



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102798927 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 27

(21) 申请号 201210169771. 4

(22) 申请日 2012. 05. 28

(30) 优先权数据

11305654. 3 2011. 05. 27 EP

(73) 专利权人 德拉克通信科技公司

地址 荷兰阿姆斯特丹

(72) 发明人 P·斯拉德 M·比戈-阿斯楚克

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇

(51) Int. Cl.

G02B 6/036(2006. 01)

C03B 37/027(2006. 01)

(56) 对比文件

FR 2951282 A1, 2011. 04. 15,

CN 101598834 A, 2009. 12. 09,

US 2004/0159124 A1, 2004. 08. 19,

EP 2116878 A1, 2009. 11. 11,

CN 101680994 A, 2010. 03. 24,

审查员 陈贵阳

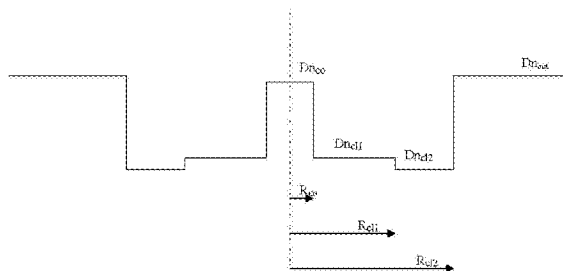
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

单模光纤及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及单模光纤及其制造方法, 该单模光纤从中心到外周依次包括纤芯、至少第一凹陷包层和第二凹陷包层以及外包层。所述纤芯的半径(R_{co})为 $3.5\mu\text{m} \sim 5.5\mu\text{m}$, 并且所述纤芯相对于所述外包层的折射率差($Dn_{co}-Dn_{out}$)为 $0 \sim 3 \times 10^{-3}$; 所述第一凹陷包层的半径(R_{cl1})为 $9\mu\text{m} \sim 15\mu\text{m}$, 并且所述第一凹陷包层相对于所述外包层的折射率差($Dn_{cl1}-Dn_{out}$)为 $-5.5 \times 10^{-3} \sim -2.5 \times 10^{-3}$; 所述第二凹陷包层的半径(R_{cl2})为 $38\mu\text{m} \sim 42\mu\text{m}$, 并且所述第二凹陷包层相对于所述第一凹陷包层的折射率差($Dn_{cl2}-Dn_{cl1}$)为 $-0.5 \times 10^{-3} \sim 0.5 \times 10^{-3}$; 以及所述外包层的半径为 $61.5\mu\text{m} \sim 63.5\mu\text{m}$ 。可以以低成本来制造衰减降低的光纤。



1. 一种单模光纤,其从中心到外周依次包括纤芯、至少第一凹陷包层和第二凹陷包层以及外包层,其中:

所述纤芯的半径(R_{co})为 $3.5\mu\text{m}\sim 5.5\mu\text{m}$,并且所述纤芯相对于所述外包层的折射率差($Dn_{co}-Dn_{out}$)为 $0\sim 3\times 10^{-3}$;

所述第一凹陷包层的半径(R_{c11})为 $9\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$,并且所述第一凹陷包层相对于所述外包层的折射率差($Dn_{c11}-Dn_{out}$)为 $-5.5\times 10^{-3}\sim -2.5\times 10^{-3}$;

所述第二凹陷包层的半径(R_{c12})为 $38\mu\text{m}\sim 42\mu\text{m}$,并且所述第二凹陷包层相对于所述第一凹陷包层的折射率差($Dn_{c12}-Dn_{c11}$)大于0小于等于 0.5×10^{-3} ;以及

所述外包层的半径为 $61.5\mu\text{m}\sim 63.5\mu\text{m}$ 。

2. 根据权利要求1所述的单模光纤,其特征还在于,还包括第三凹陷包层,

所述第三凹陷包层位于所述第一凹陷包层和所述第二凹陷包层之间,

所述第三凹陷包层的半径(R_{c13})为 $15\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$,

所述第三凹陷包层相对于所述第一凹陷包层的折射率差($Dn_{c13}-Dn_{c11}$)为 $-0.5\times 10^{-3}\sim 0.5\times 10^{-3}$,并且

所述第三凹陷包层相对于所述第二凹陷包层的折射率差($Dn_{c13}-Dn_{c12}$)为 $-0.5\times 10^{-3}\sim 0.5\times 10^{-3}$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的单模光纤,其特征还在于,所述纤芯由未掺杂二氧化硅制成。

4. 根据权利要求1或2所述的单模光纤,其特征还在于,所述外包层由未掺杂二氧化硅制成。

5. 根据权利要求1或2所述的单模光纤,其特征还在于,所述凹陷包层各自由氟掺杂二氧化硅制成。

6. 根据权利要求1或2所述的单模光纤,其特征还在于,所述单模光纤在波长1550nm处的衰减小于0.18dB/km。

7. 根据权利要求1或2所述的单模光纤,其特征还在于,所述单模光纤在波长1383nm处的衰减小于0.35dB/km。

8. 根据权利要求1或2所述的单模光纤,其特征还在于,所述单模光纤在波长1383nm处的衰减小于0.32dB/km。

9. 一种单模光纤,其从中心到外周依次包括纤芯、至少第一凹陷包层和第二凹陷包层以及外包层,其中:

所述纤芯的半径(R_{co})为 $3.5\mu\text{m}\sim 5.5\mu\text{m}$,并且所述纤芯相对于所述外包层的折射率差($Dn_{co}-Dn_{out}$)为 $0\sim 3\times 10^{-3}$;

所述第一凹陷包层的半径(R_{c11})为 $9\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$,并且所述第一凹陷包层相对于所述外包层的折射率差($Dn_{c11}-Dn_{out}$)为 $-5.5\times 10^{-3}\sim -2.5\times 10^{-3}$;

所述第二凹陷包层的半径(R_{c12})为 $38\mu\text{m}\sim 42\mu\text{m}$,并且所述第二凹陷包层相对于所述第一凹陷包层的折射率差($Dn_{c12}-Dn_{c11}$)大于等于 -0.5×10^{-3} 小于0;以及

所述外包层的半径为 $61.5\mu\text{m}\sim 63.5\mu\text{m}$ 。

10. 根据权利要求9所述的单模光纤,其特征还在于,还包括第三凹陷包层,

所述第三凹陷包层位于所述第一凹陷包层和所述第二凹陷包层之间,

所述第三凹陷包层的半径(R_{c13})为 $15\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$,

所述第三凹陷包层相对于所述第一凹陷包层的折射率差($D_{nc13}-D_{nc11}$)为 $-0.5 \times 10^{-3} \sim 0.5 \times 10^{-3}$,并且

所述第三凹陷包层相对于所述第二凹陷包层的折射率差($D_{nc13}-D_{nc12}$)为 $-0.5 \times 10^{-3} \sim 0.5 \times 10^{-3}$ 。

11. 根据权利要求9或10所述的单模光纤,其特征在于,所述纤芯由未掺杂二氧化硅制成。

12. 根据权利要求9或10所述的单模光纤,其特征在于,所述外包层由未掺杂二氧化硅制成。

13. 根据权利要求9或10所述的单模光纤,其特征在于,所述凹陷包层各自由氟掺杂二氧化硅制成。

14. 根据权利要求9或10所述的单模光纤,其特征在于,所述单模光纤在波长1550nm处的衰减小于0.18dB/km。

15. 根据权利要求9或10所述的单模光纤,其特征在于,所述单模光纤在波长1383nm处的衰减小于0.35dB/km。

16. 根据权利要求9或10所述的单模光纤,其特征在于,所述单模光纤在波长1383nm处的衰减小于0.32dB/km。

17. 一种用于制造包括权利要求1至16中任一项所述的特征的单模光纤的制造方法,所述制造方法包括以下步骤:

设置沉积管;

在所述沉积管内部进行层的沉积,以制成所述纤芯和所述第一凹陷包层;

完全地去除所述沉积管;

设置所述第二凹陷包层;

设置所述外包层,由此得到光学预制件;

从所述光学预制件拉制出单模光纤。

18. 根据权利要求17所述的制造方法,其特征在于,所述沉积管由未掺杂石英制成。

19. 根据权利要求17或18所述的制造方法,其特征在于,通过化学刻蚀、火焰抛光、研磨、抛光或者这些方法的组合来进行所述沉积管的去除。

20. 根据权利要求17或18所述的制造方法,其特征在于,通过以下方法之一来制成所述第二凹陷包层:套上掺杂管;外包上掺杂二氧化硅;以及外部沉积掺杂二氧化硅。

21. 一种用于制造包括权利要求2或10所述的特征的单模光纤的制造方法,所述制造方法包括以下步骤:

设置由氟掺杂二氧化硅制成的沉积管;

在所述沉积管内部进行层的沉积,以制成所述纤芯和所述第一凹陷包层;

围绕所述沉积管设置所述第二凹陷包层,其中所述沉积管构成所述第三凹陷包层;

设置所述外包层,由此得到光学预制件;

从所述光学预制件拉制出单模光纤。

22. 根据权利要求21所述的制造方法,其特征在于,通过以下方法之一来制成所述第二凹陷包层:套上掺杂管;外包上掺杂二氧化硅;以及外部沉积掺杂二氧化硅。

23. 一种用于制造包括权利要求1至16中任一项所述的特征的单模光纤的制造方法,所

述制造方法包括以下步骤：

- 通过外部沉积设置纤芯棒；
- 设置至少两个连续的凹陷包层；
- 设置所述外包层，由此得到光学预制件；
- 从所述光学预制件拉制出单模光纤。

24. 根据权利要求23所述的制造方法，其特征在于，通过以下方法之一来制成所述连续的凹陷包层中的各凹陷包层：套上掺杂管；外包上掺杂二氧化硅；以及外部沉积掺杂二氧化硅。

单模光纤及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤传输领域,更特别地,涉及单模光纤(single mode optical fiber,SMF)。本发明涉及一种能够从性能增强的预制件制造的衰减降低的单模光纤。

背景技术

[0002] 对于光纤,折射率分布通常根据将折射率和光纤半径相关联的函数的图形外观来进行分类。以标准方式,在x轴上示出相对于光纤中心的距离 r ,并且在y轴上示出该折射率和光纤包层的折射率之间的差。这些曲线通常代表光纤的理论分布或设定分布,然而,制造光纤时的限制可能导致略微不同的分布。传统上,光纤包括具有传输光信号并可能地放大光信号的功能的光纤芯以及具有将光信号限制在纤芯内的光包层。为此,纤芯的折射率 n_c 和外包层的折射率 n_g 满足 $n_c > n_g$ 。

[0003] 通常使用还被称为单模光纤(SMF)的阶梯折射率光纤作为针对光纤传输系统的线形光纤(line fiber)。这些光纤具有符合特定远程通信标准的色散(chromatic dispersion)和色散斜率,并且还具有符合标准的截止波长和有效面积值。

[0004] 针对来自不同制造商的光学系统之间的兼容性的需求,国际电信联盟(ITU)已定义了一个标准即参考ITU-T G.652,被称为SSMF(标准单模光纤)的标准光学传输光纤必须遵守该标准。

[0005] 其中,G.652标准针对传输光纤推荐了:在波长1310nm处,模场直径(MFD)的范围为 $[8.6\mu\text{m}, 9.5\mu\text{m}]$;光缆截止波长的最大值为1260nm;由 λ_0 所表示的零色散波长的值的范围为 $[1300\text{nm}, 1324\text{nm}]$;以及色散斜率的最大值为 $0.092\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$ 。以标准的方式,如国际电工委员会的附属委员会86A在标准IEC60793-1-44中所定义的,测量光信号在光纤中传播超过22米之后不再是单模信号的波长作为光缆截止波长。

[0006] 具有纯二氧化硅纤芯的光纤同样是已知的,并且被称为纯硅芯光纤(PSCF)。PSCF的纤芯内不存在掺杂剂使得可以限制光学损耗并且显著地限制波长为1550nm处的衰减。因此,传统上,PSCF具有掺杂氟的二氧化硅包层,以降低包层的折射率并确保将光信号限制在纤芯内的功能。

[0007] 通过在光纤拉丝塔上拉拔预制件来制造光纤,这种方式本身是已知的。预制件例如包括初级预制件,该初级预制件包含构成光纤的包层的一部分和纤芯的质量非常高的玻璃管。然后,将该初级预制件包上外包层或套上套筒,以增大该初级预制件的直径并形成可在光纤拉丝塔上使用的预制件。规模化的光纤拉丝操作包括:将预制件垂直地放置于塔中并且从该预制件的端部拉制出光纤束。为此,对预制件的一个端部局部施加高温,直到二氧化硅软化为止;然后,由于光纤拉丝速度和温度决定了光纤的直径,因此在光纤拉制期间持续地监控光纤拉丝速度和温度。预制件的几何性质应完全遵守光纤的纤芯和包层的折射率之间的比率以及各自的直径之间的比率,以使得拉制出的光纤具有所需的分布。

[0008] 初级预制件可以包括通常为石英的基管,其中,在该基管中已沉积了一层或者多层掺杂和/或未掺杂的二氧化硅,以形成光纤的纤芯和内包层。在基管内部进行沉积的沉积

技术包括改进的化学气相沉积(MCVD, Modified Chemical Vapor Deposition)、熔炉化学气相沉积(FCVD, Furnace Chemical Vapor Deposition)或等离子化学气相沉积(PCVD, Plasma Chemical Vapor Deposition)。在沉积了与纤芯和内包层相对应的层之后, 在被称为径向收拢(collapsing)的操作期间使该管自身闭合。CVD技术确保了OH峰值保持低的水平, 由此限制了1385nm处的衰减。

[0009] 初级预制件可以包括通过诸如外部气相沉积(OVD, Outside Vapor Deposition)或轴向气相沉积(VAD, Vapour Axial Deposition)等的外部沉积技术所制成的棒。在这种情况下不使用基管; 通过将前驱气体和火焰引导至引弧棒(starting rod)上, 来沉积掺杂和/或未掺杂的二氧化硅层。

[0010] 成分沉积通常涉及术语“掺杂”, 即将“掺杂物”添加至二氧化硅以改变其折射率。因此, 锗(Ge)或磷(P)增大了二氧化硅的折射率; 这两者经常被用来掺杂光纤的中央纤芯。此外, 氟(F)或硼(B)降低了二氧化硅的折射率; 氟经常被用来形成凹陷包层。

[0011] 对具有高度凹陷的大凹陷包层的初级预制件的制作需要非常精细。实际上, 例如, 超过特定温度时, 氟难以混入到已加热的二氧化硅中, 而制作玻璃又需要高温。PCVD技术能够有效地用于在沉积管内部产生凹陷包层。文献US RE 30,635和US4,314,833中说明了这种制造技术; 这种技术使得氟能够显著地混入到二氧化硅中, 以形成高度凹陷的包层。在玻璃制造塔中设置和安装有由纯二氧化硅或掺杂氟的二氧化硅所制成的沉积管。然后, 对该管进行设置以使其转动, 并且将二氧化硅和掺杂物的混合气体注入到该管中。该管横跨了对混合气体局部加热的微波空腔。该微波加热通过使注入到该管中的气体离子化而产生等离子体, 并且离子化的掺杂物与二氧化硅颗粒激烈反应, 从而在该管内部沉积了掺杂二氧化硅层。微波加热所产生的掺杂物的激烈反应使得高浓度的掺杂物能够被混入到二氧化硅层中。

[0012] 图1示出了传统的PSCF的设定折射率分布。图1的折射率分布示出了: 中央纤芯的半径为 R_{co} 且折射率为与二氧化硅的折射率相对应的 Dn_{co} , 以及凹陷内包层的外径为 R_{c11} 且折射率为 Dn_{c11} 。由于该内包层的折射率低于通过对初级预制件包上外包层或套上套筒所获得的外包层的折射率 Dn_{out} , 因而将该内包层称为凹陷内包层。在PSCF中, 外包层通常由纯二氧化硅玻璃制成并且与中央纤芯具有基本相同的折射率。通常, 该外包层由用于制作初级预制件的基管和/或用于获得所需的直径比的外包层或套筒所构成。

[0013] 在上述的外包层与中央纤芯具有基本相同的折射率的结构中, 基本模式LP01并没有被完全引导, 并且显示出被称为泄漏的附加损耗。为了使这些泄露损耗最小化, 必须减少在纯二氧化硅外包层中传输的能量百分比。因此, 氟掺杂的内包层的外半径和纤芯的半径之比(R_{c11}/R_{co})必须充分高; 即, 凹陷内包层二氧化硅必须尽可能地至少延伸至临界半径 R_{c11} , 其中, R_{c11} 的值取决于纤芯半径以及纤芯折射率 Dn_{co} 和内包层折射率 Dn_{c11} 之间的折射率差; 对于符合G.652建议的标准SMF, 认为凹陷包层半径与纤芯半径之间的比值为8以上($R_{c11}/R_{co} > 8$)确保了将光信号良好地限制在中央纤芯中以及可接受的泄露损耗水平。

[0014] MCVD、FCVD和PCVD技术能够确保获得高质量的纤芯和高度凹陷的大内包层, 但这些技术在用于获得大容量预制件时的成本高。将预制件的容量定义为能够从该预制件拉制出的光纤长度量。预制件的直径越大, 其容量越大。为了降低制造成本, 期望从同一预制件中拉制出长度较长的线形光纤。因此, 本发明寻求制造直径大的预制件, 同时该预制件又能

符合与中央纤芯和凹陷内包层的直径有关的上述限制。

[0015] US-A-2008/0031582和US-A-5044724公开了使用氟掺杂的沉积管来制造初级预制件。这种技术方案能够限制管内部所沉积的氟掺杂层的量。WO-A-2010/003856公开了利用等离子外部沉积(POD, Plasma Outside Deposition)或OVD来制造氟掺杂管。

[0016] 当使用氟掺杂沉积管时,初级预制件的凹陷包层由沉积的内包层和管本身所构成。由此,可以在对管内部的沉积量进行限制的同时,增大凹陷包层半径和纤芯半径之间的比值。然而,该技术方案难以应对非常厚的管,这是因为:当代替非掺杂二氧化硅管而使用氟掺杂管时,沉积条件改变了,由此最终限制了管内部沉积量的减少。

[0017] US-A-2007/0003198公开了一种混合工艺,其中,通过VAD或OVD来制作构成锗掺杂纤芯区域的棒,并且通过MCVD在管内部沉积包层区域。然后,使用棒管(rod-in-tube)技术来组装该纤芯棒和MCVD包层管。然而,该文献所公开的光纤不具有由纯二氧化硅纤芯和凹陷包层所构成的折射率分布构造,结果不存在这类折射率分布构造固有的属性,特别地,在1383nm和1550nm处均获得较低的衰减。

[0018] US-A-2003/0063878公开了一种较大型预制件的制造方法。在沉积管中通过CVD来沉积纤芯和内包层,之后完全去除该沉积管。通过外部沉积或者棒管法来沉积外包层。该文献旨在控制非零色散偏移光纤或色散补偿光纤在1550nm处的衰减。

[0019] US-A-2004/0159124公开了一种大型预制件的制造方法。在沉积管内部通过MCVD来沉积纤芯,之后完全去除该沉积管。然后,掺杂的外包管可用来扩展凹陷区域。

[0020] 然而,上述文献均未公开如下的PSCF或纤芯轻微向上掺杂的光纤:泄露损耗得到了控制,并且1385nm和1550nm这两处的衰减得以降低。

发明内容

[0021] 本发明的目的在于:使得能够容易地制造大容量的光纤预制件,同时又可以保持光纤的光学质量,尤其使PSCF或者纤芯轻微向上掺杂的光纤在1385nm和1550nm这两处的衰减较低。

[0022] 利用以下单模光纤来实现本发明的目的,其中,所述单模光纤从中心到外周包括纤芯、至少第一凹陷包层和第二凹陷包层以及外包层,其中:

[0023] -所述纤芯的半径为 $3.5\mu\text{m}\sim 5.5\mu\text{m}$,并且所述纤芯相对于所述外包层的折射率差为 $0\sim 3\times 10^{-3}$;

[0024] -所述第一凹陷包层的半径为 $9\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$,并且所述第一凹陷包层相对于所述外包层的折射率差为 $-5.5\times 10^{-3}\sim -2.5\times 10^{-3}$;

[0025] -所述第二凹陷包层的半径为 $38\mu\text{m}\sim 42\mu\text{m}$,并且所述第二凹陷包层相对于所述第一凹陷包层的折射率差为 $-0.5\times 10^{-3}\sim 0.5\times 10^{-3}$;以及

[0026] -所述外包层的半径为 $61.5\mu\text{m}\sim 63.5\mu\text{m}$ 。

[0027] 根据一个实施例,所述单模光纤还包括第三凹陷包层,所述第三凹陷包层位于所述第一凹陷包层和所述第二凹陷包层之间,所述第三凹陷包层的半径为 $15\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$,所述第三凹陷包层相对于所述第一凹陷包层的折射率差为 $-0.5\times 10^{-3}\sim 0.5\times 10^{-3}$,并且所述第三凹陷包层相对于所述第二凹陷包层的折射率差为 $-0.5\times 10^{-3}\sim 0.5\times 10^{-3}$ 。

[0028] 根据实施例,所述单模光纤可以进一步包括一个或多个以下特征:

- [0029] 所述纤芯由未掺杂二氧化硅制成；
- [0030] 所述外包层由未掺杂二氧化硅制成；
- [0031] 所述凹陷包层各自由氟掺杂二氧化硅制成；
- [0032] 所述单模光纤在波长1550nm处的衰减小于0.18dB/km；
- [0033] 所述单模光纤在波长1383nm处的衰减小于0.35dB/km,优选为小于0.32dB/km。
- [0034] 本发明还提出了一种用于制造根据本发明的单模光纤的制造方法。
- [0035] 根据一个实施例,一种用于制造本发明的单模光纤的制造方法,包括以下步骤:
- [0036] -设置沉积管；
- [0037] -在所述沉积管内部进行层的沉积,以制成所述纤芯和所述第一凹陷包层；
- [0038] -完全地去除所述沉积管；
- [0039] -设置所述第二凹陷包层；
- [0040] -设置所述外包层,由此得到光学预制件；
- [0041] -从所述光学预制件拉制出单模光纤。
- [0042] 所述沉积管可以由未掺杂石英制成,并且可以通过化学刻蚀、火焰抛光或者使用诸如研磨和抛光等的机械技术来进行所述沉积管的去除。这些技术的组合也可以用来去除所述沉积管。
- [0043] 根据另一实施例,一种用于制造本发明的单模光纤的制造方法,包括以下步骤:
- [0044] -设置由氟掺杂二氧化硅制成的沉积管；
- [0045] -在所述沉积管内部进行层的沉积,以制成所述纤芯和所述第一凹陷包层；
- [0046] -围绕所述沉积管设置所述第二凹陷包层,其中所述沉积管构成所述第三凹陷包层；
- [0047] -设置所述外包层,由此得到光学预制件；
- [0048] -从所述光学预制件拉制出单模光纤。
- [0049] 所述第二凹陷包层可以通过以下方法之一来制成:套上掺杂管;外包上掺杂二氧化硅;以及外部沉积掺杂二氧化硅。
- [0050] 根据另一实施例,一种用于制造本发明的单模光纤的制造方法,包括以下步骤:
- [0051] -通过外部沉积设置纤芯棒；
- [0052] -设置至少两个连续的凹陷包层；
- [0053] -设置所述外包层,由此得到光学预制件；
- [0054] -从所述光学预制件拉制出单模光纤。
- [0055] 所述连续的凹陷包层各自可以通过以下方法之一来制成:套上掺杂管;外包上掺杂二氧化硅;以及外部沉积掺杂二氧化硅。

附图说明

- [0056] 通过阅读以下对作为例子给出的本发明的实施例的说明并且参考所附的附图,本发明的其它特征和优点将变得清楚,其中:
- [0057] 图1(已进行了说明)示出根据现有方法的PSCF的设定折射率分布；
- [0058] 图2示出根据本发明第一实施例和第三实施例的光纤的设定折射率分布；
- [0059] 图3示出根据本发明第一实施例和第三实施例的光纤的设定折射率分布；

[0060] 图4示出根据本发明第二实施例和第三实施例的光纤的设定折射率分布。

具体实施方式

[0061] 本发明涉及一种传输损耗低并且能够在不使传输特性劣化的情况下以低成本制造的单模光纤。

[0062] 为了该目的,本发明提出了一种具有未掺杂二氧化硅纤芯的光纤或者二氧化硅纤芯轻微向上掺杂的光纤,从而限制衰减,尤其限制涉及到锗掺杂的情况下的1550nm处的衰减。围绕纤芯制作多个凹陷包层。提供连续的凹陷包层使得可以以低成本制造非常大的预制件。仔细地选择这些凹陷包层的位置和尺寸,以使得在保持高阶模式LP11的泄露损耗充分高以确保符合G.652建议的光缆截止波长的同时,使基本模式LP01的泄漏损耗最小化。

[0063] 在第一实施例中,本发明提出了:在沉积管内部利用CVD制作纤芯和凹陷内包层,以限制衰减,尤其是限制由于OH峰值所引起的1383nm处的衰减;然后,完全去除沉积管,并且通过套上向下掺杂管或者利用外部沉积技术来制作凹陷外包层,以扩展凹陷区域。这种配置使得能够减小沉积管内部所沉积的凹陷内包层的宽度,并且将基管与中央纤芯更加紧密地贴合,由此获得更大容量的预制件以及更低的制造成本。

[0064] 在第二实施例中,本发明提出了:在向下掺杂沉积管内部利用CVD制作纤芯和凹陷内包层,以限制衰减,尤其是限制由于OH峰值所引起的1383nm处的衰减;然后,利用向下掺杂管或者利用OVD或任意其它外部沉积技术来扩展凹陷包层。在本实施例中,凹陷包层包括三个不同的区域:在向下掺杂沉积管内部利用CVD所制作的区域、由向下掺杂沉积管所构成的区域以及通过套上向下掺杂管或者外部沉积技术所制成的区域。这种配置使得能够减小向下掺杂沉积管内部所沉积的凹陷内包层的宽度,并且增大最终预制件的容量,由此获得更低的制造成本。

[0065] 在第三实施例中,本发明提出了利用OVD或VAD技术来制作纤芯以获得纤芯棒。第一凹陷包层、第二凹陷包层以及可能的第三凹陷包层能够通过纤芯棒上套上掺杂管以及/或者利用OVD或任意其它外部沉积技术而获得。这样,避免了与利用VAD或OVD技术制作氟掺杂包层相关联的1385nm处的固有衰减问题。

[0066] 图2和3示出根据本发明的第一实施例和第三实施例的光纤的设定折射率分布。本发明的单模光纤从中心到外周依次包括纤芯、第一凹陷包层、第二凹陷包层以及外包层。该外包层的折射率为 Dn_{out} 。该外包层可以是未掺杂二氧化硅或轻微掺杂二氧化硅。该纤芯的半径 R_{co} 为 $3.5\mu m \sim 5.5\mu m$,并且该纤芯相对于外包层的折射率差($Dn_{co} - Dn_{out}$)为 $0 \sim 3 \times 10^{-3}$ 。该纤芯相对于该外包层的折射率差更优选为 $0.5 \times 10^{-3} \sim 2.5 \times 10^{-3}$ 。该纤芯的轻微掺杂甚至是未掺杂确保了对1550nm处的衰减的限制。在图2的实施例中,纤芯与外包层具有基本相同的折射率。在这种情况下,纤芯和/或外包层可以由未掺杂二氧化硅、或者轻微掺杂二氧化硅或共掺杂二氧化硅所制成。在图3的实施例中,纤芯的折射率微微大于外包层的折射率。在这种情况下,纤芯可以由轻微掺杂二氧化硅或共掺杂二氧化硅所制成并且外包层可以由未掺杂二氧化硅所制成,从而使成本最小化。

[0067] 第一凹陷包层的半径 R_{c11} 为 $9\mu m \sim 15\mu m$,并且该第一凹陷包层相对于外包层的折射率差($Dn_{c11} - Dn_{out}$)为 $-5.5 \times 10^{-3} \sim -2.5 \times 10^{-3}$ 。与图1的现有技术的凹陷内包层的半径相比,第一凹陷包层的半径较小,这确保了对利用CVD进行的沉积的限制以及成本控制。如果凹陷

区域仅由两个凹陷包层构成(如图2和3所示),则第二凹陷包层的半径 R_{c12} 为 $38\mu\text{m}\sim 42\mu\text{m}$,并且对该第二凹陷包层相对于外包层的折射率差($D_{nc12}-D_{n_{out}}$)进行设置以使得第一凹陷包层和第二凹陷包层之间的折射率差($D_{nc12}-D_{nc11}$)为 $-0.5\times 10^{-3}\sim 0.5\times 10^{-3}$ 。

[0068] 图4示出根据本发明的第二实施例和第三实施例的光纤的设定折射率分布。根据本实施例,第三凹陷包层被设置在第一凹陷包层和第二凹陷包层之间。当凹陷区域由三个凹陷包层构成时(如图4所示),第三凹陷包层的半径 R_{c13} 为 $15\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$,即第三凹陷包层被添加至半径为 $9\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$ 的第一凹陷包层和半径为 $38\mu\text{m}\sim 42\mu\text{m}$ 的第二凹陷包层之间。对第三凹陷包层相对于外包层的折射率差($D_{nc13}-D_{n_{out}}$)进行设置,以使得第三凹陷包层相对于第一凹陷包层的折射率差($D_{nc13}-D_{nc11}$)和第三凹陷包层相对于第二凹陷包层的折射率差($D_{nc13}-D_{nc12}$)均为 $-0.5\times 10^{-3}\sim 0.5\times 10^{-3}$ 。

[0069] 基于第一凹陷包层的半径和折射率选择第二凹陷包层的大小和折射率以及基于第二凹陷包层的半径和折射率选择第三凹陷包层的大小和折射率,从而限制泄露损耗并确保符合G.652建议的截止波长。

[0070] 通过外包上硅基材料、或者套上石英管、或者通过任意外部沉积技术来获得外包层。例如,先进的等离子气相沉积(APVD)可用来制作外包层。光纤具有外包层的半径 R_{out} 为 $62.5\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ 的标准化外径。

[0071] 根据第一实施例,本发明的具有两个凹陷包层区域的光纤(如图2或3所示)可按照如下进行制造。

[0072] 通过在沉积管内部进行沉积来获得纤芯和第一凹陷包层,并且通过套上向下掺杂管或者通过使用外部沉积技术来获得第二凹陷包层。因此,第一凹陷包层的粘度和/或折射率值可以与第二凹陷包层的粘度和/或折射率值不同。

[0073] 更具体地,设置沉积管,并且在所述沉积管内部利用CVD来沉积光纤的纤芯和第一凹陷包层。然后,在完成了纤芯和第一凹陷包层的沉积之后,完全去除该管。因此,可以使用未掺杂石英管而在参数受控的情况下进行CVD。特别地,纤芯和第一凹陷包层可以通过PCVD、MCVD或FCVD进行沉积来获得。在沉积完成之后,可以利用化学刻蚀和/或机械抛光来去除沉积管。

[0074] 在去除了沉积管之后,使纤芯和第一凹陷包层套上诸如氟掺杂管等的掺杂管。氟掺杂管例如从WO-A-2010/003856、US-A-2008/0031582或US-A-5044724中获知。然而,这些文献仅教导了使用这种氟掺杂管进行内部沉积。

[0075] 套上掺杂管使得可以通过构成第二凹陷包层来扩展预制件的凹陷区域。通过CVD仅沉积得到与纤芯最靠近的第一凹陷包层,而第二凹陷包层是通过套上套筒所添加的。在获得了较大的凹陷区域的同时,限制了CVD沉积量并且降低了预制件的成本。最后,使预制件外包上硅基材料或者套上石英管,从而达到所需的直径比。在较大预制件的情况下优选进行外包处理(over-cladding),以控制成本。

[0076] 根据第二实施例,本发明的具有三个凹陷包层区域的光纤(如图4所示)可以按照如下进行制造。

[0077] 通过在向下掺杂沉积管内部进行沉积来获得纤芯和第一凹陷包层,其中向下掺杂沉积管将构成第三凹陷包层;以及通过套上向下掺杂管或者通过使用外部沉积技术来获得第二凹陷包层。如在第二实施例中一样,与纤芯最靠近的第一凹陷包层可以通过PCVD、MCVD

或FCVD进行沉积来获得。在获得了较大的凹陷区域的同时,限制了CVD沉积量并降低了预制件的成本。

[0078] 氟掺杂管例如从WO-A-2010/003856、US-A-2008/0031582或US-A-5044724中获知。尽管这些文献教导了使用这种氟掺杂管进行内部沉积,但这些文献没有启示出围绕沉积管设置能够显著地增大最终预制件的容量的另外的凹陷包层。最后,使预制件外包上硅基材料或者套上石英管,从而达到所需的直径比。在较大预制件的情况下优选进行外包处理,以控制成本。

[0079] 根据第三实施例,本发明的具有两个或三个凹陷包层区域的光纤(如图2、3和4所示)可以使用外部沉积技术和/或掺杂管进行制造,以得到第一凹陷包层、第二凹陷包层和第三凹陷包层。因此,各凹陷包层的粘度和/或折射率可以与其它凹陷包层的粘度和/或折射率不同。

[0080] 更具体地,可以通过OVD或VAD来获得纤芯棒;可以通过任意外部沉积技术或者通过套上掺杂管来获得各凹陷包层;并且可以通过外包上硅基材料(例如通过APVD)或者通过套上石英管来获得外包层,从而达到所需的直径比。

[0081] 以下的表I给出了根据本发明的光纤的设定分布的例子(例子1~5)、本发明的范围以外的光纤的设定分布的例子(例子2b和3b)以及比较例(图1所示的设定分布)。

[0082] 表I:

[0083]

分布	R_{co} (μm)	R_{cl1} (μm)	R_{cl2} (μm)	R_{cl3} (μm)	R_{cl4} (μm)	$Dn_{co}.10^{-3}$ @633nm	$Dn_{cl1}.10^{-3}$ @633 nm	$Dn_{cl2}.10^{-3}$ @633 nm	$Dn_{cl3}.10^{-3}$ @633 nm
比较例	4.35	41.00	---	---	62.50	0.0	-5.2	---	---
例子 1	4.35	15.00	---	41.00	62.50	0.5	-4.7	---	-4.5
例子 2	4.35	13.80	---	41.00	62.50	2.2	-3.0	---	-3.4
例子 2b	4.35	13.80	---	41.00	62.50	2.2	-3.0	---	-4.0
例子 3	4.35	9.50	---	39.00	62.50	2.2	-3.0	---	-3.0
例子 3b	4.35	9.50	---	39.00	62.50	2.2	-3.0	---	-2.4
例子 4	4.50	15.00	---	40.00	62.50	1.0	-4.5	---	-4.5
例子 5	4.35	15.00	22.00	41.00	62.50	0.5	-4.7	-4.6	-4.5

[0084] 以下的表II示出了上述的7个例子和比较例的光纤的光学特性

[0085] 表II

[0086]

分布	λ_{cut} (nm)	$2W_{02}$ @1310 nm (μm^2)	$2W_{02}$ @1550 nm (μm^2)	D @1550nm m (ps/nm- km)	S @ 1550nm (ps/nm ² - km)	ZDW (nm)	S @ ZDW (ps/nm ² - km)	泄漏 损耗 @1550 nm (dB/km)
比较例	1240	9.2	10.3	16.3	0.056	1315	0.086	0.001
例子 1	<1260	9.1	10.3	16.2	0.055	1306	0.083	0.006
例子 2	<1260	9.1	10.3	16.4	0.056	1309	0.084	0.001
例子 2b	>1400	9.1	10.3	16.4	0.057	1309	0.084	0.000
例子 3	<1260	9.1	10.3	16.3	0.056	1309	0.084	0.009
例子 3b	<1260	9.1	10.3	15.6	0.053	1312	0.082	>0.1
例子 4	<1260	9.1	10.2	17.1	0.056	1300	0.086	0.001
例子 5	<1260	9.1	10.3	16.2	0.055	1306	0.083	0.005

[0087] 以下的表III示出了上述的7个例子和比较例的光纤的弯曲损耗和衰减。

[0088] 表III

[0089]

分布	宏弯曲损耗 @1550nm Rc=10mm (dB/turn)	宏弯曲损耗 @1625nm Rc=10mm (dB/turn)	宏弯曲损耗 @1625nm Rc=30mm (dB/100turns)	衰减 @1550 nm (dB/km)	衰减 @1383 nm (dB/km)
比较例	0.2	0.7	<0.05	<0.18	<0.32
例子1	0.8	2.6	<0.05	<0.18	<0.32
例子2	0.1	0.3	<0.01	<0.18	<0.35
例子2b	<0.05	<0.1	<0.01	<0.18	<0.35
例子3	0.4	1.1	<0.05	<0.18	<0.35
例子3b	>1	>5	>1	>0.19	>0.35
例子4	0.09	0.3	<0.01	<0.18	<0.32
例子5	0.8	2.6	<0.05	<0.18	<0.32

[0090] 例子2b和3b在本发明的范围之外,这是因为:第一凹陷包层和第二凹陷包层之间的折射率差($D_{ncl2}-D_{ncl1}$)过大,即超过 $\pm 0.5 \times 10^{-3}$ 。从表II和表III显而易见,例子2b的截止波长不符合G.652建议,并且例子3b的泄露损耗、弯曲损耗和衰减都较高。

[0091] 从表II可以看出,本发明的光纤符合上述G.652标准。从表II还可以看出,在本发明的光纤中,泄漏损耗受到了控制。

[0092] 从表III可以看出,在本发明的光纤中,宏弯曲损耗受到了控制。因此,本发明的光纤可用于针对用户的光纤系统。表III还示出了本发明的光纤的衰减得到了限制、尤其是1383nm处的衰减。1550nm处的衰减小于0.18dB/km,并且1383nm处的衰减小于0.35dB/km,甚至小于0.32dB/km。使用石英管来沉积轻微掺杂二氧化硅纤芯使得可以降低OH峰值,并且沉积管的去除不会损害光纤的光学特性。

[0093] 本发明的光纤可以从大容量预制件制造得到。对于横截面积为 180mm^2 且在径向收拢之后得到半径 R_{c11} 为10mm的第一凹陷包层的沉积管,在例子1、4和5中得到了外直径为83.3mm的最终预制件;在例子2中得到了外直径为90.6mm的最终预制件;并且在例子3中得到了直径为131.6mm的最终预制件。作为对比,当沉积管作为外包层的一部分而被保留时(比较例),得到了外直径为30.5mm的最终预制件,并且当沉积管是向下掺杂管且在不存在任意其它凹陷包层的情况下使用时,在径向收拢之后得到凹陷包层的端部的半径为12.5mm(相当于光纤上的 $40\mu\text{m}$),由此得到了外直径为39mm的最终预制件。因此,本发明的光纤能够以最小的成本进行制造。实际上,在本发明的光纤的设定分布的情况下,在沉积管内部沉积得到的凹陷包层的宽度(R_{c11})可以被设置得更小。

[0094] 应当注意的是,本发明并不限于作为例子所说明的实施例。特别地,附图中的设定分布是作为例子的方式给出的,并且所说明的制造方法不是限制性的。

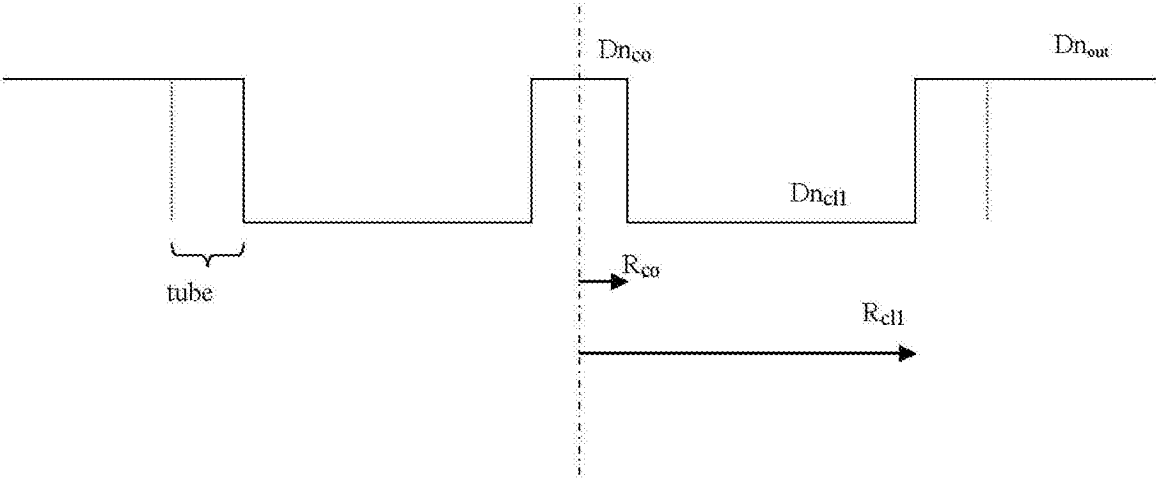


图1

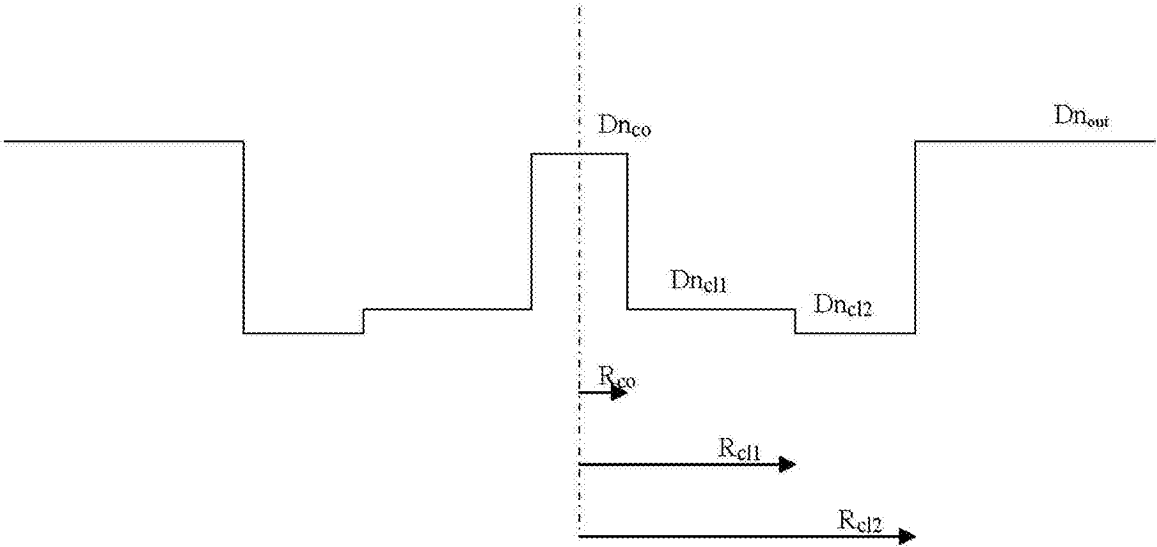


图2

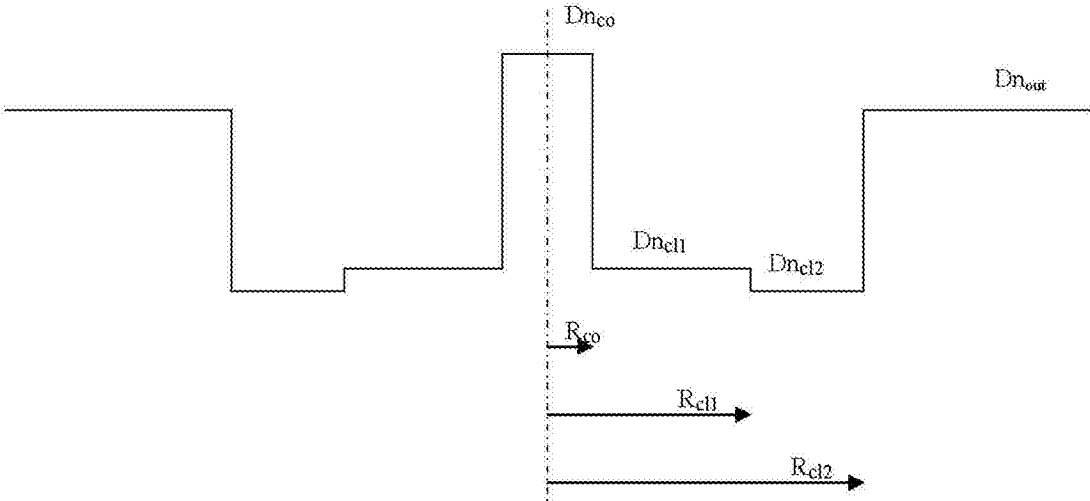


图3

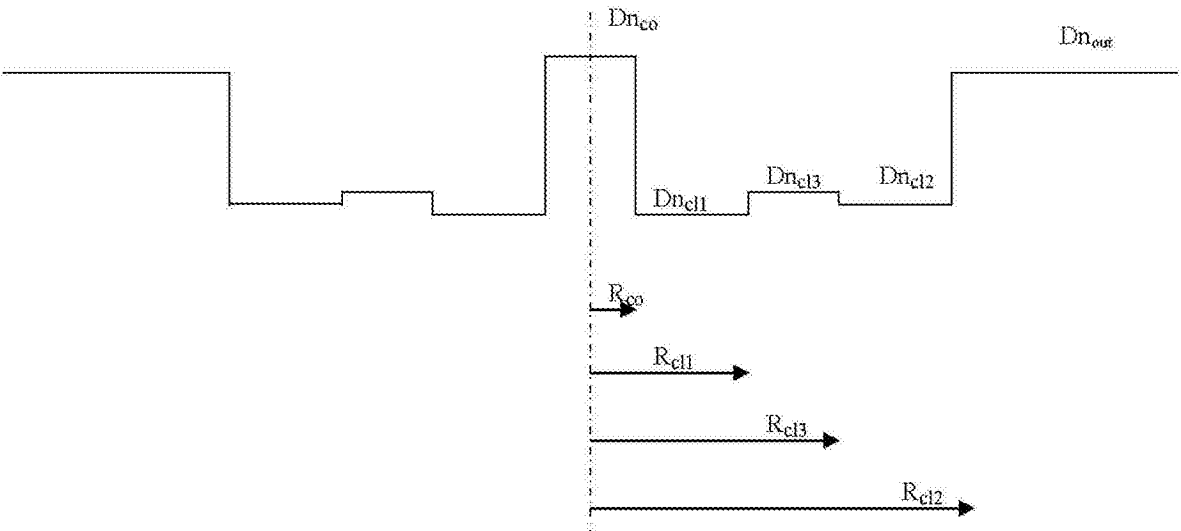


图4