen des Polymers können durch übliche Flüssigkeitsverdrängungsuntersuchungen bestimmt werden. So würde z. B. ein geschäumtes Polyäthylendielektrikum mit einer Dichte von 0,25 g/cm<sup>3</sup> welches aus einem Polyäthylen gebildet worden ist, das im ungeschäumten Zustand eine Dichte von 0,97 g/cm<sup>3</sup> hat, ein Expansionsverhältnis von 3,88 aufweisen. In ähnlicher Weise würde ein geschäumtes FEP-Dielektrikum mit einer geschäumten Dichte von 0,9 g/cm<sup>3</sup> und einer ungeschäumten Dichte von 2,1 g/cm<sup>3</sup> ein Expansionsverhältnis von 2,33 aufweisen.

Das Treibmittel kann aus Schwefelhexafluorid allein bestehen oder das Schwefelhexafluorid kann mit anderen flüchtigen Treibmitteln, wie z. B. CFC-22, CFC-134, CFC-116, N<sub>2</sub> oder CO<sub>2</sub> gemischt sein. Wenn Schwefelhexafluorid mit anderen Treibmitteln gemischt ist, bildet es vorzugsweise mindestens 50 % der Mischung.

#### Beispiel

Dieses Beispiel verdeutlicht, wie Kabel nach der vorliegenden Erfindung hergestellt werden, und zeigt auch die Verminderung dielektrischer Verluste, welche durch die Verwendung des Schwefelhexafluoridtreibmittels erhalten wird. Es wurden bei diesem Beispiel drei verschiedene Typen von Kabeln hergestellt; ein Koaxialkabel mit einem Durchmesser von 12,7 mm mit einem Polyäthylenschaumdielektrikum, ein Koaxialkabel mit einem Durchmesser von 12,7 mm mit einem geschäumten Dielektrikum aus einem fluorierten Äthylen-Propylen-Polymer (FEP), und ein Koaxialkabel mit einem Durchmesser von 19,05 mm mit einem Polyäthylenschaumdielektrikum. Jedes Kabel hatte einen Mittenleiter aus Kupfer, einen aus geschäumtem polymerem dielektrischen Material gebildeten Kern und einen den Kern umgebenden, aus einem gepreßten bzw. gestauchten Aluminiumrohr gebildeten Außenleiter. Es wurden von jedem Kabeltyp zwei Muster von im wesentlichen identischem Aufbau unter Anwendung der mit Ausnahme des zur Bildung des geschäumten Dielektrikums

verwendeten gasförmigen Treibmittels gleichen Herstellungsschritte hergestellt. Bei einem Kabelmuster wurde, der Erfindung folgend, Schwefelhexafluorid als Treibmittel zum Aufschäumen des Polymers benützt, während beim anderen Kabel (dem Kontrollmuster) eine Mischung aus Chlorfluorkohlenstofftreibmitteln verwendet wurde. Es wurde die elektrische Dämpfung jedes Kabels bei verschiedenen Frequenzen gemessen. Um die Verbesserung des dielektrischen Verlustes zu bestimmen, der dem geschäumten Dielektrikum zugeschrieben werden kann, wurde der im Metall entstehende Verlust (d. h. die Dämpfung der metallischen Kern- und Mantelteile) berechnet. Die Differenz zwischen der Dämpfung des gesamten Kabels und dem metallischen Verlust ist der dielektrische Verlust. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1

		Abschwächung - (dB/30.48 m) bei einer Frequenz (MHz)				
		50	300	450	1000	2000
<hr/>						
	Koaxialkabel mit 19,05 mm Durchmesser und Polyäthylen-Schaum-Dielektrikum					
	Gesamtabschwächung bei SF <sub>6</sub> Treibmittel	0,34	0,88	1,09	1,69	2,39
	Gesamtabschwächung bei CFC 11/12 Treibmittel	0,35	0,89	1,11	1,77	2,64
	Metallischer Verlust	0,318	0,779	0,954	1,423	2,012
	Dielektrischer Verlust bei SF <sub>6</sub>	0,031	0,110	0,154	0,345	0,378
	Dielektrischer Verlust bei CFC 11/12	0,032	0,111	0,156	0,347	0,628
	Verminderung des dielektrischen Verlustes bei SF <sub>6</sub>	0,01	0,01	0,02	0,08	0,250
	Prozentuelle Verminderung des dielektrischen Verlustes	31,25	9,01	12,8	23,05	39,8
<hr/>						
	Koaxialkabel mit 12,7 mm Durchmesser und FEP-Schaum-Dielektrikum					
	Gesamtabschwächung bei SF <sub>6</sub> Treibmittel	0,56	1,60	2,10	3,69	6,07
	Gesamtabschwächung bei CFC 11/12 Treibmittel	0,57	1,66	2,18	3,87	6,39
	Metallischer Verlust	0,49	1,20	1,47	2,19	3,10
	Dielektrischer Verlust bei SF <sub>6</sub>	0,07	0,40	0,63	1,50	2,97
	Dielektrischer Verlust bei CFC 11/12	0,08	0,46	0,71	1,68	3,29
	Verminderung des dielektrischen Verlustes bei SF <sub>6</sub>	0,01	0,06	0,08	0,18	0,32
	Prozentuelle Verminderung des dielektrischen Verlustes	12,5	13,0	11,3	10,7	10,7
<hr/>						
	Koaxialkabel mit 12,7 mm Durchmesser und Polyäthylen-Schaum-Dielektrikum					
	Gesamtabschwächung bei SF <sub>6</sub> Treibmittel	0,52	1,28	1,59		
	Gesamtabschwächung bei CFC 11/12 Treibmittel	0,52	1,31	1,63		
	Verminderung des dielektrischen Verlustes bei SF <sub>6</sub>	-	0,03	0,04		
	Prozentuelle Verminderung des dielektrischen Verlustes	-	23,5	22,6		

## PATENTANSPRÜCHE

5

1. Hochfrequenz-Signalkabel mit geringem elektrischen Verlustfaktor, welches mindestens einen Innenleiter, einen Außenleiter, der mindestens einen Innenleiter umgibt, und ein geschäumtes Dielektrikum, welches zwischen dem Innenleiter und dem Außenleiter angeordnet ist, aufweist, wobei das geschäumte Dielektrikum eine polymere Matrix mit einer Vielzahl von darin gebildeten Zellen besitzt, welche ein zurückgebliebenes Treibmittel enthalten, das Schwefelhexafluorid enthält, dadurch gekennzeichnet, daß das geschäumte Dielektrikum ein Expansionsverhältnis von zwei oder mehr aufweist.
- 10
2. Kabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibmittel außer Schwefelhexafluorid mindestens ein anderes Gas enthält.
- 15
3. Kabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zellen des Dielektrikums zusätzlich den Rückstand eines thermisch zersetzbaren chemischen Treibmittels enthalten.
- 20
4. Kabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das geschäumte Dielektrikum ein Polyäthylen mit einer Dichte von 0,91 bis 0,97 g/cm<sup>3</sup> enthält.
5. Kabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das geschäumte Dielektrikum ein fluoriertes Äthylen-Propylen-Polymer mit einer Dichte von 1,9 bis 2,2 g/cm<sup>3</sup> enthält.
- 25
6. Verfahren zur Herstellung eines Hochfrequenz-Signalkabels mit geringem elektrischen Verlustfaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mischung eines geschmolzenen Polymers und eines Treibmittels, welches Schwefelhexafluorid enthält, um mindestens einen Innenleiter herum extrudiert wird, daß die Mischung zur Expansion gebracht wird, um ein geschäumtes Dielektrikum zu bilden, wobei die Mischung beim Expandieren auf ein Expansionsverhältnis von zwei oder mehr als zwei gebracht wird, und daß rings um das expandierte geschäumte Dielektrikum ein Außenleiter aufgebracht wird.
- 30
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Treibmittel eine Mischung aus Schwefelhexafluorid und mindestens einem anderen Gas eingesetzt wird.
- 35
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Treibmittel eine Mischung aus Schwefelhexafluorid und einem thermisch zersetzbaren chemischen Treibmittel eingesetzt wird.
- 40

Hiezu 1 Blatt Zeichnung

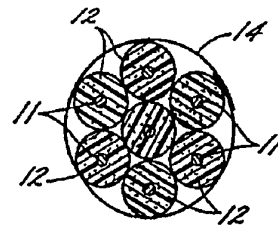
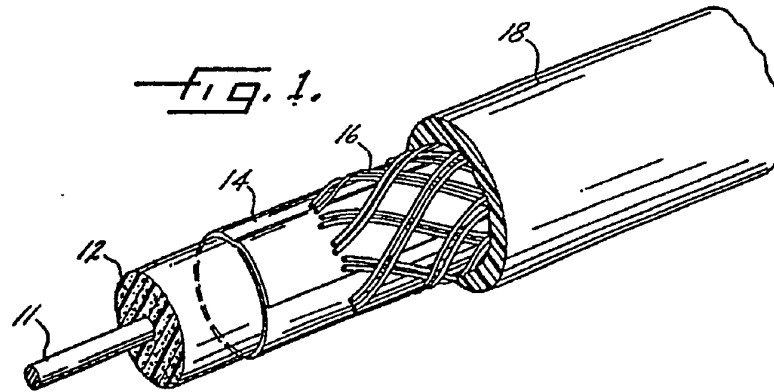


Fig. 2.

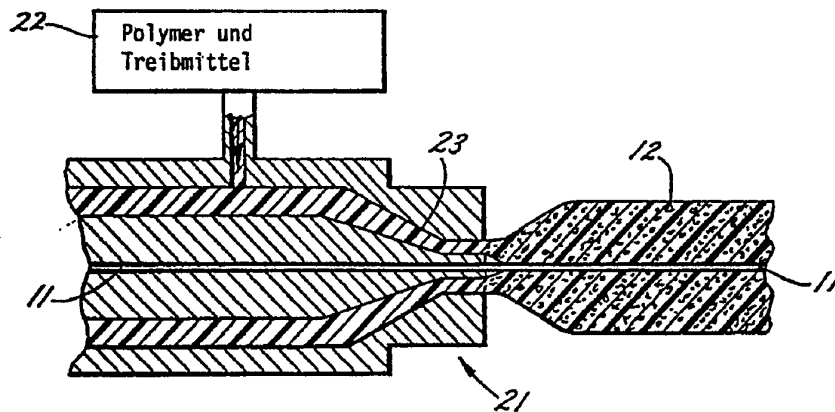


Fig. 3.