



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103380390 B

(45)授权公告日 2019.07.09

(21)申请号 201280006471.2

(22)申请日 2012.01.24

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 103380390 A

(43)申请公布日 2013.10.30

(30)优先权数据  
61/437,039 2011.01.28 US  
61/470,058 2011.03.31 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2013.07.25

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/IB2012/050328 2012.01.24

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02012/101579 EN 2012.08.02

(73)专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司  
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 M·B·范德马克 R·陈  
R·曼茨克 G·W·T·霍夫特

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

代理人 舒雄文 蹇炜

(51)Int.Cl.  
*G02B 6/24*(2006.01)  
*A61B 1/00*(2006.01)  
*A61B 34/20*(2016.01)  
*G02B 6/26*(2006.01)  
*A61B 5/06*(2006.01)

(56)对比文件  
CN 1688876 A, 2005.10.26, 说明书第4页倒  
数第3段-第6页第4段, 图2、4.

WO 2005/036210 A2, 2005.04.21, 摘要, 说  
明书第5页第27行-第8页第8行, 图1-7.

CN 1997323 A, 2007.07.11, 说明书第3页倒  
数第2段-第7页第3段, 图2-4.

JP 2010107239 A, 2010.05.13, 说明书第  
11-13段、图4.

JP 特开2007-279443 A, 2007.10.25, 全文.  
CN 101788478 A, 2010.07.28, 说明书第90  
段, 图4G.

审查员 李清娜

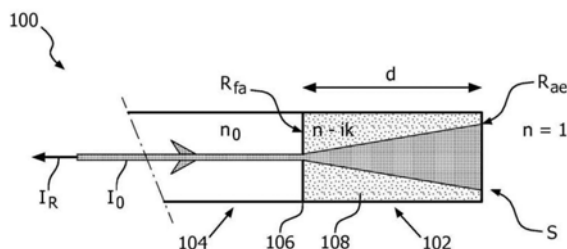
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

### (54)发明名称

用于形状感测光纤的尖端反射减小

### (57)摘要

一种反射减小设备, 包括光纤(104), 配置为用于光学感测并具有端部。尖端部(102)耦合至所述端部。所述尖端部包括长度尺寸(d)并且与所述光纤折射率相匹配。所述尖端部还配置为包括: 所述波长尺寸内的吸收和散射的光吸收长度; 以及与所述端部相对并配置为减小背反射的表面(S)。



1. 一种反射减小设备, 包括:  
光纤 (104), 配置为用于光学感测并具有端部; 以及  
尖端部 (102), 耦合至所述端部, 所述尖端部包括长度尺寸 (d) 并且与所述光纤折射率相匹配, 所述尖端部还配置为包括: 所述长度尺寸内的吸收和散射光的吸收长度; 以及与所述端部相对并配置为减小背反射的表面 (S)。
2. 如权利要求1所述的设备, 其中, 所述光纤和所述尖端部共享套圈连接界面 (106)。
3. 如权利要求1所述的设备, 其中, 所述尖端部 (102) 包括具有光吸收掺杂剂或颗粒 (108) 的介质。
4. 如权利要求3所述的设备, 其中, 所述光吸收掺杂剂或颗粒 (108) 包括在等离子体频率处具有约为2的相对介电常数的金属。
5. 如权利要求3所述的设备, 其中, 所述光吸收掺杂剂或颗粒 (108) 对于给定的长度尺寸提供最小反射消光系数 ( $k_{\min}$ )。
6. 如权利要求3所述的设备, 其中, 所述尖端部 (102) 包括折射率与所述光纤的折射率相匹配并且对于给定的长度尺寸具有最小反射消光系数 ( $k_{\min}$ ) 的材料。
7. 一种形状感测系统, 包括:  
根据权利要求1所述的反射减小设备;  
控制台 (212), 配置为从所述光纤接收光学信号并解释所述光学信号以确定耦合到所述反射减小设备中的所述光纤的医学设备的形状。
8. 如权利要求7所述的系统, 其中, 所述尖端部 (102) 包括具有光吸收掺杂剂或颗粒 (108) 的介质。
9. 如权利要求8所述的系统, 其中, 所述光吸收掺杂剂或颗粒 (108) 包括在等离子体频率处具有约为2的相对介电常数的金属。
10. 如权利要求8所述的系统, 其中, 所述光吸收剂或颗粒 (108) 对于给定的长度尺寸具有最小反射消光系数 ( $k_{\min}$ )。
11. 如权利要求8所述的系统, 其中, 所述尖端部 (102) 包括折射率与所述光纤的折射率相匹配并且对于给定的长度尺寸具有最小反射消光系数 ( $k_{\min}$ ) 的材料。
12. 一种用于光学形状感测光纤的末端反射减小的方法, 包括:  
提供 (502) 尖端部;  
将所述尖端部连接 (506) 至配置为用于光学形状感测的光纤的端部, 所述尖端部与所述光纤折射率相匹配; 以及  
使用所述光纤的端部处的背反射作为反馈来调整 (514) 所述尖端部的吸收性质, 以对在所述光纤中行进的光提供吸收长度, 以减小所述背反射。
13. 如权利要求12所述的方法, 其中, 所述尖端部包括具有光吸收掺杂剂或颗粒 (108) 的介质, 并且调整所述吸收性质的步骤包括调整 (516) 掺杂剂或颗粒的浓度。
14. 如权利要求13所述的方法, 其中, 所述光吸收掺杂剂或颗粒 (108) 包括在等离子体频率处具有约为2的相对介电常数的金属。
15. 如权利要求13所述的方法, 其中, 所述尖端部 (102) 包括折射率与所述光纤的折射率相匹配并且对于所述尖端部的给定的长度尺寸具有最小反射消光系数 ( $k_{\min}$ ) 的材料。

## 用于形状感测光纤的尖端反射减小

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 此申请要求2011年1月28日提交的US临时申请系列No.61/437039的权益,于此通过引用并入了该申请的全部。相关申请是2011年1月28日提交的US临时申请系列No.61/437048(“Optical Shape Sensing Fiber for Tip and Shape Characterization of Medical Instruments”)。

[0003] 本公开内容涉及医学仪器,并且更具体地涉及医学应用中包括减小的尖端反射的形状感测光纤。

[0004] 精确地感测医学仪器或设备的尖端和形状的能力在介入引导中起重要作用。用于定位的基于光学形状感测的技术是已知的。然而,光纤至仪器的联接的方式在如何执行跟踪和/或形状感测中起重要作用。例如,如果光纤沿导管的长度联接并且在远端的尖端处突然终止,则归因于尖端处的菲涅耳反射的背散射能够干扰期望的光学信号。

[0005] 将光纤的尖端与使光消散到周围组织介质中的折射率匹配凝胶耦合能够有助于减小光纤尖端处的菲涅耳反射效应。然而,虽然此途径可工作于实验室中,但是其能够使医学级产品的制造变复杂。

[0006] 基于光纤的形状感测可以基于光纤布拉格光栅传感器。光纤布拉格光栅(FBG)是光纤的反射特定波长的光并透射所有其它光的短的区段。这通过在纤芯中增加折射率的周期变化来实现,折射率的周期变化生成特定波长的电介质镜。光纤布拉格光栅因此能够用作阻挡某些波长的内嵌滤光器,或用作特定波长的反射器。

[0007] 光纤布拉格光栅的操作后的基本原理是折射率发生改变的每一个界面处的菲涅耳反射。对于一些波长,各种周期的反射光是同相的,使得对于反射存在相长干涉,并且因此,对于透射存在相消干涉。布拉格波长对于应变以及温度敏感。这意指布拉格光栅能够用作光纤光学传感器中的感测元件。在FBG传感器中,被测对象(例如,应变)引起布拉格波长的移动。

[0008] 此技术的一个优点是能够在光纤的长度上分布各种传感器元件。在并入沿嵌入结构中的光纤的长度具有各种传感器(量规)的三个或更多芯容许精确地确定该结构的三维形式,典型地具有比1mm好的精度。沿光纤的长度,在各种位置,能够设置大量FBG传感器(例如,3或更多光纤感测芯)。根据每一个FBG的应变测量结果,能够推断该位置处的结构的曲率。根据该大量的测得位置,确定了整个三维形式。

[0009] 作为对光纤布拉格光栅的替代,能够利用常规光纤中的固有背散射。一个该途径是使用标准单模通信光纤中的瑞利散射。作为纤芯中折射率的随机波动的结果,发生瑞利散射。这些随机波动能够被建模为沿光栅长度具有幅度和相位的随机变化的布拉格光栅。通过使用在单长度的多芯光纤内延伸的三个或更多芯中的此效应,能够观察感兴趣的表面的3D形状和动态特性。

[0010] 当沿导管的长度联接光纤时,其在远端的尖端处突然终止。在此配置中,归因于尖端界面处的反射的背散射能够干扰期望的光栅或背散射信号。实践中,这导致探测器上的信号具有额外噪声,并损害探测器的动态范围、放大器以及系统的采样精度。特别是,对于

一定水平的反射,激光器的相位噪声可以成为限制。

[0011] 将光纤的尖端与使光消散到周围组织介质中的折射率匹配凝胶耦合能够减小背反射效应。如所述,此途径能够使医学级产品的制造变复杂。此外,其仅是部分解决方法,因为耦合凝胶的最佳折射率取决于仪器所操作于其中的组织(例如,空气对血液)。

[0012] 已经采用了导管的尖端处的光纤环,使得远光纤端远离导管尖端。光纤环甚至能够在患者外部的实验室仪器中。于是,能够合适地处理端部,因为周围环境是已知的,并且存在将远端放置在任何尺寸、形状或形式的匹配介质中的空间。成环方案具有两个实际的挑战。首先,环本身将必需非常紧,但是仍应当保持整个光纤波导的相同单模特性。其次,有效地,必需将导管制造为光纤的量的两倍,用于返回路径。

[0013] 根据本原理,提供了用于医学仪器的尖端配置,其提供光吸收和折射率匹配。尖端配置是紧凑的并且可以是生物兼容的。

[0014] 一种反射减小设备,包括光纤,所述光纤配置为用于光学感测并具有端部。尖端部耦合至所述端部。所述尖端部包括长度尺寸并且与所述光纤折射率相匹配。所述尖端部还配置为包括:所述波长尺寸内的吸收和散射光的吸收长度;以及与所述端部相对并配置为减小背反射的表面(S)。

[0015] 一种形状感测系统,包括:能够进行形状感测的医学设备,具有至少一根光纤。控制台配置为从所述至少一根光纤接收光学信号并解释所述光学信号以确定所述医学设备的形状。尖端部耦合至所述至少一根光纤的远端部,所述尖端部包括长度尺寸并且与所述光纤折射率相匹配。所述尖端部还配置为包括所述波长尺寸内的吸收和散射光的吸收长度。

[0016] 一种用于光学形状感测光纤的末端反射减小的方法,包括:提供尖端部;将所述尖端部连接至配置为用于光学形状感测的光纤的端部,所述尖端部与所述光纤折射率相匹配;以及使用背反射作为反馈来调整所述尖端部的吸收性质,以对在所述光纤中行进的光提供吸收长度,以减小所述背反射。

[0017] 根据要结合附图阅读的本公开内容的示例性实施例的以下详细描述,本公开内容的这些和其它目的、特征和优点将变得明显。

[0018] 此公开内容将参照以下图详细介绍优选实施例的以下实施方式,其中:

[0019] 图1是根据本原理的用于给光纤提供有益的末端状况的尖端配置;

[0020] 图2是根据本原理的用于确定最小反射消光系数( $k_{\min}$ )的,在1550nm的波长和1.468的折射率 $n_0$ 时,对于单模光纤(例如,SMF28e)的全反射与消光系数(k)的关系的绘图;

[0021] 图3是示出根据一个实施例的采用尖端配置的形状感测系统的框/流程图;

[0022] 图4是根据本原理的用于光纤的另一示例性尖端配置;以及

[0023] 图5是示出根据示例性实施例的用于光学形状感测光纤的端反射减小的方法的流程图。

[0024] 根据本原理,提供了用于医学仪器或其它光纤系统的尖端配置,该尖端配置提供光吸收和折射率匹配。尖端配置是紧凑的并且优选地以容许体内生物兼容使用的方式形成(例如,掺杂有强吸收剂、胶体聚合物纳米球或吸收光的矿物杂质的玻璃与终端尖端涂层、诸如PEBAX、PTFE、硅树脂等的聚合物护套的结合,该涂层是保护性和生物兼容的)。精确地感测医学仪器或设备的尖端和形状的能力在利用光纤形状感测和定位的介入引导中起重

要作用。根据本原理的仪器的尖端并入了光纤形状感测和定位,具有光吸收性质,且折射率与光纤匹配。

[0025] 在一个实施例中,具有光吸收和折射率匹配性质的尖端配置提供低的光散射,并且甚至在朝向并入了光纤形状感测的医学仪器(例如,引导线或导管)的末端时也足够小以避免损害形状感测。沉积在尖端的材料在询问波长处具有足够大的吸收,并且其折射率和其吸收设定为使得折射率失配足够低,特别是在使用时的温度,例如对于医学实践的37℃。光纤与吸收物尖端之间的界面可以倾斜以在不完美的折射率匹配发生的情况下最小化反射。尖端部的远端的光学形状(S)和抛光确定背反射光的方向。

[0026] 也应当理解,将就医学仪器来描述本发明;然而,本发明的教导宽广得多并且可应用于跟踪或分析复杂的生物或机械系统中采用的任何光纤仪器中。在一些实施例中,采用本原理来跟踪或分析复杂生物或机械系统。特别是,本原理可应用于生物系统的内部跟踪处置,身体的诸如肺、胃肠道、排泄器官、血管等的所有区域中的处置。可以以硬件和软件的各种组合来实施描绘于图中的元件,并且该元件提供可以组合于单个元件或多个元件中的功能。

[0027] 能够通过使用专用硬件以及能够运行与合适的软件有关联的软件的硬件来提供图中所示的各种元件的功能。当由处理器提供时,该功能能够由单个专用处理器、单个共享处理器、或多个独立处理器来提供,该多个独立处理器中的一些能够是共享的。此外,术语“处理器”或“控制器”的明确使用不应视为排它地指能够运行软件的硬件,并且能够暗指包括,但不限于,数字信号处理器(“DSP”)硬件、用于存储软件的只读存储器(“ROM”)、随机访问存储器(“RAM”)、非易失性存储器等。

[0028] 此外,于此记载本发明的原理、方面、和实施例及其特定范例的所有陈述意在涵盖其结构和功能等同物。附加地,其意图该等同物包括当前已知的等同物以及将来研发的等同物(即研发的执行相同功能的任何元件,而不管其结构)。从而,例如,本领域技术人员将理解,于此介绍的框图表示具体化本发明的原理的示例性系统部件和/或电路的概念视图。类似地,应当理解,任何流程图表、流程图等表示基本上可以表示于计算机可读存储介质中并且从而由计算机或处理器运行的各种过程,而不管是否明确示出了该计算机或处理器。

[0029] 此外,本发明的实施例能够采取从计算机可使用或计算机可读存储介质可存取的计算机程序产品的形式,该计算机程序产品提供由计算机或任何指令运行系统,或结合计算机或任何指令运行系统,使用的程序代码。对于此描述来说,计算机可使用或计算机可读存储介质能够是可以包括、存储、传输、传播、或传送由指令运行系统、装置或设备使用或结合指令运行系统、装置或设备使用的程序的任何装置。介质能够是电子、磁、光、电磁、红外、或半导体系统(或装置或设备)或传播介质。计算机可读介质的范例包括半导体或固态存储器、磁带、可拆卸计算机软盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、刚性磁盘和光盘。光盘的当前范例包括高密盘-只读存储器(CD-ROM)、高密盘-读/写(CD-R/W)、Blu-Ray™和DVD。

[0030] 现在参照图,其中,相似数字表示相同或类似元件,并且最初参照图1,一种尖端配置100包括连接至光纤104的尖端部102。光纤104可以包括具有形状感测能力的医学设备的远端部。医学设备可以包括例如导管、引导线、内窥镜、探头、机器人、电极、滤光器设备、充气囊设备、或其它医学部件等。尖端部102由光吸收和与光纤104以及周围材料折射率匹配

的材料形成。在一个实施例中,尖端部102是低光散射的。此外,优选地,尖端部102是小的,使得其不损害医学仪器设计的形状感测或小型化,并且可以在下至医学仪器的末端提供形状感测,形状感测光纤104是该末端的部分。

[0031] 尖端部102包括在用于形状感测的询问波长处足够大的吸收性质。以此方式,沿光纤104行进的光不反射回和/或被衰减以防止形状感测中的负面影响。在一个实施例中,尖端部102的折射率和吸收在尖端部102与光纤104之间提供低折射率失配,特别是,在使用时的温度,例如对于医学实践的37℃。尖端部102包括光吸收/散射材料108(例如,掺杂剂和/或颗粒)以减小背反射。

[0032] 尖端部102可以包括胶或其它粘合剂,包含吸收剂(例如,染料、颜料、胶体或其它颗粒掺杂材料)的复合物、抗反射涂覆体或半导体、接合到光纤的端部上的光纤段、套圈(ferrule)或其它机械连接部或其它能够提供期望的性质的材料。尖端部102优选地由容许在生物结构中使用或充分包围于生物兼容材料中的材料制成。该材料可以包括生物兼容聚合物,诸如例如PET、PTFE、PEBAX、硅树脂、MMA、或其它类似材料。

[0033] 例如,吸收剂(108)可以包括金属,其中,在等离子频率(plasmon frequency)处,材料的相对介电常数 $\epsilon_r$ 约为 $2(\epsilon_r = n^2 - k^2, \epsilon_i = 2nk)$ ,其中, $n$ 和 $k$ 是材料的折射率的实部和虚部。折射率 $n$ 的实部指示电磁波传播通过材料时的相速度,而虚部 $k$ 指示吸收损耗的量。 $k$ 称为消光系数。尖端部102中的吸收剂材料(108)可以包括诸如石墨、纳米管、巴克球等的基于碳的材料、金属络合物(例如,基于钌)或光子晶体纳米结构。吸收剂(108)可以包括金属微粒、阳离子、阴离子、或吸收(例如,玻璃或其它材料的)基质中分散的期望波长的光的分子。

[0034] 在其它实施例中,可以使用改性的金属材料来提供吸收剂(108)。可以通过例如用于金属基底(例如用于吸收特定波长的光的变黑金属)的表面改性的飞秒刻蚀激光器来制造该材料。这些材料可以分散于介质中以吸收光纤光。在另一范例中,可以采用红外染料1110(例如,(取代)铵盐化学簇的有机染料金属络合物)。

[0035] 尖端部102可以包括生物兼容的材料。尖端优选地小,例如其长度 $d$ 为5mm或更小,优选地为2mm或更小,并且更优选地为1mm或更小。尖端直径优选地为亚毫米,优选地与光学形状感测光纤绳具有相同直径。在一个实施例中,光纤104与尖端部102之间的界面106能够是倾斜的、脊形的或几何结构上另外地形成最小化非完美折射率匹配的情况下的反射。界面106可以包括套圈连接部,该连接部具有高度抛光和整形的接触表面以减小背反射。

[0036] 在一个实施例中,尖端部102的远端表面配置为具有有利的形状 $S$ ,以使任何剩余光反射、失焦或散射。这可以包括脊形、斜面、或其它光散射特征。形状 $S$ 能够形成复杂的迷宫状结构,该结构缠绕其自身以增大光在芯中经过的有效路径长度,同时保持尖端部的整个覆盖区(footprint)小。尖端部102的远端部的光学形状 $S$ 和抛光确定任何背反射光的方向。本实施例可以同时抑制来自多芯光纤的尖端部102的反射,多芯光纤可以包括例如3至7根芯或单模光纤(SMF)。

[0037] 尖端部102控制反射限度。对于光纤布拉格光栅(FBG)光纤,在1mm上的总的反射约为 $R_{1mm} = 10^{-4}$ ,其中,在相同长度上对于瑞利散射的总的反射约为 $10^{-6}$ 。匹配介质(尖端部102)可以具有1mm或更小量级的尺寸,从而吸收长度 $l_{abs}$ 将比那小。这确定询问波长 $\lambda_{vax}$ 处的折射率 $k$ 的虚部和最小吸收系数 $\alpha$ :

$$[0038] \quad l_{abs} = \frac{\lambda_{vac}}{4\pi k} = \frac{1}{\alpha'} = \frac{1}{\alpha \ln 10}$$

[0039] 作为范例,1550nm处纯水的实际值为 $n=1.311$ 且 $k=1.35 \times 10^{-4}$ ,从而 $l_{abs}=0.914\text{mm}$ 。归因于两次穿过长度 $d$ 的吸收尖端部102的强度损耗为:  $I = I_0 e^{-2d/l_{abs}}$ , 其中, $I_0$ 为

$$\text{初始强度。归因于折射率失配在光纤/吸收物界面106处的反射为: } R_{fa} = \frac{(n - n_0)^2 + k^2}{(n + n_0)^2 + k^2},$$

其中, $n$ 和 $k$ 为尖端光纤材料的折射率的实部和虚部。

[0040] 对于单模光纤(例如,SMF28e),1550nm处的折射率为 $n_0=1.468$ 。在吸收物远端的反射( $R_{ae}$ )取决于任何另外的材料,诸如组织、水,或者在最坏的情况下,其是空气( $n=1$ ),在该情况下,我们具有:

$$[0041] \quad R_{ae} = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2}。$$

[0042] 此界面106的曲率或粗糙度也将确定回到原始引导的光纤模式中的任何潜在的光反射。这将引入处理尖端102的远端的表面形状的额外因子 $s$ 。例如,在光纤末端(104)处的

衍射将给出宽度:  $\tan \theta' = \frac{a'}{z} = \frac{\lambda_{vac}}{\pi n a}$  的发散束。对于单模熔融石英光纤,数值孔径为 $NA = \sin \theta$

$= n \sin \theta' = 0.14$ (例如,对于Corning<sup>TM</sup> SMF-28e)。此光纤的模式场直径在1550nm为 $2a = 10.5$ 微米。对于从光纤末端起的等于吸收物长度 $d = 1\text{mm}$ 的距离 $z$ ,我们能够计算衍射斑的直径为 $2a' = 0.13\text{mm}$ ,即为原始面积的154倍,并且对于往返行程将潜在地以4的额外因子减小背反射,使得 $S = 1/600$ 。

[0043] 根据光纤连接器的构成,已知通过正确的抛光(减小的散射)能够减小它们的背反射,特别是在 $8^\circ$ 的角度。此角度对应于 $NA = 0.14$ 发生,但是大于 $5.6^\circ$ 的内孔径角,并且因此反射光不能找到其回到引导的模式中的路径。

[0044] 以上考虑的相同光纤(Corning<sup>TM</sup> SMF-28e)具有小于 $0.4\text{dB/km}$ 的衰减,因此 $\alpha = 0.04\text{km}^{-1}$ , $l_{abs} = 10.86\text{km}$ 且 $k = 1.14 \times 10^{-11}$ ,其中 $I = I_0 10^{-\alpha d}$ 。

[0045] 假定干涉效果不显著,在远端的全反射将是:

$$[0046] \quad R_{tot} = \left[ (R_{fa} + (1 - R)) \right] R_{ae} S e^{-2d/l_{abs}}, \text{ 其中 } R_{fa} \text{ 是界面106处的反射,且 } R_{ae} \text{ 是来自远端的反射。}$$

[0047] 最佳方案满足条件 $n = n_0$ ,并且如果我们选择 $S = 1$ (例如,如通过给予端面等于吸收物的长度的曲率半径所获得的最不利的选择),我们发现:

$$[0048] \quad R_{tot} = \frac{(n_0 - 1)^2 + k^2}{(n_0 + 1)^2 + k^2} + \frac{(2n_0)^2}{(n_0 + 1)^2 + k^2} \frac{k^2}{(2n_0)^2 + k^2} e^{-8\pi k d / \lambda_{vac}}$$

[0049] 根据此等式,对于吸收物的给定长度 $d$ 给定期望的整体最小反射值 $R_{min}$ ,我们能够推导最小反射值( $k_{min}$ )。 $k_{min}$ 是对于给定尖端的某一长度 $d$ ,消光系数 $k$ 的最佳值,从而反射最小。



[0050] 参照图2,示出了对于1550nm的波长和1.468的折射率 $n_0$ ,二氧化硅光纤的全反射与 $k$ 的关系的曲线。对于图2,我们发现,对于二氧化硅光纤,在1550nm的波长处,如果我们容许 $d=1\text{mm}$ ,则对 $k=0.0009=k_{\min}$ 存在 $R_{\min}=1.12\times 10^{-7}$ 的反射下限。根据本原理,一个实施例可以采用扩散到光纤材料中的高度吸收的掺杂物 $k_{\text{dopant}}\gg k_{\min}$ ,并且在该材料中施加足够浓度的掺杂物。另一实施例可以包括提供在给定组条件下自然具有 $n=n_0$ 和 $k=k_{\min}$ 的材料。

[0051] 例如,尖端部102可以包括水凝胶或其它流体溶液中的石墨纳米微粒。在另一范例中,通过使用飞秒刻蚀激光器用于金属基底的表面改性或在基质材料中采用薄片或微粒或如此处理的金属,采用激光处理的金属材料来完美地吸收特定波长处的光。在另一实施例中,特定条件可以被确定并且是选择的对询问波长提供 $n=n_0$ 和 $k=k_{\min}$ 的材料。

[0052] 参照图3,示例性地示出了用于配置尖端部229和采用具有尖端部229的光纤226的系统200。系统200可以包括工作站或控制台212,从工作站或控制台212监督和/或管理处置。工作站212优选地包括一个或多个处理器214和用于存储程序和应用程序的存储器216。存储器216可以存储配置为解释来自形状感测设备或系统204的光学反馈信号的光学感测模块215。光学感测模块215配置为使用光学信号反馈(和任何其它反馈,例如电磁(EM)跟踪)来重建变形、偏转和与医学设备或仪器202和/或其周围区域关联的其它改变。医学设备202可以包括导管、引导线、探头、内窥镜、机器人、电极、滤光器设备、充气囊(balloon)设备、或其它医学部件等。

[0053] 设备202上的形状感测系统204包括以设定的单个模式或多个模式耦合至设备202的一根或多根光纤226。光纤226通过缆线线路(cabling)227连接至工作站212。缆线线路227可以包括光纤光学器件、电连接部、其它仪器等,如所需的。在光纤226的远端上,可以联接或施加尖端部229。尖端部229可以包括联接至光纤226的远端的预制造的材料。预制造的材料可以包括施加至尖端部229的材料,可以包括联接或接合至光纤226的尖端部,可以包括使用光学反馈来被动态更改以获得期望的性质的尖端部、等。

[0054] 在一个实施例中,尖端部229的预制造的材料可以通过接合或其它联接机制联接至光纤的远端部。光纤和尖端部229之间的界面可以是倾斜的或几何结构上另外地成角度的,以减小背反射。预制造的材料可以包括如上所述的光吸收掺杂剂或染料。在特别有用的实施例中,远光纤端可以联接至设备202的内侧壁。在一个实施例中,设备202的壁可以用作尖端部229。

[0055] 在另一实施例中,材料可以施加至尖端部229。在此实施例中,液体、粘合剂或凝胶可以施加至光纤226的远端。可以使用感测模块215来监视液体或凝胶。可以通过增加掺杂剂或其它材料直至实现期望的特性来更改液体或凝胶。在需要时,可以容许材料固化,以确保保持期望的特性。

[0056] 参照图4,另一实施例包括行程吸收腔308的尖端部304。吸收腔308套在光纤302的端部上或形成于该端部上。可以基于尖端反射测量结果来优化或动态调整腔308的配置和材料或基于使用场景来联接腔308的配置和材料。腔308可以包括一些以下示例性配置。在一个实施例中,腔308包括套在光纤的端部上的衬套并且可以在腔308中包括折射率匹配凝胶。在另一实施例中,腔308包括液体或凝胶并接收掺杂剂或颗粒。可以基于反射测量结果来调整掺杂剂或颗粒的浓度。然后优选地固化液体或凝胶。在另一实施例中,腔308可以包括与光纤的端部的套圈连接310。优选地选择的套圈连接310提供最低量的背反射(例如,光



纤与尖端部之间的其间没有空气间隙的抛光接触表面)。

[0057] 光纤连接器能够具有数个不同的套圈形状或通常称作抛光剂的抛光材料。对光纤连接器套圈的抛光确定背反射的量。背反射是通常以负dB度量的光纤连接器的抛光端反射开的光的量度。套圈连接可以包括空气间隙,物理上接触的表面,成角的物理接触界面,系数匹配凝胶等。

[0058] 在另一实施例中,尖端部304可以包括多个吸收光纤芯,对形状感测光纤302内的光学芯中的每一个具有一个吸收光纤芯。归因于需要在形状感测主体与尖端部之间对准芯,此途径可能更昂贵的并且制造更具挑战性。然而,优点是能够利用该设计进一步最小化光学芯之间的串扰。

[0059] 再次参照图3,在采用成像系统210时,工作站212可以包括用于观看对象(患者)的内部图像的显示器218。成像系统210可以包括磁共振成像(MRI)系统、荧光系统、计算机断层摄影(CT)系统等。显示器218还可以容许用户与工作站212及其部件和功能,或系统200内的任何其它元件互动。这还受到接口220的促进,接口220可以包括键盘、鼠标、操纵杆、触觉设备或任何其它外围设备或控制以容许来自工作站212的用户反馈和与该工作站212的互动。

[0060] 系统200可以包括EM跟踪或类似的位置或取向感测系统217,系统217可以与工作站212集成或是独立的系统。工作站212包括光源206以给光纤提供光。采用光学询问单元或模块208来探测从所有光纤返回的光。这容许确定应变或其它参数,应变或其它参数将用于解释介入设备202感测的形状、取向、或其它特性。将采用光信号作为反馈来对访问误差进行调整和校准设备202或系统200。

[0061] 形状感测设备204包括具有尖端部229的一根或多根光纤226。尖端部229防止或减小背反射以使得能够进行下至光纤的远端的形状感测。现在已经很好地定义了光纤末端,并且能够利用光纤末端进行形状感测。光学询问模块208与光学感测模块215(例如形状确定程序)一起工作,以容许确定尖端部229的位置和取向以及仪器或设备202的形状。本原理使得能够基于最小侵入性的介入来进行任何细长仪器的实时特征化,其中需要设备的形状来提高导航或瞄准的精度。

[0062] 参照图5,示例性地示出了用于光学形状感测光纤的末端反射减小的方法。在框502中,提供了包括总的长度的尖端部。总的长度优选地小于约5mm。

[0063] 在框506中,尖端部耦合至光纤的端部。光纤可以配置为用于光学形状感测或其它应用。尖端部与光纤是折射率匹配的。

[0064] 在框514中,在一个实施例中,使用背反射作为反馈来调整尖端部的吸收性质,以对在光纤中行进的光提供小于尖端部的长度尺寸的吸收长度。尖端部可以包括包括光吸收掺杂剂或颗粒的介质。在框516中,吸收性质的调整可以包括调整掺杂剂或颗粒的浓度。

[0065] 光吸收掺杂剂或颗粒可以包括石墨、纳米管、巴克球、金属络合物或微粒、阳离子、阴离子、通过用于金属基底的表面改性的飞秒刻蚀激光器制造的改性的金属材料、以及染料。光吸收掺杂剂或颗粒可以包括在等离子体频率处具有约2的相对介电常数的金属。光吸收掺杂剂或颗粒可以对给定长度具有最小反射消光系数( $k_{\min}$ )。尖端部可以包括折射率与光纤的折射率相匹配并且对于给定长度具有最小反射消光系数( $k_{\min}$ )的材料。

[0066] 在框518中,提供或选择远端形状和/抛光材料(S)以进一步减小背反射。在框520

中,执行操作处置,采用尖端部来减小背反射,以进一步区别光纤的末端和/或医学设备的端部。

[0067] 在解释所附权利要求时,应当理解:

[0068] a) 词语“包括”不排除给定权利要求中列出的那些元件或行为以外的其它元件或行为的存在;

[0069] b) 元件之前的词语“一”不排除多个该元件的存在;

[0070] c) 权利要求中的任何参考符号不限制它们的范围;

[0071] d) 数个“构件”可以由相同项或硬件或软件实施的结构或功能来表示;并且

[0072] e) 除非特别指出,不意图行为的特定顺序是必需的。

[0073] 已经描述了对于用于形状感测光纤的尖端反射减小的优选实施例(其意图进行示例而非限制),需要注意,根据上述教导,本领域技术人员能够进行修改和变更。因此,应当理解,可以对公开的公开内容的特定实施例进行改变,该改变在于此公开的由所附权利要求略述的实施例的范围内。从而已经描述了专利法所需的细节和特性,在所附权利要求中提出了由专利证书所保护的声称和期望的东西。

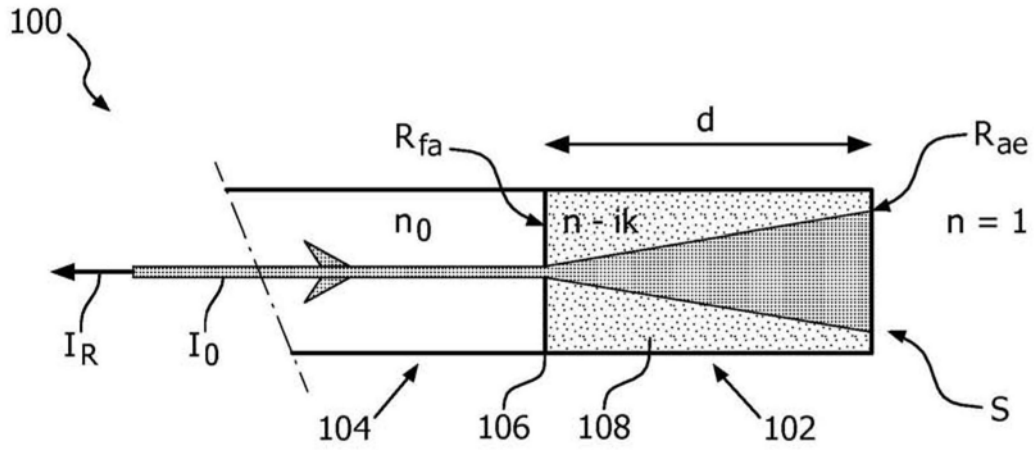


图1

对于  $n_0 = 1.468$ , 在  $\lambda = 1550\text{nm}$  处的总反射

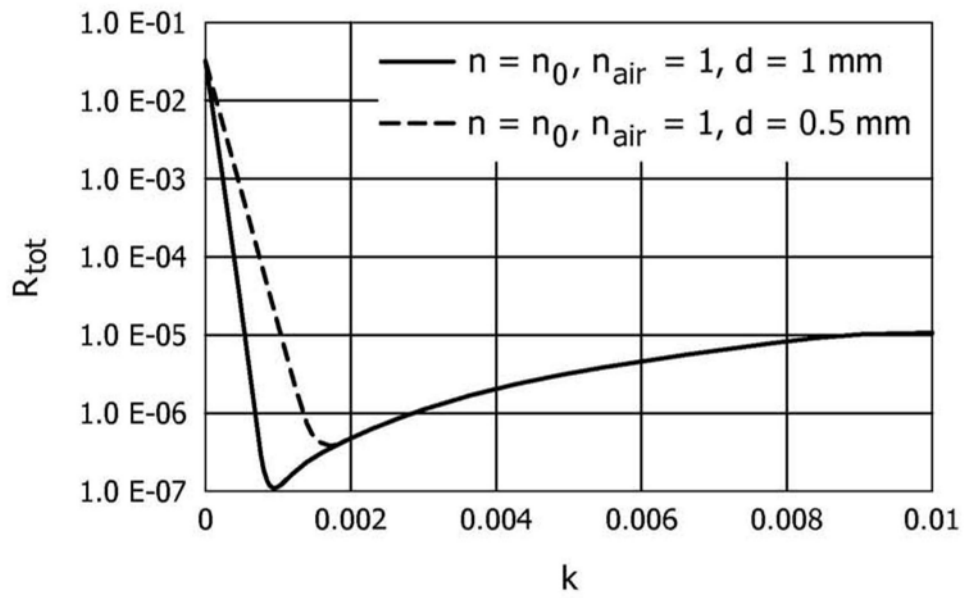


图2

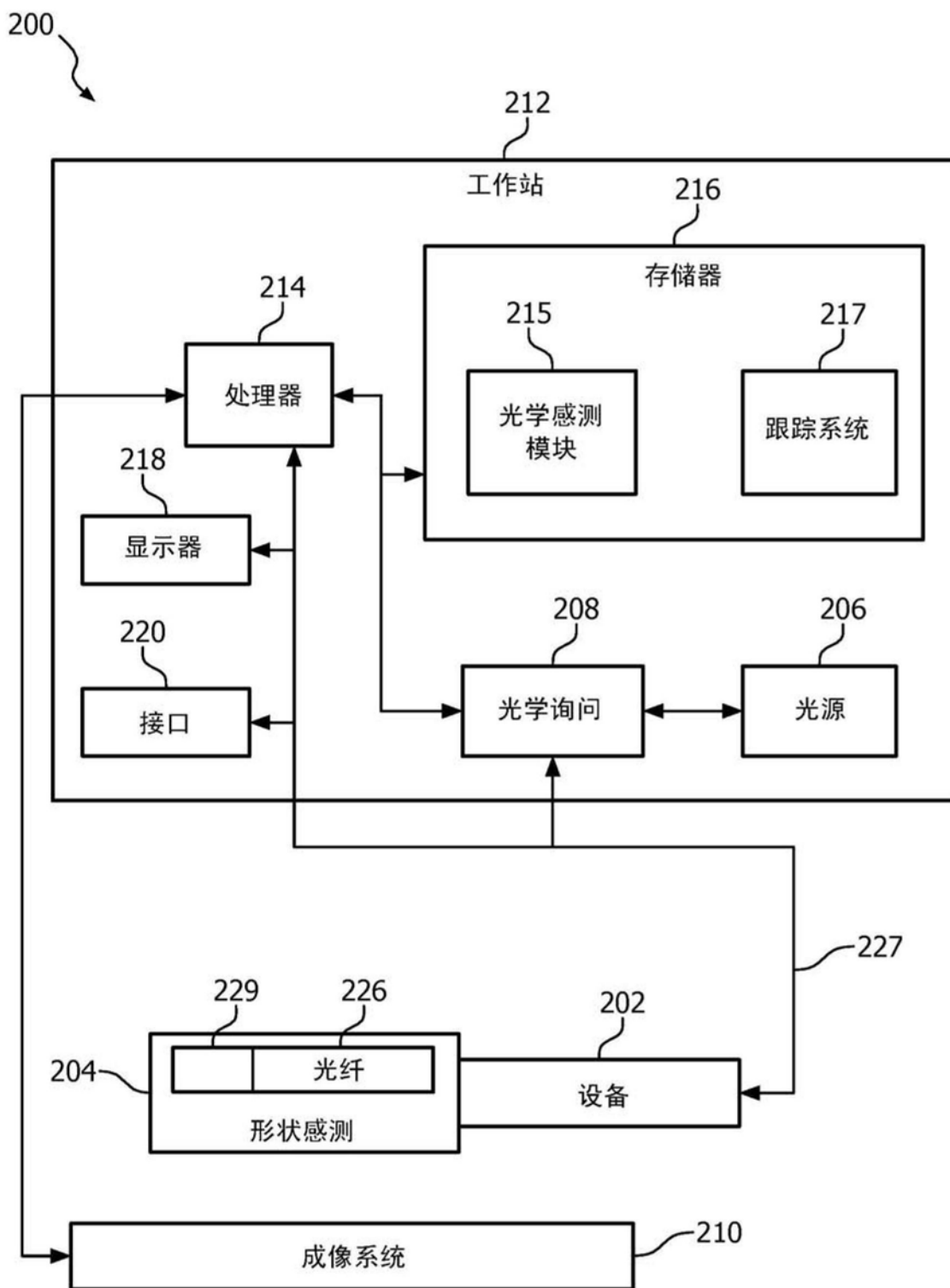


图3

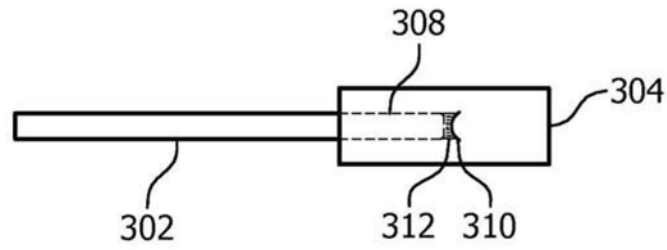


图4

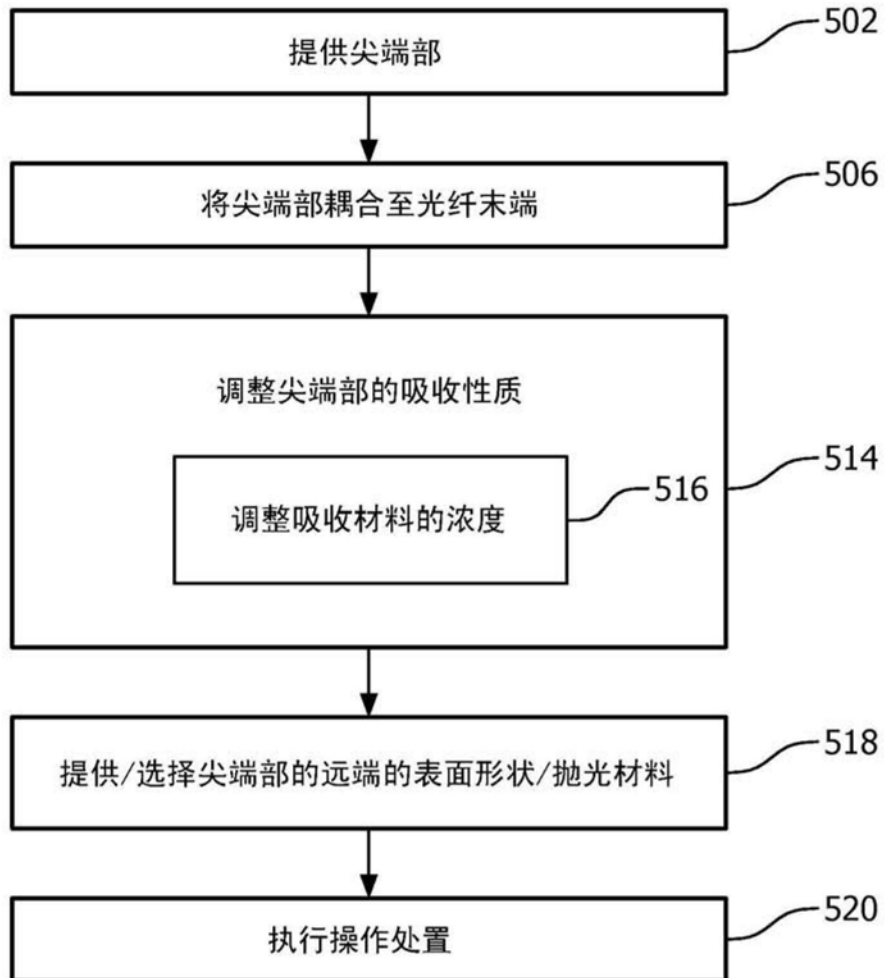


图5