



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115807926 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 17

(21) 申请号 202211114932.X

A61N 5/067 (2006.01)

(22) 申请日 2022.09.14

F21W 131/20 (2006.01)

(30) 优先权数据

F21Y 115/10 (2016.01)

102021123831.5 2021.09.15 DE

F21Y 115/30 (2016.01)

(71) 申请人 肖特股份有限公司

地址 德国美因茨

(72) 发明人 B·舒尔特海斯 L·威尔姆斯

O·凯博 H·拉瑟特 J·格林

J·麦因尔 M·克雷默

(74) 专利代理机构 北京思益华伦专利代理事务

所(普通合伙) 11418

专利代理师 赵飞 张素玲

(51) Int.Cl.

F21V 13/12 (2006.01)

A61N 5/06 (2006.01)

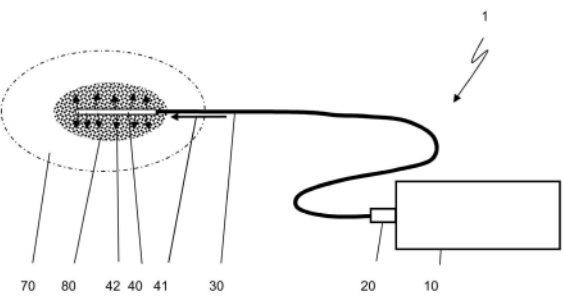
权利要求书3页 说明书24页 附图6页

(54) 发明名称

包括带漫射器元件的光导的照明系统

(57) 摘要

本发明涉及一种照明系统,特别是用于医疗技术治疗和/或诊断系统的照明系统,所述照明系统包括至少一个光源、优选激光光源以及在近侧端部处可以连接到至少一个光源上和/或配置给至少一个光源的光导,并且所述照明系统在光导的远侧端部处具有带纵向轴线的漫射器元件,所述纵向轴线垂直于光导的耦合面延伸到漫射器元件中或在漫射器元件中延伸,其中,处于操作状态的漫射器元件在其有效长度上相对于所述纵向轴线侧向发射光,其中,漫射器元件具有至少一个漫射器基体,并且漫射器基体包括具有至少一个散射元件的基质,基质至少在其侧表面上被固定外罩包围。固定外罩可以具有由具有不同光学特性的不同包覆管制成的多层结构。



1. 一种照明系统(1),所述照明系统尤其是用于医疗技术治疗系统和/或诊断系统,所述照明系统包括至少一个光源(10)和光导(30),所述光导(30)在近侧端部处能够连接和/或连接到所述至少一个光源(10),并且所述照明系统在所述光导(30)的远侧端部处具有漫射器元件(40),所述漫射器元件(40)具有纵向轴线,所述纵向轴线垂直于所述光导(30)的耦合面延伸到所述漫射器元件(40)中,

其中,所述漫射器元件(40)在操作状态下在其有效长度(40.2)上相对于所述纵向轴线侧向地发射光,

其中,所述漫射器元件(40)具有至少一个漫射器基体(43),所述漫射器基体(43)包括基质(43.4),所述基质(43.4)具有至少一个散射元件(43.6)并且在其侧表面上至少局部地被固定外罩(43.3)包围,以及

其中,所述固定外罩(43.3)构造为多部分或多层结构,所述多部分或多层结构包括至少两个包覆管或层、优选至少三个包覆管(43.3.1……43.3.3)和/或层。

2. 根据权利要求1所述的照明系统(1),还包括以下特征中的至少一个:

所述至少一个散射元件(43.6)沿着所述漫射器基体(43)的纵向轴线(43.2)基本上平行于所述纵向轴线(43.2)对准或者相对于所述纵向轴线(43.2)成角度地布置,或者所述至少一个散射元件(43.6)呈螺旋形对准、特别是以具有恒定螺距的螺旋的形式和/或以围绕所述纵向轴线(43.2)的螺线的形式对准,

在所述漫射器基体(43)的远侧端部处和/或在所述光导(30)与所述漫射器基体(43)之间的过渡区域处和/或在所述漫射器基体(43)处,设置至少部分地或局部地包围所述漫射器基体(43)的装置,用于均匀化沿着所述漫射器基体(43)的所述纵向轴线(43.2)的辐射强度,

所述漫射器基体(43)在其远侧端部处具有反射面(47),穿过所述漫射器基体(43)的光利用所述反射面(47)能够至少部分地被再次反射回来,

在操作状态中,所述照明系统具有侧向辐射的强度分布,所述强度分布偏离平均侧向辐射强度至多 $\pm 50\%$ 、优选至多 $\pm 30\%$ 并且最优选至多 $\pm 5\%$ 。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,所述包覆管(43.3.1……43.3.3)中的至少两个在至少一种光学特性方面彼此不同,其中所述光学特性优选地包括透明度、折射率和/或包覆管的材料。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,第一包覆管(43.3.1)至少局部地或完全地包围所述基质(43.4),并且其中所述第一包覆管(43.3.1)优选地设计成基本上清晰透明的和/或具有比所述基质(43.4)的材料的折射率低的折射率。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,第二包覆管(43.3.2)至少局部地或完全地包围所述第一包覆管(43.3.1),并且其中所述第二包覆管(43.3.2)优选地设计为半透明或散射的和/或具有比所述第一包覆管(43.3.1)的折射率高的折射率。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,所述第一包覆管(43.3.1)包括透明的硼硅酸盐玻璃,和/或其中所述第二包覆管(43.3.2)包括白玻璃或者由单独白玻璃棒制成的环形布置组成。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,设置有第三包覆管(43.3.3),所述第三包覆管至少局部地或完全地包围所述第二包覆管(43.3.2),并且其中

所述第三包覆管(43.3.3)优选地设计成基本上清晰透明的。

8.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,至少一个包覆管包括不透X射线的玻璃。

9.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,具有所述至少一个散射元件(43.6)的所述基质(43.4)和所述固定外罩被设计为没有空腔或气泡的封闭的、紧密的复合体。

10.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,具有所述基质(43.4)和所述至少一个散射元件(43.6)的漫射器元件(43)、和/或所述固定外罩(43.3)的包覆管(43.3.1……43.3.3)由玻璃构成或包含玻璃,其中,这些部件优选彼此熔合而形成紧凑的封闭体。

11.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,所述至少一个光源(10)包括激光光源或基于半导体的光源或发光二极管(LED)、激光二极管(LD)、或激光器。

12.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1),其中,反射面(47)设置在所述漫射器基体(43)的远侧端部处,所述反射面(47)封闭所述漫射器基体(43)和/或至少部分地或局部地在所述漫射器基体(43)的周向面包围该漫射器基体(43),

其中,在操作期间,光能够直接和/或漫射地反射回来,以及

其中,所述反射面(47)优选地形成为在所述漫射器基体(43)的远侧端部上的溅射或气相沉积的介电反射层,

优选地,其中,所述反射面(47)包括多个层,其中所述层优选地选择为使得在所述至少一个光源(10)的光的波长处存在反射率的最大值,

优选地,其中,所述反射率的最大值选择为使得在应用波长处存在所述反射率的第一最大值并且在另外的波长处存在所述反射率的至少一个另外的第二最大值,其中该另外的波长不同于所述应用波长,并且其中第一最大值的所述反射率和至少一个另外的最大值的所述反射率>95%、优选地>99%。

13.根据前述权利要求中至少一项所述的照明系统(1),其中,所述反射面(47)至少局部地相对于所述漫射器基体(43)的所述纵向轴线(43.2)形成小于90°的角度,并且在操作期间,反射回来的光(42.1)能够比撞击到所述反射面(47)上的光以较大数值孔径NA被反射。

14.根据前述权利要求中至少一项所述的照明系统(1),其中,优选地包括玻璃或塑料的透明套管(48)布置在所述光导(30)和所述漫射器基体(43.3)之间的所述连接区(44)的区域中,以及

其中,优选地,在所述套管(48)和所述光导的外包层(33)之间的区域中设置有半透明或部分吸收的包覆层(50),并且该半透明或部分吸收的包覆层(50)由其中嵌入有散射粒子的聚合物形成,

优选地,其中,所述半透明或部分吸收的包覆层(50)是管区段、收缩管区段和/或能够预先将所述散射粒子引入其中的重新涂覆的聚合物。

15.一种用于制造特别是用于根据前述权利要求中任一项所述的照明系统的漫射器基体的方法,所述方法具有以下方法步骤:

-提供多个由折射率为 n_1 和/或 n_1' 的玻璃制成的光导棒,

-布置折射率为 n_1 和/或 n_1' 的多个光导棒和由玻璃或玻璃陶瓷构成的至少一个散射棒,所述至少一个散射棒包括散射中心,使得所述光导棒和所述至少一个散射棒的纵向轴线基本上彼此平行地延伸并且获得预成型件,

-加热所述预成型件,以及

-在拉制设备中拉制所述预成型件,并且任选地将所述预成型件切割成一定长度以获得漫射器基体。

16. 根据权利要求15所述的用于制造漫射器基体的方法,还包括以下步骤:

-提供具有所述至少一个散射元件的基质,

-获得一种布置,其中具有所述至少一个散射元件的所述基质布置在第一包覆管的内部中,

-将所述第一包覆管放置在第二包覆管中,以及

-在拉制设备中拉制该布置,并且任选地将该布置切割成一定长度以获得带有固定外罩的漫射器基体,

优选地,该方法还包括以下附加步骤:当在拉制设备中拉制出所述布置时,围绕所述预成型件的纵向轴线扭转所述预成型件,从而产生围绕所述纵向轴线(43.2)的漫射中心(43.6)的螺线布置,

优选地,还包括以下步骤:

-在拉制设备中拉制该布置之前,将所述第二包覆管放置在第三包覆管中。

17. 一种根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1)作为用于医学治疗方法的设备的部件的用途,所述医学治疗方法特别是用于肿瘤治疗的光动力治疗(PDT)或光免疫治疗(PIT)、用于治疗静脉曲张的静脉内激光治疗(EVLT)、用于激光诱导间质热疗(LITT)或用于在牙科、眼科和皮肤科领域中的应用。

18. 一种根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1)作为用于肿瘤治疗的光动力治疗(PDT)或光免疫治疗(PIT)的设备的部件的用途,其中,具有漫射器元件(40)的至少一个光导(30)从其他漫射器元件(40)接收光,并通过所述光导(30)将所述光发送到检测器以用于光谱分析和/或剂量确定。

包括带漫射器元件的光导的照明系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种特别是用于医疗技术治疗和/或诊断系统的照明系统、一种用于制造特别是用于照明系统的具有固定外罩的漫射器基体的方法、以及一种用于至少部分地或局部地结构化漫射器基体的方法,特别是用于适配侧向辐射的强度分布。该照明系统在此包括光导和具有固定外罩的漫射器元件。

背景技术

[0002] 这种类型的照明系统越来越多地用于医疗环境。目前可分为以下主要应用领域:

[0003] *用于肿瘤治疗的光动力疗法 (PDT) 或光免疫疗法 (PIT);

[0004] *用于治疗静脉曲张的静脉内激光治疗 (EVLT);

[0005] *激光诱导间质热疗 (LITT); 以及

[0006] *其他应用,包括牙科、眼科和皮肤科领域。

[0007] 光动力疗法 (PDT) 是一种针对各种癌症的微创治疗选择。PDT 是一种利用光与可光激活物质相结合的用于治疗肿瘤和其他组织变化 (例如新生血管) 的方法。在治疗开始时,将光敏物质 (即所谓的光敏剂) 静脉注射到患者的血流中,这些物质会在癌细胞内或癌细胞上积聚。这些天然光物质集中在肿瘤细胞中,使它们对光高度敏感。为此目的,在 PDT 治疗期间,将多个插管 (通常多达 8 个) 刺穿到肿瘤组织中,每个插管中插入一个带有漫射器元件的光导,其中漫射器元件必须尽可能在空间上分布在肿瘤组织上。通常具有可见光谱范围内的波长的激光 (例如波长为 532nm 的绿光或波长为 690nm 的红光) 经由光导耦合到漫射器元件中,从而从内部尽可能均匀地照亮肿瘤组织。在此,在这些细胞中形成侵略性氧自由基,其选择性地破坏肿瘤细胞。与患病细胞不同,健康细胞不受这种化学反应的影响。确切的作用机制在“癌症的光动力疗法”,癌症医学,2003 等中有描述。

[0008] 另一方面,在光免疫疗法 (PIT) 中,使用适当改性的光敏剂来触发癌细胞上或癌细胞中的免疫反应,该反应在光照射时会导致癌细胞死亡。

[0009] 在此对典型有效长度为 10 至 50mm 的柱形漫射器、产生前向指向的照明锥体的点漫射器和具有径向光发射的点光源进行了区分。

[0010] 在柱形漫射器的情况下,在操作状态下特别重要的是漫射器元件的在其长度上尽可能均匀的侧向辐射。这既是轴向的,即在沿着在纵向轴线方向上从近侧端部到远侧端部的每条线上的所有点处,辐射强度在均匀性要求的范围内都是相同的,也是径向的,即在沿着纵向轴线的每条周向线的所有点处,辐射强度在均匀性要求范围内同样相同,因此这些漫射器几乎用作朗伯辐射体。

[0011] 同时,还必须实现高散射效率以确保尽可能低的热输入到组织中。侧向辐射的典型均匀性要求是与平均强度最大有 ± 10 至 20% 的偏差,其中避免前向指向的辐射,特别是来自远侧端部的超过 10% 的耦合光,通常最大为 5%。PDT 应用中的典型激光功率小于 5W 连续功率,从而每厘米漫射器长度发射的最大功率在 100mW 和 1000mW 之间,通常在 200mW 和 500mW 之间。这目前允许使用基于塑料的漫射器方法。

[0012] 文献EP 2062077 A4、US 2009/0204111 A1和DE 102015119875 A1描述了具有纤维的漫射器。

[0013] 文献EP 2062077 A4或W0 2008/024397 A2尤其描述了一种漫射器,其用于将高功率密度的光能输出到至少一根光纤的远侧端部处的治疗部位。提出了一种漫射器,该漫射器包括在光纤的远侧端部处的预定长度的区段和位于预定长度的区段中的散射中心,其中该散射中心导致输入的光能的一部分径向射出到治疗部位上。散射中心可以是包含在核心或核心的外罩中的散射粒子。除了关于例如上述纳米裂纹或纳米空腔的分布和/或尺寸的复杂且难以控制的引入之外,这些也可能对构件的破损敏感性产生负面影响。此外,可以预料,由于侧向发射的指数下降或不均匀分布,侧向辐射不能实现所需的均匀性。

[0014] 柱形漫射器在此具有优势,就像其在PDT应用中所使用的那样。然而,EVLT治疗需要显著更高的激光功率。激光功率通常在10到50W之间,波长在NIR范围内,即在大约800nm到1480nm之间,其目前可以利用二极管激光器(例如810nm、940nm或1480nm)或Nd:YAG激光器(1064nm)提供。

[0015] 与此同时,也为EVLT治疗建立了约2 μ m的更大的波长。然后,例如使用Tm:YAG激光器(1.9 μ m)和Ho:YAG激光器(2.1 μ m)。由于组织的吸收特性,这些波长需要较低的激光功率,通常<10W。然而,石英玻璃光导在此已经是强制性的,特别是用于激光的供应。

[0016] 与PDT应用相比,可以用于EVLT的漫射器的侧向辐射的均匀性要求不那么高并且与平均强度的偏差可达最大 $\pm 30\%$ 至最大 $\pm 50\%$ 。

[0017] LITT是一种用于局部肿瘤破坏的微创手术。在此,在成像控制下(例如超声/MRT)肿瘤被穿刺,一根(或多根)激光纤维被引入肿瘤病灶中,并通过热能硬化。特别地,在此使用Nd:YAG激光器(1064nm)、半导体激光器(980nm)以及漫射器末端应用器。激光功率约为5至8W(另参见“用于恶性肿瘤的激光诱导间质热疗(LITT)”,BÄK和KBV01/2002)。

[0018] 申请人的文献W0 2019/063799 A1中描述了一种具有光导和漫射器元件的照明系统以及用于制造和/或用于至少部分地或局部地结构化漫射器基体的方法,该漫射器基体已经能够实现对漫射器的侧向辐射的高均匀性要求。

[0019] 所描述的漫射器基体包括光导和用于沿着漫射器基体的纵向轴线均匀化辐射强度的装置。可以实现侧向辐射的强度分布,其偏离平均侧向辐射强度至多 $\pm 50\%$ 、优选至多 $\pm 30\%$ 、最优选至多 $\pm 5\%$ 。

[0020] 正如对以这种方式构造或制造的大量柱形漫射器的测量所表明的那样,已经因此有可能在辐射特性和高效率值方面实现良好的均匀性值,正如开头所述的应用所要求的那样。

[0021] 然而,也表明了,会发生反向散射效应,特别是在激光辐射或光的某些功率值的情况下。

[0022] 例如,光可以辐射回到光导中,并且甚至可以到达激光光源。这会导致光导中出现不希望的发光现象。此外,根据反向散射光的强度,激光光源可能会变得不稳定,这可能会导致其在必要情况下关闭。

[0023] 此外,作为背反射的结果,可能存在局部热点,在局部热点处可能发生照明系统的不期望的温度升高。这在某些应用情况中是不希望的并且会对治疗产生负面影响。

[0024] 因此,本发明的目的是使上述缺点最小化,同时进一步提高或至少保持高的均匀

性和效率。

发明内容

[0025] 本发明的目的已经通过独立权利要求的主题实现,其中有利的进一步改进从从属权利要求以及说明书和附图的进一步公开得出。

[0026] 为此,提出了一种照明系统,所述照明系统尤其是用于医疗技术治疗和/或诊断系统,

所述照明系统包括至少一个光源(特别是至少一个激光光源)和光导,所述光导在近侧端部处能够连接和/或连接到至少一个光源,并且所述照明系统在光导的远侧端部处具有漫射器元件,该漫射器元件具有纵向轴线,该纵向轴线垂直于光导的输入表面延伸到漫射器元件中,

其中,漫射器元件在操作状态下在其有效长度上相对于所述纵向轴线侧向地发射光,

其中,所述漫射器元件具有至少一个漫射器基体,所述漫射器基体包括基质,所述基质具有至少一个散射元件在其侧表面上至少局部地被固定外罩包围,以及

其中,所述固定外罩构造为多部分或多层结构,所述多部分或多层结构包括至少两个包覆管或层、优选至少三个包覆管和/或层。

[0027] 光源可以包括激光光源或基于半导体的光源或发光二极管(LED)、特别也是激光二极管(LD)或激光器。

[0028] 因此在本发明的优选实施例中,漫射器基体在其侧表面上至少部分地或局部地或优选完全地被固定外罩包围或能够被固定外罩包围,其中该固定外罩在本发明的一个优选实施例中可以是一系列包覆管。包覆管可以具有不同的光学特性。

[0029] 然而,固定外罩也可以包括多层或多组分或多部分结构,即可以施加在包覆管上或包覆管之间的至少一个层。因此,固定外罩可以包括两个包覆管。此外,固定外罩可以包括一层和/或另外的包覆管或包覆管和/或层的不同组合,特别是至少三个、优选三个连续的包覆管。

[0030] 根据本发明的照明系统还可以通过以下特征中的至少一个来表征:

至少一个散射元件沿着所述漫射器基体的纵向轴线布置体素基本上平行于所述纵向轴线对准或者相对于所述纵向轴线成角度地布置,

在所述漫射器基体的远侧端部处和/或在光导与漫射器基体之间的过渡区域处和/或在所述漫射器基体处,设置至少部分地或局部地包围所述漫射器基体地的装置,用于均匀化沿着所述漫射器基体的纵向轴线的辐射强度,

所述漫射器基体在其远侧端部处具有反射面,在操作期间,穿过所述漫射器基体的光利用所述反射面能够至少部分地被再次反射回来,和/或

在操作状态中,照明系统具有侧向辐射的强度分布,所述强度分布偏离平均侧向辐射强度至多 $\pm 50\%$ 、优选至多 $\pm 30\%$ 并且最优选至多 $\pm 5\%$ 。

[0031] 平均侧向辐射强度在此是指在漫射器基体的长度上测量的侧向辐射强度的平均值。

[0032] 在本公开的上下文中,侧向辐射被理解是指具有从漫射器基体的纵向轴线出发

在径向方向上延伸的方向分量的辐射。这种照射的强度被理解为侧向辐射强度。

[0033] 被反射回来的光被理解为是指在漫射器基体的远侧端部处由反射面反射回到漫射器基体中的辐射,其中在此光也能够通过固定外罩或包覆管被引导。

[0034] 至少一个散射元件可以沿着漫射器基体的整个纵向轴线布置,在漫射器基体具有均匀横截面的情况下,至少一个散射元件基本上平行于漫射器基体的纵向轴线,或者在锥形漫射器基体的情况下,至少一个散射元件与漫射器基体的纵向轴线成角度地布置。至少一个散射元件也可以有利地以管状方式布置并且特别是与纵向轴线同轴地布置。

[0035] 也可以想到围绕漫射器基体的纵向轴线、特别是沿着该纵向轴线布置的散射区域。根据一个实施例,一个或多个散射区域围绕漫射器基体的纵向轴线螺旋地缠绕。其中散射元件或散射区域以恒定螺距围绕漫射器基体的纵向轴线布置的实施例已被证明是特别有利的。在这种情况下,散射区域可以呈围绕漫射器基体的纵向轴线缠绕的螺线的形式。

[0036] 单独的散射区域可以由一个或多个散射元件形成。一个实施例规定,散射区域由呈螺旋或螺线的形式的散射元件形成。基体中的这种散射元件或散射区域的布置具有以下优点,即:与轴线平行的光分量或对于与漫射器轴线成小角度延伸的光分量可以发生增强的散射相互作用,并且从而可以提高散射效率。此外,可以优化辐射的均匀性。

[0037] 多个散射元件可以围绕漫射器基体的纵向轴线以特定的可预先确定的几何结构布置来布置,优选围绕漫射器基体的纵向轴线以规则结构布置,特别优选以圆形布置。因此,以一定角度布置的多个散射元件优选地在漫射器基体外部的消失点(Fluchtpunkt)处相接。

[0038] 在漫射器基体的远侧端部处,在光导与漫射器基体之间的过渡区域处优选,提供有助于使沿着纵向轴线的侧向辐射均匀化的装置和/或措施,其至少部分地或局部地和/或基本上完全地包围漫射器基体。

[0039] 例如,该装置包括在漫射器的远侧端部处的套管、包覆层、罩盖和/或层,以便防止从远侧端部的前向指向的辐射或将其反射回来,并且从而在漫射器基体中再次将辐射提供用于散射过程并且另一方面避免在漫射器基体远侧端部处的散射光效应和/或光反射。

[0040] 这类似地适用于光导和漫射器基体之间的过渡区域。散射光效应和/或光反射在此也可能出现,其可以通过在该位置处的相应作用的元件、例如套管和/或层减少。

[0041] 光导可以包括单独光纤,例如单模或多模光导纤维,该光纤包括具有芯直径的芯和包层或者具有光纤束直径的光纤束。

[0042] 以这种方式,如开始提到的,在操作状态下均匀地辐射的用于医学治疗的漫射器元件可以以可再现的并且成本优化的方式被提供。

[0043] 根据一个优选的实施例变型规定,漫射器基体中的散射元件围绕漫射器基体的纵向轴线径向分布均匀地布置,其中与围绕纵向轴线的芯区外每单位面积的散射元件的数量相比,芯区不具有散射元件或与具有每单位面积数量显著减少的的散射元件,因此散射元件在基质中主要布置在该芯区之外。

[0044] 因此可以实现的效果是,通常以低NA(<0.3 、通常约为 0.2)耦合入的耦合光不会立即在散射元件处散射。另一方面,由于几乎没有散射元件的芯区,因此可以将足够的光引导至漫射器基体的远侧端部而不会散射。因此,一方面,可以降低耦合位置(漫射器基体的近侧端部)附近的强度,并且另一方面,可以增加漫射器基体的远侧端部附近的强度。

[0045] 在另一个优选的实施例变型中可以规定,漫射器基体具有与其横截面积相关的基质,该基质特别是在芯区和基质的边缘区域之间具有不同的折射率 n_1 和 n_1' ,在基质中嵌入了散射元件。因此,例如,数值孔径NA可以在芯区中以基质折射率 n_1 并且在基质的芯区之外以折射率 n_1' 受到影响。

[0046] 此外,光在漫射器基体中的传播以及因此散射中心在漫射器的长度上的激发可以适配所需的辐射特性。此外,在生产过程中可以实现折射率为 n_1 的芯区的任意期望的横截面几何形状,即,例如,从基本上圆形形状到多边形或星形形状。

[0047] 如果其中嵌入有散射元件的漫射器基体的直径等于或大于光导的芯直径或纤维束直径,则可以增强侧向辐射的强度的均匀化。

[0048] 光导的芯直径或纤维束直径与基质的直径之间的比率 ≤ 1.0 至 0.7 、特别优选 ≤ 1.0 至 0.8 ,已证明是特别有利的。

[0049] 仅略小于基质的直径的芯直径或纤维束直径可以在此降低耦合位置(光导和漫射器基体的过渡区域)处的强度峰值。

[0050] 另一方面,与漫射器基体的基质的直径相比显著更小的芯直径或纤维束直径,即 < 0.8 的比率,可能导致耦合位置处的强度降低,这对于特定要求同样可以是有利的。

[0051] 如果该比率在 1 和 0.9 之间,则还发现,可以在光导和漫射器基体之间实现特别牢固的机械联接或连接,例如借助拼接。

[0052] 在优选实施例中,漫射器元件在漫射器基体的近侧端部和光导的远侧端部之间具有连接区,该连接区借助粘合结合、拼接或压合以形状锁合和/或材料锁合的方式建立并且至少连接漫射器基体的直径和光导的芯直径或纤维束直径。

[0053] 为了适配可能不同的热膨胀系数,如果在漫射器基体的近侧端部和光导的远侧端部之间的连接区中附加地设置中间介质,则可能是有利的。例如,这可以是过渡玻璃或焊接玻璃。另一方面,这也可以是透明的、永久弹性的粘合剂。此外,光学元件可以布置在连接区中或者连接区可以设计为光学元件,以便例如通过几何结构或折光功率的适配来修改光束引导和/或光偏转。

[0054] 漫射器基体可以主要由透明塑料、玻璃、石英玻璃或玻璃陶瓷制成的基质组成,在塑料基质的情况下,嵌入在基质中的散射元件例如可以由多孔的或着色的或例如白色的塑料构成,在玻璃基质的情况下,嵌入在基质中的散射元件例如可以由孔、粒子、多孔或有色或例如白色或含有不均匀性的玻璃或玻璃陶瓷元件和其中包含的微晶制成,在石英基质的情况下,嵌入在基质中的散射元件例如可以由孔、多孔石英玻璃或陶瓷或多晶颗粒构成,或者在透明玻璃陶瓷基质的情况下,嵌入在基质中的散射元件例如可以由孔、粒子、多孔或着色的或例如白色或含有不均匀性的玻璃或玻璃陶瓷元件和其中包含的微晶构成。

[0055] 在这种情况下,作为示例提及的散射元件的组合也可以有利地存在于相应的基质中。可以在玻璃或玻璃陶瓷基质溶液中形成散射元件的玻璃或玻璃陶瓷的不均匀性包括例如相分离、分层和/或粒子夹杂物、晶核和/或微晶。

[0056] 在这种情况下,散射区域中散射元件的浓度应该从 10ppm 到 1000ppm ,并且优选地从 20ppm 到 100ppm 。在这种情况下,以 ppm 为单位的浓度规格是指散射粒子相对于其中嵌入有散射粒子的相应材料、特别是塑料、玻璃基质或石英基质的成分的质量份额的比例。在这种情况下,分别形成的散射元件(其例如是指孔、粒子、多孔的或着色的或例如白色的或含

有不均匀性的玻璃或玻璃陶瓷元件和其中包含的微晶) 优选具有从10nm到1000nm、特别优选从100nm到800nm的直径。

[0057] 用于由例如PMMA、PET或PC制成的塑料棒构成的漫射器基体的基于塑料的解决方案在其生产或成型过程中在低工艺温度下已经可以实现。然而, 以这种方式构造的漫射器基体相应地具有相当低的热稳定性并且因此更适合于在低激光功率下的应用。此外, 他们仅适用于在可见光谱范围(VIS) 内的应用, 因为塑料通常在NIR或IR范围内具有高吸收性。

[0058] 基于玻璃的方法在这里基本上更加稳健, 尤其是热稳定性更高, 从而也可以应用更高的激光功率。因为用于构造漫射器基体的元件例如可以是由N-BK7型玻璃、申请人名下的光学硼冠玻璃、硼硅酸盐玻璃或不含Pb或重金属的玻璃制成的棒, 因此它们特别被用作例如内窥镜的光学高质量玻璃纤维的芯玻璃或用于固化牙齿填充物的牙科棒等。利用后者可以满足未来的RoHS要求。这种玻璃在申请人名下的专利公报DE 10 2012 100 233 A1和DE 10 2013 208 838 B4中有所描述, 其全部并入本文。

[0059] 来自无铅锡硅酸盐玻璃或碱金属锌硅酸盐玻璃领域的用于光导棒或漫射器基体的基质的此类玻璃的示例包含以下组分(以基于氧化物的重量%给出):

	从	到
B ₂ O ₃	0	24
SiO ₂	23	62,1
Al ₂ O ₃	0	10
Li ₂ O	0	10
Na ₂ O	0	18,5
K ₂ O	0	25,7

BaO	0	57,8
ZnO	0	40
La ₂ O ₃	0	25
ZrO ₂	0	10
HfO ₂	0	14,2
SnO ₂	>0	2
MgO	0	8
CaO	0	8
SrO	0	24,4
Ta ₂ O ₅	0	22
Y ₂ O ₃	0	11,9
Rb ₂ O	0	15
Cs ₂ O	0	21
GeO ₂	0	7,5
F	0	2
Σ R ₂ O	5	20
Σ MgO, CaO, SrO, ZnO	20	42

[0060] 例如,包覆管选自以下组1至组4之一,它们各自包含以下组分(以基于氧化物的重量%给出):

	组1	组2	组3	组4
SiO ₂	70-78	63-75	75-85	62-70
Al ₂ O ₃	5-10	1-7	1-5	1-10
B ₂ O ₃	5-14	0-3	10-14	>15
Li ₂ O	0-2	0-1	0-3	0-2
Na ₂ O	0-10	8-20	2-8	0-10
K ₂ O	0-10	0-6	0-1	0-10
MgO	0-1	0-5	0	0-5
CaO	0-2	1-9	0	0-5
SrO	0-1	0	0	0-5
BaO	0-4	0-5	0	0-5
F	0-1	0-1	0	0-1
Cl	0-1	0-1	0	0-1
Fe ₂ O ₃	0-2	0-2	0-2	0-2

[0061] 如果现在固定外罩具有多层结构或特别具有至少两个包覆管,则尤其可以因此实现散射的、引导的和反射的或背反射的光分量同样以限定的方式对沿着漫射器长度的侧向

辐射作出贡献的效果。

[0062] 这在具有至少两个包覆管的结构中已经特别成功地实现,其中,内部的第一包覆管优选地由透明的硼硅酸盐玻璃制成,而邻接在其上的第二包覆管由其中可以嵌入散射中心的半透明的散射玻璃制成。这些散射中心可以是粒子、相界或分层。

[0063] 在一个特别优选的实施例中,第二包覆管可以包括白玻璃。白玻璃可包含白色颜料,以产生白色印象。

[0064] 根据一个优选实施例,白玻璃包覆管可以是或可以包括优选半透明的硅酸盐白玻璃。这会产生极端的散射效果。例如,其可以是含As-Pb的硅酸盐玻璃。这样的玻璃是含有铅(Pb)和砷(As)的硅酸盐玻璃。玻璃中的不均匀区域可以用作散射元件以进行散射,不均匀区域与周围的玻璃相比可以具有增加的铅和/或砷的含量。替代地,当然,也可以嵌入诸如散射粒子的散射元件并且这些散射元件形成散射中心。

[0065] 在本发明的另一个同样优选的实施例中,为固定外罩设置有一个另外的第三包覆管。该第三包覆管可以代表固定外罩的外部包覆管。第一和第二包覆管在该情况下可以如上所述地设计。

[0066] 根据一个实施例,代替由具有高散射中心密度的玻璃(例如白玻璃)制成的第二包覆管,也可以使用具有高散射中心密度的单独玻璃棒或单独白玻璃棒制成的环。以环形布置的玻璃棒被放置在第一内包覆管和第三外包覆管之间。在拉制过程期间,玻璃棒融合在一起并形成均匀的散射层。由于玻璃棒的环形布置,这在形式上基本上是环形或管状的。

[0067] 通过固定外罩的这些构造可以以非常有利的实现的效果是:仅非常小的一部分通过耦合位置被返回至光导或返回到该光导中或甚至进一步在激光光源的方向上返回。以这种方式,可以以非常有利的确保没有或只有一小部分光(该部分光优选小于激光光源的发射光的10%、更优选小于发射光的5%)被反射回到供应的光导或进入到供应的光导中。

[0068] 如果固定外罩的包覆管中的至少两个在至少一种光学特性方面彼此不同,则已证明是有利的。在本文中,光学特性是指例如关于透明度或半透明性的特性,其中例如在清晰透明的包覆管和半透明的包覆管的情况下给出了折射率和/或包覆管的材料差异。

[0069] 附加地或替代地,光学特性的差异也可以表示为相应包覆管的不同传输行为,例如电磁辐射的传输行为,优选在应用波长的光谱中的传输行为。

[0070] 附加地或替代地,光学特性的差异还可以表示为相应包覆管的折射率值的差异,例如折射率的值的差异例如为约0.05或约0.1。

[0071] 例如包括至少三个具有不同光学特性的包覆管的固定外罩可以进一步显著降低光导中或光导上的不希望的发光现象的风险,特别是在其端部处或与漫射器基体的过渡处。此外,以这种方式,还可以防止光源变得不稳定甚至关闭,从而在治疗中提供更大的安全性。这尤其适用于激光光源。

[0072] 而且,特别有利的是可以避免局部热点或其他发光现象,局部热点或其他发光现象例如可能在拼接点处(即从光导到漫射器基体的过渡处)由于特别是从漫射器基体到光导或进入光导中背反射而引起的。因此,也可以排除照明系统的不希望的温度升高,该升高可能对治疗以及可能对手术过程产生不利影响。对患者和治疗人员的危害被防止或至少最小化。

[0073] 下面将介绍一个特别合适的实施例,其中固定外罩包括三个包覆管。

[0074] 在本发明的该实施例中,如果至少局部地直接包围基质的第一包覆管构造成基本上清晰透明的并且优选地具有比基质材料的折射率低的折射率,则已证明是特别有利的。关于包层玻璃,示例性玻璃及其组成列于上表中。

[0075] 该第一包覆管基本上可以代表漫射器基体的光学包层,使得耦合光首先被引导到漫射器基体的远侧端部,并且只有在散射元件处以与漫射器基体的轴线成大角度散射的光被侧向辐射。

[0076] 还有利地,设置有第二包覆管,其至少局部地包围第一包覆管,并且第二包覆管优选地设计为半透明的或散射的。在这种情况下,第二包覆管可以具有比第一包覆管的折射率更大的折射率。

[0077] 如果第二包覆管设计为半透明的或散射的,并且此外其折射率也大于第一包覆管的折射率,则可以由此实现通过第一包覆管引导回的反射光也可以以限定的方式向外散射。

[0078] 此外,由于在该第二包覆管上或中的多次散射,可以实现发射光的进一步均匀化。这尤其也适用于角分布,从而几乎可以实现朗伯辐射。

[0079] 还有利地,设置第三包覆管,其至少局部地包围第二包覆管,第三包覆管优选地设计成基本上清晰透明的。

[0080] 通过设计为基本上清晰透明的第三包覆管,可以实现该结构机械稳定的效果并且因此也可以实现光滑、封闭的表面的效果。

[0081] 根据第二包覆管的配置,第三包覆管也可以被认为是可选的。当如上所述第二包覆管也是白玻璃或包括白玻璃时,这也可以适用。

[0082] 在本发明的进一步改进中,还可以规定,固定外罩包括三个以上的包覆管,在该情况下例如可以部分或全部重复上述顺序。然而,其他包覆管当然也可以不同地设计。

[0083] 在这种情况下,特别有利的是,具有至少一个散射元件的基质、和多层固定外罩或包括多个包覆管的固定外罩被设计为没有空腔的封闭复合体。

[0084] 这意味着,特别是在第一和第二包覆管之间、优选地在所有包覆管之间实现无间隙光学耦合。这意味着,包覆管的相应壁优选地彼此直接接触,或者在包覆管之间没有空气,例如空气夹杂物或气泡。换言之,相邻包覆管的侧面在尽可能全部区域上彼此接触。由此在其他情况下可能会导致不希望的光学效应,例如由于在那里发生的折射率跳跃。

[0085] 如本发明的一个特别优选的实施例所规定的那样,如果漫射器元件由基质、至少一个散射元件和包括由玻璃制成的包覆管的固定外罩形成,则可以提供特别紧凑、致密且没有空腔的漫射器基体。为此目的,外罩的包覆管可以在拉制过程中熔合成紧凑的封闭体,如下面进一步描述的。

[0086] 以这种方式,可以确保,在使用期间没有液体可以进入根据本发明的照明系统,液体可能不利地影响发射行为。

[0087] 此外,这种漫射器基体在机械上也非常稳定。如果在拉制过程中进行制造,则可以实现机械上也非常稳定的漫射器基体,这将在下面更详细地讨论。在拉制过程中,可以特别有利地选择和彼此协调包覆管材料的粘度和热膨胀系数,使得在通过拉制过程的部件熔化之后,在漫射器基体冷却、例如冷却到室温期间引发压缩预应力。有利地,在此可以选择最

外面的包覆管的热膨胀系数,使得其至少略高于在内侧邻接的包覆管的热膨胀系数。

[0088] 可以根据预期用途有目的地选择包覆管中的至少一个、例如第三包覆管,以实现特定的光学特性。

[0089] 因此,在本发明的一种改进中,可以为至少一个包覆管、例如外置的包覆管选择例如不透X射线的玻璃。这具有的优点是:在X射线图像中可以至少部分地或局部地整体识别漫射器基体。漫射器在患者体内的位置因此可以以特别简单的方式定位。

[0090] 对于从 $0.8\mu\text{m}$ 到约 $2.2\mu\text{m}$ 的应用波长,例如对于开头提到的EVLT应用,也可以使用特殊的IR透明玻璃,诸如申请人已知的例如标记为N-PK52a的磷酸盐冠状玻璃或标记为IRG7的硅酸铅玻璃,其中具有近似30重量%的 PbO 。

[0091] 这种具有高Pb含量的玻璃还提供了它们在X射线图像中相应明显并且可以用作X射线标记的优点。

[0092] 通过在远侧端部处封闭漫射器基体和/或至少部分地或局部地在其周向面上包围漫射器基体并且将光直接反射和/或漫反射回来的反射面,可以实现特别有效地利用辐射到漫射器基体中的光以进行侧向辐射的效果。

[0093] 在该情况下,在漫射器基体的远侧端部上形成成为溅射或气相沉积介电反射层、由多个层组成并且在反射率方面与所用光的波长相匹配的反射面,已被证明是有利的,其中最大反射率优选地在该波长处可以通过层序列和各个层的相应层厚度来调节。

[0094] 通过这种类型的层,可以有目的地将反射率从 $>95\%$ 调整到 $>99.5\%$ 。

[0095] 替代地或附加地,在本发明的另一实施例中可以规定,反射器由在高宽带内反射的涂层形成,例如,任选地在背面具有钝化层或保护层的银层。其特别牢固并且可以抑制可能导致局部强度增加和热点的破坏性反射。通过这种方式,特别地,可以实现超宽带反射器,该超宽带反射器既在可见光谱范围(VIS)也在IR/MIR范围(“IR”=红外,“MIR”=中红外)、例如在 $1\mu\text{m}$ 和 $2.5\mu\text{m}$ 波长之间具有非常好的反射特性。例如,背面的钝化防止例如银层的氧化。

[0096] 在另一个实施例变型中可以规定,对于第一波长(例如所使用的光的波长)或应用波长存在反射率的第一最大值,并且对于至少一个另外的波长存在反射率的至少一个另外的第二最大值。至少一个另外的波长可以在此有利地不同于应用波长。这样,可以以非常有利的方

式集成其他功能。
[0097] 在这种情况下,至少两个最大值尤其可以具有 $>95\%$ 、优选 $>99\%$ 的反射率。换言之,反射率的第一最大值可以存在于来自光源的光的特定波长处,并且反射率的至少一个另外的第二最大值可以存在于另一波长处,由此该波长可以不同于激光光源的光的第一波长,并且第一最大值的反射率和至少一个另外的最大值的反射率优选地 $>95\%$ 、优选地 $>99\%$ 。为了产生另外波长的光,例如可以设置有另外

的光源,例如另外的LED光源,其例如以较低的功率发射光。

[0098] 术语应用波长在此是指旨在或选择用于特定治疗的电磁辐射的波长,例如 690nm 。

[0099] 以此方式,可以避免在漫射器基体的远侧端部处对于在此表示治疗波长的应用波长(例如 690nm)和对于通常用于设置和控制构件的功能的另一个波长(例如具有例如绿光的指示灯波长,例如 500nm 到 550nm 的波长)的破坏性的辐射。

[0100] 在本发明的另一实施例中规定,反射面至少局部地构造成与漫射器基体的纵向轴

线成小于 90° 、优选地在 85.0° 和 89.9° 之间的角度,并且在操作期间反射回的光可以比撞击到反射面上的光以较大的数值孔径NA反射。

[0101] 以这种方式,可以更好地利用嵌入在漫射器基体中的散射元件来实现侧向光输出,这伴随着效率的提高,而且还伴随着漫射器长度上的均匀性的提高。

[0102] 在进一步的实施例中,可以设置设计为凹面或凸面的反射面。就制造过程而言,特别优选地也可以是倾斜于漫射器基体的纵向轴线形成的平面反射面或刻面(facettierte)的反射面,刻面的反射面局部具有平面,这些平面相对于漫射器基体的纵向轴线具有不同的角度。

[0103] 尽管采取了上述措施,但是在某些情况下,在漫射器基体和光导之间的过渡处、特别是在作为机械加强件设置的透明套管的区域中,反射回来的光的一部分仍然可以通过该套管沿供应光导的方向引导和/或被引导到该光导中,这一方面会导致光导的不期望点亮,或者另一方面例如在较大结构功率的情况下导致不期望的加热。

[0104] 透明套管可以由塑料、玻璃、金属或陶瓷材料制成,或者可以包括塑料、玻璃、金属或陶瓷材料。例如,塑料可以选自热塑性塑料、例如聚碳酸酯(PC)的组。由于其弹性模量,玻璃在机械稳定性方面具有优势。

[0105] 特别地,由于局部吸收,也可以产生局部加热作为所谓的热点。特别是,当通过透明套管引导的光入射在光导的外包层(缓冲器)上时,这会导致强烈的光反射和局部加热。

[0106] 因此,根据本发明的一个特别优选的实施例规定,在透明套管和光导的外包层之间的区域中,设置有另一半透明的或部分吸收的包覆层。

[0107] 这种半透明或部分吸收的包覆层可以有利地由其中嵌入有散射粒子的聚合物构成。

[0108] 因此,可以实现至少部分减少照射在外包层上的光。通过该包层中的多次反射也可能导致侧向辐射,但是该侧向辐射是眼睛难以察觉的侧向辐射,因为其在整个长度上均匀地并且具有显著较低的功率密度发生,从而该侧向辐射被显著减弱。因此避免了热点。

[0109] 鉴于技术实施,如果半透明或部分吸收的包层是软管区段、收缩软管区段和/或如果期望可预先将散射粒子嵌入其中的重新涂覆的聚合物,已被证明是有利的。

[0110] 本发明的范围还包括一种用于制造根据本发明的漫射器基体或根据本发明的照明系统的方法,优选地具有适合于应用目的的照明轮廓,特别是在操作状态下侧向辐射的强度均匀。

[0111] 提供了一种用于制造特别是用于根据本发明的照明系统的根据本发明的漫射器基体的方法,该漫射器基体包括至少一个散射元件,其中所述至少一个散射元件优选地沿着漫射器基体的纵向轴线基本上与该纵向轴线平行地对准或与漫射器基体的纵向轴线成一定角度地布置,所述方法包括以下步骤:

- 提供由折射率为 n_1 和/或 n_1' 的玻璃制成的多个光导棒,
- 布置折射率为 n_1 和/或 n_1' 的多个光导棒和由玻璃或玻璃陶瓷制成的至少一个散射棒,该散射棒包括散射中心,使得光导棒和至少一个散射棒的纵向轴线基本上彼此平行地延伸并且获得预成型件,
- 加热预成型件,

-在拉制设备中拉制预成型件,并且任选地将所述预成型件切割成一定长度以获得漫射器基体。

[0112] 在以这种方式获得的漫射器基体中,光导棒的外周向面以不可分离的、形状锁合的方式彼此连接并且与至少一个散射棒连接。特别地,它们彼此熔合并因此形成具有至少一个嵌入的和/或与其邻接的散射元件的漫射器基体的基质,该散射元件由至少一个延伸的散射棒形成。

[0113] 因此提供了由折射率为 n_1 或 n_1' 的玻璃制成的多个光导棒。

[0114] 根据要实现的照明轮廓,以所需数量提供由玻璃或玻璃陶瓷制成的、包含所述散射中心的至少一个或多个散射棒,并且至少一个或多个散射棒布置在光导棒旁边或光导棒之间,从而获得光导棒和散射棒的布置,其中光导棒和散射棒的纵向轴线有利地布置成基本上彼此平行。漫射棒在该布置中的分布可以根据所需照明轮廓的图案实现。这种布置通过合适的方式固定并因此形成预成型件。

[0115] 在随后的方法步骤中,将预成型件加热并拉制以形成能进行侧向辐射的玻璃元件,使得光导棒和至少一个散射棒在它们的外周向面上不可分离地相互连接。拉制期间的温度控制也导致在光导元件之间保留相界。这尤其可以通过将拉制温度保持在光导棒的玻璃的熔化温度以下并且尤其以烧结温度将光导棒烧结在一起来实现。根据本发明,避免了光导棒的完全熔合。通过温度控制,还实现了光导棒的优选的形状锁合,并且如果需要,还实现了散射元件的形状锁合。

[0116] 以这种方式获得的玻璃元件可以直接形成漫射器基体。然而,特别地,漫射器基体和/或其区段也可以通过对所生产的玻璃元件进行定制、例如切割成一定长度来获得。漫射器基体的基质在此由延伸的、以形状锁合地连接的光导棒构成,由延伸的散射棒形成的、具有散射中心的至少一个散射元件同样以形状锁合的方式嵌入在所述基质中,基本上对应于其在预成型件中的布置。

[0117] 在一个有利的实施例中,光导棒如所描述的不完全彼此熔合,并且散射棒也没有与光导棒中的至少一个完全熔合。然后,在散射棒和光导棒之间也可以存在相界并且因此相界也保持在形成的基质和漫射器基体基质的散射元件内。本实施例可以使通过光导棒的玻璃的软化温度等于或低于散射棒的软化温度来实现。

[0118] 同样有利的实施例规定,光导棒没有彼此完全熔合并且在它们之间存在相界,但是至少一个散射元件熔合到至少一个光导棒上。这可以通过将散射棒的玻璃的软化温度选择为低于光导棒的玻璃的软化温度来实现。已证明散射棒的玻璃的软化温度低至多50K、尤其是软化温度低至多30K是有利的。

[0119] 在拉制期间,由光导棒形成基质,并且由散射棒形成玻璃元件的散射元件。因此,光导棒由折射率为 n_1 的玻璃组成并且特别地没有被折射率为 n_2 的包层玻璃包封。

[0120] 用于固定由光导棒和散射棒组成的预成型件的布置的器件例如可以是夹子,夹子随后再次被移除。

[0121] 以这种方式获得的具有至少一个散射元件的基质在进一步的拉制过程中与固定外罩一起提供。在本发明的情况下,优选使用固定外罩,其可以设计为具有多部分或多层结构。在优选实施例中,该固定外罩包括至少两个、特别优选至少三个包覆管。

[0122] 为了制造具有两个包覆管的固定外罩,具有至少一个散射元件的基质可以布置在

第一包覆管的内部中。然后可以将第一包覆管放置在第二包覆管中。

[0123] 具体来说,该方法可能包括以下步骤:

[0124] -提供具有至少一个散射元件的基质,

[0125] -获得一种布置,在该布置中,具有至少一个散射元件的基质布置在第一包覆管的内部中,

[0126] -将第一包覆管放置在第二包覆管中,

[0127] -在拉制设备中拉制该布置,并且任选地将该布置切割成一定长度,以获得具有固定外罩的漫射器基体。

[0128] 此外,当在拉制设备中拉制出所述布置时,可以围绕该预成型件的纵向轴线扭转预成型件,从而产生例如围绕纵向轴线的散射中心的螺线布置。

[0129] 为了制造具有三个包覆管的固定外罩,具有至少一个散射元件的基质可以布置在第一包覆管的内部中。然后可以将第一包覆管放置在第二包覆管中,并且继而将第二包覆管放置在第三包覆管中。

[0130] 具体来说,该方法因此还可以包括以下步骤:

[0131] -在拉制设备中拉制该布置之前,将第二包覆管放置在第三包覆管中。

[0132] 组件的顺序当然也可以不同地设计,只要光导棒和散射棒、第一、第二或者甚至第三包覆管相应地预装配即可。然后可以将该布置送入拉制设备中以进行拉制过程,以便将这些部件彼此熔合以形成紧凑的、封闭的主体,该主体可以代表所需漫射器元件的基础。

[0133] 至少一个包覆管在此可以在一侧封闭,这使得更容易组装和获得该布置。

[0134] 令人惊讶的是,这种具有三个包覆管或甚至更多个包覆管以及内部具有至少一个散射元件的基质的预组装布置也可以在拉制过程中在单个步骤中作为整体成形以形成期望的漫射器元件。在加热和拉制期间,包覆管软化并贴靠到相应更向内布置的部件上,从而围绕具有散射元件的基质基本上形成准三层包层。

[0135] 然后可以将通过加热和拉制获得的产品分割或切割成一定长度和/或相应地进一步加工。

[0136] 通过在拉制过程中改变速度、温度和/或力的参数,任选地可以在精加工(Konfektionierung)之后,获得至少部分或局部锥形的逐渐变细的漫射器基体。至少在变细区域中,散射元件不再平行于漫射器基体的纵向轴线延伸,而是与其成一定角度延伸。

[0137] 如上文在其各种实施例变型中所述的,照明系统的优选应用提供为以下用途:例如用于肿瘤治疗的光动力治疗(PDT)或光免疫治疗(PIT)、例如用于治疗静脉曲张的静脉内激光治疗(EVLT)、例如用于治疗癫痫或脑肿瘤的激光诱导间质热疗(LITT)、或用于在牙科、眼科和皮肤科领域中的应用,如开头所述的。在牙科医学领域,在此特别可以提及治疗伤口或牙周病的应用。此外,在大脑研究中也有一些应用,其中可以借助光刺激大脑的各个区域,从而可以治疗疾病症状。

[0138] 如上文在其各种实施例变型中所述,照明系统的另一应用是提供以下用途:用于肿瘤治疗的光动力治疗(PDT),其中具有漫射器元件的至少一个光导从其他漫射器元件接收光,并通过光导将光发送到检测器以进行光谱分析。在此,除了各种发光漫射器光导外,光接收漫射器光导也应用于患者,其中借助耦合光和接收光之间的光谱差异能够指示对PDT治疗的反应(参见Finlay等人,Proc.SPIE Int.Soc.Opt.Eng.,2014年6月14日;5315:第

132-142页)。此外,利用其还可以实现剂量测量的任务。

[0139] 此外,在工业领域的应用也是有利的,例如用于检查例如在机器上或机器中的难以接近的地方,对于这些地方均匀照明特别重要,或者用于在光谱应用或生物化学应用中,其中生化体外反应通过光受到刺激。

附图说明

[0140] 下面参照附图中示出的实施例进一步解释本发明。附图中:

[0141] 图1示意性地示出了在PDT应用中具有光导和漫射器元件的照明系统的示意图;

[0142] 图2示出了漫射器元件的示意性纵向截面视图;

[0143] 图3示出了散射元件在漫射器基体中的布置的优选示例性实施例的示意性横截面视图;

[0144] 图4示出了强度分布的分布图;

[0145] 图5示出了用于避免在光导的外包层中的反向散射光的结构示意图;

[0146] 图6a、6b、6c、6d示出了散射元件在漫射器基体中的布置的不同示例性实施例;

[0147] 图7a和7b示出了漫射器基体的基质中的散射元件的不同示例性实施例;

[0148] 图8a、8b和8c示意性示出了漫射器基体的反射面的不同设计示例;以及

[0149] 图9示出了漫射器基体的示意图,其中漫射中心围绕漫射器基体的纵向轴线螺旋线布置。

具体实施方式

[0150] 在以下详细实施例的描述中,附图中相同的附图标记分别表示相同部件或具有相同作用的部件。

[0151] 为了更好地理解,给出以下定义。

[0152] 在本公开的意义中,术语照明系统包括照明设备,并且特别地是适用于医疗目的的照明设备,特别是,如果这些设备旨在与活组织接触,则它们可以被至少局部地消毒和/或灭菌。

[0153] “用于医学治疗系统和/或诊断系统”的术语还包括本文公开的照明系统本身作为医学治疗系统和/或诊断系统的用途或应用。

[0154] 图1示意性示出了根据本发明的优选实施例的照明系统1的结构。在此以医疗技术PDT应用为例。

[0155] 在所示的示例中,照明系统1包括光源10、特别是激光光源,该光源在操作状态下发射特定光谱范围内的光。对于PDT应用,如开头所述,使用激光,该激光发射与先前施用的生化改性颜料(光敏剂)匹配的波长,所述波长通常在可见光范围内,例如在532nm处的绿色光谱范围内或例如在690nm处的红色光谱范围内。在此需要注意的是,原则上也可以使用基于LED或LD的光源。然而,鉴于可实现的功率密度,在此主要实施基于激光的系统。

[0156] 光导30在其近侧端部处通过插头20连接到光源10。这里,光被耦合到其中的光导30的端部被称为近侧端部。在远侧端部处,光导30具有漫射器元件40,该漫射器元件40可以通过插管(此处未示出)被引入已在健康组织70内形成的肿瘤组织80中。在理想情况下,漫射器元件的作用区域对应于肿瘤组织80的区域。

[0157] 在该情况下,远侧端部是指光导30的另一端部,该端部通常远离光导30的近侧端部布置并且光特别是从该端部射出。

[0158] 在该情况下,激光辐射通过漫射器元件40上的光耦合41到达漫射器元件40中并且在漫射器的长度上侧向辐射(光输出42)。在此重要的是,在漫射器元件40的长度上尽可能均匀地辐射。尤其要避免强度峰值。如开头所述,通过光诱导的生化反应,理想地使肿瘤组织80在治疗后死亡。通常,使用石英纤维作为光导30,其中插头20通常构造为同轴插头连接器的形式,即所谓的SMA插头,其中纤维被粘性地结合到插头20中。具有镍银套管的插头20在热承载能力方面也可以是有利的,其中光导30通过塑性变形以形状锁合的方式被引入、压接到镍银套管中。此外,对于相对较高的激光功率,也可以使用插头20,其中光导30的纤维端由锥形棱镜保护,这在未对准的情况下可能是有利的。如上所述,光导可以包括单根纤维,例如单模或多模光导纤维,其包括具有芯直径的芯和包层或具有纤维束直径的纤维束。

[0159] 图2示意性地示出了根据本发明的优选实施例的漫射器元件40的结构。

[0160] 漫射器元件40包括漫射器基体43,该漫射器基体43通过连接区44紧固到光导30上。在上述应用中,光导30通常由石英玻璃组成,该光导30具有芯31和包层32,芯31的折射率为 n_1 并且芯直径31.1通常在200和600 μm 之间,包层32的折射率为 n_2 ,其中 $n_1 > n_2$ 。因此通常可以实现的数值孔径NA约为0.22。光耦合41通过漫射器基体43的耦合区域46实现。光导30通常还具有外包层33,外包层33通常由聚合物组成,例如PMMA、PA(例如NYLON®)或氟化聚合物(例如TEFZEL®),其也称为缓冲器。外包层33在图2中未示出。

[0161] 在优选实施例中,具有直径43.1的漫射器基体43包括固定外罩43.3和由具有嵌入的散射元件43.6的基质元件43.5制成的基质43.4,或者漫射器基体43由固定外罩43.3和由具有嵌入的散射元件43.6的基质元件43.5制成的基质43.4构成。

[0162] 图6a、6b、6c和6d仅以示例示出了散射元件43.6在漫射器基体43中的有利布置的不同示例性实施例。此外,在图7a和7b中示出了漫射器基体43的基质43.4中的散射元件的不同示例性实施例。下面更详细地讨论这些示例性实施例。

[0163] 根据本发明,固定外罩43.3可以由多个、优选至少两个彼此同轴布置的包覆管或层43.3.1、43.3.2、43.3.3组成或者可以包括若多个、优选至少两个彼此同轴布置的包覆管或层43.3.1、43.3.2、43.3.3,这些包覆管或层至少在透明度、折射率和/或包覆管的材料方面具有不同的光学特性。

[0164] 为了能够在操作状态下满足关于侧向辐射的强度的均匀性要求,漫射器基体43根据操作波长和漫射器长度包括10到100个散射元件43.6。这里的经验规则是:应用波长越长或漫射器长度越短,则将设置越多的散射元件43.6。

[0165] 嵌入的散射元件43.6和漫射器基体43的横截面积之比为 ≤ 0.015 、优选 ≤ 0.005 、特别优选 ≤ 0.002 。散射元件43.6在此在漫射器基体43的整个长度上基本上平行于纵向轴线43.2对准。

[0166] 在一个有利的配置中,漫射器基体43的直径设计为大于光导30的芯直径31.1或纤维束直径31.1,从而一方面没有不受控制的散射光例如耦合到固定外罩43.3中。另一方面,可以因此促进光导30和漫射器基体43的组装和调整和/或可以补偿组装公差。光导30的芯直径31.1或纤维束直径31.1与具有嵌入的散射元件43.6的漫射器基体43.1的直径之比因此有利地 ≤ 1.0 、优选地在1.0和0.8之间。根据期望的辐射特性,也可以提供 ≤ 0.8 的比例。

[0167] 光学元件可以设置在漫射器基体43的近侧端部和光导30的远侧端部之间的连接区44中,该光学元件例如可以设计为光束成形元件、光导元件或光纤锥(任选是圆锥形的)。通过这种方式,也可以进行几何结构的匹配,例如直径差异的匹配。在这种情况下,漫射器基体43的近侧端部是指漫射器基体43的光耦合到其中的端部。

[0168] 为了避免来自连接区44的散射光,而且为了连接区44的机械稳定性,根据本发明的一个优选实施例,设置由塑料、玻璃、金属或陶瓷材料制成的套管48,来自光导30的光可以沿光导30的纵向轴线的方向并且以一定的侧向角度通过该套管48,但是可以在端侧(Stirnseitig)进入到散射体(**Streukörpers**)的近侧端部中的光被遮挡。由硼硅酸盐玻璃制成的套管48已被证明在避免光吸收方面特别有效。例如,这种玻璃可以以来自制造商肖特公司的SCHOTT FIOLAX® 8412知晓。

[0169] 在漫射器基体43的与近侧端部相对的远侧端部处,设置有反射面47以优化发射特性,该反射面47可以以定向反射的方式构造为呈金属片形式的镜元件或构造为薄镜膜、例如具有气相沉积镜层或反射率>95%的涂层的载体膜。例如借助以优选的白色进行涂敷、例如印刷,漫反射层也已被发现是有利的。

[0170] 在另一设计方案变型中,可以规定,反射面47被制造为由铝或金构成的短的、抛光的线部段(Drahtabschnitte),这些线部段与漫射器基体43直接接触。这也得到了有助于避免热点的小型散热器。

[0171] 此外,已发现,在漫射器基体43的远侧端部上的溅射或气相沉积的介电反射层是特别有利的,这些介电反射层由多个层组成并且在反射率方面与所使用的光的波长相匹配。下面进一步描述反射面47的几何结构实施例。以此方式例如可以实现>95%、优选>99%的反射率。

[0172] 在本公开的范围中,术语“在反射率方面与所使用的光的波长相匹配”表示通过匹配,在该波长处实现尽可能最高的反射率,或者甚至在分别匹配到的波长处达到最大反射率。这种反射层的示例是由交替涂敷的TiO₂和SiO₂层制成的多层系统,其在应用波长范围内例如对于(690±10) nm的红光具有>99%、优选>99.5%的反射率。

[0173] 这种层系统可以相应地适配(也就是说如上所述匹配)相应的应用波长。由此,一方面,可以实现理想的背反射,并且另一方面可以避免热点。作为对此的替代或除此之外,还可以提供具有背面钝化的银层作为反射面47。还可以想到例如通过粘合剂滴保护远侧端部处的反射层,该粘合剂滴随后在固化状态下形成圆形罩盖。

[0174] 因为在PDT或PIT应用中通常使用所谓的指示光来在例如体内设置(即定位)漫射器,并且指示光在功率方面、尤其在波长方面与应用波长(例如690nm)不同,因此,一方面,当在远侧方向上看时可以在反射面47后面设置附加的阻挡元件60,阻挡元件60例如呈陶瓷或金属柱体、陶瓷或金属球体的形式,和/或反射面47的层系统被设计成使得对于指示光的波长,例如在500nm和580nm之间的绿色光谱范围内也可以附加地实现>80%、优选>95%、特别优选>99%的高反射率。

[0175] 金属阻挡元件60还具有它们可以在X射线图像中被识别为所谓的X射线标记或无线电标记的优点。这也适用于套管48或连接区44的区域中的附加套管,如果其设计为薄壁金属套管的话。通常,这种金属套管由具有高原子序数的一种或多种材料、它们的组合或合金制成。材料的示例包括钽、铂、铱或铂-铱合金。

[0176] 为了进一步的机械保护和/或使辐射特性均匀化,可以设置由透明和/或半透明、有色或无色材料(硅树脂、玻璃或石英玻璃)制成的包覆层49,其至少部分地或局部地包围漫射器基体。特别地,可以使用半透明和/或包含散射中心的材料来实现额外的均匀化。例如,由硅树脂、聚四氟乙烯或由聚醚嵌段酰胺嵌段共聚物(例如业内已知的 **PEBAX®**)制成的相应主体或管件是合适的。作为包覆层49,至少局部应用的例如由PET制成的薄壁收缩管件已被证明是有利的,该管件可以设计成单层或多层的。因此根据朗伯辐射器的光输出42被进一步增强或实施。漫射器元件40的有效长度40.2然后作为套管48和反射面47之间的距离给出,并且可以例如在达至漫射器元件40的整个长度上或漫射器元件40的有效长度40.2上延伸。

[0177] 在漫射器基体43和由例如玻璃或塑料制成的包覆层49之间,可以设置浸没层,该浸没层在包覆层49和漫射器基体43之间引入,以抑制漫射器基体43上的对辐射行为有不利影响的任何表面不规则物,例如污垢、粗糙物等。在此一方面,必须确保与玻璃体系相匹配的折射率、高透明度以及关于良好适用性的足够高的粘度。例如,甘油或硅树脂(油或粘合剂)已被发现适合作为浸没层。

[0178] 为了避免干扰反射,也可以规定,反射面47覆盖有包覆层或罩盖47.2或者由包覆层或罩盖47.2形成,该包覆层或罩盖47.2在其周向面上在较短的长度上侧向包围漫射器基体43。在这种情况下,有效长度40.2对应于套管48和该保护罩盖之间的距离。如果套管48和罩盖47.2由金属制成,则可以因此实现无线电标记功能,这使得漫射器元件40的有效长度40.2或位置在X射线图像中可识别。对于PDT应用,漫射器元件40的总直径40.1通常在0.8和1.2mm之间。小于1mm的直径40.1很常见。此处的决定性因素是插管的直径,通过该插管将漫射器元件40施加到患者。

[0179] 漫射器基体43和光导30的紧固例如通过具有匹配的折光功率的高透明粘合剂的拼接或粘合结合工艺在连接区44内实现。在拼接期间,借助电晕放电和/或借助激光、通常使用CO₂激光,将光导30和漫射器基体43部分熔化或熔融并结合在一起。取决于用于漫射器基体43和光导30的材料,可能需要使用中间介质45来匹配它们的热膨胀系数。例如,在玻璃/石英熔合的情况下,这可以是焊接玻璃或接合玻璃或光学粘合剂或胶粘剂。衬套形式的机械压缩也是可以想到的并且可以有利地实施,其中仅用光学套件填充过渡以避免反射损失。同样地,设置在漫射器基体46的近侧端部和光导30的远侧端部之间的连接区44中的光学元件可以被集成或连接。

[0180] 漫射器基体43包括基质43.4,在基质43.4中,散射元件43.6以平行于纵向轴线43.2的优选布置嵌入在漫射器基体43的整个长度上,如图2的实施例中所示。单独散射元件的轴向范围在此可以小于漫射器基体43的整个长度。在此,散射元件43.6可以或多或少统计上均匀地分布在漫射器基体43的直径43.1上,也就是说存在多个围绕纵向轴线布置的散射元件43.6;散射元件优选地围绕纵向轴线以规则结构布置。

[0181] 在一个示例性实施例中,漫射器基体43分别具有固定外罩43.3和基质43.4,在基质43.4中,散射元件43.6在漫射器基体43的整个长度上以平行于纵向轴线43.2的优选布置嵌入。

[0182] 图6a示出了一种布置,其中多个散射元件43.6或多或少统计上均匀地分布在漫射器基体43的直径43.1上,也就是说存在多个围绕纵向轴线布置的散射元件43.6;散射元件

优选地围绕纵向轴线以规则结构布置。

[0183] 图6b示出了一种布置,其中各个散射元件43.6特别地形成环形布置,也就是说存在多个围绕纵向轴线优选地圆形地布置的散射元件。

[0184] 在另一示例性实施例中,仅一个以管或管区段形式的散射元件43.6嵌入基质43.4中,也就是说该至少一个散射元件(43.6)以管状方式围绕纵向轴线并且特别是与纵向轴线同轴地布置。这种布置的优点是漫射器基体43的预成型件的特别成本有效和可重复的生产,因为在此可以显著简化生产过程。

[0185] 原则上,至少一个散射元件43.6的其他几何结构和/或多个散射元件43.6的布置、例如六边形、正方形、三角形也是可以想到的并且可以有利地实现。

[0186] 替代地,可以规定,散射元件43.6或多或少均匀分布在基质43.4中,但是它们围绕漫射器基体43的纵向轴线43.2留下芯区43.7,也就是说漫射器基体43的截面积沿纵向轴线在芯区43.7外的每单位面积的散射元件43.6的数量大于在芯区43.7内的每单位面积的散射元件43.6的数量。

[0187] 这种布置具有以下优点:通常仅具有小的数值孔径(NA,典型地 <0.3)的激光在耦合到漫射器基体43中之后最初在围绕芯区43.7的外部区域中在散射元件43.6处几乎没有被散射,并且仅在距耦合面46一定距离之后当各个光束到达边缘区域中的散射元件43.6时才逐渐散射。以这种方式,侧向辐射的光的强度可以直接在耦合面46之后降低,因此强度分布可以沿着漫射器均匀化。

[0188] 在散射元件沿着漫射器基体的纵向轴线的集中度恒定的情况下,强度分布通常具有以 $I_{(z)} = I_0 \cdot e^{-z/k}$ 的指数下降。在此,如果k大致对应于漫射器基体的长度(在具体示例中为40mm),则k已被证明是一个有利的值。这导致在操作状态下沿着漫射器基体侧向发射的辐射的强度下降大约 $1/e$,这可以通过进一步的措施纠正,以使得可以满足上述均匀性要求,特别是对于PDT应用来说。在优选的示例性实施例中,使用分别具有0.3mm的直径的21个散射元件作为预成型件的初始材料并且基质直径约为600 μm (直径为34mm的预成型件的初始几何结构),确定k值为42mm。

[0189] 在本发明的一个特别优选的实施例中,漫射器基体43还包括固定外罩43.3,该固定外罩43.3在侧表面(Mantelfläche)上至少部分地包围基质43.4。在图2所示的示例性实施例中,基质43.4的侧表面完全被固定外罩43.3包围,其中至少部分地包围基质43.4的侧表面也已经足够。

[0190] 固定外罩43.3有利地构造为多部分或多层结构,所述多部分或多层结构包括至少两个包覆管或层、优选至少三个包覆管(43.3.1、43.3.2、43.3.3)和/或层。

[0191] 为了使强度分布均匀化,而且特别为了防止将光无意地引导回到供应光纤中(这尤其会损害被设计为激光光源的光源10的稳定性直至其调节出现故障或甚至激光光源关闭,或可能导致插头连接器的不希望地加热),根据本发明,能够想到进一步的措施来扩大反射回到反射面47上的光42.1的数值孔径NA。

[0192] 这可以有利地通过以与漫射器基体43的纵向轴线43.2成不等于 90° 的角度至少局部研磨远侧端面或反射面47来进行。

[0193] 反射面47的其他实施例示意性地显示在图8a和8b中。因此,为了使强度分布均匀化,可以规定,反射面47成型为凹面的(图8a)或凸面的(图8b)。以这种方式可以实现,几乎

平行于纵向轴线43.2行进的反射光束以相对于纵向轴线43.2更陡的角度反射回来,并且因此在此在散射元件43.6处被更频繁地散射,从而在漫射器元件40的远侧端部处增加输出效率。

[0194] 此外,特别是可以因此显著减少反射回到光导30中的辐射分量。也可以以特别成本有效的方式实现的其他措施可以是以相对于纵向轴线43.2不等于 90° 的角度研磨漫射器基体43。刻面状研磨可以同样有效,其中各个面形成主要相对于漫射器基体43的纵向轴线43.2不等于 90° 的不同角度。与 90° 的角度偏差通常小于 5° 。

[0195] 在漫射器基体43的远侧端部处的反射面47也可以设计为具有反射到(reflektierenden)空腔和/或透明体中的包覆层47.2的中空体和/或透明体47.1,如图8c示意性所示。包覆层47.2可以设计为优选定向反射或漫反射的涂层和/或罩盖。优选定向反射或漫反射的涂层和/或罩盖也可以直接以漫射器基体43结束而没有空腔,并且在这两种情况下,都在远侧端部处至少部分地或局部地在漫射器基体43的周向上在短长度上径向地包围漫射器基体43。

[0196] 因此,反射面47可以构造为凹入的或凸出的和/或可以直接或间隔开地在反射面47和漫射器基体43的远侧端部之间形成空腔,可以将邻接漫射器基体43的主体47.1和/或包层47.2构造为在一侧封闭的中空体。

[0197] 图9示意性地示出了漫射器基体43的仅一个长丝状散射元件43.6的示例,该散射元件43.6围绕漫射器基体43的纵向轴线43.2以螺线的方式布置。这种螺线结构能够如下获得:当该布置在拉制设备中被拉制出时,预成型件附加地围绕该预成型件的纵向轴线扭转,由此产生围绕纵向轴线43.2的散射中心43.6的这种螺线布置。

[0198] 图3示出了根据本发明的具有直径43.1和包围基质43.4的固定外罩43.3的漫射器基体43的示意性横截面图,其中包围具有散射元件43.6的基质43.4的该固定外罩43.3由具有不同光学特性的多个同轴包覆管43.3.1、43.3.2、43.3.3构造。基质43.4在此由单独的基质元件43.5组成。

[0199] 然而,在本发明的意义上,具有彼此同轴布置的两个包覆管43.3.1、43.3.2的实施例也是可能的并且是可以想到的。

[0200] 根据图3所示的本发明的特别优选的示例性实施例,包围基质43.4的第一包覆管43.3.1由透明材料制成,第一包覆管43.3.1的折射率低于基质43.4的折射率。这也被称为光学覆层并且确保根据光耦合41耦合进来的光可以首先在基质43.4中被引导并且因此可以与散射元件43.6相互作用,从而已经可以实现高散射效率。

[0201] 在示例性实施例中,第二包覆管43.3.2被设计为散射管,即半透明管,其中嵌入了另外的散射元件。以这种方式,在反射面47处耦合回到包层中或第一包覆管43.3.1中的所谓包层模式可以从漫射器基体43输出,其附加地增强辐射42的辐射强度。第二包覆管43.3.2也可以设计成由单独的高散射白玻璃棒制成的环形布置。

[0202] 在此,第二散射包覆管43.3.2必须光学耦合到第一包覆管43.3.1上,并且第二包覆管43.3.2的折射率必须高于第一包覆管43.3.1的折射率。因此,由于第二包覆管43.3.2中的多重散射,可以实现几乎各向同性的辐射。这也实现了附加的均匀化。

[0203] 外部的第三包覆管43.3.3用作机械稳定装置,特别是用于第二包覆管43.3.2的机械稳定装置并且因此可以通过拉制过程形成紧凑且坚固的漫射器基体43。此外,如上面关于图2已经描述的,由薄壁聚合物材料制成的可以被设计为清晰透明、略微半透明和/或颜

色掺杂的包覆层49可以包围漫射器基体43和光导30的一部分。

[0204] 在优选实施例中,基质43.4由光学高度透明的玻璃组成,诸如由来自肖特公司的SCHOTT N BK-7光学玻璃组成。散射元件43.6例如可以由白玻璃构成。

[0205] 来自肖特公司的标记为SCHOTT FIOLAX® 8412的高度透明含硼硅酸盐玻璃已被证明特别适合作为第一包覆管43.3.1和第三包覆管43.3.3。在从250到2000nm的波长的波长范围内,该含硼硅酸盐玻璃具有大约92%的透射率,并且因此在本发明的情况下被认为是高度透明的。

[0206] 在优选实施例中,第二包覆管43.3.2由白玻璃管构成,并且如果为此使用白玻璃,则可以在此与基质43.4中的散射元件43.6类似或相同地构造。

[0207] 这种结构的优点在于,所有这些部件都可以很好地彼此熔合,并且从而使得可以形成紧凑的漫射器基体43,该漫射器基体43不包含任何空腔,例如呈气隙或气泡形式的空腔。

[0208] 对于直径43.1为500 μ m的漫射器基体43,包覆管43.3.1、43.3.2、43.3.3的典型层厚度在5 μ m至50 μ m的范围内、优选为7至40 μ m、特别优选约10 μ m至30 μ m或为10 μ m。

[0209] 固定外罩43的其他结构是可能的并且是可以想到的。因此,固定外罩43当然也可以由包覆管和/或层的组合构成,或者例如,如果需要进一步的功能化,则由三个以上的包覆管或层构成。因此,还可以设置另外的包覆管,其然后至少部分地包围第三包覆管。

[0210] 也可以想到仅具有第一包覆管43.3.1和第二散射包覆管43.3.2的结构。在本发明的仅具有两个包覆管43.3.1、43.3.2的实施例中,第一包覆管43.3.1可以是高度透明的并且第二包覆管43.3.2可以设计为白玻璃管,如上所述。在这种情况下,第二包覆管43.3.2已经可以确保机械稳定性。

[0211] 图7a和7b示意性地示出了漫射器基体43中的基质43.4的结构的另外两个示例性实施例的垂直于漫射器基体43的纵向轴线的横截面图。

[0212] 图7a示出了散射元件43.6的示例,该散射元件43.6作为在呈单独棒的形式基质元件43.5之间的细棒嵌入预成型件中。在所示的示例中,散射元件43.6填充作为基质元件43.5的三个单独棒的空间(空隙)。在所示的示例中,为了生产预成型件,直径为2mm的单独玻璃棒用作基质元件43.5。散射元件由0.3mm厚的白玻璃棒制成。在热拉制过程之后,即在被拉到漫射器基体43的直径43.1之后,散射元件43.6被熔融或熔化并具有三角形的、例如特别是双曲线三角形的横截面。

[0213] 图7b示出了一种替代布置,其中散射元件43.6的直径等于或小于设计为单独棒的基质元件43.5的直径。在此,对于例如作为白玻璃棒的散射元件43.6和基质元件43.5,在相应组装的预成型件中在拉伸过程之前的典型直径在0.5至1mm的范围内。在热拉制过程之后,即在被拉到漫射器基体43的直径43.1之后,散射元件43.6被熔融或熔化并具有六边形的、例如特别是双曲线六边形的横截面。

[0214] 对于给定的光导棒尺寸和给定的横截面比例,散射棒在预成型件的空隙中的布置可以在此实现更多数量的散射体,从而实现更好的均匀性。在拉制过程之后作为漫射器基体43,基质元件43.5和散射元件43.6可以具有圆形、六边形、正方形或三角形的横截面,尤其是其双曲线变型。

[0215] 嵌入在漫射器基体43中的散射元件43.6填充三个作为基质元件43.5的单独棒的

空间(空隙),散射元件43.6在预成型件中作为细棒嵌入基质43.4的呈单独棒的形式基质元件43.5之间。通常,为了生产预成型件,直径为2mm的单独玻璃棒用作基质元件43.5。散射元件由0.3mm厚的白玻璃棒制成。在热拉制过程之后,即在被拉到漫射器基体43的直径43.1之后,散射元件43.6被部分地熔融或熔化并具有三角形的、例如特别是双曲三角形的横截面。也可以想到替代的布置,其中散射元件43.6的直径等于或小于设计为单独棒的基质元件43.5的直径。在此,对于例如作为白玻璃棒的散射元件43.6和基质元件43.5,在相应组装的预成型件中在拉伸过程之前的典型直径在0.5至1mm的范围内。在热拉制过程之后,即在被拉到漫射器基体43的直径43.1之后,散射元件43.6被部分熔融或熔化并具有六边形的、例如特别是双曲六边形的横截面。

[0216] 对于给定的光导棒尺寸和给定的横截面比例,散射棒在预成型件的空隙中的布置可以在此实现更多数量的散射体,从而实现更好的均匀性。在拉制过程之后,基质元件43.5和散射元件43.6作为漫射器基体43可以具有圆形、六边形、正方形或三角形的横截面,尤其是其双曲线变型。

[0217] 设计为白玻璃棒或白玻璃管或散射包覆管的的散射元件43.6的一个实施例规定,散射中心由其中的散射粒子形成,散射粒子的浓度在从10ppm到1000ppm、优选从20ppm至100ppm的散射范围内。

[0218] 从散射区域输出的效率、即散射棒的白玻璃或白玻璃管的体积不仅取决于作为本征参数的散射粒子的散射特性,还取决于散射粒子在散射区域本身中的浓度。

[0219] 以ppm为单位的浓度规格在该情况下是指散射粒子相对于供嵌入散射粒子的白玻璃的成分的质量份额的比例。

[0220] 如果白玻璃的不均匀区域用作散射中心,则产生一个替代实施例,其中不均匀区域优选通过供它们嵌入的玻璃的玻璃组分的相分离和/或分层形成。

[0221] 由不均匀区域形成的散射中心优选具有从10nm至1000nm、特别优选从100nm至800nm的直径。

[0222] 这些散射中心特别优选是球形的。对于非球形散射中心,直径被理解为最大范围。

[0223] 此处称为白玻璃的玻璃(其中不均匀区域作为散射中心被嵌入)优选可以由含有As和Pb的硅酸盐玻璃组成。在这种情况下,散射中心优选地具有与周围玻璃基质相比增加的Pb和/或As含量。

[0224] 替代地,其中供嵌入作为散射中心的不均匀区域的玻璃或白玻璃可以由含氟Ca-Zn硅酸盐玻璃组成。因此,散射中心优选地具有与周围的玻璃基质相比增加的氟含量。

[0225] 在图4中,使用具有大约20mm的有效长度40.2的柱形漫射器的示例,以分布图100示出了所测量的强度分布103。示出了强度101,强度101在此测量为漫射器长度的以mW/cm为单位的“辐射度”(比发射),作为到耦合面102的距离的函数。

[0226] 强度分布103显示了与强度101的否则通常略微指数下降相比整体相对恒定的分布,诸如强度分布103作为在长度上均匀的散射分布的微分方程的解来获得,即存在在一定长度段内入射辐射与散射辐射的恒定比例。

[0227] 通过将反射面47施加在漫射器基体43的远侧端部上(参见图2),一部分辐射可以再次反射回来,其因此特别是在反射面47前面的区域中提供了附加的散射贡献。在数学上,这意味着添加了两个指数函数。

[0228] 由于具有至少两个或者甚至三个包覆管的固定外罩43.3的特定结构以及用于加宽反射光的NA以提高散射效率的额外措施,可以实现与在有效漫射器长度40.2上的平均值的偏差 $<\pm 10\%$ 的几乎均匀的强度分布。此外,所需侧向辐射的总效率可增加到 $>85\%$ 、通常 $>90\%$ 。有效漫射器长度在此通常对应于漫射器基体的长度。

[0229] 图5示出了用于避免在光导的外包层中的反向散射光的细节结构的示意图。一方面,这种现象会导致光导30点亮,但是这仍然可以被视为仅仅是一种在低功率水平下的装饰效果。

[0230] 然而,特别是在较高的激光功率、例如大于2W以及较高比例的反向散射光的情况下,这也可能导致不允许的加热,特别是在该反向反射光撞击在在小区内吸收该光的部件上的区域中的不允许的加热。在此,特别地,通过透明套管48在激光光源的方向上被引导并且然后撞击到光导30的外包层33上的反向散射光42.1已被证明是破坏性的。在此,取决于所使用的激光功率或光辐射的强度,外包层33的端面被点亮,这可能非常强烈并且然后也可能导致强烈的加热。

[0231] 这可以借助半透明或部分吸收的包覆层50来实现,包覆层50部分地散射来自套管的反向散射光42.1,并且因此显著降低在光导的外包层33上的撞击区域中的强度。通过部分吸收和/或多次散射,来自部分吸收的包覆层50的反向散射光42.1可以从被最小化或分布在更大的面积上,使得该反向散射光i) 不或几乎不再可察觉并且ii) 功率密度关于加热方面明显减少。

[0232] 因此,根据本发明的部分吸收的包覆层50理想地填充套管48和光导30的外包层33之间的中间空间,如在图5中示意性所示。该部分吸收的包覆层50可以实现为呈半透明管区段或收缩管形式的单独元件和/或实现为其中分布散射粒子的重新涂覆材料。由于必须在连接区44的区域中或直到外包层33的起点重新涂覆光纤以保持强度水平,因此保持强度水平可以在一个工作步骤中实现。典型的重新涂覆材料由丙烯酸酯或环氧树脂材料组成并且用于随后密封光导30的表面,这尤其增加了机械稳定性。

[0233] 该措施代表了对先前描述的用于避免过度的反向散射光强度的措施的进一步补充,因此也有助于根据该目的漫射器系统的优化。

附图标记列表

1	照明系统
10	光源
20	插头
30	光导
31	芯
31.1	芯直径或纤维束直径
32	包层
33	外包层
40	漫射器元件
40.1	直径
40.2	有效长度
41	光耦合
42	光输出
42.1	反向散射光
43	漫射器基体
43.1	直径
43.2	纵向轴线
43.3	固定外罩
43.3.1	第一包覆管
43.3.2	第二包覆管
43.3.3	第三包覆管
43.4	基质
43.5	基质元件

43.6	散射元件
43.7	芯区
43.8	散射元件、特别是白玻璃棒的纵向轴线
43.9	白玻璃棒
43.10	角度
44	连接区
45	中间介质
46	耦合面
47	反射面
47.1	主体
47.2	反射包覆层/罩盖
48	套管
49	包覆层
50	部分吸收的包覆层
60	阻挡元件
70	组织
80	肿瘤组织
100	分布图
101	强度
102	到耦合面的距离
103	强度分布

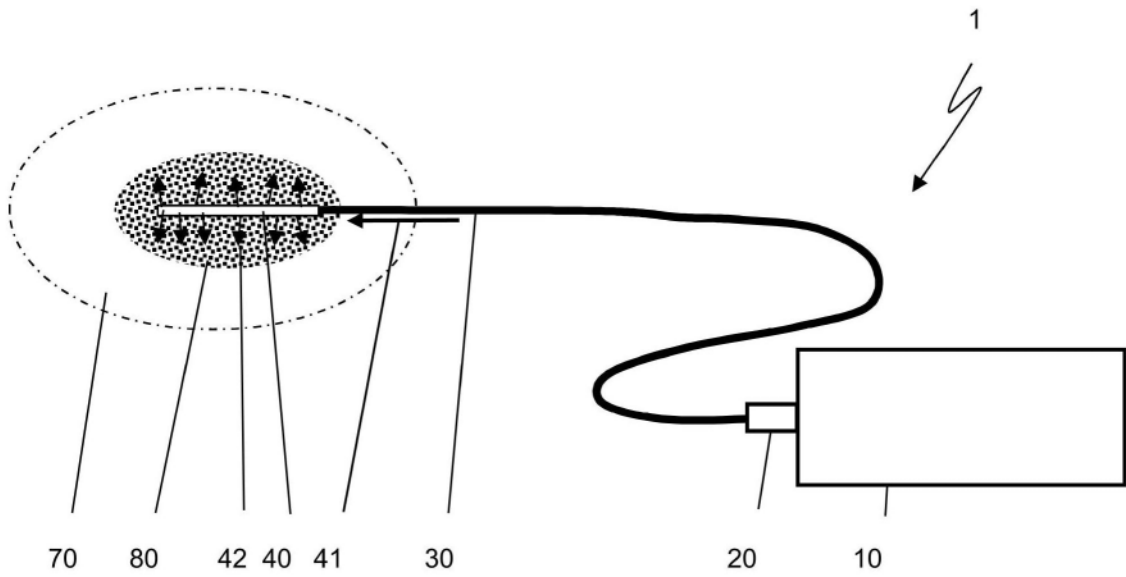


图1

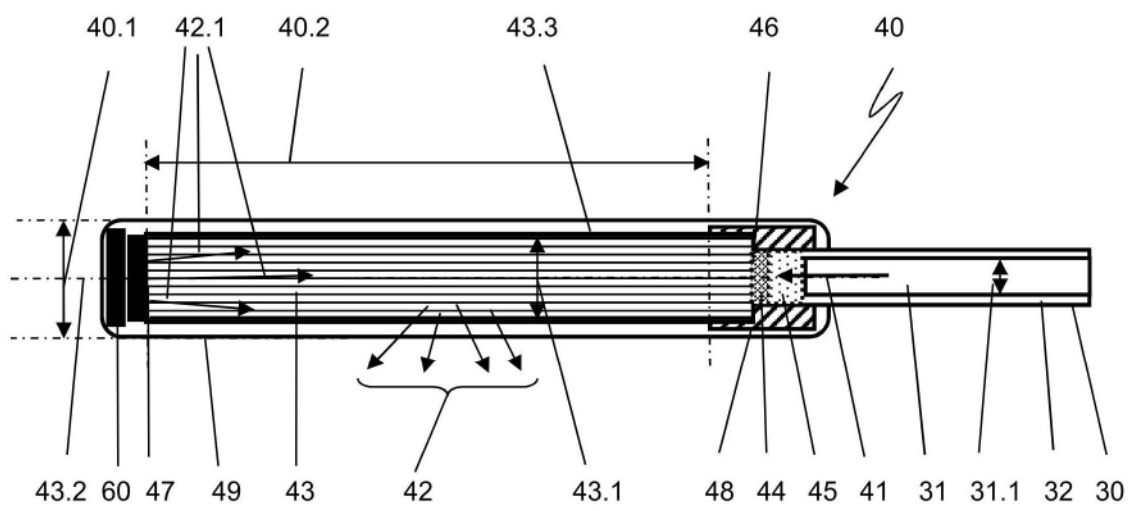


图2

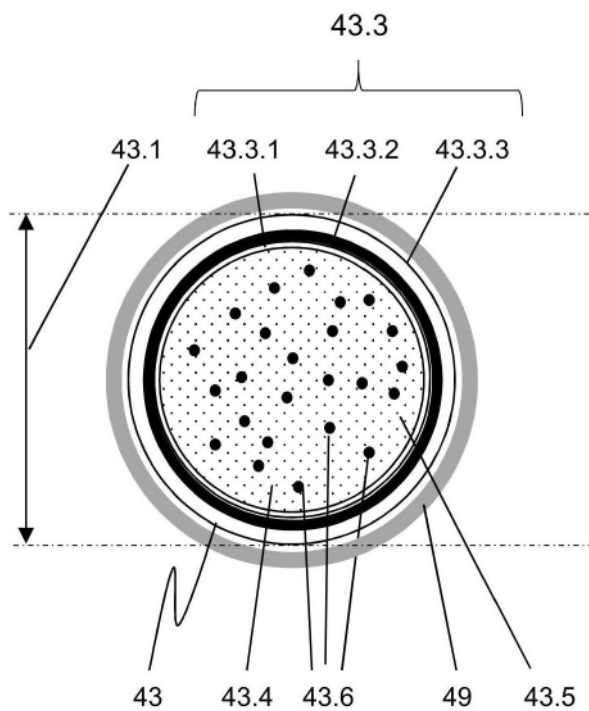


图3

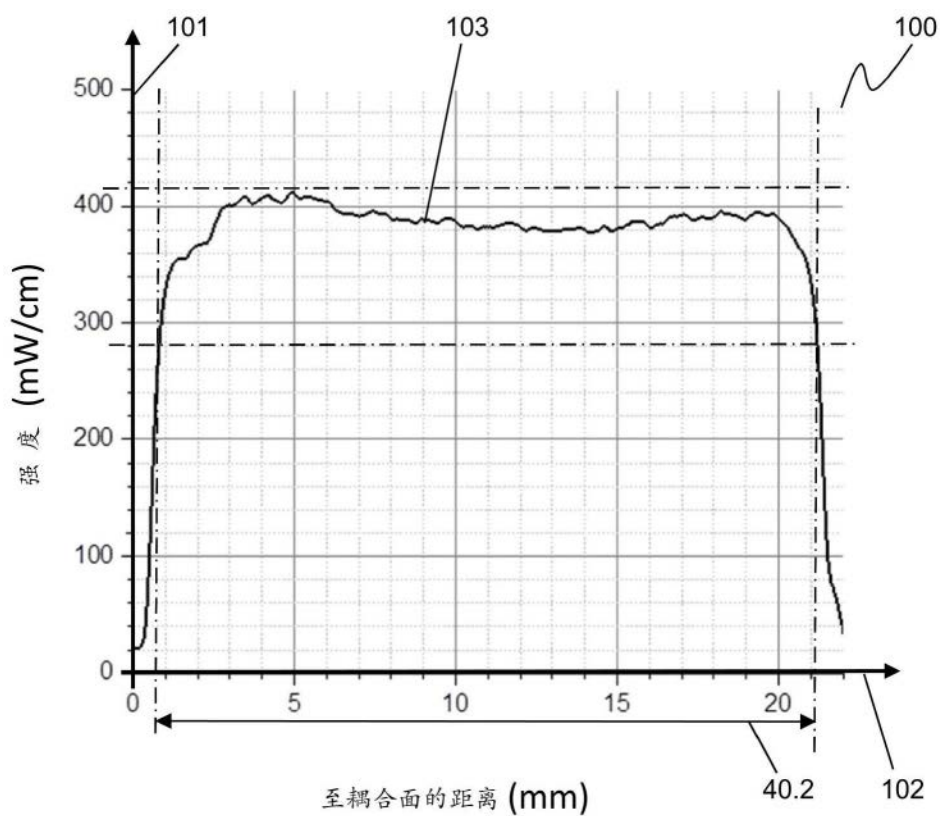


图4

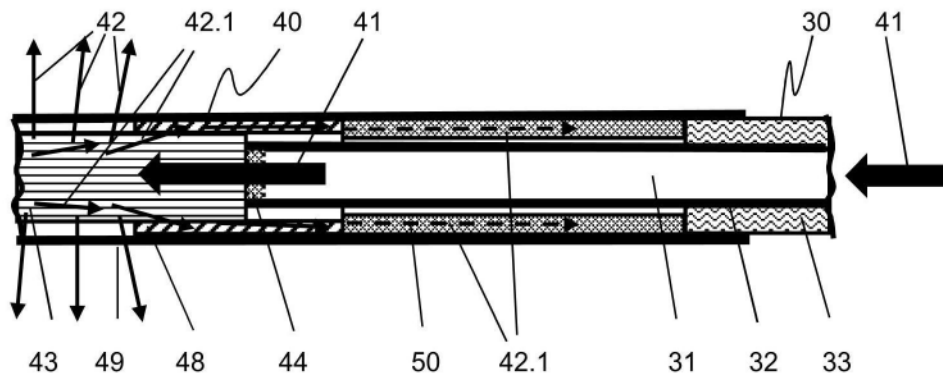


图5

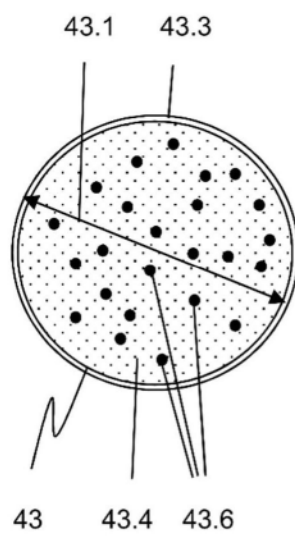


图6a

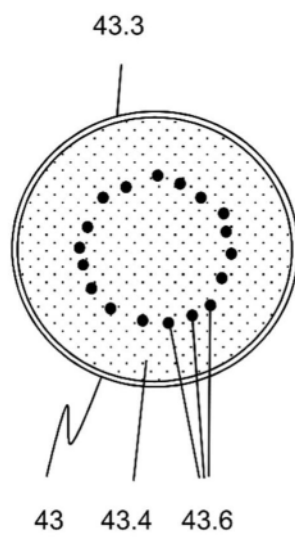


图6b

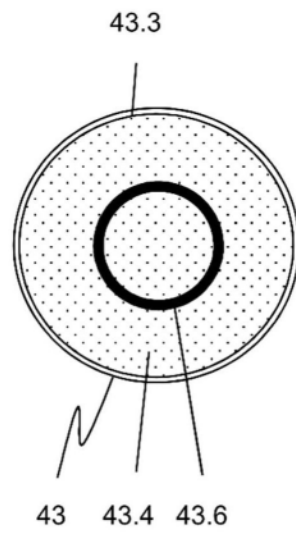


图6c

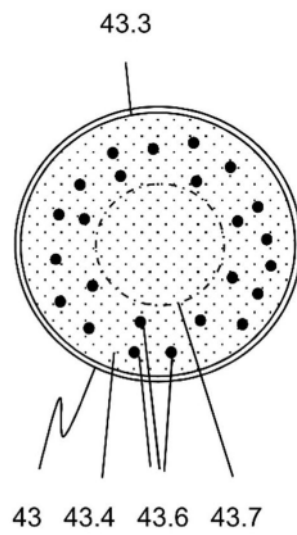


图6d

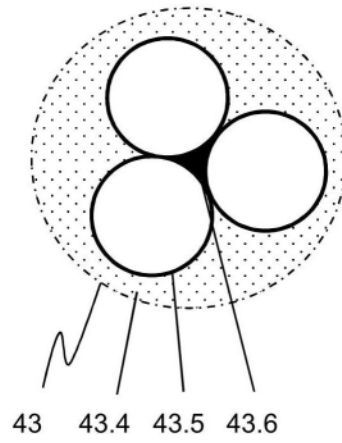


图7a

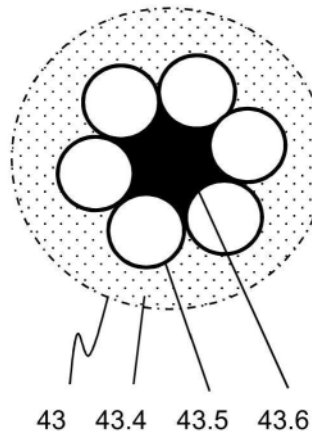


图7b

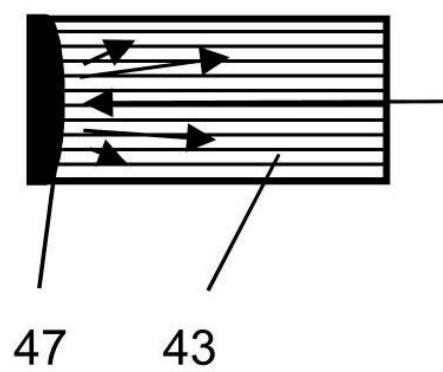


图8a

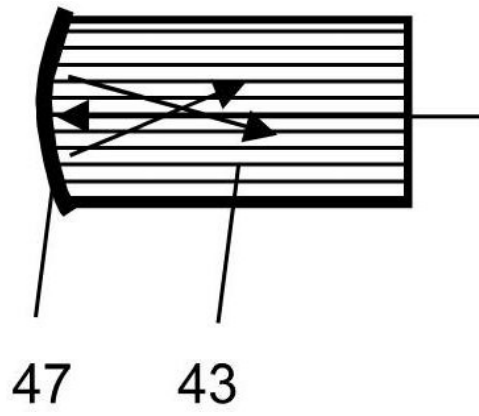


图8b

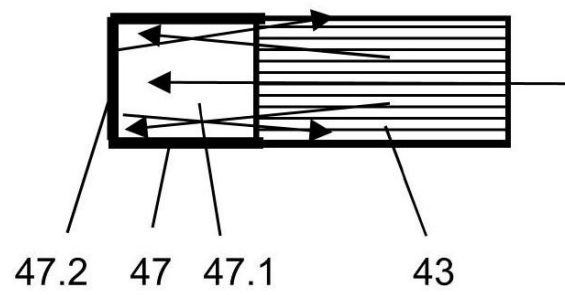


图8c

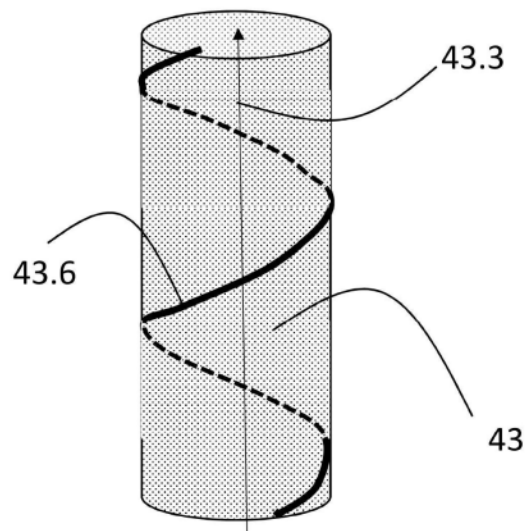


图9