



(43) 申请公布日 2022.12.16

A61N 5/06 (2006.01)

1. 一种照明系统(1), 尤其用于医学治疗系统和/或诊断系统的照明系统, 所述照明系统具有至少一个光源(10)、能够在近侧端部连接到所述光源(10)或能够配置给所述光源的光导(30)、以及光学元件, 所述光学元件优选地构造为漫射器元件(40)并且布置在所述光导(30)的远侧端部, 使得来自所述光导(30)的光能够耦合到所述光学元件中, 其中所述光学元件具有侧表面, 所述侧表面至少区段地被至少一个反射层(43)覆盖, 所述反射层优选地具有镜面层(43.2), 其中所述光学元件(40)具有被所述反射层(43)覆盖的光反射区域, 并且具有优选地保持无反射层(43)的光透射区域, 使得耦合到光学元件中的光至少部分地能够在所述光反射区域处反射, 并且能够在所述光透射区域处发射, 其中所述反射层(43)的反射率(101)在至少一个波长范围内大于90%。

2. 根据前一权利要求所述的照明系统(1), 其特征在于, 光能够横向于所述光学元件的纵向轴线(L)并且侧向在所述光学元件的有效长度上发射。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1), 其特征在于, 最大反射率(101)大于95%、特别优选大于99%, 尤其当光垂直地入射到所述反射层(43)上, 并且所述反射率(101)是有针对性地根据使用的光的限定的波长(103)或者在光的主波长(103)周围的可预定的区域内可调节的。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1), 其特征在于, 在大于45°、优选大于60°、特别优选大于80°的光入射角的情况下, 所述反射层(43)的反射率(101)相对于所述反射层(43)的垂线大于光垂直入射时反射率的50%、优选70%、最优选90%。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1), 其特征在于, 所述漫射器元件(40)的至少一个未被所述反射层(43)覆盖的区域在所述漫射器元件(40)的纵向方向上延伸, 并且该未被覆盖的区域是透光的, 使得由所述漫射器元件(40)引导的光能够条状地发出。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1), 其特征在于, 所述镜面层(43.2)具有金属层或由所述金属层形成, 所述金属层优选地包括一种或多种来自贵金属的组的金属或来自Mg、Al、Cu组成的组的金属。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1), 其特征在于, 所述反射层(43)相对于镜面层(43.2)额外地具有位于镜面层(43.2)以下的下层(43.1)和/或位于镜面层(43.2)以上的上层(43.3), 其中下层(43.1)尤其由一个或多个层制成并且其中上层(43.3)尤其由一个或多个层制成, 并且

其中位于镜面层(43.2)以下的下层(43.1)优选构造为附着层或附着促进剂层, 和/或

其中位于镜面层(43.2)以下的下层(43.1)优选构造为在漫射器基体(41)上具有化学和/或物理改性的附着特性的层区域, 和/或

其中位于镜面层(43.2)以下的下层(43.1)优选构造为由单个层或一系列层制成的基层区域,

其中位于镜面层(43.2)以下的基层区域优选包括施加在光学元件上的一个或多个层和/或包括具有改变的表面特性的光学元件的表面层, 所表面特性尤其借助用于改变光学元件的至少一种表面特性的化学和/或物理工艺制造或可制造,

优选地, 所述照明系统(1)具有以下特征中的至少一个:

- 下层(43.1)、尤其附着层或附着促进剂层(43.1)或基层区域构造为电介质层, 其中, 所述电介质层优选具有由来自Si、Al、Ti、Zr、Hf、Y、Zn的组中的至少一种元素制成的氧

化物、氮化物或氧氮化物，

-上层(43.3)、尤其钝化层(43.3)构造为电介质层，其中，所述电介质层优选具有由来自Si、Al、Ti、Zr、Hf、Y、Zn的组中的至少一种元素制成的氧化物、氮化物或氧氮化物。

8.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1)，其特征在于，所述镜面层(43.2)或所述反射层(43)构造为电介质多层系统，所述电介质多层系统具有尤其一系列低折射和高折射的金属氧化物和/或亚硝酸盐。

9.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1)，其特征在于，

所述镜面层(43.2)或所述反射层(43)包括散射中心或包括具有散射中心的层，其中光能够在所述散射中心处漫射地反射，并且，

所述镜面层(43.2)或所述反射层(43)还包括优选具有金属的或具有与金属的化学连接的至少一个层，例如包括电介质层，其中光能够在所述具有金属的或具有与金属的化学连接的至少一个层处定向地反射，并且

其中所述具有金属的或具有与金属的化学连接的至少一个层优选布置在具有散射中心的层以上，尤其如此布置使得具有散射中心的层被至少区域地外部地包围。

10.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1)，其特征在于，所述层(43.1、43.2、43.3)的层厚度根据以下特性中的至少一项来限定：

-所述附着层(43.1)的厚度大于5nm、优选大于30nm，和/或小于3000nm、优选小于300nm、优选小于150nm，

-所述镜面层(43.2)的厚度大于10nm、优选大于20nm、优选大于50nm和/或小于5000nm、优选小于200nm、优选小于100nm，

-所述钝化层(43.3)的厚度大于5nm、优选大于100nm、优选大于150nm和/或小于5000nm、优选小于500nm、优选小于250nm。

11.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1)，其特征在于，所述反射层(43)布置在所述漫射器元件(40)的远侧端部(44)处和/或所述漫射器元件(40)至少部分地被包裹。

12.根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1)，其特征在于，所述漫射器元件(40)具有包含在所述漫射器元件(40)的基质中的散射元件，并且/或者所述漫射器元件(40)的基质被具有散射元件的材料包裹，

优选地，所述漫射器元件(40)包含硼硅酸盐玻璃、磷酸盐冠玻璃、硅酸铅玻璃、硅酸锡玻璃或碱锌玻璃并且/或者散射元件包含白玻璃棒，该白玻璃棒尤其借助优选由硼硅酸盐玻璃构成的护套管封闭。

13.根据前述权利要求中至少一项所述的照明系统(1)，其特征在于，所述漫射器元件(40)至少部分地或区段地在其体积和/或在其表面上结构化，或者漫射器元件(40)具有有色或无色、尤其透明的外罩，其优选由有色玻璃或有色塑料制成。

14.根据前述权利要求中至少一项所述的照明系统(1)，其特征在于，

所述镜面层(43.2)或所述反射层(43)对于两个不同波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 具有波长差优选 $\Delta\lambda = |\lambda_1 - \lambda_2| < 200\text{nm}$ ，特别优选 $< 100\text{nm}$ ，具有偏离的反射率和透射率优选至少10%、特别优选至少30%，并且

其中照明系统的光源(10)优选定向为使得不同的波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 的输出是可调节的，以构

造在其发射特性方面可切换的照明系统(1)。

15. 一种用于制造用于医学技术治疗系统和/或诊断系统的照明系统(1)、尤其应用于活体组织的照明系统的方法,所述照明系统具有至少一个光源(10)、能够在近侧端部连接到所述光源(10)或能够配置给所述光源的光导(30)、以及光学元件,所述光学元件优选地设计为漫射器元件(40)并且布置在所述光导(30)的远侧端部,所述光能够从所述光导(30)耦合到所述光学元件中,所述方法包括以下步骤:

- 为所述漫射器元件(40)提供侧表面,

- 利用光反射反射层(43)至少区段地覆盖所述侧表面,所述光反射反射层(43)优选地具有镜面层(43.2),使得所述光学元件(40)具有被所述反射层(43)覆盖的光反射区域,并且具有保持无所述反射层(43)的光透射区域,使得从所述光学元件发射的光可以至少部分地反射,并且光可以针对性地在光透射区域发射,其中所述反射层(43)的反射率在至少一个波长范围内大于90%。

16. 根据前一权利要求所述的方法,其特征在于,通过创建具有至少一种改变的表面特性的基层区域来预处理所述侧表面,尤其通过化学或物理工艺来改变所述侧表面的表面特性。

17. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,将反射层(43)施加到侧表面上,尤其通过气相沉积、阴极溅射、高频溅射、反应溅射和/或磁控溅射。

18. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,将附着层(43.1)或附着促进剂层施加到侧表面和/或将钝化层(43.3)施加到反射层(43)上,优选通过气相沉积、阴极溅射、高频溅射、反应溅射和/或磁控溅射。

19. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,

- 通过在第一连接步骤中将第一光导与光学元件连接并随后在第二连接步骤中将第二、尤其较长的光导的部分块与第一光导的部分块连接,将光学元件与光导(30)的远侧端部连接,

- 其中优选地,在第一连接步骤和第二连接步骤之间进行用光反射的反射层至少区段地覆盖侧表面。

20. 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组件的用途,尤其用于肿瘤治疗的光动力治疗(PDT)或光免疫治疗(PIT)、用于静脉内激光治疗(EVLT)以用于治疗静脉曲张、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。

21. 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)设备的组件的用途,其中至少一个具有漫射器元件(40)的光导(30)从其他漫射器元件(40)接收光,并通过所述光导(30)将其转发到检测器以用于光谱分析和/或剂量测量。

22. 根据前述权利要求中任一项所述的照明系统(1)作为用于工业应用的设备的组件的用途,该设备用于有针对性地照明中空空间或照射体外诊断范围内的样品。

## 具有带漫射器元件的光导的照明系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种照明系统,该照明系统具有至少一个光源、光导和光学元件,该光学元件优选地设计为漫射器元件并且布置在光导的远侧端部,使得来自光导的光可以耦合到光学元件中。

### 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:

- 用于肿瘤治疗的光动力疗法 (PDT) 或光免疫疗法 (PIT),
- 用于治疗静脉曲张的静脉内激光治疗 (EVLT),
- 激光诱导间质热疗 (LITT), 以及
- 其他应用, 包括牙科、眼科和皮肤科领域, 或用于治疗癫痫。

[0003] 光动力疗法 (PDT) 是一种针对各种癌症的微创治疗选择。PDT 理解为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 (通常上至 8 个) 插入到肿瘤组织中, 光源必须尽可能在空间上在肿瘤组织上分布地设置到插管中。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。与患病细胞相比, 健康细胞应该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。另一方面, 在光免疫疗法 (PIT) 中, 使用相应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。

[0004] 对于光源, 通常会在柱形漫射器和点漫射器之间进行区分, 它们会产生一个前向指向的照明锥体, 而聚光灯则具有径向光发射。在柱形漫射器的情况下, 在运行状态下特别重要的是在其长度上尽可能均匀的侧向发射。不仅轴向的、即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的发射强度在均匀性要求的范围内都是相同的, 而且径向的、即沿着纵向轴线的每条周向线的所有点的发射强度在均匀性要求范围内大致相同, 因此柱形漫射器几乎用作朗伯发射器。

[0005] 同时, 如果可以实现高散射效率以确保尽可能低的热输入到组织中, 则也是有利的。在这种情况下, 应避免前向指向的发射, 尤其来自远侧端部的发射。PDT 应用中的典型激光功率小于 5W 持续功率, 使得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。

[0006] 现有的示例是由薄硅柱体制成的漫射器元件, 散射粒子嵌入到其中。文献 DE 10129029A1 描述了一种用于通过激光发射对生物组织进行热硬化的灵活设备, 该设备具有引导激光发射的光导, 其远侧端部被对激光发射透明或不透明的护套软管包围, 该软管伸出光纤端部。然而, 这些只能以非常复杂和成本密集的方式产生利用足够的发射均匀性制

造,因为散射粒子的聚集体通常会产生强度远高于平均水平的发射点。

[0007] 在一些应用中,带有漫射器元件的光导仅使用一次并且在每次治疗后被丢弃。因此,在制造成本方面也存在一定的成本压力。因此,也考虑越来越多的可重复使用的解决方案。然后,这种解决方案必须能够根据相关的已知的标准进行处理,例如消毒和/或灭菌。此处作为处理方法应提及使用强碱性溶液的清洁和灭菌方法以及通过在上至135℃的温度和约3bar的典型蒸汽压力下进行的高压灭菌器的消毒方法。通常,这涉及从几十到几百个这样的处理周期。这对耐热性、耐化学性和耐水解性提出了很高的要求。

[0008] 在EVLIT的情况下,主治医生通过一个微小的穿刺部位将导管插入相关的静脉中,该导管用作静脉激光的引导路径。激光能量通过漫射器的侧向照随后强烈加热血管内壁,由此静脉塌陷和关闭。因此防止了静脉血的病理性回流。作为结果,静脉变硬、收缩并且可以被身体去除。通常,使用所谓的环形或双环形点火系统作为光源。在此,为了进行均匀的治疗,发射元件通常被手动拉过静脉区段以尽可能恒定的速度进行治疗,这使得应用更加困难,因为不注意或在某一点停留时间过长会导致进一步的细胞损伤。

[0009] LITT是一种用于局部肿瘤破坏的微创方法。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。尤其,在此使用Nd:YAG激光器(1064nm)和漫射器末端应用器。激光功率约为5W至8W(另见“用于恶性肿瘤的激光诱导间质热疗(LITT)” (“Laserinduzierte Interstitielle Thermotherapie (LITT)”), BÄK 和KBV 01/2002)。

[0010] 进一步的尤其体积散射的漫射器例如在EP 3184885A1中被描述。其描述了在由石英玻璃制成的光纤端部的漫射器,其中漫射是通过将散射物施加在光纤的远侧端部纤维端并将其固化以形成漫射来生产的。这种手段的缺点是,这些体积散射手段导致强度的强烈呈指数级的下降。此外,考虑到它们在医学技术应用中的可制备性,多孔材料也不是优选的。

[0011] 在文献US 6,810,184 B2中描述了一种方式,其中使用纳米多孔二氧化硅涂装的光纤来制造具有可以熔合到其他纤维的整体形成的扩散尖端的纤维纤。EP 2062077 A4、US 2009/0204111 A1和DE 102015119875 A1描述了漫射器,其中借助激光在光纤中或光纤上引入或施加结构以产生它们。

[0012] WO 2008/024397 A2尤其提出了一种漫射器,其用于将高功率密度的光能输出到至少一根光纤远侧端部处的治疗部位。在此规定,散射中心布置在光纤芯的预定长度中,或者在预定长度中的纤维芯和包套之间的临界面中或附近。

[0013] 然而,在上述方法中可以预料到缺点,即在散射中心设计地足够均匀的情况下,由于侧向发射的指数下降或侧向发射的不规则分布无法达到医疗环境中所需的均匀性。

[0014] US 2009/0204111 A1描述了一种激光传输系统,该系统具有光纤,该光纤具有纤芯和覆盖纤芯的至少一部分的包层,其中该包层的折射率低于纤芯;以及非特征区段和具有特征的特征区段,这些特征迫使光从特征区段径向发出并产生所需的径向光输出图案。在此规定,特征将选自螺旋结构、径向切口、轴向切口及其组合形成的组。

[0015] DE 102015119875 A1描述了一种光波导,其包括光波导芯、光波导中的区域,其中微改型部布置在光波导区域中并且微改型部的布置是有序的。

[0016] WO 2019/063799 A1描述了一种照明系统,尤其是用于医学技术治疗系统和/或诊

断系统的照明系统,其包括至少一个激光光源、可以在近侧端部连接到至少一个激光光源和/或配置给至少一个激光光源的光导,并且其在光导的远侧端部具有漫射器元件,该漫射器元件具有垂直于光导的耦合表面延伸到漫射器元件中或在漫射器元件中延伸的纵向轴线。在这种情况下,漫射器元件在其有效长度上侧向于纵向轴线发射光,其中漫射器元件具有至少一个漫射基体并且漫射器基体包含至少一个散射元件。在此,照明系统具有用于使沿着漫射器基体的纵向轴线的发射强度均匀化的装置,其中,照明系统在运行状态下具有最高 $\pm 50\%$ 、优选最高 $\pm 30\%$ 的侧向发射强度分布和最优选最高 $\pm 5\%$ 偏离平均侧向发射强度。因此,尤其可以实现在整个长度上非常均匀地发射的柱形漫射器,其还具有高效率 and 低自热,这对于PIT和PDT应用特别有利。

[0017] 如前所述,在医学技术领域的许多应用中,通常与待照射组织直接相邻的健康组织也可能受到照射并因此受到损伤。因此,正在努力保护该组织在未来免受不希望的照射。

## 发明内容

[0018] 因此,本发明的目的是,能够改进对不健康组织的照射,其满足医学技术环境中的特殊要求,特别是保护健康组织,从而避免对人的不希望的身体损伤。

[0019] 该目的通过独立权利要求的主题得以实现。在相应的从属权利要求中描述了有利的改进方案。

[0020] 因此,本发明涉及一种用于医学技术治疗系统和/或诊断系统的照明系统,尤其应用于活体组织,该照明系统具有至少一个光源、在近侧端部可以连接到光源或可以配置给光源的光导、以及光学元件,该光学元件优选地设计为漫射器元件并且布置在光导的远侧端部,使得来自光导的光可以耦合到光学元件中。在本发明的意义中,漫射器元件被理解为光散射体,尤其是引导光并且优选地可以在不同方向上发射发射光的物体。在这种情况下,光可以以漫射或定向方式发射,尤其在横向、对角、垂直或平行于光耦合到光学元件中的方向延伸的方向上。

[0021] 光学元件一方面具有光反射区域,另一方面具有光透射区域,其中光反射区域具有至少局部的反射率并且光透射区域具有至少局部的透射率,尤其高光谱透射率,优选高达约 $2.5\mu\text{m}$ 的波长。耦合到光学元件内的光可以在光反射区域处至少部分地反射。反射可以在此是漫反射的或也可以是定向发射的。光,尤其是前述反射光可以在光透射区域处至少部分地从光学元件输出。尤其,光反射区域具有比光透射区域更高的反射率。光反射区域的反射率特别优选比光透射区域的反射率高至少30、特别是至少50、特别是至少70个百分点。为此目的,光学元件优选地至少区段地覆盖有至少一个反射层,尤其在光反射区域的区域中覆盖有反射层,以赋予光反射区域至少局部的反射率。光学元件优选地至少区段地保持无反射层,尤其在光透射区域的区域中没有反射层,以赋予光透射区域至少局部的透射率。反射层可以覆盖光学元件的表面和/或侧表面。此外,可以规定,反射层包括镜面层或被构造为镜面层。

[0022] 光学元件因此可以具有至少区段地被优选具有镜面层的光反射反射层覆盖的侧表面,其中光学元件具有被反射层覆盖的光反射区域和优选保持无反射层的光透射区域,使得由光学元件发射的光可以至少部分地被反射,并且光可以在光透射区域发射。尤其,光由此可以针对性地在光透射区域处发射。术语“侧表面”尤其是指光学元件的表面。

[0023] 对于至少一个波长范围,反射层的反射率特别优选大于90%。反射层也可以设计为镜面层。

[0024] 反射层的波长范围优选可以设计为约400nm和约700nm之间的可见光谱范围(VIS),例如尤其400nm和450nm之间或600nm和700nm之间,并且还包括约700nm和约2.5 $\mu$ m之间的红外范围(IR),尤其约700nm和约1200nm之间的近红外范围(NIR),例如980nm或1064nm。也可以设想在约350nm和约400nm之间的近紫外范围内的波长。

[0025] 然而,光透射区域或光反射区域也可以设计为,使得可预定的波长范围或可预定的主波长被透射或反射。该可预定范围优选不超过20nm,优选不超过10nm,优选不超过5nm。这种可预定的范围例如可以包括特定颜色的波长,尤其绿色或红色。

[0026] 通过光学元件一方面具有至少部分的光反射区域,并且另一方面具有至少部分的光透射区域,其中光反射区域具有比光透射区域更高的反射率,可以以有利的方式实现,减少或消除光反射区域的光逸出,同时增加或限制光透射区域的光逸出。由此可以以有利的方式实现更有针对性的光发射,尤其为了照射患病组织并且同时保护邻近的健康组织。

[0027] 尤其,通过反射层仅区段地施加到漫射器元件上,光有针对性地在未被覆盖的区域处发射,由此在医疗治疗期间有针对性地例如仅照射患病组织或待照射的组织,例如通过施加能量有针对性硬化组织,例如在LITT应用的范围内。以这种方式保护相邻的健康组织免受照射,并且理想情况下不会受到损害。

[0028] 在一个实施方式中,光可以横向于该光学元件的纵向轴线发射,并且侧向地在所述光学元件的有效长度上发射或输出。如果光学元件被构造为光波导,则其可以以有利的方式将光引导到预定方向,例如沿着纵向轴线。在本公开的上下文中,侧向发射被理解为具有从漫射器元件的纵向轴线出发在径向方向上延伸的方向分量的发射。这种发射的强度被理解为侧向发射强度。

[0029] 在此可以通过反射层的相应几何结构适配来适配发射的几何结构,使得可以将例如条状或透镜状图案投射到待治疗的组织表面上。因此有利的是,漫射器元件的至少一个未被反射层覆盖的区域,例如反射层的间隙在漫射器元件的纵向方向上延伸并且这个未被覆盖的区域是透光的,使得由漫射器元件引导的光可以条状地、尤其线状地发出。光透射区域可以在此线性或非线性地延伸。线性发射区域可以进行分段发射,使得待照射的组织不能以点状方式被照射,而是在更大的区域中被照射,同时该区域可以保持在限定的范围内,以便保护周围组织。

[0030] 更复杂的发射几何结构也可以通过反射层的适当几何结构适配来实现,必要情况下也与光学元件的几何结构结合。因此,例如渐变区域也是可能的,其中反射层在这种情况下在限定的区域中可以比在强反射区域中更弱,尤其在具有较低反射能力的情况下。然而,也可以设想这样的几何结构,其中,例如透光的、尤其是条形的区域在一个方向上,例如在纵向方向上变宽或变窄。在这种情况下,长度的例如条形、透镜形或椭圆形的区域可以沿着光学元件的纵向轴线、横向于光学元件的纵向轴线延伸和/或相对于光学元件的纵向轴对角地延伸。

[0031] 理想地,漫射器元件构造成细长的或杆状的,使得它例如可以被推入到导管中。漫射器元件还可以具有基本上圆形、椭圆形或多边形,例如六边形、矩形或正方形的横截面,并且还可以实现为星形形状。在这些情况下,光优选地通过刻面或径向表面侧向发射。仅区



段地或刻面方式施加到漫射器元件上的反射层因此可以仅在特定方向或在限定的区段中侧向发射光。特别有利的是,至少一个或多个刻面具有透镜形状,优选菲涅耳透镜的形状,使得可以将光聚集,并且尤其可以进行更强烈的照射或更高能量的照射。

[0032] 漫射器元件和/或光学元件具有所描述的优选细长的、杆状的或柱状的形状,使得漫射器元件和/或光学元件限定纵向轴线。因此,侧表面优选是围绕纵向轴线延伸的侧表面。尤其,侧表面的法向量因此与纵向轴线垂直。

[0033] 可以规定,如所描述的被反射层覆盖的光学元件和/或漫射器元件的光反射区至少在特定的角度范围内(例如在至少 $90^\circ$ 或 $180^\circ$ 或 $270^\circ$ )与纵向轴线切向延伸,并且如所描述的保持不受反射层影响的光透射区同样至少在特定的角度范围内(例如在至少 $1^\circ$ 或 $10^\circ$ 或 $20^\circ$ )与纵向轴线切向延伸。光透射区因此可以例如构造成侧表面的饼状部分,但当然也可以具有更复杂的几何形状,如已经描述的。

[0034] 反射层尤其同心地施加到侧表面的至少一部分上或至少一个刻面上。在此反射层优选设计成,使得来自漫射器元件的光可以被反射回漫射器元件的基质中和/或来自外部的光又被反射回外部。这也意味着反射层只能在一侧反射,从而可以将来自外部的光引入到漫射器元件中,即反射层对于来自外部的光是可透射的。反射层和/或镜面层因此可以构造为二向色镜,例如设计为短通、长通、窄带或宽带镜。

[0035] 优选地,最大反射率大于95%,特别优选大于99%,尤其当光垂直地入射到反射层上,并且反射率是有针对性地根据使用的光的限定的波长或者在光的主波长周围的可预定的区域内可调节的。

[0036] 在一个有利的实施方式中,反射层的反射率在光入射角相对于反射层的垂线大于 $45^\circ$ 、优选大于 $60^\circ$ 、特别优选大于 $80^\circ$ 的情况下比光垂直入射时的反射率大50%、优选70%、最优选90%,尤其在光垂直入射的情况下反射率的最大值附近的范围内。换言之,反射率在一个范围内、尤其在光垂直入射的最大反射率附近的角度范围内,优选地大于先前指定的角度范围50%、优选地大于70%、优选地大于90%。

[0037] 预定波长范围内的光优选地通过漫射器元件传导。然而,不同的波长具有不同的反射率。因此,有利地使用对于不同波长和/或对于大角度范围具有特别高反射率的反射层,使得所使用的光产生多个最大值或依赖于波长的宽反射最大平台,并且相应的波长也在斜的光入射的情况下具有高反射率,尤其大于90%。

[0038] 因此可以根据所使用的波长和角度调节反射率。通过这种方式可以反射特别大量的光。这是特别重要的,因为要避免光的吸收。由于照明系统可以以上至30瓦的功率运行,通常在10瓦和20瓦之间,吸收会导致漫射器元件和/或反射层的强烈加热。这种高吸收可能导致照明系统损坏,例如过热,或者在更坏的情况下甚至导致人身伤害。因此,照明系统应在运行期间通过高反射保持低温,使其自身不会损坏。换言之,应该避免光学元件或漫射器元件的自热,优选通过反射大量的光。

[0039] 还可以想到,镜面层、尤其反射层具有金属层或由金属层形成,该金属层优选地包括一种或多种来自贵金属的组的金属或来自由Mg、Al、Cu组成的组的金属。这些材料的合金也是可以想象的。由于在大波长范围内的高反射率,优选使用贵金属如Au、Pt、Pd或Ag。它们在制造反射层方面的可加工性也比较简单。由于Au的低氧化能力,它是惰性的,例如对体液是惰性的,并且与内源性蛋白质的相互作用也低,因此Au的生物相容性特别好,因此是优选

的。总体而言,反射层应满足医学要求,尤其生物相容性和细胞毒性的标准化要求。

[0040] 如所描述的,漫射器元件或光学元件的侧表面至少区段地被反射层覆盖,该反射层包括优选镜面层。在另一个实施方式中,反射层构造为多层的和/或作为层系统。在这种情况下,例如反射层的镜面层由多个层制成。而多层的反射层还包括一个或多个另外的层,该另外的层相对于镜面层是额外存在的,尤其布置在镜面层以下和/或以上。反射层的在附近的其他位置限定的优选反射率在多层的或作为层系统构造的反射层的情况下涉及整个反射层,即包括由多个层制成的镜面层以及由一个或多个层制成的另外的层。

[0041] 替代地或额外地,当然也可以在反射层以下和/或以上再次提供不属于反射层的另外的层。

[0042] 可以提供,反射层由至少一个镜面层作为层系统形成和/或具有以下特征中的至少一种:

- 反射层以下提供有由单个层或一系列层组成的基层区域,
- 在漫射器基体和镜面层之间提供有至少一层附着层或附着促进剂层,
- 在漫射器基体和所述镜面层之间提供有层区域,其在漫射器基体上的具有化学和/或物理改性粘合特性,

反射层在向外指向的区域中具有至少一个钝化层,该钝化层至少部分地覆盖反射层。

[0043] 换言之,照明系统的侧面反射器可以构造为具有作为层系统的至少一个反射层,和/或在也称为漫射器元件的漫射器基体和反射层之间可以提供有至少一个附着层或附着促进剂层和/或设置有在漫射器基体上具有化学和/或物理改性的附着特性的层区域。

[0044] 如所描述的,在一个实施方式中,反射层构造为多层的或作为层系统,其中尤其可以提供反射层还相对于镜面层额外地包括至少一个另外的层。

[0045] 因此,反射层还可以相对于镜面层额外地具有位于镜面层以下的下层和/或位于镜面层以上的上层,其中下层尤其由一个或多个层制成并且其中上层尤其由一个或多个层制成。

[0046] 位于镜面层以下的下层优选构造为附着层或附着促进剂层。

[0047] 位于镜面层以下的下层优选构造为在漫射器基体上具有化学和/或物理改性的附着特性的层区域。

[0048] 位于镜面层以下的下层优选构造为由单个层或一系列层制成的基层区域。

[0049] 基层区域、例如位于镜面层以下的基层区域,其尤其是反射层的部分,和/或在反射层以下提供的基层区域因此可以包括施加在光学元件上的一个或多个层。替代地或额外地可以提供,基层区域包括光学元件的表面层,其具有改变的表面特性,特别是具有增加的表面能和/或增加的氧自由基数量,尤其借助用于改变光学元件的至少一种表面特性的化学和/或物理工艺制造或可制造。该基层区域、例如位于镜面层以下的基层区域,其尤其是反射层的部分,和/或在反射层以下提供的基层区域尤其可以形成附着层或附着促进剂层。

[0050] 因此,反射层或镜面层可以直接布置在漫射器元件上,即尤其没有附着层。在此,钝化层可以但不是必须布置在反射层和/或镜面层上。因此也可以提供,漫射器元件或反射层既可以构造有也可以构造成没有附着层和/或钝化层。附着层或具有改变的附着特性的层区域确保反射层在光学元件或漫射器元件或漫射器基体上的改善的附着力。这尤其对于

反射层的耐腐蚀性而言是有利的,例如,如果照明系统被多次使用并且反射层旨在经受其中使用苛性酸和/或碱的复杂的清洁和消毒过程。改进的粘附性在耐磨性方面也是有利的,因为例如在照明系统在导管内运动期间会产生摩擦,并且反射层可靠地附着在漫射器基体上。然而,也可以设想,附着层构造成,其对反射做出积极贡献。换言之,所规定的是附着层的材料、表面和/或晶体取向相对于光学元件或漫射器元件的特性选择为,使得至少光或预定的波长的部分被反射。

[0051] 因此,值得一提的是,反射层的优选反射率涉及整个反射层,该反射层还相对于镜面层额外地包括一个或多个另外的层,即包括例如基层区域和/或钝化层。尤其,在镜面层以下施加在光学元件上的层和/或在镜面层以上施加的层位反射层的反射率做出贡献。这也尤其适用于光学元件的位于镜面层以下的表面层,该表面层可以例如借助于化学和/或物理工艺制造。因为通过这些工艺在光学元件的表面层以内引起了在光学元件的材料中的变化,该表面层也因此形成反射层的部分。

[0052] 还可以提供,层系统在外部区域中额外地具有至少一个钝化层,该钝化层完全覆盖反射层。钝化层提供额外的保护,例如防止酸或其他潜在的腐蚀性介质,如气体或液体。此外,钝化层可以改善反射层对生物体的物质或照明系统所应使用的材料的生物相容性,使得也可以保护待治疗的患者。

[0053] 还设定,照明系统具有以下特征中的至少一个:

- 下层(43.1)、尤其附着层或附着促进剂层或基层区域被构造为电介质层,其中,所述电介质层优选具有由来自Si、Al、Ti、Zr、Hf、Y、Zn的组中的至少一种元素制成的氧化物、氮化物或氧氮化物,

- 上层(43.3)、尤其钝化层(43.3)被构造为电介质层,其中,所述电介质层优选具有由来自Si、Al、Ti、Zr、Hf、Y、Zn的组中的至少一种元素制成的氧化物、氮化物或氧氮化物。

[0054] 这种材料特别适合作为增粘剂,尤其由纯金属制成的层,例如在玻璃上。此外,金属氧化物和金属亚硝酸盐对化学和/或机械负荷(例如磨损)具有很强的耐腐蚀性。尤其Ti和Zr的氧化物具有与体液的小的相互作用,这导致生物相容性高。这种物质因此也特别适合作为钝化层。

[0055] 在一个有利的实施方式中,镜面层或反射层被构造为电介质多层系统,该电介质多层系统具有一系列低折射和高折射的金属氧化物和/或亚硝酸盐。这种层系统特别是在反射特性方面可以在很大程度上进行调节或匹配,使得设计或层系统、优选具有反射层的照明系统,可以调节到特殊应用,并且尤其可以精确调节待反射的波长范围。

[0056] 在一个进一步的实施方式中卡可以提供,镜面层或反射层构造为具有散射中心的层并且还可以实施为与由金属和/或电介质层相结合,其中该必要时额外的由金属和/或电介质层制成的反射层至少区域地外部地包围具有散射中心的层。尤其,散射元素以特定的浓度或以特定的层厚度在一个优选方向上产生反射效果。原则上,反射效果随着散射中心的浓度的增加且随着具有散射中心的层的厚度的增加而增加。对此的例子是具有白色颜料的层或入射光线被散射的干扰位置。必要时额外的金书和或电介质反射层可以完全避免向外的光透。

[0057] 反射层被设计成由三个、四个或更多个层组成的层系统也是有利的。通过这种方式,各个层可以更好地相互调协,并且尤其可以非常精确地调节待反射的波长。通过这种方式,

式,也可以有利地调节反射率的强度,使得可以打到所使用的光的特别高的反射率。为了提高反射率,也可以提供,将镜面层嵌入到多层系统、尤其电介质层系统中。

[0058] 还可以想象,层的层厚根据以下特征中的至少一个来限定:

- 附着层的厚度大于5nm、优选大于30nm,和/或小于3000nm、优选小于300nm、优选小于150nm,

- 镜面层的厚度大于10nm、优选大于20nm、优选大于50nm和/或小于5000nm、优选小于200nm、优选小于100nm,

- 所述钝化层的厚度大于5nm、优选大于100nm、优选大于150nm和/或小于5000nm、优选小于500nm、优选小于250nm。

[0059] 附着层由小的层厚(Schichtstärke)形成为,使得它对反射层的反射率的影响尽可能小,尤其最小。因此,镜面层的厚度通过指定值构造为,使得光的透射率降至最低,并且同时整体上必须使用尽可能少的材料。镜面层和/或反射层的层厚度例如调节为,使得大于0.35 $\mu\text{m}$ 、优选大于0.4 $\mu\text{m}$ 、优选大于0.8 $\mu\text{m}$ 和/或小于2.5 $\mu\text{m}$ 、优选小于1.6 $\mu\text{m}$ 、优选小于1.2 $\mu\text{m}$ 的波长是可反射的。镜面层和/或反射层的层厚也特别与应用波长相调协。因此,可以根据应用波长调节反射率。

[0060] 如果应用波长例如为2 $\mu\text{m}$ ,则反射率被优化到例如1.9 $\mu\text{m}$ 和2.1 $\mu\text{m}$ 之间或更窄的波长范围,例如在690nm、例如在670nm和710nm之间。换言之,镜面层和/或反射层的反射率被调节到偏离所使用的波长最多100nm、优选50nm、优选20nm的波长。钝化层的厚度选择为,使得确保耐腐蚀性。

[0061] 有意义的是,反射层的耐磨性或附着力,如上文其在各种实施例变型中所描述的,应该至少能够抵抗常规或标准化的磨损测试和附着力测试。通过此类测试可以很好地验证机械或物理耐腐蚀性。此外,可以确保,照明系统允许在规定的环境中使用,因为在医疗领域中适应严格的规定。

[0062] 例如,可以通过所谓的胶带测试来检查良好的附着力或对机械影响的物理抵抗力。在此,将胶条施加到涂有涂层的光学元件或反射层上,并以限定的角度取下。如果取下后胶条上没有涂层并且涂层没有分层,则测试通过。尤其要注意的,必要情况下存在的钝化层也能抵抗所提到的机械应力。

[0063] 机械耐磨性测试是所谓的橡皮擦测试或橡胶测试。在此,橡皮擦以作用在待测层上的特定的力来回运动多次。如果在此测试循环后在待测试层上可以确定没有损坏,则认为该层是耐磨的。

[0064] 反射层的钝化层也可以构造为屏障层。因此,可以提供,钝化层抑制或阻止聚合物组分、例如酸和/或氧、尤其酸性或碱性溶液的离子扩散到反射层中尤其到镜面层上或镜面层中。因此,钝化层可以延迟或防止例如酸、氧气或空气的其他成分渗透到反射层中。

[0065] 尤其在处理医疗产品时,可以使用碱性清洁剂或消毒剂(例如,PH值约为11的NEODISHER)。此外,已知借助环氧乙烷气体的灭菌方法,其尤其用于一次性物品(一次性用品)的情况。在此耐化学性也确保抵抗该气体。关于高压灭菌过程(通常在135 $^{\circ}\text{C}$ /3bar),还必须具有良好的耐水解性。

[0066] 此外,可以使用具有次氯酸钠( $\text{NaClO}$ )、漂白剂或消毒剂的冲洗溶液,其中,钝化层尤其应该至少对这些物质具有化学抗性。这尤其适用于医疗牙科领域的应用。

[0067] 优选钝化层或反射层也具有硬度,其根据通常的或标准化的用于确定层硬度的试验方法为例如至少800HV(维克斯硬度)、优选至少1200HV、特别优选至少2000HV。因此,钝化层也可以构造为用于镜面层或反射层,尤其用于金属镜面层的机械保护层。尤其,由于其增加的硬度保护由例如碳化物或氮化物制成的硬质材料,例如AlN:HV至约2000, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>:HV至约2500。

[0068] 进一步提供,反射层布置在漫射器元件的远侧端部和/或至少部分地包裹漫射器元件。不言而喻,施加在漫射器元件远侧端部处的反射层也可以具有附着层和/或钝化层。反射层也可以理解为反射器表面,其中反射器表面构造为在漫射器基体的远侧端部上溅射或气相沉积的电介质反射层,该反射层由多个层制成并且在反射率方面调协于所用光的波长,其中优选在该波长存在最大反射率。理想地,反射器表面以定向反射表面的形式例如具有带金属涂层的金属镜面,尤其包括Al、Ag、Au,或漫反射表面,例如包括白色层,其将通过漫射器基体的光反射回到漫射器基体。以此,可以至少部分地补偿或校正沿着漫射器的基体侧向发射的光的强度的通常的指数的下降。因此可以至少区段地改变或适配能够以恒定散射率提供的光量,从而可以使侧向发射均匀化。

[0069] 此外,在漫射器基体的远侧端部上溅射或气相沉积的电介质反射层已被证明特别有利,其可以由多个层制成,并且可以在反射率方面与使用的光的波长相调协,这意味着在调协的波长处可能具有最大值。以这种方式,一方面可以实现在运行状态下耦合的光或其波长的理想逆反射,另一方面可以避免热点。替代地,也可以提供,反射器由宽带范围内反射良好的背面被钝化的银层实施。其特别牢固,并且可以抑制可能导致局部强度过高和热点的干扰性反射。以这种方式,尤其可以实现非常宽带的反射器,其在可见光谱范围(VIS)和IR/MIR范围内、例如在1μm和2.5μm波长之间都具有非常好的反射特性。背侧钝化可防止银层氧化。

[0070] 如果反射器表面是凹或凸的,则可以实现反射光束至少部分地以几乎平行于纵向轴线延伸和/或与纵向轴线成更陡的角度的方式逆反射,并因此在散射元件处被更频繁地散射,使得侧向发射到漫射器元件远侧端部的输出效率增加,这导致发射强度的更均匀的过程。

[0071] 在一个有利的实施方式中,漫射器元件具有包括在漫射器元件的基质中的散射元件,并且/或者漫射器元件的基质被具有散射元件的材料包裹。散射元件确保耦合到漫射器元件中的光被散射或偏转,使得其可以侧向从漫射器元件逸出。至少一个散射元件沿着漫射器基体的整个纵向轴线以均匀的横截面基本上平行于纵向轴线地或者在逐渐变细的漫射器基体的情况下与纵向轴线成一定角度地布置。散射元件也可以有利地以管状方式并且尤其与纵向轴线同轴地布置。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定几何结构布置,优选围绕其布置成规则结构,特别优选布置成圆形。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处相遇。

[0072] 在优选的实施例变型中提供,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均匀分布地布置,其中围绕纵向轴线的芯区不具有散射元件或与芯区外每单位面积的散射元件的数量相比具有显著减少的每单位面积的散射元件的数量,因此散射元素在该芯区之外主要布置在基质中。因此可以实现通常以低NA(<0.3,通常约为0.2)耦合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,足够的光传可以导

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点(漫射器基体的近侧端部)附近的强度,另一方面可以增加漫射器基体的远侧端部附近的强度。

[0073] 还可以设想,漫射器元件至少部分地或区段地在其体积和/或在其表面上结构化,或者漫射器元件具有有色或无色、尤其透明的外罩,优选由有色玻璃或有色塑料制成。漫射器元件的表面上的结构允许反射层的改善的附着力和/或改善的散射特性。具有氮化硼的涂层是涂层或外罩的示例,其额外地辅助朗伯发射特性,并且在此尤其减少了在光耦合方向上指向前的发射。这种类型的其他涂层例如可以由氧化钛、碳酸钙或氧化锆组成。例如,额外的外罩可以设计为白色玻璃管,在其玻璃基质中包含散射元件。然而,也可以想到无色或有色外罩。

[0074] 因此,一个实施方式提供,具有反射层的漫射器元件至少部分地或区段地被透明或半透明、无色或有色的护套包围。在此,护套的直径通常对应于漫射器元件直径的1.1至1.5倍。护套优选地由刚性管区段(由玻璃或金属制成)和/或由柔性软管形成,其中管区段和/或软管优选地可以包含另外的散射中心,并且护套至少区段地设计为由一个或更多的薄壁热缩软管制成。

[0075] 漫射器元件的一个特别优选的实施例变型提出,漫射器基体在远侧提供有上述反射器表面,该反射器表面具有至少部分地或区段地包围它的透明和/或半透明、有色或无色的护套。一方面因此可以实现机械和/或化学保护。另一方面通过材料的合适选择、尤其如果它们包含散射中心,也可以进一步优化与侧向发射强度的均匀性有关的发射特性。例如,因此可以辅助朗伯光发射。

[0076] 在优选的实施例变型中,护套至少区段地设计有一个或多个薄壁热缩软管。一方面,其也可以实现额外的漫散射效应,从而辅助朗伯发射。另一方面,因此可以实现机械保护,例如如果漫射器损坏,可以防止可能的碎裂。例如,由白色PET制成的壁厚约为5至15 $\mu\text{m}$ 的薄壁热缩软管已被证明适用于护套。为了抑制反射,也可以局部地提供薄壁、黑色或彩色热缩软管。着色可以选择为,使得应用波长特别好地被吸收。这种热缩软管也被设计成生物相容的。以此方式可以避免对附近人员造成伤害或直接接触照明系统。然而,也可以将护套构造为优选具有聚酰胺(PA)、聚酰亚胺(PI)或聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)或蜡、蜡状组分或烷基硅烷的层,或者可以由这些材料中的至少一种制造。

[0077] 漫射器可以包括特别是用于改进加工的透明塑料、玻璃、石英玻璃或透明玻璃陶瓷的基质,或者由其组成,其中散射元件

- 在塑料基质的情况下包括多孔的或着色的或有色的塑料或由其组成,
- 在玻璃基质的情况下,包括孔隙、颗粒、多孔或着色或有色或包含不均匀性的玻璃或玻璃陶瓷或玻璃陶瓷元件和其中所包括的微晶,或由其组成,
- 在石英基质的情况下,包括孔隙、多孔石英玻璃或陶瓷或多晶颗粒或由其组成,
- 在透明玻璃基质的情况下,包括孔隙、颗粒、多孔或着色或有色或包含不均匀性的玻璃或玻璃陶瓷或玻璃陶瓷元件和其中所包括的微晶,或由其组成,或者
- 包括相应散射元素的组合。

[0078] 在玻璃或玻璃陶瓷基质溶液中形成散射元素的玻璃或玻璃陶瓷的不均匀性包括相分离、偏析和/或颗粒夹杂物、晶核(Keime)和/或微晶,并且散射效果可以有针对性地借助温度-时间过程调节。散射元素的浓度应该在从10ppm到1000ppm的散射范围内,并且优选

地从20ppm到100ppm。在此,以ppm为单位的浓度规格是指散射粒子相对于相应材料、尤其其中嵌入散射粒子的塑料、玻璃基质或石英基质的组分的质量分数的比例。在此,分别形成的散射元件,这意味着例如孔隙、颗粒、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,优选地具有10nm至1000nm,特别优选具有100nm至800nm的直径。

[0079] 也有利的是,漫射器元件包含硼硅酸盐玻璃、磷酸盐冠玻璃、硅酸铅玻璃、硅酸锡玻璃或碱锌玻璃并且/或者散射元件包含白玻璃棒,该白玻璃棒尤其借助优选由硼硅酸盐玻璃构成的护套管封闭。这具有的优点是,在X射线图像中,至少部分地或区段地可以看到漫射器基体的整体,并且因此可以确定漫射器在患者身体中的位置。对于0.8 $\mu$ m至约2.2 $\mu$ m的应用波长,例如对于开头提到的EVL应用,也可以使用特殊的IR透明玻璃,例如磷酸盐冕玻璃或硅酸铅玻璃。

[0080] 在基于石英玻璃的方法的情况下,如果石英玻璃具有特别少量的OH基团,尤其可以解决波长至约2.5 $\mu$ m的UV和/或IR范围内的应用。在此,另一个优势是石英的极高的抗热性和非常低的自吸收,这尤其允许在应用中高达50W的更高的激光功率。除了由多孔石英玻璃制成的散射元件之外,也可以使用由陶瓷颜料制成或用陶瓷颜料制成的散射元件,例如二氧化钛、氧化锆或氧化铝。基于石英玻璃的漫射器基体可以特别好地拼接到由石英纤维制成的光导上,其中石英纤维由芯和外套组成,也称为覆盖层(Cladding),它们的折射率略有不同。覆盖层也可以由有机材料,例如氟塑料、PMMA或聚酰亚胺组成。

[0081] 用于漫射器基体和/或散射元件的基于玻璃陶瓷的手段可以由透明的铝硅酸盐高石英混合晶体玻璃陶瓷形成。其对热冲击具有极强的抵抗力,并且具有至约2.5 $\mu$ m的高光谱透射率。合适的散射元件例如是热液沸石玻璃陶瓷,其可以由高石英混合晶体玻璃陶瓷通过合适的回火工艺制成。此外,堇青石玻璃陶瓷或硅酸镁铝玻璃陶瓷适合作为漫射器基体和/或散射元件。当漫射器基体由硼硅酸盐玻璃棒、硅酸锡玻璃棒或碱金属硅酸锌玻璃棒制成的光导棒和/或由白玻璃棒制成的散射元件构成时,获得鉴于其制造工艺特别有利的漫射器基体,该白玻璃棒优选被由硼硅酸盐玻璃、硅酸锡玻璃或碱金属硅酸锌玻璃制成的护套管包围并构成预制件。

[0082] 在本发明的改进方案中,漫射器基体和护套管都可以由相同类型的玻璃制成。护套管的折射率在此优选不大于基质玻璃的折射率,尤其优选两者的折射率相同。这促进了在漫射器中散射的光的输出。因此能够实现漫射器的制造的成本有利的工艺,其允许几乎在任何长度上获得均匀的发射强度。

[0083] 本发明还涉及一种用于制造用于医学治疗系统和/或诊断系统的照明系统的方法,尤其应用于活体组织,该照明系统具有至少一个光源、可以在近侧端部连接到光源或可以配置给光源的光导、以及光学元件,该光学元件优选地构造为漫射器元件并且布置在光导的远侧端部。来自光导的光可以耦合到光学元件中,并且该方法具有以下步骤:

- 为漫射器元件提供侧表面,

- 利用光反射反射层至少区段地覆盖所述侧表面,该光反射反射层优选地具有镜面层,使得光学元件具有被反射层覆盖的光反射区域,并且具有保持无反射层的光透射区域,使得从光学元件发射的光可以至少部分地反射,并且光可以有针对性地在光透射区域发射。对于至少一个波长范围,反射层的反射率大于90%。

[0084] 理想地,覆盖有反射层的照明系统具有至少一种、优选多种上述特性或特征,以便产生相应的优点。反射层优选地在轴向方向上延伸,尤其在光学元件的纵向轴线上。侧面也可以理解为侧面层或基层区域,其壁厚优选在1至100 $\mu\text{m}$ 的范围内。

[0085] 有利的是,通过产生具有至少一种改变的表面特性的基层区域,尤其通过改变侧表面的表面特性的化学或物理工艺,对侧面进行预处理或活化,使得侧面也可以理解为侧面层或基层区域,其壁厚优选在1至100 $\mu\text{m}$ 的范围内。因此,反射层可以直接施加在尤其未预处理的侧表面上,或者施加在侧面层或基层区域上。

[0086] 基层区域可以包括具有至少一种改变的表面特性,尤其增加的表面能和/或增加的氧自由基数量的侧表面的表面层,其确保后续涂层、例如附着层和/或反射层的良好附着性。包层的这种表面亚层可以例如通过改变侧表面的或包层的表面特性的化学或物理工艺,尤其等离子体处理(例如低压等离子体或大气等离子体)、UV处理、电弧放电(电晕)和/或通过化学处理,例如在超声波浴中借助碱性清洁剂,或这些工艺的组合制造或可制造。借助等离子体也可以去除脂肪、油或类似残留物,也可以激活氧自由基。换言之,基层区域或基层区域的最下层可以由侧表面的包围外表面的径向部分形成。基层区域也例如可以由单层组成,其中该单层借助基于光学元件的侧表面的鉴于表面特性的化学或物理工艺形成。

[0087] 基层区域也可以由一系列层组成,其中,例如基层区域的底层通过基于光学元件的侧表面的关于表面特性的化学或物理工艺形成,并且另外的层被施加在这个底层上。

[0088] 也可以想到,反射层被施加在侧表面上,尤其通过阴极溅射、高频溅射、反应溅射、磁控溅射、气相沉积,尤其离子束气相沉积和/或热气相沉积。反射层的至少一层、优选多层的生产除了上述方法之外,还可以涉及其他涂层方法,例如真空方法(例如离子束或热气相沉积、化学气相沉积(CVD、例如PECVD,尤其PICVD)。此外,来自液相的方法,例如浸涂或喷涂,作为用于施加一层或更多层反射层的另外的涂层方法是可能的。其他功能,例如减少摩擦,也可以在此进行功能化。

[0089] 在此可以应用为涂层提供的物质,尤其Si、Al、Ti、Zr、Hf、Y、Zn的氧化物、亚硝酸盐或氮氧化物,例如借助所谓的溅射靶材的溅射工艺。这些材料可能以金属靶材或部分陶瓷靶材的形式存在。靶材的纯度通常为99%或更高。然而,较低的纯度也是可能的。在此,必要时可能需要更高的层厚度。

[0090] 可以提供,优选通过阴极溅射、高频溅射、反应溅射、磁控溅射、气相沉积、尤其离子束气相沉积和/或热气相沉积将附着层或附着促进剂层施加在侧表面上和/或将钝化层施加在反射层上。在此,基层区域可以设计为附着促进剂层。因此,可以规定,基层区域和施加到其上的反射层之间存在比经处理或未处理的侧表面与施加到其上的反射层之间的附着力更大的附着力。换言之,在反射层之间,并且尤其与位于下方的基层区域的最上层之间可以存在增加的附着力,其可以构造为具有增加的表面能和/或增加的氧自由基数量的层或形成通过涂层施加在侧表面上的附着层。

[0091] 基层区域也可以由多个附着层组成,其中施加到最底部附着层以上的至少一个或每个附着层对位于下方的附着层的附着力高于对位于附着层以下的附着层下方的附着力。换言之,侧面或光学元件可以涂覆有形成基层区域的单个或多个附着层。为至少一个附着层使用Si、Al、Ti、Zr、Hf、Y或Zn组中的至少一种材料,优选作为氧化物、亚硝酸盐或氮氧化物。然而,也可以使用其他物质,例如硼化物、碳化物或碳氮化物。优选的层系统包括例如



TiO<sub>2</sub>。

[0092] 基层区域或附着层和/或钝化层可以具有非晶结构,但也可以具有晶体或多晶结构,尤其如果它们具有通过涂层施加的层。非晶涂层的典型例子是SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlSiO<sub>x</sub>或BN,晶体涂层的典型例子是锐钛矿或金红石TiO<sub>2</sub>、 $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>或结晶AlN。然而,尤其,也可以形成非晶态和晶态的混合相。

[0093] 另外的有利的层系统提供镜面层或反射层,其对于不同波长、尤其对于彼此邻近地相邻的波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 具有不同的反射行为或透射行为,其中波长差 $\Delta\lambda=|\lambda_1-\lambda_2|<200\text{nm}$ ,优选 $<100\text{nm}$ 。由此可以实现在其发射特性方面可切换的照明系统,其中经由光源可调节不同的波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 。在此,基本思想是将反射层或镜面层设计为使得在第一波长 $\lambda_1$ 时施加在外套上的侧向反射层基本上是透明的并且可透射过去。由此,达到了全向发射漫射器的发射行为。如果切换到第二波长 $\lambda_2$ ,侧向反射层进仅用作镜子并且其导致发射的在一个段上定向的侧向聚焦。对于两个不同的波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ ,镜面层或反射层尤其具有偏离的的反射率和透射率优选至少10%、特别优选至少30%。由此尤其能够以有利的方式达到,在切换波长时,在主要是全向发射和聚焦到一个段的发射之间实现发射的显著变化。侧向反射层因此尤其被设计成在波长方面窄带的。在此有利的是,远端的反射器对于 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 都具有高的反射率。这尤其对于照明系统的医学技术应用是有利的。这种紧密地彼此近邻相邻的波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 的例子是波长980nm和1064nm,其经常在医学技术应用中使用。这种行为尤其可以通过以上描述的电介质层系统来实现。这里应该指出的是, $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 当然可以彼此相邻更远( $>200\text{nm}$ ),但这可能导致在医学技术应用中组织在这种不同波长下的吸收特性非常不同。因此,波长不能是随意的和/或随意远地彼此相邻。

[0094] 由此可以伴随着另外的应用,其中尤其可切换的不同波长能够实现不同程度的辐射穿透,这尤其在手术的角度来看,在组织的穿透行为上提供了优点。

[0095] 用反射层涂覆光学元件包括首先产生由单个附着层组成的基层区域和/或激活侧表面或一系列附着层,然后施加(在基层区域上)由单层或一系列、尤其交替的高和低折射层或由高和低折射层制成的层系统组成的镜面层。侧表面的活化可以理解为去除残留物和/或产生改变的表面性质,尤其增加的表面能和/或增加的氧自由基数量。

[0096] 涂层或活化优选在低于50℃的温度下进行。这种相对较低的温度尤其具有的优点是,光学元件可以涂覆有聚合物层作为护套。还优选在真空中、尤其在没有任何真空破损的情况下进行加工。因此,例如,可以首先在真空中制造基层区域,然后可以在相同的真空中施加镜面层。此外,钝化层然后可以在相同的真空中施加。

[0097] 如上文在其各种实施例变型中所描述,照明系统的优选用途为例如用于肿瘤治疗的光动力治疗(PDT)或光免疫治疗(PIT)、用于静脉内激光治疗(EVLT)以例如用于治疗静脉曲张、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,如其在开头描述的。在牙科医学领域,应尤其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,其中借助光可以刺激大脑的各个区域,从而治疗疾病症状。

[0098] 如上文在其各种实施例变型中所描述,照明系统的另一种用途为用于肿瘤治疗的光动力疗法(PDT)或光免疫疗法(PIT),其中至少一个具有漫射器元件的光导从其他漫射器元件接收光,并通过光导将其转发到检测器以用于光谱分析。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,其中根据耦合光和接收光之间的光谱差异能够实

现对PDT治疗的探讨(参见Finlay等人的,Proc.SPIE Int.Soc.Opt.Eng.2014年6月14日;5315:第132-142页)。此外,这种类型的系统还可用于例如PDT或PIT治疗中的剂量测定。

[0099] 此外,在工业领域中的应用也是有利的:例如作为用于工业应用的设备的部件,以用于有针对性地照明中空空间、例如用于检查例如机器上或机器中难以到达的地方,其中其对于均匀照明特别重要;穿透具有小开口的工件或光谱应用或在生物化学,其中生化体外反应由光刺激、即用于体外诊断中的样品照射。还有一个应用是在树脂或粘合剂或含有它们的材料的目标固化中观察,在那里同样需要均匀照明或接头位置难以接触。

## 附图说明

[0100] 下面参照附图更详细地解释本发明。在附图中,相同的附图标记表示相同或相应的元件。附图中:

[0101] 图1示出了具有光导和在PDT或PIT应用中沿一个方向部分发射的漫射器元件的照明系统的示意图;

[0102] 图2示出了漫射器元件的示意图;

[0103] 图3示出了磨损试验后不同涂层表面的比较;

[0104] 图4示出了反射层的实施例的示意图;

[0105] 图5示出了具有反射层、附着层和钝化层的实施例的示意图;

[0106] 图6示出了具有电介质反射层、附着层和钝化层的实施例的示意图;

[0107] 图7示出了根据波长的反射率曲线图;

[0108] 图8示出了根据波长的不同光入射角的反射率的曲线图;

[0109] 图9示出了干涉反射器根据波长和入射角的反射率的曲线图。

## 具体实施方式

[0110] 在以下详细实施方式的描述中,附图中相同的附图标记分别表示相同或相同作用的组成部分。为了更好地理解,做出以下定义。在本公开的意义中,术语“照明系统”包括照明设备并且尤其适用于医学技术目的的照明设备,并且尤其,如果它们旨在与活组织接触,则可以至少区段地被消毒和/或灭菌。“用于医学技术治疗系统和/或诊断系统”的名称在此还包括但不限于此处公开的照明系统本身作为医学治疗系统和/或诊断系统的适用性、用途或应用。

[0111] 图1示意性地示出了根据本发明的照明系统1的结构。以医学技术PDT应用为例。在所示示例中,照明系统1包括LED或激光光源10,其在运行状态下发射特定光谱范围内的光。如开头所述,对于PDT或PIT应用使用激光,该激光发射调谐到先前施用的生化改性颜料(光敏剂)的波长,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。

[0112] 光导30在其近侧端部30.1处利用插头20或其他接头元件或连接元件连接到激光光源10。光被耦合到其中的光导30的端部被称为近侧端部30.1。在远侧端部30.2处,光导30具有漫射器元件40形式的光学元件,其被引入到肿瘤组织60中或附近,该肿瘤组织在健康组织50内形成并因此与其邻接。光导30的另一端部被称为远侧端部30.2,其通常远离光导30的近侧端部30.1布置并且光尤其从其射出。

[0113] 激光发射在此经由漫射器元件40上的光导30上的光耦合31到达漫射器元件40,该漫射器元件例如由漫射器基体41形成。光在漫射器元件的长度L上侧向发射,该长度由纵向轴线L表征,或者作为光耦出42在光透射区域中耦合输出。在此重要的是在漫射器元件40的长度上尽可能均匀的发射。尤其要避免强度峰值。在所示示例中,漫射器元件40仅在一个方向上发射,即,分段方式射入肿瘤组织60。如开头所述,光诱导的生化反应理想地导致肿瘤组织60在治疗后死亡。

[0114] 不限于此处所示的示例,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,其中纤维优选地粘贴到插头20中。具有镍银套管的插头20在热负载能力方面也可以是有利的,在这种情况下,光导30以形状锁合的方式引入/压接到镍银套管中,尤其通过塑性变形。此外,对于更高的激光功率,也可以使用插头20,在该插头中光导30的纤维端部由锥形棱镜保护,这在错位的情况下可能是有利的。

[0115] 图2示意性地并且示例性地示出了漫射器元件40的结构。漫射器元件40由漫射器基体41制成,其优选地拼接(gespleißt)或粘贴到光导30上。在上述应用中,光导30通常由具有芯的石英纤维制成。在此,芯具有折射率 $n_1$ 和通常在 $100\mu\text{m}$ 和 $1000\mu\text{m}$ 之间的芯直径,优选地在 $200\mu\text{m}$ 和 $600\mu\text{m}$ 之间,并且具有折射率 $n_2$ 的侧面或侧表面,其中 $n_1 > n_2$ 。因此通常可以实现的数值孔径NA为约0.22或更小,例如0.1。通过特殊掺杂也可以实现上至0.4或0.6的更高NA值。来自光导30的光耦合31经由漫射器基体41的对应耦合表面实现。

[0116] 此外,在拼接连接的情况下,有利的是漫射器基体41和光导30之间的连接实施成两段的。首先,仅将光导30的一小块(通常若干10mm长,例如约10至20mm)拼接在漫射器基体41上,该漫射器基体随后被涂覆并然后将由光导30和插头20制成的本来的尾纤拼接在光导30的该小块上。这是尤其有利的,使得在拼接过程中,通过激光和/或电晕放电会局部地诱发高能量密度,因此反射器涂层不会受到热破坏或反射特性发生不可接受的变化。此外,在涂覆过程中,具有光导30的仅短区段的漫射器基体41在涂层腔中更容易地安装。因此,与具有完整的尾纤的处理相比可以显著地处理负担。

[0117] 漫射器基体41或光学元件包括例如具有嵌入的散射元件的基质元件的基质和/或护套管。然而,漫射器基体41也可以由玻璃制成,其散射特性可以通过热处理以限定的温度-时间控制有针对性地调节。也可以想到由玻璃陶瓷制成的基质用于漫射器基体41,其中微晶密度和/或微晶尺寸也可以通过有针对性的温度-时间处理来有针对性地调节,因此也可以影响散射特性。还可以想到的是基于塑料的光学元件,其中聚合物光纤(POF)也被附接作为光导30。

[0118] 可以设置由塑料、玻璃、金属或陶瓷材料制成的套筒,以避免来自光导30和漫射器基体41之间的连接区的杂散光,而且还作为该连接区的机械稳定器。

[0119] 漫射器元件40具有反射层43并且可选地还具有反射器,或者在远侧端部44处具有另外的反射层。因此作为光耦出42实质上得出了3个贡献:以可预定发射角42.1的侧向光耦出42.2、通过反射层的向后光耦出42.3和远侧光耦出42.4。

[0120] 对于应该有针对性指向组织照射的医学技术应用,向后的光耦出42.3的比例因此应该尽可能小,这使得反射层43需要尽可能高的反射率。此外,还可能需要在远侧端部44处很大程度上防止远侧光耦出42.4,这在此同样也与远侧端部44处的反射层的尽可能高的反射率相关联。此外,远侧端部44的背向反射和/或侧向光耦出42.2的效率可以通过尽可能高

的反射率来提高。在这两种情况下,反射率值都需要超过90%,优选超过95%,特别优选超过99%。此外,反射层不能有太大的吸收,以防止过热。

[0121] 耐腐蚀性也很重要,尤其对于复杂的清洁过程和机械负载,例如当漫射器元件40在导管中移动多次并且由于其摩擦而产生的机械负载。因此,反射层的应用层可以进行清洁过程(例如用乙醇),甚至可以通过研磨测试,例如橡皮擦测试或“Tesa测试”或锥度测试。

[0122] 因此,图3示出了橡皮擦测试后的比较:被设计为4层设计的电介质多层系统45的反射层43示出在图片的上部。为了比较,图片下部示出了金属Cr+Au反射器涂层46的表面。可以看出,纯金属反射器涂层不能充分承受负载,并且电介质多层系统45可以更好地匹配机械负载能力。

[0123] 图4至6示意性示出了反射层43的典型实施例,其未按比例示出。图4示出了包层反射器43的简单层结构,其中金属镜面层43.2沉积在漫射器基体41上。待反射的光可以在此以与垂线47不同的入射角102发射到镜面层43.2、附着促进剂层43.1或反射层43上。

[0124] 有利地,倾斜于反射器表面入射的光的最大反射率大于50%、优选大于70%、特别优选大于90%。在本公开的上下文中,倾斜入射的光被理解为,光与反射层43的垂线47成绝对值在0°直到90°之间的角度,或者优选地成大于50°、优选地大于70°的角度发射到反射层43上。由于光基本上沿着漫射器元件41被引导和散射,所以一定比例的光将倾斜地发射到反射层43上。因此,如果这部分光也被反射是有利的。

[0125] 金属镜面层43.2可以优选地由诸如Au、Ag、Pd或Pt之类的贵金属组成,它们在可见光范围内具有高反射率。也可以考虑多种金属的合金或多层金属层。然而,如图3所示,这种简单构建的层在某些情况下可能在机械磨损、粘附或化学侵蚀方面不实用。

[0126] 图5因此示出了更复杂的多层结构,其具有直接在漫射器基体41上的附着层43.1或附着促进剂层、本来的镜面层43.2和附加的钝化层43.3。此处应注意,用于贵金属,例如Cr或Ni的经典的附着促进剂会导致反射减少,因为光在纤维或光学元件上被引导。即使附着层43.1的层厚度非常小、例如10nm,情况也是如此。电介质层可以用作替代的附着层43.1,以便不显著降低反射。在此可以使用Si、Al、Si、Al、Ti、Zr、Hf以及必要情况下还有Y和Zn的氧化物、氮化物或氧氮化物。实施为镜面层43.2的贵金属层的层厚可以在10nm和5000nm之间、优选在10nm和300nm之间的范围内。附着层43.1或附着促进剂层的厚度通常最大为若干10nm,优选在5nm至50nm的范围内。

[0127] 可能的镜面层43.2的另一示例是具有高反射率的非贵金属层,例如Mg、Al或Cu,其以反射增加的方式嵌入光学设计中。最简单的形式是由TiO<sub>2</sub>(Mg)、SiO<sub>2</sub>和Mg制成的3层设计,其中通过使用高折射第一层、低折射第二层和高反射金属层的反射可以导致金属层的反射增加。通过另外的层、尤其金属层之后的钝化层43.3确保额外的防腐蚀保护。该额外的屏障层/钝化层可以包含Si、Al、Si、Al、Ti、Zr、Hf以及必要情况下还有Y和Zn的氧化物、氮化物或氧氮化物。该层的光学数据在该位置不重要,这就是为什么也可以使用牺牲金属层代替功能金属层被腐蚀的原因。例如,这可以是Al、Cu、Cr或Ni。但其他金属也是可以想到的。

[0128] 反射层43的功能3层的层厚如下面的示例1所示,并且不限于给出的值,其在以下范围内:

I. TiO<sub>2</sub>(作为附着层43.1):范围:30nm至5000nm,优选30nm至300nm之间,典型地为100-200nm。

II.  $\text{SiO}_2$ : 范围: 40nm至5000nm, 优选40nm至380nm之间, 典型地为150至250nm。

III. Mg: 范围: 20nm到2000nm, 优选20nm到200nm之间, 典型地为50到150nm。

IV.  $\text{SiO}_2$ : 范围: 5nm至5000nm, 优选5nm至500nm之间, 典型地100至250nm。

[0129] 通过所示设计, 在大于1000nm的波长范围内的反射率增加至大于90%、优选大于92%或还优选大于95%, 尤其当光垂直于反射层43入射时。此外, 该层系统的卓越之处在于, 高反射保持在相对于反射层43的垂线测量的0到 $\pm 80^\circ$ 的角度范围内, 这对于医学领域的预期应用是必需的, 尤其对于照射组织。在本发明的意义中, 高反射作为在光垂直入射时的最大反射率附近的先前指定的角度范围内大于50%、优选大于70%、优选大于90%的反射而损失。

[0130] 示例1的Mg基层的显著优点是作为非贵金属涂层的高反射率, 类似于Cu或Al。这种变型的主要优点是易于制造。由于只需要几层, 因此也可以在大型设施/在线设施中进行生产。此外, 在这种情况下, 对均匀性没有很大的要求。此外,  $\text{TiO}_2$ 层和 $\text{SiO}_2$ 层作为标准工艺易于管理。同样, Mg层也容易作为金属层制造。与较软的贵金属层相比, 另一个优势是良好的附着力和机械阻力。施加的层可以进行清洁过程(例如使用乙醇), 甚至可以通过研磨测试, 如图3所示。

[0131] 图6示例性示出了与图4和5类似的干涉光学电介质系统形式的另一示例。在这种情况下, 镜面层43.2由高折射率层和低折射率层交替组成, 使得可以根据菲涅耳关系从透明的电介质层实现高反射。这是通过调节参考波长的四分之一 $\lambda$ 的层厚度(Lambda viertel-Schichtdicke)实现的。作为具有高折射率的层, 或者通常是具有大于2.2的折射率的层,  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 或 $\text{ZrO}_2$ 适合用作用于这种方法的材料。所提到的材料可以通过掺杂进一步稳定, 例如通过Al、Si、Y、Zn。尤其 $\text{SiO}_2$ 或掺杂的 $\text{SiO}_2$ 变体适合用作低折射率层。其他金属的氧化物、氮化物、氟化物(例如 $\text{MgF}_2$ )或氧氮化物也是可能的。具有低 $\text{N}_2$ 掺杂的 $\text{SiO}_2$ 也是可以想象的并且很好地满足了低折射率的要求, 优选地低于1.5。通过这样的设计, 例如11层的高低折射率层系统可以实现宽带的和高反射的反射层43或镜面层43.2, 其中 $\text{TiO}_2$ 的层厚度例如在120nm到130nm并且 $\text{SiO}_2$ 的层厚度例如在210nm到220nm、尤其在1000nm到1100nm之间的波长范围。通过宽带特性, 不同的入射角也可以在限定的参考波长的宽范围内反射(此处例如为1064nm)。

[0132] 图7在曲线图100中示出了取决于示例1中描述的由 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Mg}/\text{SiO}_2$ 制成的多层系统的波长103的反射率101或者说反射度。在这样的系统中, 反射度在大约600nm的波长处和在大约900nm到大约1100nm的波长范围内特别高, 例如超过90%。

[0133] 图8在另一曲线图100中示出了图7所示层系统的不同入射角102的取决于波长103的反射率101或反射度。第一曲线100.1示出了相对于垂线的 $0^\circ$ 入射角的曲线。第二曲线100.2是针对与垂线成 $60^\circ$ 的入射角测量的, 而第三曲线100.3是针对与垂线成 $80^\circ$ 的入射角测量的。这里可以看出, 例如, 在从1000nm到1100nm的范围内, 可以实现几乎与角度无关的95%的反射值。在所示示例中, 这种层系统针对1064nm的应用波长进行了优化。通过改变镜面层34.2层的各个层厚度可以为宽波长范围调节这种高的、几乎与角度无关的涂层。

[0134] 图9以不同的曲线100.1、100.2、100.3示出了由 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 制成的尤其11层的高低-折射率层设计的另一曲线图100中对于不同的入射角102的反射率101, 在此归一化为最大值100%。相对于镜面层43.2的垂线, 第一曲线100.1代表 $0^\circ$ 入射角102, 第二曲线100.2代

表60°入射角102,第三曲线100.3代表80°入射角102。此处的中心波长约为1040nm至1060nm。

[0135] 使用这样的层变型可以实现非常高反射的设计,这取决于所使用的层的吸收或混浊度。吸收取决于所使用的材料和制造过程,混浊度可能是由基材的清洁度、涂层过程中的缺陷、等离子体聚合、裂纹形成或类似原因引起的。由于涂层工艺必须可重复和非常稳定,因此优选使用基于PVD的工艺如气相沉积或溅射,例如磁控溅射或离子束溅射来制造反射层43、附着层43.1和/或钝化层43.3。

[0136] 例如,涂层工艺可以经由磁控溅射工艺来表示。在此,3层或4层系统中的工艺包括以下步骤:

- 使用超声波清洗工艺清洗基材表面或光学元件的侧表面或表面,
- 在真空中对光学元件的侧表面或表面进行热处理,以通过使表面脱水来提高附着力,
- 反应磁控溅射TiO<sub>2</sub>层和SiO<sub>2</sub>层的金属靶材或溅射TiO<sub>2</sub>中的陶瓷靶材或金属溅射镁,
- 通过例如竖直设施和基材布置,或光学元件的布置无缺陷地溅射。

[0137] 在进一步的步骤,尤其是附加的工艺步骤中,可以在真空中进行氧等离子体预处理。这是为了通过预处理表面来提高附着力。然而,等离子体预处理,尤其在大气压下,也是有利的。

[0138] 在金属层作为反射层的情况下,还可以想到,这些金属层首先被施加在漫射器坯件的预制件上,并随后在拉伸工艺中拉出漫射器。

附图标记列表

1	照明系统
10	激光光源
20	插头
30	光导
30.1	光导近侧端部
30.2	光导远侧端部
31	光耦合
40	漫射器元件
41	漫射器基体
42	在光透射区域中的光耦出
42.1	发射角
42.2	侧向光耦出
42.3	向后的光耦出
42.4	远侧光耦出
43	反射层(光反射区域)
43.1	附着层
43.2	镜像层
43.3	钝化层

---

44	反射器远侧端部
45	电介质多层系统
46	金属反射涂层
47	垂线
50	组织
60	肿瘤组织
100	曲线图
100.1	曲线1
100.2	曲线2
100.3	曲线3
101	反射率
102	入射角
103	波长
L	纵向轴线

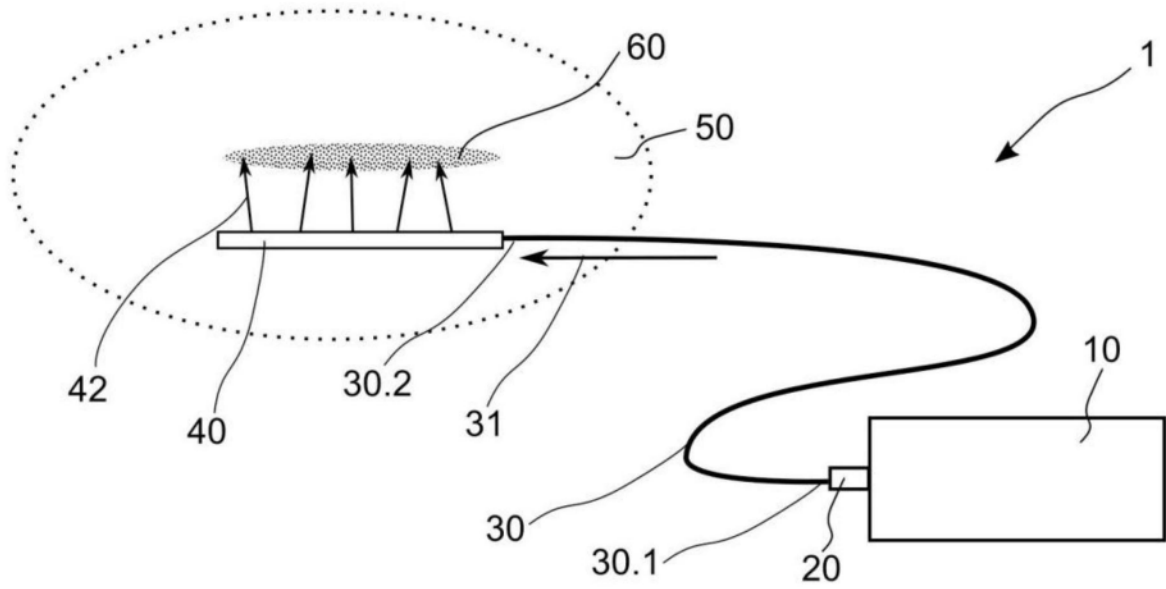


图1

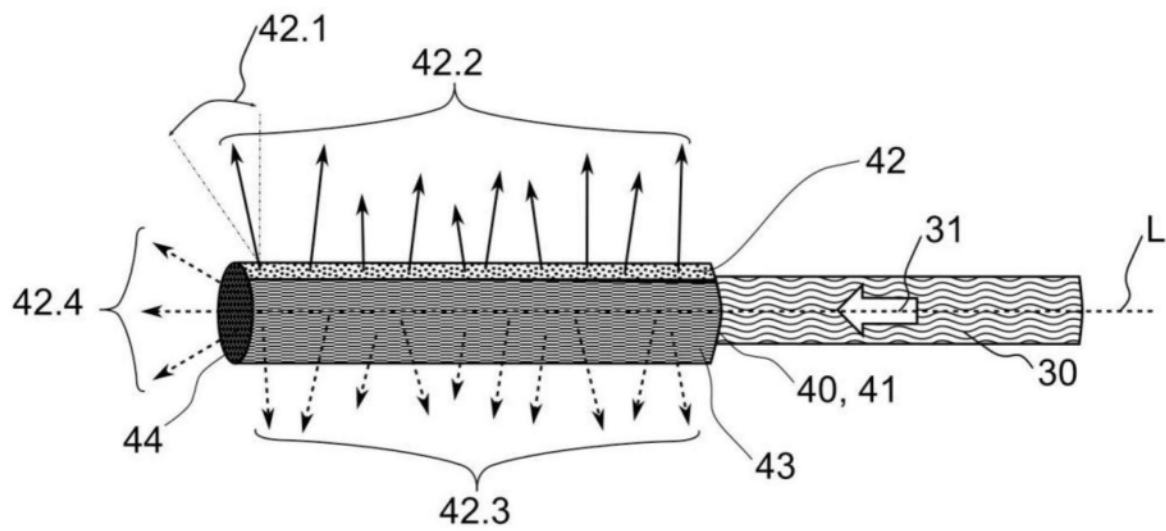


图2



图3



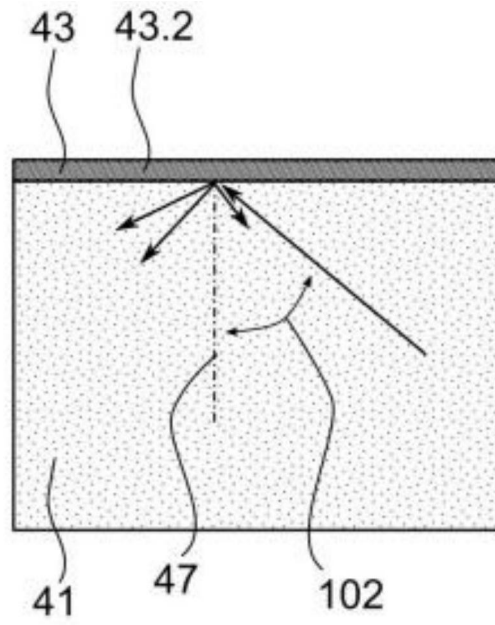


图4

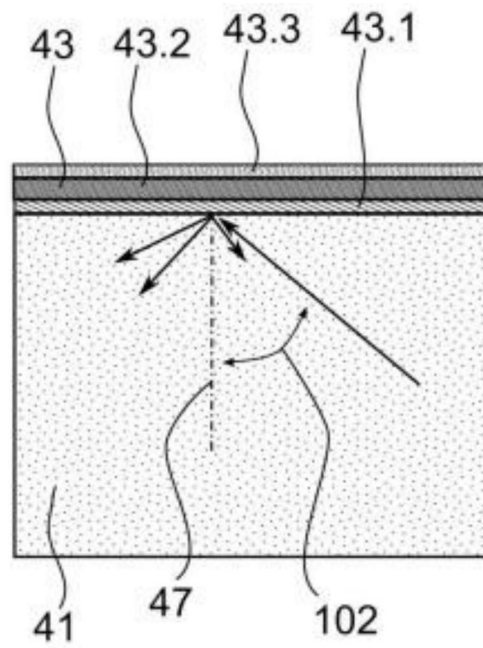


图5

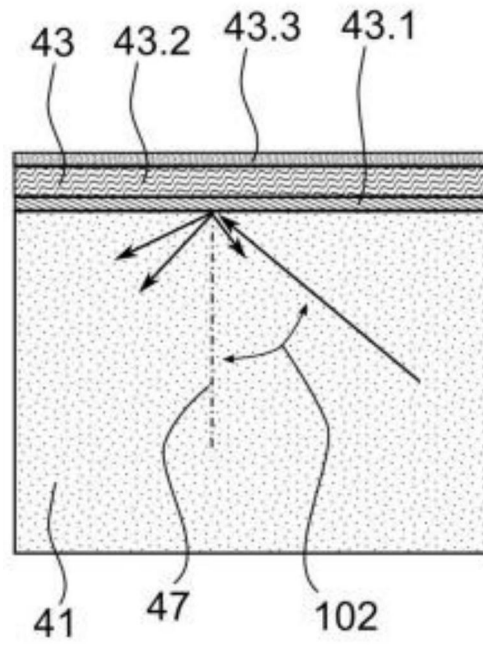


图6

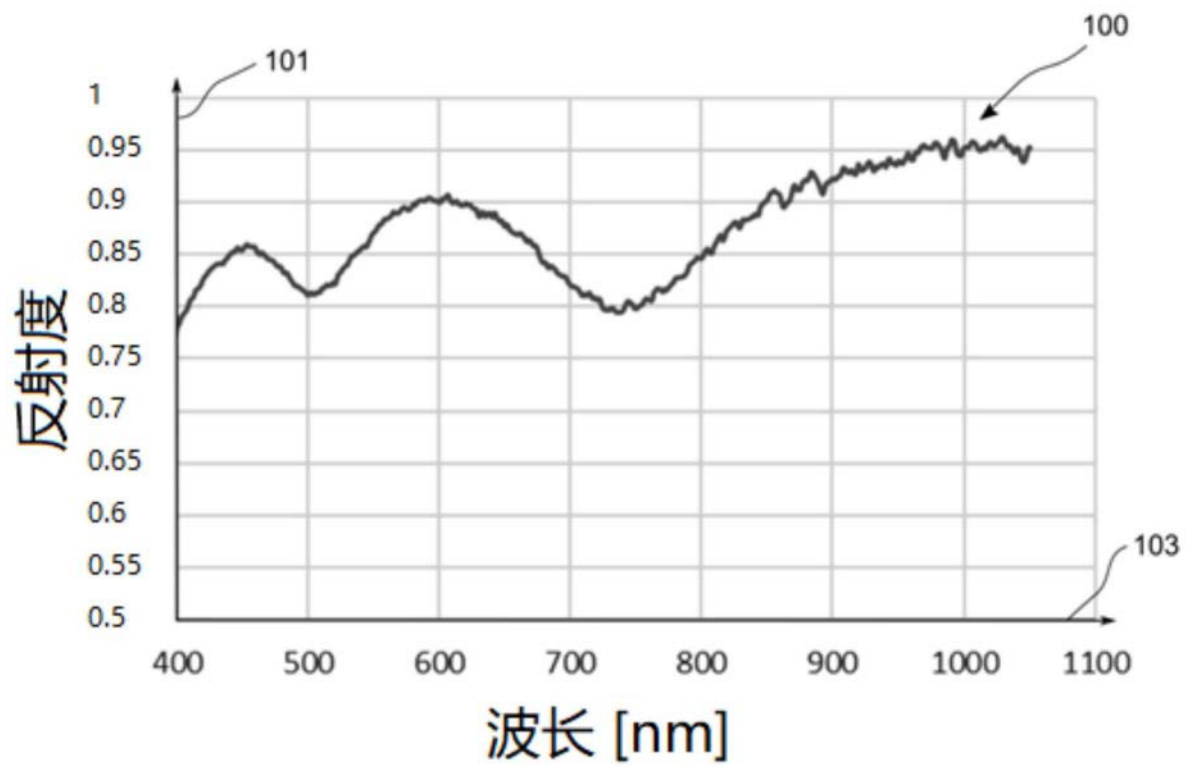


图7

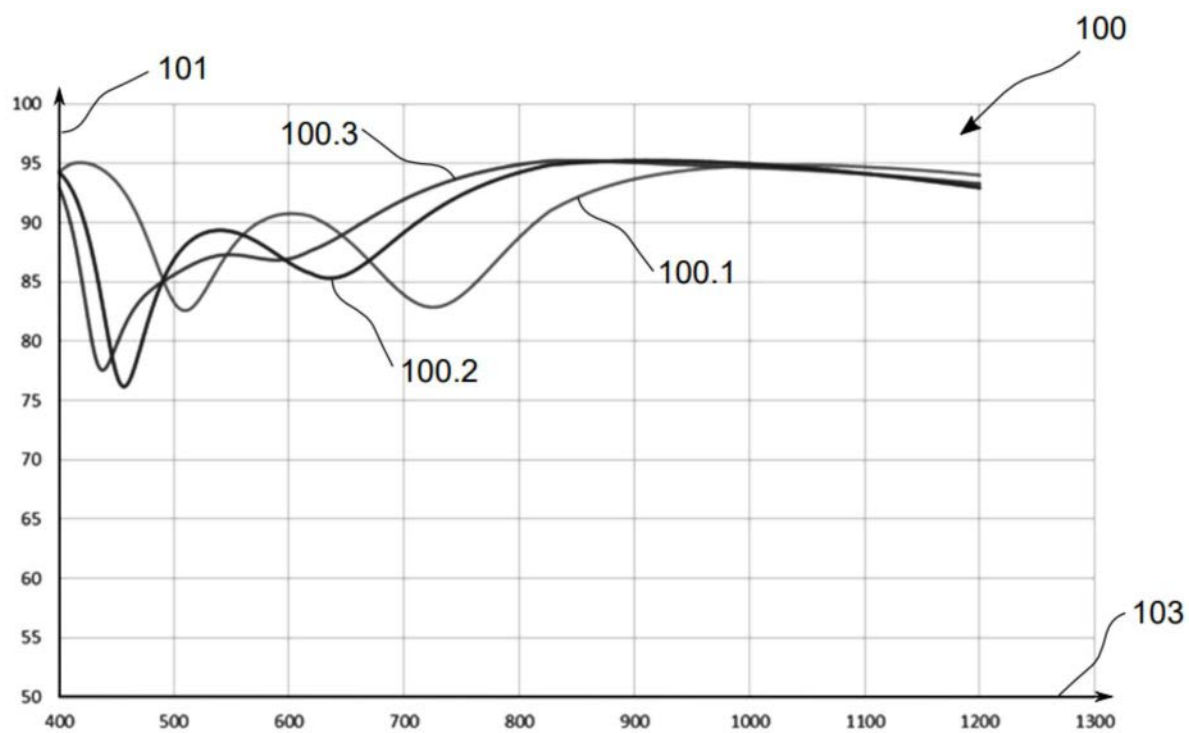


图8

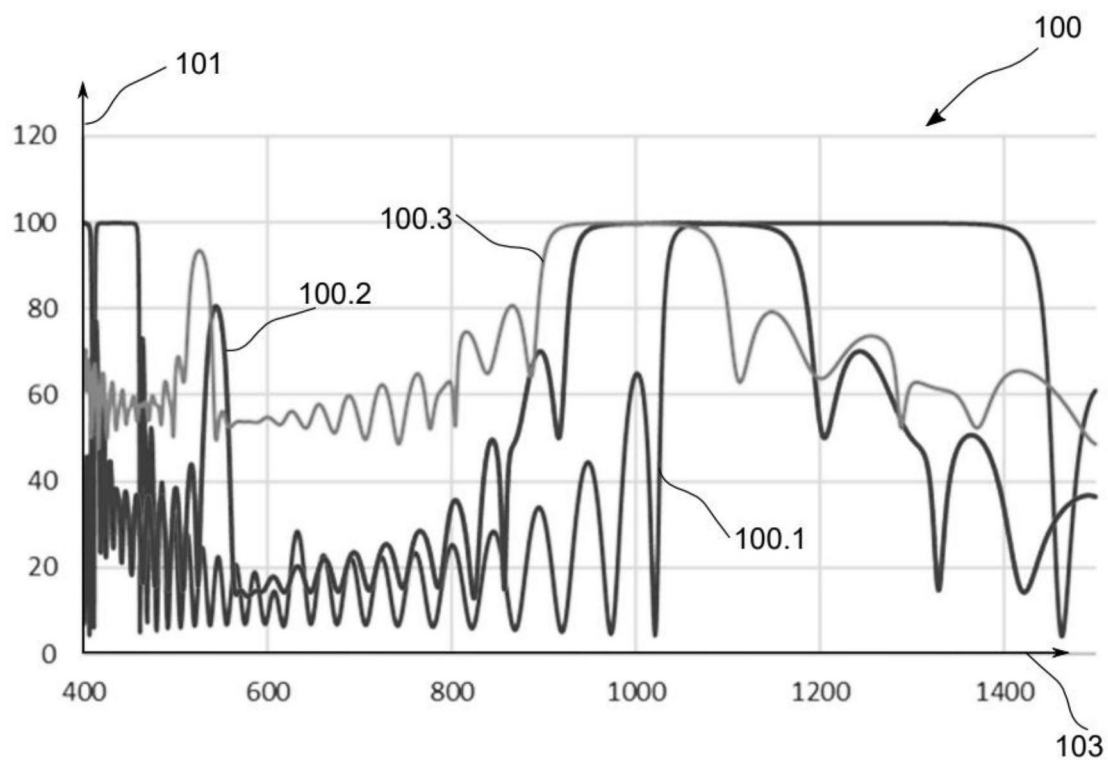


图9