

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>  
H01B 11/18 H01B 3/44



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97196097.6

[45] 授权公告日 2003 年 1 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1098527C

[22] 申请日 1997.7.1 [21] 申请号 97196097.6

[30] 优先权

[32] 1996.7.1 [33] FI [31] 962715

[86] 国际申请 PCT/FI97/00428 1997.7.1

[87] 国际公布 WO98/01870 英 1998.1.15

[85] 进入国家阶段日期 1998.12.31

[73] 专利权人 NK 电缆有限公司

地址 芬兰埃斯波

[72] 发明人 V·图纳南 H·B·马廷松

审查员 李 涛

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 栾本生 王忠忠

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 3 页

[54] 发明名称 同轴高频电缆及其电介质材料

[57] 摘要

本发明涉及同轴高频电缆,包括内导体(1)、围绕所述内导体(1)形成的电介质材料(3)和围绕所述电介质材料(3)形成的外导体(4)。根据本发明,所述电介质材料(3)由两种不同密度的  $\alpha$  烯烃聚合物混合的膨胀聚合混合物构成,从而较高密度的聚合物形成聚合混合物的基体。

ISSN 1008-4274

1. 一种同轴高频电缆，包括：

内导体（1），

围绕所述内导体（1）形成的电介质材料（3），和

5 围绕所述电介质材料（3）形成的外导体（4），

其特征在于，

所述电介质材料（3）是利用实际发泡膨胀到至少 75 % 的膨胀度的低密度聚乙烯和中密度聚乙烯的混合物，在 100 至 3000MHz 的频率范围内的电介质材料的损耗系数至多是  $55 \times 10^{-6}$  拉德吸收（rad）。

10 2. 根据权利要求 1 的电缆，其特征在于，所述电介质材料具有最好为约 77 至 85 % 的膨胀度。

3. 根据权利要求 1 的电缆，其特征在于，具有较高密度的聚合物形成聚合混合物的基体。

15 4. 根据权利要求 1 的电缆，其特征在于，此聚合混合物具有 0.931 - 0.939 的密度、1.5-4.5 的 MFR 和在 100 - 3000MHz 频率范围内不膨胀时低于或等于 0.0002 拉德吸收的损耗系数。

5. 根据权利要求 1 的电缆，其特征在于，所述聚合混合物包含数量为约 10 - 1000ppm 的成核剂。

20 6. 根据权利要求 1 的电缆，其特征在于，所述聚合混合物包含约 1 - 50wt% 的低密度聚乙烯和 50 - 99wt % 的中密度聚乙烯以及最大约 0.1wt % 的稳定剂。

7. 根据权利要求 6 的电缆，其特征在于，所述聚合混合物包含约 20 - 40wt% 的低密度聚乙烯和约 80 - 60wt% 的中密度聚乙烯以及最大约 800ppm 的稳定剂。

25 8. 根据权利要求 1 的电缆，其特征在于，在内导体与电介质之间附加粘合层，此粘合层包含与电介质材料相同的聚合混合物。

9. 根据权利要求 8 的电缆，其特征在于，所述粘合层的厚度约为 10 - 1000 $\mu$ m，最好为约 20 - 100 $\mu$ m。

30 10. 根据前面任何一个权利要求的电缆，其特征在于，均匀聚烯烃层在泡沫层（3）上进行多层挤压，此聚烯烃层保护发泡结构免受机械张力和湿度影响。

11. 一种高频电缆，包括：

内导体 (1),

围绕所述内导体 (1) 形成的电介质材料 (3), 和

围绕所述电介质材料 (3) 形成的外导体 (4),

其特征在于,

- 5 电介质材料 (3) 包括含有 1-50wt% 的低密度聚乙烯与 50-99wt% 的中密度聚乙烯的膨胀聚合混合物, 并具有 0.931-0.939 的密度、1.5-4.5 的融化指数和小于或等于 0.0002rad 的 1GHz 上的损耗系数。

12. 一种由可膨胀的聚合物材料构成的电缆电介质 (3), 其特征在于, 所述聚合物材料由约 1-50wt% 的低密度聚乙烯和 50-99wt% 的中  
10 密度聚乙烯的混合物混合的聚合混合物构成, 并且此两种聚乙烯具有 0.931-0.939 密度、1.5-4.5 的融化指数和在 100-3000MHz 的频率范围内未膨胀时小于或等于 0.0002rad 的损耗系数。

13. 根据权利要求 12 的电缆电介质材料, 其特征在于, 较高密度的聚合物形成聚合混合物的基体。

- 15 14. 根据权利要求 12 的电缆电介质材料, 其特征在于, 所述聚合混合物包含最大约 0.1wt% 的稳定剂。

15. 根据权利要求 14 的电缆电介质材料, 其特征在于, 所述聚合混合物包含约 20-40wt% 的低密度聚乙烯和约 80-60wt% 中密度聚乙烯以及最大约 800ppm 的防氧化剂, 其中低密度聚乙烯具有约 0.920-0.928  
20 的密度、3.0-5.5 的 MFR 和在 100-3000MHz 的频率范围内未膨胀时小于 0.00025rad 的损耗系数, 而其中中密度聚乙烯具有约 0.937-0.943 的密度、2.0-5.0 的 MFR 和在 100-3000MHz 频率范围内未膨胀时小于 0.0002rad 的损耗系数。

16. 根据权利要求 12 的电缆电介质材料, 其特征在于, 所述聚合  
25 混合物包含 10-800ppm 的四〔亚甲基 (3.5-二叔丁基-4-羟基-氯化肉桂酸盐)〕甲烷作为稳定剂。

17. 根据权利要求 12 的电缆电介质材料, 其特征在于, 它包含 10-1000ppm 的成核剂。

18. 根据权利要求 12-17 的任何一个权利要求的电缆电介质材料,  
30 其特征在于, 所述聚合混合物包含 1-20% 的第三聚烯烃, 最好为约 2-15% 的第三聚烯烃。

## 同轴高频电缆及其电介质材料

本发明涉及根据权利要求 1 与 12 前序部分的同轴高频电缆。

- 5 本发明也涉及在电缆中使用的根据权利要求 13 前序部分的电介质材料。

本发明能在信号传送系统要求传输路径上的低衰减时在无论是数字的还是模拟的射频信号传送中使用。一般地，这样的应用是在从无线电发射机的功率放大级至辐射天线振子部分的高功率传输或接收天线至无线电接收机的输入级的连接，或类似信号路径的组合中。在蜂窝电话网络的基站上发现这样的应用的一个示例，另一个应用是在诸如隧道、地窖等的所述蜂窝电话系统的无线电静区中，其中这类的电缆能在具有多孔漏泄外导体时用作辐射单元。而且在其中所发送的信号传送模拟与数字电视图象的有线 TV（电视）网络中，根据本发明的电缆是实用的，它还用在现代电话系统（接入网络）的用户线路上，其中电话系统将同轴电缆用作宽带信息传送中的传输媒介。而且，本发明在宽带数据网的对称敷设电缆中是有用的。本发明的益处是所要求的传输带宽越宽，频率越高，一般的范围为几兆赫至几吉赫。

自从合适质量的聚烯烃类聚合物在十九世纪四十年代出现在市场上以来，在本技术领域已利用聚合物电介质制造适用于高频传输的同轴与对称构造的电缆结构。为了获得低介电常数 ( $\epsilon_r$ ) 和损耗因数 ( $\tan\delta$ )，历年来已测试了数不清的聚合物—空气电介质材料组合，以使用使电缆的衰减常数最小的目标来使电介质中的空气部分最大而不损害电缆的机械处理特性。单凭经验来说，机械弯曲耐久性、压缩电阻和其他与耐久性有关的特性在固体电介质材料的体积减少并利用气体媒介替代时会恶化，从而使电缆的衰减与损耗系数降低。好的折衷方案已在膨胀的聚合物电介质中找到，此电介质常规为聚乙烯，此电介质通过在电缆绝缘处理期间在挤压器中从初始固体聚合物电介质材料中发泡而形成。

在早期尝试中，发泡步骤通过混合聚合物原材料与特定化学发泡剂来实现，此发泡剂能在聚合物电介质中吹出所需尺寸的闭合小孔。这个解决办法的问题是：聚合物电介质材料俘获恶化频率范围上端上的损耗系数和衰减的发泡剂的残余物。为了部分地克服这个缺点，实际发泡方

法是根据在挤压加工处理中注入一些惰性气体进行研制，此惰性气体原始是氟化碳，但后来是二氧化碳或氮，以便吹出充满气体的膨胀小孔。然而，实践经验表明：这些现有技术的发泡方法将在某一状态上达到不能被超越的某一最终的衰减与损耗系数界限，这是因为还由于机械特性的恶化而不能通过发泡比，并且因为确定可获得电特性的可利用的聚合物类的基本质量已最大限度地被利用。

本发明的一个目的是克服上述技术的缺点并提供完全新颖类型的同轴高频电缆及其电介质材料。

通过利用由不同密度的两个 $\alpha$ 烯烃聚合物的聚合物混合物组成的材料制造同轴电缆的电介质实现了本发明的目的。

从以前的 US 专利说明第 4202086 号中可了解这样的电介质材料，此专利描述该电介质材料可以包括某种聚烯烃混合物，最好是具有 20 - 80 % 的 HDPE 含量的 HDPE/LDPE 混合物。

此公知的解决方案的缺点在于其低发泡度（约 70 %）、较高的损耗系统和产品的收缩倾向，这与差的泡沫结构有关。

在本发明中，令人吃惊地发现：通过利用实际发泡使两种不同密度的聚烯烃，即低密度聚烯烃与中密度聚烯烃成为高发泡度，获得具有小损耗系数与低相对介电常数的电介质材料。

利用具有良好熔化强度的混合物万分有益地获得了高发泡度（超过 75 %，最好为约 77 - 85 %）。

更具体地，根据本发明的电缆的特征在于权利要求 1 与 12 的特征部分中所述的。

根据本发明的电介质材料的特征在于权利要求 13 的特征部分中所述的。

根据本发明的最佳实施例，使用包含中密度聚乙烯（MDPE）与低密度聚乙烯（LDPE）的电介质材料，从而 MDPE 的量至少是聚合混合物重量的一半。因而 MDPE 形成聚合混合物的基体。小损耗系数与相对介电常数以尽可能纯正的聚乙烯为先决条件，而这样的聚合混合物除了中密度聚乙烯与低密度聚乙烯之外至多仅包含少量的掺和剂，必须避免催化剂残渣。

结合本发明已发现：通过混合低密度聚乙烯与中密度聚乙烯，获得具有本发明所要求的高熔化强度的材料，此材料随后能发泡为具有高发

泡度。

作为有益的电介质材料的一个示例，可以引证包含 1-50% 重量的 LD 聚乙烯和 50-99% 重量的中密度聚乙烯的发泡聚合混合物，此混合物具有 0.931-0.939 的密度、约 1.5-4.5 的熔化流速 (MFR) 和 (在未发泡时) 小于或等于 1GHz 上的 0.0002rad (拉德吸收) 的损耗因数。

包含在电介质材料的聚和或塑料混合物的密度约为 0.931-0.939，其熔化流速 (MRF) 约为 1.5-4.5，并且其防氧剂容量小于 800ppm，是有利的。聚合混合物包含约 20-40wt% 的 LD 聚乙烯、约 80-60wt% 的 MD 聚乙烯和 (有关主要成分) 约 10-800ppm 稳定剂是有利的。这种类型的组成具有极好的电介质特性：在 100-3000MHz 频率的范围内其损耗系数在未发泡时小于 0.0002。

更有益地，此电介质材料包含少量 (小于 1000ppm) 的成核剂，此成核剂有可能包含在例如高密度聚乙烯的聚烯烃成分中，用于将聚乙烯分量均匀扩散进聚合混合物中。此聚烯烃成分的量一般在混合物中小于 20wt%。

在由两种不同密度的聚烯烃类混合而成的同轴高频电缆的电介质材料与所述电缆的导体之间附加具有 1-500 $\mu$ m，最好为 10-100 $\mu$ m 范围厚度的两个附加层，分别用于改善粘合和保护。更合适地，在电介质与内导体之间附加由与电介质中所使用的相同聚合混合物构成的粘合改善层。然而，此粘合层由未膨胀的聚合混合物构成。这两个附加层在电缆制造加工期间保护电介质材料。在泡沫层上面多层挤压的均匀聚烯烃层保护膨胀结构不受机械张力和湿度的影响。

本发明提供显著的益处。

根据本发明的发泡电介质材料在同轴电缆中具有两个重要的优点：

1. 聚合物电介质中的较低损耗，这表示电缆的较小纵向衰减。
2. 较高的发泡率，这表示电缆的较高特性阻抗和较低的衰减。

根据本发明的膨胀电介质材料具有在约 80% 发泡度上约  $55 \times 10^{-6}$  rad (拉德吸收) 的聚合物电介质损耗系数。以前知道的聚合混合物具有约  $80 \times 10^{-6}$  rad 的损耗系数，这样的损耗减少表示在例如 1800MHz 上降低约 0.5dB (15%) 的电缆衰减。

由于改善的熔化强度，有可能将发泡度从常规的低于 75% 水平增加到约 82% 并且甚至超过 82%。

新质量对于电缆衰减的影响从下面将进行描述的示例中将是显而易见的，在此示例中，将根据本发明的电介质材料的作为频率函数的电缆衰减特性与利用现有技术材料可获得的电缆衰减特性进行比较。

在下面借助于举例说明附图中所示的实施例更详细地描述本发明，

5 其中

图 1 表示根据本发明的高频电缆的透视图；

图 2 表示根据本发明的可选电缆结构的示例；

图 3 表示与现有技术电缆衰减相比较的根据本发明的电缆衰减的图表；和

10 图 4 表示根据本发明和现有技术制造的电缆的电特性图表。

参见图 1，高频电缆包括由电介质媒质 3 包围的内导体 1。一般地，电介质材料包含改善其电特性的小孔 (cell) 2，电介质 3 由外导体 4 包围，外导体 4 还加有护套 5。

一般地，内导体 1 是平滑铜线。如果要求特别高的电缆柔软性，则  
15 由绞合的多线导体制成内导体 1。如果电缆大小足够大并且传输频率足够高，通过利用诸如铝的较便宜材料替代内实心铜导体的芯或利用管状铜导体能节约材料费用。这些选择利用在高频率上所谓的趋肤效应强迫电流沿导体外表面非常浅的深度流动的事实是可能的。如果需要最小可能的衰减，则通过镀银导体能进一步改善内导体的导电性。

20 在高频上，同轴电缆的衰减能写成如下公式：

$$\alpha = 9.95 \cdot 10^{-6} \sqrt{f} \sqrt{\epsilon_r} \frac{\frac{1}{a\sqrt{\sigma_a}} + \frac{1}{b\sqrt{\sigma_b}}}{\log \frac{b}{a}} + 9.10 \cdot 10^{-8} \sqrt{f} \cdot \epsilon_r \cdot \tan \delta$$

25 其中： $\alpha$  = 衰减 [dB/m]

$f$  = 频率 [Hz]

$\epsilon_r$  相对介电常数

$a$  = 内导体半径 [m]

$b$  = 外导体半径 [m]

30  $\sigma_a$  = 内导体电导率 [s/m]

$\sigma_b$  = 外导体电导率 [s/m]

$\tan \delta$  = 损耗系数

从上面给出的电缆衰减公式中能看出：除了电缆的内与外导体的直径比之外，决定电缆衰减的因素包括电缆导体的电导率、频率、电介质的相对介电常数和损耗系数。这里，控制参数是电缆的截面尺寸，电介质结构实际的介电常数和损耗系数，其中尺寸越大，衰减越低，并且电  
5 介质结构的实际的介电常数和损耗系数必须尽可能低以获得低损耗电缆。

为了保持电缆实际的加工特性，电缆的尺寸与当前采用的那些电缆相比几乎不增加，并且在工作频率达到几个 GHz 高时，由于 TEM 模式很快就达到电缆的频率上限。

10 虽然银是具有比铜更优越的传导特性的金属，但其价格和可加工性实际阻碍其使用。

结果，减少并行电缆中衰减的唯一可行的解决方案是改善电介质媒质及其结构。

在图 2 中示出一些空气膨胀的聚合物电介质结构的示例。当前，最  
15 通用的结构是类型 E 的结构，利用膨胀的聚乙烯形成其电介质，在某些情况中利用固态聚合物的外层进行补充以改善其机械质量。

外导体 4 最一般地是例如由铜或铝制成的金属管，金属管 4 可以利用焊接进行密封，或利用纵向转动的园形金属带或重叠地倾斜缠绕金属薄片来形成。当要求此结构的特性高的柔软性时，利用薄的编织或缠绕  
20 铜线制成外导体。用于 CATV 或数据传输的电缆时常使用与这样的编织或缠绕一起组合的聚合物涂覆的金属箔盖板。

如果利用焊接的金属管形成外导体，则外导体可以是波纹的以改善电缆的柔软性。在大尺寸电缆中，内导体也能是波纹的。

在同轴结构的外导体 4 上一般根据工作环境的需要挤压外护套 5，  
25 此外护套 5 一般由 UV 稳定的聚乙烯或 PVC 制成。用于户内安装的某种电缆类型现在可以利用以防火和低烟发展为特点的低卤素工程聚合物来提供。

聚合物电介质混合物领域中研究与发展的主要目标是获得具有与好的熔化强度组合的低电损耗系数的可膨胀聚合混合物，低损耗系数的目标基本上与聚合物生产中所用的技术相联系，只有合适的反应剂类型和  
30 合适的催化剂技术能保证充分无杂质聚合物质量用于电使用。

新颖的可膨胀聚合混合物的两种成分以低压反应剂制成。

所要求的聚合物电介质混合物的另一个重要质量是高熔化强度。在发泡处理中，聚合物的熔化强度指在小孔形成期间聚合物经受强拉伸时所要求的自我增强的特性。这表示：聚合物薄膜在最大伸长的区域上承受最大压力，这样的特性使之有可能生产具有薄的、多边形孔壁的泡沫结构，平面孔壁结构和在壁的角点上的小体积节点有助于高的发泡率。

利用球形孔结构容易获得高达 70% 的发泡度，此新颖的聚合物电介质材料使之有可能获得大于 75% 的发泡率，最好高达 82% 或甚至更高。通过以合适的比例相互混合两种低损耗系数的聚合物类获得混合物良好的熔化强度质量。在生产中，聚合混合物的最佳熔化强度的挤压温度必须落入发泡挤压器的温度控制界限内。此新颖聚合混合物的最佳熔化温度是  $170^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，此温度良好地与当前发泡挤压技术相容。

根据本发明的聚合物电介质混合物是组合的聚合物材料（聚合混合物）由两种不同密度的 $\alpha$ 烯烃聚合物的混合物组成。虽然两种聚烯烃能以相等量有益地包含在此混合物中，但较高密度的聚合物形成此聚合混合物的基体（连续相位）。能从聚乙烯或聚丙烯组中选择聚烯烃。更有益地，此聚合混合物由低密度聚乙烯（LDPE）和特别是线性中密度聚乙烯的中密度聚乙烯（MDPE）组成。本发明中所使用的低密度聚乙烯的密度一般约为 0.910-0.930，最好为约 0.920-0.928，并且中密度聚乙烯具有约 0.930-0.945 的密度，最好为约 0.937-0.943。已发现：通过将形成混合物基体的中密度聚乙烯与低密度聚乙烯修正中密度聚乙烯的机械与液流学质量，能获得具有良好熔化强度和电介质特性的特别合适的材料用作电缆的电介质。作为 LD 聚合物的示例，可以引用以下：DFDA 1253（Union Carbide）、BPD 8063 和 BPD 2007（BP）、LE 1169、LE4004、LE40227、LE4510 和 LE4524-D（Borealis）。作为中密度聚合物的示例，则可以引用以下：ME 1831、ME1835、MIM4034 和 ME6032。有益地，一些（1-20% 的重量，最好为约 2-15% 的重量）高密度 PE 还可以与此材料进行混合。HDPE 产品的示例包括 DGDA6944（Union Carbide）、HE1102 和 HE 6930（Borealis）。

根据本发明，最好使用具有约 3.0-5.5 的 MFR 的 LDPE 类和具有 2.0-5 的 MFR 的 MDPE 类。聚乙烯类的损耗因数在频率范围 100-3000MHz 内未膨胀时应最好小于 0.00025rad，并相应地为 0.0002rad。

有益地，此聚合混合物包含约 1-50wt% 的 LDPE、约 50-99wt% 的

MDPE 和最大约 0.1wt% (即, 与其他成分的重量相比为 1000ppm) 的诸如此类的塑料附加与掺和剂。更合适地, 此聚合混合物包含约 10 - 45wt%、最好为约 20 - 40wt% 的 LDPE、和约 85 - 55wt%、最好为约 80 - 60wt% 的 MDPE 以及小于 800ppm (与其他成分重量相比较) 的稳定剂 (抗氧化剂)。

如前面所指出的, 根据本发明特别优选实施例的聚合混合物具有约 0.931-0.939 的密度、约 1.5-4.5 的 MFR、在 100 - 3000MHz 频率范围内未膨胀时小于 0.0002 的损耗系数以及小于 800ppm 的抗氧化剂含量。

如从下面所示的示例中显而易见的, 利用包含重量比 1: 1.5 - 1: 4, 例如重量比 1: 3 的 LDPE 与 MDPE 的聚合混合物获得这些特别好的质量。

通常, LDPE 和 MDPE 均包含共聚单体, 诸如包括丙烯、丁烯、4 甲基戊烯、1 己烯和/或 1 辛烯或乙烯基乙酸盐的较高 $\alpha$ 烯烃。通过改变共聚单体含量、能修改诸如结晶度与强度的聚合物质量。

最好, 聚合混合物应尽可能不加塑料附剂和辅剂, 这些附加剂和辅剂可能损害材料的电介质特性。特别地, 这里的有害物是极性附加剂和杂质。因此, 根据本发明的聚合混合物最适合仅包含约 50 - 1000ppm 量的抗氧化剂, 最好至多 750ppm 可以提到合适稳定剂组的四〔亚甲基 (3.5-二叔丁基 - 4 羟基 - 氢化肉桂酸盐)〕甲烷。

此聚合物在挤压器中进行膨胀, 高压氮气以约 500bar 的压力注入挤压器圆筒, 通过改变挤压喷管的压力和截面积控制氮气的体积流速。此气体首先融入熔融聚合物中。当聚合物开始从挤压器印模中流出时, 融入聚合物熔化的气体被释放出, 从而实施材料的发泡。

为了获得高膨胀度, 必须利用准确控制的气体流速和将小孔尺寸设置为发泡期间所需体积的附加剂组合合适制定的可膨胀聚合混合物, 用作这样的成核剂的一个合适的附加剂是偶氮二碳酸胺。表示此附加剂使用特征的参数如下:

合适的颗粒尺寸分布在约 5 - 15 $\mu$ m 的范围内;

约 200 $^{\circ}$ C 的合适分解温度;

要求电纯度 (无极化特性的金属化合物);

合适的发泡量增加约 150 - 180ppm; 和

附加剂必须均匀地在聚合混合物中进行组合。

虽然成核剂能如此直接混合入可膨胀的聚合混合物中, 但它也可能

与聚烯烃类进行预先组合，此聚烯烃类接下来与可膨胀电介质材料进行组合。合适的聚烯烃示例是 HDPE，例如用于高频使用的可膨胀聚合物电介质材料。通过将此材料以 1-20%，最好为约 2-15% 的量与可膨胀聚合物电介质材料进行混合能得到具有均匀组合的正确混合比。利用在入口开口上方适于挤压器庠斗的混合设备实施组合步骤，成核剂能以约 100-800ppm，一般为约 200-600ppm 的量附加到聚烯烃。

在需要时，在膨胀的电介质与内导体之间能形成薄的粘合层，此层一般具有约 10-200um 厚度并由聚烯烃材料组成。特别有益地，此粘合层由与聚合混合物相同的材料构成，从而聚合物可以与少量的(0.01-0.5%)诸如实用的聚乙烯的粘着力改善剂进行组合，例如乙烯与丙烯酸的共聚物，如果需要如此的话。类似地，在膨胀的电介质与外导体之间能安排薄趋肤层，用于在电缆制造加工期间阻止最外孔层的穿孔和水后续渗透入电介质。趋肤层例如由 LDPE、LLDPE、MDPE、HDPE 或 PP 组成，最外趋肤层的厚度与上述粘合层的厚度的数量级相同。

举例说明电缆的类型是具有以下特征尺寸的 RF，15/8-50:

内导体 17.3mm

电介质 42.5mm

外导体 46.5mm

护套 50mm

电介质由具有以下成分的可膨胀聚合混合物构成:

24% 的低密度 PE (密度为 0.924, MFR 为 4.2)

76% 的线性中密度 PE (密度为 0.940, MFR 为 3.5)

600ppm (从上面列出的 LDPE 与 MDPE 的总量中计算的) 稳定剂 (抗氧化剂)。

此混合物的特性是约 0.935 的密度，约 3.0 的 MFR 以及在 100-3000MHz 频率范围内未膨胀时小于或等于 0.0002 的损耗系数。

膨胀的电介质的 90% 由上述混合物构成，而 10% 是包含 400ppm 偶氮二碳酸胺作为成核剂的 HD 聚乙烯类。

在膨胀电介质与内导体之间加上由与聚合物混合物中使用的相同的材料构成的约 50um 粘合层，这包含少量的 0.2 乙烯丙烯酸。因此，在膨胀电介质与外导体之间加上由 LLDPE 塑料构成的 50um 的趋肤层。

为比较测试 (图 4 的 cf. 区域 15)，根据常规技术制成具有其从 90

% LD 聚乙烯与 10% HD 聚乙烯的混合物中挤压的电介质的电缆, 150ppm 偶氮二碳酸胺用作成核剂。

参见图 3, 其中是根据本发明的电缆与根据现有技术的电缆的图表比较的衰减-频率测量结果。如从曲线中可看出的, 例如在近来分配的频带频率(1800MHz)上, 现有技术电缆的衰减曲线 12 高于根据本发明电缆的衰减曲线 13 约 0.5dB, 这对应本发明好处中约 15% 的改善。换句话说, 根据本发明的电缆比常规电缆构造发送 15% 更多的电功率给诸如基站天线的远端。而且, 曲线 10 表示电缆总衰减中现有技术电介质材料部分, 而曲线 11 表示电缆总衰减中根据本发明的电介质材料部分。

在图 4 中比较不同类型的聚合物电介质混合物的电特性。区域 14 表示要求电缆的基本可接受质量, 垂直轴表示特性电缆阻抗, 而水平轴表示电缆衰减。目标阻抗是具有 $\pm 10\Omega$ 的可允许偏差范围的  $50\Omega$ , 并且最大可允许衰减是 1800MHz 上的 4dB/100m。区域 15 表示利用常规聚合物电介质混合物可获得的唯一刚好在可允许界限内的阻抗和衰减值。相应地, 根据本发明的聚合混合物达到区域 16 所示的值, 其中平均衰减约低于区域 15 的衰减 0.5dB。聚合物电介质损耗曲线 17 与 18 表示由在不同膨胀度上根据本发明的可膨胀聚合物电介质材料构成的电缆的特性阻抗, 并且相应地, 聚合物电介质损耗曲线 19 与 20 表示在不同膨胀度上由现有技术可膨胀聚合物电介质材料构成的电缆的特性阻抗。

根据本发明制成的基本电缆结构是同轴低损耗天线馈电电缆, 本发明的另一个应用是用于蜂窝电话网络的辐射电缆, 此结构具有穿孔的外导体。

在有线电视网络中使用的 CATV 电缆的不同主要是其更简单与更低费用结构的外导体以及具有不同的尺寸。在宽带接入网络中使用的电缆在结构上类似于 CATV 网络的电缆。数据传送网络的宽带电缆与上述类型的不同在于具有双导体结构。

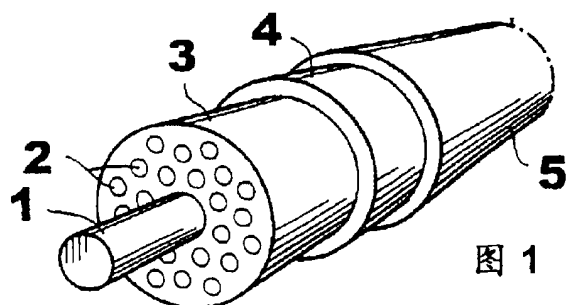


图 1

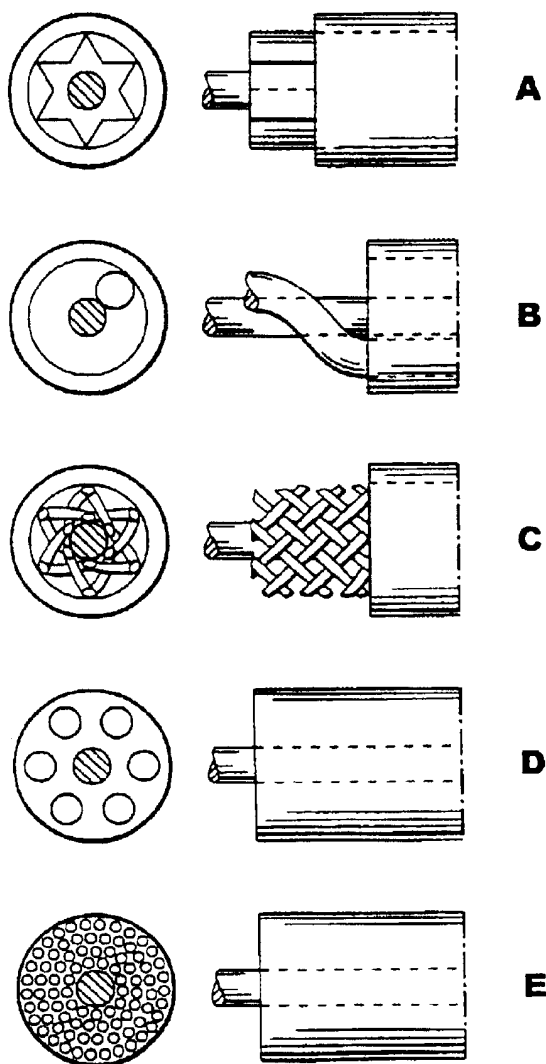
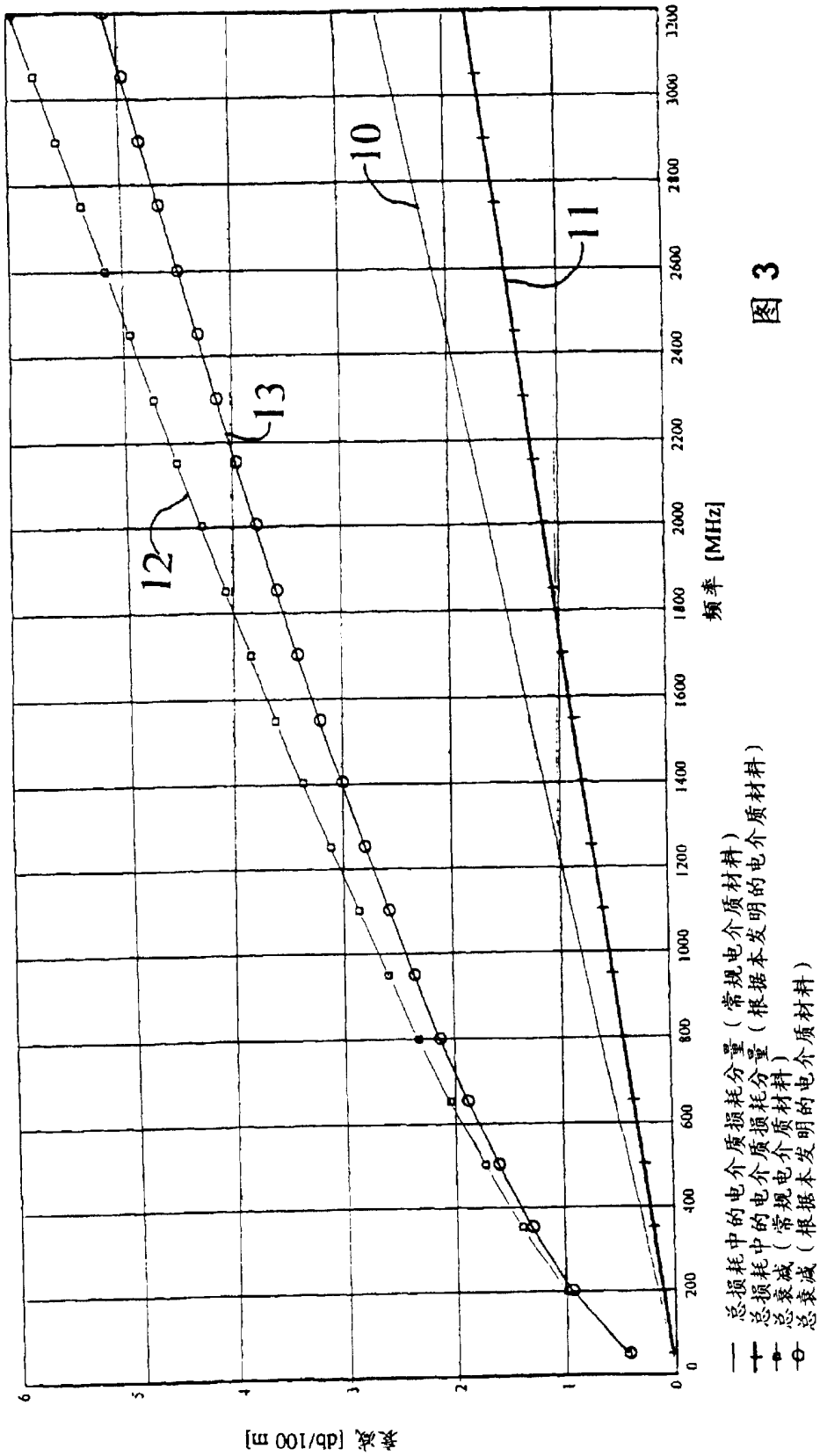
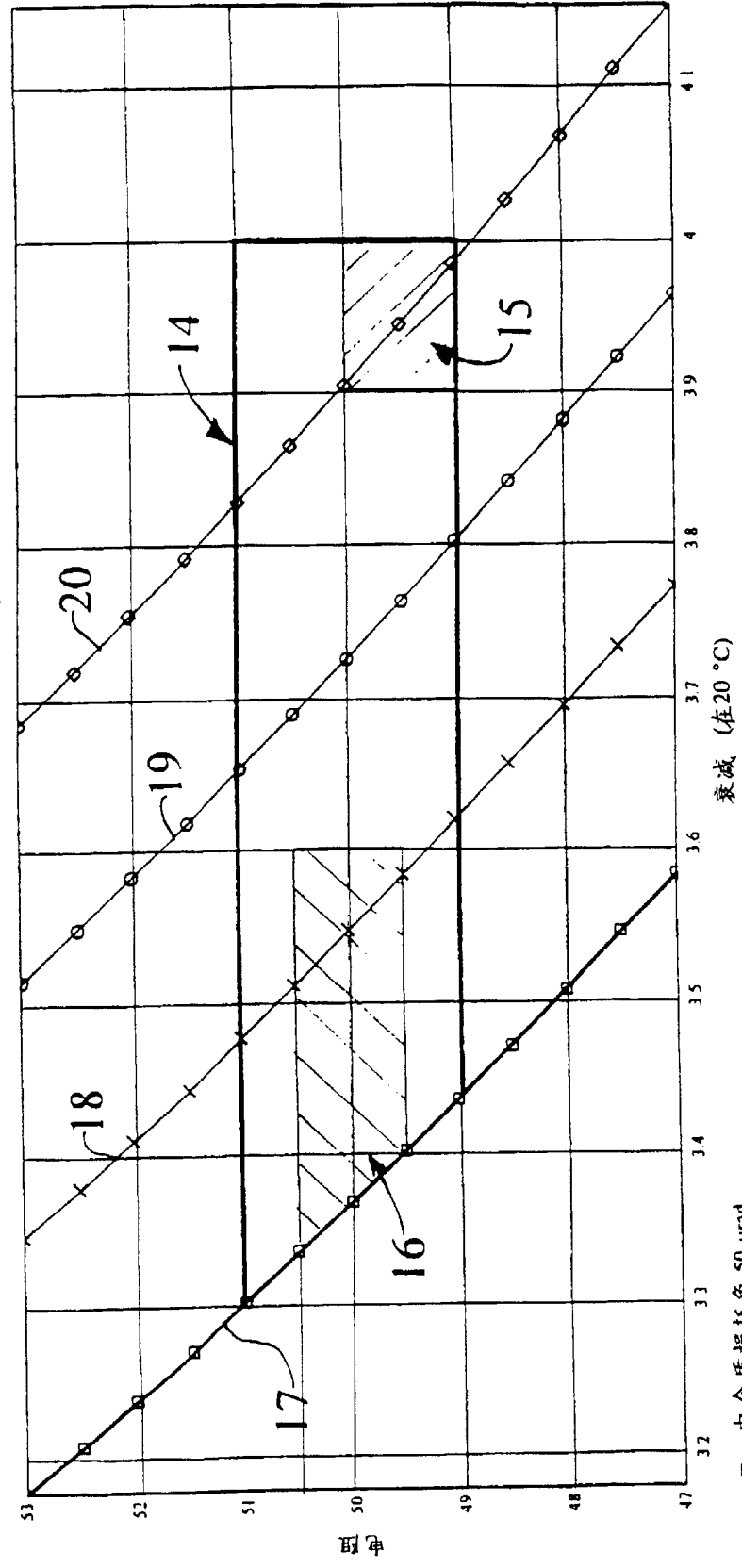


图 2

电缆类型RF 1 5/8 中的衰减变化



1800 MHz 上电缆类型 RF 1 5/8 中的电介质损耗分量



电介损耗角 50  $\mu$ rad  
电介损耗角 60  $\mu$ rad  
电介损耗角 70  $\mu$ rad  
电介损耗角 80  $\mu$ rad  
电介损耗角 49 ohm 上限  
电介损耗角 51 ohm 上限  
4.0dB 最大允许衰减

图 4