(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111239889 A
(43)申请公布日 2020.06.05

(21)申请号 202010170503.9

(22)申请日 2016.06.24

(30)优先权数据
PA201570393 2015.06.25 DK

(62)分案原申请数据
201680037135.2 2016.06.24

(71)申请人 NKT光子学有限公司
地址 丹麦比克勒

(72)发明人 J•韦里奇 M•D•马克

(74)专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280
代理人 王勇 王博

(51)Int.Cl.
G02B 6/02(2006.01)
H01S 3/094(2006.01)

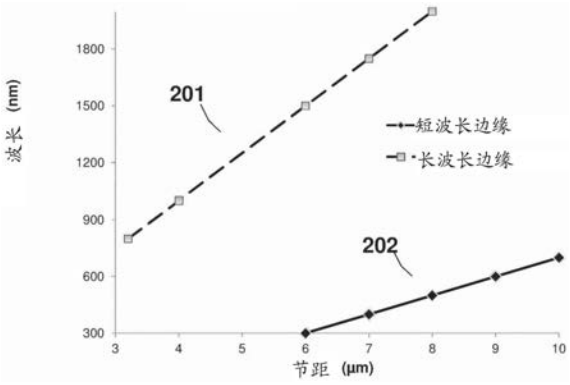
权利要求书1页 说明书19页 附图14页

(54)发明名称

传输光纤组件和宽带光源

(57)摘要

本发明公开了传输光纤组件和宽带光源。本发明包括一种传输光纤组件，其适于传输宽带光并包括传输光纤和连接器构件。传输光纤具有一定长度、用于发射光的输入端和用于传输光的传输端。传输光纤沿其长度包括纤芯区和围绕纤芯区的包层区，其中包层区包括具有折射率N_{bg}的背景材料和以实心材料内含物形式的多个微结构，所述内含物具有不超过N_{inc}的折射率并且在传输光纤的纵轴长度上延伸，其中$N_{inc}<N_{bg}$。包层区中的多个内含物在横截面模式上布置以包括围绕纤芯区的至少两圈内含物。连接器构件在包括传输端的传输光纤的传输端部分处安装至传输光纤。传输光纤具有约200nm或更大的传输带宽。



CN 111239889 A

1.一种用于供应光至装置的光源,所述光源包括:

微结构传输光纤,其具有纵轴、用于发射光的输入端和用于传输光的传输端,所述传输光纤包括纤芯区和围绕所述纤芯区的包层区,其中,所述纤芯区具有不超过约15μm的直径,并且所述包层区包括具有折射率N_{bg}的包层背景材料和多个实心材料内含物,所述实心材料内含物具有不超过N_{inc}的折射率并且在所述传输光纤的纵轴的方向上延伸,其中$N_{inc}<N_{bg}$,以及所述包层区中的多个内含物以横截面模式布置以包括围绕所述纤芯区的至少两圈内含物,所述微结构传输光纤具有约200nm或更大的传输带宽,其中,所述微结构传输光纤在所述传输带宽内的波长下具有小于0.5dB/m的传播损耗;以及

所述光源还包括宽带光源或光谱引擎,

其中,所述宽带光源包括:

·光学泵浦光源,其能够操作以生成泵浦脉冲;以及

·微结构光纤,其用于在进给泵浦光时生成宽带光脉冲,并且

其中,所述光学泵浦光源布置以发射泵浦脉冲至所述微结构光纤,其中,所述光谱引擎包括:

·两个或更多个激光器,其发射具有在至少一个波长上不同的各波长的激光束;

·多路复用器,其中,所述多路复用器被配置用于接收每个激光器的激光束的至少一部分以及用于将所接收的光准直为多路复用光束,以及

其中,所述微结构传输光纤布置用于接收至少一些所述宽带光脉冲的至少一部分以及用于传输所述宽带光脉冲的接收的所述部分的至少一部分至所述装置,或者布置用于接收所述多路复用光束以及用于将接收的所述多路复用光束的至少一部分传输至所述装置。

2.根据权利要求1所述的光源,其中,所述多个内含物中的一个内含物具有比所述多个内含物中的另一内含物高的折射率。

3.根据权利要求1所述的光源,其中,所述光学泵浦光源包括锁模光纤振荡器。

4.根据权利要求1的光源,其中,从所述两个或更多个激光器发射的所述光谱引擎的所述激光束中的一个包括至少一个低于500nm的波长,以及从所述两个或更多个激光器发射的所述激光束中的一个包括至少一个高于800nm的波长。

5.根据权利要求1所述的光源,其中,从所述两个或更多个激光器发射的所述光谱引擎的所述激光束中的至少一个具有约50nm或更小的带宽。

6.根据权利要求1所述的光源,其中,所述装置包括被配置用于照射目标的照明装置。

7.根据权利要求6所述的光源,其中所述照明装置适用于如下中的至少一个:荧光成像;荧光寿命成像(FLIM);全内反射荧光(TIRF)显微术;荧光共振能量转移(FRET);脉冲交错激发促进共振能量转移(PIE-FRET);宽带光谱学;纳米光子学;流式细胞术;工业检测、计量学;衰荡光谱学、气体感测;分析光谱学、高光谱学、作物分析、飞行时间质谱仪(TCSPC);单分子成像;和/或它们的组合。

8.根据权利要求1所述的光源,其中所述光源包括所述光谱引擎。

9.根据权利要求1所述的光源,其中所述光源包括所述宽带光源。

传输光纤组件和宽带光源

[0001] 本申请是2017年12月25日提交的申请号为201680037135.2、发明名称为“传输光纤组件和宽带光源”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种适用于从宽带光源传输光的传输光纤以及宽带光源系统，以及包括这种宽带光源的装置。

背景技术

[0003] 宽带光源和系统是本领域所公知的并且例如在EP2081074、WO15003714和WO15003715中描述。

[0004] WO15003714公开了一种超连续谱光源，其包括微结构光纤和泵浦光源，其中微结构光纤包括中间锥形部分。由此获得光的非常宽且稳定的超连续谱。

[0005] US 8,731,009公开了一种超连续谱光源，其包括泵浦光源和用于生成超连续谱的发生器光纤，其中发生器光纤的纤芯的折射率分布图布置为随着光传播允许光的模态清洗以提供具有相对高的光谱强度和/或良好光束质量的光学超连续谱。

[0006] 通常，大多数现有技术的宽带光源聚焦于生成高质量的和/或在越来越宽的带宽上跨度的超连续谱光，例如进一步跨度到蓝色波长、例如低于450nm或甚至更低的超连续谱。

[0007] 所生成的光或其一部分通常用于高精度照明程序和/或高精度测量程序，诸如用于受激发射损耗、用于光学相干断层成像(OCT)的荧光成像程序、和/或用于工业检测，诸如计量学。

[0008] 通常，由宽带光源生成的光或光的一部分经由传输光纤传送至装置，诸如照明装置和/或在该装置的测量过程中使用的测量装置。通常，期望的是传输光纤简单地连接至装置并且本领域公知的是使用标准连接器，诸如根据标准IEC 61754-20、IEC 61754-15或IEC 61754-13的连接器。

[0009] 现有技术的传输光纤通常是阶梯折射率光纤，其具有相对非常窄的传输频带，这是因为这种光纤易于操作、易于连接且具有低传输损耗。为了可以传输较宽带宽，已经提出了使用光子晶体光纤(PCF)，在它们的横截面上具有空气孔，由此引入了传输光纤；进而传输光纤可以传输较宽带宽。然而，这种多孔PCF通常难以连接并且可能导致不期望的功率损耗。

发明内容

[0010] 本发明的目的是提供一种传输光纤组件，其适于从宽带光源和/或从两个或多个光源传输宽带光，以及一种宽带光源系统，其中传输光纤简单地连接至装置以用于将光传输至该装置，并且减轻了如上所述问题中的至少一个。

[0011] 再一个目的是提供包括传输光纤的宽带光源和宽带光源系统，所述传输光纤简单

地例如连接至装置以用于将光传输至该装置，并且减轻了如上所述问题中的至少一个。

[0012] 在一个实施方式中，目的是通过传输光纤从具有不同波长的两个或多个光源传输光。

[0013] 这些和其他目的已经通过如权利要求书中所限定并如下面本文中所描述的本发明或其实施方式来解决。

[0014] 已经发现，本发明或其实施方式具有多个另外的优点，其通过下面描述对于本领域技术人员是明显的。

[0015] 根据本发明，已经发现通过提供一种新型的传输光纤，用于传输宽带光或宽带光的选择部分，其包括例如宽范围内的离散波长的波长。传输光纤可以以相对简单且有效的方式连接并具有非常低的损耗。同时，已经发现，这种新的传输光纤组件具有相对高的机械强度，这实际上是非常有益的，因为这种传输光纤通常承受机械扰动，诸如弯曲和粗暴处理。通常，运输是重复地卷起和展开且不对缠绕直径进行控制。

[0016] 在本发明的传输光纤组件的实施方式中，它适于将宽带光传输至装置以用于将光传输至该装置。传输光纤组件包括传输光纤和连接器构件。传输光纤具有长度、用于发射光的输入端和用于传输光的传输端。传输光纤沿其长度包括纤芯区和围绕纤芯区的包层区，其中所述包层区包括具有折射率N_{bg}的包层背景材料，和以实心材料内含物形式的多个微结构，所述内含物具有不超过N_{inc}的折射率并且在传输光纤的纵轴长度上和优选地沿传输光纤的纵轴延伸，其中$N_{inc}<N_{bg}$。包层区中的多个内含物以横截面模式(在传输光纤的横截面中看出的模式)布置以包括围绕纤芯区的至少两圈内含物。连接器构件在包括传输端的传输光纤的传输端部分处安装至传输光纤。此外，传输光纤具有约200nm或更大的、诸如约300nm或更大的、诸如约400nm或更大的、诸如约500nm或更大的传输带宽，举例来说至少倍频(一半/两倍频率)。

[0017] 通常，期望的是，纤芯区具有不超过约15μm的直径。

[0018] 在一个实施方式中，传输带宽被限定为其中传输光纤具有小于0.5dB/m的传输损耗的波长。在一个实施方式中，传输带宽被限定为其中传输光纤具有小于0.1dB/m的传输损耗的波长。有利地，当光纤以16cm或32cm的弯曲直径弯曲时来测量传输损耗。

[0019] 迄今为止，从来没有人考虑使用包括实心内含物的全实心光纤作为传输光纤来从宽带光源传输光至用于测量和/或照明的装置。特别地，从来没有人考虑这种包括实心内含物的全实心光纤可以构造为具有200nm或更大的传输带宽，以及特别地，令人惊讶的是，包括实心内含物的全实心光纤可以构造为具有200nm或更小、低于1800nm或甚至低于900nm的传输带宽。

[0020] 术语“内含物”指代背景材料中的内含物，其中内含物具有不同于围绕内含物的背景材料的折射率的另一折射率。实心内含物可以例如是与背景材料不同的另一玻璃型内含物和/或掺杂材料内含物(指数变化材料，诸如F、Ge、P、B)、真空内含物或其任意组合。传输光纤的内含物可以具有相同或不同的材料或结构。内含物可以是均质材料或它可以具有不同材料和/或折射率的区域。在内含物包括多个不同折射率的区域的情况下，内含物的折射率被确定为内含物的平均折射率。

[0021] 在本申请的上下文中，短语“一圈内含物”指代通常具有与纤芯基本相同的半径距离并以围绕纤芯的环构造排列的包层内含物。通常，一圈内含物不是完全圆形的，而是成形

为具有多个软角，诸如以六边形形状。优选地，一圈内含物的所有内含物具有基本相同尺寸和优选相同材料。

[0022] 短语“径向距离”指代在径向方向上从传输光纤的纤芯的纵轴确定的距离。

[0023] 术语“基本上”在本文中应该指代为包括普通产品差异和公差。

[0024] 纤芯和内含物的直径被确定为纤芯/内含物的特征直径。纤芯或内含物并非总是完全圆形的。特征直径是内含物/纤芯是圆形时圆的直径，或在内含物不是圆形时，特征直径确定为讨论中的内含物/纤芯的最大和最小程度的平均。

[0025] 内含物可具有相同或不同的直径，以及各个内含物的内含物直径可以如所述沿光纤的长度为相同或不同的。

[0026] 在一个实施方式中，包括传输端的传输光纤的传输端部分，以及连接器构件在距离传输端的安装距离处安装以使得传输端穿过连接器构件，连接器构件用于以物理接触连接传输端与接收器波导，优选地接收器光纤，诸如合并在用于照明和/或计量和/或外科手术的装置中的接收器光纤。

[0027] 光纤的传输端是端面。与传输端的安装距离通常是几mm，例如至少2mm，诸如不超过2cm或优选地小于1cm。与传输端的安装距离通常由连接器构件的结构给定。优选地，连接器构件是标准连接器构件，诸如根据标准IEC 61754-20、IEC 61754-15或IEC 61754-13或其等效标准中的至少一个的标准连接器构件。与传输端的安装距离被确定为从传输端至与连接器构件的最接近物理接触的距离。通常，连接器构件具有连接凸缘，其超出传输端延伸以用于与另一连接器构件配对并连接，同时保护所连接的传输端。在连接至所述装置之前，传输端期望地由可移除帽防护。为了最佳连接，传输端有利地被抛光并可选地布置为具有平面，其关于光纤的横截面成例如不超过60度、诸如不超过约30度、诸如从约3至10度、诸如约8度的角度，从而减少端面处的不期望光反射。对于宽带操作，平面的角度通常被选择为折衷的。因此，通常期望的是使得面角充分地足够大以确保不反射不期望量的光并由此大量光被收集在光纤的NA中。另一方面，面角应该有利地不太大，因为这会导致不期望的角色散。

[0028] 在一个实施方式中，传输光纤的传输端部分安装至连接器构件以使得传输光纤的传输端适于连接，而不会改变光纤波导结构。

[0029] 根据本发明，已经发现传输光纤组件的传输光纤可以在不使用自由空间光系统的情况下连接至装置——即在光纤外连接部位处没有传输——以及没有传播模式的波阵面的不期望改变。此外，传输光纤组件的传输光纤可以连接至装置而没有模场的不期望扩张并因此可以减少或完全避免光损耗。

[0030] 在一个实施方式中，连接器构件在传输光纤的传输端部分、距离传输端的一距离处安装至传输光纤以使得传输端穿过连接器构件，连接器构件用于以物理接触连接传输端与接收器波导，优选地接收器光纤，诸如合并在用于照明和/或计量和/或外科手术的装置中的接收器光纤。

[0031] 连接器构件优选地包括金属箍以及传输端部分穿过该金属箍用于耦合至接收器单元。

[0032] 有利地是，连接器构件布置为使得传输端可以与接收波导物理接触并连接，接收波导例如是包括相应接收波导连接器构件的光纤。

[0033] 有利地，连接器构件是弹簧装载的，从而传输端面可以以对接耦合匹配至接收光纤，其中光纤面在连接器配对时按压在一起。所产生的玻璃至玻璃接触消除了将由接合纤维之间的空气间隙导致的信号损耗。

[0034] 在一个实施方式中，传输光纤至少沿其传输端部分以及可选地沿光纤的整个长度具有针对传输带宽内至少一个波长的恒定模场直径，在模场扩张时，光纤会损失光。传输端部分优选地包括至少2mm、优选地至少约5mm、诸如至少1cm的光纤长度。优选地，传输光纤至少沿传输端部分具有传输带宽内恒定模场直径与波长分布曲线。短语“模场直径与波长分布曲线”指代各自模场直径相对于传输带宽内各个波长的分布曲线。由此传输光纤可以连接至装置以最小的光损耗进行使用。

[0035] 传输光纤的模场直径有利地基于期望传输波长带宽进行选择。已经发现，针对低于2μm波长的波长范围的模场直径变化出奇地小。因此针对100nm带宽，模场直径基于最低波长的模场直径优选地变化小于10％。

[0036] 已经发现，相对小的纤芯区，即约15μm或更小的纤芯区，是用于保持针对传输带宽的模场直径范围窄的重要因素。因此，通过选择甚至更小的纤芯区，针对传输带宽的模场直径范围可以甚至更窄。此外，已经发现，模场直径变化针对约900nm或更小的波长相比较大波长来说更小。

[0037] 可通过选择模场直径范围制作传输光纤。在一个实施方式中，传输光纤至少沿所述传输端部分具有针对所述传输波长的模场直径范围，其中模场直径范围是该范围的最低模场直径的约30％或更小，诸如约20％或更小，诸如约15％或更小，诸如约10％或更小。模场直径范围是对应于传输带宽的模场直径的范围，以及该范围的最小模场直径是传输带宽的最低波长的模场直径。

[0038] 有利地，针对所述传输带宽内至少一个波长并至少沿所述传输端部分的传输光纤具有恒定数值孔径NA和小于0.5dB/m、诸如小于约0.2dB/m、诸如小于约0.1dB/m或甚至小于0.05dB/m的传播损耗。

[0039] 有利地，传输光纤针对传输带宽内至少一个波长是单模的。通常，相对于多模光来说，光束具有针对单模光的高的多的质量，以及针对一些应用，单模光是需要的。优选地，传输光纤针对传输带宽的至少约50％，诸如至少约80％、诸如针对传输光纤的整个传输带宽是单模的。

[0040] 在优选实施方式中，传输光纤是偏振保持光纤(PM光纤)。PM光纤可例如包括一个或多个应力元件。

[0041] PM光纤是其中在线性偏振光被发射到光纤中时可以保持线性偏振的光纤。有利地是，所发射的偏振光在传播期间沿PM传输光纤保持线性偏振并以线性偏振状态离开光纤。有利地是，在两个偏振模式之间光学功率的交叉耦合很小或没有。优选地，PM传输光纤针对传输带宽内的至少一个波长是单模的。通过提供传输光纤为PM光纤，传输光纤具有甚至更低的弯曲损耗。

[0042] PM属性可以例如通过结合应力元件来诱发，诸如举例来说在US7,289,709中描述的。

[0043] 纤芯区原理上可基于待传输的功率和波长具有任意纤芯直径。有利地，传输光纤芯区具有至少约3μm的直径。纤芯区可沿传输光纤的长度变化，但通常优选的是纤芯区具有

沿大部分传输光纤、诸如优选地沿传输光纤80％长度的基本相同直径。最合适的纤芯区直径不超过约15μm，诸如在约3μm至约10μm、诸如约4μm至约12μm的范围内。

[0044] 在传输光纤的传输带宽包括低于500nm或甚至低于450nm的波长时，传输光纤芯区有利地具有小于约10μm的直径，因为已经发现在传输光纤的芯区较大时，诸如大于约15nm，在UV光区具有增加的损耗。

[0045] 光纤的所有结构细节，诸如纤芯区尺寸、内含物直径和模式关于光纤的横截面视图给出，除非另有规定。

[0046] 在一个实施方式中，纤芯区直径沿可选地除传输光纤的一个或多个组成段之外的传输光纤的长度基本相同。

[0047] 这些组成段在下文中进一步描述。

[0048] 优选地，包层区中的多个内含物以横截面模式布置以包括围绕纤芯区的至少四圈内含物、诸如围绕纤芯区的至少五圈内含物。已经发现，通过增加内含物的圈数，可以增加传输带宽以及可以增强其他额外属性，诸如单模属性和/或降低损耗。内含物的圈有利地以节距模式布置以使得相邻内含物之间的距离是节距的P倍，其中P是0.5或不超过5的整数、优选地不超过3的整数、诸如1或2，以及其中P可以根据最接近内含物的不同距离具有不同数值。

[0049] 在一个实施方式中，内含物以节距模式、双节距模式、三节距模式、半节距模式、或其组合来布置，其中节距被确定为纤芯区和内含物之间的最小中心至中心距离。

[0050] 已经发现，节距Λ可以用于定制针对期望传输带宽的传输光纤以及特别是不论传输带宽是否包括低于450nm的蓝光范围和/或高于800nm的红光范围的波长。为了达到蓝光波长，期望的是节距小于约10μm，优选地小于约9μm，诸如小于约8μm，诸如小于约7μm，诸如小于约6μm。为了达到红光波长，节距有利地是约3.2μm或更大，诸如约3.2μm或更大，诸如约4μm或更大，诸如约5μm或更大，诸如约5μm或更大，诸如约7μm或更大，诸如约8μm或更大。

[0051] 纤芯区直径与节距d/Λ可以有利地是约0.7或更小，诸如从约0.3至约0.65，诸如从约0.4至约0.6。

[0052] 有利地，纤芯区具有折射率N_{core}，包层区具有有效折射率N_{clad}，以及包层背景材料的折射率N_{bg}基本等于纤芯区的折射率N_{core}。

[0053] 在一个实施方式中，纤芯区的折射率是均匀的。在另一实施方式中，纤芯区是微结构的，例如如共同未决DK PA 2014 00545中描述的。在纤芯区是微结构时，纤芯区的折射率N_{core}被确定为平均折射率。

[0054] 在一个可替代实施方式中，包层背景材料的折射率N_{bg}不同于纤芯区的折射率N_{core}，优选地使得包层背景材料的折射率N_{bg}低于纤芯区的折射率N_{core}。

[0055] 在一个实施方式中，传输光纤是硅纤维以及实心内含物是下掺杂硅。优选地，彼此独立的实心内含物是掺杂有氟和/或硼和/或包括F和/或B原子的组分中的至少一种的硅。

[0056] 各个内含物可以具有相同或不同的折射率以及内含物可具有数个区域，它们具有不同折射率，在该情形中，折射率如上所述被确定为平均折射率。

[0057] 在一个实施方式中，彼此独立的各个内含物的折射率和背景材料的折射率N_{bg}之间的差异是从约10^{-5}至约0.1，诸如从约10^{-4}至约10^{-2}，诸如不超过约10^{-3}。

[0058] 在一个实施方式中，内含物具有基本相同的折射率N_{inc}。

[0059] 在一个实施方式中，内含物的n具有不同的折射率$N_{inc(1)}\cdots N_{inc(n)}$，其中n是不超过内含物数量的整数，换言之，原理上所有内含物可具有不同折射率。然而，从实用观点来说，这样的实施方式不是优选的。

[0060] 有利地，不超过10个内含物，诸如2-4个内含物，优选地一圈内含物的所有内含物具有基本相同的折射率。

[0061] 在一个实施方式中，一圈内含物的各内含物具有不同于另一圈内含物的各内含物的折射率。优选地，一圈内含物的各内含物具有相比更靠近纤芯区的另一圈内含物的各内含物来说更高的折射率。通过使得各圈内含物具有不同折射率，传输光纤可以被设计为具有期望的传输带宽，并且同时可以抑制高阶模式。

[0062] 在一个实施方式中，一圈内含物的各内含物包括具有不同折射率的两个或多个内含物。

[0063] 有利地，实心内含物基本平行于纤芯区。由此光纤可以以相对简单的方式拉制。

[0064] 在一个实施方式中，实心内含物螺旋地缠绕纤芯区。由此可以减少内含物的数量和/或可以减少弯曲。然而，相比内含物平行于纤芯区来说，内含物螺旋缠绕纤芯区的纤维的制造更加困难。

[0065] 在一个实施方式中，传输光纤包括内包层区和外包层区，其中包层背景材料可不同。

[0066] 在一个实施方式中，传输光纤包括内包层区和外包层区，其中包层背景材料具有相同折射率。

[0067] 在一个实施方式中，传输光纤包括内包层区和外包层区，其中外包层区中的内含物具有相比内包层区的内含物来说更高的折射率。在该实施方式中，内包层区有利地包括本文中描述的具有不超过N_{inc}的折射率的实心材料内含物，以及外包层区中的内含物是具有大于N_{inc}的折射率的实心材料。优选地，外包层区中的内含物是具有高于外包层区的背景材料的折射率的实心材料。由此，外包层区的内含物可用于耦合进高阶模式。

[0068] 在一个实施方式中，传输光纤是双包层传输光纤，其包括例如如上所述的内包层区和外包层区，以及其中传输光纤被配置为使得信号可以例如经由自有空间光系统或经由例如如上所述的熔接式耦合器的耦合器来收集。

[0069] 内含物可以在原理上具有任意尺寸，但通常期望的是内含物不能太大，除非其中内含物用于使得光纤双折射。

[0070] 在一个实施方式中，实心内含物具有相同或不同的直径，优选地直径是从约0.2至约1μm，诸如从约0.4-0.8μm。

[0071] 优选地，一圈内含物的各内含物具有相同直径。在一个实施方式中，一圈内含物的各内含物具有第一直径，以及另一圈内含物的各内含物具有第二直径，第二直径与第一直径不同。

[0072] 有利地，传输光纤是全实心光纤——即，在25℃时完全实心材料的光纤。优选地，传输光纤是完全硅纤维，其中纤芯区、包层区和/或内含物被掺杂以达到它们各自的折射率。

[0073] 在一个实施方式中，传输光纤的传输带宽包括从约400nm至约900nm范围内的波长。波长范围非常适于多种高精度程序，特别地适于基于显微镜的程序。优选地，传输光纤

的传输带宽包括至少约100nm的带宽，诸如至少约200nm的带宽，诸如至少约300nm的带宽，诸如至少约400nm的带宽，诸如在从约400nm至约900nm范围内的整个带宽。

[0074] 在一个实施方式中，传输带宽包括可见光范围内的至少一个波长。

[0075] 在一个实施方式中，传输带宽包括大于可见光范围的波长，例如700nm或更大。这非常适于眼科手术期间的照明，特别是传输带宽完全地高于700nm的情况。

[0076] 在一个实施方式中，传输带宽包括低于450nm、或甚至低于400nm的至少一个波长。这些波长非常适于诸多显微镜照明程序。

[0077] 在一个实施方式中，传输光纤被配置用于抑制高于1500nm的波长。这可以通过选择相应圈的内含物中各内含物之间的距离和/或通过选择纤芯区的折射率和包层区的有效折射率之间的折射率差异来设置。

[0078] 在一个实施方式中，传输光纤被配置用于抑制高于900nm的波长。

[0079] 在一个实施方式中，传输光纤的传输带宽包括约1100nm至2400nm范围内的波长，优选地，传输光纤的传输带宽包括至少约100nm的带宽，诸如至少约200nm的带宽、诸如至少约300nm的带宽、诸如至少约400nm的带宽、诸如从约1100nm至2400nm范围内的整个带宽。

[0080] 在一个实施方式中，传输光纤的传输带宽包括从约400nm至1100nm范围内的波长。

[0081] 在一个实施方式中，传输光纤的传输带宽包括低于800nm、诸如低于700nm、诸如低于600nm、诸如低于500nm的波长。

[0082] 传输光纤不应该太长，因为这会导致不期望的弯曲和机械扰动。然而，传输光纤也不应该太短。在优选实施方式中，传输光纤组件可以以不同长度提供用于具体用途。

[0083] 传输光纤的合适长度例如从约5cm至约100m，诸如从约10cm至约30m，诸如从约20cm至约20m，诸如从约30cm至约10m。

[0084] 有利地，传输光纤包括至少一个组成段，该组成段有利地被配置用于分离来自传输光纤的光和/或用于结合传输光纤中的光，该组成段优选地是全光纤组成段。

[0085] 有利地，传输光纤包括熔接式元件，诸如熔接式耦合器或熔接式分束器。这种熔接式元件是本领域公知的，但迄今为止还没有被应用或熔接到传输光纤。熔接式元件的原理是传输光纤的纤芯和熔接式元件的芯——通常是光纤元件——彼此非常靠近地熔接从而将光从一个芯传输至另一个芯。熔接式元件的优点包括具有实心微结构的光纤，其例如包括纤芯区和围绕纤芯区的包层区，其中包层区包括具有折射率TN_{bg}的包层背景材料和以实心材料内含物形式的多个微结构，所述内含物具有不超过TN_{inc}的折射率并且在双传输光纤的长度上和优选地沿双传输光纤延伸，其中$TN_{inc}<TN_{bg}$，以及包层区中的多个内含物以横截面模式布置以包括围绕纤芯区的至少两圈内含物。

[0086] 已经发现，通过使用包括以所述的内含物形式的实心微结构的全实心光纤，到达或来自传输光纤的光的耦合或分离将使得耦合至传输光纤或从传输光纤分离出的光部分具有与来自光被耦合或分离处的光基本相同的波长分布。

[0087] 在一个实施方式中，传输光纤组件包括熔接式耦合器，其中熔接式耦合器在组成段处熔接至传输光纤。

[0088] 有利地，熔接式耦合器是2×2耦合器，其包括在组成段处熔接至传输光纤的耦合光纤。耦合光纤包括在熔接式组成段的任一侧上的第一和第二光纤段，并布置为使得光在传输光纤和熔接式组成段处的耦合光纤之间耦合。

[0089] 在一个实施方式中，耦合光纤布置用于将光耦合至传输光纤并同时将来自传输光纤的光部分耦合至耦合光纤。该熔接式耦合器有利地用于OCT中，如下面示例中所示出的。

[0090] 在一个实施方式中，传输光纤组件包括熔接式分束器，其中熔接式分束器在组成段处熔接至传输光纤用于分离来自传输光纤的一部分光。优选地，分离出的光部分占5-95％功率的光，其中分离出的光部分具有与光被分离处的光部分基本相同的波长分布。

[0091] 在一个实施方式中，分束器是10-90％比率分束器，其中分离出的光将占约10％功率或约90％功率。这种类型的分束器例如适于用在OCT中或晶片测量或类似装置中。

[0092] 通常，分束器可以适于从传输光纤分离任意期望功率比例的光，以及所分离出的部分可以作为基准。在一个实施方式中，具有分束器的传输光纤被配置用于干涉仪装置中。

[0093] 在一个实施方式中，分束器是50％-50％比率分束器，其中分离出的光将占约50％功率。该实施方式可适用于提供交错脉冲，例如如在“Advanced Fluorescence Fluctuation Spectroscopywith Pulsed Interleaved Excitation,Matthias Höller, Dissertation zurErlangung des Doktorgrades der FakultätfürChemie und Pharmazie der Ludwig-Maximilians-UniversitätMünchen,2011”中所描述的。

[0094] 在一个实施方式中，熔接式分束器包括用于传输光的双传输光纤，所述双传输光纤包括双传输端以及从组成段至双传输端延伸的长度，并且包括沿其长度的纤芯区和围绕纤芯区的包层区，其中包层区包括具有折射率TN_{bg}的包层背景材料和以实心材料内含物形式的多个微结构，所述内含物具有不超过TN_{inc}的折射率并且在双传输光纤的长度上和优选地沿双传输光纤延伸，其中$TN_{inc}<TN_{bg}$，以及包层区中的多个内含物以横截面模式布置以包括围绕纤芯区的至少两圈内含物，优选地，双连接器构件在包括双传输端的双传输光纤的双传输端部分处安装至双传输光纤。

[0095] 有利地，传输光纤具有约200nm或更大、诸如约300nm或更大、诸如约400nm或更大、诸如约500nm或更大的传输带宽。

[0096] 在一个实施方式中，传输光纤组件包括熔接式耦合器和熔接式分束器，其中熔接式分束器在第一组成段处熔接至传输光纤以及熔接式耦合器在更加靠近传输光纤的传输端的第二组成段处熔接至传输光纤，熔接式分束器和熔接式耦合器包括环路光纤，其被配置用于延迟通过分束器分离出以及通过耦合器重新组合至传输光纤的光脉冲部分，从而使得分离出并重新组合的光脉冲部分相对于光被分离处的光脉冲部分被延迟。

[0097] 环路光纤有利地是包括如上所述的内含物的全实心光纤。

[0098] 有利地，该组件包括输入端连接器构件，以及输入端连接器构件在包括输入端的传输光纤的输入端部分处安装至传输光纤，连接器构件优选地被配置用于将输入端物理接触地连接光发射单元，诸如微结构光纤。

[0099] 在一个实施方式中，该组件包括传输前光纤，传输前光纤耦合至传输光纤而无需自由空间光系统。在一个实施方式中，传输前光纤拼接至传输光纤，可选地通过拼接。

[0100] 有利地，拼接被设置为使得控制从模场直径、数值孔径、低传播损耗或传输带宽选择的一个或多个属性从传输前光纤至传输光纤基本不变。

[0101] 在一个实施方式中，传输光纤组件被配置用于从具有不同波长的多个多路复用激光器以单模质量传输光。该多路复用激光器的光有时称作为光谱引擎。多路复用激光器的

光可例如由蓝、绿和红色激光器多路复用，它们例如通过KeyopticsKineFLEX模块组合为单光束路径。现有技术将使用三个不同传输光纤或具有单传输光纤，其在大的波长处是单模的以及在低的波长处是多模的。迄今为止，还没有任何解决方案使得可以通过一个单传输光纤来传输包括不同波长的单模多路复用光，诸如差别约25nm或更大、诸如约100nm或更大、诸如约200nm或更大、诸如约300nm或更大的波长。

[0102] 本发明还涉及一种用于供应光至装置的宽带光源。所述宽带光源包括：

[0103] 光学泵浦光源，其可操作以生成泵浦脉冲；

[0104] 微结构光纤，其用于在进给泵浦光时生成宽带光脉冲；以及

[0105] 传输光纤，其布置用于接收至少一些宽带光脉冲的至少一部分以及用于传输宽带光脉冲的所接收部分的至少一部分至所述装置；

[0106] 其中所述光学泵浦光源布置以发射泵浦脉冲至微结构光纤，以及传输光纤具有一定长度、用于发射光的输入端和用于传输光的传输端，传输光纤沿其长度包括纤芯区和围绕纤芯区的包层区，其中所述纤芯区具有不超过约15μm的直径以及所述包层区包括具有折射率N_{bg}的包层背景材料和以实心材料内含物形式的多个微结构，其具有至少N_{inc}的折射率并且在传输光纤的纵轴长度上和优选地沿传输光纤的纵轴延伸，其中$N_{inc}<N_{bg}$，以及包层区中的多个内含物以横截面模式布置以包括围绕纤芯区的至少两圈内含物。

[0107] 宽带光源的传输光纤可有利地是如上所述的传输光纤。

[0108] 在一个实施方式中，传输光纤具有约200nm或更大的、诸如约300nm或更大的、诸如约400nm或更大的、诸如约500nm或更大的传输带宽。

[0109] 有利地，传输光纤在至少沿其传输端部分具有针对传输带宽内至少一个波长的恒定模场直径，优选地，传输光纤在至少沿其传输端部分具有传输带宽内恒定模场直径与波长分布。在一个实施方式中，传输光纤沿其包括传输端部分和连接器的整个长度具有基本恒定模场直径。

[0110] 有利地，传输光纤沿其长度的大部分具有基本恒定的模场直径与波长分布，优选地如上所述，长度的大部分例如至少包括距离传输端1cm的末端部分。

[0111] 传输光纤优选地针对传输带宽内至少一个波长是单模的。优选地，传输光纤针对传输带宽的至少约50％、诸如至少约80％、诸如传输光纤的整个传输带宽是单模的。传输光纤优选地具有约200nm或更大的、诸如约300nm或更大的、诸如约400nm或更大的、诸如约500nm或更大的传输带宽。

[0112] 有利地，传输光纤是如上所述的偏振保持光纤(PM光纤)。

[0113] 在一个实施方式中，包层区中的多个内含物以横截面模式布置以包括围绕纤芯区的至少四圈内含物、诸如围绕纤芯区的至少五圈内含物。内含物的各圈以节距模式、双节距模式、三节距模式、半节距模式、或其组合来布置，例如如上所述。

[0114] 在一个实施方式中，光纤具有所谓的单核纤芯，其基本对应于单个缺失内含物。在该实施方式中，纤芯尺寸由节距(Λ)的两倍减去内含物的直径(d)得到。

[0115] 优选地，纤芯区具有折射率N_{core}，包层区具有有效折射率N_{clad}，以及包层背景材料的折射率N_{bg}基本等于纤芯区的折射率N_{core}。

[0116] 传输光纤有利地是硅纤维以及实心内含物是下掺杂硅，优选地，彼此独立的实心内含物是掺杂有氟和/或硼和/或包括F和/或B原子的组分中的至少一种的硅。

[0117] 在一个实施方式中，传输光纤是双包层光纤，其包括内包层区和外包层区，其中所述外包层区中的内含物相比内包层区中的内含物来说具有更高折射率，优选地内包层区包括至少两圈实心材料内含物，其具有至少N_{inc}的折射率，以及外层区具有相比内包层区来说更高的有效折射率。

[0118] 外包层区中的内含物优选是具有高于N_{inc}的折射率的实心材料，优选地外包层区中的内含物是具有比外包层区的背景材料更高的折射率的实心材料。由此外包层区的内含物可用于耦合高阶模。

[0119] 在一个实施方式中，外包层被布置用于从照明目标接收并传输信号。从目标散射的光可由光学元件准直以经由外包层传输至例如光谱仪。

[0120] 传输光纤有利地以如上所述的传输光纤组件的形式。

[0121] 光学泵浦光源可以原理上是任意类型的光学泵浦光源，例如诸如在WO 2011/023201中描述的光学泵浦光源。有利地，光学泵浦光源包括锁模光纤振荡器以及优选地至少一个放大器。在一个实施方式中，光学泵浦光源包括主振荡功率放大器MOPA。MOPA构造是本领域公知的。

[0122] 微结构光纤可以是适于超连续谱生成的任意微结构光纤，例如如上引用的现有技术文献中描述的。

[0123] 有利地，光学泵浦光源和宽带光源的微结构光纤被配置为生成跨度至约200nm、优选地至少约500nm、诸如倍频的宽带光脉冲。

[0124] 有利地，微结构光纤包括孔，其连接至连接器构件，连接器构件优选地无需使用自由空间光系统连接至传输光纤。

[0125] 在一个实施方式中，包括孔的微结构光纤拼接至传输光纤，例如如US2012195554中描述的。

[0126] 在一个实施方式中，微结构光纤通过端接、可选地通过连接器构件或通过拼接、诸如冷拼接来连接至传输光纤，或其中各孔在微结构光纤末端处坍塌。

[0127] 在一个实施方式中，微结构光纤通过使用梯度折射率光纤排列(GRIN)来连接至传输光纤，如A.D.Yablon和R.Bise的“Low-Loss High-Strength Microstructured Fiber Fusion Splices Using GRIN Fiber Lenses”.2004Optical Society of America,OCIS codes:(060.2310)Fiber optics中描述的。

[0128] 在一个实施方式中，宽带光源包括带通滤光器用于对宽带光脉冲进行滤光，带通滤光器优选地是可调谐带通滤光器，其优选地选自光栅滤光器、棱镜、或声光可调滤光器(AOTF)。这些带通滤光器对于本领域技术人员来说是公知的。

[0129] 有利地，带通滤光器定位在微结构光纤和传输光纤之间。

[0130] 在一个实施方式中，传输光纤被布置以接收宽带光脉冲的带通滤光部分以及用于在没有自由空间光系统的情况下传输宽带光脉冲的所接收部分的至少一部分至所述装置。

[0131] 在一个实施方式中，滤光器是可调谐光学带通滤光器，其被配置用于可选择地选择多个波长或波长范围并将所选择的波长传输至传输光纤。

[0132] 在一个实施方式中，其中泵浦光源可操作以泵浦脉冲重复率生成泵浦脉冲，以及宽带光源包括布置于泵浦光源和微结构光纤之间的脉冲选择器，所述脉冲选择器可操作以选择脉冲以减小由泵浦光源所生成的泵浦脉冲重复率，从而使得减小的泵浦脉冲重复率被

发射至微结构光纤。

[0133] 本发明还包括宽带光源系统，其包括如上所述的宽带光源以及其中所述宽带光源系统包括具有不同传输属性的多个传输光纤组件，其中每个传输光纤组件包括输入端连接器构件和传输端连接器构件。由此使用者可以选择用于具体用途的传输光纤组件以及切换为另一传输光纤组件用于另一用途。各个传输光纤组件有利地设计用于不同程序性能，并且使用者可以相第简单地切换传输光纤组件。

[0134] 本发明还涉及一种用于供给光至装置的光谱引擎源，该光谱引擎源包括：

[0135] 两个或多个激光器，其发射具有在至少一个波长上不同的各波长的激光束；

[0136] 多路复用器；以及

[0137] 传输光纤。

[0138] 因此，光谱引擎源可包括多个激光器，其发射具有不同波长或波长带的激光束。

[0139] 多路复用器被配置用于接收每个激光器的激光束的至少一部分以及用于将所接收的光准直为多路复用光束。传输光纤布置用于接收多路复用光束以及用于将所接收多路复用光束的至少一部分传输至所述装置，以及其中所述传输光纤具有一定长度、用于发射光的输入端和用于传输光的传输端。传输光纤沿其长度包括纤芯区和围绕纤芯区的包层区，其中所述纤芯区具有不超过约15μm的直径以及所述包层区包括具有折射率N_{bg}的包层背景材料和以实心材料内含物形式的多个微结构，所述内含物具有不超过N_{inc}的折射率并且在传输光纤的纵轴长度上延伸，其中$N_{inc}<N_{bg}$，以及包层区中的多个内含物以横截面模式布置以包括围绕纤芯区的至少两圈内含物，优选地传输光纤具有其波长包括所述两个或多个激光器中每个的至少一部分波长的传输带宽。

[0140] 传输光纤可以如上所述。

[0141] 激光器可以是任意类型的激光器，诸如光纤激光器或半导体二极管激光器。

[0142] 在一个实施方式中，从所述两个或多个激光器发射的至少一个激光束具有约50nm或更小、诸如约25nm或更小、诸如约5nm或更小的带宽。

[0143] 在一个实施方式中，从所述两个或多个激光器发射的激光束中的一个包括至少一个低于500nm的波长，以及从所述两个或多个激光器发射的激光束中的一个包括至少一个高于800nm的波长。

[0144] 在一个实施方式中，光谱引擎包括至少三个激光器，其中各激光器中的第一激光器适于发射包括至少一个低于450nm波长的激光束，各激光器中的第二激光器适于发射包括至少一个在500nm至700nm范围内波长的激光束，以及各激光器中的第三激光器适于发射包括至少一个高于800nm波长的激光束。

[0145] 本发明还涉及一种包括宽带光源或包括如上所述的光谱引擎源的装置。所述装置包括光波导，其布置用于从传输光纤接收光，其中所述光波导包括连接器构件，其被配置用于与传输光纤的传输端连接器构件匹配，所述光波导优选地是光纤。

[0146] 该装置例如是被配置用于照射目标的照明装置，所述照明装置优选地选自显微镜、分光镜或内窥镜。

[0147] 有利地，照明源适用于荧光成像；荧光寿命成像(FLIM)；全内反射荧光(TIRF)显微术；荧光共振能量转移(FRET)；脉冲交错激发促进共振能量转移(PIE-FRET)；宽带光谱学；纳米光子学；流式细胞术；工业检测，诸如计量学；衰荡光谱学，诸如气体感测；分析光谱学，

诸如高光谱学，例如水果的作物分析，以及飞行时间质谱仪(TCSPC)；单分子成像和/或它们的组合。在一个实施方式中，传输光纤用作为显微镜中的所谓导光管。

[0148] 在一个实施方式中，所述装置是计量装置，所述装置优选地包括双包层传输光纤，其被配置用于从被照射目标收集信号。

[0149] 在一个实施方式中，所述装置包括至少一个传输光纤组件，其包括熔接式耦合器；和/或至少一个传输光纤组件，其包括熔接式分束器。

[0150] 在一个实施方式中，照明源包括至少一个传输光纤组件，其包括熔接式耦合器；和/或至少一个传输光纤组件，其包括熔接式分束器，以及其中所述传输光纤具有至少约200nm、优选地至少约500nm、诸如倍频的传输带宽。

[0151] 如上所述的包括各范围和优选范围的本发明的所有特征和本发明的各实施方式可以在本发明的范围内以各种方式组合，除非具有特别原因不能组合这些特征。

附图说明

[0152] 本发明的上述和/或另外目的、特征和优点将通过本发明的各实施方式的下面示意性和非限制性详细描述并参照附图来进一步阐明。

[0153] 图1a示出了本发明的传输光纤组件的实施方式的传输光纤的横截面。

[0154] 图1b示出了针对图1a中所示的输送光纤的以传输损耗谱形式的波长分布图；

[0155] 图1c示出了PM光纤的示例，其中黑色区域是掺杂有诸如硼的另一材料的内含物。

[0156] 图1d示出了针对根据本发明的光纤的关于节距的长波长传输边缘和短波长传输边缘的示例。

[0157] 图2示出了本发明的传输光纤组件的实施方式的透视图。

[0158] 图3是本发明的宽带光源的实施方式的示意图。

[0159] 图4是本发明的宽带光源的另一实施方式的示意图。

[0160] 图5是本发明的宽带光源的又一实施方式的示意图。

[0161] 图6是以干涉仪形式的本发明的装置的实施方式的示意图。

[0162] 图7是以另一类型的干涉仪形式的本发明的装置的实施方式的示意图。

[0163] 图8是本发明的光谱引擎源的实施方式的示意图。

[0164] 图9是本发明的光谱引擎源的另一实施方式的示意图。

[0165] 图10是本发明的实施方式的装置的示意图。

[0166] 图11是本发明的实施方式的另一装置的示意图。

具体实施方式

[0167] 附图是示意性的并且为了清楚可以简化。贯穿全文，相同的附图标记用于相同或相应的部件。

[0168] 图1a示出了传输光纤组件的传输光纤5的横截面。传输光纤5包括具有折射率n_{core}的纤芯区。纤芯由包层区围绕，包层区包括具有折射率N_{bg}的背景材料和以实心材料内含物2a、2b形式的多个微结构，所述内含物具有不超过N_{inc}的折射率并且在传输光纤的纵轴长度上延伸，其中$N_{inc}<N_{bg}$。包层区中的多个内含物2a、2b以横截面模式布置，其包括围绕纤芯区的至少6圈内含物。在所示实施方式中，径向方向上最内圈的3圈内含物2a具有相比径向方

向上最外圈的3圈内含物2b来说更低的折射率。在所示实施方式中，内含物具有基本相同的直径。如上所说明的，针对一些应用，可能有利的是对于一圈内含物相比另一圈内含物来说具有不同的直径。

[0169] 图1b示出了对应于图1中所示的具有六圈内含物但其中全部内含物具有相同折射率的传输光纤的光纤的传输损耗谱。在该示例中，纤芯具有10μm直径，内含物具有比纤芯的折射率低1.2％的折射率，以及包层背景硅材料在635nm。包层内含物之间中心至中心距离(也公知为节距)为6μm以及内含物的直径为3μm。

[0170] 通过从宽带光谱光源发送光穿过光纤并执行截断来分离耦合损耗来获得光谱。1400nm附近的峰值是由吸水产生。传输光纤在传输光纤的整个传输带宽中是单模的。可以看出的是，传输光纤具有从约425nm至约1500nm延伸的非常宽的传输带宽。

[0171] 图1c中示出的传输光纤是PM光纤的示例，其包括具有折射率n_{core}的纤芯区。纤芯由包层区围绕，包层区包括具有折射率N_{bg}的背景材料和以实心材料内含物7a、7b形式的多个微结构，所述内含物具有不超过N_{inc}的折射率并且在传输光纤的纵轴长度上延伸，其中$N_{inc}<N_{bg}$。包层区中的多个内含物7a、7b以横截面模式布置，其包括围绕纤芯区的至少6圈内含物。在所示实施方式中，相比其他内含物7a来说具有更高折射率的多个内含物7b以两个相对的簇布置用于形成应力元件。具有较高折射率的内含物7b例如掺杂有硼。

[0172] 在传输光纤的实施方式中，已经发现包层中内含物的直径(d)相对于节距(Λ)可能对传输光纤的导光特性具有大的影响。在一个实施方式中，在d/Λ小于约0.4时，传输损耗大。在一个实施方式中，在d/Λ大于约0.6时，光纤是多模的。

[0173] 在本发明的实施方式中，已经发现传输光纤的节距(Λ)可能对传输光纤的光谱传输带宽具有大的影响。

[0174] 特别地，发现短波长传输边缘对于节距设置了上限，以及其中该限制随着所需的短波长边缘增加，以使得例如300nm的短波长边缘需要小于6μm的节距，而600nm的短波长边缘需要小于9μm的节距。

[0175] 此外，发现长波长传输边缘对于节距设置了下限，以及其中该限制随着所需的长波长边缘增加，以使得例如800nm的长波长边缘需要至少3.2μm的节距而1500nm的长波长边缘需要至少6μm的节距。

[0176] 图1d示出了关于根据本发明的具有约0.5的d/Λ的光纤的节距的长波长传输边缘(201)和短波长传输边缘(202)的示例。

[0177] 在一个示例中，传输光纤的模场直径从500nm处的约8.0μm至900nm处的约9.0μm变化。在一个实施方式中，光纤的模场直径从500nm至900nm变化小于约20％。

[0178] 图2示出了传输光纤组件的一部分，其包括传输光纤5和连接器构件6，连接器构件6在包括传输末端5a的传输光纤的传输末端段处安装至传输光纤。可以看出的是，传输光纤包括防护涂层，诸如聚合物防护涂层。

[0179] 连接器构件有利地是以下类型的光纤连接器，其在现有技术中通常用于终止标准光纤的末端以使得两个标准光纤以低损耗简单连接和断开。

[0180] 在安装期间，光纤通常在光学连接器构件的内侧对齐，以使得光学传输光纤的纤芯区处于连接器构件的连接器平面的内侧中心。对于偏振或偏振保持光纤，还可以转动光纤从而使得偏振轴处于预定平面中。此外，确保的是光纤的端面处于连接器构件的输出平

面。这例如可以通过对连接器和光纤端面抛光来实现。

[0181] 如果光被发送穿过在输出端上具有连接器构件的传输光纤组件，则从连接器构件输出端发射的光的位置是公知的。针对标准全实心单模光纤，光将使得其焦面以及由此腰线处于连接器的输出平面处。

[0182] 许多不同类型的连接器已经引入到市场，诸如举例来说，FC、E-2000、SMA连接器，以及具有内置光束展宽的连接器。

[0183] 期望的是使用具有低损耗和高功率容量的光纤连接器构件，这是因为它们应当有利地能够处理诸如不超过100mW或甚至不超过数瓦的平均功率。

[0184] 图3中所示的宽带光源10包括宽带激光脉冲发生器1，其包括可操作以生成泵浦脉冲的未示出的光学泵浦光源以及用于在进给泵浦光后生成宽带光脉冲的未示出的微结构光纤，其中光学泵浦光源布置以发射泵浦脉冲至微结构光纤。在所示的实施方式中，宽带激光脉冲发生器1是以丹麦NKT Photonics市售的SuperK™系统的形式。宽带光源还包括传输光纤5，其包括如上所述的实心内含物。传输光纤5布置用于接收至少一些所述宽带光脉冲的至少一部分。在所示的实施方式中，宽带光源10还包括光学元件3，优选地是布置在宽带激光脉冲发生器1和传输光纤5之间的滤光器3。光学元件3例如是偏振器、光谱滤光器(优选可调谐)和/或分束器。

[0185] 在传输光纤5的输出端部分，传输光纤包括连接器构件6，例如如上所述的。连接器构件6有利地配置为用于传输所述宽带光脉冲的所述接收部分的至少一部分至如上所述的装置。

[0186] 在图4中所示的实施方式中，宽带光源10耦合至光波导，其布置用于从传输光纤(这里称为第一传输光纤)接收光。在该实施方式中，布置用于从第一传输光纤接收光的光波导是以附加传输组件的形式，附加传输组件包括第二传输光纤22以及第二传输光纤入口端连接器构件21和第二传输光纤输出端终止单元23。在下文中称为第一传输光纤组件5、6的传输光纤组件5、6的连接器构件6使用匹配套筒20连接至第二传输光纤入口端连接器构件21。

[0187] 通过使用匹配套筒，连接器机械地耦合第一和第二传输光纤5、22的纤芯区，以使得光可以以低损耗从第一传输光纤5传递至第二传输光纤22。优选地，连接器构件是弹簧装载的，从而在连接器构件6、21配对时光纤面被按压在一起。所产生的玻璃至玻璃或塑料至塑料接触消除了将由接合纤维之间的空气间隙引起的信号损耗。

[0188] 光纤终止单元23有利地是连接器构件、准直器、球透镜、自聚焦透镜或任意其他合适的终止单元。

[0189] 第二光纤传输光纤22可以在原理上是任意类型的光纤，优选地具有相对宽的传输带宽，例如至少约200nm或更大，以及优选地第二光学传输光纤22的传输带宽与第一传输光纤5的传输带宽至少部分地重叠。

[0190] 在一个实施方式中，第二光学传输光纤22与第一传输光纤5基本相同。

[0191] 在一个实施方式中，可以在不需要更换第二光纤传输组件21、22、23的情况下更换包括宽带激光脉冲发生器1和第一光纤传输组件5、6的宽带光源10，反之亦然。

[0192] 在一个实施方式中，宽带光源10和所述第二光纤传输组件21、22、23内置到装置中或可替代地，第二光纤传输组件21、22、23内置到装置中，而宽带光源10布置以经由连接器

构件6、21之间的连接将光供给至该装置。该装置的示例是显微镜、生物成像系统(诸如举例来说OCT、SLO、STED、CARS和光声系统)、对准或重叠系统以及制造设备(诸如举例来说半导体制造设备)。本发明的该实施方式使得宽带光源10可以容易地断开以用于维修和/或可以独立于所述第二光纤组件21、22、23进行更换,其例如会更加难以从该装置的其余部分断开。例如,构成本发明的实施方式的宽带光源的超连续谱光源和第一光纤传输组件可以被包括在第一模块中,而第二光纤组件21、22、23是第二模块的一部分,诸如举例来说半导体晶片划线器中的对准传感器。在该示例中,本发明能够实现半导体晶片划线器的模块化构建。在半导体晶片划线器发生故障时,故障可以定位至发生故障的具体模块,并且这可以独立于其他模块进行更换。相比于需要同时更换两个模块,这改进了半导体晶片划线器的风险管理。

[0193] 在一个实施方式中,第二光纤传输组件21、22、23在生物医学成像或外科手术应用中使用。该实施方式的示例包括内窥镜、结肠镜、鼻镜和支气管镜以及其他应用,其中第二光纤的一部分进入人体或动物体内。在这些实施方式中,如图3中所示的宽带光源10可以容易地连接至如上所述的连接构件21。

[0194] 在一个实施方式中,第二光纤传输组件在使用前消毒。

[0195] 在一个实施方式中,第二光纤传输组件是一次性的。

[0196] 图5是本发明的宽带光源的另一实施方式的示意图。宽带系统10可以是如上所述的以及第二光学传输光纤组件21、22、23可以是如图4中所描述的。

[0197] 光纤终止单元23有利地是或包括准直器,用于朝向样本30聚焦光。

[0198] 有利地,第二光纤传输组件21、22、23内置到装置中以及宽带光源10可选地布置为该装置中的内置模块并布置用于经由连接器构件6、21之间的连接将光供给至该装置。光源10包括或光学地连接至光检测器34,以及光学元件3包括附加滤光器32,其布置以指引由样本反射并由光纤5和22引导的光33的一部分。附加滤光器有利地是分束器。

[0199] 在一个实施方式中,传输光纤5和第二光纤22是双包层光纤。由此由样本反射的一部分光31可以经由第二光学传输光纤组件21、22、23和第一传输光纤组件5、6被引导至光检测器。在一个实施方式中,传输光纤5和第二光纤22包括具有至少0.1、诸如至少0.15、诸如至少0.22的NA的包层。同样在该实施方式中,光纤5、22将引导在测试时正在从样本反射的一些光31。

[0200] 在一个实施方式中,光学元件3包括工具来分离从样本反射并由光纤33引导的光和来自宽带光源的至少一些光。该工具例如是分束器32。

[0201] 在可替代实施方式中,应用双包层光纤耦合器来替代分束器,例如通过在第一传输光纤的输入端提供双包层光纤耦合器。双包层光纤耦合器有利地被配置用于分隔纤芯和包层光,例如通过具有2×2端口结构,其包括耦合器的两个端口上的多模双包层光纤和其他两个端口上的单模双包层光纤,诸如举例来说由Thorlabs提供的DC1300 LEB。原理上,通过对于本领域技术人员来说已知的任意其他手段,反射光的部分或全部可以与宽带光源的大部分光分离。

[0202] 有利地,反射和分离的光被传输至光检测器34,诸如举例来说光电二极管和分光计。

[0203] 图6是以干涉仪形式的本发明的装置的实施方式的示意图,例如用于光学相干断

层成像(OCT),例如用于内部组织可视化。干涉仪包括第一传输光纤组件105a、106a,它们包括熔接式耦合器传输光纤组件105b、106b,其中第一传输光纤组件105a、106a和熔接式耦合器传输光纤组件106b在组成段100中熔接。干涉仪包括具有可操作以生成泵浦脉冲的光学泵浦光源101a的宽带光源,和用于从所述光学泵浦光源101a进给泵浦脉冲时生成宽带光脉冲的气孔微结构光纤101b,以及第一传输光纤组件105a、106a,其包括具有如上所述的实心内含物的传输光纤105a和同样如上所述的连接器构件106a。第一传输光纤组件105a、106a经由传输光纤连接器构件106c和端帽连接构件101c连接至微结构光纤,光纤连接器构件106c有利地是如上所述的连接器构件。在端帽连接构件101c中,沿比气孔微结构光纤101b小于几mm延伸的气孔坍塌并且光束由未示出的透镜准直。传输光纤连接器构件106c和端帽连接构件101c由匹配套筒20c配对并保持在一起。在可替代实施方式中,气孔微结构光纤101b通过拼接和/或通过使用如上所述的GRIN透镜被拼接至传输光纤105。

[0204] 干涉仪包括第二光纤组件21a、22a、23a,其有利地是如上所述的第二光纤组件21、22、23,以及连接器构件106a、21a通过匹配套筒20a连接并保持在一起。

[0205] 熔接式耦合器传输光纤组件105b、106b连接至第三光纤组件21b、22b、23b,其有利地是如上所述的第二光纤组件21、22、23,以及连接器构件106b、21b通过匹配套筒20b连接并保持在一起。干涉仪还包括反射镜40或另一基准单元,布置以反射经由光纤终止单元23b发射的光。在可替代实施方式中,基准单元不包括在该装置中而可以由使用者进行选择。

[0206] 熔接式耦合器传输光纤组件105b还连接至检测器124,诸如分光仪。宽带光源可包括一个或多个可调谐或不可调谐滤光器和/或脉冲选择器以及一个或多个放大器,诸如本领域中所公知的。

[0207] 通常,耦合器具有阻挡端口,其中光直接从一个顶臂至另一顶臂(或从一个底臂至另一底臂),以及交叉端口,其中光纤从顶臂至底臂,或反之亦然。通常,耦合器靠近以具有非常低的损耗以使得所有光被发送至阻挡端口或交叉端口。在该实施方式中,两个顶臂由组成段100的任一侧上的传输光纤105a来提供以及底臂由组成段100的任一侧上的传输光纤105b来提供。阻挡端口和交叉端口由组成段100提供。阻挡端口具有x的传输系数以及交叉臂具有(1-x)的传输系数。不论穿过耦合器的方向,传输系数是相同的。

[0208] 在使用时,宽带光脉冲被传输至传输光纤105a并如在最靠近微结构光纤的传输105a末端的示图上所标记的,光脉冲功率被设置为100%=“1”。在熔接式组成段100处,一些光(x)经由传输光纤105a进一步传输以及一些光(1-x)经由熔接式耦合器传输光纤105b进一步传输。

[0209] 从熔接式组成段100并经由传输光纤105a传输的光部分(x)被传输至第二光纤组件21a、22a、23a,以及经由光纤终止单元23a,光脉冲朝向样本30发射,以及反射光31a在相反方向上经由第二光纤22a和传输光纤105a传输直至所传送光到达熔接式组成段100。从那里,所传送光的一部分经由熔接式耦合器传输光纤105b进一步传输至检测器104。

[0210] 从熔接式组成段100并经由熔接式耦合器传输光纤105b传输的光部分(1-x)被传输至第三光纤组件21b、22b、23b,以及经由光纤终止单元23b,光脉冲朝向反射镜40发射,以及反射光31b在相反方向上经由第三光纤22b和熔接式耦合器传输光纤105b传输直至所传送光到达熔接式组成段100。从那里,所传送光的一部分经由熔接式耦合器传输光纤105b进一步传输至检测器104。有利地,反射镜基本反射入射在其上的全部光。

[0211] 如所说明的，干涉仪因此具有两个干涉臂，一个臂引导光至样本并转发反射光以及一个臂引导光至基准单元(例如，反射镜)并转发反射光。在一个实施方式中，一个干涉臂被配置为聚焦在组织样本上并用于以X-Y纵向光栅模式扫描样本。另一个干涉臂从基准反射镜反弹。来自组织样本的反射光与来自基准的反射光组合。

[0212] 如上所提及的，在图6中所示的实施方式中，光从宽带激光器出发穿过耦合器的交叉端口以到达反射镜40。它从反射镜反射并穿过耦合器的阻挡端口返回以到达检测器124。假定反射是无损耗的，整个路径的传输系数是两个传输系数的乘积，即x(1-x)。

[0213] 图7是包括组合器的本发明的传输光纤的实施方式的示意图。

[0214] 有利地，全部传输光纤105a、105b、22a、22b是全实心光纤，其包括以如上所述的内含物形式的微结构，并且优选地，全部传输光纤105a、105b、22a、22b具有200nm或更大的传输带宽，优选地传输带宽是重叠的或相同的。

[0215] 图7是以另一类型的干涉仪的形式的本发明的装置的实施方式的示意图，该另一类型的干涉仪例如用于例如薄膜、晶片、光学线宽测量仪(OCD)、晶体管的重叠和晶片应力以及互连计量应用的光学计量。

[0216] 图7的干涉仪的部件与图6的干涉仪的对应部件相似。干涉仪包括第一传输光纤组件105a、106a，它们包括熔接式分束器传输光纤组件105b、106b，其中第一传输光纤组件105a、106a和熔接式分束器传输光纤组件106b在组成段100中熔接。干涉仪包括具有可操作以生成泵浦脉冲的光学泵浦光源101a的宽带光源、用于在从所述光学泵浦光源101a进给泵浦脉冲时生成宽带光脉冲的微结构光纤101b、以及第一传输光纤组件105a、106a，其包括具有如上所述的实心内含物的传输光纤105a和同样如上所述的连接器构件106a。第一传输光纤组件105a、106a经由滤光器32连接至微结构光纤，滤光器32布置以将由样本30e和基准单元40反射的反射光33的一部分引向光检测器34。其余部件如图7中的示例。

[0217] 图8示出了适于提供光至装置的光谱引擎源。光谱引擎源包括三个激光器121、122、123，它们分别发射激光束121a、122a、123a。激光束121a、122a、123a在至少一个波长上彼此不同，如上所述。

[0218] 激光器121、122、123可以是相同或不同的类型，诸如一个或多个气体激光器、一个或多个化学激光器、一个或多个金属蒸气激光器和/或一个或多个半导体激光器。

[0219] 光谱引擎源还包括多路复用器M，这里由多个反射镜示意，它们布置以将光束121a、122a、123a组合为一个单条多路复用光束M。应该理解的是，多路复用器可以是任意类型的多路复用器或组合器，其能够将每个激光器的至少一部分激光束组合以及用于将所接收光准直至多路复用光束。多路复用器M将121a、122a、123a足够接近地准直以被本发明的光谱引擎源的传输光纤接收。为了简化起见，光谱引擎源的传输光纤未示出，然而，传输光纤被布置以收集多路复用光束M并用于将所接收的多路复用光束M的至少一部分传输至装置。

[0220] 图9示出了适用于提供光至装置的另一光谱引擎源。光谱引擎源包括5个激光器131、132、133、134、135，它们分别发射激光束131a、132a、133a、134a、135a。激光束131a、132a、133a、134a、135a在至少一个波长上彼此不同。例如，激光束131a可包括400-500nm范围内的波长，激光束132a可包括500-600nm范围内的波长，激光束133a可包括600-700nm范围内的波长，激光束135a可包括800-900nm范围内的波长。

[0221] 光谱引擎源还包括多路复用器M，这里由多个反射镜示意，它们布置以将光束131a、132a、133a、134a、135a组合为一个单条多路复用光束M。光谱引擎源还包括未示出的传输光纤，如上所述，用于接收多路复用光束并用于所接收的多路复用光束M的至少一部分传输至装置。

[0222] 图10示出了包括光源LS的本发明的实施方式的装置，光源LS选自宽带光源、宽带光源系统或光谱引擎源，具有如上所述的传输光纤DL。该装置是平板印刷装置并包括照明系统(照明器)IL，其布置用于从光源LS的传输光纤接收光。照明器IL可包括调节器AD，用于调节从光源LS接收的辐射束的光强度分布。另外，照明器IL可包括各种其他元件，诸如积分器IN和聚光器CO。照明器可用于调节辐射束，以在其横截面上具有期望的均匀性和强度分布。

[0223] 辐射束B入射在由支撑结构(例如，掩模台MT)保持的模式设备(例如，掩模MA)上，并由模式设备形成图案。横穿掩模MA，辐射束B穿过投影系统PS，投影系统PS将光束聚焦在基底W的目标部分C上。借助于第二定位器PW和位置传感器IF(例如，干涉仪设备、线性编码器或电容传感器)，基底台WT可以精确地移动，例如使得在辐射束B的路径上定位不同目标部分C。类似地，第一定位器PM和另一位置传感器(其在图1中未明确描绘)可以用于例如在从掩模库机械检索后、或在扫描期间将掩模MA关于辐射束B的路径精确地定位。通常，掩模台MT的移动可借助于长冲程模块(粗定位)和短冲程模块(细定位)来实现，这形成第一定位器PM的一部分。类似地，基底台WT的移动可使用长冲程模块和短冲程模块来实现，这形成第二定位器PW的一部分。在步进器(与扫描器相对)的情形中，掩模台MT可仅连接至短冲程致动器，或可以是固定的。掩模MA和基底W可使用掩模对准标记M1、M2和基底对准标记P1、P2来对齐。尽管所示意的基底对准标记占据了专用目标部分，它们可以定位在目标部分之间的空间中(这些称作为线通道对准标记)。类似地，在其中多于一个模具设置于掩模MA的情形中，掩模对准标记可以定位在模具之间。该装置可例如如US2007013921中所述的来操作。

[0224] 图11示出了包括扫描显微镜和光源LS的本发明的实施方式的装置，扫描显微镜体现为共焦扫描显微镜，光源LS选自宽带光源、宽带光源系统或光谱引擎源，具有如上所述的传输光纤DL。光源LS经由传输光纤DL传输照明光束211。

[0225] 扫描显微镜包括声光元件213，其体现为AOTF215。通过声光元件213，从照明光束211中选出的光212到达射束偏转设备17，其包含万向架固定的扫描镜19并且引导照明光束211穿过扫描光学系统221、管路光学系统223、以及物镜225、到达或穿过样本227。来自样本的检测光束229在相反方向上行进，穿过扫描光学系统221、管路光学系统223、以及物镜225，并经由扫描镜219到达声光元件213，其将检测光束229传输至检测器231，检测器体现为多波段检测器。照明光束211在附图中描绘为实线，以及检测光束229为虚线。为了完整，示意性地绘出了通常设置于共焦扫描显微镜中的照明针孔233和检测针孔235。然而为了更加清楚，省略了用于引导并成形光束的某些光学元件。声光元件213，其用于选择被选定的波长谱，被配置为AOTF215，声波穿过它。声波由电激发压电发声器237生成。通过高频源239实现激发，高频源239生成呈现可调节HF谱的电磁高频波。HF谱被选择为使得仅具有期望波长的照明光束211的那些部分到达射束偏转设备217。未被声激发影响的照明光束211的其他部分被引导至射束阱241。照明光束211的功率水平可以通过改变声波的振幅来选择。声光元件213的晶体切片和定向被选择以使得通过单耦合方向，不同波长在相同方向上偏转。

计算机243用于选择第二或第三波长谱。计算机243的监视器247用作为光谱组成的显示器。波长谱的选择连同其光谱组成基于具有两个坐标轴X、Y的坐标系中的曲线G来实现。光波长绘制于坐标轴X上，以及其功率水平绘制于坐标轴Y上。计算机243根据使用者的规定来控制高频源239。使用者使用计算机鼠标257进行调节。滑块259描绘于监视器247上，用于照明光束11或检测光束229的整体光功率水平的调节。

[0226] 尽管已经详细描述和示出了各个实施方式，本发明不限制于它们，而是还可以在下面权利要求书中限定的主题的范围内以其他方式体现。特别地，应该理解的是，可以利用其他实施方式，以及可以在不偏离本发明的范围的情况下做出结构和功能改变。

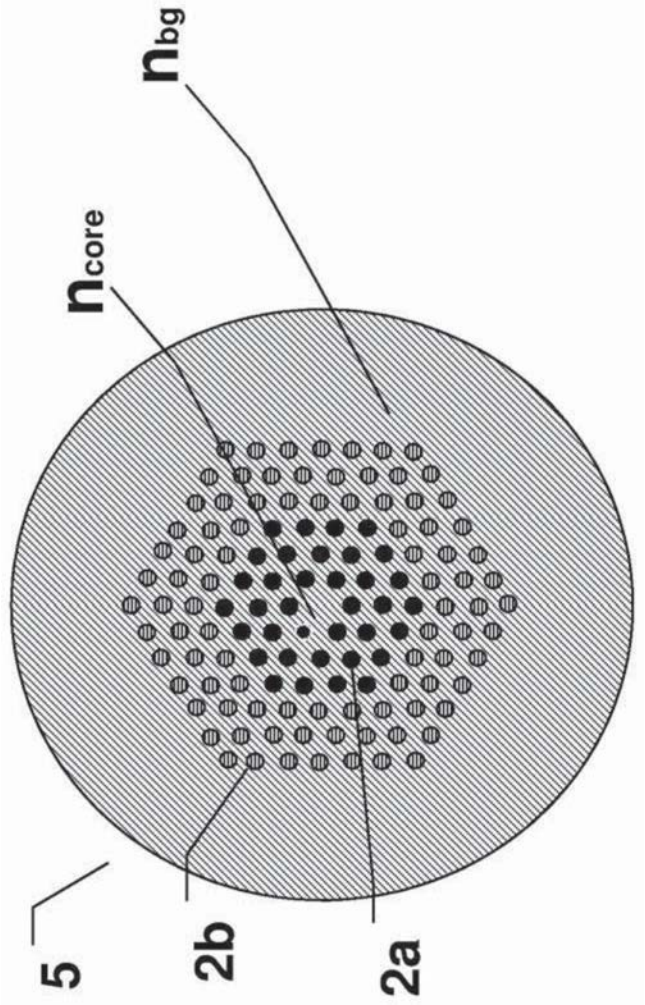


图1a

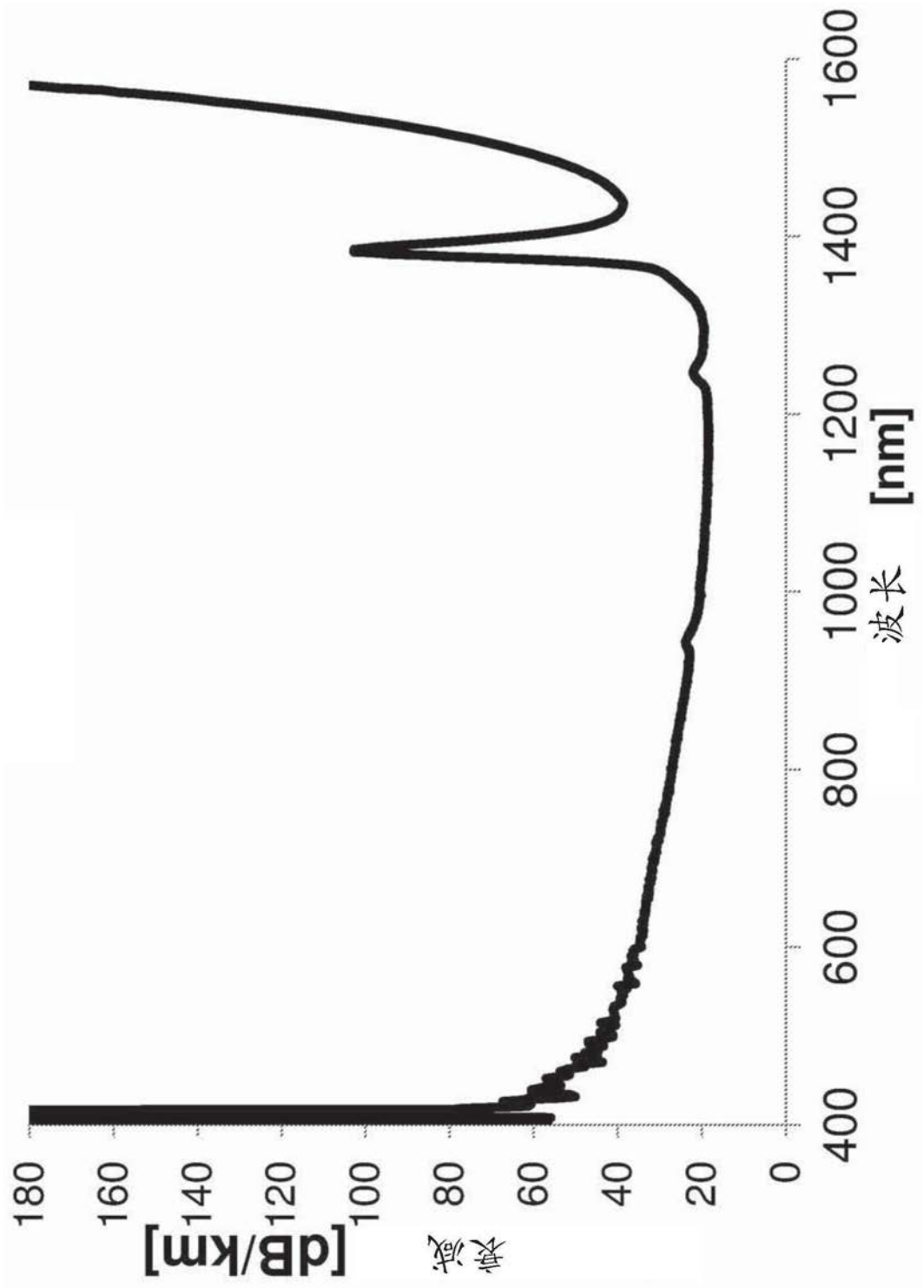

180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
[dB/km]
衰减
400
600
800
1000
1200
1400
1600
[nm]
波长

图1b

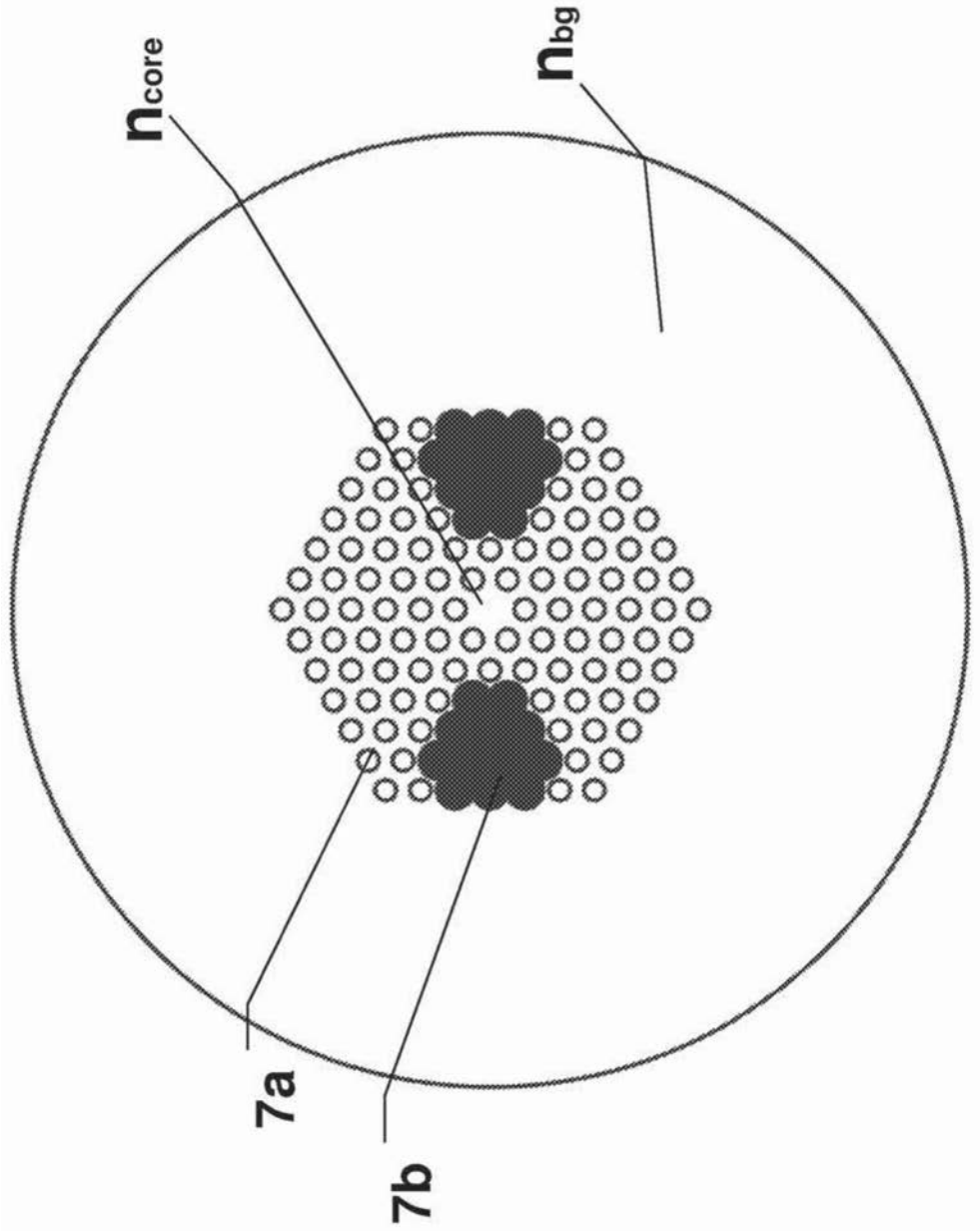


图1c

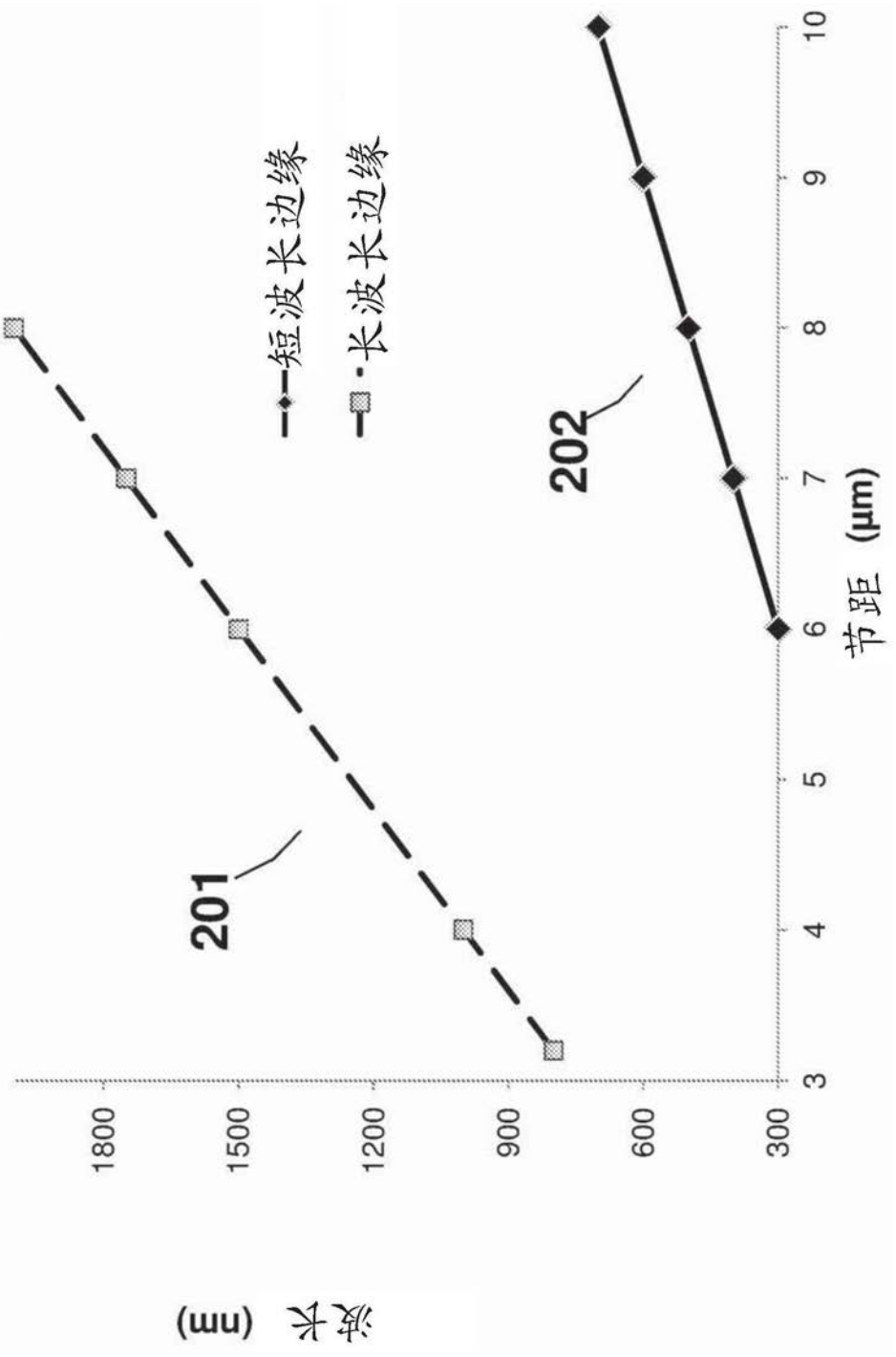

短波长边缘
长波长边缘
201
202
1800
1500
1200
900
600
300
3
4
5
6
7
8
9
10
节距 (μm)
波长 (nm)

图1d

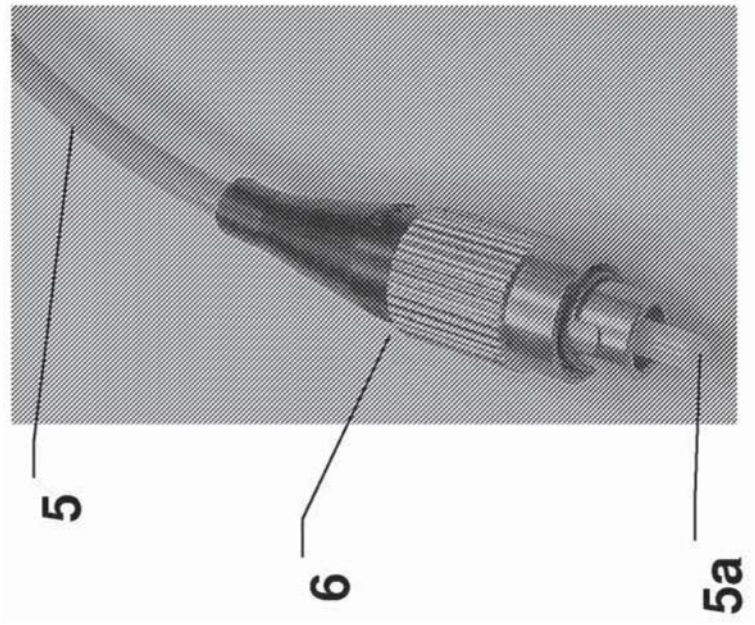


图2

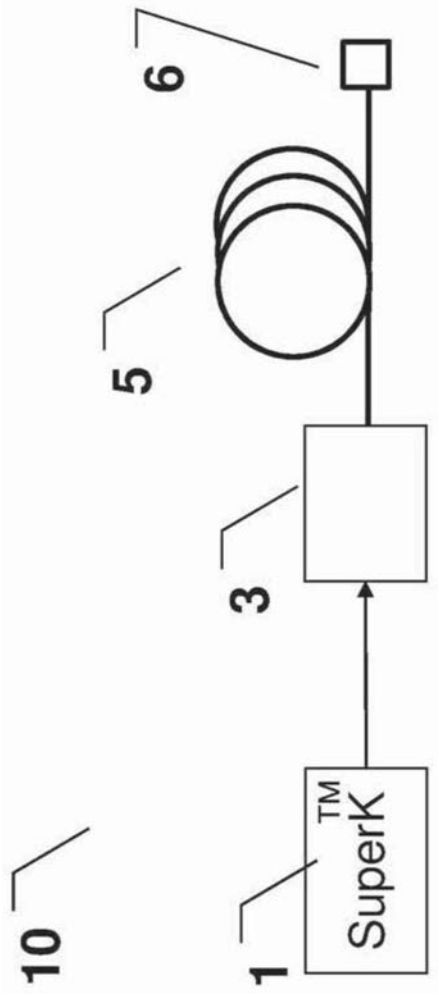


图3

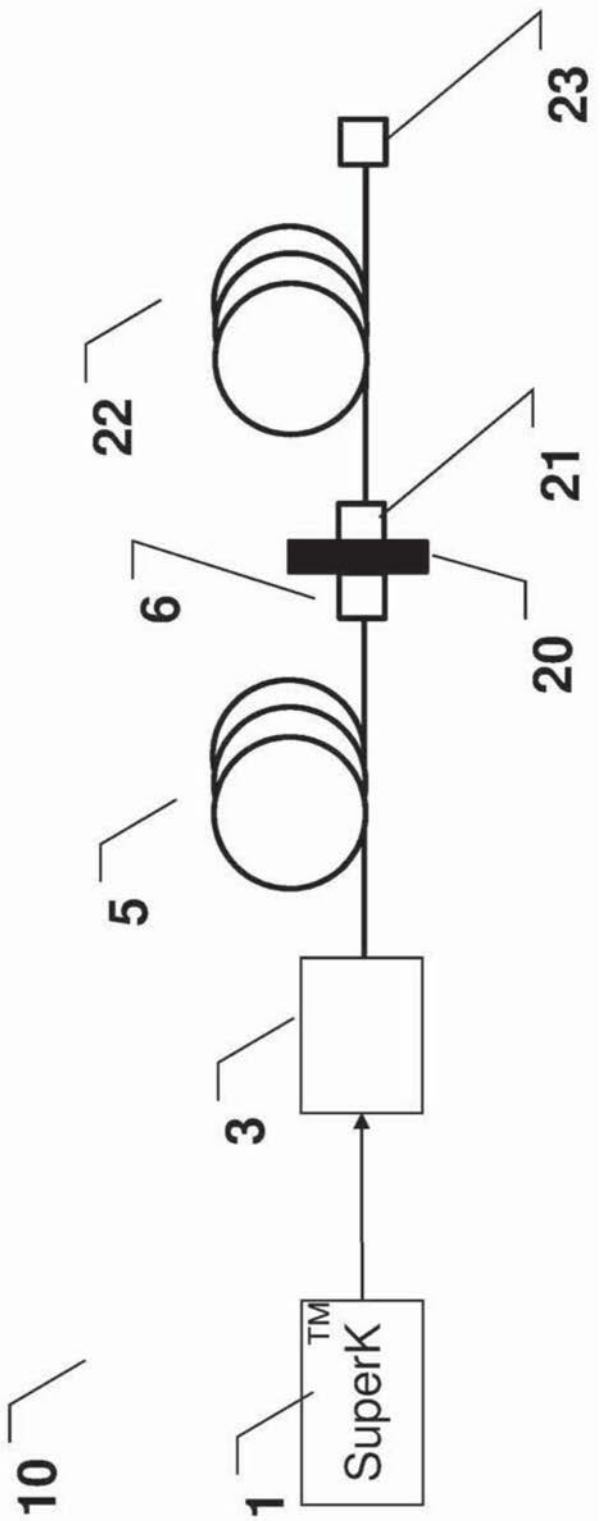


图4

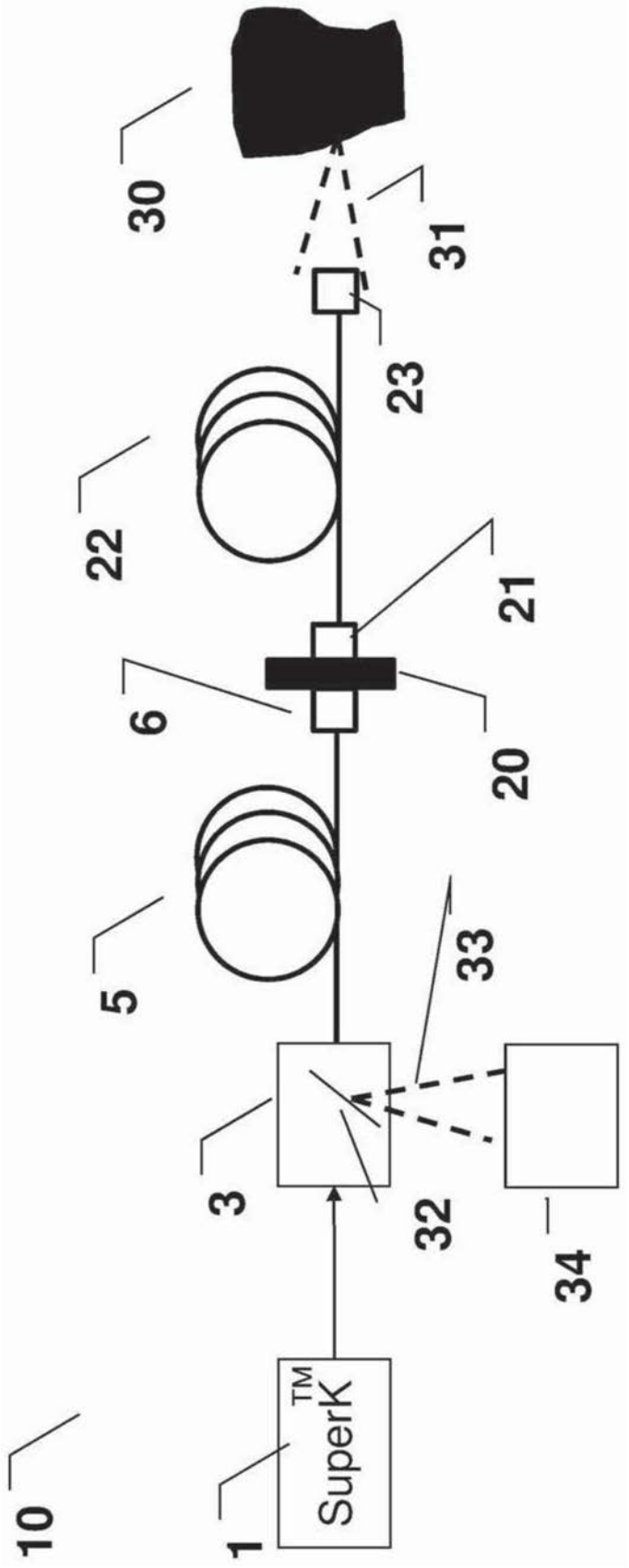


图5

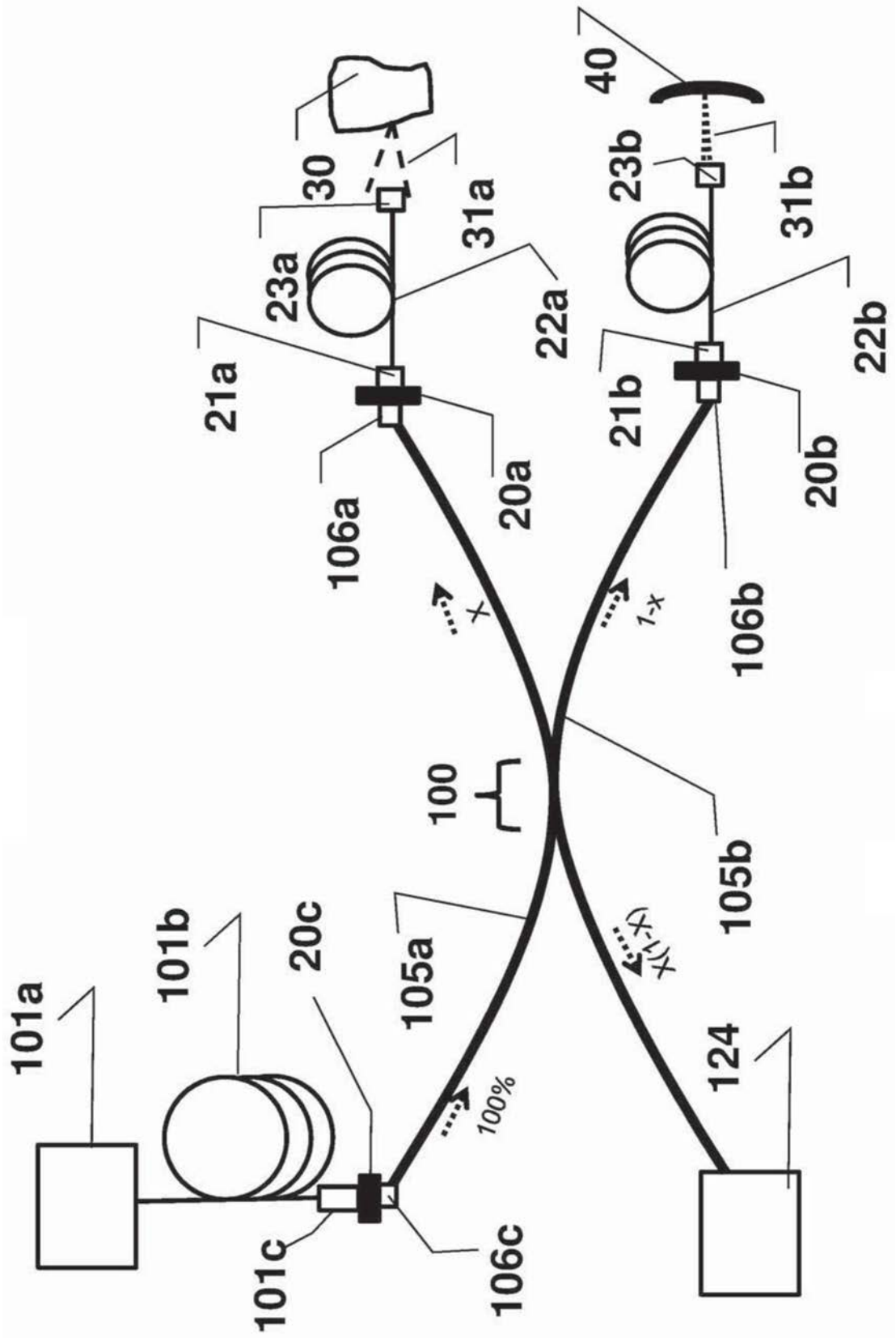

40
23b
31b
22b
30
31a
23a
22a
21a
21b
20b
106a
20a
106b
x
1-x
100
105b
101a
101b
20c
105a
x/(1-x)
124
100%
101c
106c

图6

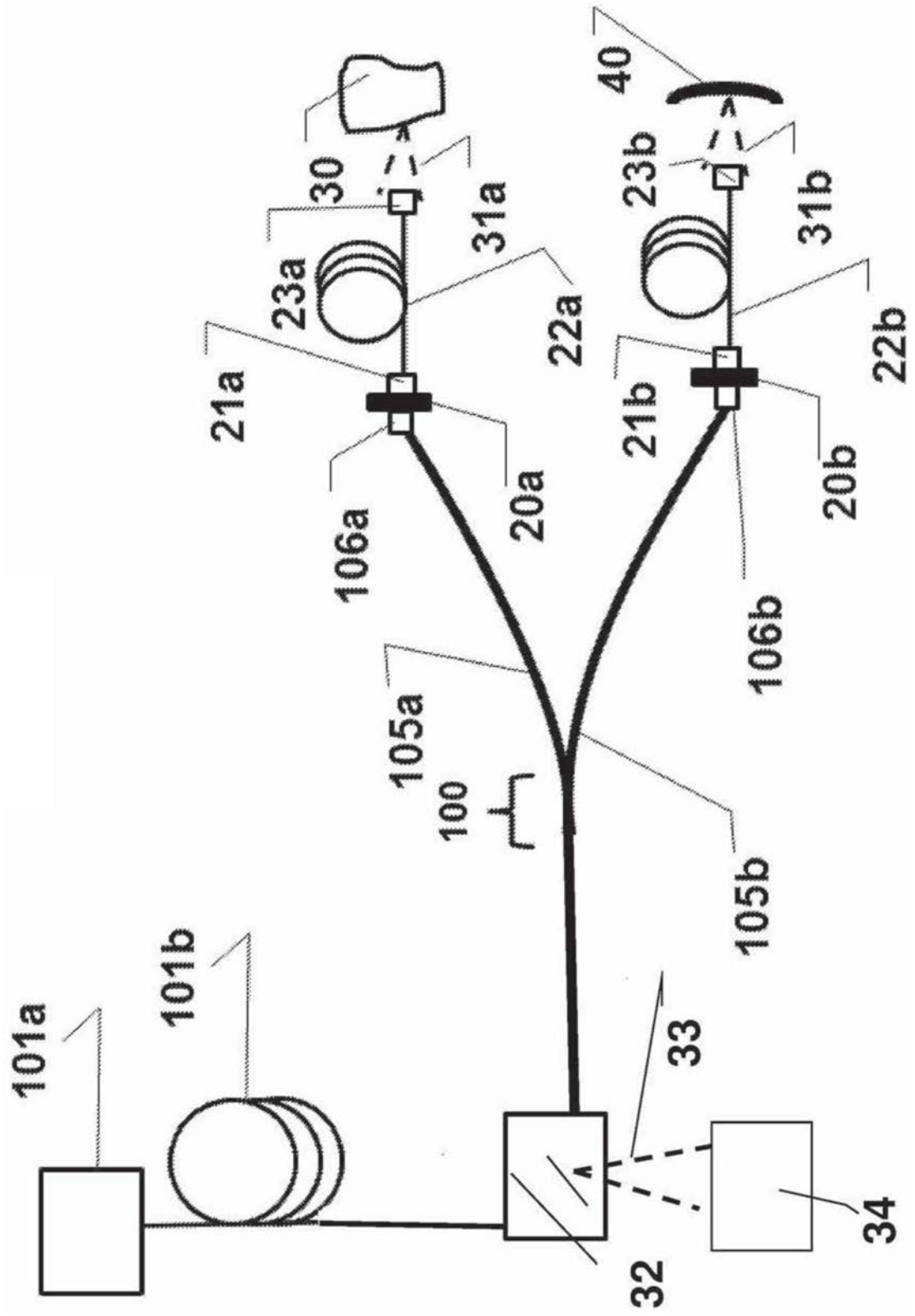

40
30
23b
31a
31b
23a
22a
22b
21a
21b
20a
20b
106a
106b
105a
100
105b
101b
101a
33
34
32

图7

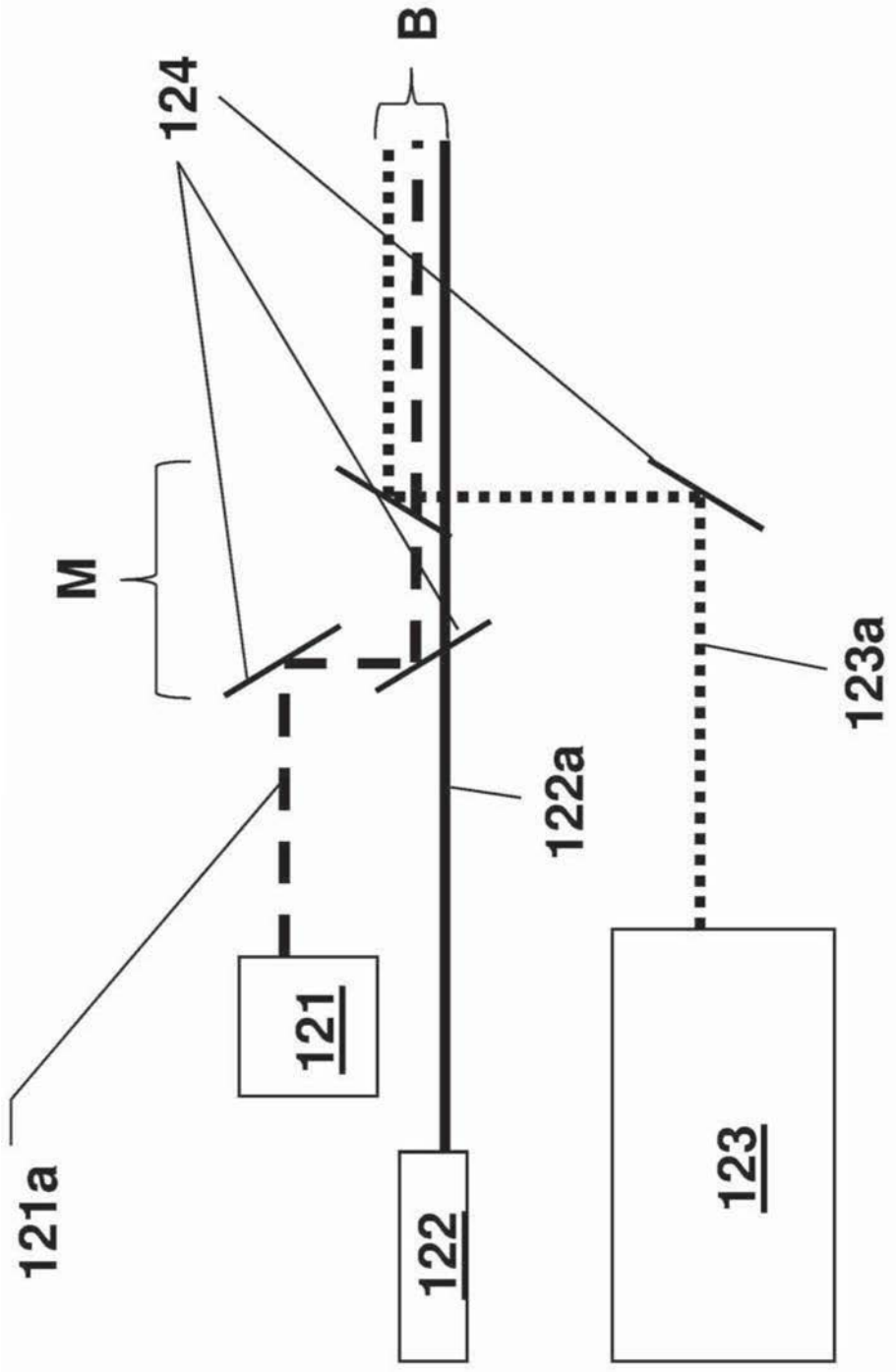


图8

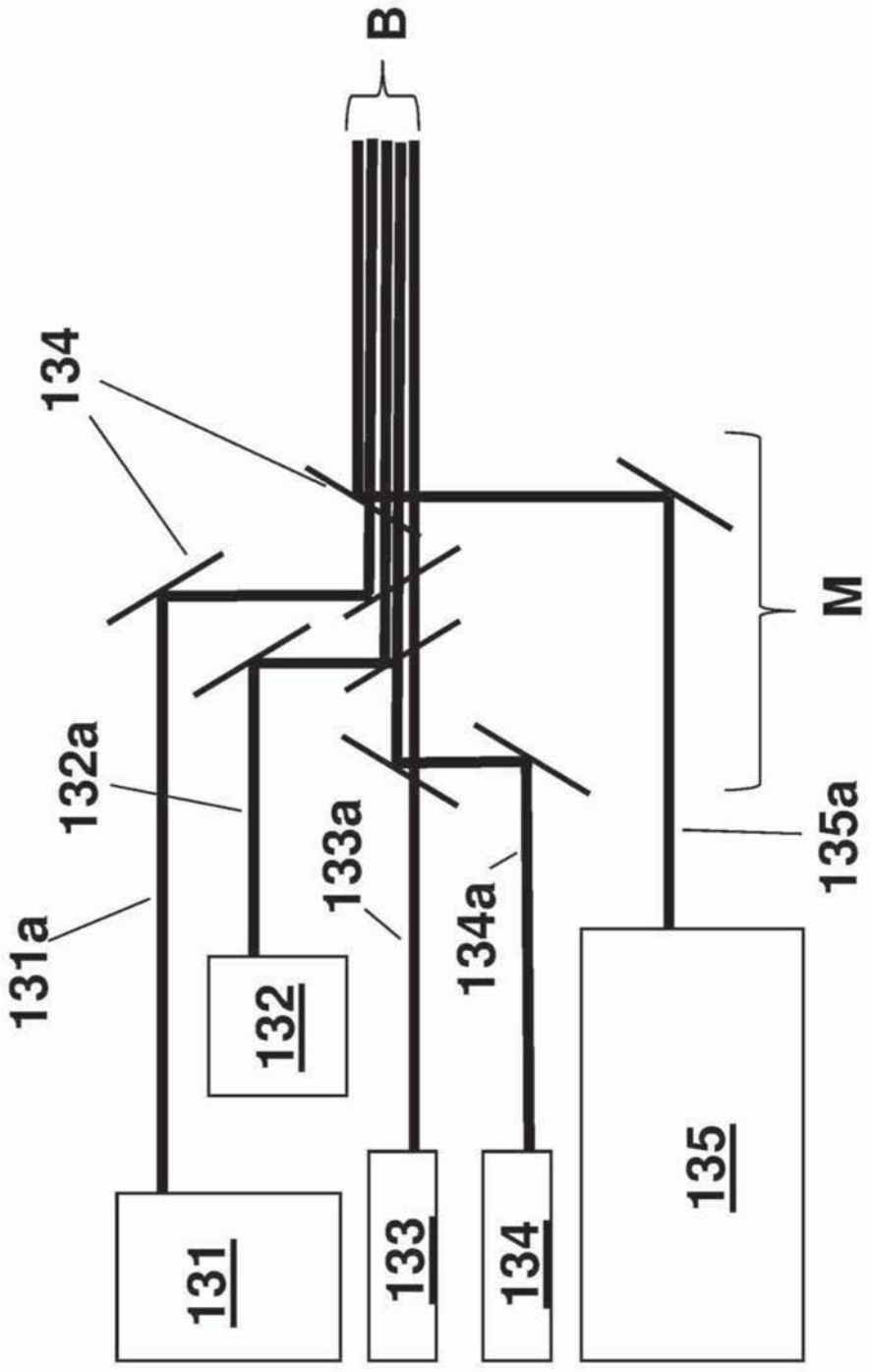


图9

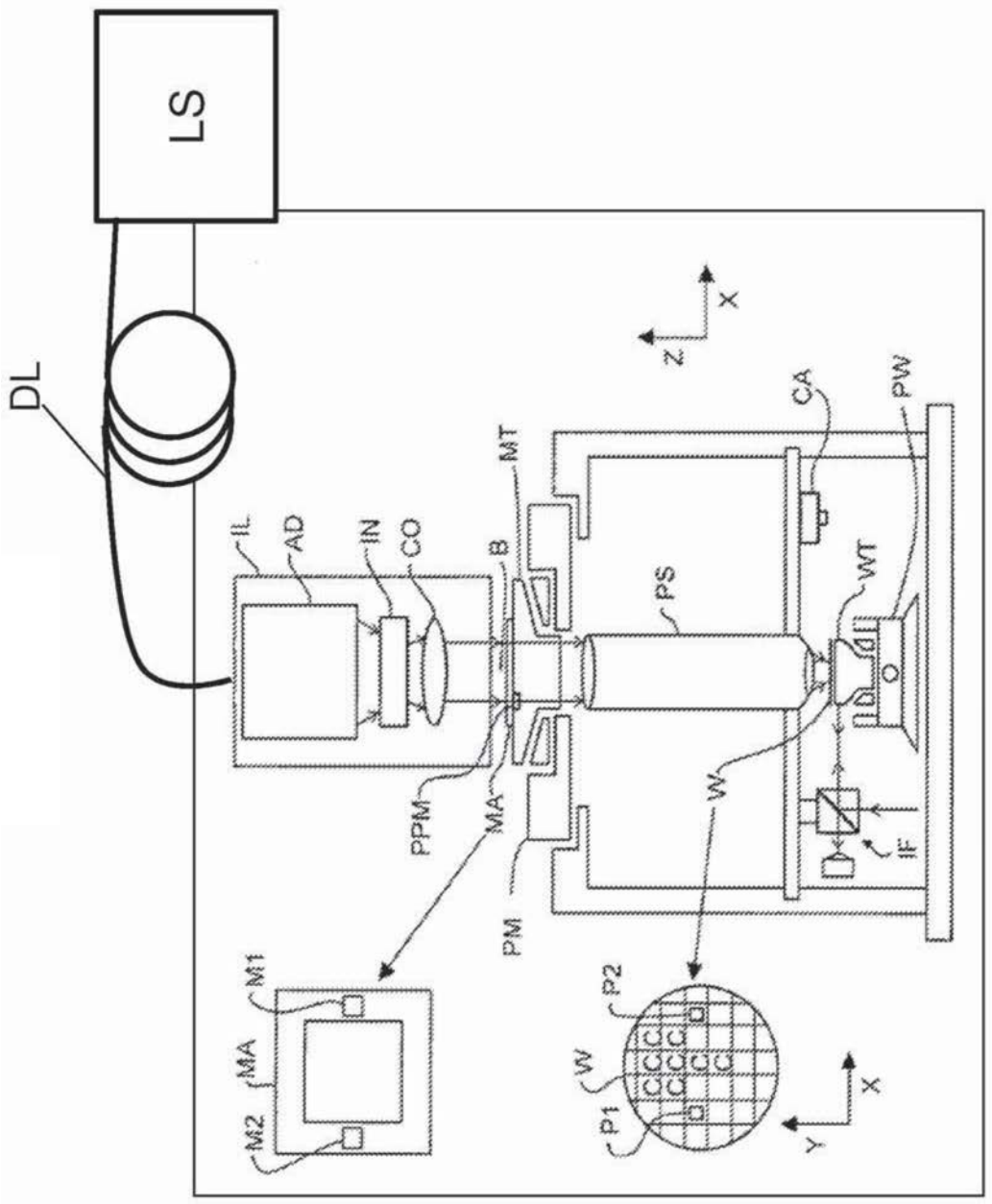


图10

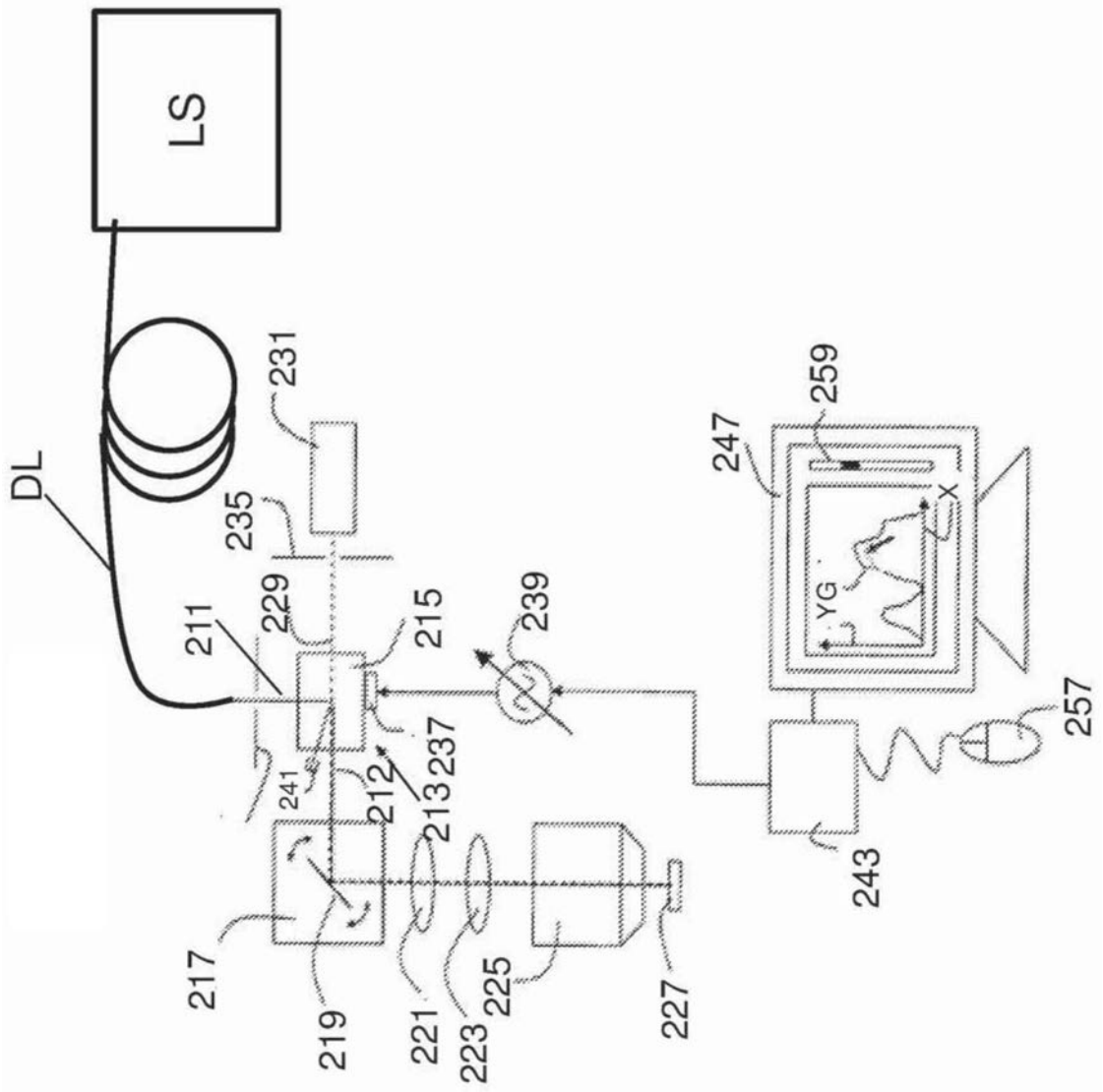

LS
DL
231
235
229
211
215
239
247
259
YG
X
257
241
212
213
237
243
217
219
221
223
225
227

图11