



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580012331.6

[45] 授权公告日 2009 年 10 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 100555014C

[22] 申请日 2005.2.28

US4479984A 1984.10.30

[21] 申请号 200580012331.6

US6137935A 2000.10.24

[30] 优先权

CN1043793A 1990.7.11

[32] 2004.3.25 [33] US [31] 10/809,619

US4856867A 1989.8.15

[86] 国际申请 PCT/US2005/006461 2005.2.28

US4975232A 1990.12.4

[87] 国际公布 WO2006/011913 英 2006.2.2

US5050957A 1991.9.24

[85] 进入国家阶段日期 2006.10.10

US6356690B1 2002.3.12

[73] 专利权人 康宁光缆系统有限责任公司

US20030044139A1 2003.3.6

地址 美国北卡罗来纳州

US6198865B1 2001.3.6

[72] 发明人 詹姆斯·D·莫勒 戴维·A·塞登

审查员 喻天剑

[56] 参考文献

[74] 专利代理机构 北京律诚同业内知识产权代理有限公司

US20030082380A1 2003.5.1

US5925462A 1999.7.20

US6459837B1 2002.10.1

US20040050579A1 2004.3.18

代理人 徐金国 梁 挥

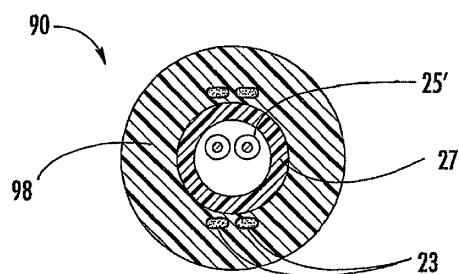
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 7 页

[54] 发明名称

适于室外光纤到用户应用的光纤分支电缆

[57] 摘要

一种 8 字形光纤分支电缆包括由腹板连接的吊线部分和承拉部分。承拉部分具有至少一根光波导管和至少一根粗纱。在一实施方式中，在平均收缩测试中，当承拉部分从吊线部分分离时，承拉部分具有约 0.5% 或更少的平均收缩。而且 8 字形光纤分支电缆的承拉部分在从吊线部分分离之后可以具有约 $5.0 \times 10^{-3} \%/\text{^\circ C}$ 或更少的平均热膨胀系数 (CTE) 以用于保持光学性能。另外，在热循环中，在约 40°C 的温度下的约 1550nm 的基准波长，至少一根光波导管的最大德耳塔衰减为约 0.3dB/20 米或更少。



1、一种光纤分支电缆，包括：

至少一根光波导管，所述光波导管设置在光纤电缆内；

至少一根柔性粗纱，所述至少一个柔性粗纱具有重量占约 10%或更少的树脂基体，所述树脂基体为包含乙烯丙稀酸的水基丙稀酸合成物；以及

电缆护套，其中所述至少一根柔性粗纱嵌在所述电缆护套内，从而限制电缆护套的弯曲，从而在-40° C 的温度下 1550nm 的基准波长，在热循环中至少一根光波导管的最大德耳塔衰减为约 0.3dB/20 米或更少；

其中光纤电缆的平均热膨胀系数是约 $5.0 \times 10^{-3} \% / {}^{\circ}\text{C}$ 或更少。

2、根据权利要求 1 所述的光纤分支电缆，其特征在于，至少一根柔性粗纱的树脂基体占重量的约 7%或更少。

3、根据权利要求 1 所述的光纤分支电缆，其特征在于，在平均收缩测试中，光纤电缆具有约 1.0%或更少的平均收缩，其中平均收缩测试使用 1 米的样本并且将 1 米的样本暴露在加热腔中 70° C 环境下持续至少三十分钟，并随后使 1 米的样本冷却到 20° C，之后测量 1 米的样本的平均收缩。

4、根据权利要求 1 所述的光纤分支电缆，其特征在于，所述光纤电缆是无管设计。

5、根据权利要求 1 所述的光纤分支电缆，其特征在于，在热循环中，在-40° C 的温度下的 1550nm 的基准波长，至少一根光波导管的最大德耳塔衰减为约 0.1dB/20 米或更少。

6、根据权利要求 1 所述的光纤分支电缆，其特征在于，电缆具有两根粗纱并且在电缆的平均收缩和光纤余长之间的差为约 0.5%或更少。

7、一种光纤分支电缆，包括：

至少一根光波导管，所述光波导管设置在光纤电缆内；

至少一根柔性粗纱，所述至少一个柔性粗纱具有重量占约 10%或更少的树脂基体；以及

电缆护套，其中所述至少一根柔性粗纱嵌在所述电缆护套内，其中光纤电缆的平均热膨胀系数为约 $5.0 \times 10^{-3} \% / {}^{\circ}\text{C}$ 或更少，从而保持所述至少一根光波导管的光学性能。

8、根据权利要求 7 所述的光纤分支电缆，其特征在于，在热循环中，在-40° C 的温度下的 1550nm 的基准波长，至少一根光波导管的最大德耳塔衰减为 0.3dB/20 米或更少。

9、根据权利要求 7 所述的光纤分支电缆，其特征在于，在热循环中，在-40° C 的温度下的 1550nm 的基准波长下，至少一根光波导管的最大德耳塔衰减为 0.1dB/20 米或更少。

10、根据权利要求 7 所述的光纤分支电缆，其特征在于，至少一根柔性粗纱的树脂基体占重量的 7% 或更少，所述树脂基体是包含乙烯丙稀酸的水基丙稀酸合成物。

11、根据权利要求 7 所述的光纤分支电缆，其特征在于，在平均收缩测试中，光纤电缆具有 1.0% 或更少的平均收缩，其中平均收缩测试使用光纤电缆的 1 米样本并且将 1 米的样本暴露在加热腔中的 70° C 环境下持续至少三十分钟，并随后使 1 米的样本冷却到 20° C，之后测量 1 米的样本的平均收缩。

12、根据权利要求 7 所述的光纤分支电缆，其特征在于，所述光纤电缆是无管设计。

13、根据权利要求 7 所述的光纤分支电缆，其特征在于，电缆具有两根粗纱并且在电缆的平均收缩和光纤余长之间的差是 0.5% 或更少。

14、一种光纤分支电缆，包括：

至少一根光波导管；

至少一根柔性粗纱；

电缆护套，所述至少一根柔性粗纱嵌在所述电缆护套内，电缆在平均收缩测试中具有 0.5% 或更少的平均收缩，其中平均收缩测试包括使用电缆的 1 米的样本并且将电缆的 1 米的样本暴露在加热腔中的 70° C 环境下持续至少三十分钟，并随后使 1 米的样本冷却到 20° C，之后测量 1 米的样本的平均收缩；其中电缆的平均热膨胀系数为 $5.0 \times 10^{-3} \% / {}^{\circ} \text{C}$ 或更少。

15、根据权利要求 14 所述的光纤分支电缆，其特征在于，在热循环中，在-40° C 的温度下的 1550nm 的基准波长，所述至少一根光波导管的最大德耳塔衰减为 0.3dB/20 米或更少。

16、根据权利要求 14 所述的光纤分支电缆，其特征在于，在热循环中，在-40° C 的温度下的 1550nm 的基准波长，至少一根光波导管的最大德耳塔衰

减为 0.1dB/20 米或更少。

17、根据权利要求 14 所述的光纤分支电缆，其特征在于，至少一根柔性粗纱的树脂基体占重量的 7% 或更少，所述树脂基体是包含乙烯丙稀酸的水基丙稀酸合成物。

18、根据权利要求 14 所述的光纤分支电缆，其特征在于，所述光纤电缆是无管设计。

19、根据权利要求 14 所述的光纤分支电缆，其特征在于，电缆具有两根粗纱并且在电缆的平均收缩和光纤余长之间的差为 0.5% 或更少。

适于室外光纤到用户应用的光纤分支电缆

技术领域

本发明主要涉及一种光纤分支电缆。更具体的，本发明涉及一种用于在例如光纤到用户的室外应用中具有保持光学性能的增强性能特性的低成本光纤分支电缆。

背景技术

利用通信网络传输例如音频、视频、数据传输等的多种信号。传统通信网络在电缆中使用铜线用于传输信息和数据。然而，铜质电缆由于其外形大，重量沉，并且仅能传输相对有限数量的数据而具有缺点。因此，在远程通信网络链接中光波导管电缆代替了大多数的铜质电缆，从而提供远程链接的较大带宽的能力。然而，大多数通信网络使用铜质电缆作为在中央办公室的用户方的分配和/或分支链接。换句话说，由于通信网络中铜质电缆的限制，用户具有有限量的可用带宽。也就是说，铜质电缆是限制用户利用远程链接的相对高带宽能力的瓶颈。

随着光波导管在通信网络中被更深入地采用，用户将能得到增大的带宽。但是有一定障碍，使得将光波导管/光纤电缆更深入地连接到通信网络，即，接近用户是挑战性的和/或昂贵的。例如，铺设到用户的最后一英里光纤需要低成本的光纤电缆，所述光纤电缆是易于安装、链接、备用储存（slack storage）的和多功能性的。另外，光纤电缆的可靠性和耐用性必须经受严酷的室外环境。

图 1 示意性地示出了用于将光纤电缆连接到驻地 19 的两种不同的方法。具体地，图 1 示出了在空中应用中将 8 字形电缆 10 连接到驻地 19 的第一种方法以及在埋地应用中使用连接到驻地 19 的电缆 10' 的第二种方法。在空中应用中，电缆 10 可以是 8 字形电缆，其具有连接在位于柱杆 11 上的第一接口设备 12 的第一端 10a 以及仅是连接到驻地 10 的接口设备 14 的电缆 10 的一部分的第二端 10b。具体地，8 字形电缆具有可以在靠近驻地 19 处分离的吊线部分

和承拉部分。更具体的，吊线部分可以包括用于传送(carry)电缆10的拉伸负荷的导电加强构件(conductive strength member)，并且用位于驻地19的连接点19a的夹钳终止并连接。8字形电缆10的承拉部分包括位于其中的一个或多个光纤，并且沿驻地19的侧面引导到接口设备14。在埋地应用中，电缆10'的第一和第二端分别引导到基座18并且连接到接口设备16以及引导并连接到接口设备14。

在美国专利申请第6,546,175号中公开一种这样的8字形分支电缆，并且该分支电缆优选地具有不包括加强构件的承拉部分。该电缆的承拉部分当从备用储存的吊线部分分离时是柔性的；然而，承拉部分不具有抗弯构件(anti-buckling members)，所以承拉部分的聚合材料可能随着环境温度改变而收缩，从而引起更大的光学衰减。在美国专利申请第6,356,690号公开另一种8字形分支电缆，其承拉部分具有向承拉部分提供抗弯曲的加强构件。加强构件可以是帮助限制承拉部分的收缩的例如钢的材料；然而，钢质加强构件使承拉部分相对硬，从而限制备用储存。换句话说，当卷曲的加强构件的作用象想要展开的卷曲弹簧时，加强构件增加了承拉部分的弯曲半径。另外，仍然存在潜在的更高衰减。

电缆已经利用了例如传统玻璃纤维纱线的其他加强构件，但是它们比刚性的加强构件提供较少的抗弯曲强度。美国专利申请第6,487,347号公开了使用传统玻璃纤维纱线的光纤；然而，电缆需要相对较大量数的柔性加强构件用于充足的性能。使用相对较大量数的传统玻璃纤维纱线会增加制造复杂性，增加了电缆的成本，并且使电缆相对硬。因而，这种电缆不能满足适于将光波导管连接到用户的分支电缆的所有需要。

发明内容

本发明涉及具有至少一根光波导管和至少一根粗纱的光纤分支电缆。本发明的光纤分支电缆的优点在于提供具有保持光学性能的增强性能特性的低成本光纤分支电缆。也就是说，本发明的光纤分支电缆提供改进的抗弯性能同时仍具有用于备用储存等的柔性。而且，本发明的光纤分支电缆可以配置为用于空中应用，诸如8字形光纤分支电缆；还可以用于埋地应用。在一实施方式中，光纤分支电缆具有8字形结构，其中在该结构中当承拉部分从吊线部分分开时在平均收缩测试中承拉部分的平均收缩为约0.5%或更少。同时，8字形光

纤分支电缆的承拉部分在与吊线部分分开之后具有约 $5.0 \times 10^{-3} \text{%/}^{\circ}\text{C}$ 或更小的平均热膨胀系数(CET)，以保持光学性能。此外，在约 -40°C 的温度下约 1550nm 的基准波长，在热循环期间至少一光波导管的最大德耳塔衰减为约 0.3dB/20 米或更少。另外，本发明的原理适于不含有吊线部分的电缆结构，诸如具有相似性能特性的圆光纤分支电缆。

附图说明

图 1 示意性地示出了用于将光纤分支电缆引导到驻地的两种方法。

图 2 示出了根据本发明的 8 字形光纤分支电缆的截面图。

图 3 示出了根据本发明的另一 8 字形光纤分支电缆的截面图。

图 4 示出了在平均收缩测试中，从吊线部分分离之后的图 3 中的 8 字形光纤电缆的承拉部分以及图 3 中的电缆的变型的的平均收缩以及传统 8 字形光纤分支电缆的相似的分离的承拉部分的平均收缩的柱状图。

图 5 和图 6 分别示出了在从吊线部分分离之后的图 3 中的电缆以及图 3 中电缆的变型的承拉部分的平均热膨胀系数 (CTE) 以及传统 8 字形光纤分支电缆的相似的分离的承拉部分的 CTE 的线状图表和柱状图。

图 7 示出了在 1550nm 的基准波长的热循环测试中图 3 中电缆和相似的传统光纤电缆的最大德耳塔衰减 (delta attenuation) 的柱状图。

图 8 示出了在 1550nm 的基准波长的热循环测试中与图 3 相似的除了其中包括十二根光纤的电缆和类似的传统光纤电缆的最大德耳塔衰减的柱状图。

图 9 示出了根据本发明的原理的另一光纤电缆构造的截面图。

图 10 示出了根据本发明的原理的又一光纤电缆构造的截面图。

具体实施方式

现在参照示出本发明的优选实施方式的附图更充分地描述本发明。然而，本发明可以包括在许多不同的形式中并且不应当被理解为限于此处描述的实施方式；相反，提供这些实施方式以使本公开完整地将本发明的范围表达给本领域技术人员。附图并不一定是按比例绘制的并且用于清楚地说明本发明。

图 2 所示的是根据本发明的一实施方式的 8 字形分支电缆 20（以下称为电缆 20）。电缆 20 包括吊线部分 22 以及其中具有至少一根粗纱（roving）

23 和至少一光波导管 25 的承拉部分 24。如图所示，光波导管 25 是松散的，但是它们可以具有其他构造。吊线部分 22 具有吊线护套 28a 并且承拉部分 24 具有由腹板(web)28c 连接的承重护套 28b。腹板 28c 还包括择优撕开部分(tear portion) 28d 以帮助承拉部分 24 和吊线部分 24 的分离。吊线部分 22 还包括用于承载施加到电缆 20 的拉伸负荷的加强构件 26。加强构件 26 示为钢棒，但其可以是多股绞合线。另外，本发明的电缆可以包括在 2003 年 7 月 18 日申请的题为“Fiber Optic Cable having a Strength Member”的美国专利申请第 10/623,231 号中公开的加强构件，所述申请在此结合进来以作参考。同样地，例如介电材料或其他导电材料的其他合适材料也可以作为加强构件 26。在本实施方式中，承拉部分 24 还包括用于容纳至少一光波导管 25 的管 27。图 3 示出了无管结构的相似电缆 20'。另外，电缆 20' 的粗纱 23 嵌在承重护套 28b 内，这样可以进一步改进电缆的性能特性。电缆 20 和 20' 还可以包括例如多个开伞索(未示出)的其他合适构件，从而使工人能容易地从承拉部分 24 去除承重护套 28b。同样地，电缆 20 和 20' 可以包括用于阻水(water-blocking)的触变材料，或者它们可以可选地具有干燥结构。其他合适的电缆构件包括具有遇水膨胀(water-swellable)或阻燃特性的带和纱线，盔甲，用于捆绑光纤或固定带子的滚边线，或任何其他合适的电缆构件。

如图 2 所示，电缆 20 包括在通常穿过加强构件 26 和腹板 28c 的平面 A-A 上对齐的两根粗纱 23。换句话说，粗纱 23 设置在六点和十二点的位置上，从而给予了电缆 20 择优弯曲特性。但是，当然，利用本发明的原理，粗纱 23 也可以位于其他合适的位置和粗纱 23 也可以具有其他合适的数量。例如，根据本发明的电缆可以具有多于两根粗纱 23；然而，需要较少粗纱的电缆有利地减少了电缆的材料成本。本发明的电缆优选地具有四根或更少的粗纱 23，更优选地具有两根粗纱 23，但是本发明的原理可以使用其他合适数量的粗纱 23。因为分支电缆将通常具有相对较低的光波导管数并需要大的长度数量以使许多用户能够得到，则优点是提供可靠的低成本电缆。另外，提供许多用户的访问是劳动密集型的，从而使其相对较贵。因而，对于分支电缆，电缆成本应该是相对较低的。

根据本发明的电缆提供了一种用于在例如光纤到用户的室外应用中保持光学性能的具有增强的性能特性的低成本分支电缆。另外，根据本发明的电缆

因为其不同于传统电缆，而在柔性设计中提供了改进的抗弯性能所以可以达到较高的性能水平。例如，当电缆 20 中承拉部分 24 从吊线部分 22 分离时，承拉部分 24 通常具有与传统电缆相比的较低的平均收缩和较低的平均热膨胀系数 (CTE)。

因此，在 8 字形电缆设计中，承拉部分 24 可以从吊线部分 22 分离，同时在 70° C 的热老化之后在约 -40° C 的温度下，在 1550nm 的基准波长的温度循环中保持光波导管 25 的最大德耳塔衰减在约 0.3dB/20 米或更少，更优选地在约 0.1dB/20 米或更少。另一方面，传统 8 字形电缆当承重和吊线部分分离时具有更大的收缩和/或 CTE，从而引起更大的光学衰减。因而，传统 8 字形电缆通常不宜应用于其中承重和吊线部分分离的空中或埋地应用。另外，根据本发明的电缆因为不需要如传统电缆的相对较大量数的加强构件而具有相对较低的成本。此外，根据本发明的电缆是易于连接和备用储存的，从而更适宜于光纤到用户的应用。

本发明的电缆具有至少一粗纱 23，其包括其上具有树脂基体 23b 的多根玻璃纤维 23a。在优选实施方式中，玻璃纤维 23a 是 e 型玻璃纤维，但是其他合适类型的玻璃纤维可以用于粗纱 23。玻璃纤维 23a 占重量的约 90% 或更多并且树脂基体 23b 占重量的约 10% 或更少。在优选实施方式中，玻璃纤维占重量的约 93% 或更多，更优选地占约 95%，而树脂基体占重量的约 7% 或更少，更优选地占约 5%。树脂基体 23b 包括包含乙烯-丙稀酸的水基丙稀酸合物。合适的粗纱 23 为从 Pawtucket, Rhode Island 的 Neptco, Incorporated 公司获得的商品名为 RPLPE 的产品。

通过几个不同的实验研究与具有相似结构的传统 8 字形电缆相比根据本发明的 8 字形电缆的性能。除了另外表示的，本发明的电缆和传统电缆具有相似的结构和工艺参数。具体地，实验的电缆包括可从 Corning, Incorporated 商业获得的在具有 2.85mm OD 和 2.05mm ID 的聚对苯二甲酸丁二醇酯 (polybutylene terephthalate, PBT) 缓冲管中四根或十二根 SMF-28e 单模式光纤。电缆可以制造为具有约 0.0 的光纤余长 (excess fiber length)。被测的 8 字形光纤的区别在于，传统电缆包括从 Owens-Corning, Incorporated 可获得的商品名为 CR-785 的两根或四根玻璃纤维束。另一方面，被测的本发明电缆包括从 NEPTCO Incorporated 可获得商品名为 RPLPE 675 的粗纱 23。

吊线部分的加强构件是实心钢棒。另外，所有电缆的护套由相同的中密度的聚乙烯（MDPE）形成。

图4示出了在从各8字形分支电缆的吊线部分中分离的五个不同的承拉部分在平均收缩测试中的平均收缩的柱状图。平均收缩测试通过提取从各8字形电缆的吊线部分分离的各承拉部分的1米的样本测量平均收缩。之后，各1米的承拉部分被放置在约70°C的加热腔中持续至少三十分钟并随后取出并冷却到约20°C的室温。随后，测量承拉部分的各长度并且各8字形电缆的各承重样本的百分比计算为平均收缩。因为测量承拉部分的平均收缩，承拉部分中光波导管的数量与平均收缩不相关，但是承拉部分中光波导管的数量影响在温度循环中的德耳塔衰减。

作为比较基准，测量表示不包括任何抗弯构件的8字形电缆的承拉部分并且用柱40。由柱40表示的基准承拉部分与其它被测电缆不同，因为其具有约2.5mm的OD的缓冲管，相比之下其他电缆的缓冲管是2.85mm的OD。如图所示，柱40表示该承拉部分约1.5%的平均收缩。可以发现，该承拉部分在1550nm的基准波长的温度循环中具有极高的最大德耳塔衰减级。对于柱40所示的构造，在温度循环中的最大德耳塔衰减在约-40°C时为20.0dB/20米的级或者更高，其中在管中具有12根波导管。因此，由柱40表示的承拉部分由于其极高的德耳塔衰减级别不适于从吊线部分分离。

柱42和44分别表示具有两根和四根传统玻璃纤维束的8字形电缆的承拉部分。柱42显示的实施方式具有以约180度分开设置的两根玻璃纤维束。如图所示，柱42表示承拉部分具有约0.9%的平均收缩。在由柱44表示的实施方式中，承拉部分包括四根玻璃纤维束。玻璃纤维束在两个相邻的组中分开约180度设置。如图所示，柱44表示承拉部分具有约0.6%的平均收缩。因而，包括玻璃纤维束减少了与柱40的承拉部分的平均收缩。

另外，通过从二根增加到四根的玻璃纤维数量来进一步减少平均收缩；然而，这样增加了电缆的材料成本和制造复杂性。柱42和44的构造在温度循环中最大德耳塔衰减在约-40°C、1550nm的基准波长下分别为0.6dB/20米和0.08db/20米的数量级，其中在承拉部分中有十二根光波导管。通常，当在与具有四根光波导管的承拉部分相比承拉部分内设置十二根光波导管时，在相似的承拉部分内观察到更高的最大德耳塔衰减。由柱42表示的传统电缆为设计

空想，因为收缩和最大德耳塔衰减是平均值并且一些制造的电缆为可接受的而其他的则不被接受，因而减少了产量并且需要测试制造的每条电缆。由柱 44 表示的传统电缆（具有四根玻璃纤维束的传统 8 字形电缆）与柱 42 的传统电缆相比，在平均收缩测试和最大德耳塔衰减温度循环中有较好的表现，但是其增加了电缆的成本并且需要更复杂的制造操作。另外，由柱 44 表示的一些传统电缆由于制造过程中的变异性等可能出现故障。

柱 46 和 48 分别表示了根据本发明具有两根和四根粗纱 23 的 8 字形电缆的承拉部分。由柱 46 表示的实施方式具有以 180 度分开放置的两根粗纱 23。如图所示，柱 46 表示承拉部分具有约 0.5% 的平均收缩。在由柱 48 表示的实施方式中，承拉部分包括四根玻璃纤维束。四根玻璃纤维束设置在以 180 度分开的两个相邻组中。如图所示，柱 48 表示承拉部分具有约 0.2% 的平均收缩。因而，根据本发明的 8 字形电缆的承拉部分与柱 42 和 44 的各实施方式相比，减少了平均收缩。更令人惊讶的是，柱 46 和 48 的构造在温度循环中最大德耳塔衰减在约 -40° C、1550nm 的基准波长上分别在 0.03dB/20 米和 0.01dB/20 米的数量级上。因而，本发明的 8 字形电缆与被测的相似的传统 8 字形相比，产生了令人惊奇的结果。

本发明的光波导管 25 优选地具有约 0% 的光纤余长 (EFL)。然而，在可以用于缓冲管或无管电缆的腔中的 EFL 的数量上有实际的限制。通常，在所有的条件都相同的情况下，内径 (ID) 越大，EFL 可用的空间越大。然而，将更多的光波导管放置在管或腔中减少了 EFL 的可用空间并且影响光学性能。本发明的 8 字形电缆优选地在管或腔中具有约 0.9% 到约 -0.03% 的范围内的 EFL。通过例子说明，根据本发明的电缆的管或腔具有约 4mm 或更少的 ID，更优选地是约 2mm，具有 12 根或更少的光纤以及约 0.1% 或更少的 EFL。但是，当然对于本发明的电缆来说，可以使用其他合适的 EFL、ID、或光纤数量。例如，电缆的管或腔可以具有约 6mm 或更少的 ID，更优选地是约 2-3mm，并且包括 24 根光纤以及约 0.1% 或更少的 EFL。另外，在平均承拉收缩和 EFL 之间的百分比之差是约 0.9% 或更少，更优选地是约 0.5% 或更少，并且最优选地是约 0.3% 或更少。例如，如果承拉部分的平均收缩是 0.5% 并且 EFL 是 0.1%，那么之间的差为 0.4%。

图 5 示出了在预定温度范围内从吊线部分分离的四个承拉部分的热收缩的线图。计算图 5 中线的倾斜度可以得到各承拉部分的热膨胀系数 (CTE)。分别由线 52 和 54 表示的图 5 所示的第一组两个承拉部分具有与具有图 4 所示的两根和四根玻璃纤维束的两根承拉部分相同的结构。分别由线 56 和 58 表示的第二组两个承拉部分具有与具有根据图 4 所示的本发明的两根和四根粗纱 23 的两个承拉部分相同的结构。

热收缩测试测量在约 -60° C 到约 70° C 的温度范围内从吊线部分分离的 8 字形电缆的承拉部分的热收缩。热收缩测试测量在分离各承拉部分之前的各 8 字形电缆的 20 米样本。具体地，在各电缆的中点和在 1 米的各间隔上做标记。之后，承拉部分从吊线部分分离并且连接到具有沿长度分开 1 米设置的标记的烘干板 (kiln dried board)。具体地，在各承拉部分上的标记与板上的标记在两者的第一端对准。在第一端上，固定承拉部分以使其不能移动，但是剩下的承拉部分可以沿线性连接长度自由收缩。然后，板和承拉部分放置到加热腔内并且随着温度在温度范围内变化测量承拉部分的长度。随后在图 5 中绘制了结果。图 6 示出了概括了在热收缩测试中被测的承重样本的各 CTE 在图 5 的线的倾斜度的柱状图。如表 1 所示，本发明的 8 字形电缆的承拉部分惊奇地具有比对照的传统电缆的承拉部分小很多的 CTE。具体地，柱 66 的 CTE 是柱 62 的 CTE 的约 55%，并且柱 68 的 CTE 是柱 64 的 CTE 的约 57%。因而，本发明的电缆的承拉部分具有约 $5.0 \times 10^{-3} \% / {}^\circ C$ 或更少的承拉部分的平均热膨胀系数 (CTE)，并且更优选地，CTE 为约 $4.0 \times 10^{-3} \% / {}^\circ C$ 或更少。

表 1——图 6 的 CTE 值

柱	CTE % / ° C
62	0.009
64	0.007
66	0.005
68	0.004

另外，本发明的电缆由于其承拉部分中相对较低的收缩而优点在于可以在不产生引入更大衰减的情况下绕成圈。换句话说，如果绕成圈的 8 字形电缆在承拉部分中具有更大的收缩，那么盘绕的电缆的承拉部分趋向于旋转到电缆圈

的内径，从而引起更大的衰减。本发明的8字形电缆通常解决这种问题，从而它们适于为了备用储存而绕成圈。

图7示出了在1550nm的基准波长的热循环测试中图3的电缆和相似的传统光纤电缆的最大德耳塔衰减的柱状图。同样地，图8示出了在1550nm的基准波长的热循环测试中图3中除了其中包括十二根光纤的电缆之外的相似电缆和相似的传统光纤电缆的最大德耳塔衰减的柱状图。本发明的电缆在-50°C和-60°C用增加的测量法按ICEA717/S-87-717, ANSI/S-87-640, 和FOTP-3的测试程序进行该温度循环，以检查在这些超低温度下的性能。然而，图7和图8仅示出了感兴趣的温度循环阶段，即，在热老化之前的低温性能和热老化之后的低温性能。

通过使用电缆的60米样本并且大致在长度中间分开20米承拉部分的电缆进行最大德耳塔衰减测试。因此，衰减报告20米的长度的最大德耳塔，而不是dB/km的典型值。分离的承拉部分通过合适的入口放置在温度腔中，并且启动根据上述测试程序的温度循环。使用合适的光学源和功率计进行光学测量。图7和图8中一些最大德耳塔衰减值相对较低并且由图7和图8中未按比例绘制的小柱表示。表2和表3分别总结了图7和图8中最大德耳塔衰减的值并且具有dB/20m的单位。

表2—图7中4-光纤承拉部分的最大德耳塔衰减值

电缆	1 st -40°C	1 st -60°C	热老化	-20°C	2 nd -40°C	-50°C	2 nd -60°C
传统	0.00	--	0.00	0.61	1.64	--	--
本发明	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01

表3—图8中12-光纤承拉部分的最大德耳塔衰减值

电缆	1 st -40°C	1 st -60°C	热老化	-20°C	2 nd -40°C	-50°C	2 nd -60°C
传统	0.00	--	0.00	0.81	2.01	--	--
本发明	-0.02	-0.01	-0.02	0.00	0.01	0.02	0.02

如图7和图8所示，传统电缆和本发明的电缆的承拉部分的性能在70°C

的热老化之前具有相似的性能。然而，在热老化之后，本发明的承拉部分在德耳塔衰减中表示出显著的不同。如图 7 和图 8 所示，传统电缆的光学性能在热老化之后的低温下质量退化，从而使其不适于在室外应用中将承拉部分从吊线部分分离。另一方面，本发明的承拉部分具有令人惊奇的低德耳塔衰减级别。具体地，本发明的电缆中的光波导管优选地在 70° C 的热老化之后的约 -40° C 的温度下在约 1550nm 的基准波长，其最大德耳塔衰减为约 0.3dB/20 米，更优选地是约 0.1dB/20 米或更少。另外，本发明的电缆将这些性能水平在热老化之后保持到约 -60° C 的温度。

除了 8 字形电缆的其他电缆结构使用本发明也是有利的。例如，图 9 示出了根据本发明的电缆 90。电缆 90 包括至少一光波导管 25'，缓冲管 27，多根粗纱 23，以及电缆护套 98。在其他实施方式中，电缆 90 的四根粗纱 23 可以嵌在通常对称的位置以及任何其他合适的结构中。光波导管 25' 为具有缓冲层（未标明）的单模式光纤；然而，可以使用其它类型或结构的光纤。例如，光纤 25 可以是多模式、纯模式、掺铒的、极化保持(polarization maintaining) 光纤、其他合适类型的光波导管、和/或其组合。例如，各光纤 25 可以包括硅基芯线，其用来传输光并且由具有比芯线低的折射率的硅基包层所包围。另外，在光纤 25 上可以涂敷有一个或多个涂层。例如，柔软的主涂层包围包层，并且相对硬的副涂层包围主涂层。涂层还可以包括例如墨水或用于识别的其他合适的标记的识别部件和/或限制去除识别部件的抗粘接剂。另外，如图 10 所示，光波导管 25 可以以带状或束状设置。合适的光纤可以从 Corning, New York 的 Corning Incorporated 公司商业获得。

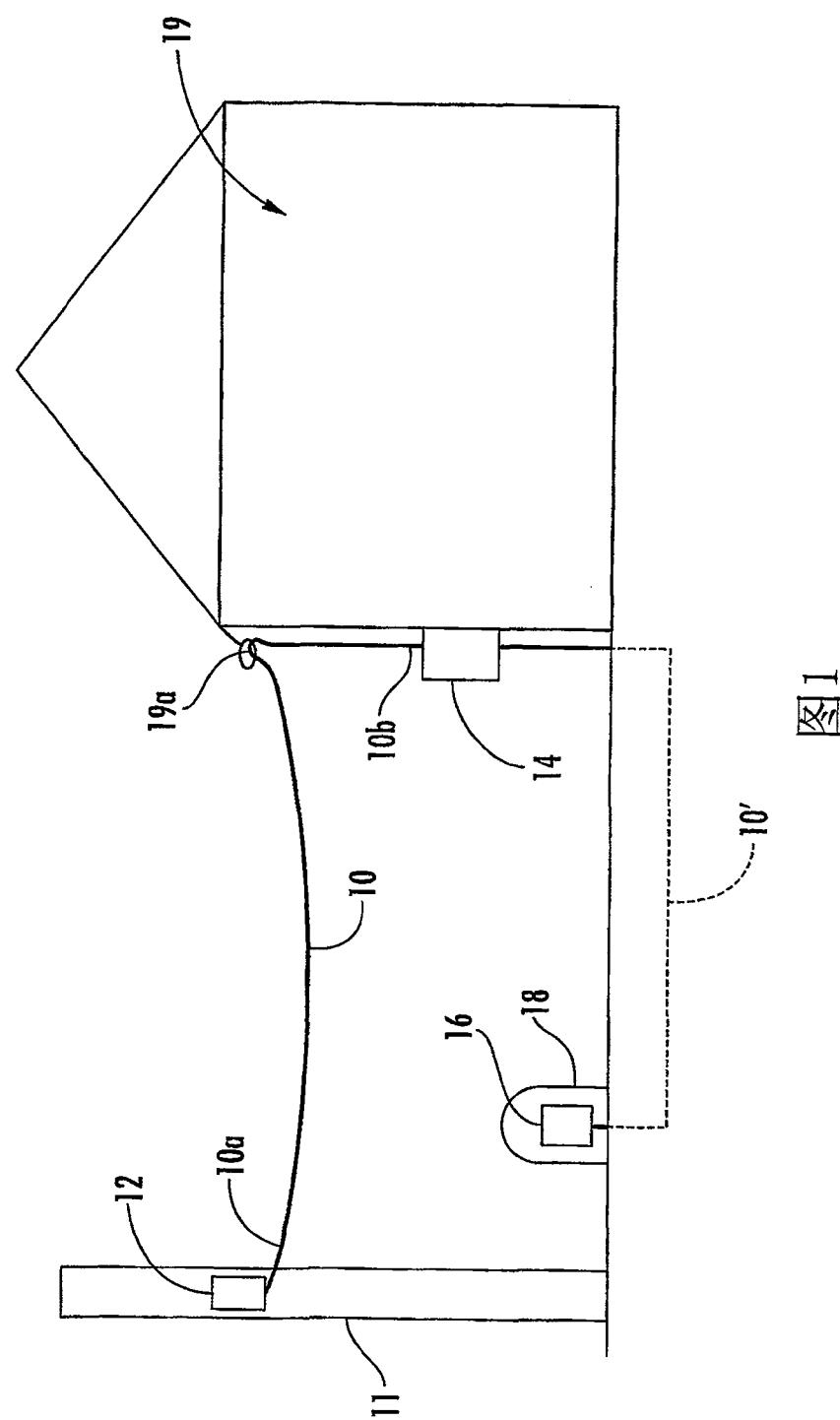
缓冲管 27 优选地由聚合材料构成并且尺寸适合用于在其中容纳光波导管。然而，其他材料和形状可以用于缓冲管 27。本发明的缓冲管 27 还包括用于提高阻燃性能的添加剂；然而，可以使用任何合适的添加剂。另外，管 27 可以例如突出作为连续的单元或者由形成且密封的一个或多个聚合平带制造，从而形成缓冲管。另外，缓冲管 27 可以具有其他合适的部件或特征，例如其上的遇水膨胀材料或在管壁内的开伞索。同样地，电缆护套 28 优选地由合适的聚合材料构成。另外电缆护套可以包括嵌在其中的开伞索。

图 10 示出了根据本发明的电缆 100。除了其为无管状设计之外，电缆 100 与电缆 90 相似。如图所示，电缆 100 包括光纤带 105 和设置在电缆护套 108

内的成束状的多个光波导管 25。通常，除去电缆 100 中的管可以使电缆 100 的材料成本更便宜。

本发明的电缆还可以在工厂环境中被预连接，从而简化到用户的现场安装。例如，电缆可以包括在 2004 年 1 月 27 日申请的题为“Preconnectorized Fiber Optic Drop Cables and Assemblies”的美国专利申请第 10/765,428 号中公开的至少一光纤连接器，所述申请在此结合进来以作参考。当然，本发明的原理对于例如光纤到路边 (FTTC) 应用的不用于到驻地的分支应用的电缆来说，也是有利的。

对于本领域技术人员来说，显然本发明的许多修改和其他实施方式落入在所附权利要求的范围内。例如，根据本发明的电缆通过使用以例如阶梯外形的合适结构层叠的束状形成的光波导管，可以具有高的光纤数。根据本发明的电缆还可以包括多于一根的电缆束，从而形成分支电缆 (breakout cable)。因此，应当理解，本发明不限于在此公开的具体实施方式，并且在所附权利要求的范围内可以做出修改和其他实施方式。虽然在此使用了特定属于，但是其以普通和描述性的意义使用并且不是出于限制的目的。参照硅基光波导管描述了本发明，但是本发明的发明原理适用于其他合适的光波导管和/或电缆构造。



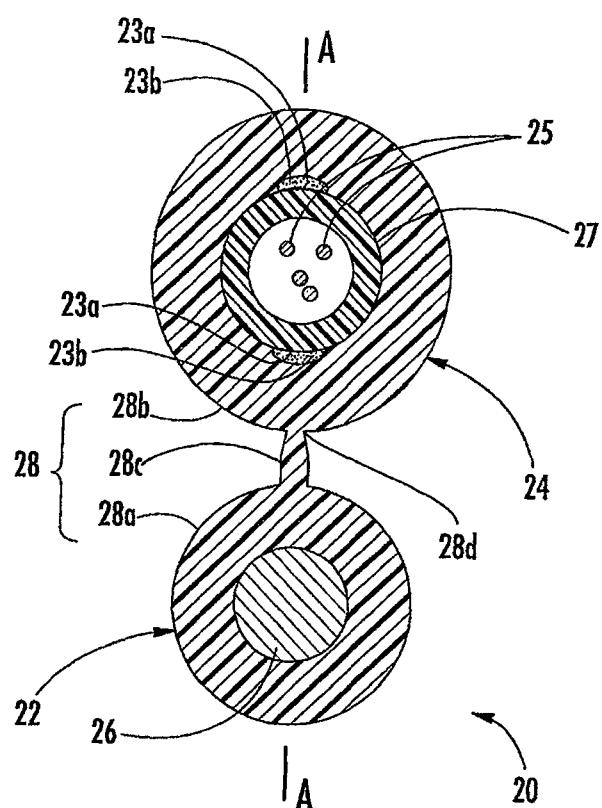


图 2

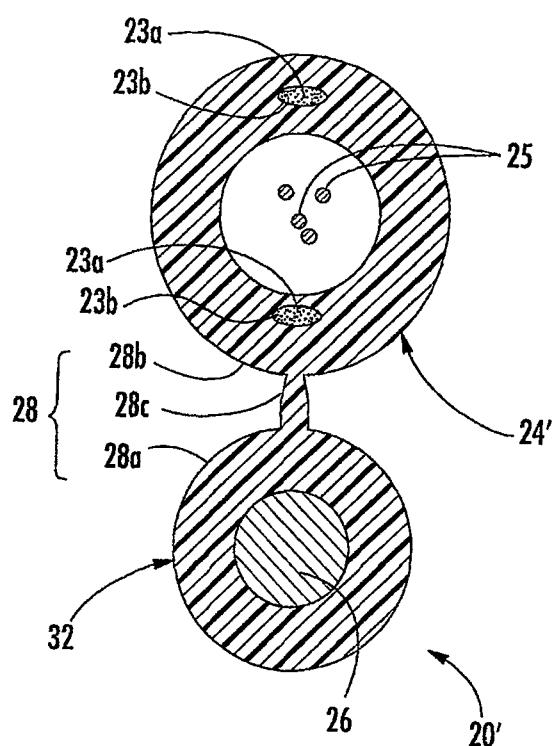


图 3

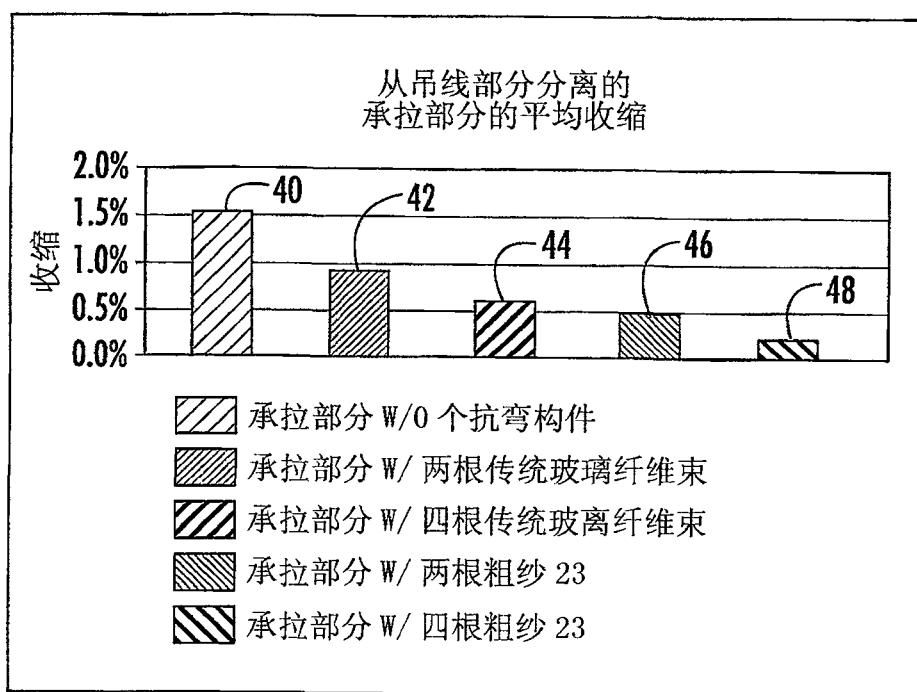


图 4

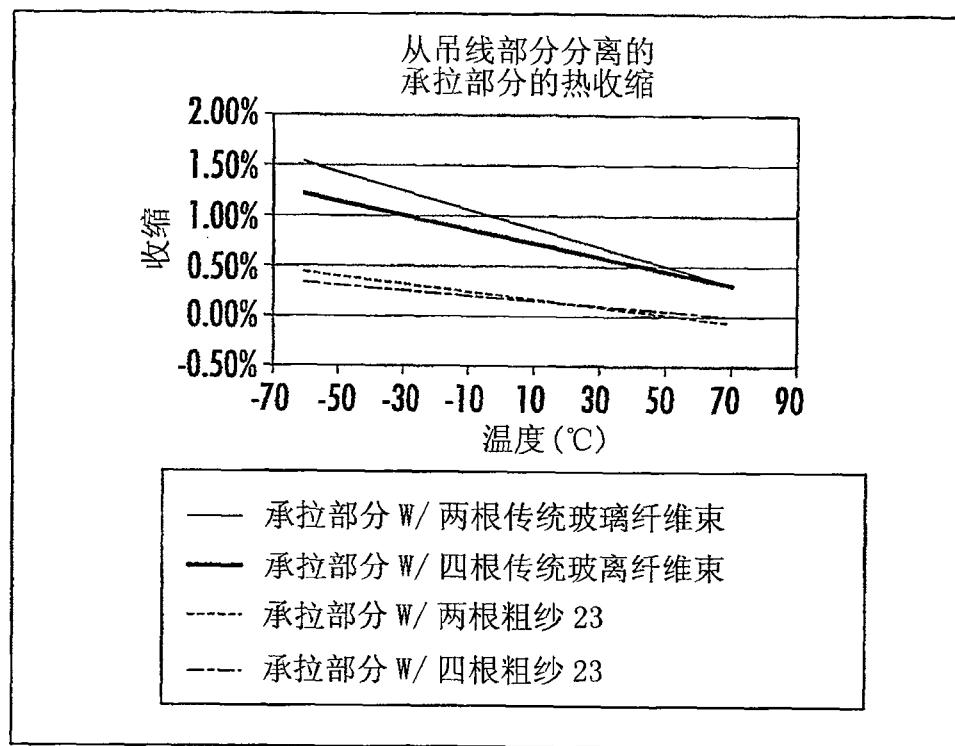


图 5

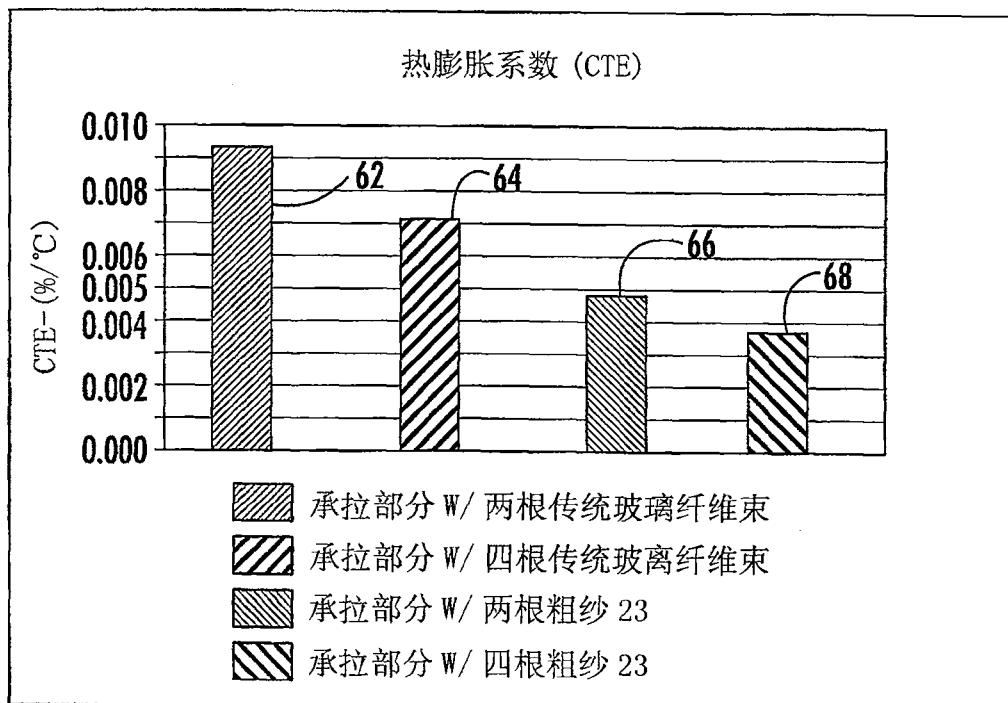
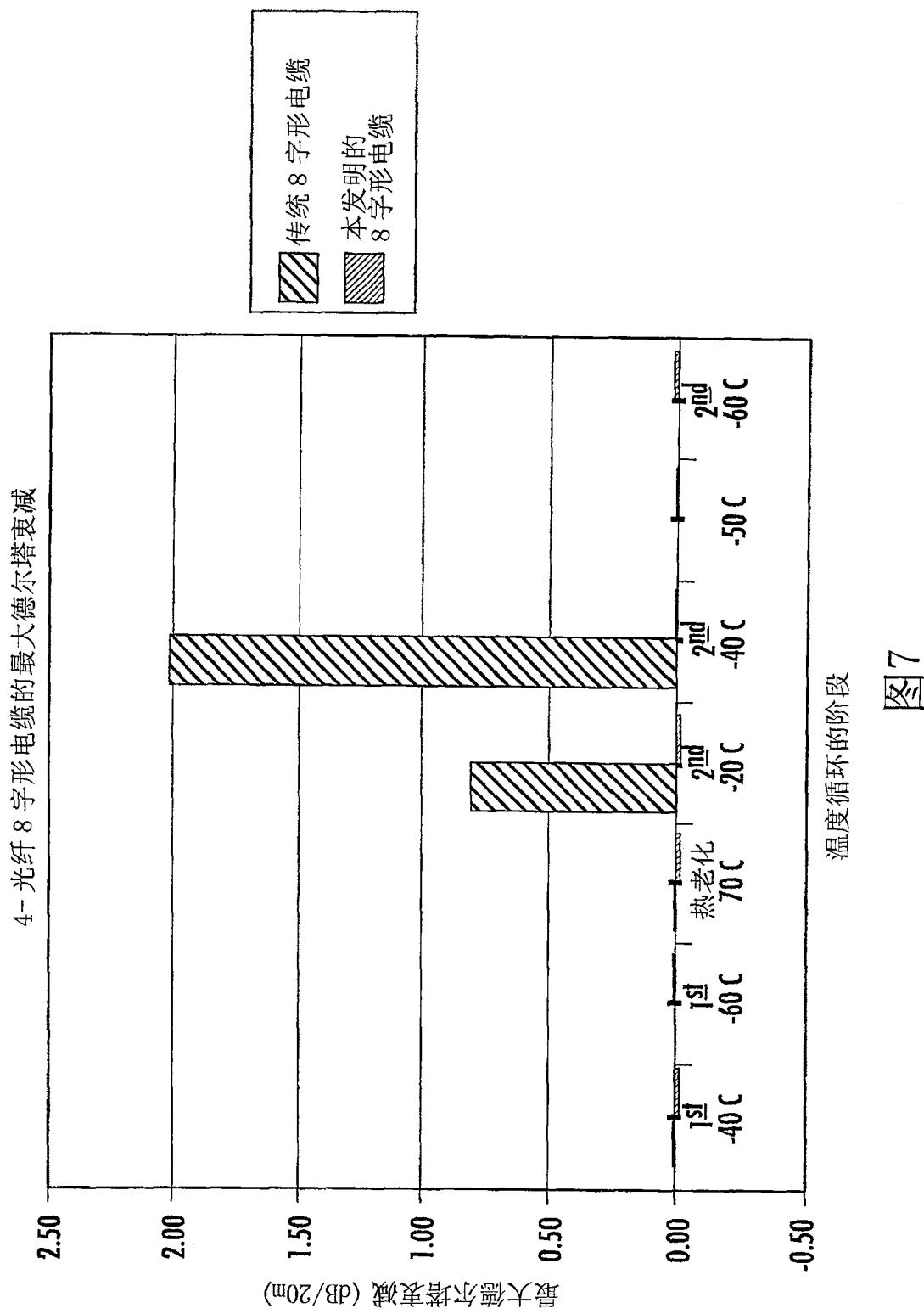


图 6



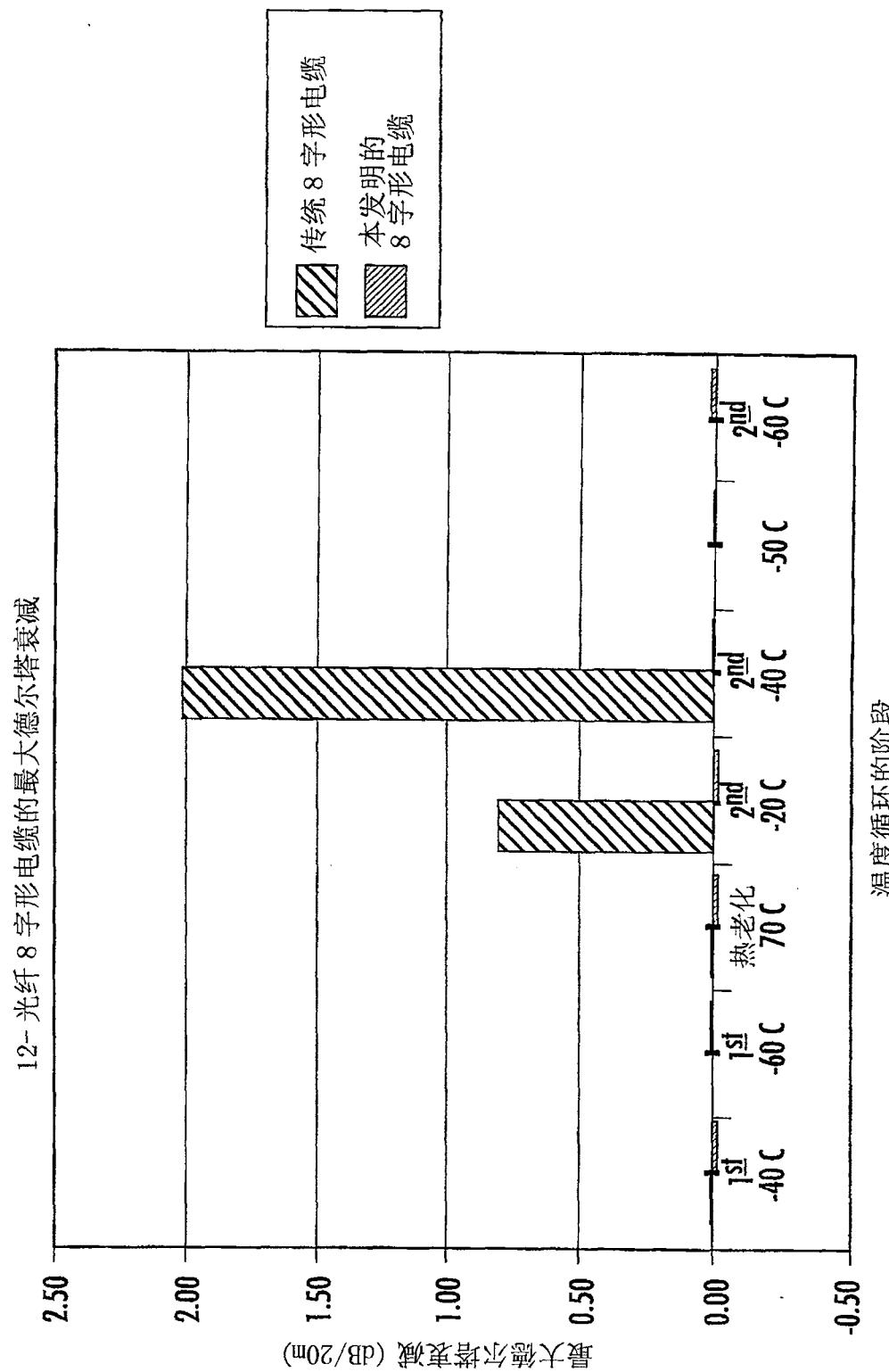


图8

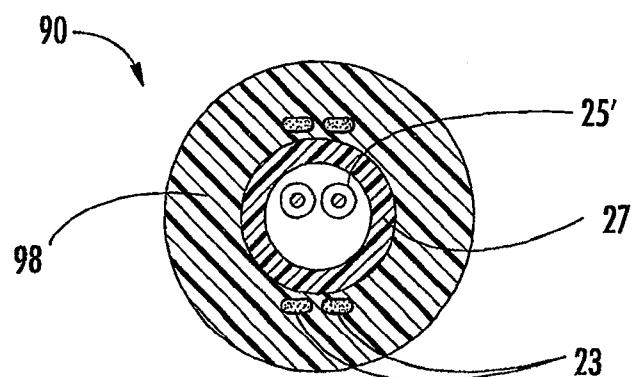


图 9

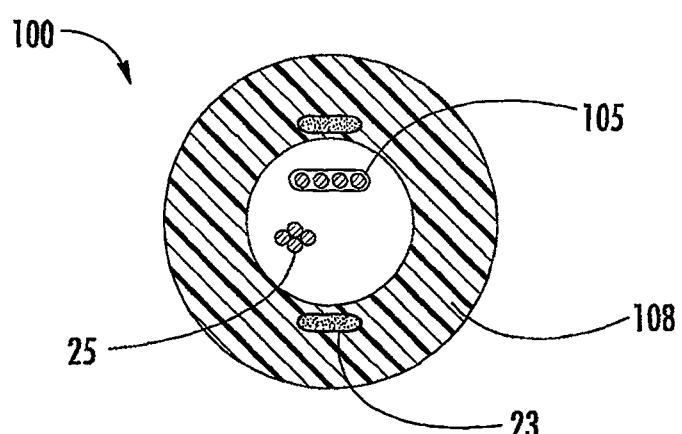


图 10