



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102770387 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201180010936. 7

(22) 申请日 2011. 02. 17

(30) 优先权数据

61/307, 484 2010. 02. 24 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 08. 24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/025216 2011. 02. 17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/106231 EN 2011. 09. 01

(73) 专利权人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 K·W·贝内特 高周铉

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 朱立鸣

(51) Int. Cl.

C03C 25/10(2006. 01)

G02B 6/44(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 0939064 A2 , 1999. 09. 01,

GB 2214653 A , 1989. 09. 06,

JP H05127052 A , 1993. 05. 25,

US 2005135763 A1 , 2005. 06. 23,

WO 9307538 A1 , 1993. 04. 15,

审查员 杨絮

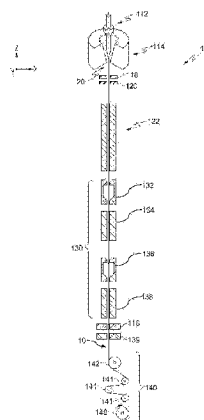
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

双涂层光纤以及用于形成该双涂层光纤的方法

(57) 摘要

此处所公开的是双涂层光纤及形成该双涂层光纤的方法。该双涂层光纤包括玻璃纤维，该玻璃纤维包括芯线区域、包覆区域和包围着玻璃纤维的双涂层。该双涂层包括内涂层和外涂层。该内涂层包围着光纤，并包括第一聚酰亚胺材料。在一个实施例中，第一聚酰亚胺材料还包括粘着促进剂。外涂层包围着并直接接触内涂层，并包括第二聚酰亚胺材料，第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料高的分解温度阈值。第二聚酰亚胺材料还可具有比第一聚酰亚胺材料要高的弹性模量和 / 或比第一聚酰亚胺材料要低的吸潮性。



1. 一种双涂层光纤,包括:

玻璃纤维,所述玻璃纤维包括芯线区域和包覆区域;

双涂层,所述双涂层包围着玻璃纤维并包括:

包围着所述玻璃纤维的内涂层,所述内涂层包括第一聚酰亚胺材料;以及

包围着并直接接触所述内涂层的外涂层,所述外涂层包括第二聚酰亚胺材料,所述第二聚酰亚胺材料具有比所述第一聚酰亚胺材料高的分解温度阈值。

2. 如权利要求 1 所述的双涂层光纤,其特征在于,所述双涂层包括:

包围着所述玻璃纤维的内涂层,所述内涂层包括二苯甲酮四甲酸二酐 /4, 4- 二氨基二苯醚 / 间苯二胺聚合物的聚酰胺酸与有机硅烷粘着促进剂的混合物;以及

包围着并直接接触所述内涂层的外涂层,所述外涂层包括对称联苯二酸酐 / 对苯二胺聚合体。

3. 一种用于形成双涂层光纤的方法,包括:

对玻璃纤维施加第一聚酰亚胺材料,以形成包围着所述玻璃纤维的内涂层;

加热具有所述内涂层的所述玻璃纤维,以使所述第一聚酰亚胺材料固化;

在所述内涂层上施加第二聚酰亚胺材料,以形成外涂层,其中,所述第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料高的分解温度阈值;以及

加热具有所述内涂层和所述外涂层的所述玻璃纤维,以使所述第二聚酰亚胺材料固化。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其特征在于,所述第一聚酰亚胺材料包括二苯甲酮四甲酸二酐 /4, 4- 二氨基二苯醚 / 间苯二胺聚合物的聚酰胺酸,而所述第二聚酰亚胺材料包括基于以联苯二酸酐 / 苯二胺为主的化学物质的聚合体。

双涂层光纤以及用于形成该双涂层光纤的方法

[0001] 本申请要求 2010 年 2 月 24 日提交的美国临时专利申请序列号第 61/307,484 号的优先权权益。

技术领域

[0002] 本说明书总的涉及带涂层的光纤,特别是涉及用于温度升高和 / 或有水的环境下的带涂层的光纤。

背景技术

[0003] 由于光纤具有高传输能力和抗电磁干扰以及其他有利的性能,光纤通常用于电信应用领域。近年来,光纤还在传感应用领域中得到认可,包括在点传感和 / 或分布传感应用领域。例如,光纤已被用来测量桥梁、建筑和其他民用结构中的应力。光纤还被应用于测量石油和天然气井、平台、管线以及军用和商用航空和航海工具中的压力和温度。

[0004] 随着光纤在传感应用领域中的使用扩展到包括在越来越极端的环境中的应用,包括但不限于在高温和极端潮湿等环境中的应用,存在有对如下替代性光纤的需求,它包括能够承受此类极端环境情况的涂层。

发明内容

[0005] 根据一个实施例,一种带涂层的光纤包括玻璃纤维,该玻璃纤维包括芯线区域、包覆区域和包围着该玻璃纤维的双涂层。双涂层包括内涂层和外涂层。内涂层包围着光纤,并包括第一聚酰亚胺材料。外涂层包围着并直接接触内涂层,并包括第二聚酰亚胺材料,第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料高的分解温度阈值。

[0006] 在另一实施例中,用于形成带涂层的光纤的方法包括在光纤上施加第一聚酰亚胺材料,以形成包围光纤的内涂层。然后,加热带内涂层的光纤以使内涂层的第一聚酰亚胺材料固化。之后,将第二聚酰亚胺材料直接施加到内涂层上以形成外涂层。第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料高的分解温度阈值。然后,加热带内涂层和外涂层的光纤以使外涂层的第二聚酰亚胺材料固化。

[0007] 在另一实施例中,双涂层光纤包括玻璃纤维,该玻璃纤维包括芯线区域和包覆区域。双涂层包围着玻璃纤维。该双涂层包括内涂层和外涂层。内涂层包围着玻璃纤维并包括二苯甲酮四甲酸二酐 / 4,4-二氨基二苯醚 (4,4-oxydianiline) / 间苯二胺聚合体的聚酰胺酸与有机硅烷粘着促进剂的混合物。外涂层包围着并直接接触内涂层。外涂层包括基于以对称联苯二酸酐 (s-biphenyldianhydride) / 对苯二胺为主的化学物质的聚合体。

[0008] 在下面的详细说明中将阐述本文所述实施例的其它特征和优点,它们对本领域的技术人员来说部分地可从该说明书中变得显而易见,或可通过如本文(包括下面的详细说明、权利要求书以及附图)所述那样来实践本发明认识到。

[0009] 应理解的是,上面的总体说明和下面的详细说明都描述了各种实施例,并意在提供概况或框架以便理解如所要求主题的性质和特征。包括了附图以提供对各种实施例的进

一步理解,附图包括在本说明书中并构成本说明书的一部分。这些附图示出在此描述的各种实施例,并与说明书一起用于解释所要求保护主题的原理和运作。

附图说明

[0010] 图 1A 示意性地示出了根据此处所示和所描述的一个或多个实施例的带有双涂层结构的光纤。

[0011] 图 1B 示意性地示出了根据此处所示和所描述的一个或多个实施例的带有双涂层结构的光纤。

[0012] 图 2 示意性地示出了根据此处所示和所描述的一个或多个实施例的、用于制造带有双涂层结构的光纤的系统。

[0013] 图 3 以图表示出了温度和时间对根据此处所示和所描述的一个或多个实施例的、带涂层光纤的抗张强度的影响,以及温度和时间对比较例的抗张强度的影响

[0014] 图 4 示出在浸入去离子水浴之前和之后得到的、根据此处所描述的一个或多个实施例的光纤的影像,以及在浸入去离子水浴之前和之后得到的比较例的影像。

具体实施方式

[0015] 现将详细参照双涂层光纤的实施例,其例子示出在附图中。只要有可能,在所有附图中都用相同的附图标记来表示相同或类似的部件。在图 1A 中示意性地示出了一种双涂层光纤。该双涂层光纤总体上包括由双涂层所包围的玻璃纤维,该双涂层包括内涂层和外涂层。内涂层包括第一聚酰亚胺和粘着促进剂的混合物,该粘着促进剂用于增强内涂层和玻璃纤维之间的联结。外涂层包括第二聚酰亚胺材料,该第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料高的分解温度阈值。在这里将详细描述双涂层光纤的结构和成分以及双涂层光纤的特性。

[0016] 参见图 1A,根据此处所述的一个或多个实施例示意性地示出双涂层光纤 10。该双涂层光纤 10 在高温和 / 或潮湿环境中特别适用。该双涂层光纤 10 包括由双涂层所包围的玻璃纤维 20,该双涂层包括内涂层 30 和外涂层 40。内涂层包围着玻璃纤维,并且进而由外涂层 40 所包围并直接接触外涂层 40。在图 1A 所示的实施例中,内涂层 30 与玻璃纤维 20 直接接触。玻璃纤维 20 具有从中心线的半径 R1,并由硅基玻璃所形成。半径 R1 可以从大约 12.5 微米到大约 155 微米,更佳地小于大约 125 微米,最佳地小于大约 100 微米。在一些实施例中,半径 R1 是从大约 61.5 微米到大约 63.5 微米,更佳地是从大约 62 微米到大约 63 微米。在其他实施例中,玻璃纤维的半径 R1 是从大约 14.5 微米到大约 15.5 微米,而在其他实施例中,玻璃纤维的半径 R1 是从大约 39 微米到大约 41 微米。在另外的实施例中,玻璃纤维的半径 R1 是从大约 290 微米到大约 310 微米。

[0017] 玻璃纤维 20 大体上包括玻璃芯线区域(未示出)和包围该芯线区域的包覆区域(未示出)。芯线区域有助于将光线引导通过玻璃纤维 20。在一些实施例中,包覆区域包括包围着玻璃芯线区域的一层或多层玻璃包覆层(未示出)。玻璃芯线区域和 / 或玻璃包覆层(多层)可由纯二氧化硅玻璃(即基本上没有任何掺杂剂的二氧化硅玻璃,而该掺杂剂会改变纯二氧化硅玻璃的折射率)形成,或者由包括增加二氧化硅玻璃的折射率掺杂剂(例如氧化锆或类似的增加折射率的掺杂剂)或者减小纯二氧化硅玻璃折射率的掺杂剂(例如氟、硼或类

似的增加折射率的掺杂剂)的二氧化硅玻璃形成。在此处所述的实施例中,玻璃纤维 20 可构造成双涂层光纤 10 为单模、多模、弯曲强烈、高折射率或具有任何其他所需的光学和 / 或物理特性。

[0018] 内涂层 30 包围着玻璃纤维 20。内涂层 30 从玻璃纤维 20 的半径 R1 延伸到半径 R2,从而内涂层 30 具有径向厚度 $T2=R2-R1$ 。在此处所示的实施例中,内涂层 30 的径向厚度 T2 从大约 1 微米到大约 10 微米,更佳的是从大约 3 微米到大约 7 微米,最佳的是从大约 4 微米到大约 6 微米。

[0019] 通常来说,内涂层 30 包括聚酰亚胺材料,它具有的分解温度阈值小于外涂层 40 中的第二聚酰亚胺材料的分界温度阈值。内涂层 30 的第一聚酰亚胺材料还可具有比外涂层 40 中的第二聚酰亚胺材料的弹性模量要小的弹性模量,还有比第二聚酰亚胺材料的吸潮性要高的吸潮性。在一个实施例中,第一聚酰亚胺包括从以下的组中所选取的取代基:二苯甲酮四甲酸二酐、4,4'-二氨基二苯醚、苯二胺或它们的组合物。例如,第一聚酰亚胺材料包括这样的聚合物,该聚合物包括二苯甲酮四甲酸二酐 /4,4'-二氨基二苯醚 (4,4'-oxydianiline) / 间苯二胺聚合体的聚酰胺酸。

[0020] 可商购到的、适用于内涂层的聚酰亚胺材料的一个例子是由 HDMicrosystems 生产的 **Pyralin®PI-2574**。**Pyralin®PI-2574** 具有 2.4GPa 的模量、2-3% 的吸潮性以及 550° C 的热固化后分解温度阈值。然而,应该理解的是,**Pyralin®PI-2574** 是可商购到的、可用作内涂层中的第一聚酰亚胺材料的聚酰亚胺材料的一个例子,而其他具有合适特性的聚酰亚胺材料也可用作内涂层的第一聚酰亚胺材料。

[0021] 在一个实施例中,内涂层的第一聚酰亚胺材料包括粘着促进剂,该粘着促进剂增强内涂层 30 和玻璃纤维 20 之间的联结。例如,粘着促进剂可为包括氨基团或环氧基团的有机硅烷此类有机硅烷的例子包括诸如 α - 氨基三甲氧基硅烷之类的基于氨基硅烷的促进剂。然而,应该理解的是,具有不同官能团的其他有机硅烷也可用于此处所述的光纤中的粘着促进剂。此外,还应该理解的是,还可使用适于增强聚合体在玻璃上粘着的其他粘着促进剂。有机硅烷粘着促进剂的一些非限制的例子包括由 HDMicroSystem 生产的 VM-651 和 VM-652 粘着促进剂。

[0022] 虽然内涂层 30 在一些实施例中包括含有粘着促进剂的聚酰亚胺材料,但在其他实施例中,粘着促进剂可以在将第一聚酰亚胺材料施加到玻璃纤维周围之前单独地施加到玻璃纤维 20 周围。单独的粘着促进剂可大体包括增强如上所述第一聚酰亚胺材料与二氧化硅玻璃相粘结的能力的材料。例如,单独的粘着促进剂可为包括氨基团或环氧基团的有机硅烷。此类有机硅烷的例子包括诸如 α - 氨基三甲氧基硅烷之类的基于氨基硅烷的促进剂。然而,应该理解的是,具有不同官能团的其他有机硅烷也可用于此处所述光纤中的单独的粘着促进剂。此外,还应该理解的是,还可使用适于增强聚合体在玻璃上的粘着的其他粘着促进剂。

[0023] 在一个实施例中,内涂层可由聚酰亚胺母体所形成,比如由 HDMicrosystems 生产的 **Pyraline®PI-2525**,或者类似的聚酰亚胺母体材料。在此实施例中,PI-2525 聚酰亚胺母体不包括粘着促进剂,由此,在施加内涂层之前可先向玻璃纤维施加单独的氨基硅烷粘着促进剂,比如由 HDMicrosystems 所生产的 VM-651 或 VM-652,以增强聚酰亚胺材料在玻璃纤维上的粘着。

[0024] 外涂层 40 包围着并直接接触内涂层 30。外涂层 40 从内涂层 30 的半径 R2 延伸到半径 R3,从而外涂层 40 具有径向厚度 $T3=R3-R2$ 。在此处所示的实施例中,外涂层 40 的径向厚度 T3 从大约 5 微米到大约 20 微米,更佳的是从大约 7 微米到大约 13 微米,最佳的是从大约 9 微米到大约 11 微米。

[0025] 外涂层 40 包括第二聚酰亚胺材料,该第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料的分解温度阈值要高的分解温度阈值。在此处所述的实施例中,外涂层 40 的第二聚酰亚胺材料所具有的分解温度阈值较佳地为大于约 550°C ,更佳地为大于约 580°C ,最佳地为大于约 620°C 。此外,在一些实施例中,第二聚酰亚胺材料还具有比第一聚酰亚胺材料的弹性模量要大的弹性模量例如,第二聚酰亚胺材料的弹性模量可以大于约 2.5GPa,更佳地为大于约 5.0GPa,最佳地为大于约 8.5GPa。在一些实施例中,第二聚酰亚胺材料还具有比第一聚酰亚胺材料的吸潮性低的吸潮性。例如,第二聚酰亚胺材料所具有的吸潮性较佳地为小于约 3.0%,更佳地为小于约 1.5%,最佳地为小于约 0.5%。

[0026] 在一些实施例中,外涂层的第二聚酰亚胺材料包括选自以下组的取代基:该组由联苯二酸酐、苯二胺或它们的组合。在一个实施例中,第二聚酰亚胺材料包括基于以联苯二酸酐/苯二胺为主要化学物质的聚合体。例如,第二聚酰亚胺材料可为以对称联苯二酸酐/对苯二胺为主要化学物质的聚合体。

[0027] 可商购到的、适用于外涂层的聚酰亚胺材料的一个例子是由 HDMicrosystems 生产的 PI-2611。PI-2611 具有 8.5GPa 的模量、0.5% 的吸潮性以及 620°C 的热固化后分解温度阈值。然而,应该理解的是,PI-2611 是可商购到的、可用作外涂层中的第二聚酰亚胺材料的聚酰亚胺材料的一个例子,而其他具有合适特性的聚酰亚胺材料也可用作外涂层的第二聚酰亚胺材料。

[0028] 参见图 1B,其中示意性地示出了另一个实施例的双涂层光纤 11。在此实施例中,双涂层光纤 11 包括由内涂层 30 包围着的玻璃纤维 20,而内涂层 30 则由外涂层 40 所包围并与外涂层 40 直接接触。双涂层光纤 11 的玻璃纤维 20、内涂层 30 和外涂层 40 的材料和尺寸与图 1A 所示并在以上所描述的双涂层光纤 10 相同。然而,在此实施例中,在玻璃纤维 20 和内涂层 30 之间定位有密闭涂层 25,从而密闭涂层 25 与玻璃纤维 20 和内涂层 30 直接接触。密闭涂层 25 增强光纤的机械整体性。特别地,密闭涂层起到保护层的作用,该保护层防止水分子或氢气分子进入玻璃纤维 20。密闭涂层 25 还有助于在小线圈直径的情况下将双涂层光纤展开。

[0029] 密闭涂层 25 可在将内涂层 30 施加到光纤之前沉积于玻璃纤维 20 上。密闭涂层 25 可通过化学气相沉积(CVD)或任何其他的技术来施加。形成密闭涂层的材料可以包括:金属和合金,比如铝、金、镍或类似元素或合金;碳或碳化合物;或者,陶瓷材料,比如 TiO_2 , TiN , Si_3N_4 , SiC , TiC 或类似的陶瓷材料。在此处所述的实施例中,密闭涂层 25 是无定形碳,并具有从约 30nm 到约 500nm 的径向厚度。

[0030] 此外,在光纤包括密闭涂层 25 的实施例中,密闭涂层 25 的径向厚度相对于光纤的半径 R1 是额定的。在这些实施例中,光纤的半径 R1 包括密闭涂层 25 的径向厚度。

[0031] 如在此处所述地形成的如下双涂层光纤,即具有为第一聚酰亚胺材料的内涂层和为第二聚酰亚胺材料的外涂层,且第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料的分解温度阈值高的分解温度阈值,该光纤在暴露于含水环境之后的一段延长的时间段内可抵抗分

层。此外,在暴露于升高的温度 300° C 之中 216 小时之后,如在此处所述地形成的双涂层光纤所具有的抗张强度为至少 100kpsi,更佳地为大于 200kpsi,最佳地为 300kpsi。现在将参照附图 1A 和 2 来描述用于形成双涂层光纤的方法。

[0032] 参见附图 1A 和 2,其中示出了用于生产带涂层的光纤的系统 100 的一个实施例。系统 100 可包括拉伸炉 (draw furnace) 114,用于加热光纤初加工品 112,从而可从光纤初加工品 112 拉出玻璃纤维 20。拉伸炉 114 可垂直定向,从而从光纤初加工品 112 拉出的玻璃纤维 20 沿基本上垂直的路径(即基本上平行于图 2 中所示坐标轴中的 z 方向)离开拉伸炉。

[0033] 在玻璃纤维 20 离开拉伸炉 114 之后,可使用非接触传感器 118、120 来测量玻璃纤维 20 的直径以及施加于玻璃纤维 20 的拉伸张力。

[0034] 在双涂层光纤包括与玻璃纤维 20 接触的密闭涂层 25 的情形中,可在玻璃纤维离开拉伸炉之后、且在测量玻璃纤维 20 的直径以及施加到玻璃纤维 20 上的拉伸张力之前或之后,将密闭涂层 25 施加到玻璃纤维。在此实施例中,可将玻璃纤维 20 拉伸通过密闭层涂覆系统(未示出),比如 CVD 系统,该系统将密闭涂层 25 沉积到玻璃纤维 20 上。

[0035] 在一个实施例中,玻璃纤维 20 可选地被拉伸通过冷却系统 122,该冷却系统在将内涂层 30 施加到玻璃纤维 20 之前冷却玻璃纤维 20。冷却系统 122 通常与拉伸炉 114 间隔开,从而双涂层光纤 10 的玻璃纤维 20 在进入冷却系统之前在环境温度下冷却。例如,拉伸炉 114 和冷却系统 122 之间的间隔可以是足以及在玻璃纤维 20 进入冷却系统 122 之前将光纤从拉伸温度(例如从大约 1700° C-2000° C)冷却到约 1300° C,更佳地是冷却到约 1200° C。随着玻璃纤维 20 行进通过冷却系统 122,该纤维被冷却到低于约 80° C,更佳地是低于约 60° C。

[0036] 虽然在此作为用来制造双涂层光纤的系统 100 的一部分而描述了冷却系统和密闭层涂覆系统,应该理解的是,冷却系统和密闭层涂覆系统是选择性的,且在其他实施例中,玻璃纤维可以直接从拉伸炉拉到涂覆系统,而不必进入冷却系统和 / 或密闭层涂覆系统。

[0037] 还是参照图 1A 和 2,在玻璃纤维 20 离开冷却系统 122 之后,玻璃纤维 20 进入涂覆系统 130,在该涂覆系统中将内涂层 30 和外涂层 40 施加到玻璃纤维 20 上。在图 2 所示的实施例中,涂覆系统 130 包括用于施加内涂层 30 的主涂覆模 132、用于固化内涂层 30 的主固化单元 134、用于施加外涂层 40 的副涂覆模 136 和用于固化外涂层 40 的副固化单元 138。主固化单元 134 和副固化单元 138 是适于固化聚酰亚胺材料的热固化单元。然而,在其他实施例中,例如当在将内涂层 30 施加到玻璃纤维 20 上之前向玻璃纤维 20 施加粘着促进剂时,涂覆系统 130 可进一步包括位于主涂覆模 132 上游的预涂覆单元(未示出)。预涂覆单元可用于在玻璃纤维进入主涂覆模 132 之前将粘着促进剂施加到玻璃纤维 20 上。

[0038] 随着玻璃纤维 20 通过主涂覆模 132,内涂层 30 被施加到玻璃纤维 20 上。如上所述,内涂层 30 包括第一聚酰亚胺材料和粘着促进剂,由此,不需要将单独的粘着促进剂施加到玻璃纤维上。在图 2 所示的实施例中,玻璃纤维 20 在离开主涂覆模 132 之后进入主固化单元 134。主固化单元 134 在适于固化内涂层 30 且将存在于第一聚酰亚胺材料中的任何溶剂或其他挥发物分离出的温度下运行。由于第一聚酰亚胺材料是在施加外涂层 40 之前被固化的,此处所述的双涂层光纤被称为湿罩干涂层(wet on dry coating)系统。

[0039] 在将内涂层 30 施加到玻璃纤维 20 并固化之后,拉动玻璃纤维 20 经过副涂覆模 136,在副涂覆模 136 中将外涂层 40 施加于玻璃纤维 20,覆于内涂层 30 之上。如上所述,外涂层 40 包括第二聚酰亚胺材料,该第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料的分解温度阈值要高的分解温度阈值。第二聚酰亚胺材料还可具有比第一聚酰亚胺材料高的弹性模量和 / 或比第一聚酰亚胺材料低的吸潮性。

[0040] 在将外涂层 40 施加到玻璃纤维 20 之后,将玻璃纤维 20 拉过副固化单元 138。副固化单元 138 在适于固化外涂层 40 且将存在于第二聚酰亚胺材料中的任何溶剂或其他挥发物分离出的温度下运行。一旦离开副固化单元 138,带有内涂层 30 和外涂层 40 的玻璃纤维 20 成为双涂层光纤 10。

[0041] 当双涂层光纤 10 离开涂覆系统 130,使用非接触传感器 118 再次测量双涂层光纤 10 的直径。此后,使用非接触探伤仪 139 来检查双涂层光纤 10,查找可能在制造双涂层光纤 10 的过程中发生的损伤和 / 或裂纹。应该理解的是,在涂覆好玻璃纤维 20 之后,双涂层光纤 10 比较不易受因机械接触的损伤。因此,在接下来的处理阶段(未示出),与双涂层光纤 10 的机械接触是可以接受的。

[0042] 如图 2 所示,纤维拾取机构 140 采用各种拉伸机构 142 和滑轮 141 来提供在将双涂层光纤 10 拉过系统 100 的过程中所需的施加于双涂层光纤 10 张力。因此,应该理解的是,纤维拾取机构 140 控制将双涂层光纤 10 拉过系统 100 的速度。在完成对双涂层光纤 10 的制造之后,将双涂层光纤 10 绕到存储线轴 148 上。

[0043] 示例

[0044] 通过下述实例来进一步阐释此处所述的实施例。

[0045] 示例 1

[0046] 通过在玻璃纤维上施加内涂层和外涂层来形成双涂层光纤。玻璃纤维包括硅基玻璃,其具有 124.6 微米的外径(即 $2 \times R1$)。包括第一聚酰亚胺材料的内涂层直接施加到玻璃纤维上,从而该内涂层与玻璃纤维直接接触。内涂层具有热固化后为 5.2 微米的径向厚度。内涂层由 HD Microsystems 生产的 **Pyralin® PI-2574** 形成。**Pyralin® PI-2574** 材料含有粘着促进剂并大体上具有 2.4GPa 的模量、2-3% 的吸潮性以及 550° C 的热固化后分解温度阈值。外涂层包括第二聚酰亚胺材料,该第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料高的分解温度阈值。外涂层直接施加到内涂层上,并具有热固化后为 9.5 微米的径向厚度。外涂层由 HD Microsystems 生产的 **Pyralin® PI-2611** 形成。**PI-2611** 材料具有 8.5GPa 的模量、0.5% 的吸潮性以及 620°C 的热固化后分解温度阈值。

[0047] 在内涂层和外涂层固化之后,在室温下将双涂层光纤浸泡到去离子水浴中数天。在浸泡之后,将双涂层光纤从去离子水浴取出,并通过视觉来进行质量检查,看双涂层是否从光纤上分层。双涂层光纤在浸泡之前和浸泡之后的影像分别示于图 4C 和 4D。如图 4C 和 4D 所示,双涂层光纤在数天的浸泡过程中没有分层。

[0048] 比较例 A

[0049] 通过向玻璃纤维直接施加单层涂层来形成单涂层光纤。该玻璃纤维具有 124.8 微米的外径。如以上在示例 1 中所述,聚酰亚胺材料是 HD Microsystems 制造的 **PI-2611**。单涂层的聚酰亚胺材料具有在热固化后为 13.6 微米的径向厚度。

[0050] 在涂层固化之后,在室温下将该单涂层光纤浸泡到去离子水浴中数天。在浸泡之

后,将单涂层光纤从去离子水浴取出,并通过视觉来进行质量检查,看该单涂层是否从光纤上分层。单涂层光纤在浸泡之前和浸泡之后的影像分别示于图 4A 和 4B。如图 4A 和 4B 所示,在数天的浸泡过程中,单聚酰亚胺材料涂层分层,如图 4B 所示,在涂层中产生不连续部分。

[0051] 示例 2 以及比较例 B 和 C

[0052] 示例 2 的光纤为如示例 1 中所述地那样制造的双涂层光纤。比较例 B 的光纤是如比较例 A 中所述地那样制造的单涂层光纤。比较例 C 的光纤是通过在玻璃纤维上直接施加含有粘着促进剂的聚酰亚胺材料的单一涂层的单涂层光纤。该玻璃纤维具有 124.8 微米的外径。如以上在示例 1 中所述,比较例 C 的聚酰亚胺材料是 HD Microsystems 制造的 **Pyralin®PI-2574**。单涂层的聚酰亚胺材料具有在热固化后为 15.6 微米的径向厚度。

[0053] 在涂层固化之后,来自示例 2 和比较例 B 和 C 中每一个的光纤暴露于 300° C 的温度下 2 到 216 小时。在暴露于升高的温度下不同的持续时间之后,在受控的环境下对 50cm 标准长度的光纤进行张力试验,该受控的环境为 50% 的相对湿度以及 22° C 的温度。以 500mm/ 分钟的十字头速度(crosshead speed)拉伸光纤,直到它被破坏为止。张力试验的结果在图 3 中示出。

[0054] 如在图 3 中以图表示出的,在暴露于升高的温度下之前,示例 2 和比较例 B 和 C 中的带涂层光纤具有约 800kpsi 和 900kpsi 之间的张力强度。而且,在暴露于升高的温度下之后,所有三个示例中的光纤张力强度都降低。然而,在暴露于升高的温度下不到 72 小时之后,比较例 C 中的带涂层光纤的张力强度降到零,而在同样的时间间隔下,示例 2 和比较例 B 中的带涂层光纤的张力强度降低了不到一半。在暴露了 144 小时之后,示例 2 的带涂层光纤的张力强度的下降量小于比较例 B 的带涂层光纤,而在暴露了 216 小时之后,示例 2 的光纤具有大于 300kpsi 的张力强度。

[0055] 示例 1 — 2 和比较例 A — C 的结果表明,根据此处所述实施例的双涂层光纤与由类似材料构成的单涂层光纤相比具有增强的性能。特别地,对于由第一聚酰亚胺材料的内涂层和第二聚酰亚胺材料的外涂层所形成的双涂层光纤,其中第二聚酰亚胺材料具有比第一聚酰亚胺材料要高的分解温度阈值,可以确定该光纤在被浸入水中一段延长的时间段之后不会分层。然而,在浸入水中一段延长的时间段之后,由第二聚酰亚胺材料的单涂层所形成的带涂层光纤会分层。

[0056] 类似地,还可确定,在暴露于升高的温度下之后,双涂层光纤的张力强度不会如带有第一聚酰亚胺材料单涂层的光纤的张力强度那样快速下降。此外,还确定,在暴露于 300° C 的升高的温度下 144 小时之后,双涂层光纤的张力强度大于或等于带有第二聚酰亚胺材料单涂层的光纤的张力强度。

[0057] 对本领域的技术人员来说,很明显地,可在不偏离本发明的精神和范围的条件下,对在此描述的实施例进行各种更改和改变。因此,本说明书意在覆盖对在此所描述的各种实施例的更改和改变,只要这些更改和改变落在所附权利要求书和它们的等价物的范围内即可。

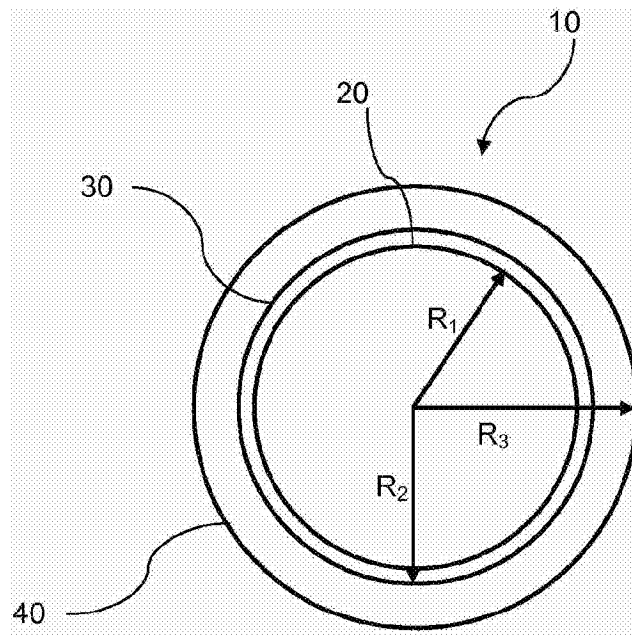


图 1A

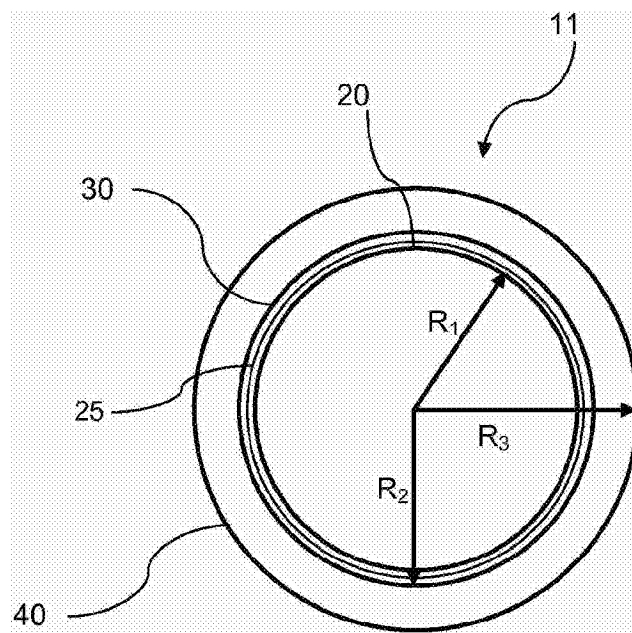


图 1B

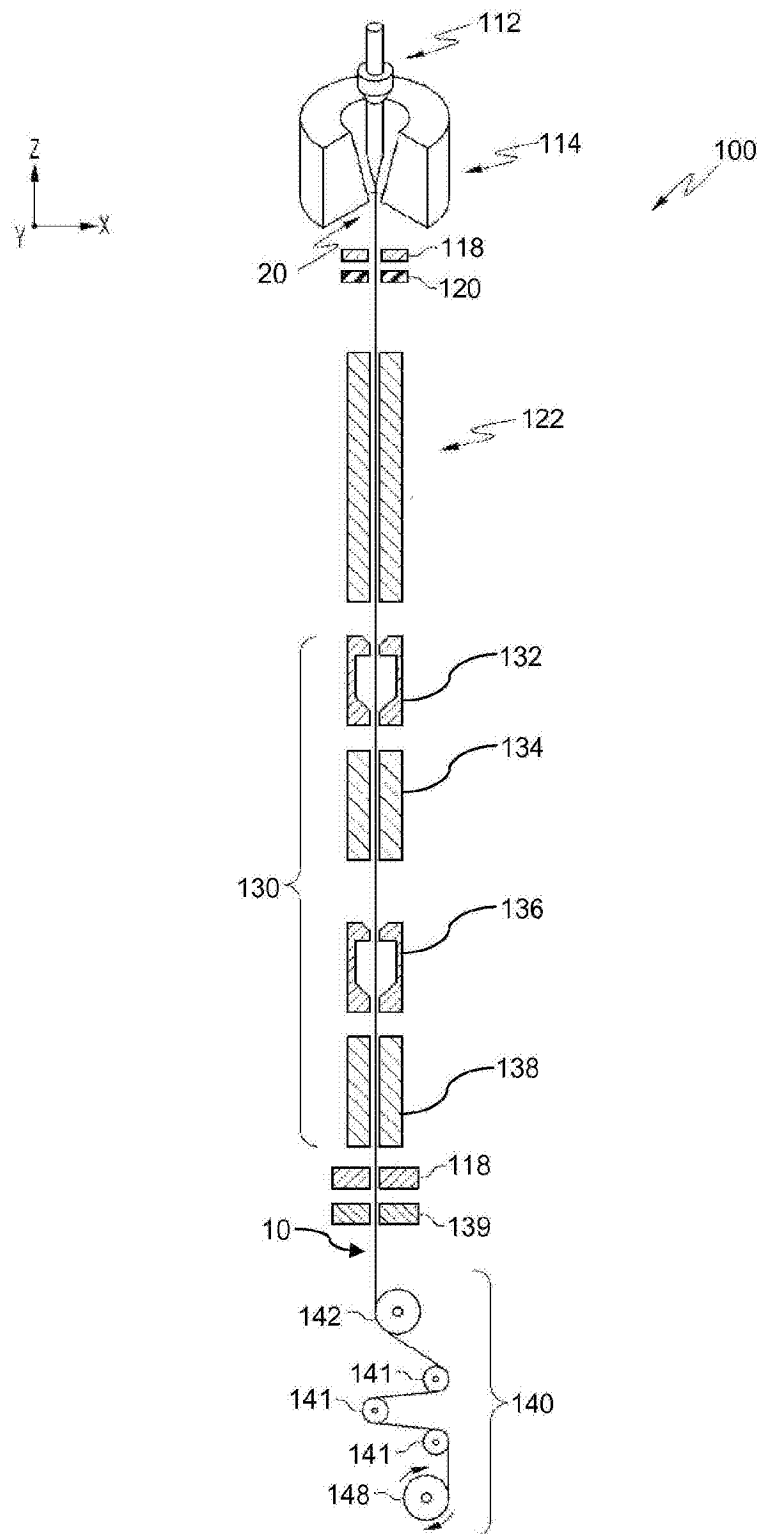


图 2

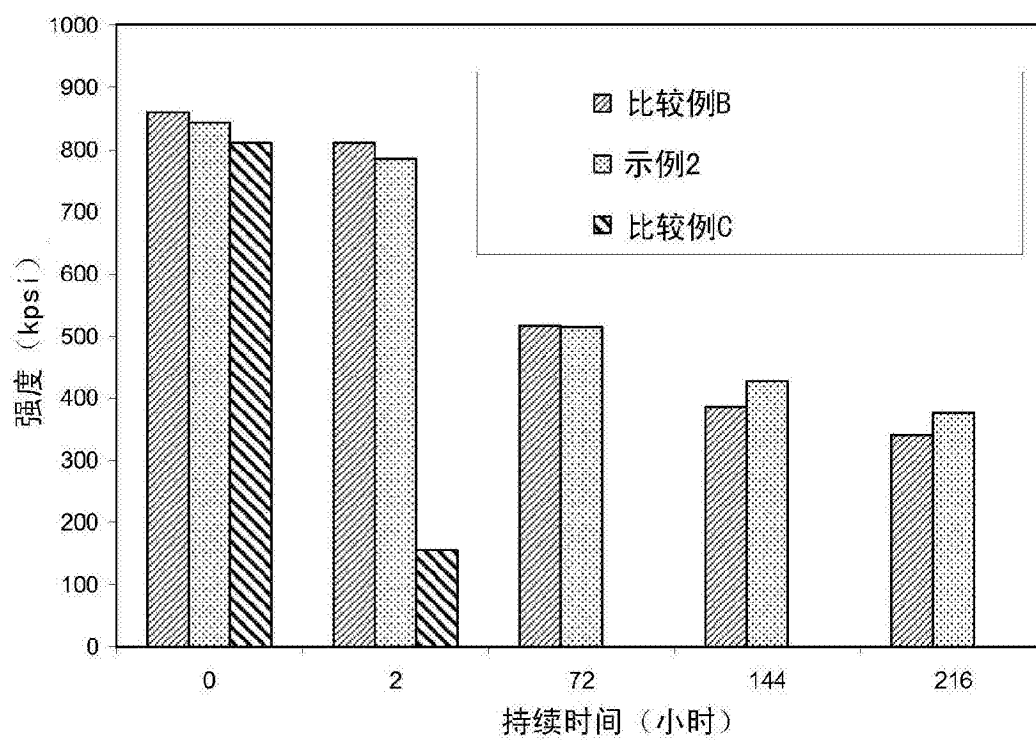


图 3

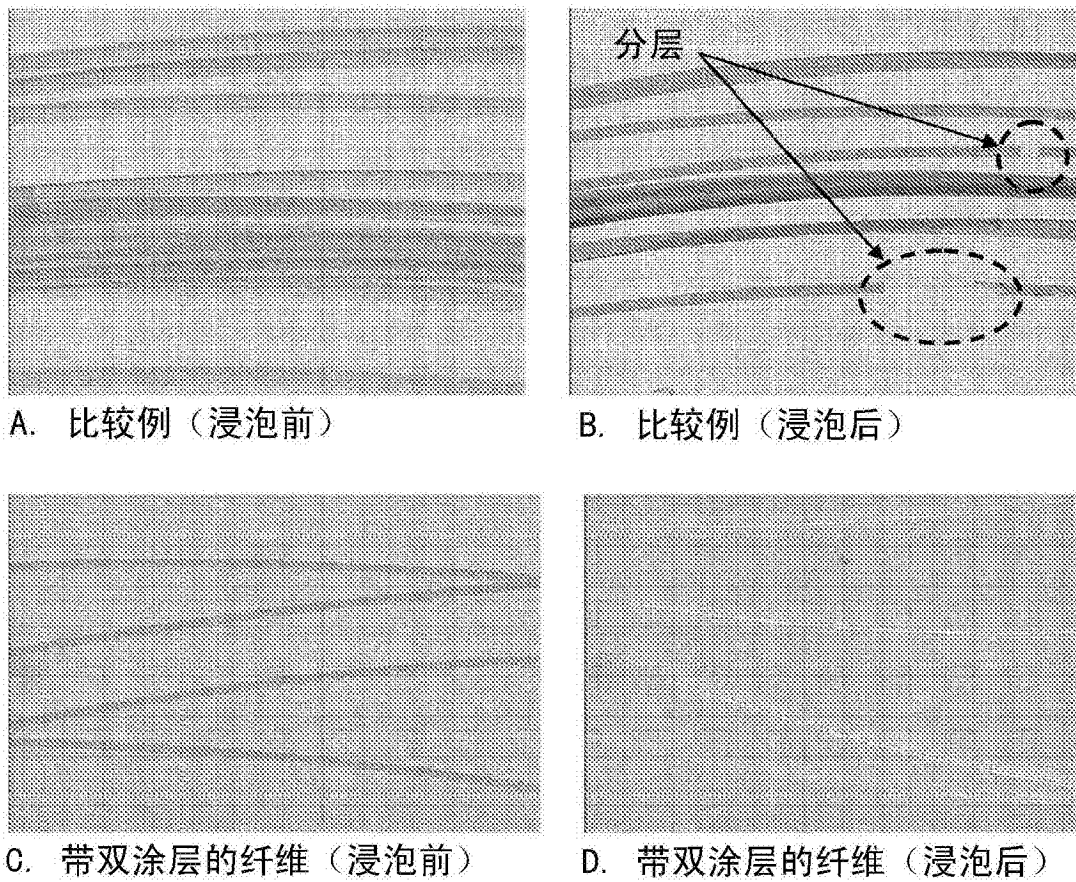


图 4