



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107003490 B

(45)授权公告日 2019.11.08

(21)申请号 201580063437.2

(22)申请日 2015.09.18

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107003490 A

(43)申请公布日 2017.08.01

(30)优先权数据  
62/053,340 2014.09.22 US  
14/818,611 2015.08.05 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.05.22

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2015/050833 2015.09.18

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/048804 EN 2016.03.31

(73)专利权人 康宁光电通信有限责任公司  
地址 美国北卡罗来纳州

(72)发明人 科里·弗里茨·贡特尔

爱德华·H·哈得孙二世  
威廉·卡尔·赫尔利  
瑞贝卡·伊丽莎白·西斯塔瑞

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006  
代理人 徐金国 吴启超

(51)Int.Cl.  
G02B 6/44(2006.01)

(56)对比文件  
US 2009263089 A1,2009.10.22,  
CN 102782551 A,2012.11.14,  
EP 2287646 A2,2011.02.23,  
CN 103502864 A,2014.01.08,  
US 2009129733 A1,2009.05.21,  
CN 102209924 A,2011.10.05,  
US 4141623 A,1979.02.27,

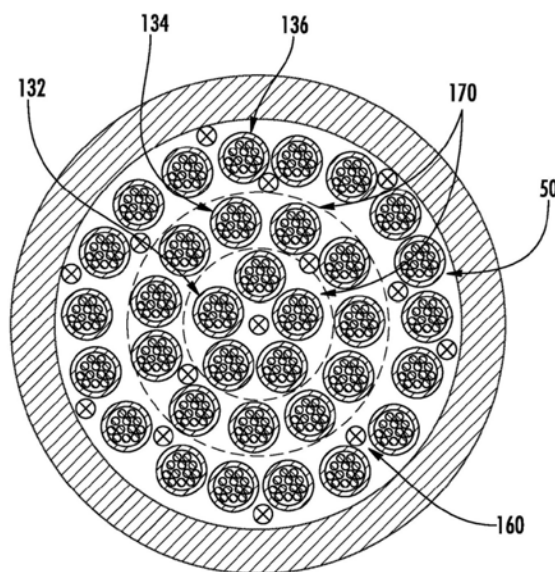
审查员 钟杰

权利要求书2页 说明书15页 附图12页

(54)发明名称  
光纤缆线

(57)摘要

一种光纤缆线,包括外部缆线层和由外部缆线层包围的多个光纤束。每个光纤束包括束护套,所述束护套包围定位在束通道内的多个光纤次单元。多个光学次单元在束通道内彼此缠绕,形成缠绕型样。每个光纤次单元包括次单元护套,所述次单元护套包围定位在次单元通道内的细长光纤。缆线护套、束护套和次单元护套可为耐火的,并且不同长度的强度股可定位在束和次单元中。



1. 一种光学通信缆线,其包含:

缆线主体,所述缆线主体包括所述缆线主体内的主体通道;

定位在所述主体通道内的多个光学传输单元,每个光学传输单元包括至少一个光纤;

其中所述多个光学传输单元包括外部组光学传输单元和内部组光学传输单元;

其中所述内部组光学传输单元彼此缠绕,形成第一缠绕型样,所述第一缠绕型样包括具有第一节距长度的至少一个螺旋形缠绕节段;

其中外部组光学传输单元包围并缠绕所述内部组光学传输单元,形成第二缠绕型样,所述第二缠绕型样包括具有第二节距长度的至少一个螺旋形缠绕节段;并且

其中所述第二节距长度大于所述第一节距长度以使得在所述缆线的至少一个1米长度内,所述外部组光学传输单元的每个光纤的总长度与所述内部组光学传输单元的每个光纤的总长度大致上相同;以及

第三组传输单元,其中所述第三组传输单元包围并缠绕所述外部组光学传输单元,形成第三缠绕型样,所述第三缠绕型样包括具有第三节距长度的至少一个螺旋形缠绕节段,并且其中所述第三节距长度大于所述第二节距长度以使得所述第三组光学传输单元的每个光纤的总长度与所述外部组或所述内部组光学传输单元的每个光纤的总长度大致上相同。

2. 如权利要求1所述的光学通信缆线,其进一步包含:

多个第一抗拉强度股,所述第一抗拉强度股定位在所述主体通道内部和所述光学传输单元外部;和

多个第二抗拉强度股,所述第二抗拉强度股各自定位在所述光学传输单元中的一个内;

其中所述第一抗拉强度股的长度小于所述第二抗拉强度股的长度。

3. 如权利要求2所述的光学通信缆线,其中所述第一节距长度在80mm与300mm之间并且所述第二节距长度在150mm与600mm之间。

4. 如权利要求2所述的光学通信缆线,其中所述第一缠绕型样是SZ绞合型样并且第二缠绕型样是SZ绞合型样。

5. 如权利要求4所述的光学通信缆线,其进一步包含:

定位在所述主体通道内的中心强度构件,其中所述内部组光学传输单元缠绕所述中心强度构件。

6. 如权利要求2所述的光学通信缆线,其中与在所述内部组光学传输单元的光纤中行进的光学通信信号的传输时间比较,在所述外部组光学传输单元的光纤中行进的光学通信信号的传播时间的差异小于20皮秒/米缆线。

7. 如权利要求2所述的光学通信缆线,其中所述光学传输单元是光纤次单元,所述光纤次单元各自包括包围多个光纤的次单元护套。

8. 如权利要求2所述的光学通信缆线,其中所述光学传输单元是光纤束,所述光纤束各自包括包围多个光纤次单元的束护套,并且其中每个光纤次单元包括包围多个光纤的次单元护套。

9. 如权利要求2所述的光学通信缆线,其中所述缆线主体和所述光学传输单元中的至少一个包括耐火聚合物材料以使得所述缆线如NFPA 262所描述进行腔室燃烧测试评级。

10. 如权利要求1所述的光学通信缆线,其进一步包含捆缚纱线,所述捆缚纱线分别围绕所述内部组、所述外部组和所述第三组传输单元中的每一组来定位。

11. 如权利要求7所述的光学通信缆线,其中限定数目的光纤次单元绞合在一起以形成绞合光学次单元组;并且

其中多个所述绞合光学次单元组绞合在一起以形成绞合缆线核心,所述绞合缆线核心纵向延伸贯穿所述主体通道。

12. 如权利要求11所述的光学通信缆线,其中光纤次单元的所述限定数目是四个。

13. 如权利要求12所述的光学通信缆线,其中十二个光学次单元组绞合在一起以形成所述绞合缆线核心。

14. 如权利要求13所述的光学通信缆线,其中芳基聚酰胺纱线在所述光纤次单元、所述绞合光学次单元组和/或所述绞合缆线核心中或周围延伸。

## 光纤缆线

[0001] 优先权申请

[0002] 本申请案依据35U.S.C.§119要求于2014年9月22日提交的美国临时申请案序列号62/053,340和2015年8月5日提交的美国临时申请序列号14/818,611的优先权权益,所述临时申请的内容是本申请的基础并且以全文引用方式并入本文中。

### 背景技术

[0003] 本公开总体上涉及光学通信缆线并且更具体地说涉及包括多个光纤次单元的光学通信缆线。光学通信缆线在各种电子和电信领域中的使用不断增加。光学通信缆线含有或包围一或多个光学通信光纤。缆线为缆线内的光纤提供结构和保护。

### 发明内容

[0004] 本公开的一个实施方案涉及光学通信缆线。光学通信缆线包括外部缆线层和由外部缆线层包围的多个光纤束。每个光纤束包括界定束通道的束护套、定位在束通道内的第一抗拉强度股和定位在束通道内的多个光纤次单元。多个光学次单元在束通道内彼此缠绕,形成缠绕型样。每个光纤次单元包括界定次单元通道的次单元护套、定位在次单元通道内的第二抗拉强度股和定位在次单元通道内的细长光纤。每个光纤束的第一抗拉强度股定位在光纤次单元的护套的外部。第二抗拉强度股的长度与细长光纤的长度大致上相同。第一抗拉强度股的长度小于第二抗拉强度股的长度和细长光纤的长度。

[0005] 本公开的额外实施方案涉及高密度耐火光学通信缆线。缆线包括包含缆线主体内的主体通道的缆线主体,和由耐火聚合物材料形成的缆线主体。缆线包括定位在主体通道内的多个光纤束。每个光纤束包括由耐火聚合物材料形成的束护套并且界定束通道。每个光纤束包括定位在束通道内的多个光纤次单元。每个光纤次单元包括由耐火聚合物材料形成的界定次单元通道的次单元护套和定位在次单元通道内的多个细长光纤。多个光纤束包括外部组光纤束和内部组光纤束,并且内部组光纤束彼此缠绕,形成第一缠绕型样,其包括具有第一节距长度的至少一个螺旋形缠绕节段。外部组光纤束包围并缠绕内部组光纤束,形成第二缠绕型样,其包括具有第二节距长度的至少一个螺旋形缠绕节段。第二节距长度大于第一节距长度以使得在缆线的至少一个1米长度内,外部组光纤束的每个光纤的总长度与内部组光纤束的每个光纤的总长度大致上相同。

[0006] 本公开的额外实施方案涉及高密度耐火光学通信缆线。缆线包括包含缆线主体内的主体通道的缆线主体,和由耐火聚合物材料形成的缆线主体。缆线包括定位在主体通道内的多个光纤束。每个光纤束包括由耐火聚合物材料形成的束护套并且界定束通道。每个光纤束包括定位在束通道内并且未绞合的第一抗拉强度股和定位在束通道内的多个光纤次单元。每个光纤次单元包括由耐火聚合物材料形成的界定次单元通道的次单元护套、定位在次单元通道内并且未绞合的第二抗拉强度股和定位在次单元通道内的多个细长光纤。多个光纤束包括外部组光纤束和内部组光纤束,并且内部组光纤束彼此缠绕,形成第一缠绕型样,其包括具有第一节距长度的至少一个螺旋形缠绕节段。外部组光纤束包围并缠绕

内部组光纤束,形成第二缠绕型样,其包括具有第二节距长度的至少一个螺旋形缠绕节段。第二节距长度大于第一节距长度以使得外部组光纤束的每个光纤的总长度与内部组光纤束的每个光纤的总长度大致上相同。每个光纤束的第一抗拉强度股定位在次单元护套外部。每个第二抗拉强度股的长度与第二抗拉强度股定位的光纤次单元的细长光纤的长度大致上相同。每个第一抗拉强度股的长度小于至少一个细长光纤的长度。缆线主体内的细长光纤的总数为至少288个并且缆线主体的最大外部尺寸为小于30mm。

[0007] 本公开的额外实施方案涉及光学通信缆线,其包括外部缆线层和由外部缆线层包围的第一抗拉强度股。缆线包括由外部缆线层包围的多个光学传输单元。每个光学传输单元包括界定通道的内部护套、定位在通道内的至少一个细长光纤和定位在通道内的第二抗拉强度股。第一抗拉强度股定位在光学传输单元的内部护套外部。第一抗拉强度股的长度小于第二抗拉强度股的长度并且还小于每个光学传输单元的细长光纤的长度。

[0008] 本公开的额外实施方案涉及光学通信缆线。缆线包括包含缆线主体内的主体通道的缆线主体和定位在主体通道内的多个光学传输单元。每个光学传输单元包括至少一个光纤。多个光学传输单元包括外部组光学传输单元和内部组光学传输单元。内部组光学传输单元彼此缠绕,形成第一缠绕型样,其包括具有第一节距长度的至少一个螺旋形缠绕节段。外部组光学传输单元包围并缠绕内部组光学传输单元,形成第二缠绕型样,其包括具有第二节距长度的至少一个螺旋形缠绕节段。第二节距长度大于第一节距长度以使得在缆线的至少一个1米长度内,外部组光学传输单元的每个光纤的总长度与内部组光学传输单元的每个光纤的总长度大致上相同。

[0009] 本公开的额外实施方案涉及光学通信缆线组合件。光学通信缆线组合件包括外部缆线护套、由外部缆线护套包围的多个第一抗拉强度股和由外部缆线护套包围的多个光学传输单元。每个光学传输单元包括界定通道的内部护套、定位在通道内的至少一个细长光纤和定位在通道内的第二抗拉强度股。第一抗拉强度股定位在光学传输单元的内部护套外部。第一抗拉强度股的长度小于第二抗拉强度股的长度并且小于每个光学传输单元的细长光纤的长度。光学通信缆线组合件包括分叉插头。外部缆线护套耦接至分叉插头的第一末端以使得外部缆线护套端接在分叉插头处,并且每个光学传输单元从分叉插头的第二末端伸出以使得外部缆线护套的外表面在分叉插头上游侧界定组合件的最外层表面。第一拉伸股粘合至分叉插头以使得施加至分叉插头的张力至少部分地由第一抗拉强度股来负荷。

[0010] 另外的特征和优点将会在以下详细描述中阐述,并且其中部分将通过说明书而对本领域的技术人员显而易见,或是通过实践如所撰写的说明书及其权利要求书中描述的实施方案以及附图认识。

[0011] 应当理解,以上一般描述以及以下详细描述仅是示例性的,并且旨在提供概述或框架来理解权利要求书的性质和特征。

[0012] 附图被包括来提供进一步的理解,并被并入本说明书中而构成本说明书的一部分。附图例示一或多个实施方案,并与本说明书一起用于解释各种实施方案的概念和操作。

## 附图说明

[0013] 图1是根据示例性实施方案的光纤缆线的透视图。

[0014] 图2是根据示例性实施方案的图1的缆线的侧视图,其中缆线护套被移除以展示缠

绕束组。

[0015] 图3是根据示例性实施方案的图1的缆线的横截面图。

[0016] 图4是根据示例性实施方案的图1的缆线束组的横截面图。

[0017] 图5是根据示例性实施方案的在分叉和连接之后的图1的缆线的透视图。

[0018] 图6是根据另一示例性实施方案的缆线的横截面图。

[0019] 图7是根据另一个示例性实施方案的光纤缆线的透视图。

[0020] 图8是根据另一个示例性实施方案的光纤缆线的透视图。

[0021] 图9是根据另一示例性实施方案的缆线的横截面图。

[0022] 图10是根据另一示例性实施方案的缆线的横截面图。

[0023] 图11是根据另一示例性实施方案的缆线的横截面图。

[0024] 图12是根据另一示例性实施方案的缆线的横截面图;并且

[0025] 图13是根据另一个示例性实施方案的光纤缆线的透视图。

### 具体实施方式

[0026] 总体上参看附图,示出光学通信缆线(例如,纤维光缆、光纤缆线等)的各种实施方案。通常,本文公开的缆线实施方案被配置来在相对较小空间内支撑大量光纤,同时,至少在一些实施方案中,尽管大量光纤定位在缆线内,仍然提供高水平的耐火性。在各种实施方案中,本文公开的缆线实施方案包括各种结构,这些结构将施加至缆线的张力加以隔离并且在缆线内的不同光纤之间提供低延时或偏差。

[0027] 在各种实施方案中,本文公开的缆线实施方案包括多个光学传输单元并且每个单元包括至少一个光纤。在一些实施方案中,光学传输单元为光纤次单元,每个光纤次单元具有包围多个光纤(例如,十二个光纤)的耐火次单元护套。在一些示例性实施方案中,光纤次单元定位在外部缆线护套中并且在光纤次单元与外部缆线护套之间没有中间护套层的情况下,可绞合在缆线护套内。在其他实施方案中,光学传输单元为光纤次单元束。在这些实施方案中,将光纤次单元分组成多个束,每个束包括由耐火束护套包围的多个光纤次单元。在各种实施方案中,束然后由外部缆线层(例如缆线护套)包围,所述外部缆线层由耐火材料制成。在各种实施方案中,三级耐火材料层提供如下缆线,这些缆线尽管支撑大量光纤(例如,至少192个光纤、至少288个光纤),仍然通过各种防火等级测试(例如,腔室燃烧测试、竖管燃烧测试等),同时允许外部缆线护套的厚度相对较低。

[0028] 在各种实施方案中,光学传输单元在缆线护套内绞合或缠绕。举例来说,在各种实施方案中,光纤次单元或光纤次单元束在缆线护套内彼此绞合或缠绕。在各种实施方案中,缆线包括缠绕或扭转在一起的内部组光学传输单元(例如,光纤次单元或光纤次单元束)和外部组光学传输单元(例如,光纤次单元或光纤次单元束),所述外部组光学传输单元定位在内部组的外部并且围绕所述内部组缠绕或扭转。在各种实施方案中,光学传输单元的每个缠绕组的缠绕型样的节距被选择来使得外部组的光学传输单元的光纤具有与内部组的光学传输单元的光纤大致上相同总长度。

[0029] 通信系统可使用平行光学方案来增加系统带宽。在这些应用中,将信号从缆线的一个末端传输至另一个末端的光纤之间的时间差异被称为“偏差”。在至少一些平行光学方案中,低偏差为缆线的重要性质。因此,在本公开的缆线的各种实施方案中,次单元内的光

纤具有彼此大致上相同长度以使得在次单元内的光纤之间存在较低偏差。此外,在每个束内的次单元均匀地绞合以使得束内的光纤的总长度与束内的其他光纤大致上相同,导致束内的光纤之间的较低偏差。

[0030] 另外,在各种实施方案中,内部组中的缠绕光学传输单元的节距或“捻距”小于外部组的光学传输单元的节距或“捻距”(例如,意指内部组的扭转比外部组更紧)。在光学传输单元包括光纤次单元束的实施方案中,内部组中的缠绕束的节距或“捻距”小于外部组的缠绕束的节距或“捻距”(例如,意指内部组的扭转比外部组更紧)。在光学传输单元包括非成束光纤次单元的实施方案中,内部组中的缠绕光纤次单元的节距或“捻距”小于外部组的缠绕束的节距或“捻距”(例如,意指内部组的扭转比外部组更紧)。因此,在这些实施方案中,内部组的更紧扭转导致内部组相对于外部组的较低直径以使得光纤次单元和/或次单元内的光纤的总长度在外部组与内部组之间大致上为相同的。在各种实施方案中,应了解内部与外部组之间的大致上相等光纤长度导致在内部与外部组的光纤之间具有较低偏差的光纤缆线,并且在各种实施方案中,本文论述的缆线实施方案为用于利用具有低偏差特性的缆线的设备的高密度缆线。此外,内部与外部组的光纤之间的大致上相等长度还有助于确保经历的光纤张力大致上在缆线的光纤上均匀地分布。

[0031] 另外,本文论述的各种缆线实施方案包括两个层次的抗拉强度股或纱线股(例如,芳族聚酰胺股),每一个具有相对于彼此的不同长度。在各种实施方案中,不同长度的抗拉强度纱线允许在缆线内分离并传输不同张力,这对于不同应用可能是合乎需要的。举例来说在各种实施方案中,本文论述的缆线实施方案包括定位在每个次单元护套外部的第一组抗拉强度股和定位在每个次单元护套内的第二组抗拉强度股。在各种实施方案中,第一组抗拉强度股的长度比次单元内的光纤稍短,并且第二组抗拉强度股具有与次单元内的光纤大致上相同长度。在光学传输单元包括光纤次单元束的具体实施方案中,第一组抗拉强度股可定位在每个束护套内或在缆线护套内,但是在每个次单元护套外部;并且第二组抗拉强度股定位在每个次单元护套内。在光学传输单元包括未成束光纤次单元的具体实施方案中,第一组抗拉强度股可定位在每个次单元护套外部,但是在由缆线护套界定的通道内;并且第二组抗拉强度股定位在每个次单元护套内。

[0032] 如以下更详细地解释,分叉主体或插头可耦接至缆线以便将从缆线主体到达光纤连接器的光纤次单元加以划分,然后这些光纤连接器可允许将光纤连接至各种设备。在这些实施方案中,第一组抗拉强度股可耦接至分叉主体。因为第一组的抗拉强度股比光纤短,第一组抗拉强度股用于将缆线内的张力隔离并且允许拉动设备以便啮合并勒紧在分叉主体上,以使得由于拉动所导致的张力通过第一组抗拉强度股而不是通过光纤来传输。

[0033] 此外,第二组抗拉强度股可耦接至光纤连接器,这些光纤连接器定位在来自外部缆线护套的在分叉主体处划分的每个光纤次单元的末端处。耦接第二组抗拉强度股(具有与光纤相同长度)用于在将连接器安装在设备机架上时限制光纤上的张力的量。因此,咸信本文论述的两组抗拉强度股的差异长度导致缆线和缆线组合件具有经过改进的张力分布特性。

[0034] 参看图1和2,示出根据示例性实施方案的光学通信缆线,其示出为缆线10。缆线10包括示出为缆线主体或缆线护套12的外部缆线层,其具有内表面14,所述内表面界定示出为中心孔16的内部通道或腔穴。如通常了解,护套12的内表面14界定以下论述的各种缆线

部件定位的内部区域或范围。

[0035] 在各种实施方案中, 缆线10为高密度光纤缆线, 其在具有相对低横截面面积的缆线中包括大量光纤。在这些实施方案中, 缆线10包括示出为光纤束20的多个光学传输单元。通常, 如以下更详细地解释, 每个束20包括示出为次单元50的多个光纤次单元, 并且在所示具体实施方案中, 每个束20包括四个次单元50。每个次单元50包括示出为光纤58的多个个别细长光学传输元件, 并且在所示具体实施方案中, 每个次单元50包括12个个别光纤58。

[0036] 如图1和图2中示出, 缆线10包括外部组24的束20和内部组26的束20。通常, 内部组26总体上定位在孔16的中心区域, 并且外部组24定位在内部组26周围并且包围所述内部组。在所示具体实施方案中, 缆线10包括内部组26内的三个束20和外部组24内的九个束20。在其他实施方案中, 内部组26可包括两个、四个、五个等束20并且外部组24可包括小于九个束20或超过九个束20。虽然本文论述的实施方案主要涉及具有两组(内部组和外部组)束20的缆线, 但是在其他实施方案中, 缆线10可包括三、四、五或更多同心组的束20。

[0037] 如在图2中最佳示出, 在各种实施方案中, 内部组26和外部组24的光纤束20均缠绕、扭转或绞合以形成孔16内的缠绕型样。如图2中示出, 内部组26的束20彼此缠绕以形成第一缠绕型样, 并且外部组24的束20围绕内部组26缠绕以形成第二缠绕型样。在各种实施方案中, 第一缠绕型样和第二缠绕型样各自包括至少一个螺旋形缠绕或扭转部分。在各种实施方案中, 内部组26的第一缠绕型样不同于外部组24的第二缠绕型样。通常, 选择内部组26和外部组24的缠绕型样以使得束20(以及因此每个束20内的光纤)的长度与其他束20和缆线10的其他光纤大致上相同(例如, 缆线10的所有束和所有光纤的长度在彼此1.5%内并且更具体地说在彼此0.1%内, 如以下更详细论述)。

[0038] 通常, 内部组26与外部组24之间的相等长度通过内部组26具有比外部组24更紧螺旋型样来实现, 因此内部组26的更紧缠绕型样导致组26与外部组24相比的更小直径, 由此在内部组26与外部组24之间产生束20和光纤的大致上相同长度。在具体实施方案中, 选择内部组26和外部组24的缠绕型样以使得在缆线10的至少一个1米节段内, 每个组的束20的长度与其他束20大致上相同。

[0039] 在各种实施方案中, 内部组26与外部组24之间的差异缠绕提供缆线10, 所述缆线10允许具有适合用于室内数据中心应用的特征的高光纤密度缆线。内部组26与外部组24之间的束20(和束内的光纤)的大致上相等长度产生在不同束20的光纤之间具有相对较低偏差的缆线10。这可促进缆线10与某些数据中心通信设备, 例如平行光学传输设备一起使用。在各种实施方案中, 此绞合布置产生具有相对较低偏差的缆线10, 这意味着与在内部组26的光纤中行进的光学通信信号的传输时间比较, 在外部组24的光纤中行进的光学通信信号的传播时间的差异小于20皮秒/米缆线(ps/m)并且更具体地说小于10ps/m。另外, 内部组26与外部组24之间的束20(和束内的光纤)的大致上相等长度导致外部组24与内部组26的光纤之间的大致上均匀张力分布。

[0040] 如以上提及并且在图2中示出, 内部组26包括至少一个螺旋形缠绕节段28, 并且外部组24包括至少一个螺旋形缠绕节段30。每个螺旋形缠绕节段包括节距长度(也称为捻距), 其为一个束20在螺旋型样内完成一个整转所需要的轴向距离。在一些实施方案中, 内部组26和外部组24具有平均节距长度(或平均捻距), 其为沿着缆线10的长度的多个个别节距长度的平均数。



[0041] 在各种实施方案中,内部组26的至少一个螺旋缠绕节段的节距长度在125mm与350mm之间,具体地说在150mm与250mm之间,并且更具体地说在175mm与225mm之间。在这些实施方案中,外部组24的至少一个螺旋缠绕节段的节距长度在300mm与900mm之间,具体地说在400mm与600mm之间,并且更具体地说在450mm与550mm之间。在具体实施方案中,内部组26的至少一个螺旋缠绕节段的节距长度在175mm与225mm之间并且外部组24的至少一个螺旋缠绕节段的节距长度在450mm与550mm之间。在另一个具体实施方案中,内部组26的至少一个螺旋缠绕节段的节距长度在195mm与205mm之间并且外部组24的至少一个螺旋缠绕节段的节距长度在505mm与515mm之间。

[0042] 在各种实施方案中,内部组26和外部组24的差异绞合或缠绕导致外部组24与内部组26之间的相对低长度差异(例如,过量束长度)以使得束20的长度在外部组24与内部组26之间是大致上相同的。在各种实施方案中,外部组24的束20和外部组24的相应光纤与内部组26的束20和内部组26的相应光纤之间的长度差异百分比小于0.6%,具体地说小于0.3%并且更具体地说在0.05%与0.15%之间。

[0043] 具有内部组26与外部组24之间之差异螺旋缠绕的缆线10的各种特定实施方案在下表1中对于具有5.6mm直径的束来展示。对于具有不同直径的束可构建相似表。

[0044] 表1

| 平均节距或捻距     |             | 与缆线 10 长度相比的束长度的差异(%) |
|-------------|-------------|-----------------------|
| 内部组 26 (mm) | 外部组 24 (mm) |                       |
| 350         | 891         | 0.18                  |
| 300         | 764         | 0.24                  |
| 250         | 636         | 0.34                  |
| 200         | 509         | 0.54                  |
| 175         | 445         | 0.70                  |
| 150         | 382         | 0.95                  |
| 138         | 350         | 1.13                  |
| 125         | 318         | 1.37                  |

[0045] 表1对于具有5.6mm直径的束的缆线10的示例性实施方案示出缆线长度与束长度之间的差异。对于缆线的两个层,此大小的缆线的典型绞合将使用350mm捻距。对于这些绞合参数,内部层26将比缆线长0.18%,并且外部层将比缆线长1.13%。这种绞合将导致外部层中的光纤比内部层中的光纤长0.95% ( $1.13\% - 0.18\% = 0.95\%$ )。因为如以上论述,缆线10的内部组和外部组束20的捻距不同,所以外部束24与内部束26之间的光纤长度得到平衡。举例来说,如果外部束24具有350mm的捻距,那么内部束26将具有138mm的捻距以便平衡光纤长度。通常,长捻距使得缆线柔性较小并且短捻距减少生产速度。表1示出为了获得所需缆线性质的可选择的成对捻距的范围。

[0047] 许多不同缠绕型样可用于形成外部层24和内部层26。在各种实施方案中,外部层24和内部层26以SZ缠绕型样(也被称为SZ绞合型样)来缠绕。在这些实施方案中,外部层24和内部层26包括右手螺旋形缠绕节段、逆转节段和左手螺旋形节段。在右手螺旋形缠绕节段内,束20在右手方向上螺旋形缠绕。在左手螺旋形缠绕节段内,束20在左手方向上螺旋形缠绕。逆转节段32是在右手螺旋形缠绕节段与左手螺旋形缠绕节段之间提供过渡的节段。在一些实施方案中,如图2中示出,逆转节段32成形为正弦函数。在各种实施方案中,内部组26和外部组24的缠绕型样的至少一个螺旋形缠绕节段可为所示SZ绞合型样的左手或右手螺旋形缠绕节段,并且可具有本文论述的任何节距长度。

[0048] 应了解虽然图2示出一个右手螺旋形缠绕节段、一个逆转节段和一个左手螺旋形缠绕节段,但是内部组26和外部组24可包括与图2所示节段类似的大量重复节段。在各种实施方案中,右手螺旋形缠绕节段和左手螺旋形缠绕节段沿着缆线长度交替,并且逆转节段定位在每个相反缠绕螺旋节段之间。在其他实施方案中,内部组26和外部组24可以具有本文论述的任何节距长度的非逆转螺旋形或螺旋状型样来缠绕。

[0049] 参看图3和图4,更详细地示出缆线10的结构。如图3中示出,缆线10包括定位在由缆线护套12界定的孔16内的多个束20(例如,在所示具体实施方案中,十二个束20)。每个束20包括外部层或束护套40,其具有界定束通道或孔44的内表面42。每个束20包括定位在束通道44内的至少一个或多个光纤次单元,其示出为次单元50。每个次单元50包括示出为次单元护层52的内部护套或次单元护套,其具有界定次单元通道或孔56的内表面54。示出为光纤58的多个个别、细长光学传输元件定位在每个次单元50的孔56内。

[0050] 在各种实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52各自由足够强度的可挤塑或挤塑聚合物材料形成以使如本文论述的缆线10的每个单元保持在一起。在各种实施方案中,缆线护套12为缆线10提供结构和支撑,并且束护套40可足够薄以允许在不需要切割工具的情况下获取次单元50。在各种实施方案中,缆线护套12可包括获取特征,诸如一或多个易卸节段或剖分索,其允许使用者相对轻易地打开缆线护套12以便获取束20和次单元50。根据本公开的其他方面,束护套40可由具有薄壁的低强度材料制成以使得可通过简单地用手指撕破束护套来移除束护套。在各种实施方案中,束护套40和/或次单元护层52可由螺旋状缠绕捆缚纱线形成。在各种实施方案中,次单元50可含有水可溶胀粉末、细丝或胶带以赋予次单元阻水能力。

[0051] 在各种实施方案中,束护套的功能是将束内的次单元保持在一起,因此其形成可穿过加工设备的内聚性单元,以便安置在缆线腔穴16内。在各种实施方案中,此功能还可通过将次单元以紧密扭转(例如像绳索那样)来螺旋状绞合以使得其形成便于加工的内聚性单元或束来实现。

[0052] 在各种实施方案中,束护套40可为挤塑薄膜,其冷却以提供作用于次单元50的向内定向力。由束护套40的此实施方案提供的向内定向力帮助将次单元50保持在一起。举例来说,由束护套40提供的向内定向力可用于防止/抵抗经卷绕的次单元50解开。

[0053] 如以上论述,束20在缆线护套12的孔16内缠绕或绞合。除了束层次绞合以外,次单元50在每个束20内彼此缠绕或绞合。在这些实施方案中,将次单元50缠绕以便包括至少一个螺旋形缠绕节段,并且具体地说可如以上关于束20绞合论述来进行SZ绞合。在各种实施方案中,次单元50可以型样来缠绕以使得缠绕次单元50的节距长度在85mm与1000mm之间,

具体地说200mm与400mm之间。在各种实施方案中,每个束20内的拉伸股60与束的轴线大致上平行或在没有缠绕或绞合的情况下引入束中,由此使得拉伸股束比次单元和光纤更短。在各种实施方案中,束可含有水可溶胀粉末、细丝或胶带以赋予束阻水能力。

[0054] 在各种实施方案中,缆线10的两个绞合层次产生如下缆线,其中次单元50的总轴向长度大于周围束20(和尤其束护套40)的总轴向长度,并且束20的总轴向长度大于缆线10(和尤其缆线护套12)的总轴向长度。另外,在这些实施方案中,光纤58在次单元护层52内未绞合,并且在这些实施方案中,光纤58的总轴向长度与相应次单元50(和尤其次单元护层52)的轴向长度大致上相同(例如,在彼此小于0.1%内)。

[0055] 在各种实施方案中,缆线10是适合于室内使用的耐火缆线。在各种实施方案中,缆线10包括材料并且被设计来通过腔室燃烧测试(NFPA262)和/或竖管燃烧测试(UL1666)。在另一个实施方案中,缆线10是耐火的无腐蚀性的缆线(IEC603323)。在另一个实施方案中,在依据EN50339、EN61034-2、EN60754-2和EN60332-1-2-3测试时,光学通信缆线实现欧洲建筑产品防火安全法规的至少Dca等级并且实现如标准中所描述的Dca等级,或更优选地Cca等级,或更优选地B2ca等级。在各种实施方案中,光纤58包括用于保护内部玻璃纤维的外部保护涂层,诸如UV固化聚氨酯丙烯酸酯材料。然而,这些外涂层材料在暴露于火时可产生显著热量以使得随着特定缆线的光纤计数和光纤密度增加,缆线10的耐火性倾向于降低。然而,在各种实施方案中,缆线10经特别构造以便提供高纤维计数、高纤维密度缆线,同时仍然保持令人满意的耐火特性。

[0056] 在缆线10的这些耐火实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52全部由耐火材料,诸如可挤塑耐火聚合物材料形成。在各种实施方案中,通过在缆线10内使用多层耐火护套材料,缆线10能够通过以上论述的各种耐火性测试,尽管缆线10的纤维数目较大和纤维密度较高。另外,通过在缆线10内使用多层耐火护套材料,与没有缆线10的多层耐火设计的其他高纤维数目缆线相比,总横截面面积、缆线10的外径和缆线护套12的厚度得以减少。

[0057] 在各种实施方案中,缆线护套12,束护套40和次单元护层52由可挤塑聚合物材料形成,所述可挤塑聚合物材料包括在聚合物材料中嵌入的一或多种材料、添加剂或组分以便提供耐火特性,诸如相对低发热、低热传播、低火焰传播、低烟产生。在各种实施方案中,耐火材料可包括在聚合物材料中嵌入的膨胀性材料添加剂。在其他实施方案中,耐火材料包括在聚合物材料中嵌入的非膨胀性耐火材料,诸如金属氢氧化物、氢氧化铝、氢氧化镁等,所述材料在热量/火存在下产生水,从而减缓或限制通过缆线10的热传递。在具体实施方案中,耐火材料可为低烟零卤素聚合物材料。

[0058] 在各种实施方案中,缆线护套12,束护套40和次单元护层52可包括在缆线护套材料中嵌入的膨胀性材料颗粒,形成涂布相应护套的内表面的膨胀性层。在此实施方案中,如热量通过每个护套层传递时,膨胀性材料膨胀,阻断通过相应护套层的孔的空气流动。膨胀性材料还形成炭层,其具有低导热性,从而进一步限制热穿透至缆线的中间。在各种实施方案中,膨胀性材料可包括硅酸钠、石墨或可从Clariant获得的Exolit材料中的一或多种。在各种实施方案中,耐火材料可为耐火聚乙烯、聚丙烯、PVC或用于光纤缆线结构中的任何合适耐火聚合物材料。

[0059] 在各种实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52可各自由相同耐火材

料形成,并且在其他实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52可各自由彼此不同的耐火材料形成。在各种实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52中的至少一个可由耐火材料形成并且缆线护套12、束护套40和次单元护层52中的至少一个可由非耐火材料形成。在各种实施方案中,水可溶胀粉末、胶带或纱线可安置在护套12内以赋予缆线阻水能力。

[0060] 在某些实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52的耐火材料可为具有54或更高的极限氧指数 (LOI) 的高度填充聚合物材料。然而在其他实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52可由具有48或更小的LOI的较少高度填充护套材料形成并且可利用嵌入膨胀性材料、滞火胶带等以提供所需耐火性质。在这些实施方案中,缆线10可包括在束20周围和外部缠绕的阻燃胶带,诸如云母带。

[0061] 在各种实施方案中,缆线护套12具有示出为T1的厚度,束护套40具有示出为T2的厚度并且次单元护层52具有示出为T3的厚度。在各种实施方案中,T1在0.1mm与3mm之间,具体地说在0.5mm与1.5mm之间并且更具体地说为约1.0mm (1.0mm加上或减去0.1mm)。在各种实施方案中,T2在0.1mm与0.8mm之间,具体地说在0.2mm与0.6mm之间并且更具体地说为约0.4mm。在各种实施方案中,T3在0.1mm与1.0mm之间,具体地说在0.2mm与0.6mm之间并且更具体地说为约0.3mm。在各种实施方案中,通过使用三个不同耐火层,与只依赖于外部层的耐火性的具有高光纤数目的缆线通过一或多个上述燃烧测试通常所需要的总厚度相比,缆线护套12的总厚度可较小。

[0062] 在示出的实施方案中,缆线10被配置来保持总共576个光纤58。在这些实施方案中,缆线10包括十二个束20,并且每个束20包括四个次单元50以使得缆线10包括总共48个次单元50。在这些实施方案中,每个次单元50包括十二个光纤58。在此实施方案中,每个束20被配置来在缆线10的上游端处耦接至48光纤连接器,并且每个次单元50被配置来在缆线10的下游端处耦接至12光纤连接器(例如,以下论述的连接器76)。

[0063] 在其他实施方案中,缆线10可支撑不同数目的束20,每个束包括不同数目的次单元50,每个次单元包括不同数目的光纤58。在各种实施方案中,缆线10可包括6、8、10、14、16、20个等束20,并且每个束20可包括2、3、5、6、8、10个等次单元50,并且每个次单元50可包括2、4、6、8、10、14、16、20、28、32个等光纤58。在一个实施方案中,每个束20包括两个十二光纤次单元,并且缆线10的上游端被配置来耦接至24光纤连接器。在另一个实施方案中,每个束20包括三个十二光纤次单元,并且缆线10的上游端被配置来耦接至36光纤连接器。在另一个实施方案中,每个束20包括六个十二光纤次单元,并且缆线10的上游端被配置来耦接至76光纤连接器。在另一个实施方案中,每个束20包括八个十二光纤次单元,并且缆线10的上游端被配置来耦接至96光纤连接器。

[0064] 在各种实施方案中,与提供具有比较大光纤数目并且提供令人满意耐火特性的缆线通常所需要的最大外部尺寸相比,示出为缆线护套12的外径D1的缆线护套12的最大外部尺寸较小。在各种实施方案中,D1小于30mm,具体地说小于28mm并且更具体地说小于26mm。在各种实施方案中,缆线10包括至少288个光纤58并且缆线护套12的外径小于30mm,并且在另一个实施方案中,缆线10包括至少500个光纤58并且缆线护套12的外径小于30mm。在具体实施方案中,缆线10包括576个光纤58并且缆线护套12的外径小于30mm。在各种实施方案中,束20各自具有示出为D2的外径,并且在各种实施方案中,D2在4mm与7mm之间,具体地说

在5mm与6mm之间并且更具体地说约5.6mm(例如,5.6mm加上或减去0.2mm)。

[0065] 除了在相对紧凑、耐火缆线中提供高纤维计数以外,缆线10还可被构造来提供张力隔离,从而允许缆线10与可促进缆线10在数据中心内使用的分叉结构和光纤连接器一起使用。通常,缆线10包括在缆线10内的至少两个不同组的抗拉强度股或纱线。如在图4中最佳示出,缆线10包括每个束20中的至少一个第一抗拉强度股,其示出为束纱线60;和定位在每个次单元50中的至少一个第二抗拉强度股,其示出为次单元纱线62。在各种实施方案中,可在孔16内但是在束20外部添加拉伸股或刚性杆。

[0066] 束纱线60定位在束护套40内部但是在次单元护层52外部,并且次单元纱线62定位在次单元护层52内部。应了解,虽然图4示出定位在每个束20内的一个束纱线60和定位在每个次单元50中的一个次单元纱线62,但是一个以上束纱线60可定位在每个束20中并且一个以上次单元纱线62可定位在每个次单元50中。在各种实施方案中,使用束纱线60和/或次单元纱线62允许形成缆线10而无需在许多光纤缆线的中心存在中心强度构件,诸如玻璃增强塑料(GRP)杆。

[0067] 在各种实施方案中,束纱线60在每个束20内未绞合(例如,未缠绕在次单元50外部)以使得束纱线60具有与束20和尤其束护套40大致上相同长度。如了解,在此布置中,因为束20以缠绕型样绞合并且因为次单元50在每个束20内以缠绕型样绞合,所以束纱线60的总轴向长度小于次单元50的总轴向长度并且小于每个次单元内的光纤58的总轴向长度。在各种实施方案中,束纱线60的总轴向长度比次单元50的总轴向长度和每个次单元内的光纤58的总轴向长度小0.05%与0.4%之间并且更具体地说0.1%与0.2%之间。如以下更详细地解释,此布置产生如下缆线,其中施加至缆线的张力主要由束纱线60而不是由光纤58来传输和经历。

[0068] 如图3和4示出,缆线可以围绕三个束绞合的九个束来形成。为了产生各种纤维计数的缆线并且保持9加3绞合,束20可在束内具有三个或四个或更多个次单元50。一些缆线设计并入不适合于产生十二个均匀大小束的纤维计数。对于这些缆线,可使用填充杆来替换一些次单元50。举例来说,为了获得具有384个光纤的缆线,那么图4示出的缆线可通过将四个次单元50用填充杆替换来制成。填充杆可为适当阻燃材料的实心杆或仅为没有光纤的次单元。

[0069] 在各种实施方案中,次单元纱线62在每个次单元50内未绞合(例如,未缠绕在光纤58外部)以使得次单元纱线62具有与每个次单元50和尤其次单元护层52大致上相同长度。如了解,在此布置中,因为光纤58类似地在次单元50内未绞合,所以每个次单元50内的次单元纱线62的总轴向长度与每个次单元内的光纤58的总轴向长度大致上相同。在这些实施方案中,次单元纱线62的总轴向长度在光纤58的总轴向长度的0.1%并且更具体地说0.05%内。如以下更详细地解释,此布置产生如下缆线,其中施加至缆线的张力在分叉主体的上游得以隔离并且均匀地分布由耦接至次单元的光学连接器经历的张力。

[0070] 在各种实施方案中,束纱线60和次单元纱线62可为用于缆线结构中的任何合适抗拉强度纱线或纤维材料。在各种实施方案中,束纱线60和次单元纱线62由芳基聚酰胺纱线材料形成。在其他实施方案中,缆线10的抗拉强度股可为玻璃纤维纱线、在商品名称Zylon下出售的聚(对苯撑-2,6-苯并二恶唑)纱线、在商品名称Vectran下出售的聚酯-聚芳酯液晶聚合物纤维,或其他高强度拉伸纱线。

[0071] 图5示出在连接至数据中心设备之前,在获取次单元50之后用缆线10形成的缆线组合件71。如示出,为了获取次单元50,将分叉主体或插头70耦接至缆线10。通常,将分叉插头70安装至缆线10,从而允许获取光纤或在缆线10的情况下,获取次单元50以便连接和耦接至设备。将光缆10接收至分叉插头70中,并且分叉插头70耦接至缆线10。

[0072] 为了将分叉插头70耦接至缆线10,将缆线护套12的一部分移除,从而暴露次单元50。在此布置中,在分叉插头70的上游侧72,缆线10是完整的以使得在上游侧72,护套12的外表面界定缆线10的外表面。在分叉插头70的下游侧74,移除缆线护套12和束护套40,暴露每个次单元50。在此布置中,在分叉插头70的下游侧,次单元护层52的外表面界定缆线10的外表面。

[0073] 光纤连接器76耦接至次单元50的下游端。通常,每个光纤连接器76耦接至其连接的次单元50的每个光纤58,并且连接器76促进光纤58连接至缆线10所服务的各种数据中心设备。因此,在示出的实施方案中,连接器76是12光纤连接器,其被配置来传达来自相应次单元50的十二个光纤中的每一个的信号。

[0074] 在这些实施方案中,不需要为了支撑光纤58而安装单独分叉支腿,因为在移除缆线护套12和束护套40之后,次单元护层52足够稳固以提供光纤58的保护。另外,次单元护层52足够稳固以支撑连接器76的耦接。

[0075] 如以上提及,相对于光纤58的长度的束纱线股60的长度用于使得束纱线股60而不是光纤58承受拉伸力。具体来说,在各种实施方案中,在分叉插头70安装至缆线10上时,束纱线股60耦接或锁定至分叉插头70上。在各种实施方案中,粘着剂材料(诸如环氧树脂)用于将束纱线股60粘合至分叉插头70。因此,在此布置中,(例如,经由缆线拉动设备,诸如拉动手柄)施加至分叉插头70的张力通过束纱线股60而不是通过光纤58来负荷,并且另外,此布置用于将缆线10内的张力隔离至插头70的上游侧72。此张力隔离限制缆线张力对于缆线10的下游侧74的暴露次单元50的影响。

[0076] 此外,相对于次单元50的长度的次单元纱线股62的长度用于均匀地分布次单元50内的张力和由连接器76经历的张力。在各种实施方案中,在连接器76安装至次单元50时,每个次单元的次单元纱线股62耦接或锁定至连接器76上。在各种实施方案中,次单元纱线股62通过卷边带保持在连接器76的背部。将次单元纱线股62耦接至连接器76限制力从光纤58转移至连接器76,从而为连接器76提供应变消除。

[0077] 在另一个实施方案中,缆线10可包括与以上论述的束纱线60类似的额外抗拉强度纱线,除了额外纱线定位在束护套40外部但是在缆线护套12内部以外。在这些实施方案中,额外抗拉强度纱线可直接耦接至分叉插头70,进而允许束20充当缆线10的分叉支腿(而不是次单元50)。在这些实施方案中,然后下游连接器76可直接耦接至每个束20,并且可为较大纤维连接器诸如24、36、48、72、96纤维连接器。在另一个实施方案中,缆线10可包括耦接至分叉插头70的一或多个GRP杆。

[0078] 参看图6,示出根据示例性实施方案的光纤缆线100。除了如本文论述以外,缆线100与缆线10大致上相同。缆线100是432光纤缆线,其包括十二个束20,每个束含有三个次单元50,每个次单元含有十二个光纤58。

[0079] 参看图7,示出根据示例性实施方案的光纤缆线110。除了如本文论述以外,缆线110与缆线10大致上相同。缆线110示出为室外或室内/室外缆线,包括本文论述的束布置和

拉伸纱线布置。缆线110包括包围束20的阻水层,其示出为阻水胶带112。在各种实施方案中,阻水层可为阻水泡沫、凝胶、织造或非织造材料。缆线110还包括定位在阻水胶带112外部的加强板或层,其示出为铠装层114。铠装层114缠绕在缆线110的内部元件(包括束20)周围以使得铠装层114包围光纤58。铠装层114总体上为缆线110内的光纤58提供额外保护层,并且可提供针对损坏的抗性(例如,在安装期间由接触或压缩导致的损坏、由自然力导致的损坏或由啮齿动物导致的损坏等)。

[0080] 在各种实施方案中,铠装层114由具有脊和谷的交错系列的金属材料的波纹板形成。在一个实施方案中,波纹状金属是钢。在其他实施方案中,可使用其他非金属加强材料。举例来说,铠装层114可由玻璃纤维纱线(例如,涂布玻璃纤维纱线、粗纱等)形成。在一些实施方案中,铠装层114可由具有超过2GPa,并且更具体地说超过2.7GPa的弹性模量的塑料材料形成。这些塑料铠装层可用于抵抗动物啃咬并且可包括动物/害虫排斥材料(例如,苦味材料、胡椒材料、合成老虎尿液等)。在各种实施方案中,除了阻水胶带112以外,粉末,诸如水吸收粉末或颗粒,诸如超强吸收性聚合物(SAP)、SAP纱线或水可溶胀凝胶或液体的层定位在缆线110的孔16内。

[0081] 缆线110还可包括在缆线护套12的材料中嵌入的一或多个获取特征116。通常,获取特征116是在缆线护套12的材料中嵌入的细长构件或结构。在一个实施方案中,获取特征116是与缆线护套12的材料共挤塑的不连续聚合物特征。在此实施方案中,获取特征116由不同于护套12的材料的聚合物材料形成,并且材料的差异在获取特征116的位置处提供缆线护套12的不连续性或薄弱环节。在另一个实施方案中,获取特征116是在缆线护套12中嵌入的剖分索或金属丝,其促进缆线护套12的打开。

[0082] 参看图8,示出根据示例性实施方案的光纤缆线120。除了如本文论述以外,缆线120与缆线10大致上相同。在此实施方案中,缆线120包括外部缆线层,其示出为捆缚物122。在一个实施方案中,捆缚物122是挤塑薄膜材料,其冷却并提供作用于束20的向内定向力,从而有助于在所示缠绕型样中将束20保持在一起。在其他实施方案中,捆缚物122可为螺旋状卷绕捆缚纱线、捆缚细丝或捆缚胶带的层。在此实施方案中,缆线120不包括以上论述的较厚外部缆线护套,诸如缆线护套12。

[0083] 参看图9-11,示出光纤缆线的额外实施方案。通常,图9-11展示的缆线实施方案包括在缆线护套12内未成束的光学传输单元,其示出为次单元50。在这些实施方案中,缆线不包括束护套,并且如以下更详细地解释,图9-11的缆线实施方案包括抗拉强度股160,其定位在缆线护套12内和次单元50外部并且在束护套内未成束,但是在其他方面与以上论述的束纱线股60大致上相同并且与所述束纱线股60同样地起作用。

[0084] 参看图9,示出根据示例性实施方案的光纤缆线130。除了如本文论述以外,缆线130与缆线10大致上相同。在此实施方案中,缆线130包括多个光学传输单元,其示出为未成束次单元50。在缆线130中,次单元50未由定位在缆线护套12内的束护套包围并分组。

[0085] 如图9中示出,缆线130内的次单元50布置成内部组132的次单元50和外部组134的次单元50。通常,内部组132定位在孔16的中心区域,并且外部组134定位在内部组132周围并且包围所述内部组132。在所示具体实施方案中,缆线130包括内部组132内的五个次单元50和外部组134内的十一个次单元50。在一些此类实施方案中,每个次单元50包括12个光纤58,以使得缆线130总共包括192个光纤。在各种实施方案中,缆线130可被配置来包括总共

150个与250个之间的光纤。在考虑到不同纤维计数的各种实施方案中,内部组132可包括三个、四个等次单元50并且外部组134可包括少于十一个次单元50或超过十一个次单元50。虽然本文论述的实施方案主要涉及具有两组或层(内部组和外部组)次单元50的缆线,但是在其他实施方案中,缆线130可包括三、四、五或更多同心组次单元50。

[0086] 类似于图2示出的缠绕束,在各种实施方案中,内部组132和外部组134的次单元50均缠绕、扭转或绞合以形成孔16内的缠绕型样。类似于以上论述的束20的缠绕型样,内部组132的次单元50彼此缠绕形成第一缠绕型样,并且外部组134的次单元50围绕内部组132缠绕,形成第二缠绕型样。在各种实施方案中,第一缠绕型样和第二缠绕型样各自包括至少一个螺旋形缠绕或扭转部分。在各种实施方案中,内部组132的第一缠绕型样不同于外部组134的第二缠绕型样。通常,选择内部组132和外部组134的缠绕型样以使得次单元50的长度(且因此每个次单元50内的光纤的长度)与缆线130的其他次单元50和其他光纤大致上相同(例如,缆线130的所有次单元和所有光纤的长度在彼此0.6%内并且更具体地说在彼此0.1%内,如以下更详细论述)。

[0087] 通常,内部组132与外部组134之间的相等长度通过内部组132具有比外部组134更紧螺旋型样来实现,因此内部组132的更紧缠绕型样导致组132与外部组134相比的更小直径,由此在内部组132与外部组134之间产生次单元和光纤的大致上相同长度。在具体实施方案中,选择内部组132和外部组134的缠绕型样以使得在缆线130的至少一个1米节段内,每个组的次单元50的长度与其他次单元50大致上相同。

[0088] 在各种实施方案中,内部组132与外部组134之间的差异缠绕提供缆线130,所述缆线130允许具有适合用于室内数据中心应用的特征的高光纤密度缆线。内部组132与外部组134之间的次单元50(和束内的光纤)的大致上相等长度产生在不同次单元50的光纤之间具有相对较低偏差的缆线130。这可促进缆线130与某些数据中心通信设备,例如平行光学传输设备一起使用。在各种实施方案中,此绞合布置产生具有相对较低偏差的缆线130,这意味着与在内部组132的光纤中行进的光学通信信号的传输时间比较,在外部组134的光纤中行进的光学通信信号的传播时间的差异小于20皮秒/米缆线(ps/m)并且更具体地说小于10ps/m。另外,内部组132与外部组134之间的次单元50(和次单元内的光纤)的大致上相等长度导致外部组134与内部组132的光纤之间的大致上均匀张力分布。

[0089] 参看图9,缆线130包括定位在缆线护套12的孔16内但是在次单元50外部的至少一个第一抗拉强度股,其示出为多个纱线股160。通常,纱线股160提供与以上论述的束纱线股60大致上相同功能,但是没有将一或多个纱线股160与特定次单元50缔合的束护套。在图9的实施方案中,纱线股160定位在孔16内并且分布在孔16中而不与特定次单元50分组或缔合。在各种实施方案中,纱线股160可以组或层形式布置在孔16的中心、以组或层形式布置在内部组132与外部组134之间,且/或以组或层形式布置在外部组134与护套12的内表面之间。在一些此类实施方案中,缆线130在许多光纤缆线的中心不包括中心强度构件,诸如玻璃增强塑料(GRP)杆。

[0090] 在各种实施方案中,纱线股160未绞合(例如,不围绕次单元50的外部缠绕)以使得纱线股160具有与孔16和与缆线护套12大致上相同长度。如了解,在此布置中,因为次单元50以缠绕型样绞合,所以纱线股60的总轴向长度小于次单元50的总轴向长度并且小于每个次单元内的光纤58的总轴向长度。在各种实施方案中,纱线股160的总轴向长度比次单元50



的总轴向长度和每个次单元内的光纤58的总轴向长度小0.05%与0.4%之间并且更具体地说0.1%与0.2%之间。如以下更详细地解释,此布置产生如下缆线,其中施加至缆线的张力主要由纱线股160而不是由光纤58来传输和经历。

[0091] 在各种实施方案中,纱线股160可为用于缆线结构中的任何合适抗拉强度纱线或纤维材料。在各种实施方案中,纱线股160由芳基聚酰胺纱线材料形成。在其他实施方案中,缆线130的抗拉强度股可为玻璃纤维纱线、在商品名称Zylon下出售的聚(对苯撑-2,6-苯并二恶唑)纱线、在商品名称Vectran下出售的聚酯-聚芳酯液晶聚合物纤维,或其他高强度拉伸纱线。

[0092] 参看图10,示出根据示例性实施方案的光纤缆线140。除了如本文论述以外,缆线140与缆线130大致上相同。缆线140是288纤维缆线,其包括内部组132中的九个次单元50和外部组134中的十五个次单元50。如图10中示出,缆线140可包括定位在内部组132的中心的一组纱线股160,并且在此实施方案中,内部组132的次单元50可围绕中心组的纱线股160绞合。如图10中示出,代替或除了中心组的纱线股160以外,缆线140可包括额外纱线股160,其定位在内部组132与外部组134之间和外部组134与缆线护套12之间。

[0093] 参看图11,示出根据示例性实施方案的光纤缆线150。除了如本文论述以外,缆线150与缆线140大致上相同。如图11中示出,缆线150可包括定位在内部组132的中心的细长中心强度构件152,诸如GRP杆、钢杆等。在此实施方案中,内部组132的次单元50围绕强度构件152绞合。如图11中示出,缆线150可包括纱线股160,其定位在内部组132与外部组134之间和外部组134与缆线护套12之间。

[0094] 参看图12,示出根据示例性实施方案的光纤缆线170。如图12中示出,缆线170可不含定位在内部组132的中心的细长中心强度构件,诸如GRP杆、钢杆等。在此实施方案中,内部组132的次单元50可围绕中心强度构件172绞合,所述中心强度构件可为例如芳基聚酰胺纱线股。如图12中示出,缆线170可包括第三外部组136的绞合次单元50,其中第三外部组136的节距长度大于外部组134的节距长度以使得第三外部组136中的光纤的长度与内部组132和外部组134中的光纤的长度大致上相同。第三外部组136可以SZ缠绕型样(也被称为SZ绞合型样)来缠绕。如也在图12中示出,捆缚纱线股160可定位在内部组132与第一外部组134之间、外部组134与第二外部组136之间,和第二外部组136与缆线护套12之间。

[0095] 在各种实施方案中,次单元50可包括多种光纤,包括多模光纤、单模光纤、弯曲不敏感光纤等。在各种实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52可为用于缆线制造的各种材料,诸如中密度聚乙烯、聚氯乙烯(PVC)、聚偏氟乙烯(PVDF)、尼龙、聚酯或聚碳酸酯和其共聚物。另外,缆线护套12、束护套40和次单元护层52的材料可包括一定数量的其他材料或填充剂,其为缆线护套12的材料提供不同性质。举例来说,缆线护套12的材料可包括提供着色、UV/光阻断(例如,碳黑)、如以上论述的耐火性等的材料。

[0096] 虽然本文论述并且附图示出的具体缆线实施方案主要涉及具有界定大致上圆柱形内部孔的大致上圆形横截面形状的缆线、束和次单元,但是在其他实施方案中,本文论述的缆线、束和次单元可具有许多横截面形状。举例来说,在各种实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52可具有卵形、椭圆形、正方形、矩形、三角形或其他横截面形状。在这些实施方案中,缆线护套12、束护套40和次单元护层52的通道或内腔可为与缆线护套12、束护套40和次单元护层52的形状相同的形状或不同形状。在一些实施方案中,缆线护套12、束

护套40和次单元护层52可界定一个以上导槽或通道。在这些实施方案中,多个导槽可具有彼此相同大小和形状或可各自具有不同大小或形状。

[0097] 根据本公开的其他方面,如图13中示出,例如,光纤缆线200可为高纤维计数缆线(例如,576光纤),其通过以较短捻距将四个次单元50螺旋状绞合在一起以形成绞合次单元组53来构建。因为具有较短捻距的螺旋绞合,绞合次单元50充分结合在一起以致于不再需要束护套40来将次单元50保持在一起。根据本公开的其他方面,然后多个绞合次单元组53可绞合在一起以形成包含多个绞合次单元组53的绞合缆线核心55。举例来说,在图13中,示出十二个绞合次单元组,其在缆线护套12的孔16内部形成绞合缆线核心55。如以下提及,芳基聚酰胺纱线可作为强度构件并入次单元50、绞合次单元组53和/或绞合缆线核心55中或并入它们周围。

[0098] 本文论述的光学传输元件包括可为由玻璃或塑料制成的柔性、透明光纤的光纤。光纤可充当在光纤的两个末端之间传播光的波导。光纤可包括由具有较低折射率的透明覆盖材料包围的透明核心。光可通过全内反射保持在核心中。玻璃光纤可包含二氧化硅,但是可使用一些其他材料诸如氟锆酸盐、氟铝酸盐和硫族化物玻璃,以及结晶材料诸如蓝宝石。光可通过经由全内反射将光截留在核心中的具有较低折射率的光学覆层沿着光纤的核心来引导。覆层可涂布有缓冲剂和/或另一种涂料,其保护所述覆层免受湿气和/或物理性损坏。这些涂层可为在拉伸过程期间施加至光纤外部的UV固化聚氨酯丙烯酸酯复合材料。涂层可保护玻璃纤维的股。除了以上论述的次单元50和次单元50的束以外,如本文论述的光学传输单元可包括光纤条带、紧密缓冲光纤、光纤微模块等。

[0099] 除非另外明确说明,否则决不意图将本文阐述的任何方法解释为要求以特定顺序执行所述方法的步骤。因此,在方法权利要求项没有实际叙述方法的步骤所遵循的顺序或在权利要求书或描述中没有另外具体陈述各步骤将限于特定顺序的情况下,决不意图对任何特定顺序做出推断。另外,如本文使用,冠词“一”意图包括一个或一个以上部件或元件,并且不意图理解为仅意指一个。

[0100] 本领域的技术人员将会清楚,可以在不脱离所公开实施方案的精神或范围的情况下,做出各种的修改和变化。由于本领域的技术人员可以想到并入实施方案的精神和主旨的所公开实施方案的修改组合、子组合和变化,因此,所公开实施方案应解释为包括所附权利要求书及其等效物范围内的任何内容。

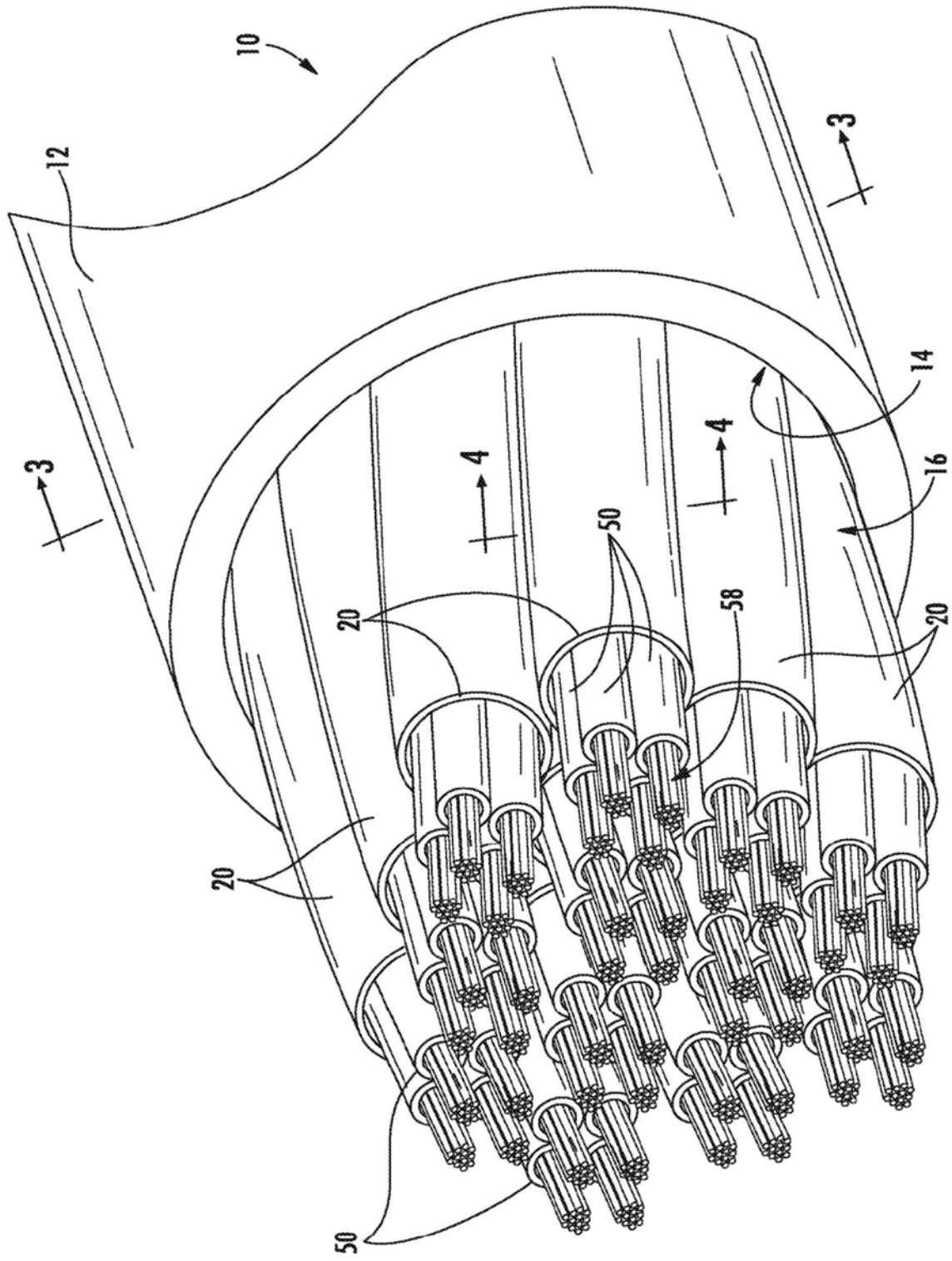


图1

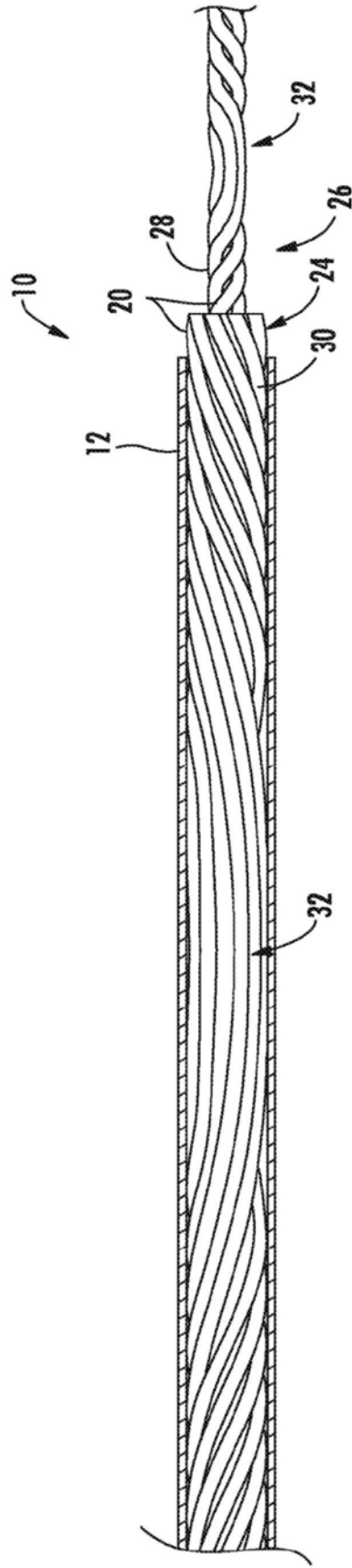


图2

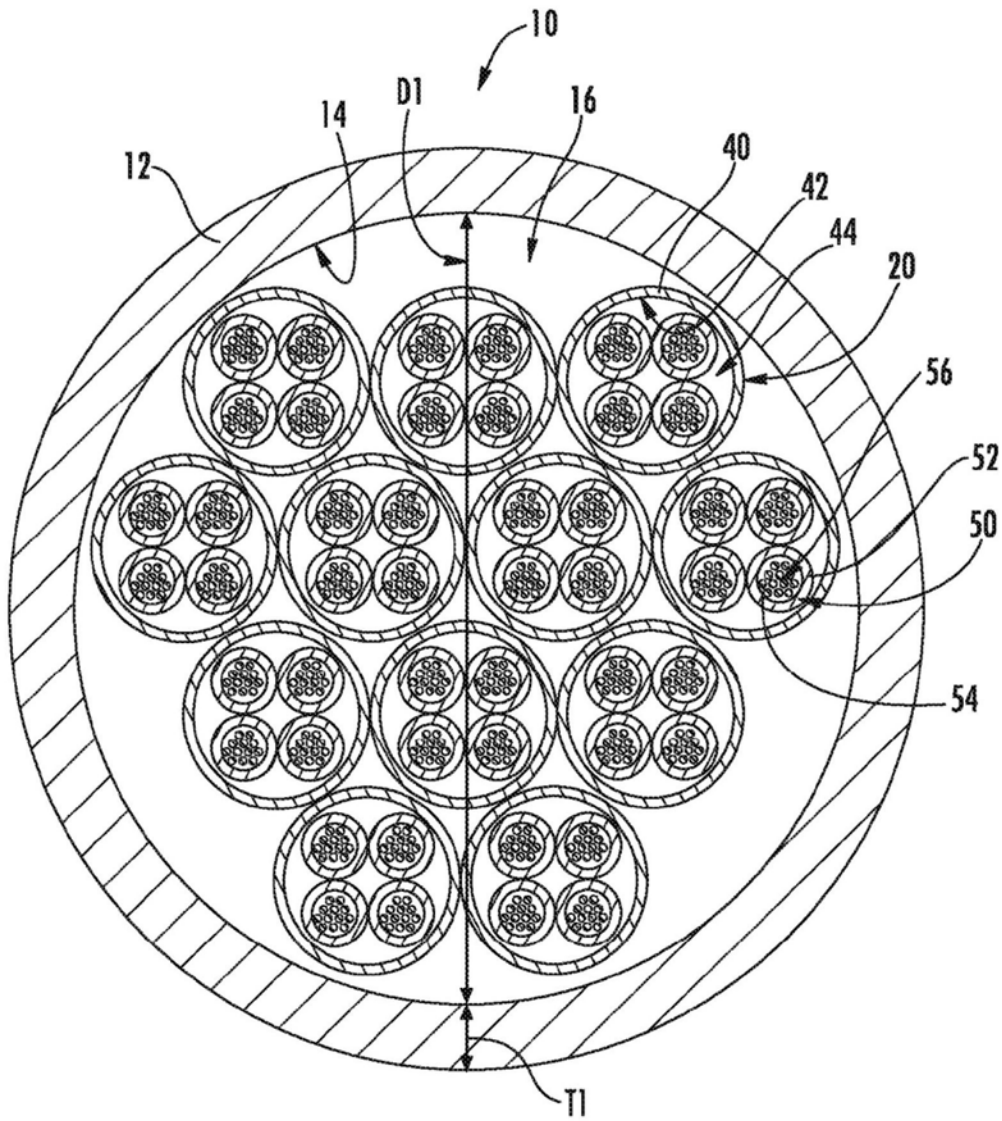


图3

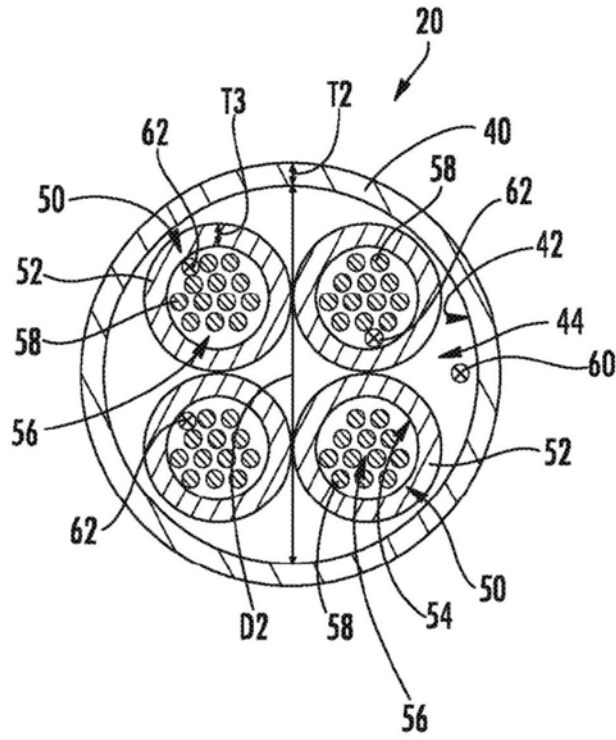


图4

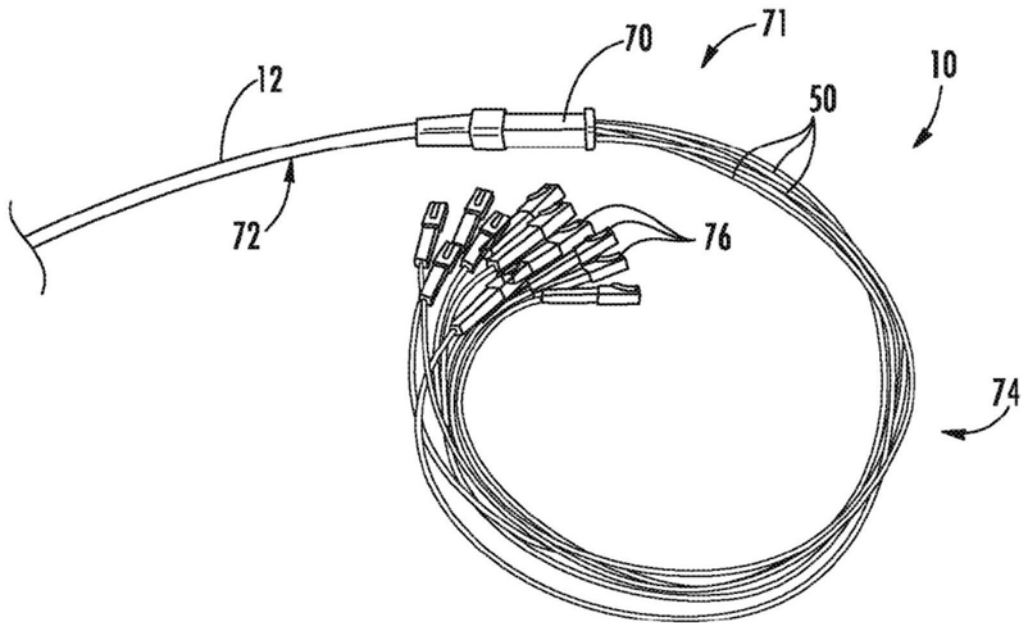


图5

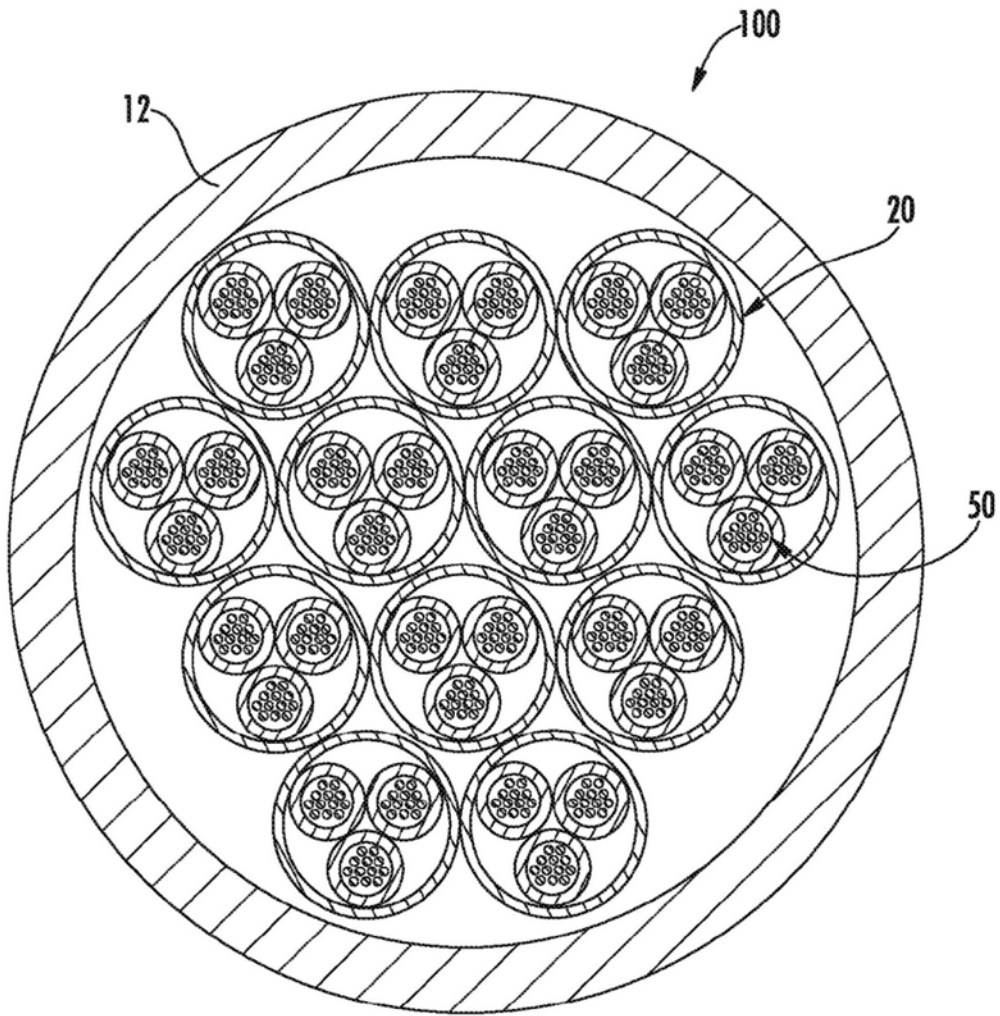


图6

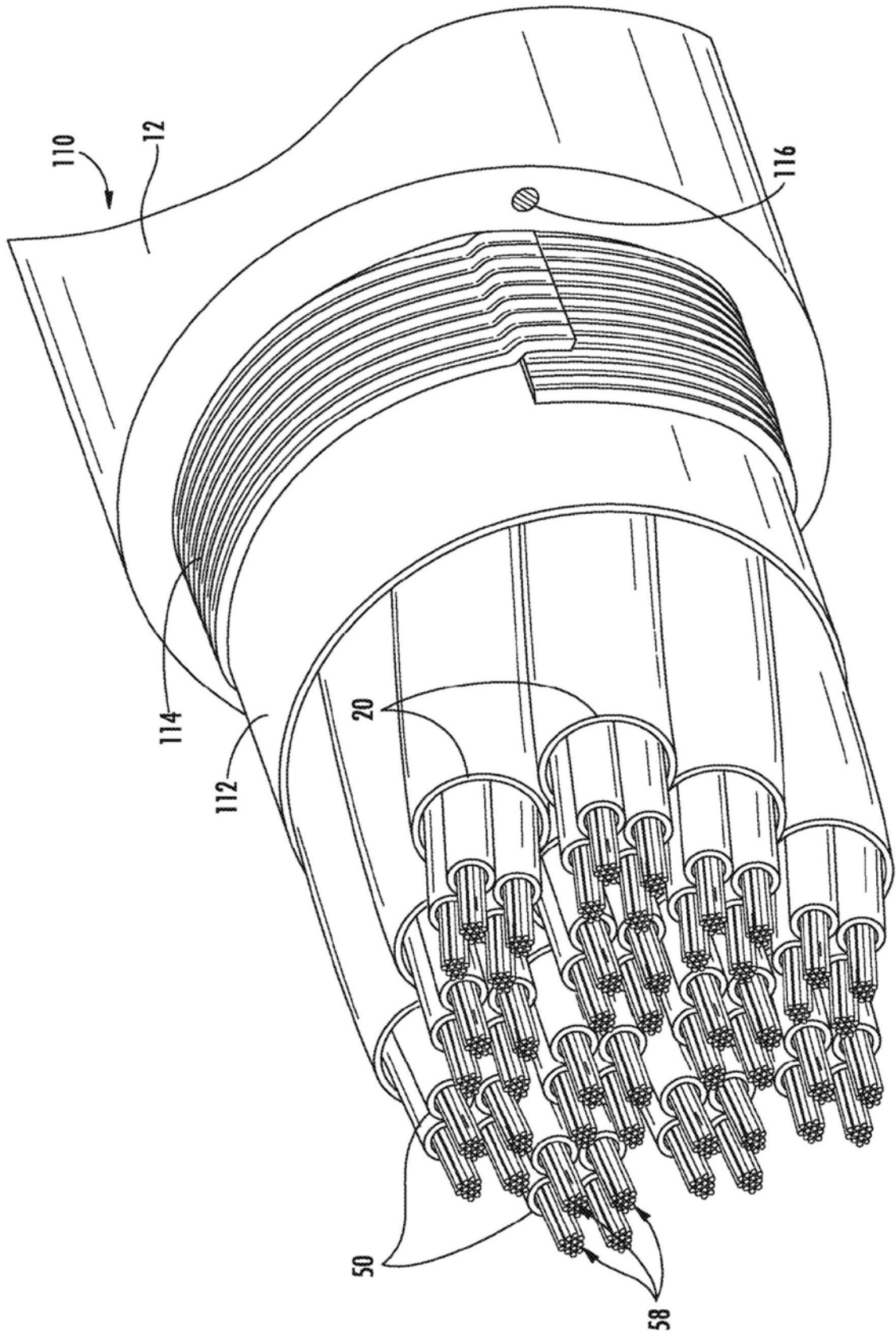


图7



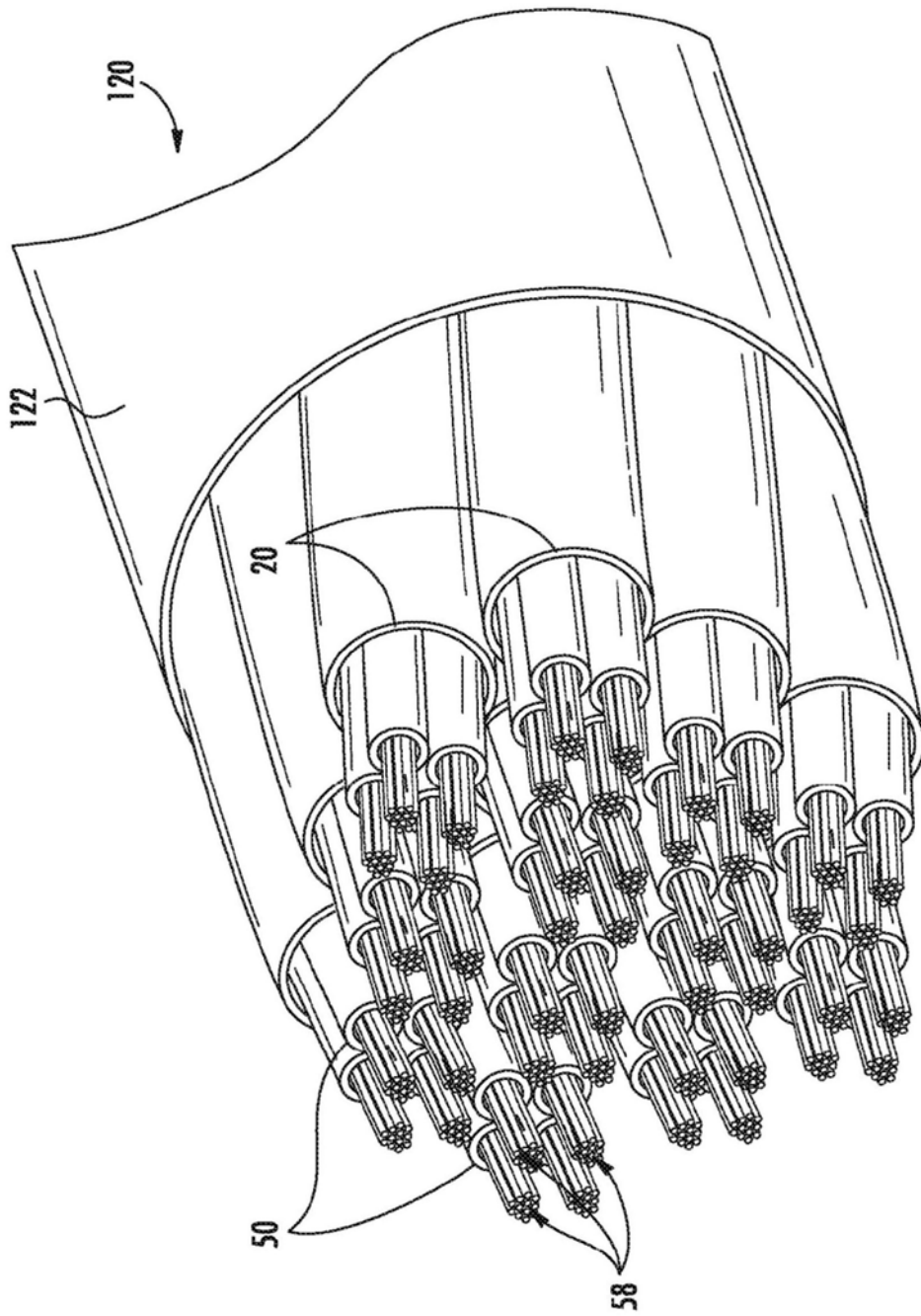


图8

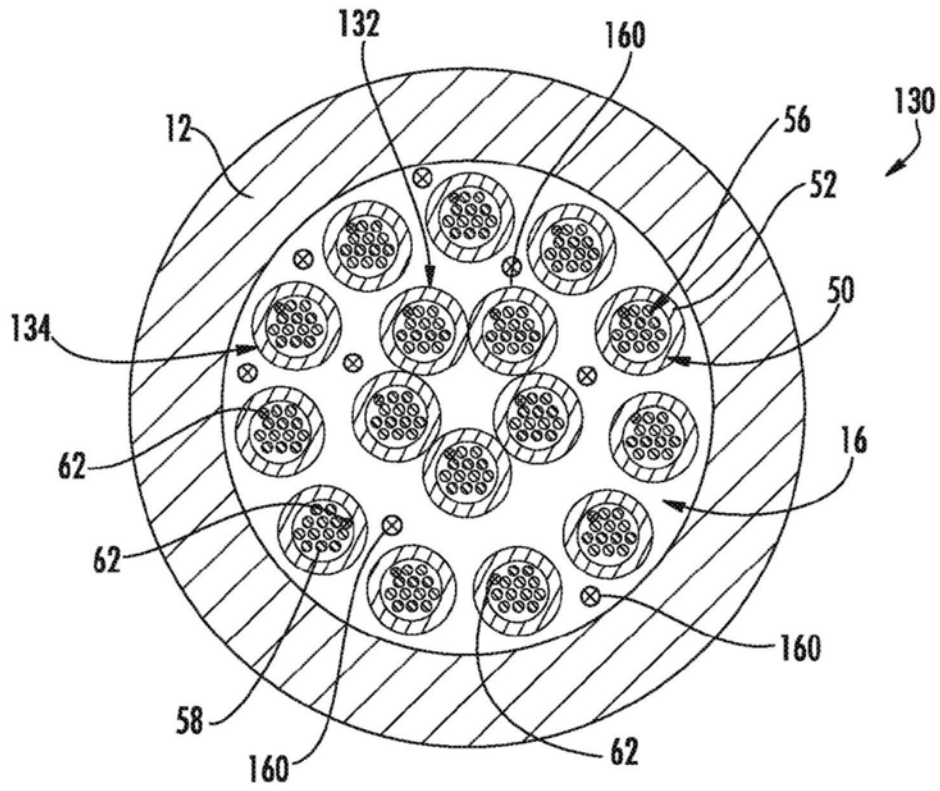


图9

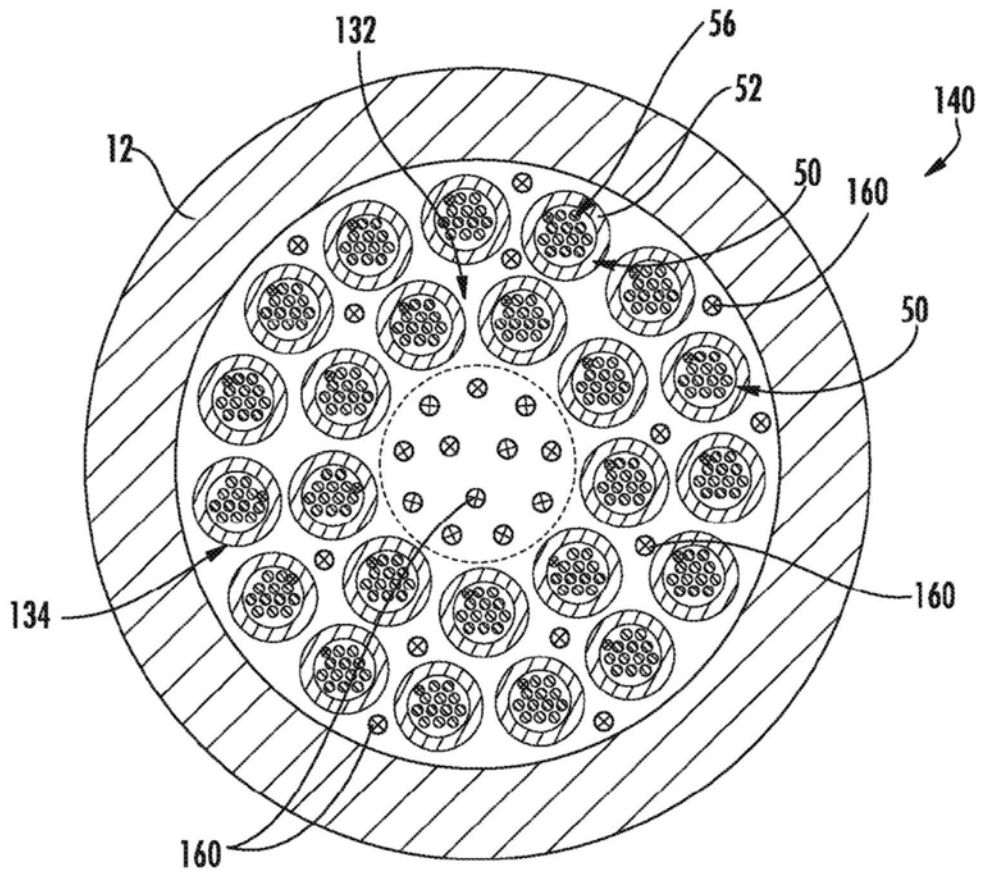


图10

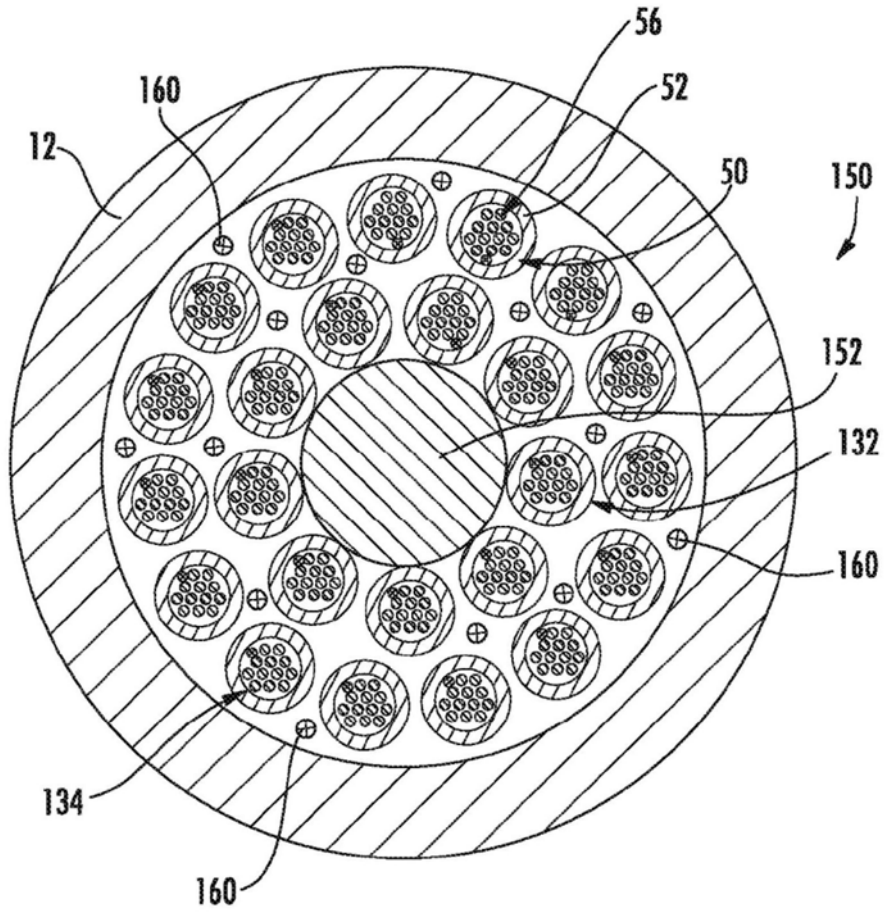


图11

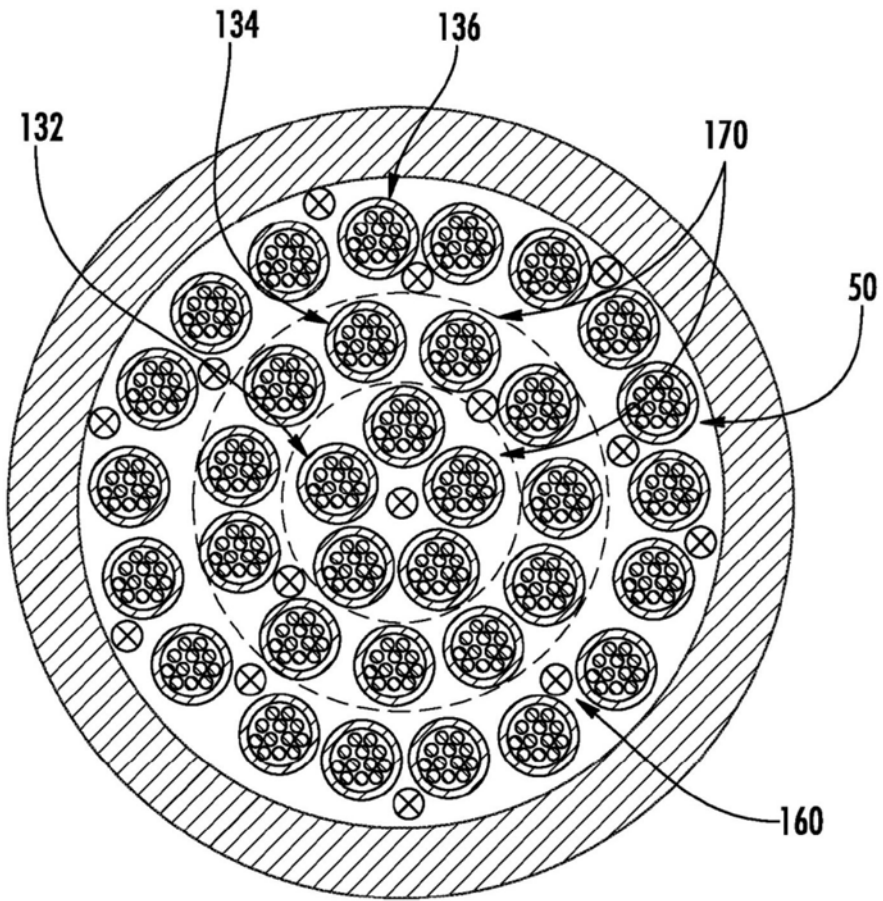


图12

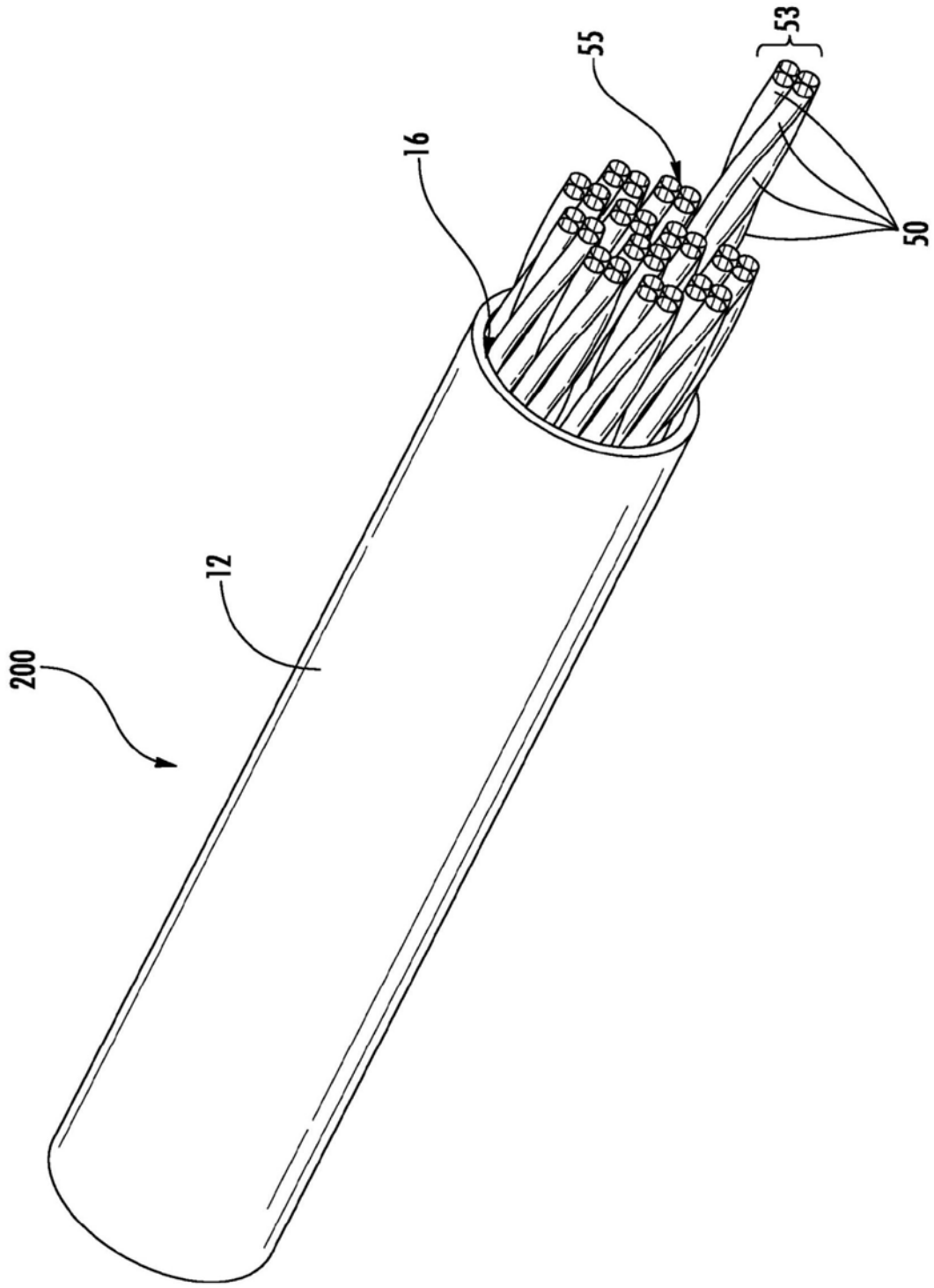


图13