

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 5/18 (2006.01)

G02B 6/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780016617.0

[43] 公开日 2009 年 5 月 20 日

[11] 公开号 CN 101438189A

[22] 申请日 2007.5.23

[21] 申请号 200780016617.0

[30] 优先权

[32] 2006.5.23 [33] CA [31] 2,548,029

[86] 国际申请 PCT/CA2007/000903 2007.5.23

[87] 国际公布 WO2007/134452 英 2007.11.29

[85] 进入国家阶段日期 2008.11.7

[71] 申请人 ITF 实验室

地址 加拿大魁北克

[72] 发明人 侯汝杰 赵云飞 周长尊

[74] 专利代理机构 北京正理专利代理有限公司

代理人 王德桢

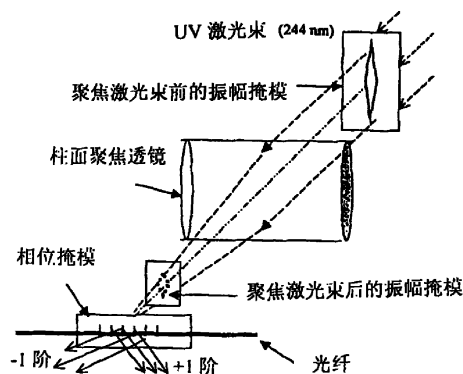
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称

向光纤写入具有切趾光谱的光纤布拉格光栅的方法及系统

[57] 摘要

本发明涉及用以向光纤写入具有切趾光谱的光纤布拉格光栅 (FBG) (切趾 FBG) 的方法和系统。振幅调制掩模放置在聚焦柱面透镜与光纤之间。通过减小振幅掩模与光纤之间的距离, 本发明可以将由激光束穿过振幅掩模内的小和/或狭窄孔径、长距离传播所引起的衍射效应降至最小。本发明的方法和系统可以应用到用小振幅掩模写入具有切趾光谱的 FBG, 以在半最大 (FWHM) 带宽 (BW) 处实现宽于 1.2nm 的全宽, 及高达 30dB 的旁瓣抑制率 (SLSR)。这些方法和系统通常能提高在 FBG 写入时所用激光的激光功效, 并能优化光栅的折射率调制剖面。



1. 一种向具有折射率的光纤写入具有大体切趾光谱的光栅的系统，所述系统包括：
 - a. 产生激光束的激光源；
 - b. 柱面透镜，基本上横切所述激光束放置，用以将所述激光束聚焦成聚焦光束并朝焦点聚焦；
 - c. 基本上横切所述聚焦光束放置的振幅掩模，所述振幅掩模具有用以产生窄聚焦光束的孔径；

其中所述光纤基本上横切所述窄聚焦光束放置，并且大体位于所述柱面透镜的所述焦点附近或焦点处，借此所述窄聚焦光束照射所述光纤的狭窄部分，并改变所述光纤该所述狭窄部分的所述折射率。

2. 如权利要求1所述的系统，其中所述激光源是紫外激光源。
3. 如权利要求2所述的系统，其中所述紫外激光源的波长是244纳米或248纳米。
4. 如权利要求1所述的系统，其中所述系统还包括基本上横切所述振幅掩模与所述光纤之间的所述窄聚焦光束放置的相位掩模。
5. 如权利要求1所述的系统，其中所述振幅掩模沿所述聚焦光束的位置可以改变。
6. 如权利要求4所述的系统，其中所述振幅掩模沿所述聚焦光束的位置可以改变。
7. 如权利要求1所述的系统，其中所述孔径是狭窄孔径。
8. 如权利要求1所述的系统，其中所述孔径是狭缝状孔径。
9. 一种向具有折射率的光纤写入具有大体切趾光谱的光栅的方法，所述方法包括步骤：
 - a. 导引激光束到柱面透镜，该柱面透镜基本横切所述激光束放置；
 - b. 用所述柱面透镜将所述激光束聚焦成聚焦光束，并朝焦点聚焦；
 - c. 导引所述聚焦光束到振幅掩模上，该振幅掩模基本横切所述聚焦光束放置，所述振幅掩模具有用以产生窄聚焦光束的孔径；
 - d. 导引所述窄聚焦光束到所述光纤上，所述光纤基本横切所述窄聚焦光束放置，并大体位于所述柱面透镜的所述焦点附近或焦点处，借此所述窄聚焦光束照射所述光纤的狭窄部分，并改变所述光纤该所述狭窄部分的所述折射率。
10. 如权利要求9所述的方法，其中所述激光束是紫外激光束。
11. 如权利要求10所述的方法，其中所述紫外激光源的波长是244纳米或248纳米。
12. 如权利要求9所述的方法，其中步骤d)用下面步骤替代：
 - d. 导引所述窄聚焦光束到相位掩模上，该相位掩模基本横切所述窄聚焦光束放置，借此

所述相位掩模产生衍射光束;

e. 导引所述衍射光束到所述光纤上, 所述光纤基本横切所述衍射光束放置, 并大体位于所述柱面透镜的所述焦点附近或焦点处, 借此所述衍射光束用具有交替的低光强区和高光强区的干涉图案照射所述光纤的一部分, 并借此所述高光强区改变所述这些区的所述折射率。

13. 如权利要求 9 的方法, 还包括调节所述振幅掩模沿所述聚焦光束的位置的步骤。

14. 如权利要求 9 的方法, 其中所述孔径是狭窄孔径。

15. 如权利要求 9 的方法, 其中所述孔径是狭缝状孔径。

16. 一种向具有折射率的光纤写入具有大体切趾光谱的光栅的系统, 所述系统包括:

a. 产生激光束的激光源;

b. 柱面透镜, 基本上横切所述激光束放置, 用以将所述激光束聚焦成聚焦光束并朝焦点聚焦;

c. 基本上横切所述聚焦光束放置的振幅掩模, 所述振幅掩模具有用以产生窄聚焦光束的孔径;

d. 基本上横切所述窄聚焦光束放置的相位掩模, 所述相位掩模产生衍射光束;

其中所述光纤基本上横切所述衍射光束放置, 并且大体位于所述柱面透镜的所述焦点附近或焦点处, 借此所述衍射光束用具有交替的低光强区和高光强区的干涉图案照射所述光纤的一部分, 并借此所述高光强区改变所述这些区的所述折射率。

17. 如权利要求 16 所述的系统, 其中所述激光源是紫外激光源。

18. 如权利要求 17 所述的系统, 其中所述紫外激光源的波长是 244 纳米或 248 纳米。

19. 如权利要求 16 所述的系统, 其中所述振幅掩模沿所述聚焦光束的位置可以改变。

20. 如权利要求 16 所述的系统, 其中所述孔径是狭窄孔径。

21. 如权利要求 16 所述的系统, 其中所述孔径是狭缝状孔径。

向光纤写入具有切趾光谱的光纤布拉格光栅的方法及系统

技术领域

本发明一般涉及用于向光纤写入光纤布拉格光栅的方法及系统。更具体地，本发明涉及使用振幅掩模向光纤写入切趾光纤布拉格光栅的方法及系统。

背景技术

通常，当沿光栅区具有均匀折射率调制的光纤布拉格光栅（以下称作“FBG”）写入到光纤时，FBG 的反射光谱典型地的主反射波瓣的两侧处显示出很高的旁波瓣。而且，存在着的包层模损耗会在较短波长处对主传输衰减峰引入不希望的衰减。因此，这些不期望的特点就限制了 FBG 在很多应用方面的使用。举例来说，通信系统内 FBG 基波分复用（以下称作“WDM”）滤波器通常需要旁波瓣抑制率（以下称作“SLSR”）高得足以消除相邻光信道之间的串扰。FBG 基 WDM 滤波器还需要很低的包层模损耗，趋于消弱其他信道的信号。在感测应用中，主波峰两侧的高旁波瓣在感测系统内会被作为微弱的传感器信号探测出来，从而会中断感测信息。具有高旁波瓣的掺铒光纤放大器（以下称作“EDFA”）泵浦激光稳定器 FBG 会引入不希望的激光峰并由此引入增加的系统噪音。

用预先设计的剖面对 FBG 的折射率加以调制可以提供一种抑制旁波瓣的解决办法。这种方法也称作切趾。因此，与均匀 FBG 光栅不同，切趾光栅具有沿光栅区调制过的折射率，以实现诸如 Gaussian、cosine、Hamming、Blackman 等期望的剖面。

许多方法和系统都可以用来实现折射率剖面切趾。例如，Mechin 等人在美国专利 US6,574,395 中提出一种通过改变扫描光束的速度来控制 FBG 的 UV 曝光时间的方法。Kersey 等人在美国专利 US6,681,067 中提出另一种方法，其中通过用 CO₂ 激光器加热和照射来有选择地擦除折射率。另外的方法还包括有用声学晶体（acoustic-crystal）频率调制使 UV 光束振动。然而，实现切趾 FBG 的最广泛使用方法却是在激光器与柱面聚焦透镜之间的 UV 激光束的传播路径上放置具有专门设计剖面的振幅掩模。

写入 FBG 的系统和方法在现有技术中也是公知的。例如，Malo 等人在美国专利 US6,911,659 中教导了一种改变光纤折射率的系统和方法。然而，Malo 的这种系统和方法包括有使用阻挡掩模，该阻挡模块限制了可以写入的 FBG 的种类，这是因为这种阻挡模块会阻挡

大部分的激光功率。

被用于 FBG 切趾的振幅掩模通常包括两个 UV 探索窗口 (exploring windows)。第一个窗口被用于 FBG 的 AC 折射率调制,而第二个窗口被用于 FBG 的 DC 折射率平坦化补偿。一般而言,为使包层模损耗最小化,FBG 的 DC 折射率平坦化补偿是必需的。使用振幅掩模能够在单次处理中写入具有高 SLSR 和低包层损耗的 FBG。因此,使用振幅掩模能实现高性能 FBG 的写入。

图 1 示出使用振幅掩模的传统装置 100。如所看到的,该装置 100 的振幅掩模 110 安装在柱面透镜 120 前面的一个位置上。在这种结构中,只要振幅掩模 110 保持在柱面透镜 120 的前面,在激光束传播路径 150 上的位置的任何变化都将对应于相同的切趾剖面。这为模型化光纤内的折射率剖面提供了一种简易的方式,从而还有利于振幅掩模的设计和切趾的适用性。然而,这种方法的一个主要缺点在于掩模 110 会阻挡 UV 激光束的很大一部分,因此将降低 FBG 的写入效率。在振幅掩模具有小孔径时,尤其是这种情况。因此,这种方法很难用具有小孔径的振幅掩模写入较大的 FBG。在某些情况下,这更是不可能的。这种方法的另外一个缺点来源于切趾剖面内出现的失真。这些失真由夫琅和费衍射引起,这是由于激光束穿过振幅掩模 110 的小孔径这样的传播路径和激光束经过相对较长距离传播至位于柱面透镜 120 焦点处的光纤 140。

在图 1 所示的这种传统切趾方法的装置 100 中,由于振幅掩模在激光束传播路径 150 上的位置的变化不会影响折射率调制,因此每个振幅掩模对应一种明确的折射率调制。为了获得不同的切趾剖面,必须为每种切趾剖面设计和制作不同的掩模。而且,由于在给定振幅掩模下折射率调制会依据不同的激光束条件发生改变,因此对于同样的折射率调制,需要具有多个振幅掩模。所以,开发用于给定折射率调制的振幅掩模经常会导致包括设计振幅掩模、校正振幅掩模、重新设计振幅掩模等步骤在内的重复过程。这种过程不但增加成本,而且降低设计新折射率调制振幅掩模的灵活性和时间效率。因此,这会妨碍对新 FBG 的科学研究和工程研制。

因而,就需要一种能够消除前述缺点的写入切趾 FBG 的新系统和新方法。

发明内容

本发明的一个目标在于提供一种用于在用激光写入 FBG 时、通过振幅掩模调制激光功率剖面的切趾方法和系统。

本发明的另一个目标在于提供一种振幅掩模设在柱面透镜与光纤之间的切趾方法和系统。

本发明的再一个目标在于提供一种振幅掩模的位置在柱面透镜与光纤之间可以调节的切趾方法和系统。

相应地,本发明提供一种向光纤写入FBG的方法和系统,这些FBG的折射率在光栅区上被调制过以提供切趾光谱。

本发明的装置一般包括用来诱发光纤材料产生折射率变化的UV激光源。很多波长可以被使用,例如但不限于244和248纳米的波长。不难理解,波长可以根据应用情况进行选择。

本发明的装置还包括用以聚焦UV激光束的柱面透镜。要写入有效FBG的光纤通常安置在柱面透镜的焦点处或焦点附近。

根据本发明,用来调制光栅折射率的振幅掩模安置在柱面透镜与光纤之间的UV光的聚焦光束上。优选地,振幅掩模放置在柱面透镜的焦点附近。由于振幅掩模与光纤之间的距离很短,因此这种装置可以避免光束穿过振幅掩模内的小孔径或窄狭缝经过较长距离的传播而引起的不希望出现的夫琅和费衍射和/或菲涅耳衍射。

而且,由于振幅掩模放置在柱面透镜与光纤之间,因此与现有技术的设置(例如美国专利US6,911,659)相比,振幅掩模会阻挡较少部分的UV光。因此,这种新颖的装置容许用具有小孔径的振幅掩模或窄而强的切趾振幅掩模高效地进行强FBG的UV写入。

本发明另一个重要的方面在于因为振幅掩模放置在柱面透镜与光纤之间的聚焦光束上,所以不同位置的振幅掩模会在FBG内限定出不同的折射率调制剖面。因此,通过沿聚焦激光束调整或调节从振幅掩模到光纤之间的距离,就能连续改变切趾剖面。另外,用单个振幅掩模还能使光栅的折射率调制最优化。

如果需要,和/或当需要时,本发明的装置还可以设有相位掩模,放置在光纤附近。相位掩模用来将聚焦的激光束衍射成两个方向朝光纤入射。衍射的光束产生干涉图案,覆盖光纤的光栅区。干涉图案包括交替的高强度区和低强度区。高强度区生成光纤的折射率变化。

不难理解,本发明的其他和另外的目标和优点将在理解下面要描述的或在权利要求书中给出的示例性实施例的基础上变得明显,而且这里没有提到的各种优点也将在实践中实施本发明时呈现给本领域的普通技术人员。

附图说明

参看下面的详细描述并结合附图考虑,本发明将变得更加易于理解。在附图中:

图1是依照现有技术的方法和系统,利用振幅掩模写入具有调制折射率的FBG的装置的示意图;

图2是依照本发明的方法和系统,利用振幅掩模写入具有调制折射率的FBG的装置的示意图。

具体实施方式

参看图 2, 示出在本发明的方法和系统中使用的装置 200。如图所示, 图 2 包括两个振幅掩模。按照本发明, 第一“真实”振幅掩模 270 安置在柱面透镜 220 与光纤 240 之间。如假想线所示, 第二振幅掩模 210 至少在光线光学方面与第一振幅掩模 270 等同, 振幅掩模 270 应当放置在柱面透镜 220 之前 (如图 1 的现有技术)。

如上所述, 在光纤光学方面, 两个振幅掩模 210 和 270 是等同的。然而, 在波光学方面, 两个振幅掩模 210 和 270 并不等同。换句话说, 振幅掩模 210 确定的切趾剖面不同于振幅掩模 270 确定的切趾剖面。这种差异性是本发明的基础之一。

如上所述地, 与传统 FBG 切趾方法的设置 (参看图 1) 不同, 在本发明中, 振幅掩模 270 放置聚焦激光束位于柱面透镜 220 与焦点之间的传播路径 260 上, 光纤 240 用现有技术中已知的方式安装。根据光线光学定律, 振幅掩模 270 在柱面透镜 220 之前的激光束传播路径 250 上基本与振幅掩模 210 等同。反过来也是如此。因此, 安置在柱面透镜 220 之前并沿着激光束传播路径 250 的振幅掩模 210 基本等同于沿着聚焦光束的传播路径 260 并设在柱面透镜 220 与光纤 240 之间的振幅掩模 270。根据这个光线光学定律, 掩模 210 和 270 相互为彼此的映像。因此, 根据光线光学, 这些等同的振幅掩模应当为光纤 240 提供相同的切趾剖面。然而, 从光纤 240 位置的角度考虑, 并且根据波光学, 掩模 210 和 270 提供的切趾剖面是不同的, 且是不可逆的。

现在参看图 1, 示出现有技术用于切趾方法和系统的装置 100。在这种装置中, 振幅掩模 110 放置在柱面透镜 120 之前, 沿着激光束的传播路径 150。在装置 100 中, 振幅掩模 110 仅能对光纤 140 提供一种功率调制剖面, 即使沿聚焦光束的传播路径 160 具有很多基本相同的掩模。

在优化的聚焦条件下, 抵达光纤 140 的总激光功率是恒定的。在具有较小孔径的振幅掩模 110 的情形下, 由于大部分激光功率都被振幅掩模 110 遮蔽, 因此当采用切趾时这就限制了光栅写入的强度。不难理解, 被振幅掩模 110 阻挡的激光功率是不可能被用来写入光栅的。

而且, 在穿过振幅掩模 110 的小孔径之后, 在抵达光纤 140 之前激光仍旧有相对较长的距离要传播。在穿过小孔径后又传播很长距离的激光束会由于夫琅和费衍射诱发切趾剖面出现变形。类似地, 用窄而强的振幅掩模进行强切趾会由于菲涅耳衍射诱发切趾剖面出现变形, 菲涅耳衍射是在当激光束穿过类似狭缝的孔径之后传播很长距离引起的。

然而, 如图 2 所示和上面解释, 如果振幅掩模 270 放置在柱面透镜 220 与光纤 240 之间的聚焦激光束的传播路径 260 上时, 振幅掩模 270 具有一个位于柱面透镜 220 之前的等同掩模 210。而且, 通过在聚焦激光束的传播路径 260 上移动振幅掩模 270 (参看箭头 290), 振幅掩

模 270 可以确定出一系列不同的等同振幅掩模 210，这取决于掩模 270 的位置。这些等同的掩模具有相同的宽度但不同的高度，从而具有不同的切趾剖面。因此，只通过改变单个振幅掩模 270 的位置，就能产生多个切趾剖面。

同时，通过在聚焦激光束的传播路径 260 上放置振幅掩模 270，被掩模 270 固有地阻挡的激光功率就比掩模 270 等效放置在柱面透镜 220 之前显著降低。由于阻挡了较少的激光功率，因此振幅掩模 270 容许用这种切趾方法和系统写入较强的 FBG。

另外，通过将振幅掩模 270 更靠近光纤 240 放置，激光束在穿过小孔径或较窄的类似狭缝的开口之后所传播的距离显著减小。这个结果能够极大地减少切趾剖面内由夫琅和费衍射和 / 或菲涅耳衍射引起的变形。

本领域的技术人员可以理解，本发明的装置 200 显然还可以包括本领域公知的相位掩模 230，大体放置在光纤 240 附近，如现有技术的装置 100 一样（参看图 1）。相位掩模 230 被用来在光纤 240 的光栅写入区上生成干涉图案。

虽然这里详细描述了本发明的优选实施例，并在附图中示出，但是应当理解，本发明不限于这些具体的实施例，只要不脱离本发明的范围或精神，各种变化和改变都是可以实现的。

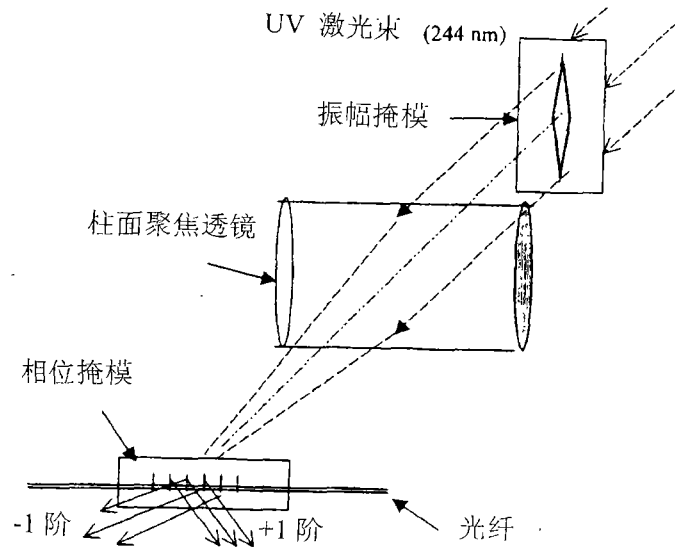


图 1

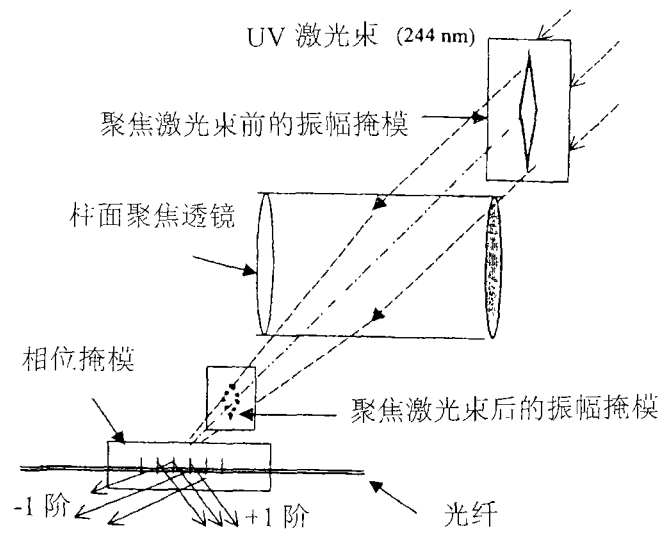


图 2