



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95190977.0

[45] 授权公告日 2003 年 8 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1119683C

[22] 申请日 1995.9.13 [21] 申请号 95190977.0

[30] 优先权

[32] 1994.9.16 [33] JP [31] 221244/1994

[86] 国际申请 PCT/JP95/01826 1995.9.13

[87] 国际公布 WO96/08741 日 1996.3.21

[85] 进入国家阶段日期 1996.5.31

[71] 专利权人 东丽株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 福田诚司 小林久晃 种市正四郎

山本哲也

审查员 崔尚科

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

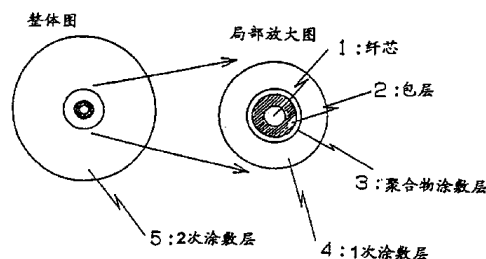
代理人 杜有文 王忠忠

权利要求书 3 页 说明书 17 页 附图 2 页

[54] 发明名称 宽频带光纤、光纤芯线、光线缆芯

[57] 摘要

本文公开了一种具有如下优点的宽频带光纤：
 具有适合通信用的宽频带；使用对接式连接器在足够的对接压力下敛缝对接时能防止光纤破裂和产生缺陷；能减小对接损耗，提高轴对准精度，降低连接损耗；而且与 125 μm 直径的现有石英 GI 型光纤容易耦合，与现有石英 GI 型光纤互换性好。本发明的宽频带光纤是由带有折射率分布的石英玻璃构成的纤芯、该纤芯外侧密接设置的石英玻璃构成的包层以及该包层外侧密接设置的聚合物涂敷层构成的折射率分布型光纤。所述聚合物涂敷层的特征是由肖氏硬度大于 D55 的紫外线硬化聚合物构成，且其厚度大于 5 μm。在其外侧密接设置 1 次及 2 次涂敷层而构成光纤芯线，在该光纤芯线外侧设置聚合物套层而构成光纤缆芯。



1. 一种宽频带光纤，所述光纤是一种折射率分布型光纤，该光纤的纤芯由具有折射率分布的石英玻璃构成，该纤芯外侧密接设置石英玻璃包层，该包层外侧密接设置一种聚合物涂敷层，所述聚合物涂敷层由肖氏硬度 D 为 55 以上的紫外线硬化硬质聚合物构成，其厚度为至少 $5\mu\text{m}$ ，其特征在于数值孔径可由纤芯的最大折射率 n_1 及包层的折射率 n_2 按 $NA = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$ 公式求出，NA 为 0.30 以下。

2. 权利要求 1 中所述的宽频带光纤，其特征是所述聚合物涂敷层的外径为 $128\mu\text{m}$ 以下。

3. 权利要求 1 中所述的宽频带光纤，其特征是所述硬质聚合物是折射率为 1.50 以上且不含氟原子的紫外线硬化型丙烯酸酯树脂。

4. 权利要求 1 中所述的宽频带光纤，其特征是所述聚合物涂敷层厚度在 $5 \sim 15\mu\text{m}$ 之间。

5. 权利要求 1 中所述的宽频带光纤，其特征是所述硬质聚合物的线胀系数为 $0.6 \times 10^{-4} \sim 2.0 \times 10^{-4}/\text{deg}$ 。

6. 权利要求 1 中所述的宽频带光纤，其特征是所述纤芯的折射率分布参数 α 在 1.8 ~ 2.2 之间。

7. 权利要求 1 中所述的宽频带光纤，其特征是，所述数值孔径在 0.18 ~ 0.29 之间。

8. 权利要求 1 中所述的宽频带光纤，其特征是所述聚合物涂敷层外径偏差为 $\pm 6\%$ 以下及非圆率为 4% 以下。

9. 权利要求 2 中所述的宽频带光纤，其特征是纤芯直径为 $65.5\mu\text{m}$ 以下及包层外径为 $118\mu\text{m}$ 以下。

10. 权利要求 9 中所述的宽频带光纤，其特征是，纤芯直径是 $50 \pm 3\mu\text{m}$ 或 $62.5 \pm 3\mu\text{m}$ ，包层外径在 $97 \sim 118\mu\text{m}$ 之间，聚合物涂敷层外径是 $125 \pm 3\mu\text{m}$ 。

11. 一种带频带光纤芯线，其构成是：在权利要求 1 所述的宽频带光纤的聚合物涂敷层的外侧密接设置一层或数层构成 1 次涂敷层，在其外侧密接设置 2 次涂敷层；其特征是所述 1 次涂敷层内至少最内层要由软质聚合物构成。

12. 权利要求 11 中所述的宽频带光纤芯线，其特征是：构成该 1 次涂敷层最内层的软质聚合物的肖氏硬度 D 为 35 以下。

13. 权利要求 11 中所述的宽频带光纤芯线，其特征是：构成聚合物涂敷层的硬质聚合物的玻璃转化温度在 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 以上，且构成 1 次涂敷层的最内层的软质聚合物的玻璃转化温度在 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 以下。

14. 一种宽频带光纤缆芯，其特征是在权利要求 11 中所述的宽频带光纤芯线外侧设置聚合物套层。

15. 一种带有连接器的光纤芯线，其特征是在权利要

求 11 中所述的宽频带光纤芯线的一端或两端在剥掉 1 次及 2 次涂敷层但保留聚合物涂敷层的状态下装上对接式连接器。

16. 一种带有连接器的光纤缆芯，其特征是在权利要求 14 所述的宽频带光纤缆芯的一端或两端在剥掉 1 次、2 次涂敷层及聚合物套层但保留聚合物涂敷层的状态下装配对接式连接器。

宽频带光纤、光纤芯线、光线缆芯

技术领域

本发明涉及一种以实现高速信号传输为目的的折射率分布型宽带光纤、光纤芯线及其缆芯的制造技术。此光纤适用于声音、图象、数据传输等光通信领域。

现有技术

作为构成高速大容量数据网的通信用光纤有石英多模光纤和石英单模光纤两种，其纤芯和包层都是石英玻璃材料。在日本工业标准（JIS）C6832、6835或6831中给出了这些光纤的标准。这些光纤芯线由如下方法形成：首先在石英玻璃包层外侧涂敷紫外线（UV）硬化树脂或硅酮树脂形成一次涂敷层，接着涂敷聚酰胺树脂等有机材料形成二次涂敷层。

能够传输高速光信号（例如具有 $200\text{MHz} \cdot \text{km}$ 以上带宽的光纤）的光纤是石英多模光纤中的折射率分布型光纤（以下称石英GI型光纤）。以及石英单模光纤。

对于石英GI型光纤，为了减小成为限制传输带的主要原因的模式色散要控制纤芯内的折射率分布，其纤芯直径通常是 $50 \sim 100\mu\text{m}$ （特别是 $50\mu\text{m}$ 和 $62.5\mu\text{m}$ ）。

此种石英GI型光纤由于纤芯和包层由石英玻璃构成，当去掉由聚合物组成的一次涂敷层和二次涂敷层使用对接式连接器进行敛缝对接时光纤会产生破裂和缺陷。当保留一次涂敷层和二次涂敷层进行如上对接时，会出现纤芯轴偏离而产生无法实用的大的连接损耗。

为了避开上述问题，以往是在去掉由聚合物组成的一次涂敷层和二次涂敷层后，有必要使用由粘接剂来固定连接器中心的粘接式连接器，该粘接剂可以是热硬化、紫外线硬化、热可塑性或二液混合硬化类型的粘接剂。

然而，粘接式连接器存在连接操作费时的问题，从成本和工艺角度看也不是最佳的。

与此相反，对接式连接器比粘接式连接器有操作简单省时的优点，因此在聚合物包层石英光纤（以下称 PCF）和塑料光纤等的连接中被使用。

PCF 的纤芯是石英玻璃，包层是塑料，通常有 $200\mu\text{m}$ 以上的纤芯直径。与石英玻璃包层的石英 GI 型光纤相比其带宽较窄。虽然 PCF 类光纤也已出现纤芯具有折射率分布的 GI 型光纤（特开平 3 - 245108 号公报）但其带宽仅为 $60 - 90\text{Mhz} \cdot \text{km}$ 。

PCF 虽然有能使用对接式连接器的优点，但其带宽如上所述较窄，因此即使在例如利用光纤的计算机间通信的通信标准 FDDI（Fiber Distributed Data Interface）中应用时也存在不能得到足够长的传输距离的问题。

另外，依靠在石英光纤包层外侧密接设置肖氏硬度 D65 以上的热可塑性氟化丙烯酸酯树脂这种硬质聚合物涂敷层来试图实现对接式连接器的敛缝对接试验在“特开平 2 - 151821 号公报”中被提出。

可是，虽然这种“特开”方法对光纤包层直径为 $125\mu\text{m}$ 、硬质树脂涂敷层直径为 $140\mu\text{m}$ 以上的粗径光纤芯线的情况进行敛缝对接时相当有效，但这种粗径光纤与 $125\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$ 这种统一标准的现有石英 GI 型光纤间的连接有困难，与现有石英 GI 型光纤存在互换性方面的困难。

如果像上述“特开”那样，光纤芯线的硬质涂敷层外径在 $140\mu\text{m}$ 以上的话，与不带硬质树脂的现有 $125\mu\text{m}$ 直径石英GI型光纤芯线相比在传输损耗方面并不差。可是，当为了使硬质涂敷层外径达到 $125\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$ 而减薄包层的厚度时，传输损耗急剧增加而对实用化造成困难。

因此人们追求即使硬质树脂涂敷层外径与石英GI型光纤具有相同的 $125\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$ 的直径或更小时，损耗增加较小并且即使使用对接式连接器敛缝对接时光纤也不发生破裂和缺陷，不仅如此，当增加对接压力时对接损耗应随之减小。

发明的公开

本发明以提供具有下述特征的宽频带光纤为主要目的：解决上述现有技术的缺点，具有适合于通信用的宽频带，当使用对接式连接器时在足够的对接压力下敛缝对接时能够防止光纤破裂和缺陷产生，能够减小对接损耗、提高轴对准精度，减小连接损耗，而且与现有 $125\mu\text{m}$ 石英GI型光纤容易接合，与现有石英GI型光纤互换性好。

为达到此目的，本发明的宽频带光纤纤芯由具有折射率分布的石英玻璃构成，包层由纤芯外侧密接设置的石英玻璃构成，涂敷层由包层外侧密接设置的聚合物构成，由此而形成折射率分布型宽频带光纤，其特征是：上述聚合物涂敷层由具有D55以上的肖氏硬度的紫外线硬化硬质聚合物组成，并且其厚度达 $5\mu\text{m}$ 以上。特别是在聚合物涂敷层外径为 $128\mu\text{m}$ 以下（ $125\mu\text{m} \pm 3\mu\text{m}$ 或更小）时有效。

作为构成聚合物涂敷层的硬质聚合物，最好是折射率要在1.50以上且不含氟元素的紫外线硬化型丙烯酸树脂。

本发明的宽频带光纤芯线是在上述宽带光纤的聚合物涂敷

层外侧密接设置一层或数层一次涂敷层，接着在其外侧密接设置二次涂敷层而构成的光纤芯线，并且其特征是在一次涂敷层内至少最内层要由软质聚合物构成。

本发明的宽频带光纤缆芯的特征是在上述宽带光纤芯线外侧设置聚合物套层。

本发明的带有连接器的光纤芯线或者是带有连接器的光线缆芯的特征是：在上述宽频带光纤芯线或者缆芯的一端或两端去掉一次涂敷层及二次涂敷层，或者再去掉聚合物套层，但保留聚合物涂敷层的状态下能进行对接式连接操作。

本发明中仅由玻璃纤芯、玻璃包层外侧密接设置的硬质聚合物的聚合物涂敷层构成的光纤和仅由玻璃纤芯及玻璃包层的以往的裸光纤可同样对待，因此以下称上述光纤也叫裸光纤（或就称为光纤）。光纤芯线是将裸光纤的外侧经一次涂敷形成的光纤基线按单根或多根径二次涂敷而形成的。光纤缆芯是在光纤芯线的外侧再形成一层聚合物套层以提高其机械强度。必要时可以在其间设置抗张力材料。

根据本发明，即使将形成了聚合物涂敷层的 GI 型裸光纤的直径做到 $128\mu\text{m}$ 以下时传输损耗和传输带宽也都很理想。而且使用对接式连接器在足够的压力下进行敛缝对接时也不会发生光纤破裂和产生缺陷的现象，故能够减小对接损耗，提高纤芯的轴对准精度，减少连接损耗。

因此即使对于石英 GI 型宽频带光纤（芯线，缆芯）也可在不会给光纤特性带来坏的影响的情况下，用对接式连接器进行连接操作。

另外，作为与标准化的现有石英 GI 型光纤具有相同外径的裸光纤，能够形成性能优良的带有连接器的光纤芯线和缆芯，故

与石英 GI 型光纤的连接很容易，与现有石英 GI 型光纤的互换性也很好。

附图的简单说明

图 1 是本发明的折射率分布型光纤芯线的一例的横截面示意图。

图 2 是现有的石英 GI 型光纤芯线的横截面示意图。

图 3 是本发明中用于聚合物涂敷层的硬质聚合物的肖氏硬度和力学硬度的关系图。

图 4 给出了实施例 7 和比较例 6 的低温特性实验结果及传输损耗的随时间变化的关系。

图中符号 1 ~ 5、A 和 B 的意义如下：

1：由带有折射率分布的石英玻璃构成的纤芯。2：由石英玻璃构成的包层。3：由硬质聚合物构成的聚合物涂敷层。4：一次涂敷层。5：二次涂敷层。A：实施例 7。B：比较例 6。

实施本发明的最佳形态

本发明中石英玻璃构成的纤芯是将入射光功率限制在其中传输的光纤的中心部分，该纤芯由掺杂剂形成的折射率分布型石英玻璃构成。包层包围纤芯的外侧，它比纤芯的折射率低，也由石英玻璃构成。

包层直径是指最接近包层外表面的圆的直径。纤芯直径是指最接近纤芯范围的圆的直径。纤芯范围是具有下式表示的折射率 n 的范围，它占据光纤的内部。

$$n_1 \geq n \geq n_2 + 0.05 \times (n_1 - n_2)$$

(n_1 = 纤芯的最大折射率， n_2 = 包层的折射率)

由折射率分布型石英玻璃纤芯和石英玻璃包层构成的光纤是通过对具有所要求的折射率分布的原料石英玻璃棒进行加热抽

丝而得到的。原料石英玻璃棒可由硅化物玻璃主原料与锗化物玻璃添加剂经气相反应制得。以轴向气相沉积法为主已知有很多制造方法，只要能得到合适的折射率分布和低损耗，用哪种方法都行。例如可以使用特公昭 56 - 31291 号公报、特公昭 56 - 33327 号公报、特公昭 58 - 44619 号公报、特公昭 59 - 6260 号公报、特公昭 59 - 13451 号公报，特公昭 59 - 27728 号公报、特公昭 62 - 123038 号公报的方法来制造。

本发明的石英玻璃纤芯具有 1.8 ~ 2.2 的折射率分布参数 α ，因此最适于 150MHz · km 带宽的信号传输，特别是当 α 在 1.9 ~ 2.1 范围时，更适合扩展信号传输带宽。

本发明的纤芯直径最好是小于 65.5 μm ，这样可以确保与现有石英 GI 型光纤的对准精度和互换性。特别是以 $50 \pm 3\mu\text{m}$ 或者 $62.5 \pm 3\mu\text{m}$ 为最好。另外包层直径最好小于 118 μm ，特别是 97 ~ 118 μm 为最好，这样可以得到所要求的硬质聚合物涂敷层外径及厚度。

还有，光纤的数值孔径 (NA) 可以由纤芯的最大折射率及包层的折射率通过下式算出。此数值孔径小于 0.3，特别是在 0.18 ~ 0.29 范围内最好，这样可得到足够的频带宽度。

$$\text{NA} = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

(n_1 是纤芯最大折射率， n_2 是包层折射率)

特别是从保证与现有石英 GI 型光纤的对准性及互换性这点来看最好与日本工业标准 (JIS) C6832 中规定的数值孔径 (即，纤芯直径/裸光纤直径 = 50/125 μm 时 $\text{NA} = 0.20 \pm 0.02$ ，纤芯直径/裸光纤直径 = 62.5/125 μm 时 $\text{NA} = 0.275 \pm 0.015$) 相一致。

本发明中发明了包层外侧密接设置特定的硬质聚合物涂

敷层。此硬质聚合物必须是具有 D55 以上肖氏硬度的紫外线硬化树脂。还有，聚合物涂敷层的外径是指最接近聚合物涂敷层外表面的圆的直径。不能用热可塑性树脂代替上述硬质聚合物。因为使用热可塑性树脂在石英包层的外侧无论是熔融态涂敷还是液态涂敷，涂敷后都要干燥，这样与包层的密接性不好，芯线直径的均匀性也不好，还存在微弯曲损耗等问题。再有，靠应力拉断光纤时得不到镜面端面。

在紫外线硬化树脂中也以丙烯酸酯类的硬化速度快的树脂为好。因为不需减小拉丝速度就能得到所需的硬度。

构成丙烯酸酯类的紫外线硬化树脂的硬化性单体是以丙烯酰基与甲基丙烯酰基这种可紫外线硬化的双键的硬化性单体为主体。如果硬化后硬度能够达到 D55 以上的肖氏硬度，不论是由单一单体还是由混合单体组成都行。还有，其分子内的双键数有多少都可以。分子内有如下化学键也行：酰胺基、亚胺基、尿烷基、酯基、环氧基、氢氧基、碳酸脂基、酮基、磺基、亚硫酸基、密胺键、硅氧烷基等。

另外树脂中可能含有卤素原子。但是如果含有氟原子。会减小表面摩擦力，因而会减小对接缝的对接力，因此会增加对接损耗，这是不希望出现的。还有树脂中氟含量增加会使折射率降低，从而达不到所要求的折射率水平。此外这种硬质聚合物中也可含有能增强与石英包层的密接性的硅烷耦合剂。

再有，具有大于 D55 的高肖氏硬度是必要的。如果达到这样的高硬度，使用对接式连接器对接操作时，能减小连接损耗的同时还能减小纤芯轴偏离，另外在切断光纤和研磨端面时能得到整齐的端面和研磨面。

肖氏硬度由 ASTM - D2240 中的 D 法测定的值。硬质聚

合物的硬度可按上述方法，在生产光纤的同时由已板状硬化的聚合物板的硬度测出。

最外层带有聚合物涂敷层的裸光纤，其聚合物涂敷层硬度可以用钻石顶锥押入式力学硬度计（使用微小压缩实验机（岛津制作所制 MCTE - 500），带有钻石制正三角顶锥（棱间隔 = 115 度））或维氏硬度计测出。这样测出的力学硬度或维氏硬度与肖氏硬度之间的关系如图 3 所示几乎是线性的。因此，构成聚合物涂敷层的硬质聚合物的肖氏硬度大于 D55 时，相当于力学硬度或维氏硬度 5 度以上的水平。

聚合物涂敷层用的硬质聚合物最好具有比石英玻璃包层更大的折射率。包层石英玻璃的折射率一般为 1.458，所以硬质聚合物的折射率最好大于 1.50。如果折射率低于此值，在聚合物涂敷层的内表面传输光因内反射会产生附加模式从而使频带变窄。

还有，此硬质聚合物的线胀系数最好在 $0.6 \times 10^{-4} \sim 2.0 \times 10^{-4}/\text{deg}$ 之间为好。小于 $0.6 \times 10^{-4}/\text{deg}$ 时光纤过脆，在切断和研磨时易产生缺陷，得不到整齐的切断面和研磨面。相反地，当线胀系数大于 $2.0 \times 10^{-4}/\text{deg}$ 时，容易产生微弯曲损耗。

硬质聚合物涂敷层要有 $5\mu\text{m}$ 以上的厚度，特别是在 $5 \sim 15\mu\text{m}$ 之间最好。在使用对接式连接器敛缝对接时，为了防止产生由于对接应力集中造成的玻璃包层或玻璃纤芯的破裂和缺陷，需要有 $5\mu\text{m}$ 以上的厚度。虽然涂敷层越厚上述效果越好，但如太厚的话为了保证芯线直径在 $128\mu\text{m}$ 以下包层要很薄，包层如过薄的话微弯曲损耗会增大，聚合物涂敷层和纤芯的轴偏离会增加，所以涂敷层厚度最好在 $15\mu\text{m}$ 以下。

本发明中，在除掉一次涂敷层和二次涂敷层但保留聚合物涂敷层的光纤上可安上对接式连接器，从这一点来说，其聚合物涂

敷层的外径和形状的精度越高越好。例如将外径的偏差控制在 $\pm 6\%$ 以下，外径的非圆率控制在 4% 以下为好。特别是将外径的偏差控制在 $\pm 3\%$ 以下，外径的非圆率控制在 2% 以下为最好。

其外径偏差是以聚合物涂敷层的公称外径与实际外径的差对公称外径的百分比来表示的。其非圆率是用以下两圆的直径差对聚合物涂敷层外径的百分比来表示的，这两个圆是以最接近聚合物涂敷层外表面的圆的中心为圆心，一个是聚合物涂敷层外表面的内接圆，另一个是外接圆。

其聚合物涂敷层的外径在 $128\mu\text{m}$ 以下，特别是在 $125 \pm 3\mu\text{m}$ 时最合适。达到这个值后与现有的以 $125 \pm 3\mu\text{m}$ 为统一标准的现有石英 GI 型光纤的耦合较容易。再有可以保持与现有石英 GI 型光纤的互换性。即可以较容易地保证与现有石英 GI 型光纤的匹配和互换性。

上述聚合物涂敷层可用下述方法制成。

先将具有石英玻璃纤芯和石英玻璃包层的 GI 型石英母材拉丝，接着在拉丝的光纤基体表面按所要求厚度涂敷未硬化状态的聚合物涂敷层的硬质聚合物的硬化性组成物，接着用紫外线照射，使其硬化到所要求的硬度和折射率。

然后在聚合物涂敷层外侧密接涂敷一次涂敷层，接着在其外侧密接涂敷二次涂敷层。一次涂敷层要在 $0\text{℃} \sim -40\text{℃}$ 这种低温范围下进行涂敷，这样即使当二次涂敷层失去柔性时也能保持使光纤芯线的传输损耗不增加。一次涂敷层不管是单层还是多层，至少其最内层要由软质聚合物构成。其最内层如果不含软质聚合物就会产生微弯曲损耗增大的问题。

这里使用的软质聚合物是具有 D35 以下肖氏硬度的聚合物，现有石英 GI 型光纤中一次涂敷层使用的丙烯酸酯或硅酯类

紫外线硬化树脂是合适的材料。由这种软质聚合物构成的一次涂敷层的最内层的外侧可涂敷较硬的聚合物作为一次涂敷层的第二层。此时的聚合物可从上述聚合物涂敷层中的硬质聚合物中选择一种，也就是说可以是和聚合物涂敷层所用的硬质聚合物相同的聚合物。还有这些一次涂敷层的外径可根据用途和要求任意选择，一般在 250 ~ 500 μm 之间为合适。

对于构成聚合物涂敷层的硬质聚合物和一次涂敷层内层的软质聚合物来说，最好选择其玻璃转化温度在能得到的光纤制品的实际使用方面提供的温度范围之外的聚合物。例如，当光纤的实际使用温度在 - 20 ~ 60 $^{\circ}\text{C}$ 时，构成聚合物涂敷层的硬质聚合物的玻璃转化温度最好在 60 $^{\circ}\text{C}$ 以上，构成一次涂敷层最内层的软质聚合物的玻璃转化温度最好在 - 20 $^{\circ}\text{C}$ 以下。还有当一次涂敷层为多层结构时，由软质聚合物构成的一次涂敷层的最内层的外侧的一次涂敷层的第二层最好选用玻璃转化温度在 60 $^{\circ}\text{C}$ 以上的硬质聚合物。当光纤的使用温度范围在 - 40 ~ 80 $^{\circ}\text{C}$ 之间，相应的聚合物的玻璃转化温度依次为 80 $^{\circ}\text{C}$ 以上，- 40 $^{\circ}\text{C}$ 以下，最好是在 80 $^{\circ}\text{C}$ 以上。

光纤的传输损耗一般在低温下增加，如果满足上述玻璃转化温度，就能抑制低温下损耗的增加，而且能够抑制由于温度高低之间反复变化带来的不利影响。在聚合物冷却过程中在其玻璃转化温度附近聚合物由橡胶状态变化到玻璃状态时硬度也随之产生较大的变化，光纤的传输损耗因此受到不利的影 响，传输损耗的增加速度加快，考虑到这一现象，为了避开这种不利的影 响，应选择使用玻璃转化温度在光纤使用温度范围之外的聚合物。

还有，聚合物的玻璃转化温度是使用精工电子公司的“TMA”检测器，在 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 条件下测出的。

在一次涂敷层的外侧进行二次涂敷的光纤芯线，可以是单根式双根同时进行涂敷，也可以是三根以上同时涂敷而形成带状结构。二次涂敷材料是四氟乙烯和六氟丙烯的共聚物，乙烯和四氟乙烯的共聚物，聚四氟乙烯、四氟乙烯和全氟烷基乙烯醚共聚物等耐热含氟树脂；尼龙 11，尼龙 12 等聚酰胺树脂；聚酰亚胺树脂或紫外线硬化树脂等都可使用。按用途和要求的不同可任意选择。

在这种光纤芯线的外侧再形成一层能抗张力的聚合物套层后，就成为能实际使用的光纤缆芯。为了具有抗张力可以介入钢纤维等抗张力材料，也可以和铜电线构成复合缆。

本发明的光纤芯线和光纤护层与以往的石英 GI 型光纤芯线和护层一样，使用时其端部可配有连接器，其连接器最好使用能敛缝对接的对接型连接器。

对于光纤芯线，在要配连接器的端部剥掉一次和二次涂敷层，但保留聚合物涂敷层，在这种状态下插上连接器并通过敛缝固定好，其后根据需要可按常规方法处理连接端面。

此外，在光纤缆芯的情况下，在要配连接器的端部剥掉一次和二次涂敷层及聚合物套层，但保留聚合物涂敷层，在这种状态下插上连接器并通过敛缝固定好，其后根据需要可按常规方法处理连接端面。

这样，本发明中要装配对接连接器时，可在保留聚合物涂敷层的状态下在其上通过敛缝安装对接连接器。

因此与粘接式连接器相比操作时间短，而且可以不使用粘接剂，在铺设光纤芯线、缆芯或光缆时，施工现成作业可大大简化。

光纤缆芯装上对接型连接器后的连接端面处理方面如使用本发明的硬质聚合物作为聚合物涂敷层的话，仅靠应力拉断形成

的端面是足够整齐的，也可进行端面研磨。靠应力拉断形成端面具有简便的优点，靠研磨形成端面具有连接损耗低及重现性好的优点。其端面研磨采取平面研磨对球面研磨都可以。

本发明中的各种特定的参数是由下面的方法测出的。

聚合物的肖氏硬度：按照 ASTM - D2240 中的 D 方法测量，此时，将形成聚合物涂敷层的硬化性组成物在与形成聚合物涂敷层相同的硬化条件下使其硬化做成 1mm 厚的板状样品，测量此样品的硬度。对于一次涂敷层用的软质聚合物，将其用于形成聚合物的硬化性组成物在与形成一次涂敷层相同的硬化条件下硬化，做成板状样品。

石英玻璃纤芯的折射率分布参数 α ：将光纤切成圆形薄片状试样，在显微镜下测出其干涉条纹，按能由此算出折射率的常规薄膜干涉法求出实用波长所对应的折射率分布参数 α 。

带有连接器的光纤的平均轴偏离量 (μm)：

用显微镜观察测量石英玻璃包层的外径中心与连接器套管中心的偏心量，取 10 次的平均值。

套管敛缝损耗 (dB)：在不粘接、不挤压的状态下将长 3m 的试样光纤装在连接器的一端，将波长为 850nm 的 LED 的光耦合进光纤没装连接器的一端，将从另一端出射的透过光通量作为初始光通量。接着调整连接器套管与光纤之间的压力，由此产生一个 2kg 的光纤拉力，在此状态下按上述方法测出其透过光通量。求出此光通量与初始光通量的差，以三次的平均值做为套管敛缝损耗。

光纤端面的平均镜面面积比 (%)：将光纤加力拉断后，用显微镜测量纤芯截面的镜面面积，求出镜面面积与纤芯总的截面面积的比值，取 10 次测量的平均值。

以下部分将列举实施例和比较例来具体说明本发明，但本发明并不只限定于下面的实施例。

实施例 1

为了得到纤芯直径为 $62.5\mu\text{m}$ 、包层直径 $125\mu\text{m}$ 的折射率分布型光纤，首先用轴向气相淀积法制造石英 GI 型玻璃母材，将母材进行玻璃化制成石英玻璃棒。将石英玻璃棒连续通过 $2200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的加热炉拉丝，得到包层直径为 $100\mu\text{m}$ 的光纤基体。此时的纤芯直径是 $50\mu\text{m}$ 。

其次将硬化后能构成肖氏硬度为 D77、折射率为 1.460 的紫外线硬化型氟化丙烯酸酯树脂的硬化性组成物用 $0.1\mu\text{m}$ 的过滤器过滤后供给涂胶机。

由拉丝的光纤基体表面上由涂胶机涂上硬化性组成物后，马上用中心波长为 360nm 的紫外线灯照射使其硬化，然后按一定速度绕在绕线机的线轴上，聚合物涂敷层外径为 $125\mu\text{m}$ 的裸光纤就制成了。此裸光纤的数值孔径为 0.20，聚合物外径偏差为 1%，非圆率为 0.8%。

将所得到的裸光纤分别按照外径为 $250\mu\text{m}$ 和 $400\mu\text{m}$ 的数值将两种（软、硬两种）一次涂敷用的紫外线硬化型尿烷丙烯酸酯树脂涂敷在其上并使其硬化，接着再按照 $900\mu\text{m}$ 外径熔融涂敷二次涂敷用的尼龙 12，这样就得到了光纤芯线。将此芯线包上外径为 4mm 的套层就形成了光纤缆芯。所得到的光纤缆芯在 850nm 波长处的传输损耗和传输带宽分别为 2.7dB/km 和 $250\text{MHz} \cdot \text{km}$ ，是透光性和传输带宽都非常好的光纤。

在所得到的光纤缆芯的端部将一次涂敷层以外的各层剥掉就是外径为 $125\mu\text{m}$ 的裸光纤，在此裸光纤部位上装上与 PCF 用的对接型连接器（东芝公司制，TOCP101QK 型，包层直径

230 μm 用) 有相同结构、经改造适用于 125 μm 包层直径的连接器, 连接器只与聚合物涂敷层贴紧连接, 将从连接器露出的纤尾用光纤钳剪断, 使其露出端面。

配有连接器的光纤的轴偏离量平均小于 1.8 μm , 光纤没有对接损伤, 套管敛缝损耗小于 0.10dB。镜面面积比率平均高达 82%, 性能良好。

实施例 2 ~ 6 及比较例 1 ~ 5

如表 1 和表 2 所示除拉丝条件、硬质聚合物种类、涂敷条件改变以外, 在与实施例 1 相同的条件下制造了光纤缆芯。同样, 在带有连接器的条件下进行了评价。其结果如表 1 和表 2 所示。

表 1

| | 实施例 1 | 实施例 2 | 比较例 1 | 比较例 2 | 比较例 3 | 实施例 3 | 比较例 4 |
|---|---------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|---------------------|---------------------|
| 纤芯直径(μm) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 纤芯的折射率分布参数 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 |
| 包层直径(μm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 125 | 115 | 120 |
| 聚合物涂敷层外径(μm) | 125 | 125 | 125 | 125 | 140 | 125 | 125 |
| 聚合物涂敷层厚(μm) | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 7.5 | 5 | 2.5 |
| 构成聚合物涂敷层的硬质聚合物种类 | UV 硬化 氟化树脂 | UV 硬化 丙烯酸酯 树脂 | UV 硬化 丙烯酸酯 树脂 | 热可塑性 氟化树脂 | 热可塑性 氟化树脂 | UV 硬化 丙烯酸酯 树脂 | UV 硬化 丙烯酸酯 树脂 |
| 硬质聚合物的硬度 | D77 | D65 | D50 | D65 | D65 | D55 | D65 |
| 硬质聚合物的折射率 | 1.460 | 1.520 | 1.514 | 1.490 | 1.490 | 1.524 | 1.520 |
| 硬质聚合物的线胀系数 ($\times 10^{-4}/\text{deg}$) | 0.6 | 1.1 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.1 |
| 传输损耗(dB/km) | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 4.3 | 3.1 | 2.5 | 2.4 |
| 传输带宽(MHz·km) | 250 | 400 | 400 | 350 | 350 | 400 | 400 |
| 平均轴偏离量(μm) | 1.8 | 3.5 | 6.5 | 1.9 | 2.2 | 1.9 | 0.9 |
| 光纤对接损伤有无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 有 |
| 套管敛缝损耗(dB) | 0.10 | 0.05 | 0.14 | 0.18 | 0.121 | 0.09 | 1.20 |
| 平均镜面面积比(%) | 82 | 91 | 68 | 61 | 66 | 80 | 90 |

表 2

| | 比较例 5 | 实施例 4 | 实施例 5 | 实施例 6 |
|---|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| 纤芯直径(μm) | 50 | 62.5 | 62.5 | 62.5 |
| 纤芯的折射率分布参数 | 1.98 | 1.98 | 1.98 | 1.98 |
| 包层直径(μm) | 85 | 100 | 100 | 100 |
| 聚合物涂敷层外径(μm) | 125 | 125 | 125 | 125 |
| 聚合物涂敷层厚(μm) | 20 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| 构成聚合物涂敷层的硬 质聚合物种类 | UV 硬化 丙烯酸酯 树脂 | UV 硬化 氟化树脂 | UV 硬化 丙烯酸酯 树脂 | UV 硬化 氟化树脂 |
| 硬质聚合物的硬度 | D40 | D77 | D65 | D70 |
| 硬质聚合物的折射率 | 1.520 | 1.460 | 1.520 | 1.486 |
| 硬质聚合物的线胀系数 ($\times 10^{-4}/\text{deg}$) | 1.1 | 0.6 | 1.1 | 2.1 |
| 传输损耗(dB/km) | 2.8 | 2.8 | 2.6 | 3.3 |
| 传输带宽(MHz km) | 400 | 250 | 400 | 300 |
| 平均轴偏离量(μm) | 8.5 | 2.0 | 3.2 | 3.5 |
| 光纤对接损伤有无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 套管敛缝损耗(dB) | 0.25 | 0.11 | 0.05 | 0.13 |
| 平均镜面面积比(%) | 60 | 78 | 91 | 92 |

如表 1 和表 2 所示, 实施例 2 ~ 6 与实施例 1 一样, 传输损耗及传输带宽都很理想, 而且由于带有敛缝连接器, 其轴对准精度高, 光纤无损伤, 敛缝损耗小, 截面的镜面比率也比较高。

与此相反, 比较例 1 和 5 由于硬质聚合物的肖氏硬度低, 因而轴偏离量大, 敛缝损耗大, 镜面面积比率也较小。另外, 使用了热可塑性氟化丙烯酸酯树脂的比较例 2 和 3 的镜面面积比率都比较小, 再有, 虽然包层直径为 $125\mu\text{m}$, 聚合物涂敷层直径为 $140\mu\text{m}$ 的比较例 3 的传输损耗和敛缝损耗都很好, 但当包层直径减小到 $100\mu\text{m}$, 聚合物涂敷层直径减小到 $125\mu\text{m}$ 时, 如比较例 2 所示传输损耗和敛缝损耗都变坏。还有, 比较例 4 所示, 由于聚合物涂敷层过厚, 不能防止对接时光纤产生损伤, 敛缝损耗也增大。

实施例 7 及比较例 6

由实施例 2 得到的光纤缆芯, 除其一次涂敷层的内层的软质聚合物改成玻璃转化温度为 $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的聚合物外, 对于用与比较例 1 相同工艺制造的光纤缆芯进行了低温实验。

低温实验: 将 850nm 波长的 LED 光耦合进 500m 长的光纤缆芯的一端, 在另一端按上光功率计, 在此状态下将光纤中间部分的 498m 放入恒温槽中, 按低温 - 高温顺序反复进行热周期实验, 温度变化按 $\rightarrow -20\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 60\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow -20\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 顺序进行, 一个周期 2 小时, 进行 100 次, 测量此时传输损耗随时间的变化。

图 4 给出了由实验结果得到的传输损耗随时间的变化。图 4 的纵轴是相对于热周期开始前的传输损耗的比值, 负值表示恶化。表 3 给出了各参数的测量结果。

如图 4 和表 3 所示, 作为构成聚合物涂敷层及 1 次涂敷层内层的聚合物, 当选用其玻璃转化温度在合适温度范围内的聚合物

时，如实施例 7 所示，传输特性受温度影响小，低温下传输特性也很好。与此相反，当选用玻璃转化温度在合适温度范围外的聚合物时，如比较例 6 所示，传输特性受温度影响大，特别是低温传输特性不好。

还有，比较例 6 中的聚合物涂敷层的硬质聚合物的硬度过低，与比较例 2 一样，装上连接器后其敛缝损耗增大。

表 3

| | 实施例 7 | 比较例 6 |
|-------------------------|---------------------|---------------------|
| 纤芯直径(μm) | 50 | 50 |
| 纤芯的折射率分布参数 | 1.98 | 1.98 |
| 包层直径(μm) | 100 | 100 |
| 聚合物涂敷层外径(μm) | 125 | 125 |
| 聚合物涂敷层厚(μm) | 12.5 | 12.5 |
| 构成聚合物涂敷层的硬质聚合物种类 | UV 硬化 丙烯酸酯 树脂 | UV 硬化 丙烯酸酯 树脂 |
| 硬质聚合物的硬度 | D65 | D50 |
| 硬质聚合物的玻璃转化温度(℃) | 86 | 45 |
| 1 次涂敷最内层软质聚合物的玻璃转化温度(℃) | -40 | -14 |
| 1 次涂敷外层硬质聚合物的玻璃转化温度(℃) | 104 | 104 |
| 传输损耗(dB/km) | 2.6 | 2.6 |
| 低温特性 | 图 4(A) | 图 4(B) |

图1

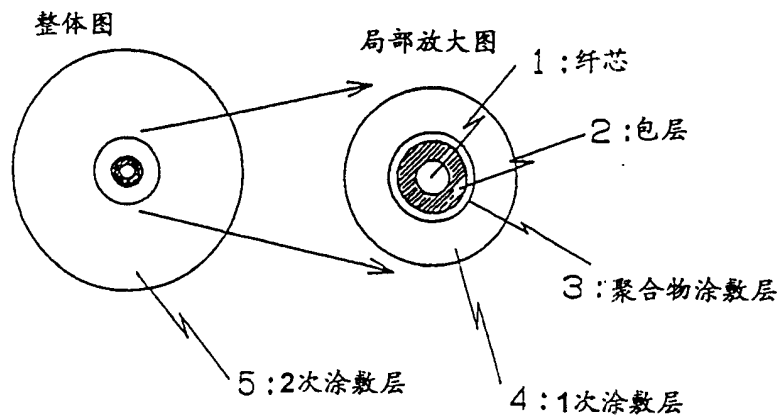
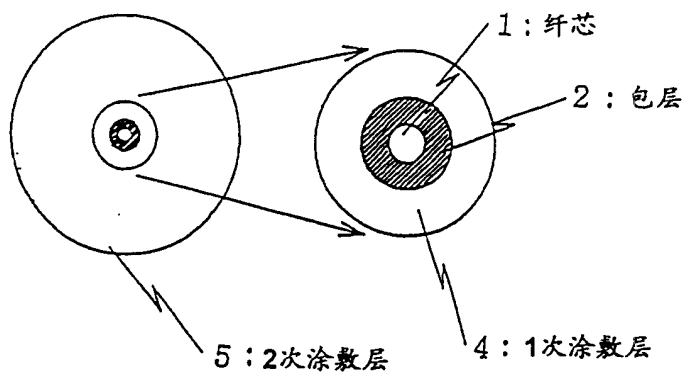


图2



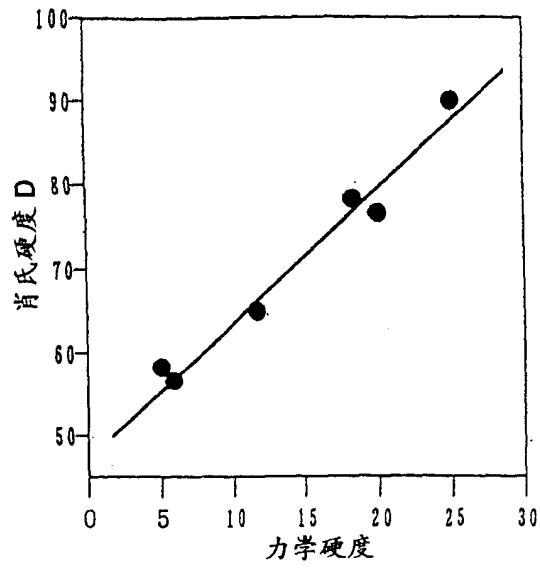


图3

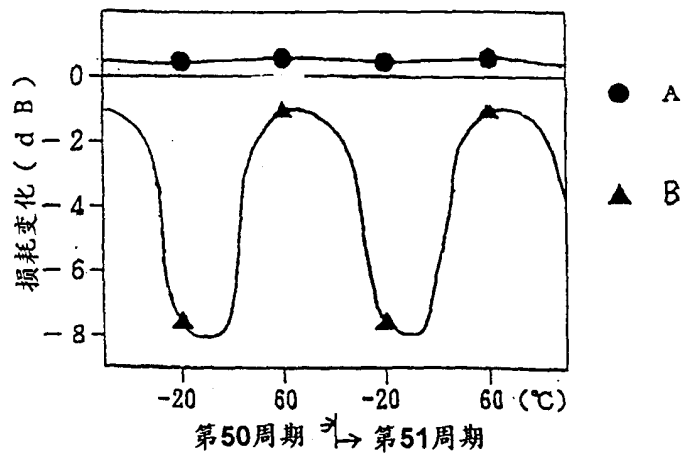


图4