

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 6/16

G02B 6/22

H04B 10/18



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02824500.8

[43] 公开日 2005 年 3 月 30 日

[11] 公开号 CN 1602435A

[22] 申请日 2002.11.8 [21] 申请号 02824500.8

[30] 优先权

[32] 2001.12.11 [33] US [31] 10/014,781

[86] 国际申请 PCT/US2002/035859 2002.11.8

[87] 国际公布 WO2003/050577 英 2003.6.19

[85] 进入国家阶段日期 2004.6.8

[71] 申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 J·E·卡普伦

J·-P·J·德杉德罗

M·-J·李 D·A·诺兰

V·斯里坎特 K·L·豪斯

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

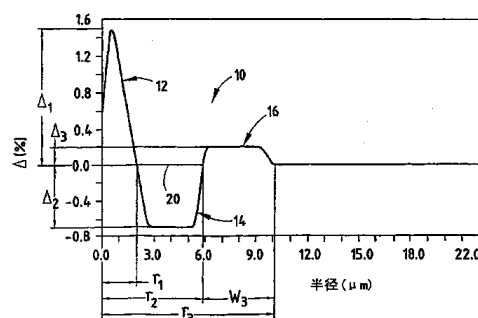
代理人 李家麟

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称 单模色散补偿的光纤

[57] 摘要

单模色散和色散斜率补偿光纤(10)包括中央纤芯区段(12), 凹下沟区段(14), 环形圆环区段(16), 和包层(18)。要选择光纤各区段具有的相对折射率, 以提供在约 1530nm 到约 1620nm 波长范围内的负色散, 在约 1530nm 到约 1620nm 波长范围内的负色散斜率, 在波长约 1550nm 时、被定义为色散对色散斜率值之比的 K 值在 40 到约 60 的范围内, 以及光纤截止波长小于约 1650nm, 更佳的是小于 1550nm。



1、一种色散和色散斜率补偿光纤，其特征在于，包括：

中央纤芯区段，具有相对折射率；

凹下沟区段，在该中央纤芯区段的周围，且具有小于该中央纤芯区段相对折射率的相对折射率；

环形圆环区段，在凹下沟区段的周围，且具有小于该中央纤芯区段的相对折射率而又大于凹下沟区段的相对折射率的相对折射率；以及

包层，在环形圆环区段的周围，且具有小于环形圆环区段的相对折射率而又大于凹下沟区段的相对折射率的相对折射率；

而选择其中的诸折射率以提供：

在从约 1530nm 到约 1620nm 的波长范围内的负色散；

在从约 1530nm 到约 1620nm 的波长范围内的负色散斜率；

在波长约为 1550nm 时的 K 值在约 40 到 60 的范围内；以及

小于约 1650nm 的光纤截止波长。

2、根据权利要求 1 所述光纤，其特征在于，其中还要选择诸相对折射率以提供在从约 1525nm 到约 1565nm 波长范围内的色散斜率小于或等于约为 $-2.5\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$ 。

3、根据权利要求 1 所述光纤，其特征在于，其中还要选择诸相对折射率以提供在波长约为 1550nm 时的色散小于约 $-240\text{ps}/\text{nm-km}$ 到约 $-140\text{ps}/\text{nm-km}$ 的范围内。

4、根据权利要求 1 所述光纤，其特征在于，其中还要选择诸相对折射率以提供光纤截止波长在从约 1470nm 到约 1530nm 的范围内。

5、根据权利要求 1 所述光纤，其特征在于，其中还要选择诸相对折射率以提供光纤截止波长小于约 1450nm。

6、根据权利要求 1 所述光纤，其特征在于，其中中央纤芯区段的相对折射率在从约 1.40%到约 2.40%。

7、根据权利要求 6 所述光纤，其特征在于，其中凹下沟区段的相对折射率小于约 -0.65%。

8、根据权利要求 7 所述光纤，其特征在于，其中凹下沟区段的相对折射

率在从约-1.20%到约-0.70%的范围内。

9、根据权利要求1所述光纤，其特征在于，其中该中央纤芯区段具有约2.2 μm 到约2.8 μm 范围内的外半径。

10、根据权利要求9所述光纤，其特征在于，其中该凹下沟区段具有从约3.5 μm 到约6.0 μm 范围内的外半径。

11、根据权利要求1所述光纤，其特征在于，其中该中央纤芯区段的外半径对该凹下沟区段的外半径之比在从约0.44到约0.55的范围内。

12、根据权利要求1所述光纤，其特征在于，其中该中央纤芯区段具有约从2.2 μm 到约2.8 μm 范围内的外半径，且该中央纤芯区段的相对折射率为约从1.4%到约2.4%，其中凹下沟区段具有约3.5 μm 到约6.0 μm 范围内的外半径，且该凹下沟区段的相对折射率小于或等于-0.65%，以及其中环形圆环区段具有从约6.0 μm 到约8.5 μm 范围内的中央半径，且宽约4.0 μm ，而相对折射率则为从约0.1%到约0.3%的范围内。

13、根据权利要求1所述光纤，其特征在于，其中还要选择诸相对折射率以提供K值小于或等于约60。

14、一种光纤通讯系统，其特征在于，包括：

光传输器，适于传输光信号；

在光通信系统中具有该传输器的传输光纤；

在光通信系统中，具有该传输光纤的色散和色散斜率补偿光纤；该光纤包括：

中央纤芯区段，具有相对折射率，

凹下沟区段，在该中央纤芯区段周围，且有小于该中央纤芯区段相对折射率的相对折射率；

环形圆环区段，在该凹下沟区段周围，且有小于该中央纤芯区段的相对折射率而又大于该凹下沟区段相对折射率的相对折射率；以及

包层，在环形圆环区段周围，且有小于该环形圆环区段的相对折射率，而又大于该凹下沟区段相对折射率的相对折射率；以及

在光通讯系统中，具有该补偿光纤的光接收器，以及其中要选择该补偿光纤的诸相对折射率以提供在补偿光纤内的：

在从约 1530nm 到约 1620nm 波长范围内的负色散；
在从约 1530nm 到约 1620nm 波长范围内的负色散斜率；
在波长约为 1550nm 时，K 值在约 40 到约 60 的范围内；以及
光纤截止波长小于约 1550nm。

单模色散补偿的光纤

技术领域

本发明涉及色散补偿光纤(DC)，更具体地说，涉及单模 DC 光纤，它特别适于在具有 K (κ) 值小于 100 的传输光纤中用于为色散作补偿。

背景技术

要以较低的成本满足正在进行的对更宽带宽的趋势，长途通讯系统的设计人员正在转向高信道计数的稠密波分复用的体系结构，较长作用范围系统和较高比特传输速率。在当系统的设计人员期望在整个信道计划准确补偿色散这种能力时，这演变使有色的补偿控制对系统的性能来说是严峻的。更准确地说，对较高比特传输速率的已增加的需要已经导致对能控制色散效应的光传输系统的大量需要。一份对普通的光传输系统的分析报告指出了当这种系统能在 10Gbit/sec 时容许 1,000ps/nm 剩余色散时，这些系统在较高的 40Gbit/sec 传输速率时仅允许约 62ps/nm 的剩余色散。所以，对如此高的比特传输速率准确地控制色散是重要的。这控制在传输速率提高时，日益变得重要起来。另外，准确控制色散的需要，特别当传输速率达到 40Gbit/sec 时，意味着也必须对传输光纤的色散斜率作补偿。

已经提出各种解决方案来获得对补偿非零色散偏移光纤(NZDSF)所需低的色散和色散斜率值，包括：光子晶体光纤，较高阶的模式色散补偿光纤，色散补偿光栅和双光纤色散补偿技术。这些解决方案中的每种方案都具与其有联系的缺点。

光子晶体光纤被设计成具有大的负色散和负的色散斜率，它们接近于用来补偿 NZDSF 所需的色散和色散斜率。不过，光子晶体光纤具有包括约 $10\mu\text{m}^2$ 的较小的作用区在内的诸缺点，它导致无法接受的高的接头损耗，因此需要采用一种渡越即分路光纤的专用设计来降低接头损耗。另外，由于正是光子晶体光纤的那个质性，即在光纤纤芯中玻璃/空气的交界面处，这与之有关的衰减，在感兴趣的传输观察孔中是无法接受的。而且，对光子晶体光纤进行大规模生产是特别困难的，所以是昂贵的。

较高阶模式(HOM)色散补偿依靠较高阶模式传播的 HOM 光纤的色散性质。已经证明象 LP_{02} 和 LP_{11} 那样较高阶模式具有比基本模式有较大负的色散和色散斜率。一般, HOM 色散补偿依靠被传输的基本模式通过模式变换器到较高阶模式之一的变换。接着, 这较高阶模式在维持该模式的 HOM 光纤中传播。经过一有限距离后, 该较高阶模式通过第二模式变换装置被变回到基本模式。伴随着 HOM 色散补偿解决方案的问题包括效率低的变换器和生产允许较高阶模式传输但阻挡耦合到基本模式的 HOM 光纤的困难。

色散补偿光栅被用于通过线性调频脉冲光栅来获得差动群延迟(differeential group delay)。已经显示出采用色散补偿光栅的技术仅能用于狭带, 因为这些技术在所需光栅长度变大时, 一般都具有色散和色散斜率脉动的缺点。

在用于 NZDSF 的双光纤色散补偿光纤的解决方案中, 色散和斜率补偿部分地被断开联系, 且在各光纤中分别予以处理。通常, 双光纤色散补偿技术包括采用后面是一色散斜率补偿光纤的色散补偿光纤。这种解决方案需使用一种补偿比较小的色散斜率的色散斜率补偿光纤。此外, 这种解决方案要受到额外的接头损耗, 因此是一种比较复杂的解决方案。

光纤的广泛仿形已导致在色散斜率, 有效面积和弯曲灵敏度之间有非常确实的相互关系。随着在一给定的光纤中增加由波长色散引起的作用, 在某些场合下, 有可能减小斜率甚至产生负的斜率。不过, 当有效面积减小时, 光纤的弯曲灵敏度提高了, 这光纤的有效面积可再增加, 但是, 通常是以弯曲灵敏度进一步降低为代价的。减小色散斜率, 或使色散斜率变负, 导致在靠近基模的截止频率处工作, 它反过来又使得光纤更弯曲灵敏, 并在波长大于 1560nm 时导致较大的信号损失。由于这些关系的结果, 要制造能有效地补偿色散和色散斜率这两者的有生命力的 DC 光纤是极度困难的。而且, 当 K (色散/色散斜率)是低的时候, 要在宽的波长带上合适地补偿色散是困难的。

至此, 有可能减少或消除色散的, 最有生命力的宽带工业用技术是 DC 光纤组件。当稠密波分复用配置增加到 16、32、40 和更多信道时, 就期待着宽带 DC 产品。而且, 当对较高比特-速率信息传输, 即大于 40Gbit/sec, 特长作用范围系统, 即系统在长度上长于 100Km, 和光网络的兴趣增加时, 即使在 NZDSF 上携带数据的网络上, 也不可避免地使用 DC 光纤。这样一种 NZDST 是 LEAF® 光纤, 它由 Corning Incorporated of Coruing, New York 制造并可从那里买

到。LEAF®光纤是正的 NZDSF，由于它特有的低色散和超过常规信号模式光纤的经济好处，它已是许多新的系统选择的光纤。

早期型式的 DC 光纤与 NZDSF 的组合有效地仅在一个波长上以出现在离开那一个波长方向的工作波长带内有效地剩余系统色散来补偿色散。不过，较高的比特速率，较长的作用范围和较宽的带宽需要更准确地补偿色散斜率。因此，DC 光纤要具有这样理想的色散特性，使得它的色散和色散斜率与需要补偿的传输光纤的色散和色散斜率相匹配。

所以，就需要开发另外的 DC 光纤，特别是具有对 NZDSF 的色散和色散斜率以及在 1550nm 周围的宽波长带上其它正色散光纤补偿的能力。

附图简述

图 1 是本发明实施的新型光波导的横截面示意图；

图 2 是本发明色散补偿光纤的波导折射率分布图；

图 3 是色散补偿光纤第一实施例的波导折射率分布图；

图 4 是色散补偿光纤第二实施例的波导折射率分布图；

图 5 是色散补偿光纤第三实施例的波导折射率分布图；

图 6 是色散补偿光纤第四实施例的波导折射率分布图；

图 7 是对 LEAF™ 光纤，色散补偿光纤和其组合的总色散的波长与色散的关系曲线图；以及

图 8 是使用本发明光波导光纤的光纤光通讯系统的示意图。

发明内容

本发明能满足对 NZDSF 的色散和色散斜率作补偿的 DC 光纤的需要。在本文揭示的 DC 光纤能实现对 NZDSF 的色散和色散斜率准确的并基本上全部补偿，其中这样一种 DC 光纤在 1550nm 处显示负的总色散和负的色散斜率这两者。

本发明一实施例是一种色散和色散斜率补偿光纤，它包括具有相对折射率的中央纤芯区段；具有相对折射率小于该中央纤芯区段的相对折射率、在这中央纤芯区段周围的凹下沟区段；具有相对折射率小于该中央纤芯区段的相对折射率而又大于该凹下沟区段的相对折射率、在这凹下沟区段周围的环形圆环区段；以及具有相对折射率小于该环形圆环区段的相对折射率而又大于该凹下沟区段的相对折射率、在这凹下沟区段周围的包层。要选择这几个区段的相对折

射率能提供：在波长约为 1530nm 到约为 1620nm 范围内的负色散；在波长约为 1530nm 到约为 1620nm 范围内负色散斜率；在波长约为 1550nm 时的 K 值从约 40 到约 60 的范围内；以及光纤的截止波长小于约 1650nm。

本发明另一实施例涉及一种色散和色散、斜率补偿光纤，它包括具有相对折射率的中央区段；具有相对折射小于该中央区段的相对折射率的环境在中央区段周围的第一圆环形区段；具有相对折射率小于该中央区段的相对折射率而又大于第一圆环形区段的相对折射率、环绕在第一圆环形区段周围的第二圆环形区段；和具有相对折射率小于第二圆环形区段的相对折射率而又大于第一圆环形区段的相对折射率、环绕在第二圆环形区段周围的包层。要选择这几个相对折射率能提供：在波长从约 1530nm 到约 1620nm 范围内的负色散；在波长从约 1530nm 到约 1620nm 范围内的负色散斜率；在波长约为 1550nm 处的 K 值小于或等于约 100；以及光纤的截止波长小于约 1550nm。

本发明还包括使用根据上述实施例的色散和色散斜率补偿光纤的光通讯系统。

本发明采用单波导光纤来准确地并完全补偿色散和色散斜率，从而消除对高成本材料和部件和/或需要使用制造困难和价贵，且又对显著的信号损耗有影响的补偿光纤的需要。

在随后的详细描述中将陈述本发明的另一些特性和优点，对在本领域中的技术人员从正如随后的、与权利要求和附图结合在一起的描述中所描述的那样，从通过对本发明实践的描述或认识将会是显而易见的。

应知道，前面的描述仅是本发明的示范例子，而是企图对理解本发明的本质和特性提供正如在权利要求书中所规定的概述。附图被包括来提供对本发明的进一步理解，并被结合成为本说明书的一个部分。附图说明了各种特性，而本发明的实施例连同它们的描述一起用来解释本发明的原理与操作。

具体实施方式

为了在本文描述起见，要知道本发明可假设各种可替换的倾向性和步骤次序，除了有明显规定的相反意思的地方之外。还应知道在附图中说明的专用装置和工艺方法，和在下面的说明书中所描述的是在所附权利要求中限定的本发明概念的示范性实施例。因此，涉及在本文揭示的实施例的专用尺寸和其它物理特性不应认为是限制的，除非权利要求有明显的其它说明。

定义

下面的定义和术语是在本领域中通常使用的。

-纤芯区段的半径是根据制成该区段材料的折射率来定义的。一特定的区段具有第一和最后的折射率点。中央区段具有为零的内半径，因为该区段的第一点是在中心线上。中央区段的外半径是从波导中心线画到该中央区段折射率最后点的半径。对于具有离开中央线第一点的区段来说，从波导中央线到它第一折射率点的位置的半径是该区段的内半径。同样，从波导中央线到该区段最后折射率点的位置的半径是该区段的外半径。区段的半径可用几种方法来方便地定义。在本申请中，根据在下面描述的附图来定义半径。

-在本文所用的区段相对折射率 $\Delta\%$ ，由下面的出式来定义：

$$\Delta\% = 100 \frac{n_i^2 - n_c^2}{2n_c^2}$$

此处， n_i 是由*i*表示的区段折射率分布的最大折射率，而 n_c ，这参照折射率，是被取为包层的最小折射率。在区段中的每一点具有相关的相对折射率。这最大相对折射率用来方便地表征出其一般形状是已知的区段特性。

-术语折射率分布是在 $\Delta\%$ 或折射率和在纤芯的已选区段上的半径之间的关系。

-波导光纤的弯曲损耗被表示为在规定的测试条件下被引起的衰减。在本文作参照的弯曲测试是用来把波导光纤的相对阻力与弯曲作比较。为完成这测试，把长度长于1Km、根据本发明的一DC光纤，没有任何张力地绕在直径为6英吋的芯轴上。于是用标准的光学时畴反射仪(OTDR)在波长为1550nm测量该DC光纤的衰减。

-有效面积通常被定义为：

$$A_{\text{eff}} = 2\pi (\int E^2 r dr)^2 / (\int E^4 r dr),$$

其中积分限为零到 ∞ ，而E是与传播光相联系的电场。

-在传输光纤和对该传输光纤的色散作完全补偿的色散补偿光纤之间的关系，按照下面的一般公式：

$$D_{\text{DC}}(\lambda) L_{\text{DC}} = -D_{\text{T}}(\lambda) L_{\text{T}},$$

其中 $D_{\text{DC}}(\lambda)$ 是色散补偿光纤的色散， L_{DC} 是该色散补偿光纤的长度， $D_{\text{T}}(\lambda)$ 是传输光纤的色散， λ 是在光传输带中的一个波长，而 L_{T} 是传输光纤的长度。

-在传输线中光纤的 K 所要的关系如下:

$$K_{DC}(\lambda) = \frac{D_{DC}}{S_{DC}} = K_T(\lambda) = \frac{D_T}{S_T}$$

其中 $K_{DC}(\lambda)$ 是在一特定波长对色散补偿光纤的 K 值, D_{DC} 是对色散补偿光纤的色散, S_{DC} 是对色散补偿光纤的色散斜率, $K_T(\lambda)$ 是对传输光纤在同一波长的 K 值, D_T 是对传输光纤的色散, 而 S_T 则是对传输光纤的色散斜率。

在本文描述和揭示的色散和色散斜率补偿光纤一般具有分段的纤芯。各区段是用折射率分布, 相对折射率百分比, $\Delta i\%$, 和一外侧半径, r 来描述的。在 Δ 和 r 上的脚标 i 是指一特定的区段。从包括波导长轴中央线的最内区段开始对区段用数字 1-n 来标记。具有折射率 n_c 的包层围绕在纤芯周围。

要选择 DC 光纤各区段的半径, 相对折射率反分比, 和折射率分布使能提供: 在从约 1530nm 到约 1620nm 的波长范围内的负色散; 在从约 1530nm 到约 1620nm 的波长范围内的负色散斜率; 在约为 1550nm 的波长时, 从约 40 到约 60 范围内的 K 值; 以及小于约 1650nm 光纤截止波长。

根据在本文描述和揭示的本发明 DC 光纤, 一般具有如图 1 所示的分成区段的结构。各区段由折射率分布, 相对折射率百分比 Δi , 和外半径 r_i 来描述。对 r 和 Δ 的脚标 i 对应于一特定区段。诸区段从最内部包含波导纵向轴中央线的区段开始用数字标以 r_i 直到 r_c 。具有折射率为 n_c 的一包层环绕在光波导光纤的周围。在这图示的示例中, 光波导补偿光纤 10 包括具有外半径为 r_i 的纤芯区段 12, 具有外半径为 r_2 的凹下沟区段 14, 具有外半径为 r_3 和宽度为 W_3 的环形圆环区段 16, 以及具有外半径为 r_c 的包层 18。

补偿光纤 10 的相对折射率分布的一般表示示于图 2, 它示出以图表表示的相对折射率对补偿光纤半径的曲线关系。虽图 2 只示出三个分主的区段, 但要知道, 有可能要形成具有多于三个区段的光波导补偿光纤才能符合功能上的需要。不过, 具有较少区段的实施例通常是易于制作, 所以是乐于选择的。而且, 光纤 10 可能通过多种方法来构筑, 其中包括, 但决不限于, 气相轴向沉积 (VAD), 改良的化学气相沉积 (MCVD) 和外气相沉积 (OVD)

较佳的是, 区段和 12 和 16 是用掺锗的 S_iO_2 形成的, 虽其它形式的折射率提高也可使用掺杂剂以获得在本文揭示的光纤, 只要获得同样的通用折射率分布。同样, 区段 14 较佳的是用掺氟的 S_iO_2 , 不过, 其它折射率降低, 也可使用除氟以外的掺杂剂。包层 18 较佳的是由纯硅石形成, 不过, 也能包括折射率

增加或下降的掺杂剂,只要在 Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 和 Δ_c 之间的关系保持在图2所示的折射率分布之内。另外,在分布10之内呈现正相对折射率的区段可包括作为其中共掺杂剂的氟,从而压缩在有关光纤区段中最后的含水量并在其中减少含水量。

纤芯区段12具有的相对折射率30, Δ_1 ,是在从约1.45%到约2.35%的范围内,更佳的是从约1.50%到约1.80%,而最佳的是从1.50%到约1.60%之内。纤芯区段12还具有外半径40, r_1 ,是在从约2.2 μm 到约2.8 μm 的范围内,更佳的是在从约2.5 μm 到约2.7 μm 的范围内,而最佳的是在从约2.61 μm 到约2.7 μm 的范围内,而最佳的是在从约2.61 μm 到约2.64 μm 的范围内。纤芯区段12的外半径40, r_1 ,也是沟区段14的内半径。所以,纤芯区段12的外半径40, r_1 ,是纤芯区段12和沟区段14的相交处。在这场合下,这相交点被定义为纤芯区段12的折射率分布下降部分与水平轴20的相交点,其中水平轴20被定义为经过由未掺杂 SiO_2 形成的包层18的轴,即相对折射率 $\Delta=0\%$ 。

沟区段14具有一小于或等于约-0.65%的相对折射率32, Δ_2 ,更佳的是在从-1.20%到约-0.70%的范围内,而最佳的是在从约-0.80%到约-0.70%的范围内。沟区段14具有外半径42, r_2 在从约3.5 μm 到约6.0 μm 的范围内,更佳的是在从约4.8 μm 到约5.9 μm 的范围内,而最佳的是在从约5.5 μm 到约5.9 μm 的范围内。沟区段14的外半径42, r_2 也是圆环区段16的内半径。所以,沟区段14的外半径 r_2 ,是沟区段14和圆环区段16的相交处。在这场合下,该相交点被定义为沟区段14的折射率分布的上升部分与如上所定义的水平轴20的相交处。在所示的示例中,光纤10具有纤芯区段12的外径42, r_1 ,对沟区段14的外径44, r_2 ,的比率是在从约0.30到约0.56的范围内,更佳的是在约0.44到约0.55的范围内,而最佳的是从约0.44到约0.48的范围内。

圆环区段16具有相对折射率34, Δ_3 ,在从约0.10%到约0.30%的范围内,更佳的是在从约0.18%到约0.20%的范围内,而最佳的是在从约0.19%到约0.20%的范围内。圆环区段16具有中央半径44, r_3 ,在从约6.0 μm 到约8.5 μm 的范围内,更佳的是在从约6.5 μm 到约7.7 μm 的范围内,而最佳的是在从约7.3 μm 到约7.4 μm 的范围内。对于具有多于一个环形区段的分布,诸如在图2中图示的示例,最外面的环形区段,诸如圆环区段16,是由宽度来表示其特征的。圆环区段16具有约为4.0 μm 的宽度46。在这图示的示例中,宽度46是由沟区段14的分布上升部分与如在上面所定义的水平轴20的相交点和圆环区段

16 分布的下降部分与如在上面所义的水平轴 20 的相交点之间的距离来定义的。应注意圆环区段 16 的相对折射率, Δ_3 , 和半径, r_3 , 可比在纤芯中和沟区段 14 中变动更多。例如, 可用一较短和较宽的圆环区段 16 来代替较高的和较窄的圆环区段 16 来获得呈现根据本发明所要性质的光纤。

要选择光纤 10 总分布各区段的半径, 相对折射率, 和折射率分布能在波长约 1550nm 时提供下面的光学性质: 负的总色散, 更佳的色散是在 -140ps/nm-km 到约 -240ps/nm-km 之间, 而最佳的色散是在 -140ps/nm-km 到约 -240ps/nm-km 的范围内; 负的色散斜率, 而更佳的色散斜率是小于或等于约 -2.5ps/nm²; K 值为小于或等于约 100, 更佳的是小于或等于约 60, 而最佳的是在从约 40 到约 60 的范围内; 小于 1650nm 的光纤截止波长, 更佳的是小于 1550nm, 愈加更佳的是在从 1470nm 到约 1530nm 的范围内, 愈加更佳的是小于或等于约 1550nm, 而最佳的是小于或等于 1450nm; 以及大于或等于 8 μm^2 的有效面积, 更佳的是大于或等于 15 μm^2 , 而最佳的是大于或等于 18 μm^2 。

示例

本发明通过下面的示例将进一步说明哪个是本发明说明性的和示范性的示例。

在示例 1 中, 如表 1 所列并在图 3 中说明的一具有折射率分布的光纤包括具有峰相对折射率, Δ_1 , 为 1.51% 和外半径, r_1 , 为 2.62 μm 的纤芯区 12; 具有相对折射率, Δ_2 , 为约 -0.70% 和外半径, r_2 , 约为 5.90 μm 的沟区段 14; 以及具有相对折射率, Δ_3 约为 0.19% 和宽度 W_3 约为 4.0 μm 的圆环区段 16。上升折射率的区段 12 和 16 是用掺锗来形成的, 而降低折射率的区段 14 则是用掺氟来形成的。包层 18 包括来掺杂的硅石, 并具有外半径约为 6.25 μm 。示例 1 的光纤在波长约 1550nm 时呈现出色散为 -148ps/nm-km, 在波长约 1550nm 时色散斜率为 3.02ps/nm²-km, 以及在波长约 1550nm 时 K 值约为 49。示例 1 的光纤还呈现出截止波长约为 1637nm, 零色散波长约为 1501nm, 以及在波长约 1550nm 时的有效面积约为 18.6 μm^2 。

根据本发明色散和色散斜率补偿光纤的另外一些示例列于表 1, 且对应于力 3-6。

表 1

	例 1	例 2	例 3	例 4
对应附图	3	4	5	6
Δ_1 (%)	1.92	2.00	2.32	2.32
r_1 (μm)	2.62	2.63	2.63	1.29
Δ_2 (%)	-0.70	-0.80	-1.20	-1.20
r_2 (μm)	5.90	5.50	4.80	3.80
Δ_3 (%)	0.19	0.20	0.18	0.18
r_3 (μm)	7.70	7.34	6.50	6.50
圆环宽度 (μm)	4.00	4.00	4.00	4.00
在 1550nm 时的色散 (PS/nm-km)	-148	-191	-194	-174
在 1550nm 时的色散余率 (PS/nm ² -km)	-3.02	-3.82	-3.88	-3.63
在 1550nm 时的 K 值	49	50	50	48
光纤截止波长 (nm)	1637	1648	1606	1618
零色散波长 (nm)	1501	1500	1500	1502
在 1550nm 时的有效面积 (μm^2)	18.6	18.64	15.00	9.63
在 1550nm 时的弯曲损耗 (dB/km)	0.011	0.013	0.006	0.0003

在此所列诸例中的光纤都是采用等离子体化学气相沉积车床用约为 10 毫的低压等离子体首先通过把掺氟的色层沉积到 SiO_2 的基底管内。当反应气体，即 SiCl_4 ， O_2 和 C_2F_6 被引入管内时，通过沿该管以约 15cm/s 的速率横移微波头敷料器来获得沉积。然后沉积 GeO_2 纤芯而通过 H_2/O_2 喷枪化学气相沉积的主要优点是在几乎没有或没有可移动物质，即锗和氟的迁移的情况下来沉积玻璃的固结层。

图 7 示出耦合列于表 1 的约 4km 的光纤的色散补偿光纤代表的跨度为 100km 的 LEAF® 光纤的剩余色散 (由 Corning Incorporated of Corning, New York

制造并销售)。准确地说,在图 7 中的关于色散对波长的曲线关系包括用图表示曲线的 LEAF®100 的 100Rm 色散,本发明的色散补偿光纤 102 的 4km 的百分率和对组合 104 的总色散,该图指出在波长从约 1530nm 到约 1600nm 范围内的色散是在从约 40ps/nm-km 到约 60ps/nm-km 的范围内。而且,图 7 的曲线图指出在 C-波段和 L-波段这两个波长范围上,用单一的补偿光纤的色散补偿。

一种根据本发明制作的色散和色散斜率补偿光波导光纤 10,可用于光纤通讯系统 52,如图 8 所示。系统 52 包括适于按箭头 56 所指方向,通过光波导传输光纤即在光通讯中具有传输器 54 的补偿光纤 58 传输光信号的传输器 54。系统 52 还包括在光通讯中具有传输光纤 58 的色散和色散斜率补偿光纤 110 和适于接收光信号 56 的光接收器 60。可在系统 52 中以在一盒子中的线圈绕组形式,或在本领域中已知的任何其它形式或包装来使用光纤 10。在大多数系统中,传输光纤 58 和补偿光纤 10 它们各自的两个端点都可以双向传输信号,而传输器 54 和接收器 60 仅作为说明而示出。

本领域中的技术人员会明白,在不违背如所附权利要求书中规定的本发明的精神实质和范围,可对在本文中描述的本发明的较佳实施例作出各种修改。因此,意图是,使本发明覆盖本发明的修改和变化,只要它们包括在所附权利要求书和它们的等价方案的范围之内。

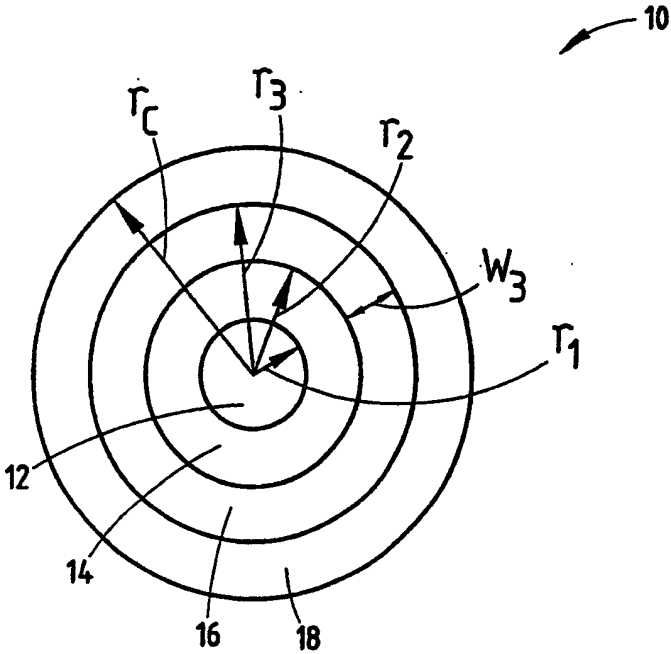


图 1

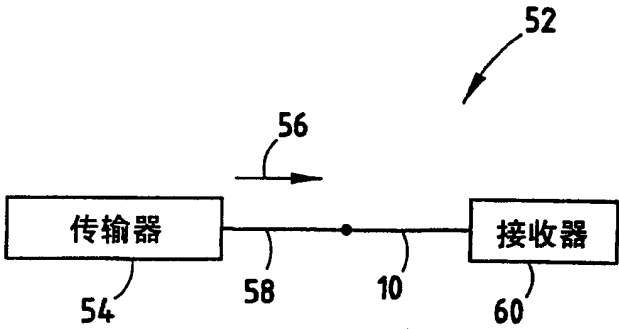


图 8

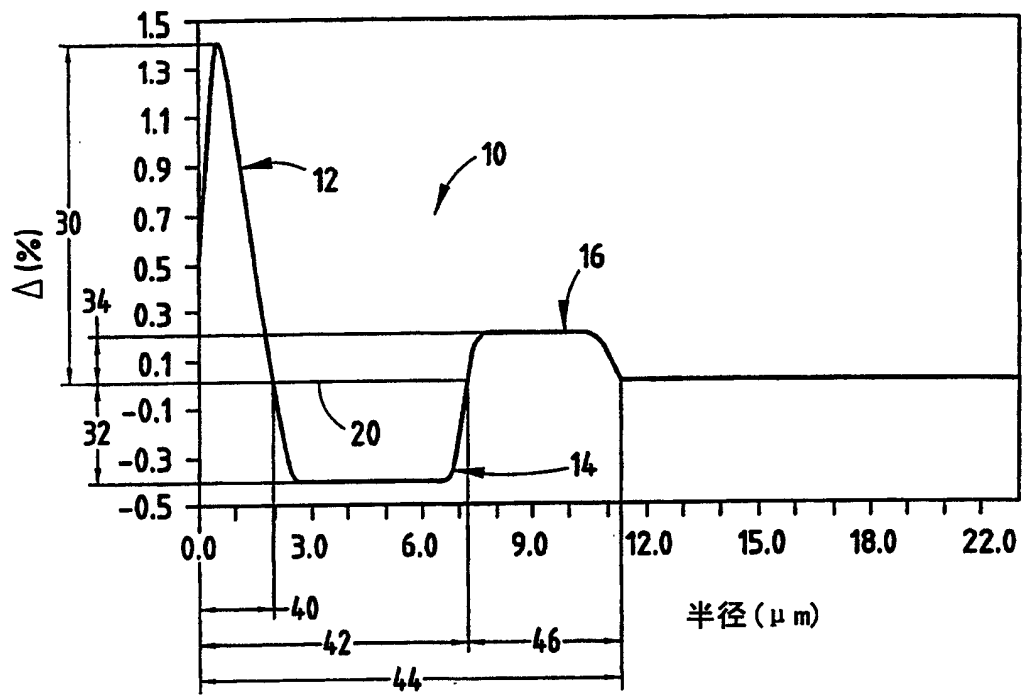


图 2

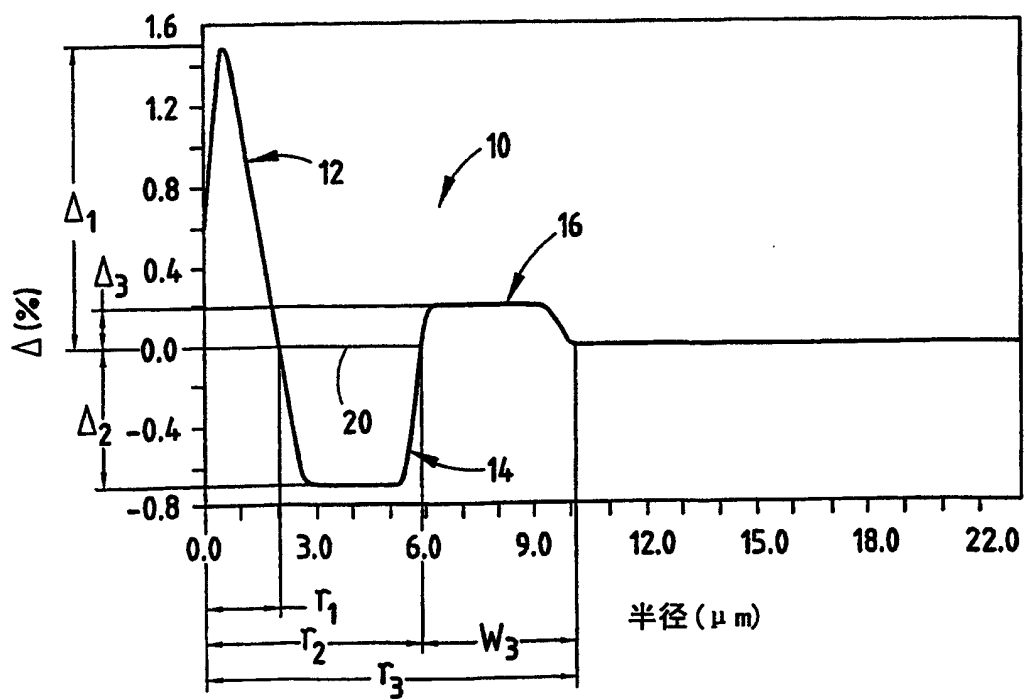


图 3

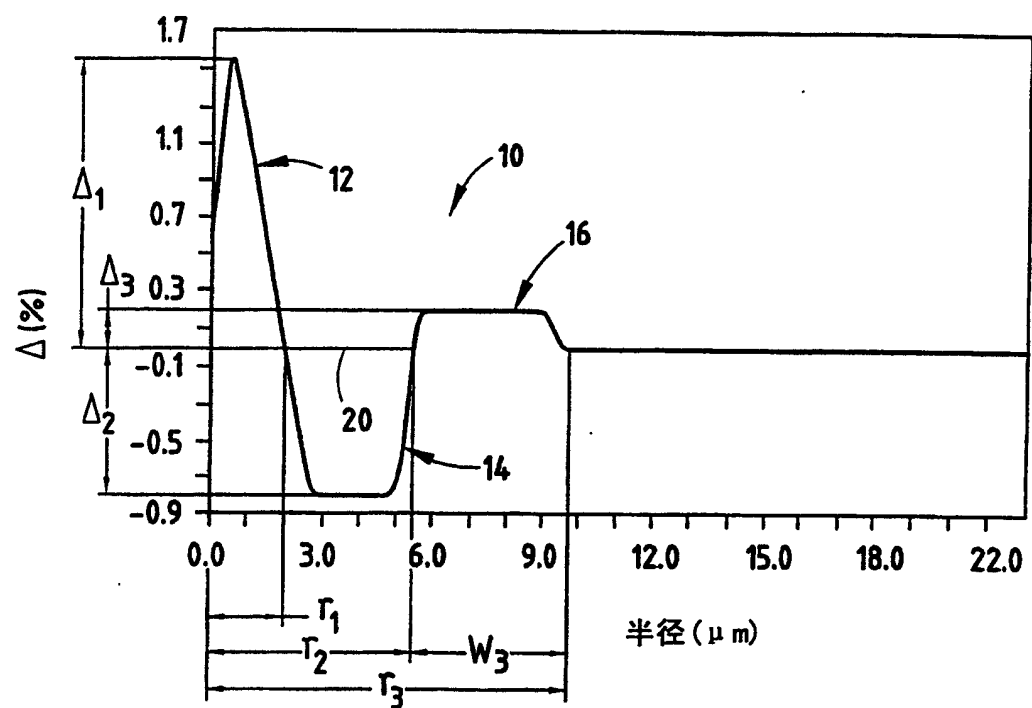


图 4

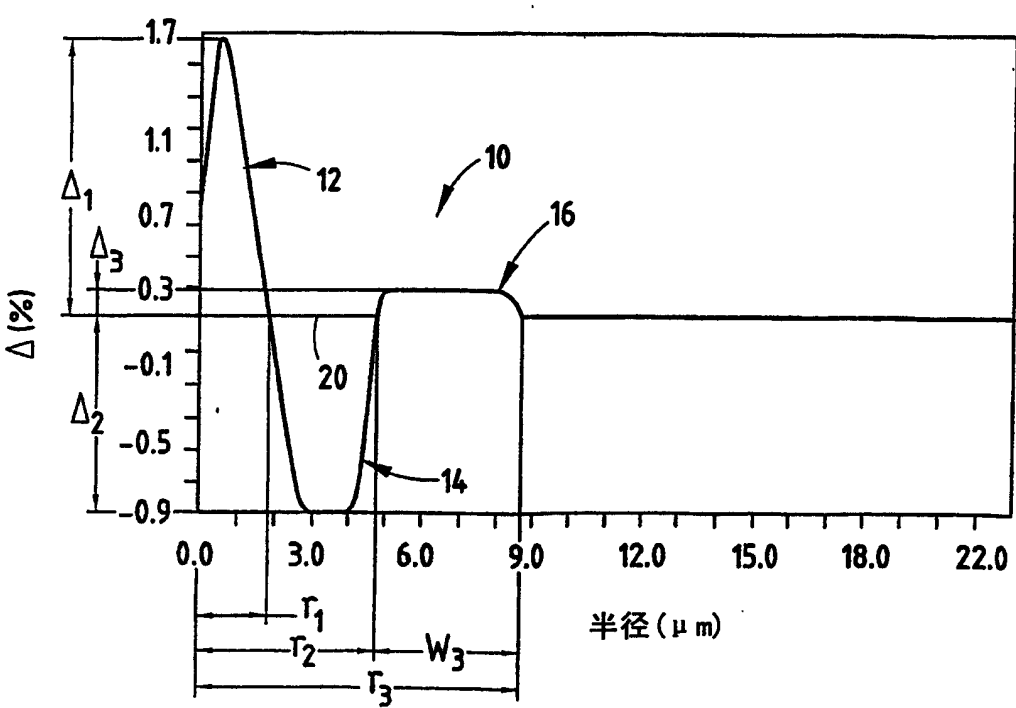


图 5

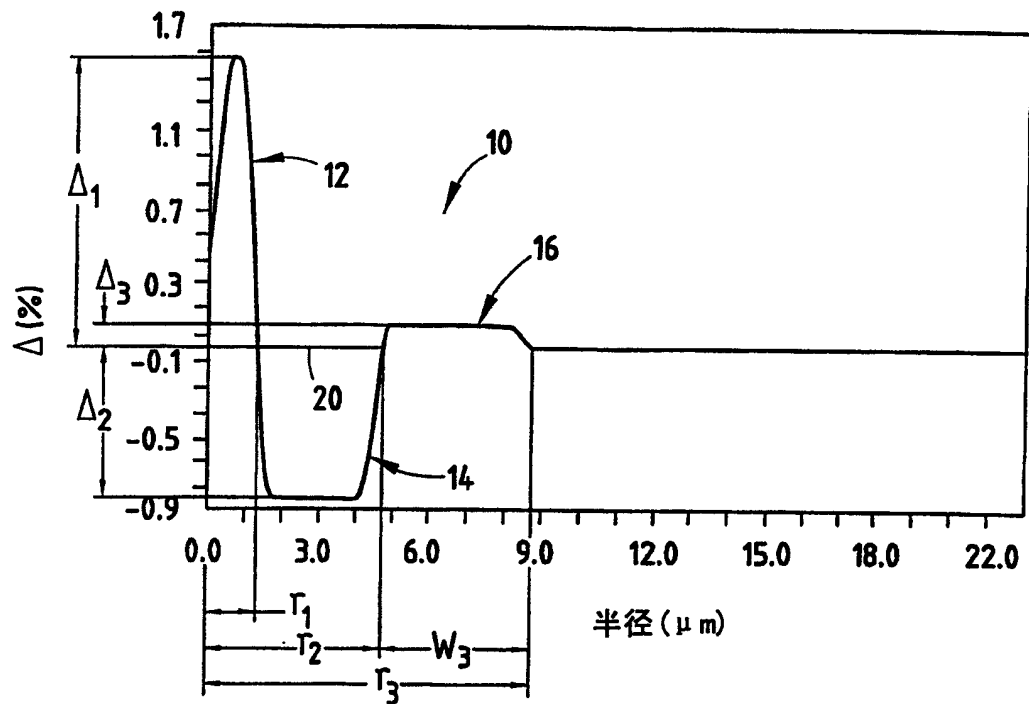


图 6

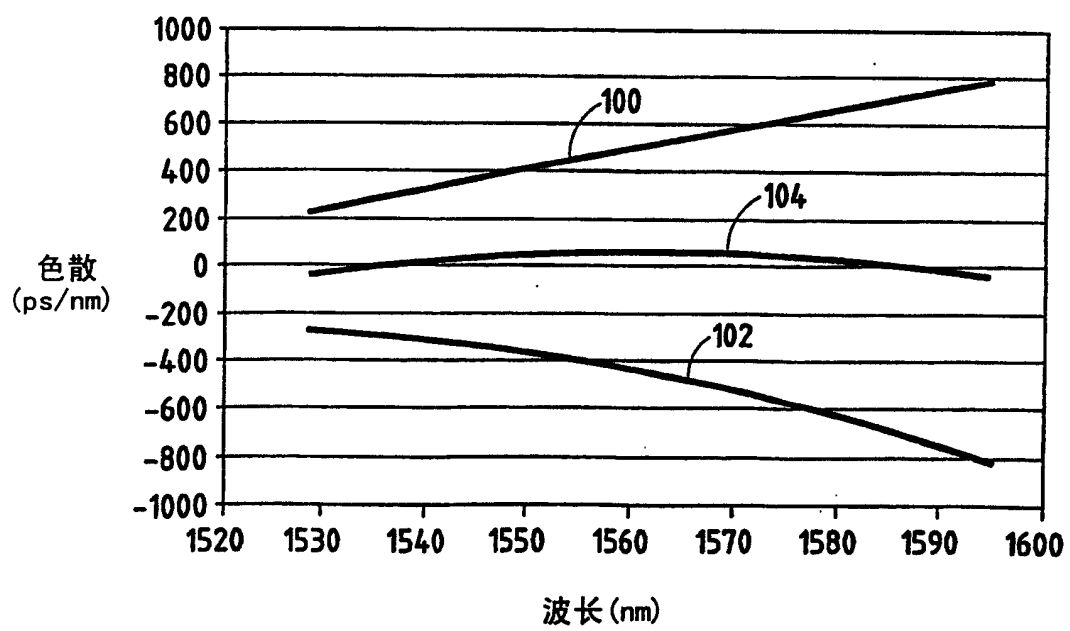


图 7