



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113678037 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 19

(21) 申请号 202080026916.8

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

(22) 申请日 2020.03.05

代理人 赵林琳

(30) 优先权数据

19167130.4 2019.04.03 EP

19173416.9 2019.05.09 EP

(51) Int.Cl.

G02B 6/02 (2006.01)

H01S 3/00 (2006.01)

C03B 37/012 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.09.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2020/055906 2020.03.05

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/200637 EN 2020.10.08

(71) 申请人 ASML荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72) 发明人 P·S·尤贝尔 S·T·鲍尔施米特

P·M·格茨

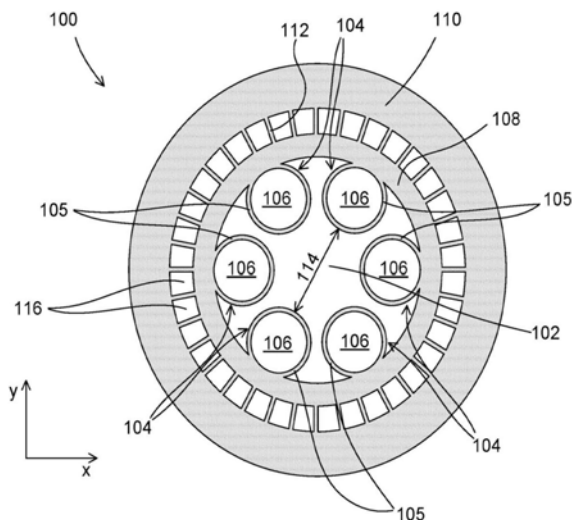
权利要求书2页 说明书27页 附图11页

(54) 发明名称

光纤

(57) 摘要

提供了一种光纤、用于接收输入辐射并且加宽频率范围的设备、辐射源、计量布置和光刻设备。所述光纤包括空芯、包层部分和支撑部分。所述包层部分包围所述空芯，并且包括用于引导辐射通过所述空芯的多个反谐振元件。所述支撑部分包围并支撑所述包层部分，并且包括内支撑部分、外支撑部分和将所述内支撑部分连接至所述外支撑部分的可变形连接部分。



1. 一种用于接收输入辐射并且加宽所述输入辐射的频率范围以便提供宽带输出辐射的设备,所述设备包括:

光纤,包括:i)空芯;ii)包围所述空芯的包层部分,所述包层部分包括用于引导辐射通过所述空芯的多个反谐振元件;以及iii)包围并且支撑所述包层部分的支撑部分;其中所述支撑部分包括内支撑部分、外支撑部分和将所述内支撑部分连接至所述外支撑部分的可变形连接部分;

气体,被设置在所述空芯内,用于加宽接收到的输入辐射的频率范围,以便提供所述宽带输出辐射,

其中,可选地,以下项中的至少一项:

所述宽带输出辐射包括连续范围的辐射频率,以及

所述气体包括惰性气体。

2. 根据权利要求1所述的设备,其中所述内支撑部分、所述外支撑部分和所述可变形连接部分由相同材料形成。

3. 根据权利要求1或权利要求2所述的设备,其中所述材料包括玻璃。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中所述可变形连接部分包括被布置在所述内支撑部分周围的环形结构,所述环形结构包括多个孔径,所述多个孔径利用材料大致在所述内支撑部分与所述外支撑部分之间延伸的多个大致径向延伸部分来散置。

5. 根据权利要求4所述的设备,其中所述可变形连接部分包括被布置在所述内支撑部分周围的多个环形结构,每个环形结构包括多个孔径,所述多个孔径利用材料大致在所述内支撑部分与所述外支撑部分之间延伸的多个大致径向延伸部分来散置。

6. 根据权利要求4或权利要求5所述的设备,其中在横截面中,所述孔径是大致矩形的。

7. 根据权利要求4或权利要求5所述的设备,其中在横截面中,所述孔径大致具有环的扇区的形式。

8. 根据权利要求4至7中任一项所述的设备,其中所述内支撑部分的厚度足够大,使得所述可变形连接部分中的所述孔径不充当反谐振元件。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中以下项中的至少一项:

所述包层部分的所述多个反谐振元件被设置在所述空芯周围的环形结构中,

所述多个反谐振元件中的每个反谐振元件包括毛细管,并且

所述多个反谐振元件被布置为使得所述反谐振元件中的每个反谐振元件不与所述其他反谐振元件中的任一反谐振元件接触。

10. 一种用于提供宽带输出辐射的辐射源,所述辐射源包括:

根据前述权利要求中任一项所述的设备;以及

输入辐射源,被配置为将输入辐射提供给所述设备;

其中所述设备被配置为加宽所述输入辐射以提供所述宽带输出辐射。

11. 一种用于确定衬底上的结构的感兴趣参数的计量布置,所述计量布置包括:

根据权利要求10所述的辐射源;

照射子系统,用于使用所述宽带输出辐射来照射所述衬底上的所述结构;以及

检测子系统,用于检测由所述结构散射和/或反射的辐射部分,并且用于根据所述辐射部分来确定所述感兴趣参数。

12. 一种光刻设备,包括根据权利要求11所述的计量布置。

13. 一种光纤,包括:

空芯;

包围所述空芯的包层部分,其中所述包层部分包括没有微结构的内支撑件、外部部分和将所述内部部分连接至所述外部部分的可变形连接部分。

14. 根据权利要求14所述的光纤,其中所述微结构是用于引导辐射通过所述空芯的反谐振元件。

15. 一种形成光纤的方法,所述方法包括:

提供具有细长体的制造中间件,包括:空芯;包围所述空芯的包层部分;以及包围所述包层部分的支撑部分,其中所述支撑部分包括内支撑部分、外支撑部分和将所述内支撑部分连接至所述外支撑部分的连接部分,所述连接部分包括被布置在所述内支撑部分周围的环形结构,所述环形结构包括大致被布置在所述内支撑部分与所述外支撑部分之间的多个孔径;以及

加热和拉制所述制造中间件,以便形成所述光纤。

光纤

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年4月3日提交的EP申请19167130.4和于2019年5月9日提交的EP申请19173416.9的优先权,其通过引用全部并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种用于接收输入辐射并且加宽输入辐射的频率范围以便提供宽带输出辐射的设备。

背景技术

[0004] 光刻设备是被构造为将期望的图案施加到衬底上的机器。光刻设备可以被用于例如集成电路(IC)的制造中。光刻设备可以例如将在图案形成装置(例如掩模)处的图案(通常也称为“设计布局”或“设计”)投影到被设置在衬底(例如晶片)上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上。

[0005] 为了将图案投影在衬底上,光刻设备可以使用电磁辐射。该辐射的波长确定了可以被形成在衬底上的特征的最小尺寸。当前使用的典型波长是365nm(i线)、248nm、193nm和13.5nm。与使用例如波长为193nm的辐射的光刻设备相比,使用波长在4至20nm(例如6.7nm或13.5nm)范围内的极紫外(EUV)辐射的光刻设备可以被用于在衬底上形成更小的特征。

[0006] 低 k_1 光刻可以被用于处理尺寸小于光刻设备的经典分辨率极限的特征。在这种过程中,分辨率公式可以被表达为 $CD = k_1 \times \lambda / NA$,其中 λ 是所采用的辐射波长,NA是光刻设备中的投影光学器件的数值孔径,CD是“临界尺寸”(通常被印刷的最小特征尺寸,但在这种情况下是半间距),并且 k_1 是经验分辨率因子。通常, k_1 越小,就越难在衬底上再现与电路设计者计划的形状和尺寸类似的图案,以实现特定电学功能性和性能。为了克服这些困难,复杂的微调步骤可以被应用于光刻投影设备和/或设计布局。例如,这些包括但不限于NA的优化、定制照射方案、相移图案形成装置的使用、设计布局中的诸如光学邻近效应校正等设计布局的各种优化(OPC,有时也称为“光学和过程校正”)或通常定义为“分辨率增强技术”(RET)的其他方法。备选地,用于控制光刻设备的稳定性的严格控制环被用于改善低 k_1 下的图案的再现。

[0007] 在光刻领域中,许多测量系统可以在光刻设备内以及在光刻设备外部使用。通常,这种测量系统可以使用辐射源以利用辐射来照射目标,并且可以使用检测系统,该检测系统可操作以测量从目标散射的入射辐射的一部分的至少一个特性。在光刻设备外部的测量系统的示例是检查设备或计量设备,其可以被用于确定先前由光刻设备投影到衬底上的图案的特性。这种外部检查设备可以例如包括散射仪。可以被设置在光刻设备内的测量系统的示例包括:形貌测量系统(也称为水平传感器);位置测量系统(例如干涉装置),用于确定掩模版或晶片工作台的位置;以及对准传感器,用于确定对准标记的位置。这些测量装置可以使用电磁辐射来执行测量。

[0008] 不同类型的辐射可以被用于询问图案的不同类型的特性。一些测量系统可以使用

宽带辐射源。这种宽带辐射源可以是超连续谱源,并且可以包括具有非线性介质的光纤,脉冲泵浦辐射束通过非线性介质传播以加宽辐射的光谱。

[0009] 可能期望提供替代设备(例如光纤)和方法以在用于接收输入辐射并加宽输入辐射的频率范围的设备中使用,以便提供至少部分地解决了与无论是否在本文中或其他方面标识的现有技术相关联的一个或多个问题的(宽带)输出辐射。

发明内容

[0010] 根据本发明的第一方面,提供了一种用于接收输入辐射并且加宽输入辐射的频率范围以便提供宽带输出辐射的设备。该设备包括:光纤和气体。光纤包括:i)空芯;ii)包围空芯的包层部分,该包层部分包括用于引导辐射通过空芯的多个反谐振元件;以及iii)包围和支撑包层部分的支撑部分。支撑部分包括内支撑部分、外支撑部分和将内支撑部件连接至外支撑部分的可变形连接部分;气体被设置在空芯内,用于加宽接收到的输入辐射的频率范围,以便提供宽带输出辐射。可选地,以下项中的至少一项:a)宽带输出辐射包括连续范围的辐射频率,以及b)气体包括惰性气体。

[0011] 可变形连接部分可以备选地被称为应力吸收部分。可变形连接部分易于变形。即,可变形连接部分的形状和/或尺寸可以响应于所施加的应力而改变。具体地,可变形连接部分可能比光纤的其他部分(诸如例如内支撑部分)更易于受到这种变形的影响。

[0012] 应理解,如本文使用的,包层部分旨在表示光纤的部分,用于引导辐射通过光纤的空芯传播(即,将所述辐射限制在空芯内)。具体地,包层部分被布置为限制主要在空芯内部通过光纤传播的辐射,并且沿着光纤引导辐射。

[0013] 应理解,反谐振元件旨在表示被布置为主要通过反谐振将辐射限制在空芯内的元件。包括反谐振元件或结构的这种光纤在本领域中被称为反谐振光纤、管状光纤、单环光纤、负曲率光纤或抑制耦合光纤。这种光纤的各种不同设计在本领域是已知的。具体地,术语反谐振元件并不旨在涵盖被布置为主要通过包层部分中创建光子带隙来将辐射限制在空芯内的元件(诸如例如Kagome光子晶体光纤)。通常,这种反谐振元件包括至少部分地限定空芯并将空芯与反谐振腔分离的壁部。例如,反谐振元件可以包括具有空腔的管或毛细管,该空腔通过壁部与空芯分离。应理解,壁部可以充当用于通过空芯传播的辐射的反谐振法布里-珀罗谐振器(并且可以以掠入射角入射到壁部上)。壁部的厚度可以是合适的,以便确保回到空芯中的反射总体会被增强,而进入反谐振腔中的透射总体会被抑制。

[0014] 宽带输出辐射可以包括连续范围的辐射频率。

[0015] 宽带范围可以是连续范围。输出辐射可以包括超连续谱辐射。连续辐射可以有益于在许多应用中使用,例如在计量应用中。连续范围的频率可以被用于询问大量特性。连续范围的频率可以例如被用于确定和/或消除所测量特性的频率相关性。

[0016] 超连续谱输出辐射可以包括例如波长范围为100nm至4000nm的电磁辐射。宽带输出辐射频率范围可以是例如400nm至900nm、500nm至900nm或200nm至2000nm。超连续谱输出辐射可以包括白光。

[0017] 气体可以包括惰性气体。

[0018] 稀有气体可以包括氦气、氖气、氩气、氪气和氙气中的至少一种。作为惰性气体的替代或附加,该气体可以包括分子气体(例如 N_2 、 O_2 、 CH_4 、 SF_6)。

[0019] 光纤适合于在用于接收输入辐射并且加宽输入辐射的频率范围以便提供输出辐射的设备中的使用。使用反谐振元件引导辐射的光纤可以具有比光子带隙光纤更宽的传输窗口(即,具有更大的传输带宽)。有利地,这种光纤因此可以更适于在用于接收输入辐射并且加宽输入辐射的频率范围以便提供输出辐射(例如超连续谱源)的设备中的使用。

[0020] 附加地或备选地,光纤还可以适合于射束递送应用(不加宽辐射的频率范围)。

[0021] 光纤还可以适合于用作将光从光源递送给传感器的光纤。

[0022] 光纤可以是空芯、光子晶体光纤(HC-PCF)。典型地,该空芯、光子晶体光纤包括用于在光纤内引导辐射的包层部分(例如其可以包括反谐振元件)和相对较厚的护套或支撑部分。该光纤优于已知的空芯、光子晶体光纤,因为可变形连接部分可以充当机械应力吸收器,任何外部施加的应力(例如施加到外支撑部分)都可以被消散到该机械应力吸收器,而无需被直接传送给包层部分。换言之,可变形连接部分将内支撑部分、包层部分和空芯与外支撑部分隔离。

[0023] 在没有这种可变形连接部分的情况下,施加到外支撑部分的任何应力都可以被直接传送给包层部分。然而,通常,包层部分(包括反谐振元件)的光学性能对反谐振元件内的局部应力敏感,因为这种应力可能会引起折射率分布的变化或诱发双折射。这些影响可能对光学性能有害,并且可能会导致模态加扰或限制损耗的增加。这些影响典型地取决于波长,并且波长越短,影响越强。

[0024] 在使用中,空芯、光子晶体光纤经常不沿着其整个长度(例如在表面上)来支撑。至少针对一些应用,空芯、光子晶体光纤可能十分长,以至于这种支撑是不实用的。因此,典型地,光子晶体光纤经常使用多个离散的、间隔开的局部安装件或夹具来支撑。例如,光纤可以在光纤的每个端部处被夹住(并且一个或多个中间夹具可以在其间被提供)。通过这种方式安装光纤会向光纤引入具体的局部外部应力。类似地,光纤的任何弯曲(在特定应用中可能需要)也会向光纤引入具体的局部外部应力。

[0025] 有利地,与已知布置相比,光纤至少部分地解决了这些问题,因为在到达包层部分之前,任何外部施加的应力或张力通过可变形连接部分来减少。因此,与外部施加的应力相关联的对光学性能的不利影响可以被减轻。

[0026] 内支撑部分、外支撑部分和可变形连接部分可以由相同的材料形成。

[0027] 例如,可变形连接部分可以包括被散置有空隙的材料的大致径向延伸部分,材料的大致径向延伸部分将内支撑部分连接至外支撑部分。

[0028] 如现在讨论的,内支撑部分、外支撑部分和可变形连接部分由相同的材料形成是特别有利的。

[0029] 在典型的射束传送应用中,已知提供具有保护聚合物涂层的光纤,该保护聚合物涂层包围形成光纤的玻璃材料。这种保护涂层可以分散应力,并且可以减轻外部应力可能引起的不利影响。

[0030] 应理解,在一些应用中,在使用中,光纤可以形成用于接收输入辐射并加宽输入辐射的频率范围以便提供输出辐射的设备的部分。例如,它可以被布置为接收高强度、超快激光脉冲,并且空芯可以被填充有合适的工作气体,这种超快激光脉冲可以与工作气体相互作用以便产生超连续谱。为了实现这一点,光纤可以被设置在被填充有工作气体的气室中。在这种应用中,期望避免任何聚合物涂层,因为这些涂层可能会在气室的封闭环境内经历

脱气。这些脱气的蒸气可能会进入光纤的空芯,在空芯中它们可以与激光辐射相互作用,并且可能会导致污染物被沉积在其中。反过来,这些可能会降低超连续谱源的光学性能。

[0031] 因此,由与内支撑部分相同的材料(例如玻璃)形成外支撑部分和可变形连接部分(它们一起可以被认为形成外保护性应力减轻机制)是有利的,使得脱气被避免。

[0032] 该材料(形成内支撑部分、外支撑部分和/或可变形连接部分)可以包括玻璃。

[0033] 即,该材料可以包括当被加热到转化温度时表现出玻璃转化的无定形(即,非结晶)材料。例如,该材料可以包括石英玻璃。有利地,玻璃不会脱气。

[0034] 可变形连接部分可以包括被布置在内支撑部分周围的环形结构;环形结构可以包括多个孔径,该多个孔径利用材料大致在内支撑部分与外支撑部分之间延伸的多个大致径向延伸部分来散置。

[0035] 即,支撑部分可以被认为被提供有多个大致轴向延伸孔径(该孔径可以限定可变形连接部分)。

[0036] 可变形连接部分可以包括被布置在内支撑部分周围的多个环形结构;每个环形结构可以包括多个孔径,该多个孔径利用材料大致在内支撑部分与外支撑部分之间延伸的多个大致径向延伸部分来散置。

[0037] 在横截面中,(环形结构或每个环形结构的)孔径可以是大致矩形的。

[0038] 大致矩形旨在涵盖真正的矩形和梯形。

[0039] 在横截面中,(环形结构或每个环形结构的)孔径可以大致具有环的扇区的形式。

[0040] 内支撑部分的厚度可以足够大,使得可变形连接部分中的孔径不充当反谐振元件。

[0041] 例如,内支撑部分的厚度可以是至少 $1\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 。

[0042] 包层部分的多个反谐振元件可以被设置在空芯周围的环形结构中,

[0043] 反谐振元件的环形结构的内表面可以至少部分地限定光纤的空芯。空芯的直径(其可以被定义为相对的反谐振元件之间的最小尺寸)可以在 10 与 $100\mu\text{m}$ 之间。空芯的直径可能会影响空芯光纤的模场参数、撞击损耗、色散、模态多元性和非线性特性。

[0044] 在一些实施例中,包层部分可以包括反谐振元件的单环布置。这可能意味着从空芯中心到光纤外部的任何径向方向上的线穿过不超过一个反谐振元件。

[0045] 多个反谐振元件中的每个反谐振元件可以包括毛细管。

[0046] 毛细管也可以被称为管。毛细管的形状可以是圆形的,或者可以具有另一形状。毛细管可以包括包围中空毛细管芯的壁。毛细管壁的壁厚可以在 0.01 至 $10.0\mu\text{m}$ 之间。

[0047] 多个反谐振元件可以被布置为使得反谐振元件中的每个反谐振元件不与其他反谐振元件中的任一反谐振元件接触。

[0048] 反谐振元件中的每个反谐振元件可以与内支撑部分接触,并且与环形结构中的相邻反谐振元件间隔开。这种布置可以是有益的,因为它可以增加光纤的传输带宽。

[0049] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于提供宽带输出辐射的辐射源,该辐射源包括:根据本发明的第一方面的设备;以及输入辐射源,被配置为向该设备提供输入辐射;其中该设备被配置为加宽输入辐射以提供宽带输出辐射。

[0050] 输入辐射可以是脉冲的。输入辐射源可以包括激光源。输入辐射源可以包括超快激光源。

[0051] 宽带输出辐射可以具有至少1W的平均功率。

[0052] 宽带输出辐射可以具有至少5W的平均功率。例如,宽带输出辐射可以具有至少10W的平均功率。

[0053] 宽带输出辐射在输出辐射的整个波长带中可以具有至少0.1mW/nm的功率谱密度。输出辐射的整个波长带中的功率谱密度可以至少为1mW/nm。输出辐射的整个波长带中的功率谱密度可以至少为3mW/nm。

[0054] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于确定衬底上的结构的感兴趣参数的计量布置,该计量布置包括:根据本发明的另一方面的辐射源;照射子系统,用于使用宽带输出辐射来照射衬底上的结构;以及检测子系统,用于检测由结构散射和/或反射的辐射部分,并且用于根据所述辐射部分来确定感兴趣参数。

[0055] 根据本发明的又一方面,提供了一种包括计量布置的计量设备。

[0056] 根据本发明的又一方面,提供了一种包括计量布置的检查设备。

[0057] 根据本发明的一个方面,提供了一种包括计量布置的光刻设备。

[0058] 根据本发明的一个方面,提供了一种光纤,包括:空芯;包围空芯的包层部分,其中包层部分包括没有微结构的内支撑件、外部部分和将内部部分连接至外部部分的可变形连接部分。

[0059] 应理解,包括没有微结构的内部支撑件的包层部分不旨在涵盖空芯光子晶体光纤(反谐振光纤或光子带隙光纤)。光纤可以是被称为毛细管波导的类型,但是它被提供有可变形连接部分。例如,这种毛细管波导(典型地具有比光子晶体光纤更大的芯)在高能物理学中使用。例如,毛细管波导可以具有大约100 μm 到一些毫米数量级的芯。

[0060] 这些毛细管波导对应力非常敏感。光纤是有利的,其原因类似于上面参照在本发明的第一方面的设备中使用的光纤而说明的那些。具体地,可变形连接部分可以充当机械应力吸收器,任何外部施加的应力(例如施加到外部部分)可以被消散到该机械应力吸收器,而不会被直接传送给内部支撑件。换言之,可变形连接部分将内部支撑件与外部部分隔离。

[0061] 光纤可以适当地具有在本发明的第一方面的设备中所使用的光纤的任何特征(不包括构成微结构的多个反谐振元件的任何特征)。

[0062] 空芯可以具有大于20 μm 的直径。可选地,空芯可以具有大于50 μm 的直径。可选地,空芯可以具有大于100 μm 的直径。

[0063] 根据本发明的一个方面,提供了一种形成光纤的方法,该方法包括:提供具有细长体的制造中间件,包括:空芯;包围空芯的包层部分;以及包围包层部分的支撑部分,其中支撑部分包括内支撑部分、外支撑部分和将内支撑部分连接至外支撑部分的连接部分,该连接部分包括被布置在内支撑部分周围的环形结构,该环形结构包括大致被布置在内支撑部分与外支撑部分之间的多个孔径;以及加热和拉制制造中间件以便形成光纤。

[0064] 根据第十方面的方法允许空芯光纤被形成。光纤可以是空芯光子晶体光纤(HC-PCF)。光纤可以具有在本发明的第一方面的设备中所使用的光纤的任何特征。

[0065] 该方法是有利的,因为在制造中间件被加热和拉制以形成光纤之前,制造中间件被提供有包括被布置在内支撑部分周围的环形结构的连接部分。该连接部分可以在加热和拉制过程期间充当绝热层。有利地,这可以在光纤拉制过程期间保护包层部分。

[0066] 包围空芯的包层部分可以包括围绕空芯被布置为环形结构的多个管。在对制造中间件进行加热和拉制以便形成光纤之后,这些管(备选地可以被称为毛细管)可以各自形成用于引导辐射通过空芯的反谐振元件。可以期望多个管或毛细管被布置,使得在加热和拉制制造中间件以便形成光纤之后,管中的每个管不与其他管中的任何管接触。

[0067] 光纤可以适合于在用于接收输入辐射并且加宽输入辐射的频率范围以便提供输出辐射的设备中使用。在一些实施例中,可以期望(在加热和拉制制造中间件以便形成光纤之后)光纤的包层部分的管或毛细管具有200nm或更小的壁厚。这可以实现低至400nm的波长的无谐振操作。本发明人已经发现,当拉制具有如此薄的毛细管壁的光纤时,光纤的毛细管的特性对加热和拉制过程的过程参数的变化具有强烈增加的敏感性。例如,这可能会导致毛细管的不受控制的膨胀,并且可能会导致其中毛细管的相邻管处于接触的最终光纤。

[0068] 除了在包层部分中形成具有相对较薄的毛细管壁(例如壁厚为200nm或更小)的光纤之外,还期望形成具有相对较厚的外径的光纤,以便降低光纤的光学性能对(例如由机械或热效应施加的)外部应力的敏感性。然而,本发明人已经发现,随着光纤外径的增加,具有这种相对较薄的壁的光纤的制作产率显著降低。据认为,在拉制过程期间,支撑部分用于将热量传导到包层部分,因此包层部分的毛细管在比支撑部分更早的位置处开始变细。

[0069] 如该方法的部分所提供的制造中间件的连接部分可以在加热和拉制过程期间充当(部分)绝热层。到包层部分的热传送被延迟和/或传送给包层部分的热量被减少。有利地,这可以在光纤拉制过程期间保护包层部分。

[0070] 制造中间件是在生产光纤的过程期间获得的中间件形式。制造中间件可以由光纤的预制件形成,并且可以被拉制为光纤。制造中间件可以被称为细棒(cane)。

[0071] 提供制造中间件可以包括:提供预制件;以及加热和拉制预制件以便形成制造中间件的至少部分。

[0072] 提供制造中间件还可以包括:在外护套内提供制造中间件的至少部分。

[0073] 包括被布置在内支撑部分周围的环形结构的连接部分可以被形成在外护套中。

[0074] 在这种实施例中,制造中间件(可以被称为细棒)的至少部分被套管在结构化的外护套内,该外护套包括中空通道的一个或多个环形结构。这些中空通道不仅在制作期间用作绝缘层,而且还将降低所形成的光纤对外部应力的敏感性。

[0075] 备选地,包括被布置在内支撑部分周围的环形结构的连接部分可以被形成在预制件中。

[0076] 在这种实施例中,中空通道的一个或多个环形结构在预制件制造期间被形成在预制件中。这具有以下优点:在光纤中包层部分与连接部分之间的(例如玻璃)材料的厚度可以被做得非常小。

附图说明

[0077] 本发明的实施例现在将参照所附示意图仅以示例的方式描述,其中:

[0078] -图1描绘了光刻设备的示意性概述;

[0079] -图2描绘了光刻单元的示意性概述;

[0080] -图3描绘了整体光刻的示意性表示,表示了三种关键技术之间的协作以优化半导体制造;

- [0081] -图4描绘了散射仪计量工具的示意性概述；
- [0082] -图5描绘了水平传感器计量工具的示意性概述；
- [0083] -图6描绘了对准传感器计量工具的示意性概述；
- [0084] -图7是根据本发明的实施例的新光纤在横向平面(即,垂直于光纤的轴)中的示意性截面图；
- [0085] -图8是图7所示的新光纤在包含光纤轴的平面中的示意性截面图；
- [0086] -图9描绘了用于加宽接收到的输入辐射的频率范围的设备,该设备包括图7和图8所示的光纤；
- [0087] -图10描绘了用于加宽图9所示类型的接收到的输入辐射的频率范围的设备,还包括储存器；
- [0088] -图11描绘了用于提供宽带输出辐射的辐射源的示意性表示,该辐射源包括图10所示的用于加宽接收到的输入辐射的频率范围的设备；
- [0089] -图12是(A)预制件；(B)制造中间件(包括细棒和细棒护套)；以及(C)在用于在光纤拉制中形成空芯光纤的方法期间形成的光纤便于使用可以被称为堆积拉制法的技术的示意性截面图；
- [0090] -图13是(A)预制件；(B)制造中间件(包括细棒和细棒护套)；以及(C)在用于在光纤拉制中形成空芯光纤的第一新方法期间形成的光纤便于使用可以被称为堆积拉制法(stack-and-draw method)的技术的示意性截面图；以及
- [0091] -图14是(A)预制件；(B)制造中间件(包括细棒和细棒护套)；以及(C)在用于在光纤拉制中形成空芯光纤的第一新方法期间形成的光纤便于使用可以被称为堆积拉制法的技术的示意性截面图。

具体实施方式

[0092] 在本文档中,术语“辐射”和“射束”被用于涵盖所有类型的电磁辐射,包括紫外辐射(例如波长为365、248、193、157或126nm)和EUV(极紫外辐射,例如波长在约5至100nm的范围内)。

[0093] 本文中采用的术语“掩模版”、“掩模”或“图案形成装置”可以被广义地解释为指代通用图案形成装置,其可以被用于向传入的辐射束赋予图案化的横截面,对应于将在衬底的目标部分中创建的图案。在该上下文中,术语“光阀”也可以被使用。除了经典的掩模(透射或反射的、二进制的、相移的、混合的等)以外,其他这种图案形成装置的示例还包括可编程反射镜阵列和可编程LCD阵列。

[0094] 图1示意性地描绘了光刻设备LA。光刻设备LA包括被配置为调节辐射束B(例如UV辐射、DUV辐射或EUV辐射)的照射系统(也称为照射器)IL、被构造为支撑图案形成装置(例如掩模)MA并且连接至第一定位器PM(被配置为根据某些参数准确地定位图案形成装置MA)的掩模支撑件(例如,掩模台)T、被构造为保持衬底(例如抗蚀剂涂覆的晶片)W并且连接至第二定位器PW(被配置为根据某些参数准确地定位衬底支撑件)的衬底支撑件(例如晶片台)WT以及被配置为将由图案形成装置MA赋予辐射束B的图案投影到衬底W的目标部分C(例如包括一个或多个裸片)上的投影系统(例如折射投影透镜系统)PS。

[0095] 在操作中,照射系统IL从辐射源S0(例如经由射束递送系统BD)接收辐射束。照射

系统IL可以包括各种类型的光学组件,诸如折射、反射、磁性、电磁、静电和/或其他类型的光学组件或它们的任何组合,以用于导向、整形和/或控制辐射。照射器IL可以被用于调节辐射束B,以使其在图案形成装置MA的平面处的横截面中具有期望的空间和角度强度分布。

[0096] 本文中所使用的术语“投影系统”PS应该被广义地解释为涵盖各种类型的投影系统,包括折射、反射、反射折射、变形、磁性、电磁和/或静电的光学系统或它们的任何组合,视所使用的曝光辐射和/或其他因素(诸如浸没液的使用或真空的使用)而定。本文中对术语“投影透镜”的任何使用可以被认为与更通用的术语“投影系统”PS同义。

[0097] 光刻设备LA可以是其中衬底的至少部分可以被具有相对较高的折射率的液体(例如水)覆盖的类型,以便填充投影系统PS与衬底W之间的空间,这也被称为浸没式光刻。关于浸没技术的更多信息在US6952253中给出,其通过引用并入本文。

[0098] 光刻设备LA也可以是具有两个或多个衬底支撑件WT的类型(也称为“双工作台”)。在这种“多工作台”机器中,衬底支撑件WT可以被并行使用,和/或准备随后曝光衬底W的步骤可以对位于衬底支撑件WT中的一个衬底支撑件WT上的衬底W执行,而其他衬底支撑件WT上的另一衬底W被用于在其他衬底W上曝光图案。

[0099] 除了衬底支撑件WT之外,光刻设备LA可以包括测量工作台。测量工作台被布置为保持传感器和/或清洁装置。传感器可以被布置为测量投影系统PS的特性或辐射束B的特性。测量工作台可以保持多个传感器。清洁装置可以被布置为清洁光刻设备的部分,例如投影系统PS的部分或提供浸没液的系统的部分。当衬底支撑件WT远离投影系统PS时,测量工作台可以在投影系统PS下方移动。

[0100] 在操作中,辐射束B被入射到图案形成装置(例如掩模MA)上,该图案形成装置被保持在掩模支撑件T上,并被存在于图案形成装置MA上的图案(设计布局)图案化。在遍历掩模MA后,辐射束B穿过投影系统PS,该投影系统PS将射束聚焦到衬底W的目标部分C上。借助于第二定位器PW和位置测量系统IF,衬底支撑件WT可以被准确地移动,例如以便将不同的目标部分C定位在辐射束B的路径中的聚焦和对准位置处。类似地,第一定位器PM和可能的另一位置传感器(在图1中未明确描绘)可以被用于相对于辐射束B的路径准确地定位图案形成装置MA。图案形成装置MA和衬底W可以使用掩模对准标记M1、M2和衬底对准标记P1、P2来对准。尽管所图示的衬底对准标记P1、P2占用了专用目标部分,但是它们可以位于目标部分之间的空间中。当衬底对准标记P1、P2位于目标部分C之间时,它们被称为划线对准标记。

[0101] 如图2所示,光刻设备LA可以形成光刻单元LC的部分,该光刻单元LC有时也称为lithocell或(litho)簇,其常常还包括在衬底W上执行预曝光和后曝光过程的设备。常规来说,这些包括用于沉积抗蚀剂层的旋涂机SC、使曝光的抗蚀剂显影的显影剂DE、例如用于调节衬底W的温度(例如用于调节抗蚀剂层中的溶剂)的激冷板CH和烘烤板BK。衬底处理器或机械手R0从输入/输出端口I/O1、I/O2获得衬底W,在不同的过程设备之间移动衬底W,并将衬底W递送给光刻设备LA的进料台LB。光刻单元中的装置(常常也被统称为轨道)典型地受轨道控制单元TCU的控制,该轨道控制单元TCU本身可以由监督控制系统SCS控制,该监督控制系统SCS也可以控制光刻设备LA,例如经由光刻控制单元LACU。

[0102] 为了使由光刻设备LA曝光的衬底W正确且一致地曝光,期望检查衬底以测量图案化结构的特性,诸如后续层之间的重叠误差、线厚度、临界尺寸(CD)等。为此目的,检查工具(未示出)可以被包括在光刻单元LC中。如果误差被检测到,例如调整可以对后续衬底的曝

光或要在衬底W上执行的其他处理步骤进行,特别是如果检查在同一批次或批量的其他衬底W仍然要被曝光或处理之前完成。

[0103] 检查设备(也可以被称为计量设备)被用于确定衬底W的特性,特别是不同衬底W的特性如何变化,或与同一衬底W的不同层相关联的特性如何在层间发生变化。检查设备可以备选地被构造为标识衬底W上的缺陷,并且例如可以是光刻单元LC的部分,或者可以被集成到光刻设备LA中,甚或可以是独立的装置。检查设备可以测量潜像(在曝光后在抗蚀剂层中的图像)或半潜像(在后曝光烘烤步骤PEB后在抗蚀剂层中的图像)或显影后的抗蚀剂图像(抗蚀剂的曝光或未曝光部分已经被去除)上的特性,甚或已蚀刻图像(在诸如蚀刻的图案转印步骤之后)上的特性。

[0104] 典型地,光刻设备LA中的图案化过程是处理中的最关键步骤中的一个步骤,其要求衬底W上的结构的大小和放置准确性高。为了确保该高准确性,三个系统可以在所谓的“整体”控制环境中被组合,如图3示意性地描绘的。这些系统中的一个系统是光刻设备LA,它(实际上)被连接至计量工具MT(第二系统)和计算机系统CL(第三系统)。这种“整体”环境的关键是优化这三个系统之间的协作以增强整个过程窗口,并提供紧的控制环以确保由光刻设备LA执行的图案化停留在过程窗口内。过程窗口限定了一定范围的过程参数(例如剂量、焦点、套刻精度),在该过程参数范围内,具体的制造过程会产生限定的结果(例如功能半导体装置),典型地在该过程参数范围内,光刻过程或图案化过程中的过程参数被允许变化。

[0105] 计算机系统CL可以使用要被图案化的设计布局(的部分),以预测要使用的分辨率增强技术,并执行计算光刻模拟和计算以确定哪些掩模布局和光刻设备设置实现图案化过程的最大总过程窗口(在图3中由第一标尺SC1中的双箭头描绘)。典型地,分辨率增强技术被布置为匹配光刻设备LA的图案化可能性。计算机系统CL还可以被用于检测光刻设备LA当前正在过程窗口内何处操作(例如,使用来自计量工具MT的输入),以预测是否由于例如次优处理而可能存在缺陷(在图3中由第二标尺SC2中指向“0”的箭头描绘)。

[0106] 计量工具MT可以向计算机系统CL提供输入以实现准确的模拟和预测,并且可以向光刻设备LA提供反馈以标识可能的漂移,例如在光刻设备LA的校准状态(在图3中由第三标尺SC3中的多个箭头描绘)下。用于测量与光刻设备和/或要被图案化的衬底相关的一个或多个特性的不同类型的计量工具MT现在将被描述。

[0107] 在光刻过程中,期望频繁地对所创建的结构进行测量,例如以进行过程控制和验证。进行这种测量的工具典型地被称为计量工具MT。用于进行这种测量的不同类型的计量工具MT是已知的,包括扫描电子显微镜或各种形式的散射仪计量工具MT。散射仪是多功能仪器,其通过将传感器置于散射仪物镜的光瞳或与光瞳的共轭平面中(这些测量通常被称为基于光瞳的测量)或者通过将传感器置于图像平面或与图像平面共轭的平面中(在这种情况下,这些测量通常被称为基于图像或场的测量)来允许测量光刻过程的参数。这种散射仪和关联的测量技术在专利申请US20100328655、US2011102753A1、US20120044470A、US20110249244、US20110026032或EP1,628,164A中进一步描述,其通过引用全部并入本文。前述散射仪可以使用来自软x射线的并且可见到近IR波长范围的光来测量光栅。

[0108] 在第一实施例中,散射仪MT是角分辨散射仪。在这种散射仪中,重构方法可以被应用于所测量的信号以重构或计算光栅的特性。例如,这种重构可以通过模拟散射辐射与目

标结构的数学模型的相互作用并将模拟结果与测量结果进行比较来进行。数学模型的参数被调整,直到模拟的相互作用产生类似于从实际目标观察到的衍射图案为止。

[0109] 在第二实施例中,散射仪MT是光谱散射仪MT。在这种光谱散射仪MT中,由辐射源发射的辐射被导向到目标上,并且来自目标的反射或散射辐射被导向到光谱仪检测器,该光谱仪检测器测量镜面反射辐射的光谱(即,根据波长测量强度)。通过该数据,例如通过严格耦合波分析和非线性回归或通过模拟的光谱库进行比较,产生检测到的光谱的目标的结构或轮廓可以被重构。

[0110] 在第三实施例中,散射仪MT是椭偏散射仪。椭偏散射仪允许通过测量针对每个偏振态的散射辐射来确定光刻过程的参数。这种计量设备通过在计量设备的照射区段中使用例如适当的偏振滤光器来发射偏振光(诸如线性的、圆形的或椭圆形的)。适用于计量设备的源也可以提供偏振辐射。现有椭偏散射仪的各种实施例在美国专利申请11/451,599、11/708,678、12/256,780、12/486,449、12/920,968、12/922,587、13/000,229、13/033,135、13/533,110和13/891,410中描述,其通过引用全部并入本文。

[0111] 在散射仪MT的一个实施例中,散射仪MT适用于通过测量反射光谱和/或检测配置中的不对称性来测量两个未对准的光栅或周期性结构的套刻精度,该不对称性与该套刻精度的程度相关。两个(大致是重叠的)光栅结构可以被应用在两个不同的层(不一定是连续的层)中,并且可以被形成在晶片上基本相同的位置处。散射仪可以具有例如在共同拥有的专利申请EP1,628,164A中所描述的对称检测配置,使得任何不对称性都是明显可区分的。这提供了一种测量光栅的未对准的直接方法。用于在目标通过周期性结构的不对称性测量时测量包含周期性结构的两个层之间的重叠误差的其他示例可以在PCT专利申请公开号WO 2011/012624或美国专利申请US 20160161863中找到,其通过引用全部并入本文。

[0112] 其他感兴趣的参数可以是焦点和剂量。焦点和剂量可以通过散射测量(或备选地通过扫描电子显微镜)来同时确定,如美国专利申请US2011-0249244中描述的,其通过引用全部并入本文。单个结构可以被使用,该结构针对焦点能量矩阵(FEM,也称为焦点曝光矩阵)中的每个点具有关键尺寸和侧壁角度测量的唯一组合。如果临界尺寸和侧壁角度的这些唯一组合可用,则焦点和剂量值可以从这些测量中唯一地确定。

[0113] 计量目标可以是复合光栅的整体,其通过光刻过程主要在抗蚀剂中形成,但是也可以在例如蚀刻过程之后形成。通常,光栅中的结构的间距和线宽很大程度上取决于测量光学器件(尤其是光学器件的NA),以能够捕获来自计量目标的衍射级。如早前指示的,衍射信号可以被用于确定两个层之间的移位(也称为“套刻精度”),或可以被用于重构由光刻过程产生的原始光栅的至少部分。该重构可以被用于提供光刻过程的质量的引导,并且可以被用于控制光刻过程的至少部分。目标可以具有更小的子分段,该子分段被配置为模仿目标中的设计布局的功能部分的尺寸。由于该子分段,目标的行为将与设计布局的功能部分更加类似,使得总体过程参数测量更好地类似于设计布局的功能部分。目标可以在未充满模式或过充满模式下测量。在未充满模式下,测量射束生成比整个目标小的斑点。在过充满模式下,测量射束生成比整个目标大的斑点。在这种过充满模式下,也可能同时测量不同的目标,从而同时确定不同的处理参数。

[0114] 使用具体目标的光刻参数的总体测量质量至少部分地由用于测量该光刻参数的测量方案确定。术语“衬底测量方案”可以包括测量本身的一个或多个参数、被测量的一个

或多个图案的一个或多个参数或两者。例如,如果在衬底测量方案中使用的测量是基于衍射的光学测量,则测量的一个或多个参数可以包括辐射的波长、辐射的偏振、相对于衬底的辐射入射角、相对于衬底上的图案的辐射定向等。选择测量方案的标准中的一个标准可以是例如测量参数中的一个测量参数对处理变化的敏感性。更多示例在美国专利申请US2016-0161863和公开的美国专利申请US 2016/0370717A1中描述,其通过引用全部并入本文。

[0115] 一种计量设备(诸如散射仪SM1)在图4中描绘。它包括将辐射投影到衬底6上的宽带(白光)辐射投影仪2。反射或散射辐射被传递给光谱仪检测器4,该光谱仪检测器4测量镜面反射辐射的光谱10(即,根据波长 λ 检测强度 I_n1)。通过该数据,例如通过严格耦合波分析(Rigorous Coupled Wave Analysis)和非线性回归或通过与图4的底部所示的模拟光谱库进行比较,产生检测到的光谱的结构或轮廓可以由处理单元PU重构。通常,针对重构,该结构的一般形式是已知的,并且一些参数根据通过该结构被制造的过程的知识来假设,仅有该结构的几个参数要从散射测量数据确定。这种散射仪可以被配置为正入射散射仪或斜入射散射仪。

[0116] 在光刻过程中,期望频繁地对所创建的结构进行测量,例如以进行过程控制和验证。用于进行这种测量的各种工具是已知的,包括扫描电子显微镜或各种形式的计量设备,诸如散射仪。已知散射仪的示例通常依赖于提供专用计量目标,诸如未充满目标(目标,以简单光栅或不同层中的重叠光栅的形式,大到足以使测量射束生成小于光栅的斑点)或过充满目标(其中照射斑点部分或完全地包含目标)。进一步地,使用计量工具(例如照射未充满目标(诸如光栅)的角分辨散射仪)允许使用所谓的重构方法,其中光栅的特性可以通过模拟散射辐射与目标结构的数学模型的相互作用并将模拟结果与测量结果进行比较来计算。模型的参数被调整,直到模拟的相互作用产生类似于从实际目标观察到的衍射图案为止。

[0117] 散射仪是多功能仪器,其允许通过将传感器置于散射仪物镜的光瞳或与光瞳的共轭平面中(这些测量通常称为基于光瞳的测量)或者通过将传感器置于图像平面或与图像平面共轭的平面中(在这种情况下,这些测量通常被称为基于图像或场的测量)来允许测量光刻过程的参数。这种散射仪和关联的测量技术在专利申请US20100328655、US2011102753A1、US20120044470A、US20110249244、US20110026032或EP1,628,164A中进一步描述,其通过引用全部并入本文。在一个图像中,前述散射仪可以使用来自软x射线的并且可见到近IR波长范围的光来测量来自多个光栅的多个目标。

[0118] 可以被集成在光刻设备中的形貌测量系统、水平传感器或高度传感器被布置为测量衬底(或晶片)的顶表面的形貌。衬底的形貌的图(也称为高度图)可以从这些测量生成,该图根据在衬底上的位置指示衬底的高度。该高度图随后可以被用于在将图案转印到衬底上期间校正衬底的位置,以便在衬底上的适当聚焦位置中提供图案形成装置的虚像。应理解,在该上下文中,“高度”是指对于衬底明显在平面之外的尺寸(也称为Z轴)。典型地,水平或高度传感器在固定位置(相对于其自己的光学系统)执行测量,并且衬底与水平或高度传感器的光学系统之间的相对移动导致跨衬底的位置处的高度测量。

[0119] 本领域中已知的水平或高度传感器LS的示例在图5中示意性地示出,其仅图示了操作原理。在该示例中,水平传感器包括光学系统,该光学系统包括投影单元LSP和检测单

元LSD。投影单元LSP包括辐射源LSO,该辐射源LSO提供由投影单元LSP的投影光栅PGR赋予的辐射束LSB。辐射源LSO可以是例如窄带或宽带辐射源(诸如超连续谱光源)、偏振的或非偏振的、脉冲的或连续的,诸如偏振或非偏振激光射束。辐射源LSO可以包括具有不同颜色或波长范围的多个辐射源,诸如多个LED。水平传感器LS的辐射源LSO不被限于可见辐射,但可以附加地或备选地涵盖UV和/或IR辐射以及适合于从衬底表面反射的任何波长范围。

[0120] 投影光栅PGR是包括周期性结构的周期性光栅,该周期性结构导致辐射束BE1具有周期性变化的强度。强度周期性变化的辐射束BE1被导向衬底W上的测量位置ML0,该衬底W相对于与入射衬底表面垂直的轴(Z轴)具有入射角ANG,入射角ANG在0度与90度之间,大致在70度与80度之间。在测量位置ML0处,图案化的辐射束BE1由衬底W反射(由箭头BE2指示),并且被导向检测单元LSD。

[0121] 为了确定测量位置ML0处的高度水平,水平传感器还包括检测系统,该检测系统包括检测光栅DGR、检测器DET和用于处理检测器DET的输出信号的处理单元(未示出)。检测光栅DGR可以与投影光栅PGR相同。检测器DET产生检测器输出信号,该检测器输出信号指示接收到的光(例如指示接收到的光的强度)(诸如光电检测器)或者代表接收到的强度的空间分布(诸如相机)。检测器DET可以包括一种或多种检测器类型的任何组合。

[0122] 借助于三角测量技术,测量位置ML0处的高度水平可以被确定。检测到的高度水平典型地与由检测器DET测量的信号强度相关,该信号强度具有周期性,该周期性取决于投影光栅PGR的设计和(倾斜)入射角ANG等等。

[0123] 投影单元LSP和/或检测单元LSD可以沿着投影光栅PGR与检测光栅DGR之间的图案化的辐射束的路径(未示出)包括其他光学元件,诸如透镜和/或反射镜。

[0124] 在实施例中,检测光栅DGR可以被省略,并且检测器DET可以被放置在检测光栅DGR所在的位置。这种配置提供了对投影光栅PGR的图像的更直接的检测。

[0125] 为了有效地覆盖衬底W的表面,水平传感器LS可以被配置为将测量射束BE1的阵列投影到衬底W的表面上,从而生成测量区域ML0或覆盖更大测量范围的斑点的阵列。

[0126] 例如,一般类型的各种高度传感器在US7265364和US7646471中公开,两者均通过引用并入本文。使用UV辐射而不是可见辐射或红外辐射的高度传感器在US2010233600A1中公开,其通过引用并入本文。在W02016102127A1(其通过引用并入本文)中,紧凑型高度传感器被描述,其使用多元素检测器来检测和识别光栅图像的位置,而不需要检测光栅。

[0127] 位置测量系统PMS可以包括适合于确定衬底支撑件WT的位置的任何类型的传感器。位置测量系统PMS可以包括适合于确定掩模支撑件MT的位置的任何类型的传感器。传感器可以是光学传感器,诸如干涉仪或编码器。位置测量系统PMS可以包括干涉仪和编码器的组合系统。传感器可以是另一类型的传感器,诸如磁性传感器、电容传感器或电感传感器。位置测量系统PMS可以确定相对于参考(例如计量框架MF或投影系统PS)的位置。位置测量系统PMS可以通过测量位置或通过测量位置的时间导数(诸如速度或加速度)来确定衬底台WT和/或掩模支撑件MT的位置。

[0128] 位置测量系统PMS可以包括编码器系统。编码器系统例如从于2006年9月7日提交的美国专利申请US2007/0058173A1已知,其通过引用并入本文。编码器系统包括编码器头部、光栅和传感器。编码器系统可以接收初级辐射束和次级辐射束。初级辐射束以及次级辐射束都源自相同的辐射束,即,原始辐射束。初级辐射束和次级辐射束中的至少一个是通过

用光栅衍射原始辐射束而创建的。如果初级辐射束和次级辐射束都是通过用光栅衍射原始辐射束而创建的,则初级辐射束需要具有与次级辐射束不同的衍射级。不同的衍射级例如是+1级、-1级、+2级和-2级。编码器系统将初级辐射束和次级辐射束光学地组合为组合辐射束。编码器头部中的传感器确定组合辐射束的相位或相位差。传感器基于相位或相位差生成信号。该信号表示编码器头部相对于光栅的位置。编码器头部和光栅中的一者可以被布置在衬底结构WT上。编码器头部和光栅中的另一者可以被布置在计量框架MF或基架BF上。例如,多个编码器头部被布置在计量框架MF上,而光栅被布置在衬底支撑件WT的顶表面上。在另一示例中,光栅被布置在衬底支撑件WT的底表面上,并且编码器头部被布置在衬底支撑件WT下方。

[0129] 位置测量系统PMS可以包括干涉仪系统。干涉仪系统例如从于1998年7月13日提交的美国专利US6,020,964已知,其通过引用并入本文。干涉仪系统可以包括分束器、反射镜、参考反射镜和传感器。辐射束被分束器拆分为参考射束和测量射束。测量射束传播到反射镜,并被反射镜反射回分束器。参考射束传播到参考反射镜,并被参考反射镜反射回分束器。在分束器处,测量射束和参考射束被组合为组合辐射束。组合辐射束被入射到传感器上。传感器确定组合辐射束的相位或频率。传感器基于相位或频率生成信号。该信号表示反射镜的位移。在实施例中,反射镜被连接至衬底支撑件WT。参考反射镜可以被连接至计量框架MF。在实施例中,测量射束和参考射束通过附加光学组件而不是分束器被组合为组合辐射束。

[0130] 在复杂装置的制造中,典型地,许多光刻图案化步骤被执行,从而在衬底上的连续层中形成功能特征。因此,光刻设备的性能的关键方面是能够关于在先前层中(通过相同的设备或不同的光刻设备)所制定的特征正确且准确地放置所施加的图案。为此目的,衬底被提供有一个或多个标记集合。每个标记是其位置可以在稍后使用位置传感器(典型地光学位置传感器)来测量的结构。位置传感器可以被称为“对准传感器”,并且标记可以被称为“对准标记”。标记也可以被称为计量目标。

[0131] 光刻设备可以包括一个或多个(例如多个)对准传感器,设置在衬底上的对准标记的位置可以通过该对准传感器来准确地测量。对准(或位置)传感器可以使用光学现象,诸如衍射和干扰,以从在衬底上形成的对准标记获得位置信息。在当前光刻设备中使用的对准传感器的示例基于US6961116中描述的自参考干涉仪。例如,如US2015261097A1中公开的,位置传感器的各种增强和修改已经被开发。所有这些出版物的内容均通过引用并入本文。

[0132] 标记或对准标记可以包括一系列栅条,这些栅条被形成在设置在衬底上的层上或中,或者被(直接)形成在衬底中。栅条可以被规则地间隔开并且充当光栅线,使得标记可以被认为具有已知的空间周期(间距)的衍射光栅。取决于这些光栅线的定向,标记可以被设计为允许沿着X轴或沿着Y轴(其基本上垂直于X轴定向)的位置的测量。包括相对于X轴和Y轴以+45度和/或-45度布置的栅条的标记允许使用US2009/195768A(其通过引用并入本文)中描述的技术进行组合式X和Y测量。

[0133] 对准传感器利用辐射斑点来光学地扫描每个标记,以获得诸如正弦波的周期性变化的信号。该信号的相位被分析,以确定标记相对于对准传感器的位置,从而确定衬底相对于对准传感器的位置,该对准传感器反过来相对于光刻设备的参考系固定。与不同的(粗略

的和精细的) 标记尺寸相关的所谓粗略和精细标记可以被提供, 使得对准传感器可以区分周期性信号的不同循环以及循环内的精确位置(相位)。不同间距的标记也可以被用于此目的。

[0134] 测量标记的位置还可以提供关于其上被设置有标记的衬底的变形的信息, 例如以晶片栅格的形式。当衬底被暴露于辐射时, 衬底的变形可以通过例如将衬底静电夹持到衬底台和/或加热衬底而发生。

[0135] 图6是诸如例如在US6961116中描述的已知对准传感器AS的实施例的示意框图, 其通过引用并入本文。辐射源RS0提供一种或多种波长的辐射束RB, 该辐射束RB通过将光学器件转向到标记(诸如位于衬底W上的标记AM, 作为照射斑点SP) 上而被转向。在该示例中, 转向光学器件包括点反射镜SM和物镜OL。标记AM被照射的照射斑点SP的直径可以比标记本身的宽度稍小。

[0136] 由标记AM衍射的辐射被准直(在该示例中, 经由物镜OL) 到信息承载射束IB中。术语“衍射”旨在包括来自标记的零级衍射(可以被称为反射)。自参考干涉仪SRI(例如上面提及的US6961116中公开的类型) 使射束IB与其本身干涉, 此后射束被光电检测器PD接收。在多于一个波长由辐射源RS0创建的情况下, 附加的光学器件(未示出) 可以被包括在内以提供单独的射束。如果需要, 光电检测器可以是单个元件, 或者它可以包括若干像素。光电检测器可以包括传感器阵列。

[0137] 在该示例中包括点反射镜SM的转向光学器件还可以用于阻挡从标记反射的零级辐射, 使得信息承载射束IB仅包括来自标记AM的高级衍射辐射(这对测量并非必须, 但提高了信噪比)。

[0138] 强度信号SI被供应给处理单元PU。通过块SRI中的光学处理和单元PU中的计算处理的组合, 衬底上相对于参考系的X和Y位置的值被输出。

[0139] 所图示类型的单个测量仅将标记的位置固定在与标记的一个间距相对应的特定范围内。粗测技术与这种测量结合使用, 以标识正弦波的哪个周期是包含所标记位置的周期。相同的过程可以在不同的波长下以更粗糙和/或更精细的水平重复, 用于提高准确性和/或用于标记的鲁棒性检测, 该鲁棒性检测不考虑标记所用的材料以及标记所处位置上和/或下方的材料。波长可以被光学地复用和解复用, 以便被同时处理, 和/或它们可以通过时分或频分被复用。

[0140] 在该示例中, 对准传感器和斑点SP保持静止, 而衬底W在移动。对准传感器因此可以被牢固且准确地安装至参考系, 同时在与衬底W的移动方向相反的方向上有效地扫描标记AM。衬底W在该移动中通过将其安装在衬底支撑件和衬底定位系统(控制衬底支撑件的移动) 上来控制。衬底支撑件位置传感器(例如干涉仪) 测量衬底支撑件(未示出) 的位置。在实施例中, 一个或多个(对准) 标记被设置在衬底支撑件上。对被设置在衬底支撑件上的标记的位置测量允许由位置传感器确定的衬底支撑件的位置被校准(例如相对于对准系统所连接的框架)。对被设置在衬底上的对准标记的位置测量允许衬底相对于衬底支撑件的位置被确定。

[0141] 计量工具MT(诸如上面提及的散射仪、形貌测量系统或位置测量系统) 可以使用源自辐射源的辐射来执行测量。由计量工具使用的辐射特性可能会影响可能被执行的测量的类型和质量。针对一些应用, 使用多个辐射频率来测量衬底可以是有利的, 例如宽带辐射可

以被使用。多个不同的频率可以能够传播、照射和散射计量目标,而对其他频率没有干扰或干扰最小。因此,例如不同的频率可以被用于同时获得更多的计量数据。不同的辐射频率也可以能够询问和发现计量目标的不同特性。宽带辐射可以用于计量系统MT,诸如例如水平传感器、对准标记测量系统、散射测量工具或检查工具。宽带辐射源可以是超连续谱源。

[0142] 高质量宽带辐射(例如超连续谱辐射)可能难以生成。用于生成宽带辐射的一种方法可以是加宽高功率窄带或单频输入辐射,例如利用非线性、更高级别的效应。输入辐射(其可以使用激光产生)可以被称为泵浦辐射。为了获得用于加宽效应的高功率辐射,辐射可以被限制在小区域内,使得强局部化的高强度辐射被实现。在这些区域中,辐射可以与形成非线性介质的加宽结构和/或材料相互作用,从而创建宽带输出辐射。在高强度辐射区域中,不同的材料和/或结构可以被用于通过提供合适的非线性介质来实现和/或改进辐射加宽。

[0143] 在一些实施方式中,如下面参照图9至11进一步讨论的,用于加宽输入辐射的方法和设备可以使用光纤来限制输入辐射,并且加宽输入辐射以输出宽带辐射。光纤可以是空芯光纤,并且可以包括内部结构以实现光纤中的辐射的有效引导和限制。光纤可以是空芯光子晶体光纤(HC-PCF),它特别适合于强辐射限制,主要在光纤的空芯内部,从而实现高辐射强度。光纤的空芯可以被填充有气体,该气体充当用于加宽输入辐射的加宽介质。这种光纤和气体布置可以被用于创建超连续谱辐射源。输入到光纤的辐射可以是电磁辐射,例如红外、可见光、UV和极UV光谱中的一种或多种的辐射。输出辐射可以由宽带辐射组成或包括宽带辐射,其在本文中可以被称为白光。

[0144] 本发明的一些实施例涉及一种用于这种宽带辐射源的光纤的新设计以及包括该新光纤的宽带辐射源。新的光纤是空芯光子晶体光纤(HC-PCF)。具体地,新光纤是空芯、光子晶体光纤,其类型包括用于辐射的限制的反谐振结构。包括反谐振结构的这种光纤在本领域中被称为反谐振光纤、管状光纤、单环光纤、负曲率光纤或抑制耦合光纤。这种光纤的各种不同设计在本领域中是已知的。

[0145] 还应理解,反谐振元件旨在表示被布置为主要通过反谐振将辐射限制在空芯内的元件。具体地,术语反谐振元件并不旨在涵盖被布置为主要通过包层部分中创建光子带隙来将辐射限制在空芯内的元件(诸如例如Kagome光子晶体光纤)。纯光子带隙光纤在非常有限的带宽内提供非常低的损耗。使用反谐振元件引导辐射的光纤可能具有比光子带隙光纤更宽的传输窗口(即,具有更大的传输带宽)。有利地,这种光纤因此可以更适于在用于接收输入辐射并且加宽输入辐射的频率范围以提供输出辐射(例如超连续谱源)的设备中使用。

[0146] 光纤的新设计现在参照图7和图8描述。图7和图8是新光纤100在两个相互垂直的平面中的示意性截面图。

[0147] 光纤100包括细长体,与光纤102的其他两个维度相比,该细长体在一个维度上更长。这个更长的维度可以被称为轴向方向,并且可以限定光纤100的轴101。两个其他维度定义了可以被称为横向平面的平面。图7示出了在该横向平面(即,垂直于轴101)中的光纤100的横截面,该横向平面被标注为x-y平面。图8示出了在包含轴101的平面中的光纤100的横截面,具体地x-z平面。光纤100的横截面可以沿着光纤轴101基本恒定。

[0148] 应理解,光纤100具有一定程度的柔性,因此,轴101的方向沿着光纤100的长度通

常是不均匀的。诸如光轴101、横向截面等术语将被理解为表示局部光轴101、局部横向截面等。此外,在组件被描述为圆柱形或管状的情况下,这些术语将被理解为涵盖随着光纤100弯曲而可能已经变形的这种形状。

[0149] 光纤100可以具有任何长度,并且应理解,光纤100的长度可以取决于应用(例如在超连续谱辐射源内的应用所需的光谱加宽量)。光纤100的长度可以在1cm与10m之间,例如光纤100的长度可以在10cm与100cm之间。

[0150] 光纤100包括:空芯102;包围空芯102的包层部分;以及包围并支撑包层部分的支撑部分。包层部分包括用于引导辐射通过空芯102的多个反谐振元件。具体地,多个反谐振元件被布置为限制主要在空芯102内部通过光纤100传播的辐射,并且沿着光纤100引导辐射。光纤100的空芯102可以基本上被设置在光纤100的中心区域中,使得光纤100的轴101也可以限定光纤100的空芯102的轴。

[0151] 包层部分包括多个反谐振元件,用于引导辐射通过光纤100传播。具体地,在该实施例中,包层部分包括六个管状毛细管104的单个环。管状毛细管104中的每个管状毛细管充当反谐振元件。

[0152] 毛细管104也可以被称为管。毛细管104的横截面可以是圆形的,或者可以具有另一形状。每个毛细管104包括大致圆柱形的壁部105,其至少部分地限定光纤100的空芯102,并且将空芯102与反谐振腔106分离。应理解,壁部105可以充当减反射法布里-珀罗谐振器,以用于通过空芯102传播的辐射(并且可以以掠入射角被入射到壁部105上)。壁部105的厚度可以是合适的,以确保回到空芯102中的反射总体会被增强,而进入反谐振腔106中的透射总体会被抑制。在一些实施例中,毛细管壁部105可以具有在0.01与10.0 μm 之间的厚度。

[0153] 应理解,如本文使用的,术语包层部分旨在表示光纤100的部分,用于引导辐射通过光纤100(即,将所述辐射限制在空芯102内的毛细管104)传播。辐射可以被限制为横向模式的形式,沿着光纤轴101传播。

[0154] 支撑部分包括内支撑部分108、外支撑部分110和可变形连接部分112。可变形连接部分112将内支撑部分108连接至外支撑部分110。可变形连接部分112可以备选地被称为应力吸收部分。

[0155] 内支撑部分108大致是管状的,并且支撑包层部分的六个毛细管104。六个毛细管104围绕内支撑部分108的内表面均匀分布。六个毛细管104可以被描述为被设置为大致六边形的形态。

[0156] 毛细管104被布置为使得每个毛细管不与任何其他毛细管104接触。毛细管104中的每个毛细管104与支撑部分108接触,并且与环形结构中的相邻毛细管104间隔开。这种布置可以是有益的,因为它可以增加光纤100的传输带宽(例如相对于其中毛细管彼此接触的布置)。备选地,在一些实施例中,毛细管104中的每个毛细管104可以与环形结构中的相邻毛细管104接触。

[0157] 包层部分的六个毛细管104围绕空芯102被设置为环形结构。毛细管104的环形结构的内表面至少部分地限定光纤100的空芯102。空芯102的尺寸(其可以被定义为相反毛细管之间的最小尺寸,由箭头114指示)可以在10与1000 μm 之间。空芯102的直径114可能会影响空芯光纤100的模场参数、撞击损耗、色散、模态多元性和非线性特性。

[0158] 在该实施例中,包层部分包括毛细管104(充当反谐振元件)的单环布置。因此,从

空芯102的中心到光纤100的外部的任何径向方向上的线穿过不超过一个毛细管104。

[0159] 应理解,其他实施例可以被提供有反谐振元件的不同布置。这些布置可以包括具有多个反谐振元件环的布置以及具有嵌套反谐振元件的布置。此外,尽管图7和图8所示的实施例包括六个毛细管的环,但是在其他实施例中,包括任何数目的反谐振元件(例如4、5、6、7、8、9、10、11或12个毛细管)的一个或多个环可以被设置在包层部分中。

[0160] 外支撑部分110大致是管状的,并且经由可变形连接部分112支撑内支撑部分108。可变形连接部分112易于变形。即,可变形连接部分112的形状和/或尺寸可以响应于所施加的应力而改变。具体地,可变形连接部分112可能比光纤100的其他部分(诸如例如内支撑部分108)更易于受到这种变形的影响。

[0161] 可变形连接部分112包括围绕内支撑部分108布置的环形结构。该环形结构包括多个孔径116,该多个孔径116利用材料大致在内支撑部分108和外支撑部分110之间延伸的多个大致径向延伸部分来散置。因此,支撑部分可以被认为被提供有多个大致轴向延伸的孔径116(这些孔径116可以限定可变形连接部分112)。

[0162] 在横截面中,孔径116大致具有环的扇区的形式。孔径可以备选地被描述为横截面为梯形,并且可以被描述为大致矩形。

[0163] 内支撑部分108的厚度通常足够大,使得可变形连接部分112中的孔径116不充当反谐振元件。例如,内支撑部分108的厚度可以是至少 $1\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 。

[0164] 虽然在该实施例中,可变形连接部分112包括围绕内支撑部分108布置的单环结构,但是在替代实施例中,可变形连接部分112可以包括围绕上面描述并且图7和图8所示的类型的内支撑部分108布置的多个同心环结构。

[0165] 光纤100可以被称为空芯、光子晶体光纤(HC-PCF)。典型地,这种空芯、光子晶体光纤包括用于在光纤内引导辐射的包层部分(例如其可以包括反谐振元件)和支撑部分。典型地,支撑部分是支撑包层部分的相对较厚的护套或材料管。根据本发明的实施例的光纤100优于已知的空芯、光子晶体光纤,因为可变形连接部分112可以充当机械应力吸收器,任何外部施加的应力(例如施加到外支撑部分110)可以主要被消散到该机械应力吸收器,而不会被直接传送给包层部分(包括毛细管104)。换言之,可变形连接部分112将内支撑部分108、包层部分(即,毛细管104)和空芯102与外支撑部分110隔离。

[0166] 在没有这种可变形连接部分112的情况下,施加到支撑部分的任何外部应力能够被直接传送给包层部分。然而,通常,包层部分(包括毛细管104形式的反谐振元件)的光学性能对反谐振元件内的局部应力敏感,因为这种应力可能会导致折射率分布的变化或引起双折射。这些影响可能对光学性能有害,并且可能会导致模态加扰或限制损耗的增加。这些影响典型地取决于波长,并且波长越短,影响越强。

[0167] 在使用中,光纤100可以不沿着其整个长度(例如在表面上)来支撑。至少针对一些应用,光纤100可能十分长,以至于这种支撑是不实用的。出于此原因,典型地,光子晶体光纤通常使用多个离散的、间隔开的局部安装件或夹具来支撑。例如,在使用中,光纤100可以在光纤的每个端部处被夹住(并且一个或多个中间夹具可以在其间被提供)。通过这种方式安装光纤100将向光纤100引入具体的局部外部应力。类似地,光纤100的任何弯曲(这在特定应用中可能是期望的)也将向光纤引入具体的局部外部应力。

[0168] 有利地,与已知布置相比,根据本发明的实施例的光纤100至少部分地解决了这些

问题,因为在到达包层部分(即,毛细管104)之前,任何外部施加的应力或张力由可变形连接部分112减小。因此,与外部施加的应力相关联的对光学性能的不利影响可以被减轻。

[0169] 在实施例中,内支撑部分108、外支撑部分110和可变形连接部分112均由相同材料形成。具体地,在一些实施例中,该材料包括玻璃。即,该材料包括当被加热到转化温度时表现出玻璃转化的无定形(即,非结晶)材料。例如,该材料可以包括石英玻璃。例如,光纤100的部分(例如毛细管104、内支撑部分108、外支撑部分110和可变形连接部分112)可以包括以下中的任何一种:高纯二氧化硅(SiO_2) (例如由德国贺利氏控股集团销售的F300材料);软玻璃,诸如例如硅酸铅玻璃(例如德国肖特集团销售的SF6玻璃);或其他特殊玻璃,诸如例如硫属化物玻璃或重金属氟化物玻璃(也称为ZBLAN玻璃)。有利地,玻璃材料不会脱气。

[0170] 如现在讨论的,内支撑部分108、外支撑部分110和可变形连接部分112由相同的材料(具体地,不会脱气的材料,诸如玻璃)形成是特别有利的。

[0171] 在典型的射束递送应用中,已知提供具有保护性聚合物涂层的光纤,该保护聚合物涂层包围形成光纤的玻璃材料。这种保护层可以分散应力,并且可以减轻外部应力可能引起的不利影响。

[0172] 在替代实施例中,光纤100的一个或多个组件可以由聚合物材料形成。可以由聚合物材料形成的光纤100的组件包括:内支撑部分108、外支撑部分110、可变形连接部分112和/或包层部分(包括以毛细管104形式的反谐振元件)。

[0173] 如下面参照图9至图11进一步讨论的,在使用中,光纤100可以形成用于接收输入辐射并加宽输入辐射的频率范围以提供输出辐射的设备的一部分。例如,它可以被布置为接收高强度、超快激光脉冲,并且空芯102可以被填充有合适的工作气体,这种超快激光脉冲可以与之相互作用以产生超连续谱。为了实现这一点,光纤100可以被设置在被填充有工作气体126的气室128中(参见图10和图11)。在这种应用中,期望避免任何聚合物涂层,因为这些涂层可能会在气室的封闭环境内经历脱气。这些脱气的蒸气可能会进入光纤100的空芯102,在空芯102中它们可以与激光辐射相互作用,并且可能会导致污染物被沉积在其中。反过来,这些可能会降低超连续谱源的光学性能。

[0174] 因此,由与内支撑部分108相同的材料(例如玻璃)形成外支撑部分110和可变形连接部分112(它们一起可以被认为形成外保护性应力减轻机制)是有利的,使得脱气被避免。

[0175] 图9示意性地示出了用于接收输入辐射122并加宽输入辐射122的频率范围以便提供宽带输出辐射124的设备120的一般设置。设备120包括具有空芯102的光纤100,用于引导辐射通过光纤100传播。应理解,为了辅助附图的阐明,仅光纤100的空芯102在图9中示出(并且包层和支撑部分未被区分)。设备120还包括被设置在空芯102内的气体126,其中该气体包括工作成分,其能够加宽接收到的输入辐射126的频率范围以便提供宽带输出辐射124。

[0176] 气体126的工作成分可以是惰性气体。工作成分可以包括氩气、氮气、氦气、氖气和氙气中的一种或多种。作为惰性气体的替代或附加,工作成分可以包括分子气体(例如 N_2 、 O_2 、 CH_4 、 SF_6)。

[0177] 在一种实施方式中,气体126可以至少在接收输入辐射122以产生宽带输出辐射124期间被设置在空芯102内。应理解,虽然设备120不接收输入辐射122以产生宽带输出辐射,但是气体126可以完全或部分地不存在于空芯102中。通常,设备120包括用于在光纤100

的空芯102内提供气体126的设备。用于在光纤100的空芯102内提供气体126的这种设备可以包括储存器,如现在参照图10讨论的。

[0178] 图10示出了图9所示的设备120,其还包括储存器128。光纤100被设置在储存器128内。储存器128也可以被称为外壳或容器。储存器128被配置为包含气体126。储存器128可以包括本领域已知的一个或多个特征,用于控制、调节和/或监测储存器128内的气体126的组成。储存器可以包括第一透明窗130。在使用中,光纤100被设置在储存器128内部,使得第一透明窗130位于光纤100的输入端附近。第一透明窗130可以形成储存器128的壁的部分。第一透明窗130可以至少对于接收到的输入辐射频率是透明的,使得接收到的输入辐射122(或至少其大部分)可以被耦合到位于储存器128内部的光纤100中。储存器128可以包括第二透明窗132,形成储存器128的壁的部分。在使用中,当光纤100被设置在储存器128内部时,第二透明窗132位于光纤100的输出端附近。第二透明窗132可以至少对于设备120的宽带输出辐射124的频率是透明的。

[0179] 备选地,在另一实施例中,光纤100的两个相对的端部可以被放置在不同储存器内。光纤100可以包括被配置为接收输入辐射122的第一端部区段和用于输出宽带输出辐射124的第二端部区段。第一端部区段可以被放置在包括气体126的第一储存器内。第二端部区段可以被放置在第二储存器内,其中第二储存器还可以包括气体126。储存器的运作可以如上面关于图10所描述的。第一储存器可以包括第一透明窗,其被配置为对于输入辐射122是透明的。第二储存器可以包括被配置为对于宽带输出辐射124是透明的第二透明窗。第一储存器和第二储存器还可以包括可密封的开口,以允许光纤100被部分地放置在储存器内部并且部分地放置在储存器外部,使得气体被密封在储存器内部。光纤100还可以包括未被包含在储存器内的中间区段。使用两个单独的气体储存器的这种布置对于其中光纤100相对较长(例如当长度大于1m时)的实施例可能特别方便。应理解,针对使用两个单独的气体储存器的这种布置,两个储存器(其可以包括本领域已知的一个或多个特征,用于控制、调节和/或监测两个储存器内部的气体126的组成)可以被认为提供一种用于在光纤100的空芯102内提供气体126的设备。

[0180] 在该上下文中,如果窗口上的该频率的入射辐射的至少50%、75%、85%、90%、95%或99%被透射通过窗口,则窗口对于该频率可以是透明的。

[0181] 第一透明窗130和第二透明窗132都可以在储存器128的壁内形成气封,使得气体126可以被包含在储存器128内。应理解,在与储存器128的环境压力不同的压力下,气体126可以被包含在储存器128内。

[0182] 为了实现频率加宽,高强度辐射可能是期望的。具有空芯光纤100的优点在于它可以通过对传播通过光纤100的辐射的强空间限制来实现高强度辐射,从而实现高局部辐射强度。另外,空芯设计(例如与实芯设计相比)可以产生更高质量的传输模式(例如具有更大比例的单模传输)。光纤100内部的辐射强度可以很高,例如由于接收到的输入辐射强度高和/或由于光纤100内部的辐射的强空间限制。

[0183] 使用空芯光纤100的优点可以是在光纤100内引导的大部分辐射被限制在空芯102内。因此,光纤100内的辐射的大部分相互作用是与气体126进行的,该气体126被设置在光纤100的空芯102内部。因此,气体126的工作成分对辐射的加宽效果可以被提升。

[0184] 接收到的输入辐射122可以是电磁辐射。输入辐射122可以被接收为脉冲辐射。例

如,输入辐射122可以包括超快脉冲。当辐射与气体126相互作用时用于光谱加宽的机制可以是例如四波混频、调制不稳定性、工作气体的电离、拉曼效应、克尔非线性、孤子形成或孤子裂变中的一种或多种。具体地,光谱加宽可以通过孤子形成或孤子裂变中的一种或两种来实现。

[0185] 输入辐射122可以是相干辐射。输入辐射122可以是准直辐射,并且其优点可以是促进和提高将输入辐射122耦合至光纤100中的效率。输入辐射122可以包括单一频率或窄范围频率。输入辐射122可以由激光生成。类似地,输出辐射124可以是准直的和/或可以是相干的。

[0186] 输出辐射124的宽带范围可以是连续范围,包括连续范围的辐射频率。输出辐射124可以包括超连续谱辐射。连续辐射可以有益于在许多应用中使用,例如在计量应用中。例如,连续范围的频率可以被用于询问大量特性。连续范围的频率可以例如被用于确定和/或消除所测量特性的频率相关性。超连续谱输出辐射124可以包括例如波长范围为100nm至4000nm的电磁辐射。宽带输出辐射124频率范围可以是例如400nm至900nm、500nm至900nm或200nm至2000nm。超连续谱输出辐射124可以包括白光。

[0187] 图11描绘了用于提供宽带输出辐射的辐射源134。辐射源134包括上面参照图10描述的设备120。辐射源34还包括输入辐射源136,其被配置为向设备120提供输入辐射122。设备120可以从输入辐射源136接收输入辐射122,并加宽它以提供输出辐射124。

[0188] 由输入辐射源136提供的输入辐射122可以是脉冲的。输入辐射122可以包括在200nm与2 μ m之间的一个或多个频率的电磁辐射。输入辐射122可以例如包括波长为1.03 μ m的电磁辐射。脉冲辐射122的重复率可以是1kHz到100MHz的数量级。脉冲能量可以具有0.1 μ J到100 μ J的数量级,例如1至10 μ J。输入辐射122的脉冲持续时间可以在10fs与10ps之间,例如300fs。输入辐射122的平均功率可以在100mW到若干100W之间。输入辐射122的平均功率可以例如是20至50W。

[0189] 由辐射源134提供的宽带输出辐射124可以具有至少1W的平均输出功率。平均输出功率可以是至少5W。平均输出功率可以是至少10W。宽带输出辐射124可以是脉冲宽带输出辐射124。宽带输出辐射124在输出辐射的整个波长带中可以具有至少0.01mW/nm的功率谱密度。输出辐射的整个波长带中的功率谱密度可以至少为3mW/nm。

[0190] 上述辐射源134可以被提供作为用于确定衬底上的结构的感兴趣参数的计量布置的部分。衬底上的结构可以例如是被施加到衬底的光刻图案。计量布置还可以包括用于照射衬底上的结构的照射子系统。计量布置还可以包括用于检测由结构散射和/或反射的辐射部分的检测子系统。检测子系统还可以通过由结构散射和/或反射的辐射部分确定结构上的感兴趣参数。该参数可以例如是衬底上的结构的套刻精度、对准或校平数据。

[0191] 如上面解释的,本发明的一些实施例涉及光纤100的新设计,该光纤100是包括用于限制辐射的反谐振结构的类型的空芯、光子晶体光纤。光纤100的这种新设计在上面参照图7和图8描述。本发明的一些其他实施例涉及光纤的新设计,该光纤是称为毛细管波导类型的空芯光纤。

[0192] 这种实施例可以与上面参照图7和图8所描述的光纤100基本上相同,但是没有管状毛细管(即,图7所示的六个管状毛细管104全部被去除)。

[0193] 这种光纤:包括:空芯(相当于图7所示的空芯102);以及包围空芯的包层部分。包

层部分包括没有微结构的内部支撑件(相当于图7所示的内支撑部分108)(即,图7所示的六个管状毛细管104全部被去除)。应理解,包括没有微结构的内部支撑件的包层部分不旨在涵盖空芯光子晶体光纤(反谐振光纤或光子带隙光纤)。

[0194] 包层部分还包括外部部分(相当于图7所示的外支撑部分110)和将内部部分连接至外部部分的可变形连接部分(相当于图7所示的可变形连接部分112)。

[0195] 例如,这种毛细管波导(典型地具有比光子晶体光纤更大的芯)在高能物理学中使用。例如,毛细管波导可以具有大约100 μm 到一些毫米数量级的芯。由于与上面参照图7和图8所示的光纤100解释的那些类似的原因,根据本发明的这种实施例的光纤(毛细管波导的形式)是有利的。具体地,可变形连接部分可以充当机械应力吸收器,任何外部施加的应力(例如施加到外部部分)都可以被消散,而不会被直接传送给内部支撑件。换言之,可变形连接部分将内部支撑件与外部部分隔离。

[0196] 除了没有毛细管之外,根据本发明的这种实施例的光纤(毛细管波导的形式)可以具有上面参照图7和图8所描述的光纤100的任何特征。

[0197] 这种毛细管波导的空芯可以具有大于20 μm 的直径。可选地,空芯可以具有大于50 μm 的直径。可选地,空芯可以具有大于100 μm 的直径。

[0198] 制造空芯光纤的方法现在参照图12、图13和图14讨论。

[0199] 一种在光纤拉制中形成空芯光纤便于使用可以被称为堆积拉制法的技术的方法现在参考图12描述。

[0200] 首先,预制件140被形成(参见图12A)。这典型地通过将毛细管和/或棒条体142堆叠到周围毛细管144中来实现,该周围毛细管144被称为预制件护套144。在图12A所示的示例中,六个毛细管142被堆叠在单个预制件护套144内。然而,应理解,不同数目和配置的毛细管或棒条体可以被备选地使用。毛细管和/或棒条体142典型地具有几毫米的外部尺寸,并且所获得的预制件140典型地具有几厘米的外径。预制件140的横截面粗略地模仿了期望光纤152的横截面(参见图12C)。

[0201] 其次,预制件140经历加热和拉制过程以形成细棒146。这涉及以进给速度将预制件140的一端进给到熔炉中。预制件140的这个端部以不同于进给速度的拉制速度被拉出或抽出熔炉,因此预制件140变为锥形。被进给到熔炉中的预制件140被转变为更长(在轴向方向上,即,垂直于图12的平面)和更薄(在横向平面上,即,在图12的平面中)的细棒146。具有大约几厘米的横向直径的预制件140被转变为典型地具有几毫米外径的细棒146。从图12A和12B中的示意性表示可以看出,物体的内部结构随着预制件140被转变为细棒146而略有改变,但细棒146的横截面仍然粗略地模仿了期望光纤152的横断面。

[0202] 细棒146可以由称为细棒护套148的毛细管148套管。细棒146和细棒护套148可以被称为制造中间件150。

[0203] 接下来,制造中间件150经历加热和拉制过程以形成光纤152(参见图12C)。光纤152包括:包围空芯的包层部分(包括六个中空管或毛细管154);以及外支撑部分156(包括管)。应理解,提供(可选的)细棒护套148导致光纤152的最终外径扩大。具体地,它导致更厚的支撑部分156(其由细棒和细棒护套148的外部部分形成,它们在加热和拉制过程期间被熔接在一起)。

[0204] 用于将制造中间件150转变为光纤152的加热和拉制过程与上述过程类似。除了加

热(使用熔炉)之外,当制造中间件150被进给到熔炉中并且光纤152被抽出熔炉时,压力可以被控制以便使物体内的中空通道膨胀或塌陷,并实现最终光纤152中的毛细管154的期望尺寸。例如,不同的压力可以在制造中间件150的不同部分中被维持,以促进制造中间件150的不同部分的尺寸的膨胀、塌陷或稳定性,如本领域已知的。

[0205] 可以期望形成具有相对较薄的毛细管壁(例如具有200nm或更小的壁厚)的光纤152。本发明人已经发现,当拉制具有如此薄的毛细管154壁的光纤152时,光纤152的毛细管154的特性对上述加热和拉制过程的过程参数的变化具有强烈增加的敏感性。例如,这可能会导致毛细管154的不受控制的膨胀,并且可能会导致其中毛细管154的相邻管接触(这可能是不期望的)的最终光纤152。

[0206] 除了在包层部分中形成具有相对较薄的毛细管壁(例如壁厚为200nm或更小)的光纤152之外,还期望形成具有相对较厚的外径的光纤152,以便降低光纤152的光学性能对外部应力(例如由机械或热效应施加)的敏感性。然而,本发明人已经发现,随着光纤152的外径增加,具有这种相对较薄的壁的光纤152的制造产率显著降低。据认为,在拉制过程期间(当制造中间件150被转变为光纤152时),支撑部分表现出将热量传导到包层部分,因此包层部分的毛细管在熔炉中比支撑部分更早的位置处开始变细。

[0207] 用于形成根据本发明的实施例的空芯光纤并且可以至少部分地解决以上问题的新方法现在参照图13和图14描述。用于在光纤拉制中形成空芯光纤的新方法也有助于使用可以被称为堆积拉制法的技术,该技术类似于上面参照图12描述的方法。然而,图13和14中示意性示出的新方法涉及提供一种修改后的制造中间件(光纤通过加热和拉制产生)。修改后的制造中间件158、176与图12所示的制造中间件150的不同之处在于它们分别包括包围薄壁玻璃元件的区域的结构化保护层,最终光纤164、178的包层部分从该区域形成。如下面讨论的,这有利地降低了空芯光纤对过程参数变化的敏感性,另外,导致光纤的结构保真度和产率增加。

[0208] 如图13和图14示意性所示,形成光纤164、178的新方法均包括:提供修改后的制造中间件(包括至少一个环形结构,该环形结构包括大致被布置在内支撑部分和外支撑部分之间的多个孔径);以及加热和拉制修改后的制造中间件,以便形成光纤。

[0209] 第一新方法现在参照图13描述。

[0210] 首先,预制件140被形成(参见图13A)。预制件140具有与图12所示的预制件140相同的形式,并且可以以相同的方式形成(如上所述)。其次,预制件140经历加热和拉制过程以形成细棒146。细棒146具有与图12所示的细棒146相同的形式,并且可以以相同的方式形成(如上所述)。

[0211] 细棒146由外护套156套管,以形成修改后的制造中间件158。因此,修改后的制造中间件158(细棒146)的至少部分通过加热和拉制预制件140形成。修改后的制造中间件158还包括外护套156。

[0212] 修改后的制造中间件158包括:包层部分(由与预制件140的六个毛细管142相对应的细棒146的部分形成),其包围空芯;以及包围包层部分的支撑部分。支撑部分包括细棒146的部分,其对应于预制件140的预制件护套144和外护套156。外护套156包括内部部分160、外部部分162和将内部部分160连接至外部部分162的连接部分。连接部分包括围绕内部部分160而布置的环形结构,该环形结构包括大致被布置在内部部分160和外部部分162

之间的多个孔径。

[0213] 修改后的制造中间件158的支撑部分包括内支撑部分、外支撑部分和将内支撑部分连接至外支撑部分的连接部分。修改后的制造中间件158的内支撑部分包括对应于预制件140的预制件护套144和外护套156的内部部分160的细棒146的部分。修改后的制造中间件158的外部部分包括外护套156的外部部分162。修改后的制造中间件158的连接部分包括外护套156的连接部分。

[0214] 接下来,修改后的制造中间件158经历加热和拉制过程以形成光纤164(参见图13C)。光纤164大致具有图7和图8所示并且如上所述的光纤100的形式。用于将修改后的制造中间件158转变为光纤164的加热和拉制过程与上面参照图12描述的过程类似。

[0215] 第二新方法现在参照图14描述。

[0216] 首先,修改后的预制件166被形成(参见图14A)。通过与图12A所示以及如上所述的预制件140的形成类似的方式,修改后的预制件166通过将毛细管和/或棒条体142堆叠到修改后的预制件护套168中来形成。修改后的预制件护套168包括内部部分170、外部部分172和将内部部分170连接至外部部分172的连接部分。连接部分包括围绕内部部分170布置的环形结构,该环形结构包括大致被布置在内部部分170和外部部分172之间的多个孔径。

[0217] 在图12A所示的示例中,六个毛细管142被堆叠在修改后的预制件护套168内。然而,应理解,不同数目和配置的毛细管或棒条体可以被备选地使用。毛细管和/或棒条体142典型地具有几毫米的外部尺寸,并且所得的修改后的预制件166典型地具有几厘米的外径。修改后的预制件166的横截面粗略地模仿了期望光纤178的横截面(参见图14C)。

[0218] 其次,修改后的预制件166经历加热和拉制过程以形成修改后的细棒174。修改后的细棒174可以以与图12所示的细棒146由预制件140形成的相同方式(如上所述)来由修改后的预制件166形成。

[0219] 修改后的细棒174由细棒护套148(与图12所示的细棒护套148的形式相同)套管,以便形成修改后的制造中间件176。细棒护套148可以被称为外护套148。

[0220] 因此,修改后的制造中间件176(修改后的细棒174)的至少部分通过加热和拉制修改后的预制件166而形成。修改后的制造中间件176还包括细棒护套148。

[0221] 修改后的制造中间件176包括:包层部分(由与修改后的预制件166的六个毛细管142相对应的修改后的细棒174的部分形成),其包围空芯;以及包围包层部分的支撑部分。支撑部分包括修改后的细棒174的部分,其对应于修改后的预制件护套168和细棒护套148。

[0222] 修改后的制造中间件176的支撑部分包括内支撑部分、外支撑部分和将内支撑部分连接至外支撑部分的连接部分。修改后的制造中间件176的内支撑部分包括修改后的细棒174的部分,其对应于修改后的预制件护套168的内部部分170。修改后的制造中间件176的外部部分包括:修改后的细棒174的部分,其对应于修改后的预制件护套168的外部部分172;以及细棒护套148。修改后的制造中间件158的连接部分包括修改后的细棒174的部分,其对应于修改后的预制件护套168的连接部分。

[0223] 接下来,修改后的制造中间件174经历加热和拉制过程以形成光纤178(参见图14C)。光纤178大致具有图7和图8所示并且如上所述的光纤100的形式。用于将修改后的制造中间件174转变为光纤178的加热和拉制过程与上面参照图12描述的过程类似。

[0224] 上面参照图13和14描述的两种新方法允许空芯光纤164、178被形成。光纤164、178

可以是空芯、光子晶体光纤 (HC-PCF)。光纤164、178可以是上面讨论形式的光纤100,并且如图7和8所示。

[0225] 上面参照图13和图14描述的两种新方法是有利的,因为在修改后的制造中间件被加热和被拉制以形成光纤164、178之前,修改后的制造中间件158、176被提供有连接部分,包括在内支撑部分周围布置的环形结构。该连接部分可以在加热和拉制过程期间充当绝热层。有利地,这可以在光纤拉制过程期间保护包层部分。

[0226] 包围空芯的包层部分可以包括围绕空芯被布置为环形结构的多个管。在对修改后的制造中间件158、176进行加热和拉制以形成光纤164、178之后,这些管(备选地可以被称为毛细管)可以分别形成用于引导辐射通过空芯的反谐振元件。可能期望多个管或毛细管被布置,使得在加热和拉制制造中间件158、176以形成光纤164、178之后,管中的每个管不与任何其他管接触。

[0227] 光纤164、178可以适合于在用于接收输入辐射并加宽输入辐射的频率范围以便提供输出辐射(例如图9和图10所示的设备120的形式)的设备中使用。在一些实施例中,可以期望(在加热和拉制制造中间件158、176以形成光纤164、178之后)光纤164、178的包层部分的管或毛细管具有200nm或更小的壁厚。这可以实现低至400nm的波长的无谐振操作(在图9和10所示的设备120形式的设备内)。本发明人已经发现,当使用上面参照图12描述的过程拉制具有如此薄的毛细管壁的光纤时,光纤的毛细管的特性对加热和拉制过程的过程参数的变化具有强烈增加的敏感性。例如,这可能会导致毛细管的不受控制的膨胀,并且可能会导致其中毛细管的相邻管接触的最终光纤。

[0228] 除了在包层部分中形成具有相对较薄的毛细管壁(例如壁厚为200nm或更小)的光纤之外,还期望形成具有相对较厚的外径的光纤,以便降低光纤的光学性能对外部应力(例如由机械或热效应施加)的敏感性。然而,本发明人已经发现,当使用参照图12描述的过程时,随着光纤外径的增加,具有这种相对较薄的壁的光纤的制造产率显著降低。据认为,在拉制过程期间,支撑部分表现出将热量传导到包层部分,因此包层部分的毛细管在比支撑部分更早的位置处开始变细。

[0229] 如上面参照图13和图14所描述的方法的部分而提供的修改后的制造中间件158、176的连接部分可以在这些方法的加热和拉制过程期间充当绝热层。有利地,这可以在光纤拉制过程期间保护包层部分。

[0230] 应理解,如本文使用的,制造中间件是在生产光纤的过程期间获得的中间件形式。制造中间件可以由光纤的预制件形成,并且可以被拉制为光纤。制造中间件可以包括细棒,并且还可以包括细棒护套。

[0231] 上面参照图14描述的方法使用制造中间件176,该制造中间件176具有在修改后的预制件166中形成的连接部分(包括布置在内支撑部分周围的环形结构)。这具有以下优点:在光纤中包层部分与连接部分之间的(例如玻璃)材料厚度可以被做得非常小。

[0232] 上面参照图13和图14所描述的方法分别使用制造中间件158、176,包括包围薄壁玻璃元件的区域的结构化保护层,最终光纤164、178的包层部分由该结构化保护层形成。具体地,它们分别包括包围内支撑部分的环形结构。应理解,在替代实施例中,多于一个环形结构可以被提供。

[0233] 其他实施例在随后编号的条款中提供:

- [0234] 1. 一种光纤,包括:
- [0235] 空芯;
- [0236] 包围空芯的包层部分,包层部分包括用于引导辐射通过空芯的多个反谐振元件;
- 以及
- [0237] 支撑部分,包围并且支撑包层部分;
- [0238] 其中支撑部分包括内支撑部分、外支撑部分和将内支撑部分连接至外支撑部分的可变形连接部分。
- [0239] 2. 根据条款1的光纤,其中内支撑部分、外支撑部分和可变形连接部分由相同材料形成。
- [0240] 3. 根据条款1或条款2的光纤,其中该材料包括玻璃。
- [0241] 4. 根据任何前述条款的光纤,其中可变形连接部分包括被布置在内支撑部分周围的环形结构,该环形结构包括多个孔径,该多个孔径利用材料大致在内支撑部分与外支撑部分之间延伸的多个大致径向延伸部分来散置。
- [0242] 5. 根据条款4的光纤,其中可变形连接部分包括被布置在内支撑部分周围的多个环形结构,每个环形结构包括多个孔径,该多个孔径利用材料大致在内支撑部分与外支撑部分之间延伸的多个大致径向延伸部分来散置。
- [0243] 6. 根据条款4或条款5的光纤,其中在横截面中,孔径是大致矩形的。
- [0244] 7. 根据条款4或条款5的光纤,其中在横截面中,孔径大致具有环的扇区的形式。
- [0245] 8. 根据条款4至7中任一项的光纤,其中内支撑部分的厚度足够大,使得可变形连接部分中的孔径不充当反谐振元件。
- [0246] 9. 根据任何前述条款的光纤,其中包层部分的多个反谐振元件被设置在空芯周围的环形结构中。
- [0247] 10. 根据任何前述条款的光纤,其中多个反谐振元件中的每个反谐振元件包括毛细管。
- [0248] 11. 根据任何前述条款的光纤,其中多个反谐振元件被布置为使得反谐振元件中的每个反谐振元件不与其他反谐振元件中的任一反谐振元件接触。
- [0249] 12. 一种用于接收输入辐射并且加宽输入辐射的频率范围以便提供宽带输出辐射的设备,该设备包括:
- [0250] 根据前述条款中任一项的光纤;以及
- [0251] 气体,被设置在空芯内,用于加宽接收到的输入辐射的频率范围,以便提供宽带输出辐射。
- [0252] 13. 根据条款12的设备,其中宽带输出辐射包括连续范围的辐射频率。
- [0253] 14. 根据条款12或条款13的设备,其中气体包括惰性气体。
- [0254] 15. 一种用于提供宽带输出辐射的辐射源,该辐射源包括:
- [0255] 根据条款12至14中任一项的设备;以及
- [0256] 输入辐射源,被配置为将输入辐射提供给该设备;
- [0257] 其中该设备被配置为加宽输入辐射以提供宽带输出辐射。
- [0258] 16. 根据条款15的辐射源,其中宽带输出范围具有至少1W的平均功率。
- [0259] 17. 一种用于确定衬底上的结构的感兴趣参数的计量布置,该计量布置包括:

- [0260] 根据条款15或条款16的辐射源；
- [0261] 照射子系统,用于使用宽带输出辐射来照射衬底上的结构;以及
- [0262] 检测子系统,用于检测由该结构散射和/或反射的辐射部分,并且用于根据所述辐射部分来确定感兴趣参数。
- [0263] 18.一种计量设备,包括根据条款17的计量布置。
- [0264] 19.一种检查设备,包括根据条款17的计量布置。
- [0265] 20.一种光刻设备,包括根据条款17的计量布置。
- [0266] 21.一种设备,用于将来自光源的光递送给传感器,该传感器包括条款1至11中任一项的光纤。
- [0267] 22.一种光纤,包括:
- [0268] 空芯;
- [0269] 包围空芯的包层部分,其中包层部分包括没有微结构的内支撑件、外部部分和将内部部分连接至外部部分的可变形连接部分。
- [0270] 23.根据条款22的光纤,其中空芯具有大于20 μm 的直径。
- [0271] 24.一种形成光纤的方法,该方法包括:
- [0272] 提供具有细长体的制造中间件,包括:空芯;包围空芯的包层部分;以及包围包层部分的支撑部分,其中支撑部分包括内支撑部分、外支撑部分和将内支撑部分连接至外支撑部分的连接部分,该连接部分包括被布置在内支撑部分周围的环形结构,该环形结构包括大致被布置在内支撑部分与外支撑部分之间的多个孔径;以及
- [0273] 加热和拉制制造中间件,以便形成光纤。
- [0274] 25.根据条款24的方法,其中提供制造中间件包括:
- [0275] 提供预制件;以及
- [0276] 加热和拉制预制件,以便形成制造中间件的至少部分。
- [0277] 26.根据条款25的方法,其中提供制造中间件还包括:在外护套内提供制造中间件的至少部分。
- [0278] 27.根据条款26的方法,其中包括被布置在内支撑部分周围的环形结构的连接部分被形成在外护套中。
- [0279] 28.根据条款26或条款27的方法,其中包括布置在内支撑部分周围的环形结构的连接部分被形成在预制件中。
- [0280] 上述计量布置可以形成计量设备MT的部分。上述计量布置可以形成检查设备的部分。上述计量布置可以被包括在光刻设备LA内。
- [0281] 尽管在本文中具体提及光刻设备在IC的制造中的使用,但是应理解,本文描述的光刻设备可以具有其他应用。可能的其他应用包括集成光学系统的制造、用于磁畴存储器的引导和检测图案、平板显示器、液晶显示器(LCD)、薄膜磁头等。
- [0282] 尽管在本文中可以在光刻设备的上下文中具体提及本发明的实施例,但是本发明的实施例可以被用于其他设备中。本发明的实施例可以形成掩模检查设备、计量设备或者测量或处理诸如晶片(或其他衬底)或掩模(或其他图案形成装置)等物体的任何设备的部分。这些设备通常可以被称为光刻工具。这种光刻工具可以使用真空条件或环境(非真空)条件。

[0283] 尽管上面可能已经在光学光刻的上下文中具体提及本发明的实施例的使用,但是应理解,在上下文允许的情况下,本发明不被限于光学光刻,并且可以被用于其他应用中,例如压印光刻。

[0284] 尽管具体提及“计量设备/工具/系统”或“检查设备/工具/系统”,但是这些术语可以指代相同或类似类型的工具、设备或系统。例如,包括本发明的实施例的检查或计量设备可以被用于确定衬底或晶片上的结构的特点。例如,包括本发明的实施例的检查设备或计量设备可以被用于检测衬底的缺陷或衬底或晶片上的结构的缺陷。在这种实施例中,衬底上的结构的感兴趣特点可能与结构中的缺陷、结构的具体部分的不存在或者衬底或晶片上的不想要的结构的存在相关。

[0285] 尽管本发明的具体实施例已经在上面描述,但是应理解,本发明可以以不同于所描述的方式来实践。以上描述旨在是说明性的,而不是限制性的。因此,对于本领域技术人员将显而易见的是,在不偏离下面陈述的权利要求的范围的情况下,修改可以对所描述的本发明进行。

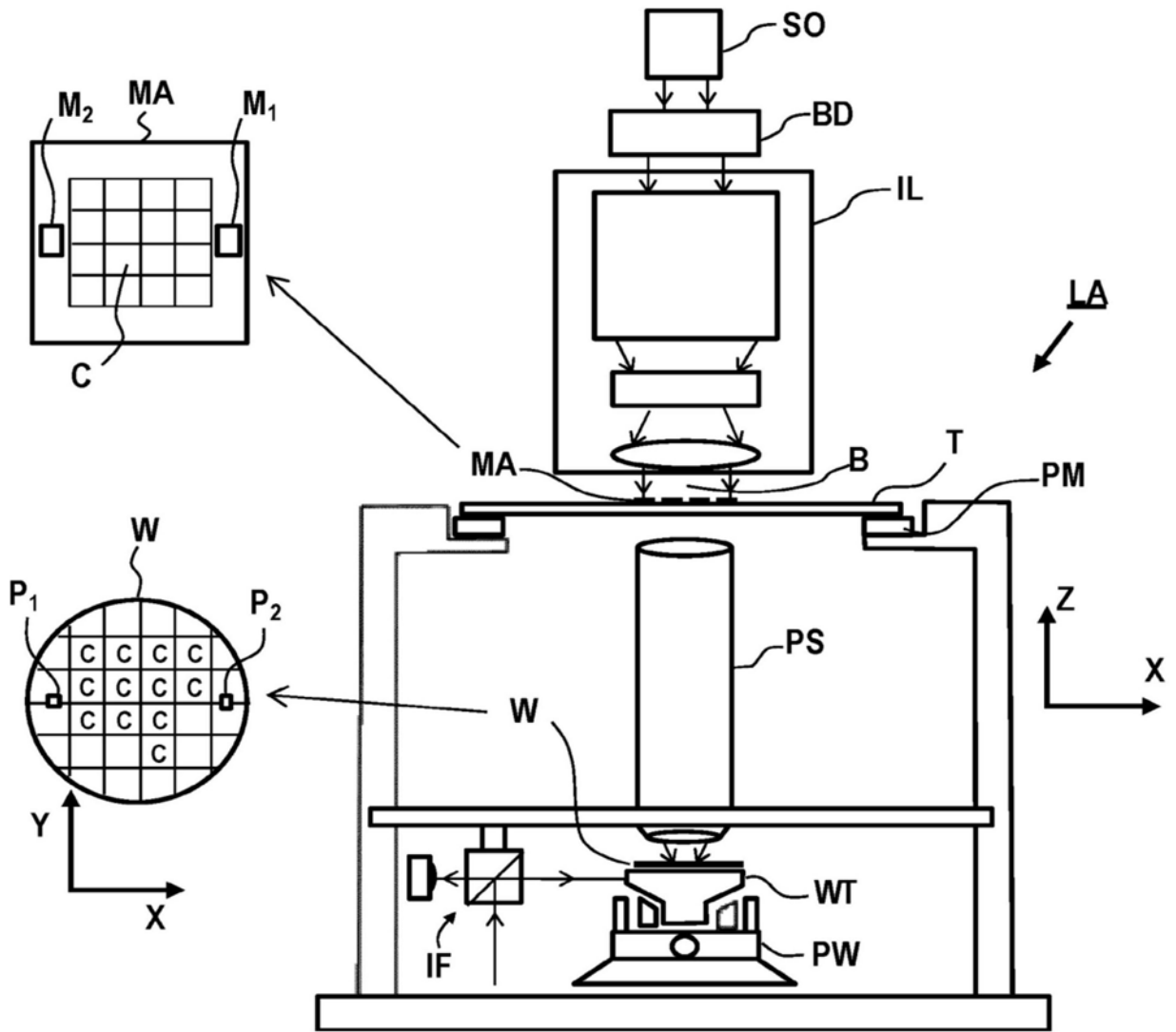


图1

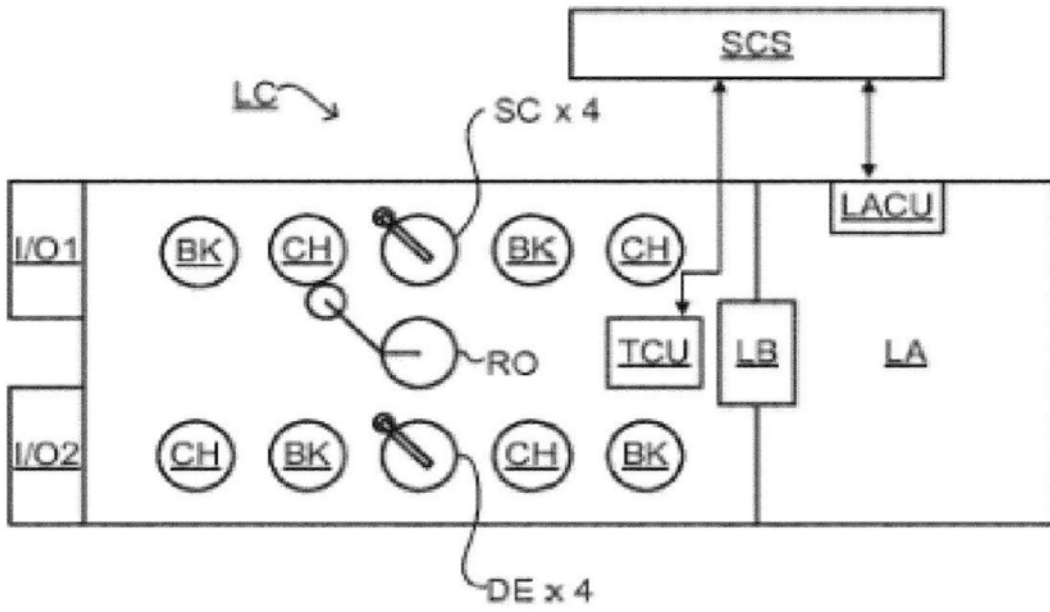


图2

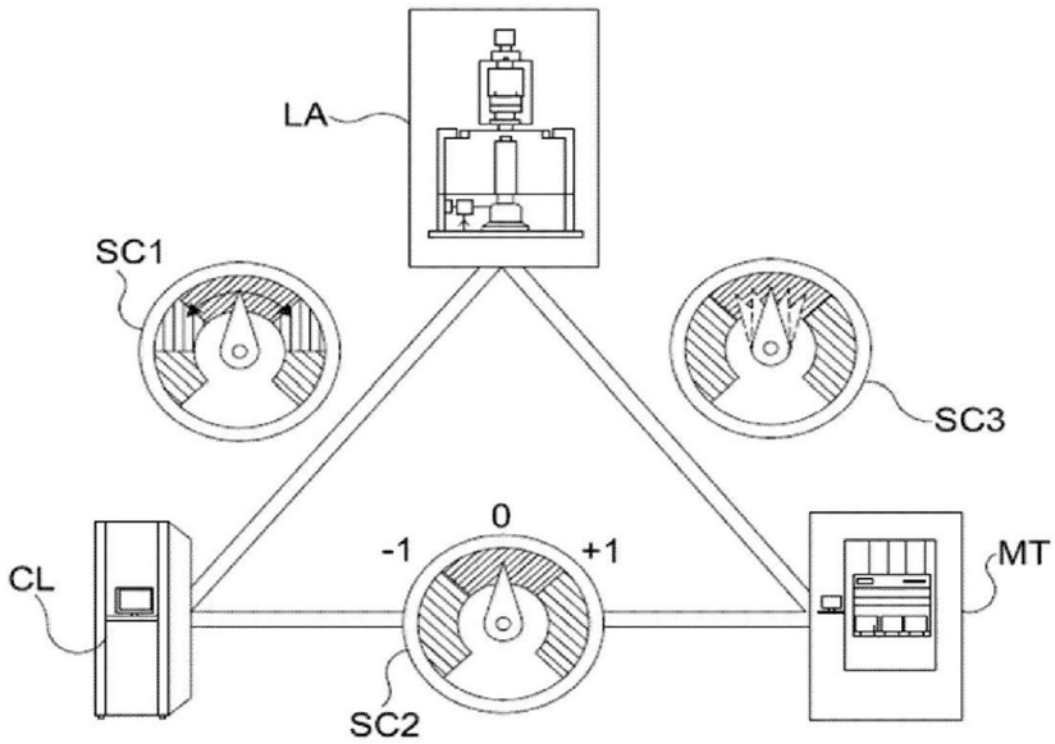


图3

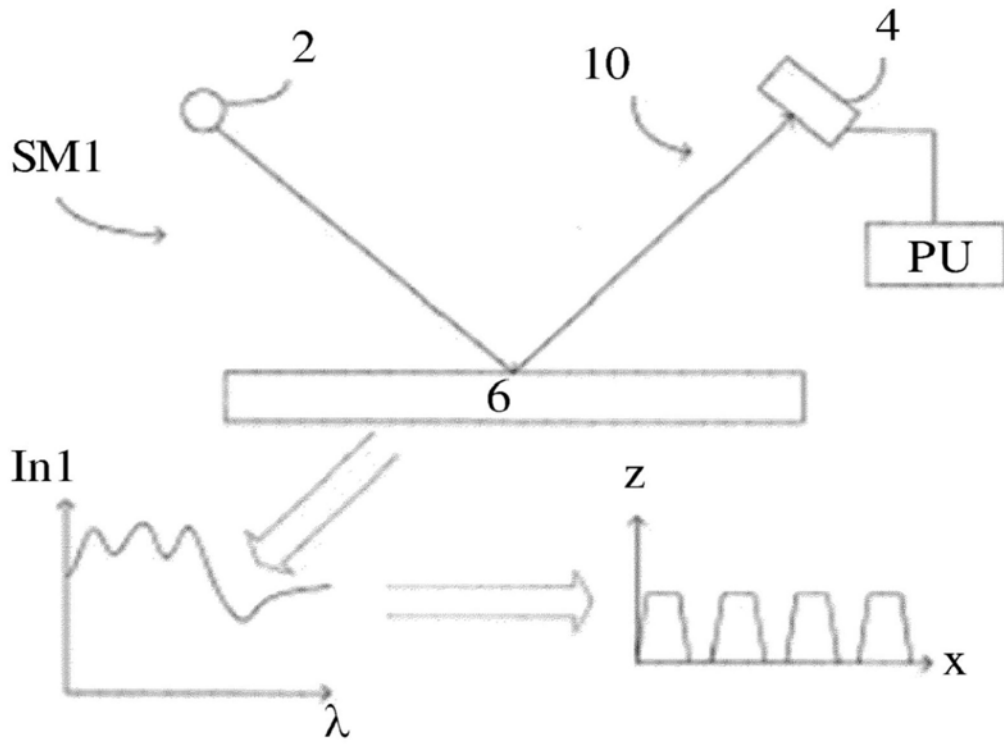


图4

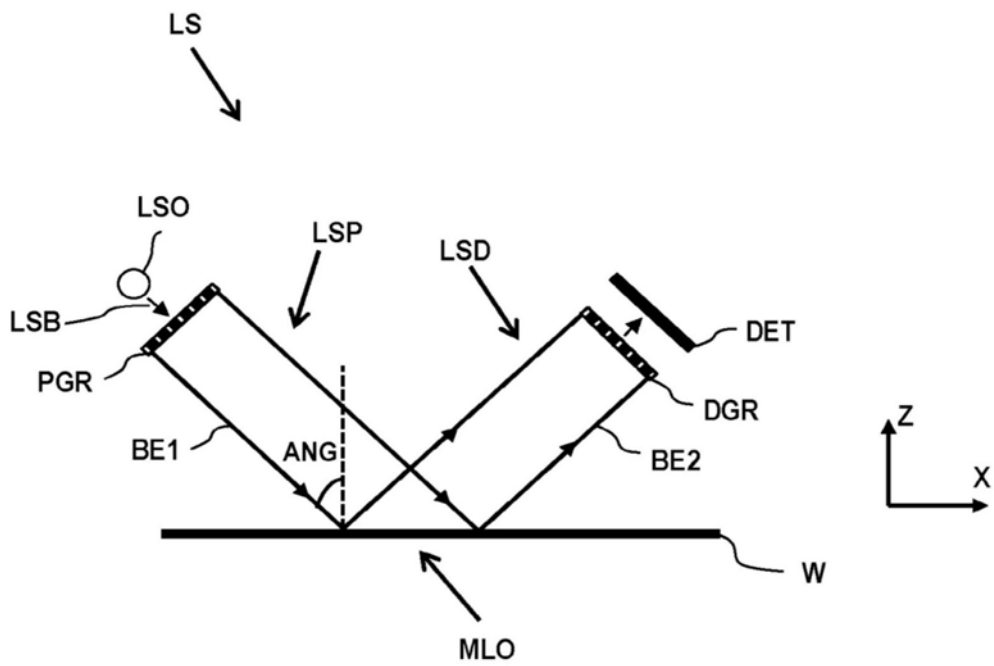


图5

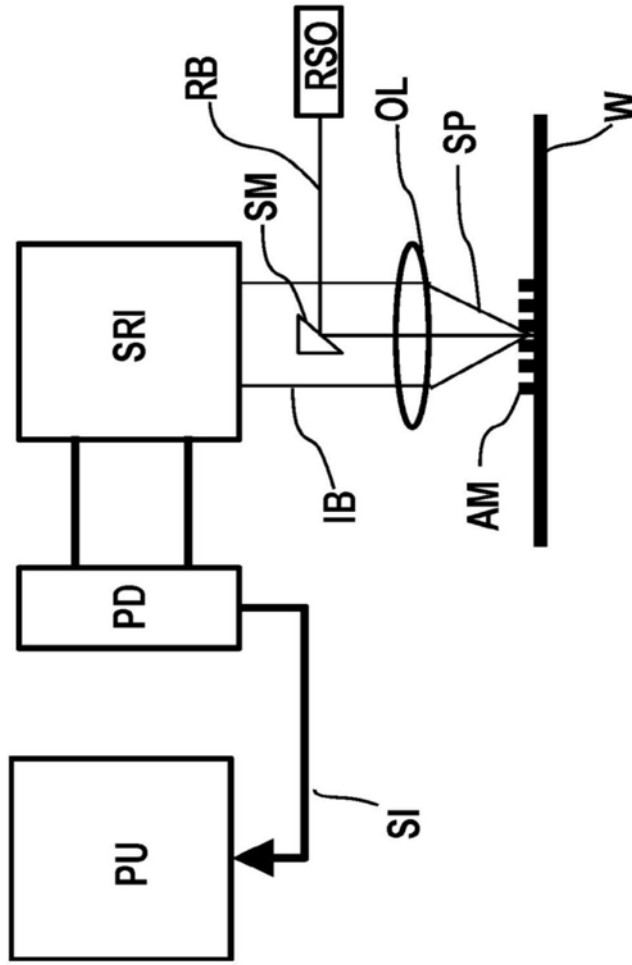


图6

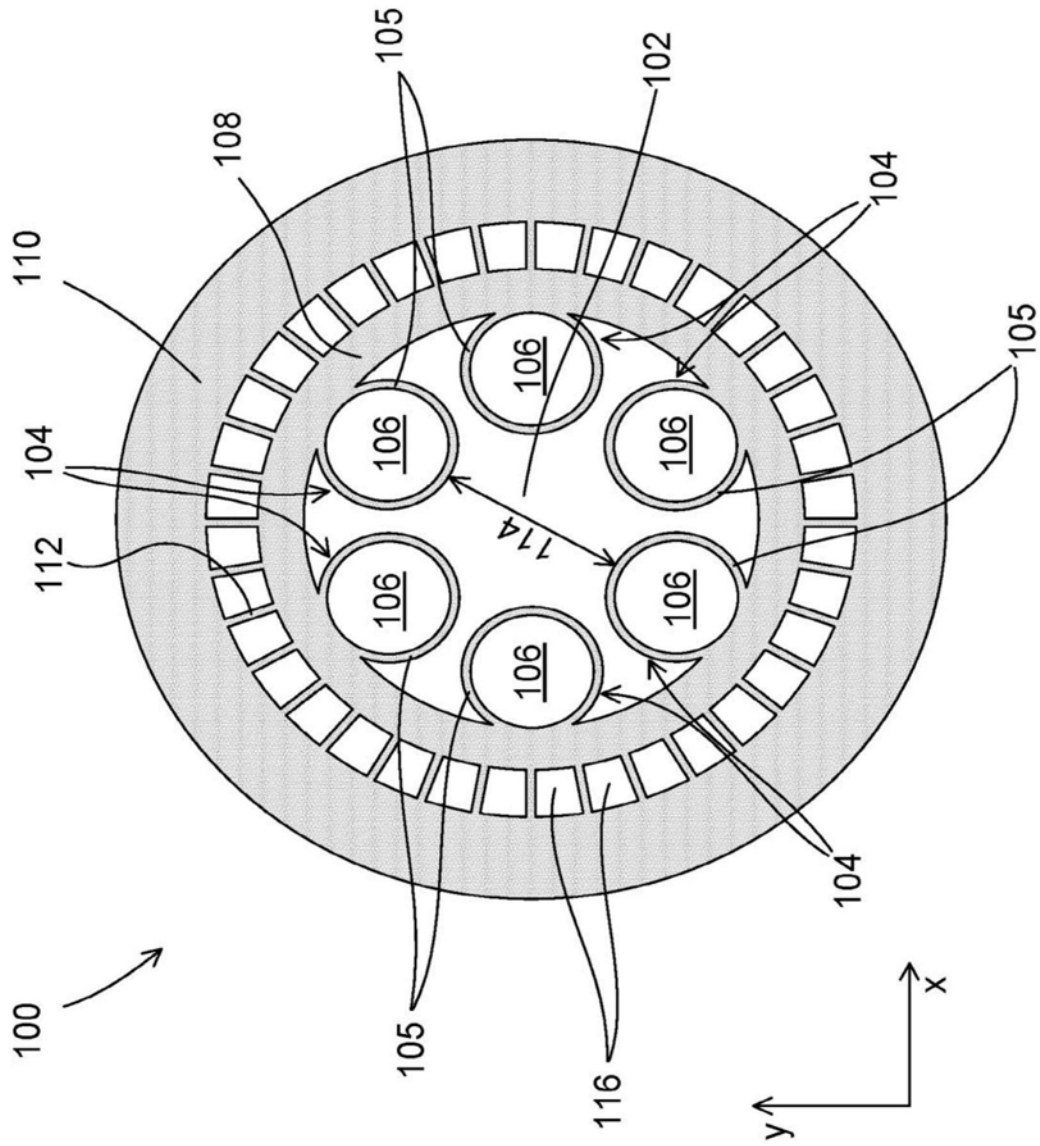


图7

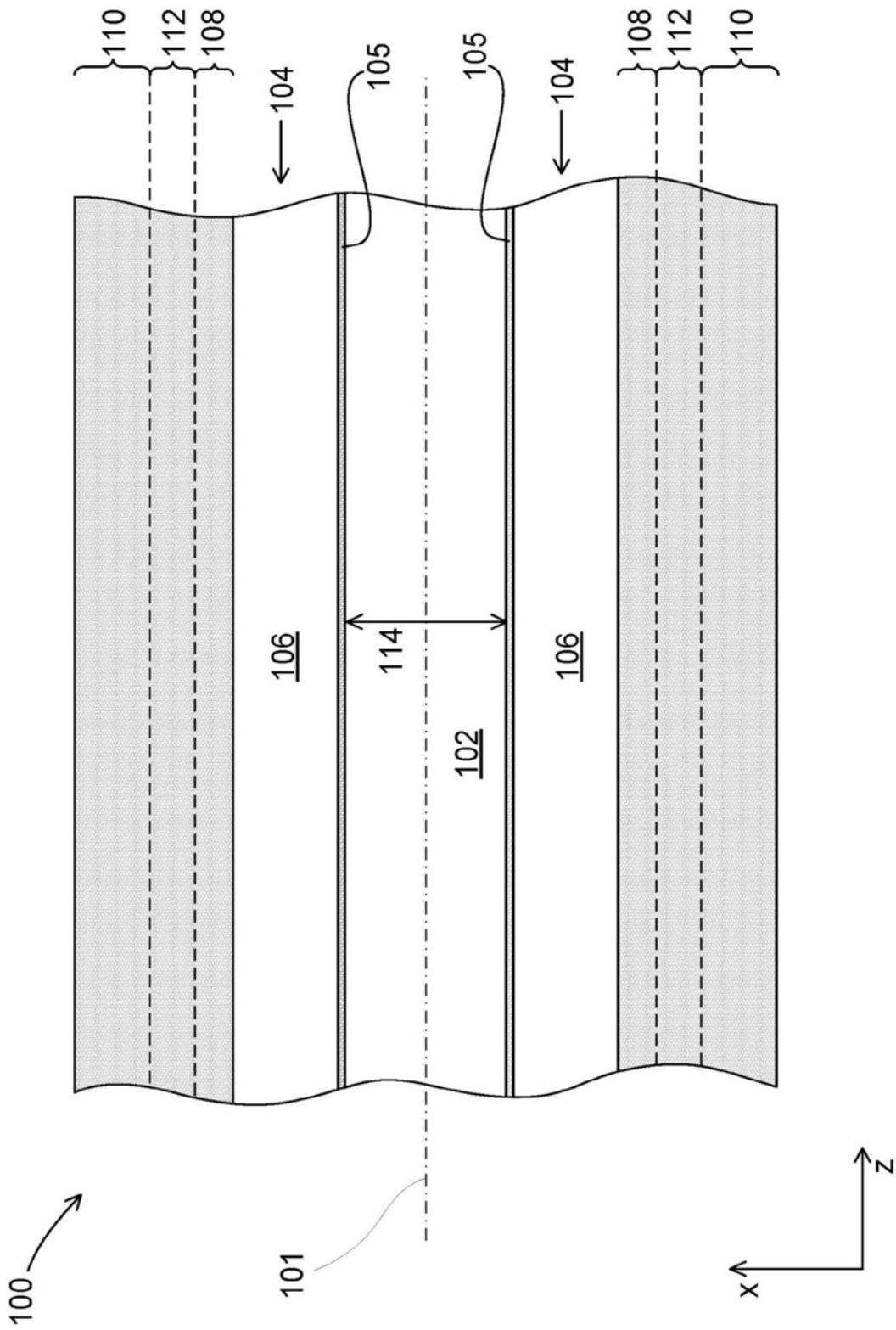


图8

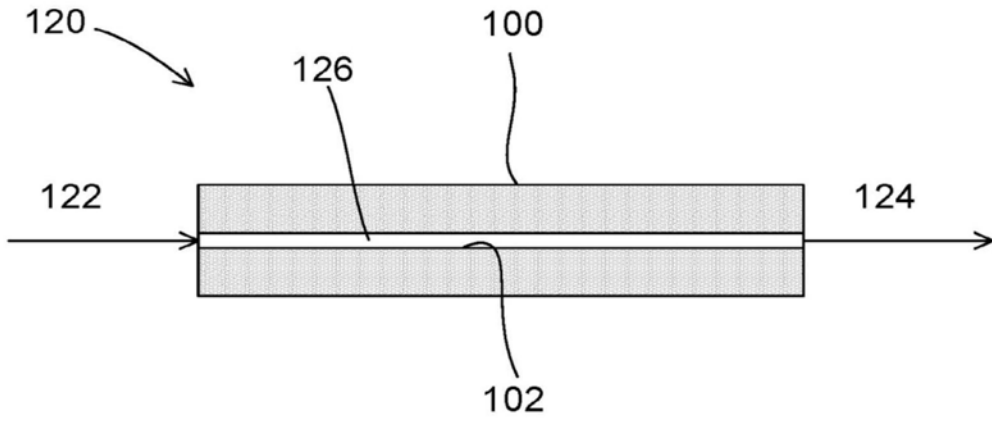


图9

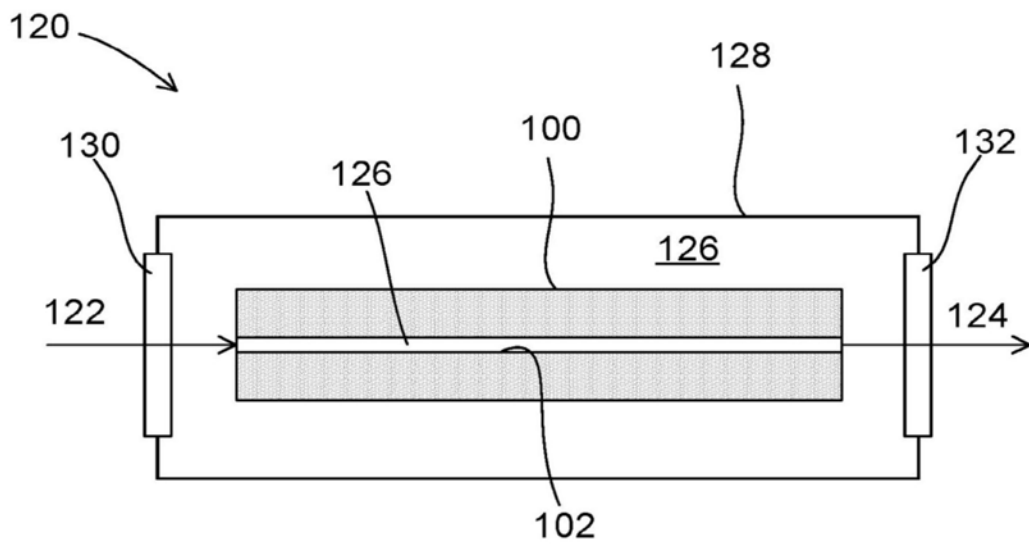


图10

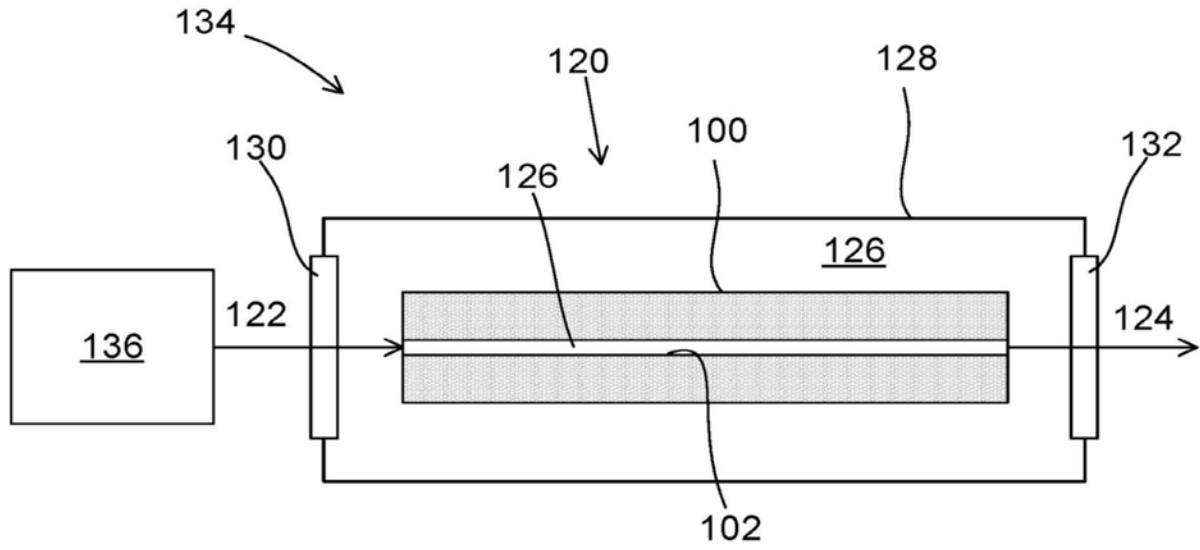


图11

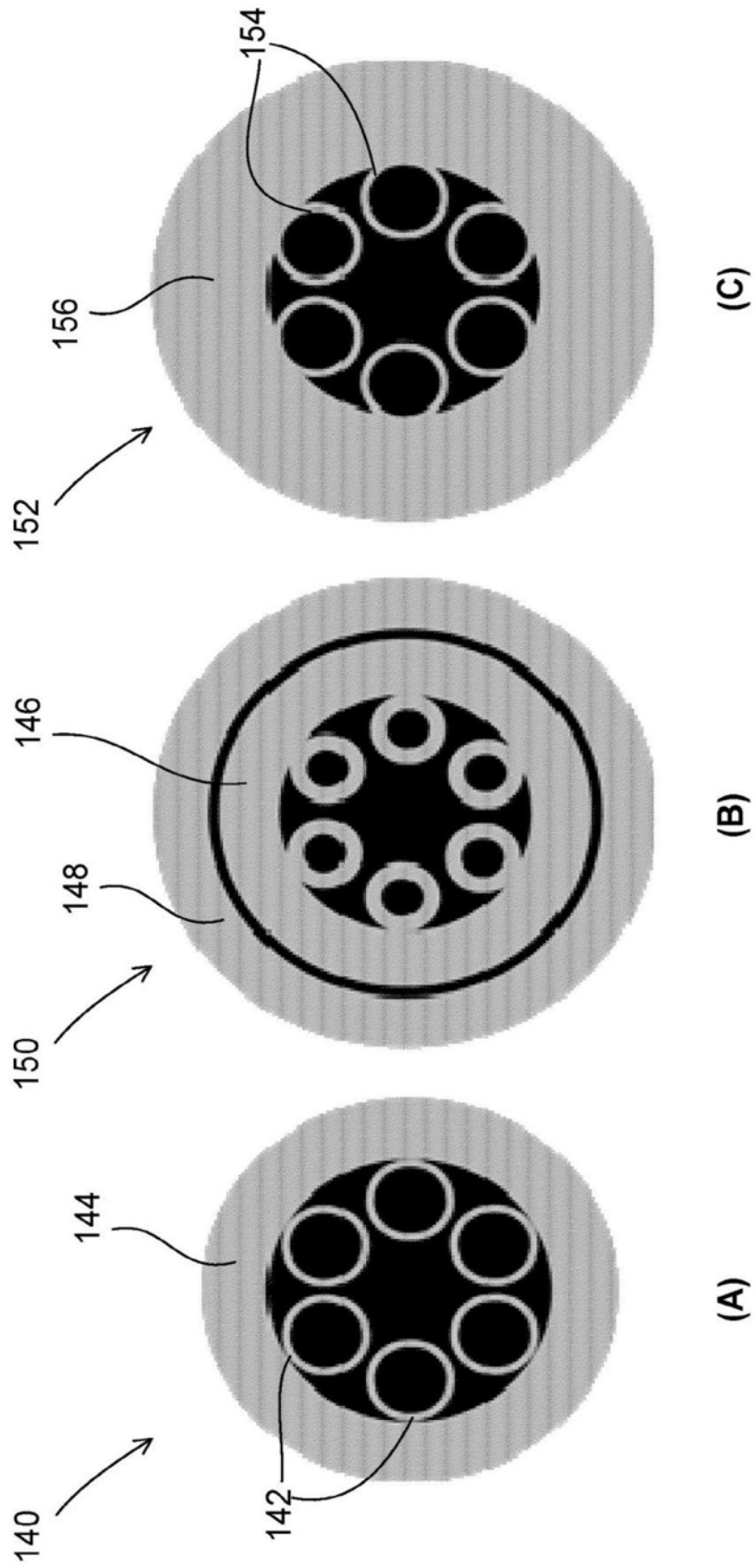


图12

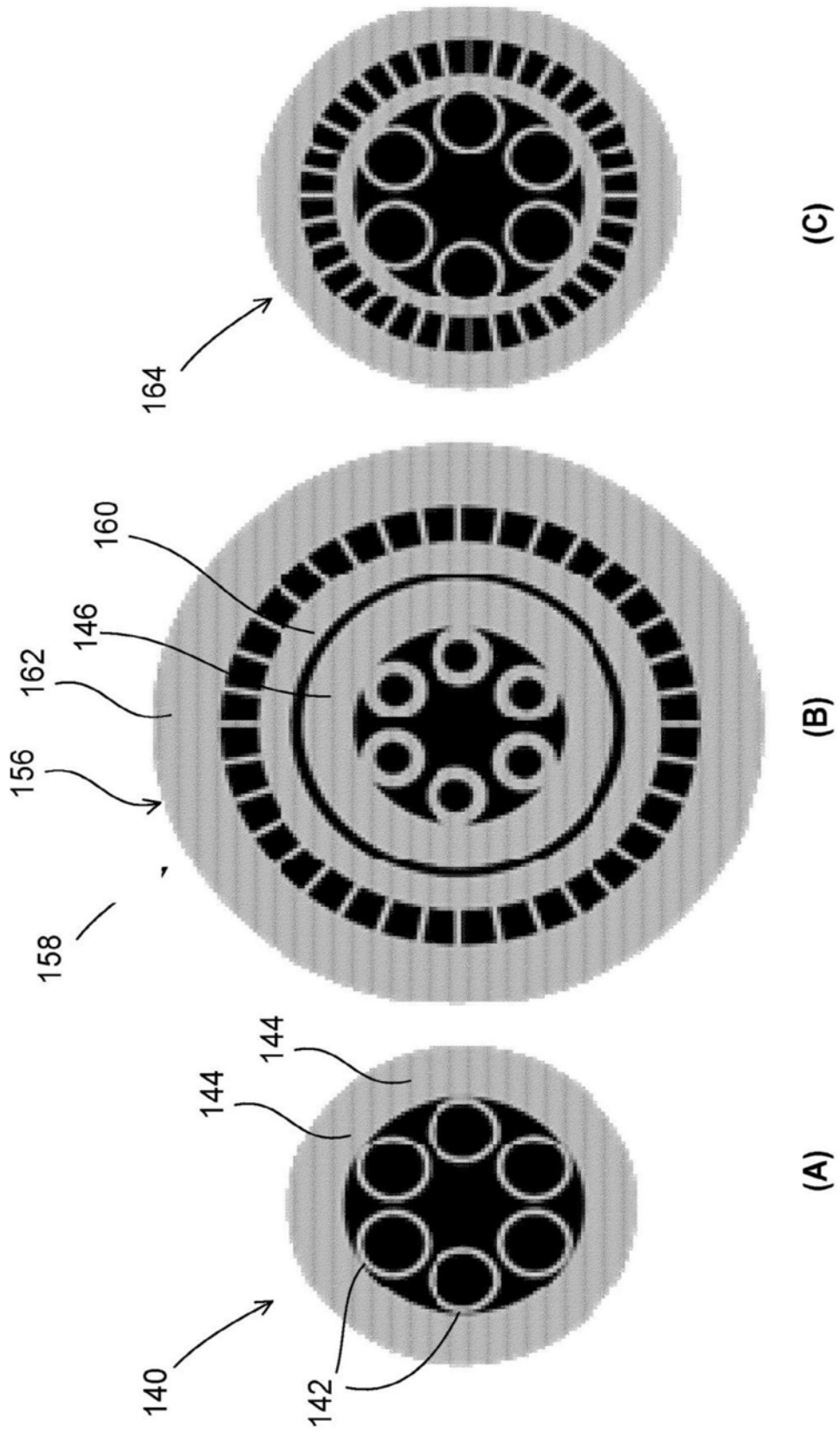


图13

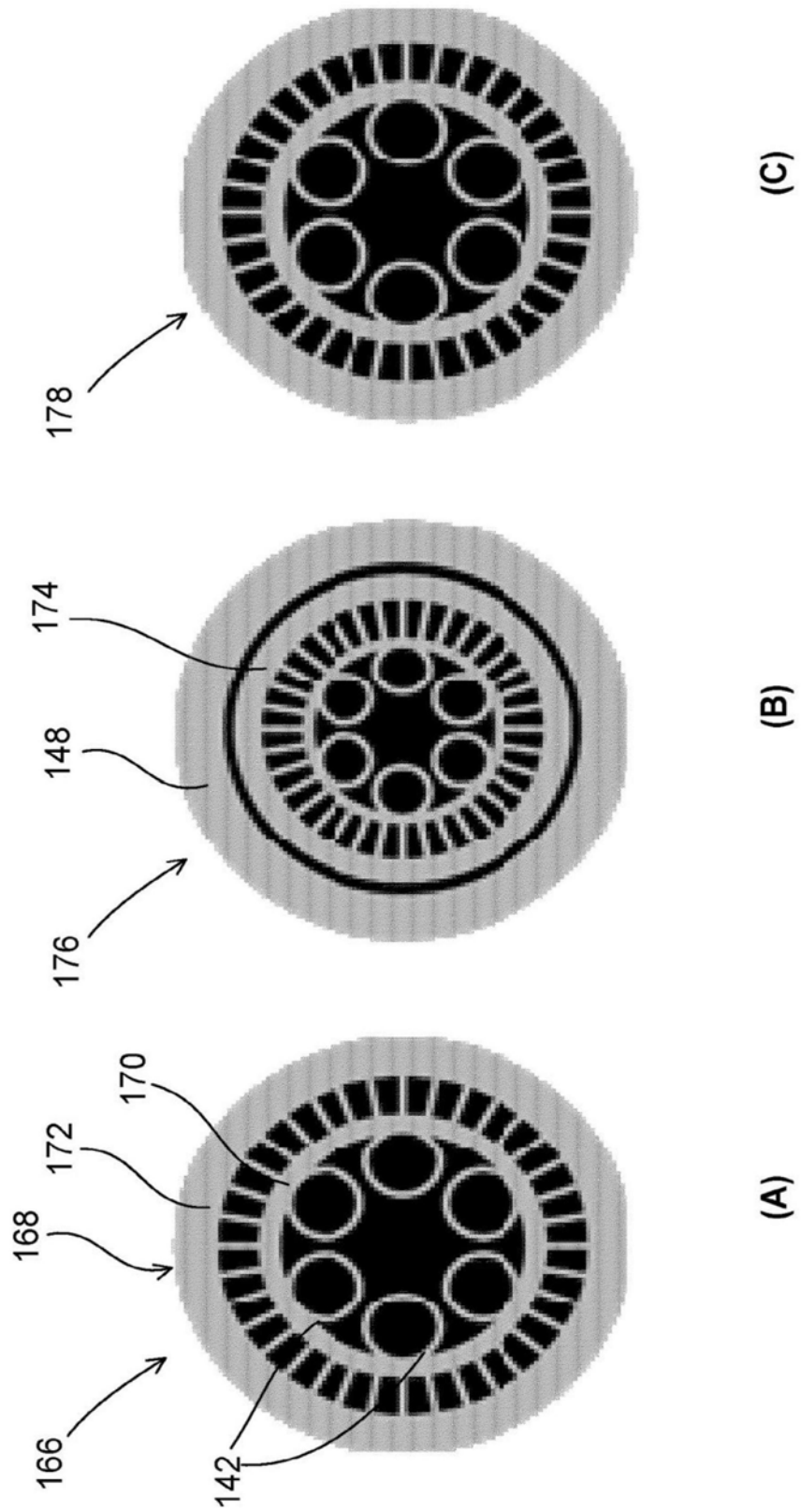


图14