



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101997609 A

(43) 申请公布日 2011.03.30

(21) 申请号 201010250351.X

(22) 申请日 2010.08.06

(30) 优先权数据

2009-183666 2009.08.06 JP

(71) 申请人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 屈冈英资 桑原一也

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 何立波 张天舒

(51) Int. Cl.

H04B 10/12 (2006.01)

G02B 6/02 (2006.01)

G02B 6/036 (2006.01)

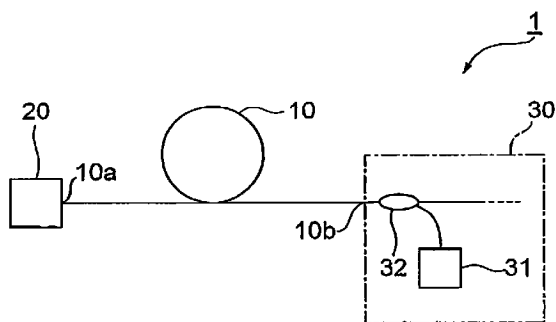
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

光通信系统

(57) 摘要

本发明涉及一种光通信系统，其可以在抑制分布式拉曼放大用的激励光功率增大的同时改善 OSNR。在该光通信系统中，将光纤架设在发送站点（或中继站点）和接收站点（或中继站点）之间的传输区间中，利用光纤从发送站点向接收站点传输光信号。在该光通信系统中，将从设置在接收站点中的激励光源输出的拉曼放大用的激励光，经过光耦合器向光纤供给，在光纤中对光信号进行分布式拉曼放大。波长 1550nm 下的光纤的传输损耗及有效截面积满足规定的关系。



1. 一种光通信系统,其经由架设在规定传输区间中的光纤而传输光信号,并且在所述光纤中对所述光信号进行分布式拉曼放大,其中,

波长 1550nm 下的所述光纤的传输损耗 α (dB/km) 以及有效截面积 A_{eff} (μm^2) 满足下述关系:

$$\alpha \cong -0.001 \cdot A_{\text{eff}} + 0.27$$

$$0.13 \leq \alpha \leq 0.15$$

$$A_{\text{eff}} \geq 120.$$

2. 根据权利要求 1 所述的光通信系统,其中,

所述光纤包含:中心纤芯,其沿规定轴延伸;以及包层,其包围所述中心纤芯的外周,具有与所述中心纤芯的折射率相比较低的折射率,

所述光纤的所述中心纤芯由纯石英玻璃构成,或者由通过在纯石英玻璃中添加大于或等于 1mol% 而小于或等于 10mol% 的 P_2O_5 、小于 2000molppm 的 Cl、大于或等于 2000molppm 而小于或等于 10000molppm 的 F、以及大于或等于 1molppm 而小于或等于 10000molppm 的 A_2O 中的至少一种而得到的石英玻璃构成,其中, A 为碱金属元素。

3. 根据权利要求 2 所述的光通信系统,其中,

所述光纤的所述包层包括:第 1 包层,其包围所述中心纤芯的外周;第 2 包层,其包围所述第 1 包层的外周;以及第 3 包层,其包围所述第 2 包层的外周,

在所述中心纤芯、所述第 1 包层、所述第 2 包层以及所述第 3 包层中,所述中心纤芯的折射率最高,所述第 2 包层的折射率最低。

4. 根据权利要求 3 所述的光通信系统,其中,

所述光纤的所述第 2 包层由下述材料中的任一种构成,即:添加了与所述第 1 包层及所述第 3 包层各自中的 F 元素添加量相比更多的 F 元素的石英玻璃;以及形成有沿光纤轴向延伸的多个空孔的石英玻璃。

5. 根据权利要求 1 所述的光通信系统,其中,

所述光纤包含:中心纤芯,其沿规定轴延伸;第 1 包层,其包围所述中心纤芯的外周;第 2 包层,其包围所述第 1 包层的外周;以及第 3 包层,其包围所述第 2 包层的外周,

在所述中心纤芯、所述第 1 包层、所述第 2 包层以及所述第 3 包层中,所述中心纤芯的折射率最高,所述第 2 包层的折射率最低。

6. 根据权利要求 5 所述的光通信系统,其中,

所述光纤的所述第 2 包层由下述材料中的任一种构成,即:添加了与所述第 1 包层及所述第 3 包层各自中的 F 元素添加量相比更多的 F 元素的石英玻璃;以及形成有沿光纤轴向延伸的多个空孔的石英玻璃。

7. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的光通信系统,其中,

该光通信系统含有利用大于或等于 4 值的多值调制而输出光信号的构造。

光通信系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种经由架设在传输区间中的光纤传输光信号的光通信系统。

背景技术

[0002] 在经由架设在传输区间中的光纤传输光信号的光通信系统中,期望光 SN 比(OSNR)较大,以延长传输区间并削减中继站点的个数,并且传输大容量的信息。另外,期望光纤的传输损耗较小,以增大 OSNR,而且期望光纤的有效截面积较大。

[0003] 在“Jianjun Yu, et al, ECOC 2008, Th. 3. E. 2”(文献 1)中,示出了使用波长 1550nm 下的平均损耗为 0.169dB/km 且长度为 662km 的“コーニング社”制光纤 SMF-28ULL,通过 8PSK 调制而进行 114Gbps×161 波长、总传输容量为 17Tbps 的传输的实验结果。

[0004] 在“コーニング社製光ファイバ SMF-28ULL カタログ”(2008.8 版)(文献 2)中,记载了“コーニング社”制光纤 SMF-28ULL 的波长为 1550nm 时的模场直径的中心值为 10.7 μm 的内容。如果假设为高斯型场分布,则该光纤 SMF-28ULL 的有效截面积为 90 μm^2 。

[0005] 在“G.Charlet, et al, ECOC 2008, Th. 3. E. 3”(文献 3)中示出了如下实验结果,即,使用损耗为 0.184dB/km 且有效截面积为 120 μm^2 的光纤,通过 BPSK 调制实现 40Gbps×81 波长、总传输容量为 3.2Tbps 的传输,在光纤长度为 640km 的环路中循环 18 周而使传输距离达到 11520km。

[0006] 在“K.Nagayama, et al, Electronics Letters 26th Sep. 2002, Vol. 38, No. 20”(文献 4)中,示出了波长 1550nm 下的传输损耗为 0.15dB/km 且有效截面积为 118 μm^2 的光纤。

[0007] 另外,在美国专利申请公开第 2008/0279515 号公报(文献 5)中,示出了波长 1550nm 下的传输损耗为 0.16dB/km 且有效截面积为 208 μm^2 的光纤。

[0008] 另外,在光通信系统中,为了在由架设于传输区间中的光纤传播光信号的期间内,对该光信号所遭受的损耗进行补偿,而将该光信号通过光放大器进行放大。从光放大器的噪声指数(NF)的角度出发,优选在架设于传输区间中的光纤中,对该光信号进行分布式拉曼放大。

发明内容

[0009] 发明人对现有的光通信系统进行研究,结果发现下述课题。即,在现有的光通信系统中,通常如果增大用作传输介质的光纤的有效截面积,则可以使向该光纤输入的输入功率增大,其结果是,可以改善 OSNR。但是,另一方面,存在下述课题,即,有效截面积的扩大引起分布式拉曼放大用的激励光功率增大。

[0010] 本发明就是为了解决上述课题而提出的,其目的在于,提供一种光通信系统,其可以在抑制分布式拉曼放大用的激励光功率增加的同时改善 OSNR。

[0011] 本发明所涉及的光通信系统具有:发送站点、1 个或大于 1 个的中继站点、接收站点、以及架设在位于发送站点(或中继站点)和接收站点(或中继站点)之间的传输区间

中的光纤。即,在发送站点和接收站点之间、发送站点和中继站点之间、中继站点之间、以及中继站点和接收站点之间的至少其中一个传输区间中所架设的光纤,传输光信号并对光信号进行分布式拉曼放大。特别地,该光纤的特征在于,波长 1550nm 下的传输损耗 α (dB/km) 及有效截面积 A_{eff} (μm^2) 满足下述关系式 (1a) ~ (1c)。

[0012]

$$\alpha \cong -0.001 \cdot A_{\text{eff}} + 0.27 \quad \dots (1a)$$

[0013] $0.13 \leq \alpha \leq 0.15 \quad \dots (1b)$

[0014] $A_{\text{eff}} \geq 120 \quad \dots (1c)$

[0015] 在本发明所涉及的光通信系统中,优选光纤作为第 1 结构而包含:中心纤芯,其沿规定轴延伸;以及包层,其包围该中心纤芯,具有与中心纤芯的折射率相比较低的折射率。在该第 1 结构中,优选该光纤的中心纤芯由纯石英玻璃构成,或者由通过在纯石英玻璃中添加大于或等于 1mol% 而小于或等于 10mol% 的 P_2O_5 、小于 2000molppm 的 Cl、大于或等于 2000molppm 而小于或等于 10000molppm 的 F、以及大于或等于 1molppm 而小于或等于 10000molppm 的 A_2O (A 为碱金属元素) 中的至少一种而得到的石英玻璃构成。此外,纯石英玻璃含有在制造时的脱水过程中添加的大于或等于 2000molppm 而小于或等于 20000molppm 的 Cl。另外,作为 A_2O 的碱金属元素,优选 Na、K、Rb、Cs。

[0016] 在本发明所涉及的光通信系统中,光纤也可以作为第 2 结构而包含:中心纤芯,其具有上述所示的构造;第 1 包层,其包围中心纤芯的外周;第 2 包层,其包围第 1 包层的外周;以及第 3 包层,其包围第 2 包层的外周。对于上述中心纤芯及第 1 ~ 第 3 包层的折射率,优选中心纤芯的折射率最高,第 2 包层的折射率最低。另外,优选光纤的第 2 包层由添加了与第 1 包层及第 3 包层各自中的 F 元素添加量(包含在没有添加 F 元素的情况下 F 元素添加量为 0) 相比更多的 F 元素的石英玻璃构成,或者由形成有沿光纤轴向(光轴方向)延伸的多个空孔的石英玻璃构成。

[0017] 另外,优选本发明所涉及的光通信系统包含利用大于或等于 4 值的多值调制方式(例如 QPSK 或 16-QAM 等) 传输光信号的构造。

附图说明

[0018] 图 1 是表示本发明所涉及的光通信系统的一个实施方式的结构图。

[0019] 图 2 是表示波长 1550nm 下的光纤的传输损耗、有效截面积及 OSNR 之间的关系的曲线图。

[0020] 图 3 是表示波长 1550nm 下的光纤的传输损耗、有效截面积及拉曼放大用激励光功率之间的关系的曲线图。

[0021] 图 4A 表示本实施方式所涉及的光通信系统中可以使用的第 1 实施例所涉及的光纤的剖面构造,图 4B 是该光纤的折射率曲线。

[0022] 图 5A 表示本实施方式所涉及的光通信系统中可以使用的第 2 实施例所涉及的光纤(第 2 结构)的剖面构造,图 5B 是该光纤的折射率曲线。

[0023] 图 6 是表示第 2 实施例所涉及的光纤的第 3 结构的剖面图。

具体实施方式

[0024] 下面,参照图 1 ~ 3、4A ~ 5B 及 6,详细说明本发明所涉及的光通信系统的各个实施方式。此外,在附图的说明中,对于相同的要素标注相同的标号,省略重复说明。

[0025] 图 1 是表示本实施方式所涉及的光通信系统 1 的结构图。本实施方式所涉及的光通信系统 1 具有:发送站点、1 个或大于 1 个的中继站点、接收站点、以及作为传输介质的光纤 10。具有架设在位于发送站点(或中继站点)和接收站点(或中继站点)之间的传输区间中的光纤。即,如图 1 所示,光纤 10 的一端 10a 与发送站点(或中继站点)20 光学连接,另一方面,另一端 10b 与接收站点(或中继站点)30 光学连接,由此,将光纤 10 架设在发送站点(或中继站点)20 和接收站点(或中继站点)30 之间的传输区间中。光信号经由该光纤 10 从发送站点(或中继站点)20 向接收站点(或中继站点)30 传输。另外,在光通信系统 1 中,从设置在接收站点(或中继站点)30 中的激励光源 31 输出的拉曼放大用激励光,经过光耦合器 32 向光纤 10 供给。根据该结构,在光纤 10 中将光信号进行分布式拉曼放大。另外,该光通信系统 1 包含利用大于或等于 4 值的多值调制方式传输光信号的构造。在本实施方式中,例如发送站点 20 通过 QPSK 或 16-QAM 等多值调制方式将光信号向光纤 10 发送。

[0026] 通常,在上述光通信系统 1 中,作为架设在传输区间中的光纤 10,可以使用具有各种特性的光纤。例如,作为光纤 10,除了上述文献 1 ~ 5 中记载的光纤以外,还可以使用波长 1550nm 下的传输损耗为 0.20dB/km 且有效截面积为 $50 \mu\text{m}^2$ 的色散偏移光纤、波长 1550nm 下的传输损耗为 0.19dB/km 且有效截面积为 $80 \mu\text{m}^2$ 的单模光纤、波长 1550nm 下的传输损耗为 0.16dB/km 且有效截面积为 $110 \mu\text{m}^2$ 的纯石英中心纤芯光纤等。在以下的说明中,将上述色散偏移光纤作为对比例 A,将上述单模光纤作为对比例 B,另外,将上述纯石英中心纤芯光纤作为对比例 C。

[0027] 图 2 是表示波长 1550nm 下的光纤的传输损耗、有效截面积及 OSNR 之间的关系的曲线图。该曲线图在将波长 1550nm 下的传输损耗 (dB/km) 作为纵轴、将有效截面积 $A_{\text{eff}} (\mu\text{m}^2)$ 作为横轴的平面中,利用等高线表示 OSNR 改善量的分布。OSNR 改善量表示将对比例 A 所涉及的光纤的 OSNR 作为基准,基于长度为 80km 的传输区间中的传输损耗降低及自身相位调制的相位偏移量降低而示出的 OSNR 的改善量。

[0028] 图 3 是表示波长 1550nm 下的光纤的传输损耗、有效截面积及拉曼放大用激励光功率率之间的关系的曲线图。该曲线图在将波长 1550nm 下的传输损耗 (dB/km) 作为纵轴、将有效截面积 $A_{\text{eff}} (\mu\text{m}^2)$ 作为横轴的平面中,利用等高线表示拉曼放大用激励光功率率的分布。拉曼放大用激励光功率率表示为了得到下述拉曼放大增益而需要的波长 1450nm 的激励光的功率率,该拉曼放大增益为将长度为 80km 的传输区间中波长 1550nm 下的传输损耗抵消的程度。

[0029] 在上述图 2 及图 3 中,分别示出对比例 A ~ C 所涉及的光纤的位置,另外,还示出了本实施方式所涉及的光通信系统 1 中使用的光纤 10 的范围。本实施方式中的光纤 10 的波长 1550nm 下的传输损耗 α (dB/km) 及有效截面积 $A_{\text{eff}} (\mu\text{m}^2)$ 满足下述关系式 (2a) ~ (2c)。

$$[0030] \quad \alpha \doteq -0.001 \cdot A_{\text{eff}} + 0.27 \quad \cdots (2a)$$

$$[0031] \quad 0.13 \leq \alpha \leq 0.15 \quad \cdots (2b)$$

$$[0032] \quad A_{\text{eff}} \geq 120 \quad \cdots (2c)$$

[0033] 将上述光纤 10 架设在传输区间中的光通信系统 1, 与使用对比例 A ~ C 所涉及各光纤的情况相比较, 可以抑制分布式拉曼放大用的激励光功率增大 (参照图 3), 同时改善 OSNR (参照图 2)。下面, 说明上述光纤 10 的实施例。

[0034] 图 4A 及 4B 是本实施方式所涉及的光通信系统中可以使用的第 1 实施例所涉及的光纤的剖面构造及其折射率曲线。第 1 实施例所涉及的光纤 10A 如图 4A 所示, 具有: 中心纤芯 11A, 其沿规定轴 (光轴 AX) 延伸, 具有折射率 n_1 ; 以及包层 100A, 其包围中心纤芯 11A 的外周, 具有折射率 n_2 ($< n_1$)。另外, 图 4B 是沿图 4A 中的线 L1 (与光轴 AX 正交的线) 的该光纤 10A 的折射率曲线 150A。在该折射率曲线 150A 中, 区域 151A 表示中心纤芯 11A 的沿线 L1 的折射率, 区域 152A 表示包层 100A 的沿线 L1 的折射率。

[0035] 第 1 实施例所涉及的光纤的构造参数, 以得到满足上述关系式 (2a) ~ (2c) 的光学特性的方式进行选择。例如, 该第 1 实施例所涉及的光纤 10A 如上述所示, 具有: 中心纤芯 11A; 以及包层 100A, 其包围中心纤芯 11A 的外周, 并且具有与中心纤芯 11A 的折射率 n_1 相比较低的折射率 n_2 , 该光纤 10A 在波长 1550nm 下的传输损耗为 0.15dB/km 且有效截面积为 $120 \mu m^2$ 。另外, 作为构造参数的一个例子, 中心纤芯 11A 相对于包层 100A 的相对折射率差为 0.26%, 中心纤芯 11A 的直径为 $10.8 \mu m$ 。中心纤芯 11A 的假想温度为 $1300^\circ C$ 。通过控制拉丝时的冷却速度, 促使中心纤芯 11A 的玻璃构造缓慢形成, 由此可以实现该假想温度。

[0036] 根据图 2 可知, 文献 1 记载的光纤 (平均损耗 : 0.169dB/km, 有效截面积 : 根据文献 2 的记载为 $90 \mu m^2$) 及文献 3 记载的光纤 (损耗 : 0.184dB/km, 有效截面积 : $120 \mu m^2$) 的 OSNR 改善量为不足 5dB, 与此相对, 第 1 实施例的光纤的 OSNR 改善量为大约 7dB, 可以实现大于或等于 2dB 的提高。多级光放大中继系统中的接收端处的波长 1550nm 的 OSNR 由下述式 (3) 表示, 根据该式 (3) 明确可知, 提高 2dB 的 OSNR 可以将传输距离延长大约 1.6 倍。在这里, P_{in} 是每个波长通道的光纤输入光功率, NF 是光放大器的噪声指数, L_{sp} 是传输区间的损耗, N_{amp} 是光放大器的台数 (= 中继区间数 - 1)。

$$[0037] \quad OSNR = 58 + P_{in} - NF - L_{sp} - 10 \cdot \log N_{amp} \quad \cdots (3)$$

[0038] 另外, 在利用光放大中继的光通信系统中, 可以通过使用分布式拉曼放大而提高系统性能。根据图 3 可知, 文献 3 记载的光纤 (损耗 : 0.184dB/km, 有效截面积 : $120 \mu m^2$) 的拉曼放大用激励光功率与标准的单模光纤 (对比例 B 的光纤) 相比较, 需要 1.5 倍左右, 与此相对, 第 1 实施例的光纤 10A 的拉曼放大用激励光功率可以成为与对比例 B 的光纤相同程度。

[0039] 第 2 实施例所涉及的光纤的第 1 结构, 具有与上述第 1 实施例所涉及的光纤 10A (参照图 4A 及 4B) 相同的剖面构造及折射率曲线, 具有: 中心纤芯; 以及包层, 其包围中心纤芯, 具有与中心纤芯的折射率相比较低的折射率。在该第 2 实施例所涉及的光纤中, 波长 1550nm 下的传输损耗为 0.13dB/km 且有效截面积为 $140 \mu m^2$ 。另外, 例如该第 2 实施例所涉及的光纤 (第 1 结构) 的中心纤芯, 优选由纯石英玻璃构成, 或者由通过在纯石英玻璃中添加大于或等于 1mol% 而小于或等于 10mol% 的 P_2O_5 、小于 2000molppm 的 Cl、大于或等于 2000molppm 而小于或等于 10000molppm 的 F、以及大于或等于 1molppm 而小于或等于 10000molppm 的 A_2O (A 为碱金属元素) 中的至少一种而得到的石英玻璃构成。在这里, 纯石英玻璃包含在制造时的脱水过程中添加的大于或等于 2000molppm 而小于或等于 20000molppm 的 Cl。作为 A_2O 的碱金属元素, 优选 Na、K、Rb、Cs。

[0040] 另外,例如第2实施例所涉及的光纤的第2结构,具有如图5A及5B所示的剖面构造及折射率曲线。即,第2实施例所涉及的光纤10B(第2结构)如图5A所示,具有:中心纤芯11B,其沿规定轴(光轴AX)延伸,具有折射率 n_1 ;以及包层100B,其包围中心纤芯11B的外周。另外,包层100B具有:第1包层12B,其包围中心纤芯11B的外周,具有折射率 $n_2 (< n_1)$;第2包层13B,其包围第1包层12B的外周,具有折射率 $n_3 (< n_2)$;以及第3包层14B,其包围第2包层13B的外周,具有折射率 $n_2 (> n_3)$ 。另外,图5B是沿图5A中的线L2(与光轴AX正交的线)的该光纤10B的折射率曲线150B。在该折射率曲线150B中,区域151B表示中心纤芯11B的沿线L2的折射率,区域152B表示第1包层12B的沿线L2的折射率,区域153B表示第2包层13B的沿线L2的折射率,区域154B表示第3包层14B的沿线L2的折射率。

[0041] 如图5A及5B所示,对于光纤10B中的各个区域的折射率,中心纤芯11B的折射率 n_1 最高,第2包层13B的折射率 n_3 最低。虽然在第1~第3包层12B~14B中分别添加有F元素,但第2包层13B由添加了与第1包层12B及第3包层14B各自中的F元素添加量相比较多的F元素的石英玻璃构成。或者,第2包层13B也优选由形成有沿光纤轴向(光轴AX)延伸的多个空孔的石英玻璃构成(参照图6所示的第3结构的光纤10C)。第1包层12B及第3包层14B各自的折射率彼此相等,以这些折射率($= n_2$)为基准,中心纤芯11B的相对折射率差为0.22%,第2包层13B的相对折射率差为-0.75%。中心纤芯11B的直径为 $11.9\mu\text{m}$,第1包层12B的直径为 $20.8\mu\text{m}$,第2包层13B的直径为 $39.0\mu\text{m}$,第3包层14B的直径为 $125\mu\text{m}$ 。

[0042] 此外,图6是表示第2实施例所涉及的光纤的第3结构的剖面图,该第3结构与上述第2结构的不同点在于,如上述所示,第2包层由形成有沿光纤轴向(光轴AX)延伸的多个空孔的石英玻璃构成。即,第3结构的光纤10C具有:中心纤芯11C,其沿规定轴(光轴AX)延伸,具有折射率 n_1 ;以及包层100C,其包围中心纤芯11C的外周。另外,包层100C具有:第1包层12C,其包围中心纤芯11C的外周,具有折射率 $n_2 (< n_1)$;第2包层13C,其包围第1包层12C的外周,具有折射率 $n_3 (< n_2)$;以及第3包层14C,其包围第2包层13C的外周,具有折射率 $n_2 (> n_3)$ 。特别地,通过在第2包层13C中形成沿光轴AX延伸的多个空孔120,从而在构成该光纤10C的区域中实现最低的折射率(n_3)(该光纤10C具有与图5B所示的折射率曲线150B相同的折射率曲线)。

[0043] 在第2实施例所涉及的光纤(第1~第3结构)中,通过使石英玻璃的粘性降低,将光纤状态下的中心纤芯的假想温度设为1000度程度,从而可以实现传输损耗0.13dB/km。通过使中心纤芯由纯石英玻璃构成,或者由通过在纯石英玻璃中添加大于或等于1mol%而小于或等于10mol%的 P_2O_5 、小于2000molppm的Cl、大于或等于2000molppm而小于或等于10000molppm的F、以及大于或等于1molppm而小于或等于10000molppm的 A_2O (A为碱金属元素)中的至少一种而得到的石英玻璃构成,从而可以实现将中心纤芯的假想温度设为1000度。在这里,纯石英玻璃包含在制造时的脱水过程中添加的2000molppm~20000molppm的Cl。作为 A_2O 的碱金属元素,优选Na、K、Rb、Cs。另外,通过一边控制拉丝时的冷却速度,一边制造将纯石英玻璃、添加 P_2O_5 的石英玻璃、添加上述碱金属元素的石英玻璃作为中心纤芯的光纤,也可以实现将中心纤芯的假想温度设为1000度。

[0044] 在将有效截面积扩大至 $140\mu\text{m}^2$ 的情况下,有可能增大宏弯损耗及微弯损耗。但

是,对于宏弯,通过设置图 5A 及图 6 所示的低折射率的第 2 包层 13B、13C 等的方法,可以抑制为与标准的单模光纤相同程度的等级。另外,对于微弯,通过改良光纤外皮等方法,可以抑制为与标准的单模光纤相同程度的等级。

[0045] 根据图 2 可知,第 2 实施例的光纤(第 1~第 3 结构)的 OSNR 改善量为大约 9dB,与文献 1 及 3 记载的各光纤相比较,提高大于或等于 4dB。按照“水落、2008 年電子情報通信学会通信ソサイエテイ大会、BCI-1-12”(文献 6)的图 2 的记载,提高 4dB 的 OSNR 可以实现使错误率保持一定的状态下从 QPSK 向 16-QAM 的转移。因此,在传输区间中架设有第 2 实施例的光纤的本实施方式所涉及的光通信系统 1,与文献 1 及 3 记载的光通信系统相比较,可以实现二倍的传输容量。另外,根据图 3 可知,可以将拉曼放大用激励光功率抑制为与标准的单模光纤等同或更小。

[0046] 根据本发明所涉及的光通信系统,可以抑制分布式拉曼放大用的激励光功率增大,同时改善 OSNR。

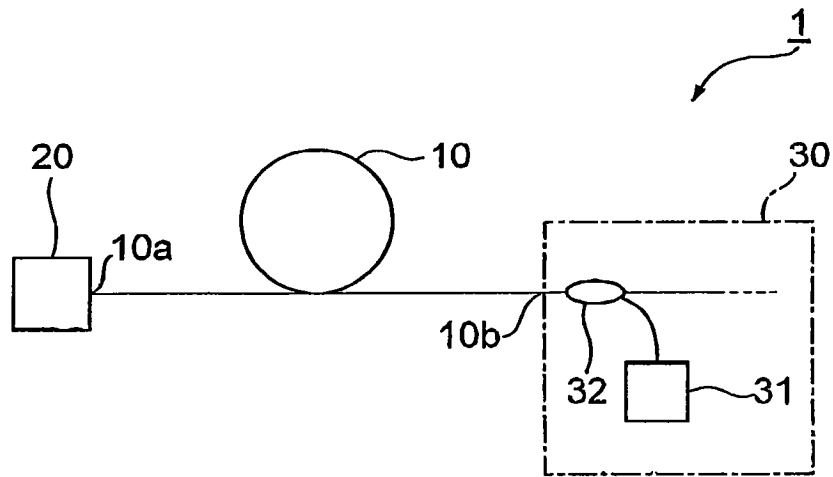


图 1

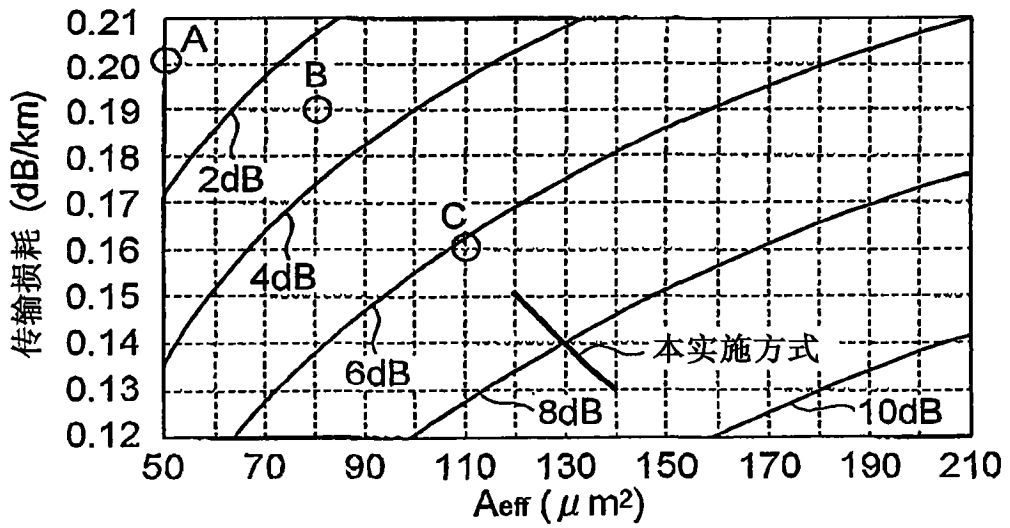


图 2

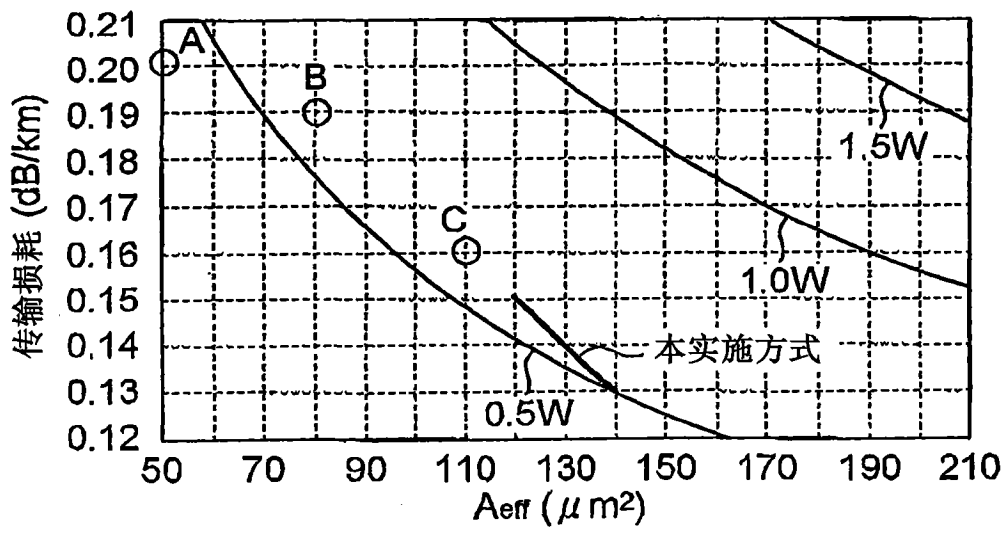


图 3

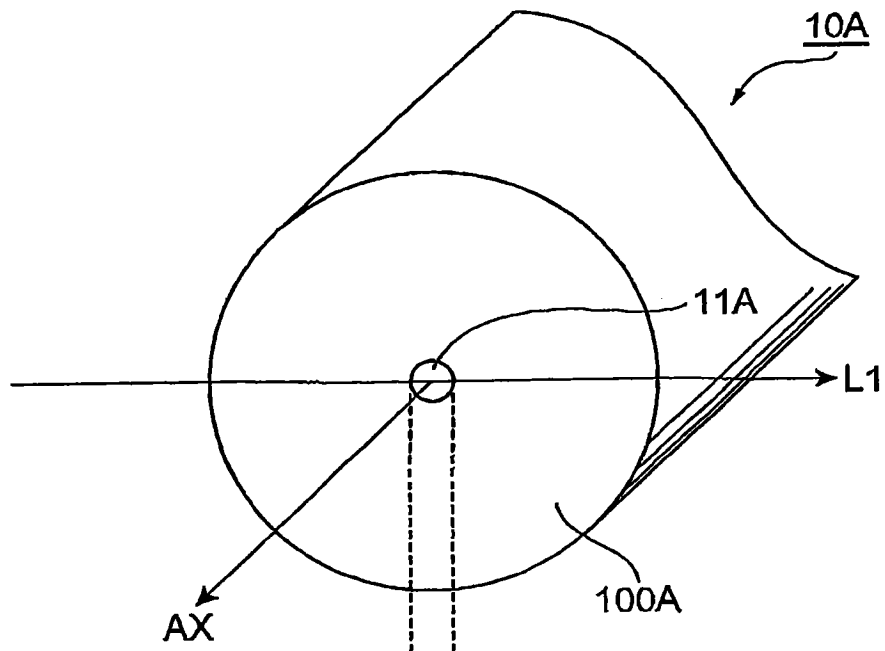


图 4A

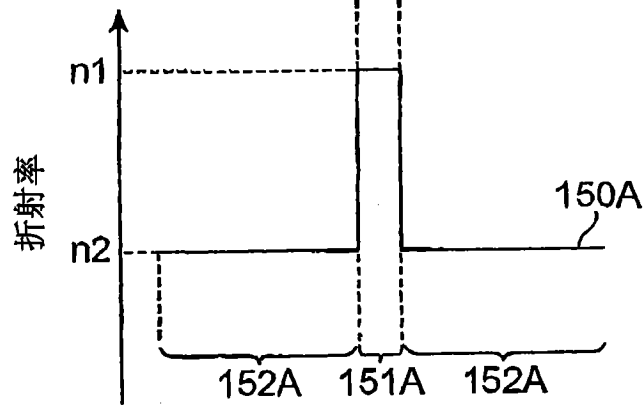


图 4B

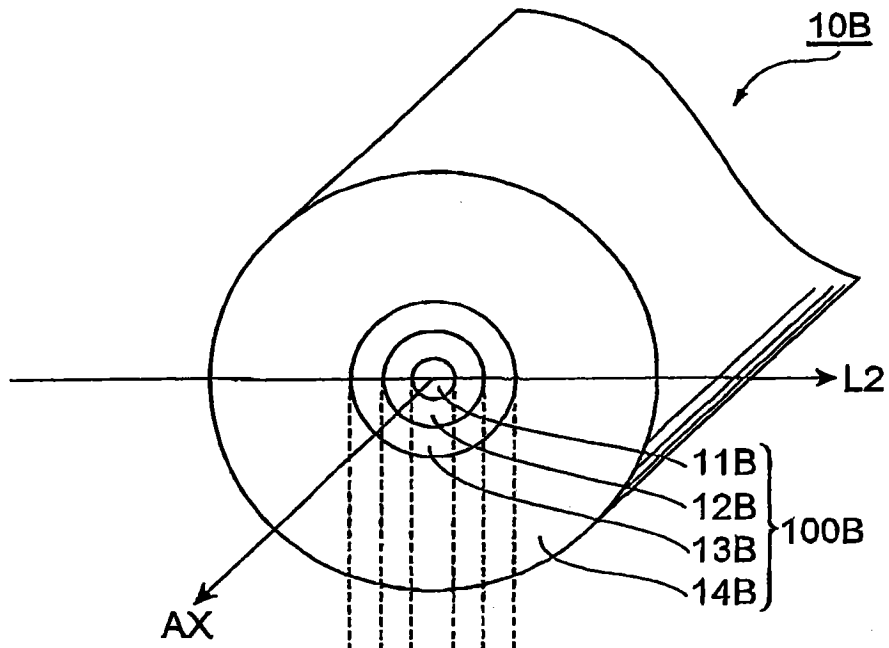


图 5A

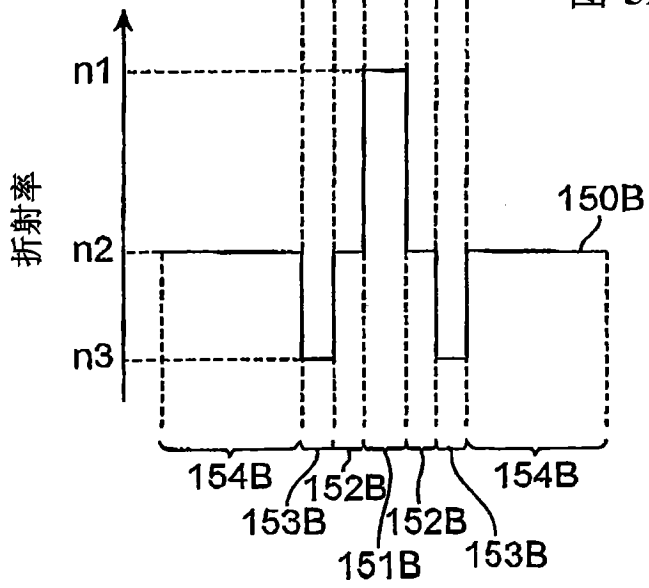


图 5B

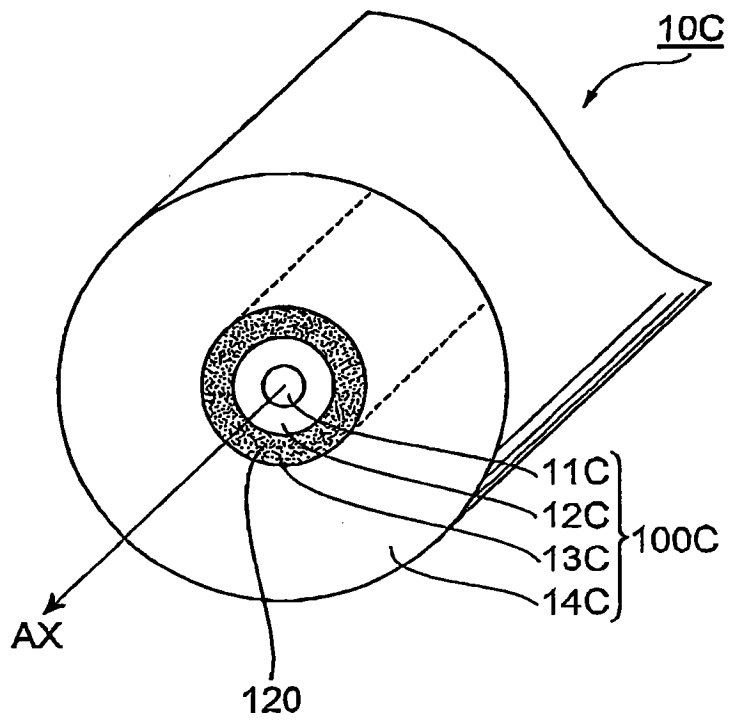


图 6