

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01125875.6

[43] 公开日 2002 年 3 月 20 日

[11] 公开号 CN 1340724A

[22] 申请日 2001.8.30 [21] 申请号 01125875.6

[30] 优先权

[32] 2000.8.30 [33] JP [31] 261595/2000

[71] 申请人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪

[72] 发明人 石川真二 柴田俊和 桥本健

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

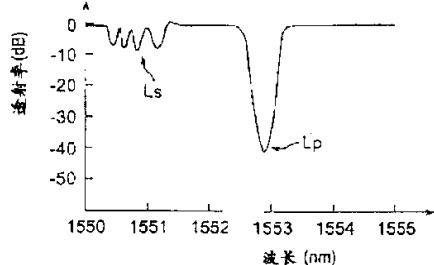
代理人 罗亚川

权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图页数 5 页

[54] 发明名称 光纤以及含有光纤的光部件

[57] 摘要

本发明涉及具有不仅在核心区域、而且在敷层区域也包含 GeO_2 的充分强度的光纤以及含有该光纤的光部件。该光纤具有外径 D，同时具备核心区域、包围该核心区域的第 1 敷层区域、以及包围该第 1 敷层区域的第 2 敷层区域。核心区域是以 GeO_2 含量为 1wt% 以上的硅玻璃作为主材料的玻璃区域，第 1 敷层区域是具有 0.80D 以上、并且在 0.98D 以下的外径、同时以 GeO_2 含量为 1wt% 以上的硅玻璃作为主材料的玻璃区域，而且第 2 敷层区域是以 GeO_2 含量不满 0.2wt% 的硅玻璃作为主材料的玻璃区域。



权 利 要 求 书

1. 光纤以及包含光纤的光部件的特征在于，该光纤具有外径 D，并具备以下特点：

沿着所定轴被拉伸的核心区域，该核心区域中的 GeO_2 含量为 1wt% 以上；

被设置在所述核心区域的周边的第 1 敷层区域，该第 1 敷层区域具有 0.80D 以上并且在 0.98D 以下的外径，同时第 1 敷层区域中的 GeO_2 含量是 1wt% 以上；而且，

被设置在所述第 1 敷层区域的周边的第 2 敷层区域，该第 2 敷层区域中的 GeO_2 含量不满 0.2wt%。

2. 在权利要求 1 的光纤中，所述第 1 敷层区域中的 GeO_2 含量是所述核心区域中的 GeO_2 含量的 20%~180%。

3. 权利要求 1 记载的光纤的特征在于，在权利要求 1 的光纤中，所述第 1 敷层区域具有比所述第 2 敷层区域更高的折射率，同时，对于所述第 2 敷层区域具有 0.01% 以上的比率折射率差。

4. 在权利要求 1 的光纤中，所述第 1 和第 2 敷层区域分别被添加了使硅玻璃的折射率降低的添加物。

5. 具备了具有与权利要求 1 的光纤相同结构的第 1 和第 2 光纤的光部件经由位于这些第 1 和第 2 光纤各自的所定部位的光部件，使第 1 和第 2 光纤相互被光耦合。

6. 在权利要求 5 的光部件中，关于按所述第 1 光纤的一端、所述光耦合部件、所述第 2 光纤的一端的顺序传播的特定波长的光，在该光纤的一端的光功率是所述该第 1 光纤的一端的光功率的 95% 以上。

7. 在权利要求 5 的光部件中，在所述光部件中设置了沿着光的行进方向拉伸的布雷格光栅。

8. 在权利要求 7 的光部件中，关于按照所述第 1 光纤的一端、所述光部件、所述第 2 光纤的一端的顺序传播的特定波长的光，该第 2 光纤的一端的光功率是该第 1 光纤的一端的光功率的 95% 以上。

说 明 书

光纤以及含有光纤的光部件

技术领域

本发明涉及具备在沿着光的行进方向形成折射率变化的光栅时能获得良好特性的光纤、以及由该光纤构成的光纤耦合器等光部件。

背景技术

光纤耦合器是将多个光纤各自的所定部位（光耦合部分）进行光耦合的光部件，例如，具有光的合波（合成波）、分波（分量波）、分离等功能。例如，在里田等人撰写的“使用光纤光栅耦合器的 add-drop 多路复用器”、电气信息通信学会预备稿汇编、2000 年春、讲演号码 C-3-65（文献 1），五十嵐等人撰写的“熔化延伸型光纤光栅耦合器 的制作”、应用物理学会讲演预备稿汇编、1999 年秋、讲演号码 2P-ZF-8（文献 2），以及五十嵐等人撰写的“提高熔化延伸型光纤光栅耦合器的特性”、应用物理学会预备稿汇编、2000 年春、讲演号码 30a-ZG-18(文献 3)的各自文献中记载了形成在光耦合部分折射率周期地变化的光栅的光部件（光纤光栅耦合器）

图 1 是表示作为光部件的光纤光栅耦合器的结构图。该图所示的光纤光栅耦合器 1 具备分别经由所定部位（光耦合部分 13）相互进行光耦合的第 1 光纤 11 和第 2 光纤 12，在光耦合部分 13 设置了沿着光的信号方向折射率变化的布雷格光栅。通过相互并列、紧密地配置在核心区域分别被添加的 GeO_2 的第 1 光纤和第 2 光纤，一边拉伸一边熔化两者的所定部位，形成光耦合部分 13，并通过相位格子法和二光束干涉（干扰）法将紫外光照射在光耦合部分 13 上形成光栅，通过以上这些步骤，该光栅耦合器 1 被制造。

在该光纤光栅耦合器 1 中，从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 入射的光到达光耦合部分 13。这时，在具有满足在光耦合部分 13 的光栅的布雷格条件的波长的光到达该光耦合部分 13 的场合，到达该光耦合部分 13 的光

在它的光耦合部分 13 被反射，从第 2 光纤 12 的第 1 端 12a 被射出。另一方面，具有没有满足在它的光耦合部分 13 被设置的光栅的布雷格条件的波长的光在从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 到达了光耦合部分 13 的场合，到达了该光耦合部分 13 的光通过它的光耦合部分 13 从第 2 光纤 12 的第 2 端 12b 被射出。这时，光纤光栅耦合器 1 的功能是作为将入射到第 1 光纤的第 1 端 11a 的光根据它的波长在第 2 光纤 12 的第 1 端 12a 和第 2 端 12b 的任何一端射出的分波器。

另外，在该光纤光栅耦合器 1 中，从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 入射的光到达光耦合部分 13。这时，没有满足被设置在光耦合部分 13 的光栅的布雷格条件的波长的光在到达该光耦合部分 13 的场合，到达该光耦合部分 13 的光通过光耦合部分 13 从第 2 光纤 12 的第 2 端 12b 被射出。另一方面，从第 1 光纤 11 的第 2 端 11b 被入射的光也到达光耦合部分 13。这时，没有满足被设置在光耦合部分 13 的光栅的布雷格条件的波长的光在到达该光耦合部分 13 的场合，在该光耦合部分 13 被反射，并从第 2 光纤 12 的第 2 端 12b 射出。这时，光纤光栅耦合器 1 的功能是作为把从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 入射的光（具有没有满足布雷格条件的波长的光）和从第 1 光纤 11 的第 2 端 11b 入射的光（具有满足布雷格条件的波长的光）进行波形合成、并从第 2 光纤 12 的第 2 端 12b 射出的合波（波形合成）器。

该光纤光栅耦合器 1 的功能是通过合并保持上述分波器以及合波器各自的功能还作为光 ADM (add-drop multiplexer)。再者，对于在光耦合部分 13 没有设置光栅的光部件（光纤耦合器）而言，它的功能是作为使入射到第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 的光分离、使被分离的一方的光从第 1 光纤 11 的第 2 端 11b 射出、而使被分离的另一方的光从第 2 光纤 12 的第 2 端 12b 射出的分离器。

发明内容

发明者们研讨了上述的以往技术的结果，发现了以下那样的课题。即，在作为上述光部件的光纤光栅耦合器 1 中，对于被设置在光耦合部分 13

的光栅被要求用高反射率反射具有满足布雷格条件的波长的光、同时用高透射率透射具有没有满足布雷格条件的波长的光的功能。因此，例如，象在[F.Bakhti,et al.“Optical add/drop multiplexer based on UV-written Brag grating in a fused 100% coupler”,Electronics Letters,Vol.33,No.9,pp.803-804(1997)](文献 4)和上述文献 2 以及 3 中分别被启发的那样，研讨了不仅在第 1 以及第 2 光纤 11、12 各自的核心区域，而且在整个敷层区域也添加 GeO_2 ，在光耦合部分 13 中不仅在核心区域、而且在整个敷层区域也形成光栅的情况。

但是，若不仅在各光纤的核心区域、而且在整个敷层区域也含有 GeO_2 ，那么，发明者们就发现了存在以下的课题。即，包含核心区域、并在整个敷层区域添加了 GeO_2 的光纤，其强度极端低下。另外，在利用该光纤制造上述那样的光纤光栅耦合器 1 的场合，在用于形成光耦合部分 13 的熔化时， GeO_2 容易挥发、并在光纤内容易产生气泡。由于这种起因，就存在着熔化困难，或者熔化强度变弱的课题。

本发明就是根据上述发明者们的见识用来解决上述课题而创造的，其目的是提供不仅在核心区域、而且在整个敷层区域也添加了 GeO_2 的同时具有充分强度的光纤，以及含有该光纤、并具有优良特性的、容易制造的光部件。

本发明涉及的光纤是以具有外径的硅玻璃作为主要成分的光纤，并至少具备沿着所定轴延伸的核心区域、设置在高核心区域周边的第 1 敷层区域、以及被设置在该第 1 敷层区域周边的第 2 敷层区域。上述核心区域和第 1 敷层区域都添加了 1wt%以上的 GeO_2 。另一方面，第 2 敷层区域中的 GeO_2 的含量不满 0.2wt%。另外，上述第 1 敷层区域的外径是 0.80D 以上、并且是 0.98D 以下。

该光纤由于具备上述的结构，因此能得到高的强度。另外，由于含有 GeO_2 的区域跨越核心区域和第 1 敷层区域的两个区域，因此，在整个这两个区域可能形成光栅，并能获得优良的光耦合特性。

另外，涉及本发明的光纤的特征在于，上述第 1 敷层区域的 GeO_2 的含量是上述核心区域的 GeO_2 含量的 20%~180%。这时，在光栅所形成

的区域在比反射波长更短的波长一侧产生的透射损耗被降低到在实用上不成问题的程度。

涉及本发明的光纤的特征在于，上述第 1 敷层区域的折射率 比上述第 2 敷层区域的折射率高、并且以上述第 2 敷层区域的折射率为基准，上述第 1 敷层区域的比折射率差是 0.01% 以上。这时，在该光纤所适用的光纤光栅耦合器等光部件中，从光耦合部分向外界泄漏的光量被抑制得变小，而且能得到稳定的光耦合特性。

在涉及本发明的光纤中，上述第 1 和第 2 敷层区域各自使硅玻璃的折射率降低，例如，可以添加 F 元素、 B_2O_3 等添加物。这时，如果只是 GeO_2 含量的差别，即使不能充分加上分别在上述第 1 敷层区域和上述第 2 敷层区域的各自区域间的折射率的差，通过适当地设置在该第 1 和第 2 敷层区域中各自的 F 元素含量也能够在这些区域间确保折射率的差（能够实现所希望的折射率分布）。

而且，涉及本发明的光部件具备具有与具备上述那样结构的光纤（涉及本发明的光纤）相同结构的第 1 和第 2 光纤，这些第 1 和第 2 光纤在所定部位（光耦合部分）相互被光耦合。另外，该光部件在光耦合部分也可以沿着光的行进方向设置布雷格光栅。即，涉及本发明的光部件包含例如具有光合（合成）分（分解）功能的光耦合器以及光纤光栅耦合器。由于具备了上述那样的光纤（包含在涉及本发明的光纤中）被应用，因此能获得更高强度，同时实现优良的光耦合特性。

还有，在从第 1 光纤的一端入射的特定波长的光在光耦合部分不反射而被通过、并从第 2 光纤的一端射出的场合，涉及本发明的光部件具有优于将该第 2 光纤一端的光功率维持在该第 1 光纤一端的光功率的 95% 以上的程度的光耦合特性。

附图说明

图 1 是表示作为光部件之一的光纤光栅耦合器的结构图。

图 2 的 2A ~ 2D 是用来说明涉及本发明的光纤结构的图，图 2A 表示该光纤的断面结构，图 2B 表示该光纤的折射率的分布，图 2C 表示它的 GeO_2 含量分布，图 2D 表示它的 F 元素含量分布。

图 3 是作为涉及本发明的光纤所适用的光部件的光耦合特性表示对波长 $1.55 \mu m$ 的光的遮断量 α (dB) 和比率 $2b/D$ (%) 的关系的曲线图。

图 4 是作为涉及本发明的光纤所适用的光部件的光耦合特性表示分离比率变量与比率 $2bD$ (%) 的关系的曲线图。

图 5 是表示对涉及本发明的光纤的、比率 $2b/D$ (%) 的强度特性的曲线图。

图 6 是表示对涉及本发明的光纤的、 GeO_2 含量的强度特性的曲线图。

图 7 是作为涉及本发明的光纤所适用的光部件的光耦合特性表示透射量 (dB) 和波长 (nm) 的关系的曲线图。

具体实施方式

以下，使用图 1、2A~2D、以及 3~7 说明涉及本发明的光纤以及包含它的光部件的各实施例子。再者，在附图说明中，在相同要素上附加相同的符号，并省略重复的说明。

图 1 是表示作为涉及本发明的光纤可能适用的光部件之一的光纤光栅耦合器的结构图。另外，图 2A~2D 是用来说明涉及本发明的光纤的结构图，图 2A 是表示该光纤的断面结构，图 2B 表示其折射率分布，图 2C 表示它的 GeO_2 含量，图 2D 表示它的 F 元素含量。

光纤 100 具有外径 D，同时，具备所定轴、例如沿着该光纤 100 的光轴伸长的核心区域 110，包围该核心区域 110 的第 1 敷层区域 121，包围第 1 敷层区域 121 的第 2 敷层区域 122。上述核心区域 110 具有外径 $2a$ 和折射率 $n1$ 。上述第 1 敷层区域 121 具有外径 $2b$ ，同时具有比折射率 $n2$ 更低的折射率。再有，该光纤 100 的外径 D (=2R: R 是半径) 通常是 125 μm 。

在该光纤 100 中，第 1 敷层区域 121 的外径（与第 2 敷层区域 122 的内径一致） $2b$ 是 $0.80D$ 以上、并且是 $0.98D$ 以下。核心区域 110 的外径 $2a$ 不足 $0.80D$ （参照式（1））。

$$2a < 0.80D \leq 2b \leq 0.98D \quad \dots(1)$$

此外，图 2B 表示示出图 2A 中的线 L 上的各部位中的折射率的折射率分布 150。在该折射率分布 150 中的区域 151 表示核心区域 110 线 L

上的折射率，区域 152 表示第 1 数层区域 121 的线 L 上的折射率，区域 153 表示第 2 数层区域 122 的线 L 上的折射率。

另外，该光纤 100 将硅玻璃作为主材料，象图 2C 的 GeO₂ 含量分布 160 中所示的那样，在核心区域 110 中的 GeO₂ 含量 g_1 在 1wt% 以上（核心区域 110 的线 L 上的 GeO₂ 含量），第 1 数层区域 121 的 GeO₂ 含量 g_2 也在 1wt% 以上（第 1 数层 121 线 L 上的的 GeO₂ 含量）。但是，第 2 数层区域 122 中的 GeO₂ 含量 g_3 不足 0.2twt% (第 2 数层区域 122 的线 L 上的 GeO₂ 含量) (参照式(2A))。

$$g_1 \geq 1\text{wt\%} \quad \dots \text{(2A)}$$

$$g_2 \geq 1\text{wt\%} \quad \dots \text{(2B)}$$

$$g_3 < 0.2\text{twt\%} \quad \dots \text{(2C)}$$

由于具备以上那样的结构，因此该光纤 100 能得到充分的强度。另外，该光纤 100 所适用的光纤光栅耦合器等光部件（参照图 1）能够容易制造，同时具有优良的光耦合特性。再有，为了达到涉及本发明的光纤 100 的母材，可以用 OVD 法、VAD 法等方法制造。

在涉及本发明的光纤 100 中，第 1 数层区域 121 中的 GeO₂ 含量 g_2 最好是核心区域 110 中的 GeO₂ 含量 g_1 的 20% ~ 180% (参照式 (3))。

$$0.2g_1 \leq g_2 \leq 1.8g_1 \quad \dots \text{(3)}$$

更希望在第 1 数层区域 121 中的 GeO₂ 含量 g_2 是在核心区域 110 中的 GeO₂ 含量 g_1 的 80% ~ 120% (参照式 (4))。

$$0.8g_1 \leq g_2 \leq 1.2g_1 \quad \dots \text{(4)}$$

在该光纤 100 中，第 1 数层区域 121、第 2 数层区域 122 的各折射率 n_1 、 n_2 以及 n_3 满足以下式子(5A)所表示的关系，但希望以第 2 数层区域 122 的折射率 n_3 为基准的第 1 数层区域 121 的比率折射率差在 0.01 以上(参照式子(5B))

$$n_1 > n_2 > n_3 \quad \dots \dots \text{(5A)}$$

$$100 \times ((n_2 - n_3)/n_2) \geq 0.01 \quad \dots \text{(5B)}$$

由于满足以上那样的条件，若依据该光纤所适用的光纤光栅耦合器的光部件就能充分地抑制从光耦合部分向外界泄漏的光量，同时能得到稳定的

光耦合特性。

更好的是希望在该光纤 100 中，第 1 和第 2 敷层区域 121、122 分别添加降低硅玻璃的折射率的添加物，例如 F 元素、 B_2O_3 。这时，如果只是 GeO_2 含量的差异，那么，即使在核心区域 110、第 1 敷层区域 121 以及第 2 区域 122 中的各折射率之间不能给予充分的差，象在图 2D 的 F 元素含量分布 170 中所示那样，通过适当地分别设定第 1 敷层区域 121 的 F 元素含量 f_2 和第 2 敷层区域 122 的 F 含量 f_3 也能够在各玻璃区域 110、121、122 之间充分地确保折射率的差，并能得到所希望的折射率分布（参照图 B）。此外，核心区域 110 的 F 元素含量 f_1 可以为 0。

在涉及本发明的光纤所适用的光部件中，包含例如象图 1 所示那样的光纤光栅耦合器 1。该光纤光栅耦合器 1 具备准备作为具有上述结构的光纤 100 的第 1 光纤 11 和第 2 光纤 12。这些第 1 和第 2 光纤 11、12 通过在所定部位（光耦合部分 13）分别进行光耦合构成光耦合器。在光耦合部分 13 中，沿着光的行进方向设置了布雷格光栅。在该光纤光栅耦合器 1 的制造中，通过相互并列地紧密配置第 1 光纤 11 和第 2 光纤 12、并通过将贴紧的部分中的一部分熔化、同时通过将两者拉伸形成光耦合部分 13，并通过相位格子法和二光束干涉法将紫外光（例如从 KrF 受激准分子激光源输出的波长 247 的激光光）照射在光耦合部分 13 形成折射率调制。此外，在应被反射的光的波长 λ 、各光纤的实效的折射率 n 、以及折射率调制周期 Λ （光栅周期）之间必须满足以下式子（6）（布雷格条件）。

$$\lambda = 2n\Lambda \quad \dots \quad (6)$$

图 3 作为是涉及本发明的光纤所适用的光部件的光纤光栅耦合器的光耦合特性，是表示对波长 $1.55 \mu m$ 的光的遮断量 α （dB）和比率 $2b/D$ （%）的关系的曲线图。

构成被准备的光纤光栅耦合器 1（参照图 1）的第 1 和第 2 光纤 11、12 分别是具备图 2A ~ 2D 所示的结构的光纤（包含在涉及本发明的光纤中），并且，核心区域 110 中的 GeO_2 含量 g_1 为 5wt%，第 2 敷层区域 121 中的 GeO_2 含量 g_2 为 4.5wt%，第 2 敷层区域 122 中的 GeO_2 含量 g_3 为 0wt%（即，不包含 GeO_2 ）。再者，在将比率（ $2b/D$ ）作为 100% 的场合，第 2 敷层区

域就不存在。通过以熔化了其中一部分状态拉伸这样的第 1 和第 2 光纤 11、12，并在该熔化部分（光耦合部分 13）形成能反射 $1.55\mu\text{m}$ 的光的周期的光栅，就能得到光纤光栅 1。

关于这样制造的光纤光栅耦合器 1，发明者们在 $16\% \sim 100\%$ 的范围测定了改变第 1 敷层区域 121 的外径 $2b$ 和光纤外径 D ($=125\mu\text{m}$) 的比率 ($2b/D$) 的场合的各遮断量 α (dB)。再者，遮断量 α 是从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 经由光耦合部分 13 向着第 2 光纤 12 的第 2 端 12b 行进的波长 $1.55\mu\text{m}$ 的光的损失量。由图 3 可知，如果第 1 敷层区域 121 的外径 $2b$ 在 $0.6D$ ($=75\mu\text{m}$) 以上，那么，遮断量 α 就变得十分大，如果第 1 敷层区域 121 的外径 $2b$ 在 $0.8D$ ($=100\mu\text{m}$) 以上，那么，遮断量 α 就变得更大。

图 4 作为涉及本发明的光纤所使用的光部件的光耦合特性，是表示分离比率变化量 (%) 和比率 $2b/D$ (%) 的关系的曲线图。此处，准备用来测定的光部件是具有与准备图 3 测定用的光部件相同的结构的光纤光栅耦合器。再者，分离比率变化量是由光栅形成前后的分离比率的差给出，并表示对所形成的光栅的分离比率变化的贡献程度。

首先，在分离比率的测定中，准备比率 ($2b/D$) 采用 $0\% \sim 100\%$ 中的任何一个值的多个种类的光纤耦合器。然后，就光栅形成前的各抽样而言、以及关于从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 入射的波长 $1.55\mu\text{m}$ 的光要测定从该第 1 光纤 11 的第 2 端 11b 射出的光的强度 P_1 和从该第 2 光纤 12 的第 2 端 12b 射出的光的强度 P_2 ，并算出光栅形成前的分离比 ($P_2/(P_1+P_2)$)。另一方面，就光栅形成后的各抽样，也从由端部 11b、12b 分别射出的光的强度 P_1 、 P_2 算出分离比 ($P_2/(P_1+P_2)$)。之后，算出象以上那样算出的光栅形成前后的分离比的差作为分离比变化量。

结果，象由图 4 所知道的那样，分离比 ($P_2/(P_1+P_2)$) 的变化情况是：比率 ($2b/D$) 大约在 $50\% \sim 70\%$ 范围变大，比率 ($2b/D$) 大约在 30% 以下或 80% 以上的范围变小。

由图 3 和 4 所示的曲线图可知， GeO_2 含量 $g2$ 在 $1\text{wt}\%$ 以上的第 1 敷层区域 121 的外径 $2b$ 如果是 $0.8D$ ($=100\mu\text{m}$) 以上，那么，就能得到优良的光耦合特性（遮断量 α 大，分离比 ($P_2/(P_1+P_2)$) 稳定）。

再有，图 5 是表示涉及本发明的、对于比率 (2b/D) 的强度特性（断裂张力 (Gpa)）的曲线图。

准备用来测定该强度特性的抽样（具有与图 2A 同样的断面结构）的比率 (2b/D) 分别是 20%、40%、60%、80%、98% 以及 100%。另外，在各抽样中，核心区域 110 中的 GeO_2 含量 g_1 是 5wt%，第 1 敷层区域 121 中的 GeO_2 含量 g_2 是 4.5wt%，第 2 敷层区域 122 中的 GeO_2 含量 g_3 是 0wt%。即，第 2 敷层区域 122 不含 GeO_2 。此外，比率 (2b/D) 在 100% 的抽样中，第 2 敷层区域不存在。

有关被准备的这些各抽样，发明者们测定了断裂时张力（拉伸各抽样两端时该抽样断裂时的张力）。如从图 5 所知道那样，在比率 (2b/D) 为 98% 以下时，为使纤维断裂，需要 3.5Gpa 以上的张力，与此相对，若比率 (2b/D) 超过 98%，则断裂时的张力急剧下降。

另外，图 6 是表示涉及本发明的、对于在第 2 敷层中的 GeO_2 含量的强度特性（断裂时张力 (Gpa)）的曲线图。

在该测定中所准备的抽样（具有与图 2A 相同的断面结构）都是：在核心区域 110 中的 GeO_2 含量 g_1 是 5wt%，在第 1 敷层区域 121 中的 GeO_2 含量 g_2 是 4.5wt%。但是，各抽样在第 2 敷层区域 122 中的 GeO_2 含量被设定为 0wt% ~ 0.3wt% 范围的任何一个值。再有，第 1 敷层区域 121 的外径 2b 和光纤直径 D (=125 μ m) 之比率 (2b/D) 被固定在 80%。

关于被准备的各抽样，发明者们测定了断裂时张力。如从图 6 所知道的那样，若在第 2 敷层区域 122 中的 GeO_2 含量 g_3 是 0.25wt% 以下，那么，在断裂时需要 3.0Gpa 以上的张力，若在第 2 敷层区域 122 中的 GeO_2 含量 g_3 不满 0.20wt%，那么，断裂时所需要的张力是 3.5Gpa 程度。另一方面，若在第 2 敷层区域 122 中的 GeO_2 含量 g_3 超过 0.25wt%，那么，断裂时所需要的张力将急剧下降。

从图 5 以及图 6 的曲线图中所示的结果可以判断， GeO_2 含量 g_2 是 1wt% 以上的第 1 敷层区域 121 的外径 2b 在 0.98D 以下，若第 2 敷层区域 122 中的 GeO_2 含量 g_3 不满 0.20wt%，那么，在实用上就能得到在具有充分的强度的光纤。

图 7 作为涉及本发明的光纤所适用的光部件，是表示光纤光栅耦合器（参照图 1）的光学特性（透射量的波长依赖性）的曲线图。再有，该曲线图表示从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 到达第 2 光纤 12 的第 2 端 12b 的光的透射量的波长依赖性，在准备用于该测定的光纤光栅耦合器中，设置了反射波长为 1553nm 的布雷格光栅。通常，大部分从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 入射的波长为 1553nm 的光通过被设置在光耦合部分 13 的光栅进行布雷格反射后从第 2 光纤 12 的第 1 端 12a 射出。因此，从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 向第 2 光纤 12 的第 2 端 12b 行进的光的光量（透射 T）因波长 1553nm 而变小。

通常，象图 7 所示的那样，在比反射波长 1553nm 短的波长一侧产生透射损耗（短波长损耗 L）。但是，在核心区域 11 中的 GeO_2 含量 g_1 和在第 1 敷层区域 121 中的 GeO_2 含量 g_2 的关系通过满足上述式子（3），在比反射波长 1553nm 短的波长一侧产生的透射损耗在实用上将变成不成问题的 0.5dB 以下。另外，两者的关系通过满足上述式子（4），比反射波长 $1.55 \mu \text{m}$ 短的波长一侧产生的透射损耗将变成更好的 0.2dB 以下。

另外，涉及本发明的光部件 1（参照图 1）在光耦合部分没有设置光栅的场合，关于入射到第 1 光栅 11 的第 1 端 11a、并从第 2 光栅 12 的第 2 端 12b 射出的光希望射出时对入射时的功率比率是 95% 以上。另一方面，当该光部件 1 在光耦合部分 13 设置了能反射波长 λ 的光的周期 Λ 的光栅的场合，有可能使从第 1 光纤 11 的第 1 端 11a 入射后到达了光耦合部分 13 的波长 λ 的光中 95% 以上向第 2 光纤 12 的第 1 端 12a 反射。

本发明不受上述实施例子的限定，可以有各种变型。例如，涉及本发明的光纤的折射率分布不受图 2B 所示的形状限制，在不改变本发明的宗旨的范围可以有各种形态。例如，第 1 敷层区域 121 内的折射率可以沿着直径方向变化（不一定是固定的）。

象以上那样，若依据本发明，对于光纤外径 D，第 1 敷层区域的外径被设定在 0.80D 以上、而且在 0.98D 以下，同时在各自核心区域以及第 1 敷层区域的 GeO_2 含量被设定在 1wt% 以上，第 2 敷层区域中的 GeO_2 含量被设定为不满 0.2wt%。通过这种结构，该光纤能得到高的强度，同时由

01-08-30

于不仅在核心区域，而且也在第 1 数层区域能够形成光栅，因此能得到优良的光耦合特性。

01·06·30

说 明 书 附 图

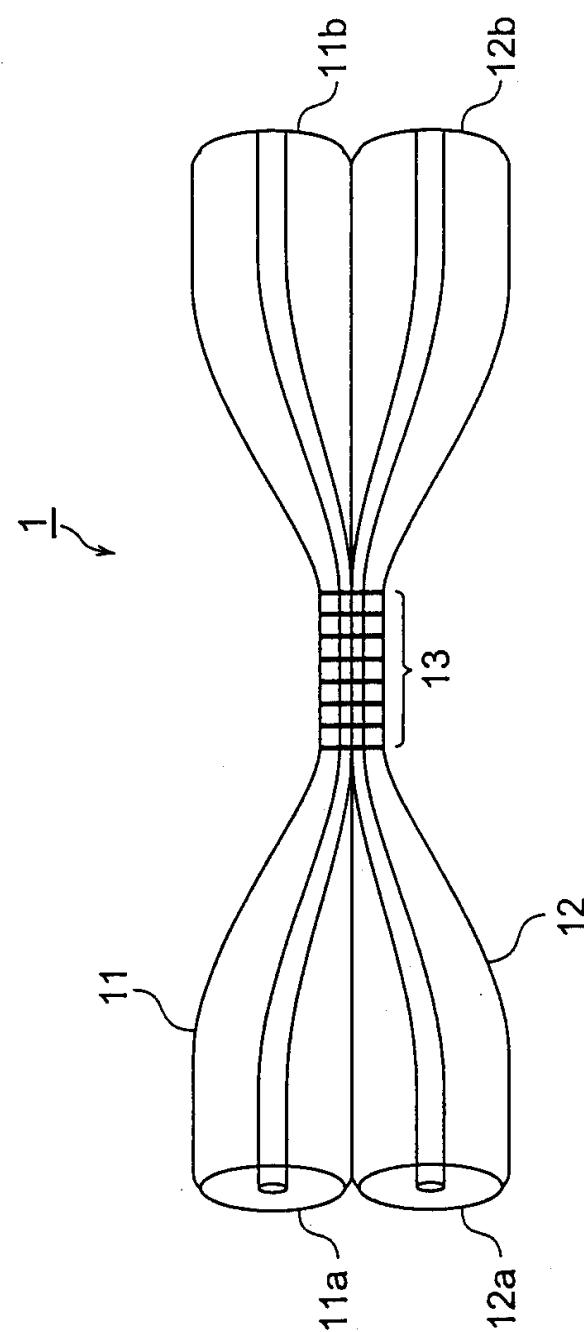


图 1

01-08-30

图 2A

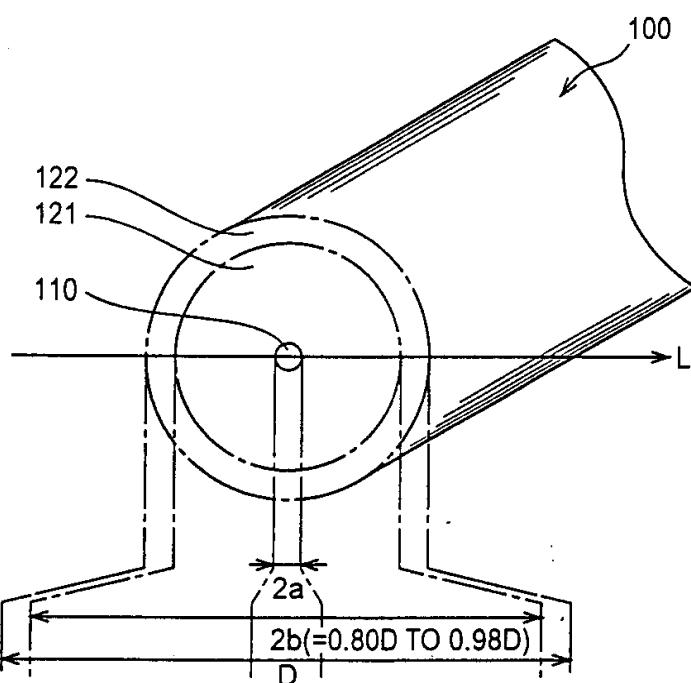


图 2B

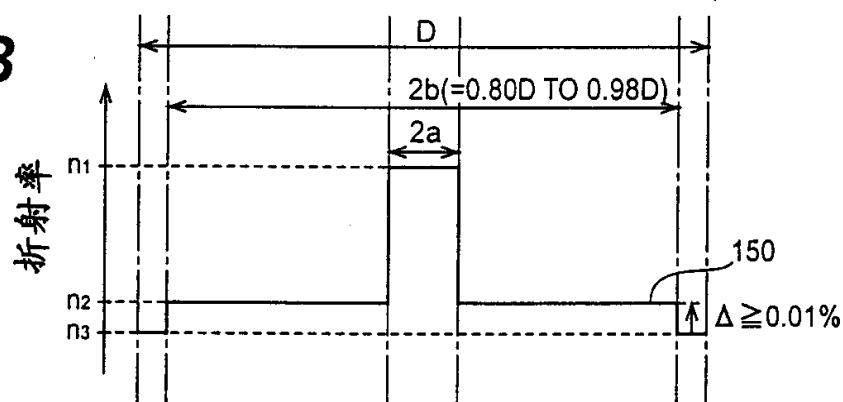


图 2C

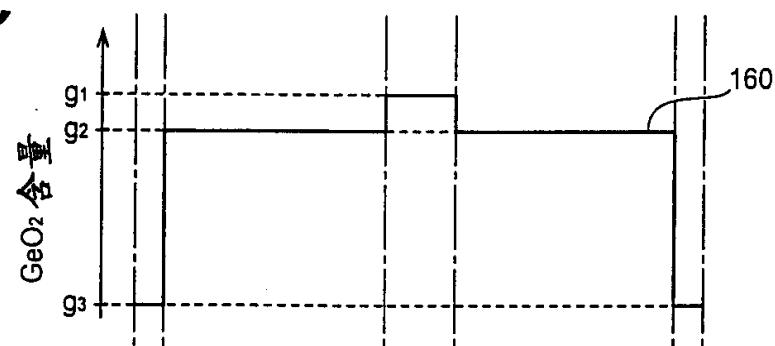
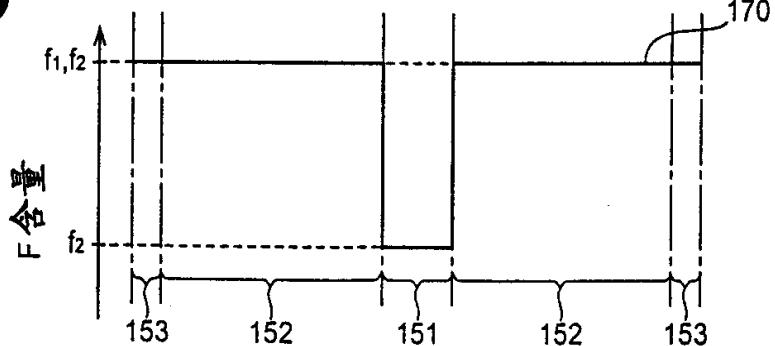


图 2D



01·08·30

图3

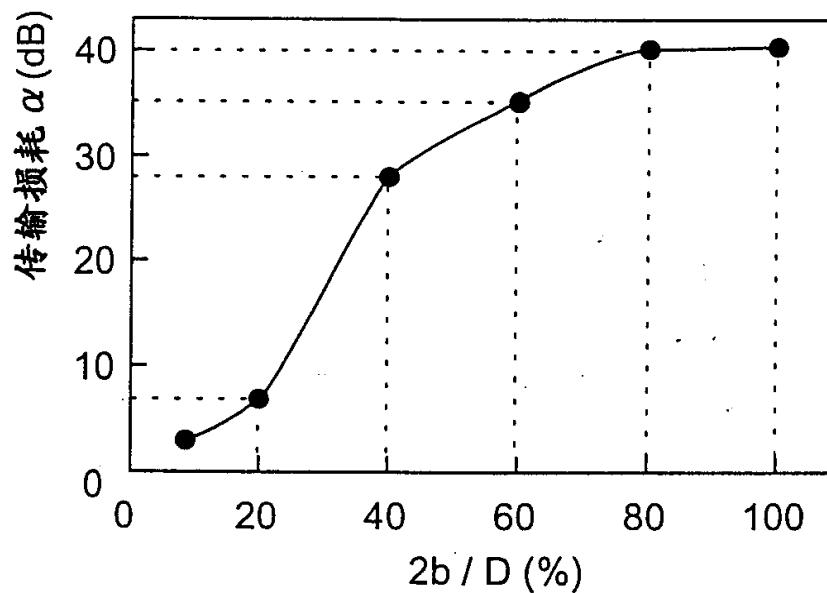
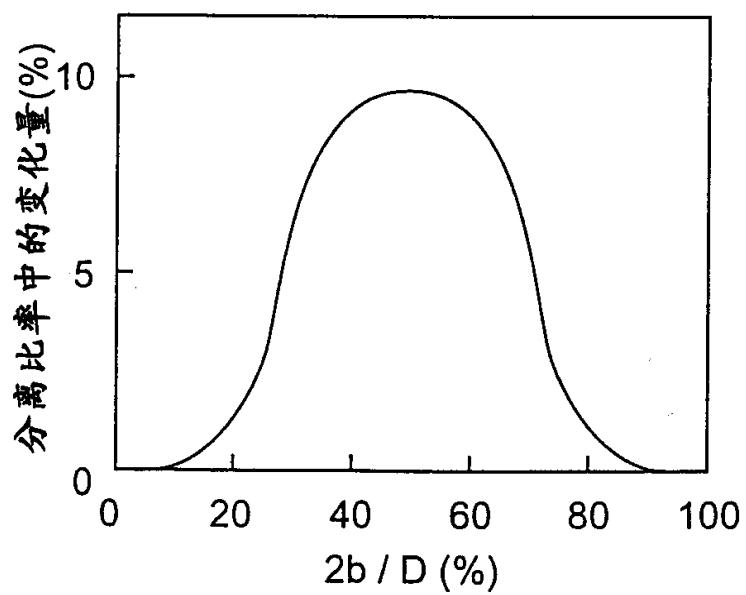


图4



01·06·30

图 5

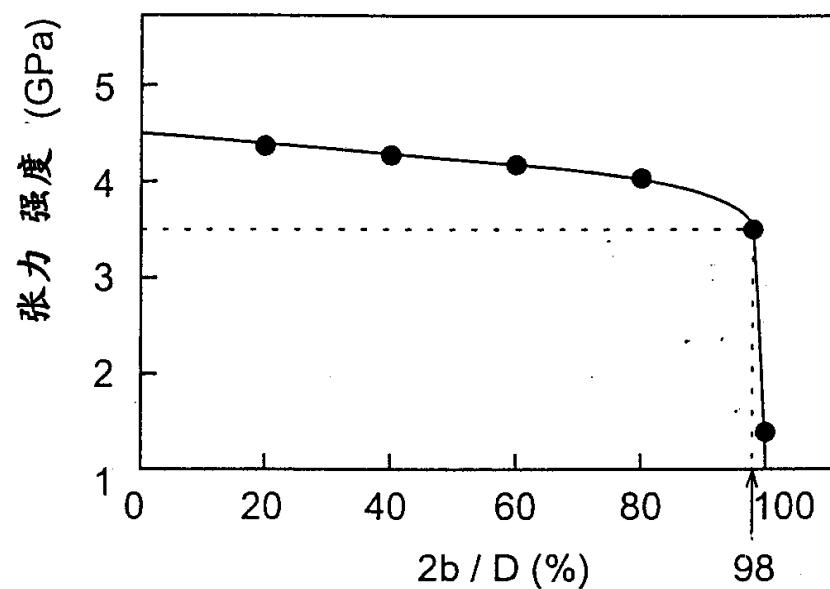
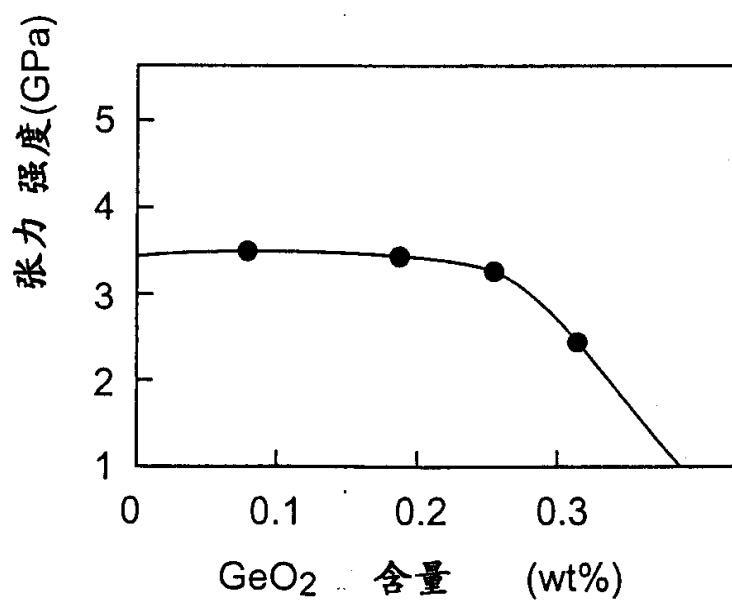


图 6



01·08·30

图7

