



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102472861 B

(45) 授权公告日 2013.06.26

(21) 申请号 201080030954.7

(22) 申请日 2010.07.05

(30) 优先权数据

2009-163317 2009.07.10 JP

2009-293955 2009.12.25 JP

2010-087570 2010.04.06 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.01.10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/061378 2010.07.05

(87) PCT申请的公布数据

W02011/004785 JA 2011.01.13

(73) 专利权人 积水化学工业株式会社

地址 日本大阪府

专利权人 学校法人庆应义塾

(72) 发明人 吉田博次 中尾亮介 稻部裕香

冈本多鹤 正部佑季 青山真登

小池康博

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 张涛

(51) Int. Cl.

G02B 6/00 (2006.01)

C08F 20/14 (2006.01)

C08F 20/22 (2006.01)

C08F 22/40 (2006.01)

C08L 33/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1231618 C, 2005.12.14, 全文.

JP 特开平 4-243203 A, 1992.08.31, 全文.

审查员 张中青

权利要求书1页 说明书13页

(54) 发明名称

光纤及其制造方法

(57) 摘要

本发明的目的在于提供一种以甲基丙烯酸三氯乙酯作为纤芯部单体主成分的可实现高速通信的光纤,其透明性优异且富于挠性。所述光纤由纤芯部以及配置在该纤芯部外周的包层部构成,上述纤芯部以含有甲基丙烯酸三氯乙酯(TCEMA)70重量%以上的单体的聚合物作为主要构成成分而形成,上述包层部以含有甲基丙烯酸甲酯(TCEMA)20重量%以上的单体的聚合物作为主要构成成分而形成,本发明提供一种光纤,所述纤芯部以含有TCEMA70重量%以上的单体的聚合物作为主要构成成分而形成,上述包层部的外周被以聚碳酸酯作为主成分的塑料包覆。

1. 一种光纤,其包含纤芯部以及设置在该纤芯部外周的包层部,其中,所述纤芯部以全部单体中含有 70 重量%以上的甲基丙烯酸三氯乙酯 TCEMA 的单体所形成的聚合物作为主要构成成分,所述包层部以全部单体中含有 20 重量%以上的甲基丙烯酸甲酯 MMA 的单体所形成的聚合物作为主要构成成分。

2. 根据权利要求 1 所述的光纤,其中,纤芯部的主要构成成分为下述聚合物,所述聚合物以 TCEMA 和选自 MMA、丙烯酸甲酯 MA、N-环己基马来酰亚胺 N-cHMI、丙烯酸环己酯 cHA、丙烯酸三氯乙酯 TCEA、丙烯酸异冰片酯 iBoA 及甲基丙烯酸环己酯 cHMA 中的至少 1 种单体为构成单元。

3. 根据权利要求 1 或 2 中所述的光纤,其中,包层部主要构成成分为下述聚合物,所述聚合物以 MMA 和选自 TCEMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 及 cHMA 中的至少 1 种单体为构成单元。

4. 一种光纤,其包含纤芯部以及设置在该纤芯部外周的包层部,其中,所述纤芯部以全部单体中含有 70 重量%以上的 TCEMA 的单体所形成的聚合物作为主要构成成分,所述包层部的外周被以聚碳酸酯作为主要成分的塑料包覆。

5. 根据权利要求 4 所述的光纤,其中,纤芯部的主要构成成分是以 TCEMA 和含有选自 MMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 及 cHMA 中的至少 1 种的单体为构成单元的聚合物。

6. 根据权利要求 4 或 5 中所述的光纤,其中,包层部的主要构成成分是以 50 重量%以上的 TCEMA 和 50 重量%以下的含有选自 MMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 及 cHMA 中的至少 1 种的单体为构成单元的聚合物。

7. 根据权利要求 1 或 4 中任一项所述的光纤,其中,纤芯部中含有掺杂剂,并且纤芯部具有折射率分布。

8. 根据权利要求 7 所述的光纤,其中,掺杂剂为选自二苯基硫醚 DPS、磷酸三苯酯 TPP、二苯砜 DPSO 及磷酸三(2-乙基己基)酯 TOP 中的至少 1 种。

9. 一种光纤的制造方法,所述光纤包含纤芯部以及设置在该纤芯部外周的包层部,所述纤芯部的主要构成成分是以 TCEMA 和含有选自 MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 及 cHMA 中的至少 1 种的单体为构成单元、且以所述 TCEMA 为主要成分的聚合物,所述 TCEMA 在构成所述聚合物的全部单体中的含量为 70 重量%以上,

该方法包括,通过熔融挤出掺杂剂扩散法至少对纤芯部赋予折射率分布。

光纤及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光纤及其制造方法,更详细而言,涉及一种以具有高透明性的甲基丙烯酸三氯乙酯(TCEMA)为主成分的单体的聚合物作为纤芯部的光纤及其制造方法。

背景技术

[0002] 目前已知以聚甲基丙烯酸甲酯等甲基丙烯酸类树脂作为纤芯部的光纤。此类塑料制光纤具有以下各种优点:具有良好的挠性,轻质且加工性良好,易于制成口径大的纤维,且可以低成本地制造。

[0003] 一般而言,对于在近红外~红外区域(600~1550nm)引起光吸收的碳-氢键较少的含卤素的烷基(甲基)丙烯酸酯树脂,在理论上应该透明性优异。

[0004] 例如,在波长650nm处聚甲基丙烯酸甲酯的碳-氢键所导致的吸收损失估算为96dB/km,与其相反,聚 α -氯代丙烯酸甲酯的碳-氢键的吸收损失估算为62dB/km。由此提出:作为构成纤芯部聚合物的成分,通过含有以 α -氯丙烯酸甲酯作为主成分,以含有卤素的烷基(甲基)丙烯酸酯作为另一成分,并以折射率低于纤芯部的聚合物作为包层部,则可以得到耐热性及耐湿性等良好的塑料光纤(例如,日本特开昭62-147404号公报)。

[0005] 此外,聚甲基丙烯酸三氯乙酯的碳-氢键的吸收损失估算为49dB/km。

[0006] 然而,实际上,当纤芯部和包层部均以聚甲基丙烯酸三氯乙酯为主成分构成光纤时,挠性变得极为不佳,而且还存在无法用于通信用途的问题。

发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 本发明是鉴于上述问题而完成的,其目的在于提供一种以甲基丙烯酸三氯乙酯作为纤芯部单体主成分的可实现高速通信的光纤,其透明性优异且富于挠性。

[0009] 解决问题的方法

[0010] 作为本发明的光纤及其制造方法,包含以下发明。

[0011] (1) 一种光纤,其包含纤芯部以及设置在该纤芯部外周的包层部,所述纤芯部以含有70重量%以上的甲基丙烯酸三氯乙酯(TCEMA)的单体所形成的聚合物作为主要构成成分,所述包层部以含有20重量%以上的甲基丙烯酸甲酯(MMA)的单体所形成的聚合物作为主要构成成分。

[0012] (2) 根据上述(1)所述的光纤,其中,纤芯部的主要构成成分为以包含TCEMA和选自MMA、丙烯酸甲酯(MA)、N-环己基马来酰亚胺(N-cHMI)、丙烯酸环己酯(cHA)、丙烯酸三氯乙酯(TCEA)、丙烯酸异冰片酯(iBoA)及甲基丙烯酸环己酯(cHMA)中的至少1种单体为构成单元的聚合物。

[0013] (3) 根据上述(1)或(2)所述的光纤,其中,包层部的主要构成成分为以包含MMA和选自TCEMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA及cHMA中的至少1种单体为构成单元的聚合物。

[0014] (4) 一种光纤,其包含纤芯部以及配置在该纤芯部外周的包层部,所述纤芯部以含有 70 重量%以上的 TCEMA 的单体所形成的聚合物作为主要构成成分,所述包层部的外周被以聚碳酸酯作为主成分的塑料包覆。

[0015] (5) 根据上述 (4) 所述的光纤,其中,纤芯部的主要构成成分是以含有 TCEMA 和选自 MMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 及 cHMA 构成的组中的至少 1 种单体为构成单元的聚合物。

[0016] (6) 根据上述 (4) 或 (5) 所述的光纤,其中,包层部的主要构成成分是以含有 TCEMA 50 重量%以上和选自 MMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 及 cHMA 中的至少 1 种单体 50 重量%以下为构成单元的聚合物。

[0017] (7) 根据上述 (1) ~ (6) 中任一项所述的光纤,其中,纤芯部中含有掺杂剂,并且纤芯部具有折射率分布。

[0018] (8) 根据上述 (7) 所述的光纤,其中,掺杂剂为选自二苯基硫醚 (DPS)、磷酸三苯酯 (TPP)、二苯基砷 (DPSO) 及磷酸三(2-乙基己基)酯 (TOP) 中的至少 1 种。

[0019] (9) 一种光纤的制造方法,所述光纤包含纤芯部以及配置在该纤芯部外周的包层部,所述纤芯部以包含 TCEMA 和选自 MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 及 cHMA 中的至少 1 种单体为构成单元、且以所述 TCEMA 为主成分的聚合物作为主要构成成分,通过熔融挤出掺杂剂扩散法,至少对纤芯部赋予折射率分布。

[0020] 发明效果

[0021] 按照本发明,可以获得透明性优异、且富于挠性的可实现高速通信的光纤。

[0022] 发明的具体实施方式

[0023] 本发明的光纤由纤芯部和配置在纤芯部外周的包层部构成。然而,在本说明书中所说的光纤,有时也包含包覆包层部外周的包覆层。

[0024] 在本发明中,所谓纤芯部和包层部,各自与光纤中光学意义上的核心及包覆无关,而是将构成核心的主成分形成的聚合物所构成的层称作纤芯部,将构成包覆的主成分形成的聚合物所构成的层称作包层部。

[0025] 光纤通常被分类为多模式光纤和单模式光纤,而本发明的光纤特别有利于多模式光纤。

[0026] 进一步地,多模式光纤又被分类为突变指数 (Step Index) (SI) 型和具有折射率分布的渐变指数 (Graded index) (GI) 型,而本发明的光纤优选为 GI 型。在此的折射率分布意指:折射率从纤维中心朝半径方向以接近抛物线的曲线或以一定宽度阶段性地变化。其中,优选折射率从中心朝半径方向降低。通过使其具有所述的折射率分布,可以提高通信速度。

[0027] 此外,折射率也可以从纤维中心朝半径方向一度呈曲线地或阶段性地降低,然后再呈曲线地或阶段性地增加。在这种情况下,对于纤芯部和包层部的最外层,优选纤芯部的折射率较高,也可以包层部最外层的折射率高于纤芯部。

[0028] 作为本发明的光纤的一种实施方式,可以列举具有由特定成分构成的纤芯部和由特定成分构成的包层部的光纤 A。

[0029] 在上述的光纤中,形成纤芯部的聚合物优选以含有甲基丙烯酸三氯乙酯(以下有时记为“TCEMA”)作为主成分。该聚合物特别优选以含有 TCEMA 和选自作为任意成分的甲

基丙烯酸甲酯（以下有时记为“MMA”）、丙烯酸甲酯（以下有时记为“MA”）、N-环己基马来酰亚胺（以下有时记为“N-cHMI”）、丙烯酸环己酯（以下有时记为“cHA”）、丙烯酸三氯乙酯（以下有时记为“TCEA”）、丙烯酸异冰片酯（以下有时记为“iBoA”）、以及甲基丙烯酸环己酯（以下有时记为“cHMA”）中的至少 1 种单体而形成。在此，“主成分”意指那些为得到聚合物时而使用的全部单体中重量最多的成分（以下含义相同）。

[0030] 纤芯部优选以构成聚合物的全部单体中 TCEMA 占 70 重量%以上的聚合物作为主要构成成分来形成。在此，“主要构成成分”意指构成纤芯部的全部成分中重量最多的成分，并且还意味着除了主要构成成分以外，还可以含有其它聚合物、后述的掺杂剂、添加剂等（以下含义相同）。

[0031] 来源于含有 70 重量%以上的 TCEMA 的单体的聚合物，可以是仅使用 TCEMA 的聚合物，也可以是在全部单体中使用 95 重量%以下的 TCEMA 的聚合物。特别优选纤芯部中含有的 TCEMA 为全部单体的 80 ~ 95 重量%、更优选为 80 ~ 100 重量%，进一步优选为 100 重量%。

[0032] 当形成纤芯部时的主要构成成分为以 70 重量%以上的比例使用 TCEMA 而得到的聚合物时，该纤芯部透明性优异，通信距离可以增长。

[0033] 当使用作为任意成分的 MMA 时，适宜使用 30 重量%以下（优选 20 重量%以下）的 MMA。当设定在此范围内时，可以适度地调节纤芯部的折射率，不仅可维持透明性、挠性，而且可以提高通信速度。

[0034] 当使用作为任意成分的 MA、cHA、TCEA、iBoA 或 cHMA 时，MA、cHA、TCEA、iBoA 或 cHMA 分别适宜使用 10 重量%以下（优选 8 重量%以下）。

[0035] 将 MA 设定在此范围内时，可以适度地调节纤芯部的折射率，并且在维持透明性、挠性的同时，还可以提高通信速度。

[0036] 当分别将 cHA、TCEA 及 cHMA 设定在此范围内时，可以用作透明性、挠性优异的光纤。

[0037] 将 iBoA 设定在此范围内时，可以提高纤芯部的玻璃化转变温度，且不仅可维持透明性、挠性，而且还可以用作耐热性优异的光纤。

[0038] 当使用作为任意成分的 N-cHMI 时，适宜使用 20 重量%以下（优选 15 重量%以下）的 N-cHMI。将其设定在此范围时，可以提高纤芯部的玻璃化转变温度，而且不仅可维持透明性、挠性，还可以用作耐热性优异的光纤。

[0039] 当使用包含选自作为任意成分的 MMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 和 cHMA 中的至少 2 种单体时，其所使用的总量适宜为全部单体的 30 重量%以下，优选为 20 重量%以下。

[0040] 纤芯部优选仅由实质上使用 70 重量%以上的 TCEMA 所形成的聚合物作为聚合物成分来形成。

[0041] 形成包层部的聚合物，以含有 MMA 而形成的聚合物为适宜。特别适宜的是以含有 MMA 和选自作为任意成分的 TCEMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 和 cHMA 中的至少 1 种单体形成的聚合物，特别优选的是以 MMA 和上述任意成分作为单体来源的聚合物作为主要构成成分的聚合物。在此，主要构成成分意指：构成包层部的全部成分中重量最多的成分，并且还意味着除了主要构成成分以外，还可以含有其它聚合物、后述的掺杂剂、添加剂等（以下含义相同）。

[0042] 包层部适宜由使用 MMA 占全部单体的 20 重量%以上的聚合物来形成。包层部也可以通过仅使用 MMA 的聚合物形成,也可以通过在全部单体中使用 95 重量%以下的 MMA 的聚合物形成。特别优选包层部中的 MMA 为全部单体的 30 ~ 95 重量%、30 ~ 100 重量%。

[0043] 将以 20 重量%以上的比例使用 MMA 的聚合物作为主要构成成分形成包层部时,其挠性优异、与纤芯部相比可以适度地降低折射率、抑制弯曲损失、且可以提高通信速度。

[0044] 当使用作为任意成分的 TCEMA 时,TCEMA 适宜使用 80 重量%以下(优选 70 重量%以下)。将其设定在此范围内时,可以适度地调节包层部的折射率,同时可以提高玻璃化转变温度,不仅可维持透明性、挠性,而且还可以用作高速通信性、耐热性优异的光纤。

[0045] 当使用作为任意成分的 MA、cHA、TCEA、iBoA 或 cHMA 时,MA、cHA、TCEA、iBoA 或 cHMA 分别适宜使用 10 重量%以下(优选 8 重量%以下)。

[0046] 将 MA、cHA、TCEA、cHMA 设定在此范围内时,可以适度地调节包层部的折射率,不仅可维持透明性、挠性,而且还可以用作高速通信性优异的光纤。

[0047] 将 iBoA 设定在此范围内时,可以适度地调节包层部的折射率,同时可以提高包层部的玻璃化转变温度,不仅可维持透明性、挠性,而且还可以用作高速通信性、耐热性优异的光纤。

[0048] 当使用作为任意成分的 N-cHMI 时,适宜使用 20 重量%以下(优选 15 重量%以下)的 N-cHMI。将其设定在此范围时,可以适度地调节包层部的折射率,同时可以提高包层部的玻璃化转变温度,不仅可维持透明性、挠性,而且还可以用作高速通信性、耐热性优异的光纤。

[0049] 当使用包含选自作为任意成分的 TCEMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 和 cHMA 中的至少 2 种单体时,其所使用的总量适宜为全部单体的 80 重量%以下。

[0050] 包层部优选仅以通过含有 MMA 和选自作为任意成分的 TCEMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 和 cHMA 中的至少 1 种单体所形成的聚合物作为聚合物成分而形成。

[0051] 需要说明的是,构成纤芯部和包层部的构成成分,可以是同一组成,即构成单体的种类及其比例相同,但优选是不同的组成。

[0052] 作为本发明的光纤的另一个实施方式,可以列举具有以特定成分构成的纤芯部及包覆包层部外周的塑料包覆材料(以下有时记作“包层包覆材料”)的光纤 B。

[0053] 在所述光纤中,形成纤芯部的聚合物,适宜以含有 TCEMA 作为主成分形成的聚合物,特别优选以含有 TCEMA 和选自作为任意成分的 MMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 和 cHMA 中的至少 1 种单体所形成的聚合物。

[0054] 用以包覆包层部外周的塑料包覆材料,优选由以聚碳酸酯作为主成分的塑料形成的包覆材料。

[0055] 纤芯部适宜由与上述的具有由特定成分构成的纤芯部以及由特定成分构成的包层部的光纤 A 中的纤芯部相同的材料形成。

[0056] 包层部适宜由使用 50 ~ 100 重量%的 TCEMA 的聚合物形成。特别优选包层部中含有的 TCEMA 为全部单体的 50 ~ 90 重量%、60 ~ 100 重量%、60 ~ 90 重量%。使用任意成分的情况下,优选使用下述的至少 1 种单体: MMA 为 0 ~ 50 重量%、优选为 0 ~ 40 重量%, MA 为 0 ~ 10 重量%、优选为 0 ~ 8 重量%, N-cHMI 为 0 ~ 20 重量%、优选为 0 ~ 15 重量%, cHA 为 0 ~ 10 重量%、优选为 0 ~ 8 重量%, TCEA 为 0 ~ 10 重量%、优选为 0 ~ 8

重量%，iBoA 为 0 ~ 10 重量%、优选为 0 ~ 8 重量%，cHMA 为 0 ~ 10 重量%、优选为 0 ~ 8 重量%。使用含有选自作为任意成分的 MMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA 和 cHMA 中的至少 2 种的单体时，其使用的总量适宜为全部单体中的 50 重量%以下。

[0057] 通过将其设定在上述范围内，不仅可维持透明性，而且还可以用作高速通信性、耐热性优异的光纤。

[0058] 需要说明的是，包层部可以具有与上述的具有由特定成分构成的纤芯部以及由特定成分构成的包层部的光纤 A 中的包层部相同的组成。

[0059] 此外，在所述光纤中，构成纤芯部和包层部的构成成分可以是同一组成，即构成单体种类及其比例相同，但优选是不同的组成。

[0060] 用以包覆包层部外周的塑料包覆材料，只要是机械强度特性优异、且能够获得与包层部具有充分密合性的材料即可，可以由任意物质形成，特别是通过用聚碳酸酯包覆包层部的外周，可以维持透明性、耐热性，同时可以用作挠性优异的光纤。所述包覆材料适宜通过以聚碳酸酯作为主成分的塑料形成，从耐化学药品性、流动性优异的观点来看，优选与聚酯复合的改性聚碳酸酯。对于由包覆材料形成的包覆层的厚度并无特别限定，但适宜为 50 μm 以上且 500 μm 以下。将其设定在上述范围内，可以满足挠性优异、且具有柔软性等的光纤所必需的物性。

[0061] 本发明的光纤中，纤芯部优选含有掺杂剂。通过含有掺杂剂，可以改变光纤中纤芯部的折射率，使其具有折射率分布。其中，优选折射率从中心朝半径方向降低。通过使其具有上述的折射率分布，可以提高通信速度。为了使其具有折射率分布，调整纤芯部中的掺杂剂的浓度分布是特别有效的。需要说明的是，包层部中也可以含有掺杂剂。

[0062] 掺杂剂适宜和作为纤芯部和 / 或包层部的主要构成成分的聚合物之间具有相溶性，且是具有比上述聚合物的折射率更高或更低折射率的化合物。通过使用相溶性良好的化合物，可以避免产生纤芯部的浑浊，极力地抑制散射损失，并增大可通信的距离。

[0063] 以具有高折射率的化合物作为掺杂剂时，通过使掺杂剂浓度从中心朝半径方向降低的方式来调整浓度分布，可以使其具有折射率从中心朝半径方向降低的折射率分布。

[0064] 以具有低折射率的化合物作为掺杂剂时，通过使掺杂剂浓度从中心朝半径方向升高的方式来调整浓度分布，可以使其具有折射率从中心朝半径方向降低的折射率分布。

[0065] 此外，在混合掺杂剂时，可以混合两种以上折射率不同的化合物。在上述的两种以上化合物中，优选含有具备比作为纤芯部和 / 或包层部的主要构成成分的聚合物的折射率更高折射率的化合物以及更低折射率的化合物。与仅混合高折射率的化合物或仅混合低折射率的化合物的情况相比，通过并用这样的高折射率的化合物以及低折射率的化合物，可以相对减少为获得与其相同折射率差时所混合的掺杂剂的添加量。因此，玻璃化转变点相对变高，可以提高由此得到的光纤的耐热性。

[0066] 作为可选用的掺杂剂，可以列举低分子化合物或者存在于这些化合物中的氢原子被重氢原子取代了的化合物等。作为具有高折射率的低分子化合物，可以列举如下：二苯基砷 (DPSO) 及二苯基砷衍生物 (例如，4,4' - 二氯二苯基砷、3,3',4,4' - 四氯二苯基砷等氯化二苯基砷)、二苯基硫醚 (DPS)、二苯基亚砷、二苯并噻吩、二噻烷衍生物等硫化物；磷酸三苯酯 (TPP)、磷酸三甲苯酯等磷酸化合物；苯甲酸苄基酯；苯二甲酸苄基正丁酯；苯二甲酸二苯酯；联苯；二苯甲烷等。作为具有低折射率的低分子化合物，可以列举磷酸三

(2-乙基己基)酯(TOP)等。这些化合物可以单独使用,也可以2种以上并用。

[0067] 特别优选DPSO、DPS、TPP、TOP。DPSO和DPS的折射率高达1.63,TPP的折射率高达1.563,TOP的折射率低至1.442,且与以TCEMA作为主成分的单体的聚合物作为主要构成成分的纤芯部之间的相容性优异,因此可以维持透明性、耐热性,且可同时提高通信速度。

[0068] 此外,优选DPS、TPP、TOP。对于在制造光纤时的热负荷所导致的对以TCEMA作为主成分的单体的聚合物的热分解而言,DPS对其具有抑制效果,TPP、TOP可以捕获由于热负荷产生的脱离的盐酸。

[0069] 当使用后述的熔融挤出掺杂剂扩散法进行制造时,通过使挤出所使用的纤芯部材料中含有高折射率掺杂剂和/或使挤出所使用的包层部材料中含有低折射率掺杂剂,可以使其具有折射率从中心朝半径方向降低的折射率分布。

[0070] 在纤芯部材料中所含有的掺杂剂的量,可以通过构成纤芯部的聚合物的组成、所需折射率、使用的构成包层部的聚合物的折射率、使用的掺杂剂的种类等进行适当调节。例如,可以列举相对于构成纤芯部的聚合物100重量份为0.1~25重量份左右,进一步地为1~20重量份左右、2~15重量份左右等。此外,在包层部材料中所含有的掺杂剂的量,可以通过构成包层部的聚合物的组成、所需折射率、使用的构成纤芯部的聚合物的折射率、使用的掺杂剂的种类等进行适当调节,例如,可以列举相对于构成包层部的聚合物100重量份为0~25重量份左右,进一步地为0~20重量份左右、0~15重量份左右等。特别是在使用TOP的情况下,可以列举0~25重量份左右,优选为0~20重量份左右、进一步优选0~15重量份左右等。通过将掺杂剂的量设定在上述范围内,可以适宜地调节纤芯部的折射率分布,防止光纤的T_g降低,同时,可以维持光纤的透明性、耐热性、挠性并抑制弯曲损失,且可以提高通信速度。进一步地,在使用后述的熔融挤出掺杂剂扩散法制造光纤的情况下,可以提高纤芯部材料和/或包层部材料在挤出时的流动性。

[0071] 构成本发明光纤的纤芯部和包层部的聚合物,可以按照本领域公知的方法来制造。例如,可以列举对构成聚合物的单体的混合物进行溶液聚合、本体聚合、乳液聚合或悬浮聚合等的方法等。其中,从防止异物、杂质混入的观点来看,优选本体聚合法。

[0072] 对于此时的聚合温度并无特别限定,例如,适宜为80~150℃左右。反应时间可以根据单体的量、种类、后述的聚合引发剂、链转移剂等的量、反应温度等来适当调节,适宜为20~60小时左右。

[0073] 这些聚合物在成形后述的纤芯部和/或包层部时,可以同时地或连续地制造。

[0074] 构成纤芯部和/或包层部的聚合物,除了上述的TCEMA、MMA、MA、N-cHMI、cHA、TCEA、iBoA和cHMA以外,优选不使用其它的单体成分,但是也可以在不损害所获得的光纤特性的范围内,进一步含有聚合性单体等。

[0075] 作为(甲基)丙烯酸酯类化合物,可以列举如下:例如甲基丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸正丙酯、甲基丙烯酸正丁酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸正丙酯、丙烯酸正丁酯、甲基丙烯酸五氟苯基酯、甲基丙烯酸三氟乙酯、甲基丙烯酸六氟异丙酯、氟代丙烯酸六氟异丙酯等;作为苯乙烯类化合物,有苯乙烯、 α -甲基苯乙烯、氟代苯乙烯、五氟苯乙烯、氯代苯乙烯、溴代苯乙烯等;作为乙烯基酯类,有乙酸乙烯酯、苯甲酸乙烯酯、乙酸乙烯苯酯、氯乙酸乙烯酯等;作为马来酰亚胺类,包括马来酰亚胺、N-甲基马来酰亚胺、N-正丁基马来酰亚胺、N-叔丁基马来酰亚胺、N-异丙基马来酰亚胺、N-苯基马来酰亚胺等;此外,还有富马酸二环己酯、丙烯

腈、9- 乙炔基咪唑、甲基丙烯酸酐等 ; 以及这些单体的重氢取代物等。

[0076] 在制造聚合物时, 优选使用聚合引发剂和 / 或链转移剂等添加剂。

[0077] 作为聚合引发剂, 可以列举常规的自由基引发剂。例如, 可以列举 : 过氧化苯甲酰、叔丁基过氧化 -2- 乙基己酸酯、二叔丁基过氧化物、叔丁基过氧化碳酸异丙酯、4,4- 双 (过氧化叔丁基) 戊酸正丁酯 (n-butyl-4,4-bis(t-butyl peroxy) valerate) 等的过氧化物类化合物 ; 2,2'- 偶氮二异丁腈、2,2'- 偶氮二 (2- 甲基丁腈)、1,1'- 偶氮二 (环己烷 -1- 甲腈)、2,2'- 偶氮二 (2- 甲基丙烷)、2,2'- 偶氮二 (2- 甲基丁烷)、2,2'- 偶氮二 (2- 甲基戊烷)、2,2'- 偶氮二 (2,3- 二甲基丁烷)、2,2'- 偶氮二 (2- 甲基己烷)、2,2'- 偶氮二 (2,4- 二甲基戊烷)、2,2'- 偶氮二 (2,3,3, - 三甲基丁烷)、2,2'- 偶氮二 (2,4,4- 三甲基戊烷)、3,3'- 偶氮二 (3- 甲基戊烷)、3,3'- 偶氮二 (3- 甲基己烷)、3,3'- 偶氮二 (3,4- 二甲基戊烷)、3,3'- 偶氮二 (3- 乙基戊烷)、二甲基 -2,2'- 偶氮二 (2- 甲基丙酸酯)、二乙基 -2,2'- 偶氮二 (2- 甲基丙酸酯)、二叔丁基 -2,2'- 偶氮二 (2- 甲基丙酸酯) 等的偶氮类化合物等。上述引发剂可以单独使用, 也可以 2 种以上并用。

[0078] 适宜使用相对于全部单体为 0.01 ~ 2 重量%左右的聚合引发剂。

[0079] 作为链转移剂并无特别限定, 可以使用公知的链转移剂。适宜使用例如 : 烷基硫醇类 (正丁基硫醇、正戊基硫醇、正辛基硫醇、正十二烷基硫醇、叔十二烷基硫醇 (t-dodecyl mercaptan) 等)、苯硫酚类 (苯硫酚、间溴苯硫酚、对溴苯硫酚、间甲苯硫醇、对甲苯硫醇等) 等。其中, 适宜使用正丁基硫醇、正辛基硫醇、正十二烷基硫醇、叔十二烷基硫醇等烷基硫醇。另外, 也可以使用 C-H 键的氢原子被重氢原子或氟原子取代的链转移剂。上述链转移剂可以单独使用, 也可以 2 种以上并用。

[0080] 链转移剂通常用于调整在成形方面及物性方面的适当的分子量。对各单体的链转移剂的链转移常数, 可以参考例如聚合物手册第 3 版 (J. BRANDRUP 和 E. H. IMMERGUT 编、JOHN WILEY&SON 发行) 的“高分子合成的实验法” (天津隆行、木下雅悦共著、化学同人、昭和 47 年刊) 等, 通过实验求出。因此, 优选考虑到链转移常数, 并根据单体的种类等适宜地调整其种类和添加量。例如可以列举相对于全部单体为 0.01 ~ 4 重量%左右。

[0081] 对于构成纤芯部和 / 或包层部的聚合物, 其重均分子量适宜在 5 ~ 30 万左右的范围内, 优选在 10 ~ 25 万左右。原因在于可以确保适宜的挠性、透明性等。需要说明的是, 在纤芯部和包层部中, 例如, 为了调节粘度等, 分子量也可以不同。重均分子量是指, 可以通过例如 GPC (凝胶渗透色谱法 Gel Permeation Chromatography) 测定的以聚苯乙烯换算的值。

[0082] 在不损害光纤的透明性、耐热性等性能的范围内, 可以根据需要在构成本发明光纤的聚合物中混合 : 配合剂、例如, 热稳定化助剂、加工助剂、耐热促进剂、抗氧化剂、光稳定剂等添加剂。上述成分可以单独使用, 也可以 2 种以上组合使用。

[0083] 作为耐热促进剂, 可以列举, 例如, α - 甲基苯乙烯类、N- 苯基马来酰亚胺类等。

[0084] 作为抗氧化剂, 可以列举, 例如, 酚类抗氧化剂等。

[0085] 作为光稳定剂, 可以列举, 例如, 受阻胺类光稳定剂等。

[0086] 将上述配合物和单体或聚合物混合的方法, 可以列举例如, 热混 (hot blending) 法、冷混 (cold blending) 法、溶液混合法等。

[0087] 作为制造本发明的光纤的方法, 可以利用本领域公知的方法。

[0088] 作为光纤的制造方法的一个实施方式,例如,为了在1层或2层以上的纤芯部外周上形成1层或2层以上的包层部,可以利用界面凝胶聚合法、旋转聚合、熔融挤出掺杂剂扩散法、复合熔融纺丝和管中棒(rod in tube)法等。

[0089] 在本发明的光纤的制造方法中,可以预先形成预成形体,再进行拉伸、拉丝等,也可以按照上述的方法直接形成纤维。

[0090] 具体而言,可列举使用2台以上的熔融挤出机和2层以上的多层模头及多层用纺丝喷嘴,来形成纤芯部以及包层部的熔融挤出法。

[0091] 即,将用于构成纤芯部和包层部的聚合物等分别加热熔融,再从各流路将其注入多层模头和多层用纺丝喷嘴。在所述模头和喷嘴处将纤芯部挤出成型的同时,在其外周挤出1层或2层以上的同心圆状的包层部,通过使其融合一体化以形成纤维或预成形体。

[0092] 需要说明的是,在使光纤具有GI型折射率分布、特别是至少纤芯部具有折射率分布时,可以列举如下方法,例如W093/08488号中所记载,设定一定的单体组成比、加入掺杂剂、并在聚合物界面使单体进行本体聚合,通过此反应赋予掺杂剂浓度分布的界面凝胶聚合、或者通过旋转聚合法进行所述界面凝胶聚合反应机制的旋转凝胶聚合法;使得折射率不同的单体添加组成比率渐进式地发生变化,即,控制前层的聚合率(降低聚合率),再将较高折射率的次层加以聚合,使得从包层部界面开始直至中心部,折射率分布为渐进式增加所进行的旋转聚合方法;将棒状的纤芯部和中空状的包层部嵌合,并通过加热处理,使纤芯部外周面和包层部内周面融合一体化,同时使预先混合在纤芯部中的掺杂剂朝周边方向扩散,和/或使预先混合在包层部中的掺杂剂向中心部扩散,从而赋予掺杂剂浓度分布的管中棒法等方法。

[0093] 此外,还可以列举如下方法:使用2台以上的熔融挤出机和2层以上的多层模头以及多层用纺丝喷嘴形成纤芯部和包层部以后,接着在设置的热处理区,使得预先混合在纤芯部中的掺杂剂向周边方向扩散,和/或预先混合在包层部中的掺杂剂向中心部扩散,从而赋予掺杂剂浓度分布的熔融挤出掺杂剂扩散法;分别将掺杂剂的量发生改变的聚合物等导入至2台以上的熔融挤出机中,以多层结构将纤芯部和/或包层部挤出成型的方法等。

[0094] 当利用熔融挤出掺杂剂扩散法成形出GI型光纤时,纤芯部特别优选以TCEMA和含有选自MA、N-cHMI、cHA、TCEA和iBoA和cHMA构成的组中的至少1种单体作为构成成分,以将TCEMA作为主成分的聚合物为主要构成成分而形成。在此所述的“以将TCEMA作为主成分的聚合物为主要构成成分而形成”意指:例如,如上所述,在构成纤芯部的全部成分中,将以TCEMA作为主成分的聚合物(即,TCEMA为全部单体中重量最多的聚合物)设定为重量最多的成分。

[0095] 在使用MA的情况下,通过使用0~10重量%(优选2~8重量%)范围的MA,可以抑制挤出时产生的热所导致的聚合物的热劣化,且可以适当地调节纤芯部的折射率,维持透明性、挠性且同时提高通信速度。

[0096] 在使用N-cHMI的情况下,通过使用0~20重量%(优选2~15重量%)范围的N-cHMI,可以抑制挤出时产生的热所导致的聚合物的热劣化,且可以提高纤芯部的玻璃化转变温度,维持透明性、挠性的同时提高耐热性。

[0097] 在使用cHA、TCEA、cHMA的情况下,通过分别使用0~10重量%(优选2~8重量%)范围的cHA、TCEA、cHMA,可以抑制挤出时产生的热所导致的聚合物的热劣化,且可以

制造出透明性、挠性优异的光纤。

[0098] 在使用 iBoA 的情况下,通过使用 0 ~ 10 重量% (优选 2 ~ 8 重量%) 范围的 iBoA,可以抑制挤出时产生的热所导致的聚合物的热劣化,且可以提高纤芯部的玻璃化转变温度,维持透明性、挠性且同时提高耐热性。

[0099] 此外,在使用作为任意成分的 MMA 的情况下,适宜使用 30 重量%以下的 MMA,优选使用 20 重量%以下的 MMA。将其设定在上述范围的情况下,可以适当调节纤芯部的折射率,维持透明性、挠性且同时提高通信速度。

[0100] 当赋予 SI 型及阶跃 (multistep) 型折射率分布时,适宜使用 2 台以上的熔融挤出机和 2 层以上的多层模头以及多层用纺丝喷嘴,将构成不含掺杂剂的芯层和包层部的聚合物等加以熔融挤出。

[0101] 当利用上述方法等形成光纤的预成形体时,可以通过将该预成形体熔融拉伸来制作塑料光纤。关于拉伸,可以列举例如,使预成形体通过加热炉等的内部对其进行加热,熔融后进行拉伸纺丝的方法。可以根据预成形体的材质等适当确定加热温度,例如,举例为 180 ~ 250℃ 左右。可以考虑得到的预成形体的直径、所期望的光纤直径以及所使用的材料等适当调整拉伸条件 (拉伸温度等)。

[0102] 此外,可以在任意阶段进行热处理。通过所述热处理,可以使得掺杂剂向光纤或预成形体的周边部或中心部扩散。优选任意地调节此时的条件 (例如,温度、时间、压力、氛围气体组成等)。

[0103] 本发明的光纤可以按其原有的形态直接使用。此外,如上所述,通过使用 1 层或多层的树脂层、纤维层、金属线等包覆材料对其外周进行包覆,和 / 或将多根纤维集束,从而可用于光纤电缆等各种用途。

[0104] 作为包覆光纤的树脂,并无特别限定,优选能够满足光纤电缆等所必需的强度、阻燃性、柔软性、耐化学药品性、耐热性等树脂。例如,聚氯乙烯树脂、氯化聚氯乙烯树脂、氯化聚乙烯树脂、聚乙烯树脂、丙烯酸树脂、氟树脂、聚碳酸酯树脂、尼龙树脂、聚酯树脂、乙烯 - 乙酸乙烯酯共聚物、乙烯 - 乙酸乙烯酯共聚物、氯乙烯 - 乙烯 - 乙酸乙烯酯共聚物、乙酸乙烯酯 - 氯乙烯共聚物等为主成分的树脂等。此外,也可以使用向这些树脂中添加了上述添加剂的组合物。

[0105] 作为纤维,可以列举例如,芳香族聚酰胺 (aramid) 纤维、聚酯纤维、聚酰胺纤维。

[0106] 作为金属线,可以列举不锈钢线、锌合金线、铜线等。

[0107] 作为将树脂包覆在光纤外周的方法,并无特别限定,可以列举在光纤成形后,在表层进行包覆挤出的方法等。

[0108] 此外,使用光纤的电缆,优选在端部使用连接用光接头 (optical plug) 确实地固定于插孔部。作为由插头和插孔所构成的连接器,可以使用 PN 型、SMA 型、SMI 型、F05 型、MU 型、FC 型、SC 型等市售的各种连接器。此外,也可以在使用了光纤的电缆端部不使用连接用接头,而是在媒体转换器等连接器一侧安装 OptoLock (商品名, Firecomms 公司制造) 等的无插头连接器,再插入保持未连接的电缆而进行连接。

[0109] 以下将对本发明的光纤的实施方式进行详细说明,但本发明并不限于下述例子。

[0110] 实施例 1

[0111] 纤维的制作 :利用管中棒法制作光纤。

[0112] 将纯化的 TCEMA 和作为掺杂剂的二苯基硫醚 (以下有时记作“DPS”)以重量比为 TCEMA : DPS = 100 : 4 的比例混合。再添加作为聚合引发剂的二叔丁基过氧化物和作为链转移剂的正十二烷基硫醇,使其在总重量中的浓度分别为 0.03 重量%和 0.2 重量%。然后使用孔径为 0.2 μm 的膜过滤器进行过滤。

[0113] 将其导入玻璃制聚合容器中,利用冷冻脱气法除去溶入的空气,并进行真空密封。将聚合容器的温度维持在 120 $^{\circ}\text{C}$,同时用 40 小时将单体加以聚合,得到外径为 10mm 的纤芯部材料杆料。

[0114] 将纯化的 TCEMA 和 MMA 以重量比为 TCEMA : MMA = 20 : 80 的比例混合。再添加作为聚合引发剂的过氧化苯甲酰和作为链转移剂的正丁基硫醇,使其在总重量中的浓度分别为 0.5 重量%和 0.3 重量%。然后使用孔径为 0.2 μm 的膜过滤器进行过滤。

[0115] 将其导入玻璃制聚合容器中,一边使聚合器沿着圆周方向高速旋转 (约 2500rpm),一边在 70 $^{\circ}\text{C}$ 条件下用 20 小时、进一步地在 90 $^{\circ}\text{C}$ 条件下用 20 小时将单体加以聚合,得到内径 10.5mm、外径 20mm 的中空管。

[0116] 将得到的纤芯部材料杆料、包层部材料中空管切出相同的长度,用蒸馏水清洗,将其嵌合,包覆热收缩管。然后,在真空条件下于 180 $^{\circ}\text{C}$ 加热 5 小时,得到 GI 预成形体。

[0117] 将得到的预成形体垂直向下地插入已调整为 250 $^{\circ}\text{C}$ 的加热炉内,由此进行熔融拉伸而得到 GI 型塑料光纤。

[0118] 纤维外径为约 600 μm ,通过调整拉取速度来控制。

[0119] 对制作的纤维进行以下的测定及试验。

[0120] 损失测定 :使用回切法 (cut back method) 来测定在 665nm 的传输损失。

[0121] 频带测定 :以纤芯直径为 50 μm 的石英多模式纤维所限定的模式发射,来测定 50m 的纤维于 650nm 处的传输频带。

[0122] 卷绕试验 :将光纤在直径 10mm 的杆料上卷绕 5 次,然后以 JIS 6823 为基准测定解除后的传输损失的增加 (解除后相对于卷绕前的损失增加) (表 1 中,“断裂”表示解除后全部的测定光均未透过。)。

[0123] 玻璃化转变温度的测定 :从纤芯部材料杆料上采集试样,在氮气气体氛围下,以 10 $^{\circ}\text{C}$ / 分钟的升温速度,按照 DSC 法进行测定。

[0124] 上述结果示于表 1-2。

[0125] 实施例 2 ~ 26 和比较例 1 ~ 3

[0126] 如表 1-1 和表 1-2 所示,除了改变纤芯部材料和包层部材料的单体成分、掺杂剂的化合物种类及比例以外,其它按照与实施例 1 相同的方法来制作光纤,并对其评价。

[0127] 实施例 27

[0128] 纤维的制作 :利用熔融挤出掺杂剂扩散法制作光纤。

[0129] 将纯化的 TCEMA 和 MA 与作为掺杂剂的 DPS 以重量比为 TCEMA : MA : DPS = 95 : 5 : 10 的比例进行混合。再添加作为聚合引发剂的二叔丁基过氧化物和作为链转移剂的正十二烷基硫醇,使其在总重量中的浓度分别为 0.03 重量%和 0.2 重量%。然后使用孔径为 0.2 μm 的膜过滤器进行过滤。对该混合液施与超声波的同时进行减压脱气,然后装入聚合容器中,将聚合容器的温度维持在 120 $^{\circ}\text{C}$,同时用 40 小时将单体加以聚合,得到纤芯

部材料杆料（外径 30mm）。

[0130] 将纯化的 TCEMA 和 MA 以重量比为 TCEMA : MA = 95 : 5 的比例进行混合。再添加作为聚合引发剂的二叔丁基过氧化物和作为链转移剂的正十二烷基硫醇,使其在总重量中的浓度分别为 0.03 重量%和 0.2 重量%。然后使用孔径为 0.2 μm 的膜过滤器进行过滤。对该混合液施与超声波的同时进行减压脱气,然后装入聚合容器中,将聚合容器的温度维持在 120℃,同时用 40 小时将单体加以聚合,得到包层部材料杆料（外径 30mm）。

[0131] 使用挤出成形机和与其连接的 2 层模具分别将得到的纤芯部材料杆料和包层部材料杆料形成为纤芯部、包层部的多层叠层状,再将其通过加热流路保持一定时间,使纤芯部中含有的掺杂剂向包层部扩散。

[0132] 进一步地,使用另一台挤出成形机将作为包层包覆材料的 XYLEX X7300CL[产品名称, SABIC Innovative Plastics 公司制造, 聚酯改性聚碳酸酯](以下也称作 PC) 加以熔融,使用 2 层模具使上述纤芯部、包层部熔融物的流通过程汇合以包覆至最外周。拉取由模具出口吐出的熔融树脂,得到纤芯部直径、包层部直径和纤维外径分别为 200 μm、280 μm 和 750 μm 的 GI 型塑料光纤。按照与实施例 1 相同的方法对得到的光纤试样进行评价。

[0133] 实施例 28 ~ 42 和比较例 4

[0134] 如表 1-1 和表 1-2 所示,除了改变纤芯部材料和包层部材料的单体成分、掺杂剂的化合物种类及比例以外,其它按照与实施例 27 相同的方法来制作光纤,并对其评价。

[0135] 上述结果示于表 1-2。

[0136] [表 1-1]

		纤芯部					
		TCEMA	共聚合单体		共聚合单体		掺杂剂
		重量%	化合物	重量%	化合物	重量%	化合物 重量份
[0137] 实施例	1	100					DPS 4
	2	100					DPS 4
	3	100					DPS 4
	4	100					DPS 4
	5	100					DPS 10
	6	100					
	7	95	MMA	5			DPS 4
	8	95	MA	5			DPS 4
	9	95	MA	5			TPP 4
	10	95	MA	5			DPSO 4
	11	95	cHA	5			TPP 4
	12	95	TCEA	5			TPP 4
	13	95	iBoA	5			DPS 4
	14	95	cHMA	5			DPS 4
	15	95	MA	5			DPS 4
	16	95	MA	5			TPP 4
	17	95	cHA	5			TPP 4
	18	95	TCEA	5			TPP 4
	19	95	iBoA	5			TPP 4
	20	95	cHMA	5			TPP 4
	21	95	N-cHMI	5			DPS 4
	22	90	N-cHMI	10			DPS 4
	23	85	N-cHMI	15			TPP 10
	24	80	MMA	20			DPS 4
	25	80	MMA	20			DPS 4
	26	76	MMA	24			DPS 4
	27	95	MA	5			DPS 10
	28	95	MA	5			TPP 10
	29	95	MA	5			TPP 8
	30	95	MA	5			DPSO 10
	31	95	cHA	5			DPS 8
	32	95	TCEA	5			DPS 8
	33	95	iBoA	5			DPS 8
	34	95	cHMA	5			DPS 8
	35	95	MA	5			DPS 10
	36	72	MMA	23	MA	5	DPS 8
	37	95	N-cHMI	5			DPS 8
	38	95	N-cHMI	5			DPS 8
	39	95	N-cHMI	5			TPP 8
	40	90	N-cHMI	10			DPS 8
	41	85	N-cHMI	15			TPP 13
	42	95	N-cHMI	5			DPS 8
[0138] 比较例	1	100					DPS 10
	2	60	MMA	40			DPS 4
	3	100					DPS 4
	4	60	MMA	35	MA	5	DPS 4

[0138] [表 1-2]

[0139]

	包层部						包层 包覆	665nm 损失 (dB/km)	频带50m* 650nm (GHz)	卷绕 试验 (dB)	纤芯 材料 T _g (°C)	
	TCEMA	MMA	TFEMA	共聚合单体		掺杂剂						
				化合物	重量%	化合物						重量份
1	20	80					-	88	1.0	0.1	102	
2	5	95					-	90	0.9	0	102	
3		100					-	87	0.8	0	102	
4	30	70					-	89	1.1	0.1	102	
5	70	30					-	93	1.3	0.2	80	
6		100					-	84	0.4	0.1	119	
7		100					-	123	0.9	0	101	
8		100					-	135	1.0	0	103	
9		100					-	110	1.0	0	101	
10		100					-	137	1.0	0	103	
11		100					-	100	1.0	0	102	
12		100					-	98	0.9	0	98	
13		100					-	103	0.9	0	109	
14		100					-	98	0.9	0	96	
15	76	24					-	135	2.0	0.2	103	
16	48	48		MA	4		-	139	1.4	0.1	101	
17	48	48		cHA	4		-	104	1.4	0.1	102	
18	48	48		TCEA	4		-	102	1.4	0.1	98	
19	48	48		iBoA	4		-	107	1.4	0.1	107	
20	48	48		cHMA	4		-	102	1.4	0.1	93	
21		95		N-cHMI	5		-	119	1.0	0	116	
22		90		N-cHMI	10		-	140	1.0	0	126	
23		85		N-cHMI	15		-	158	0.9	0.1	118	
24	5	95					-	152	1.1	0	99	
25		100					-	149	1.0	0	99	
26	50	50					-	148	1.7	0.2	98	
27	95			MA	5		PC	145	1.8	0.1	91	
28	95			MA	5		PC	119	1.8	0.1	85	
29	95			MA	5	TOP	8	PC	114	1.5	0	90
30	95			MA	5		PC	148	1.8	0.1	91	
31	95			cHA	5	TOP	8	PC	104	1.5	0	97
32	95			TCEA	5	TOP	8	PC	102	1.5	0.1	93
33	95			iBoA	5	TOP	8	PC	107	1.5	0.1	100
34	95			cHMA	5	TOP	8	PC	102	1.5	0	87
35	72	23		MA	5		PC	145	1.4	0	91	
36	72	23		MA	5		PC	164	2.0	0	94	
37	95			N-cHMI	5		PC	124	2.0	0.1	106	
38	95			N-cHMI	5	TOP	8	PC	123	1.6	0.1	106
39	95			N-cHMI	5	TOP	8	PC	123	1.6	0.1	105
40	90			N-cHMI	10	TOP	8	PC	141	1.6	0.2	113
41	85			N-cHMI	15	TOP	13	PC	155	1.1	0.2	110
42	72	23		N-cHMI	5		PC	126	1.7	0	106	
1	100						-	95	1.8	断裂	80	
2		100					-	218	1.2	0	96	
3			100				-	88	0.1	0	102	
4	50	40		MA	10		PC	250	2.0	0	101	

[0140] 表中的 TFEMA 意指甲基丙烯酸四氟乙酯。

[0141] 工业实用性

[0142] 本发明作为用于高速通信的光纤、光纤电缆的构成要素有用,进而可以通过改变形状应用于光波导等导光性元件类,照相机 (steel camera) 用、摄像机用、望远镜用、眼镜用、塑料隐形眼镜用、太阳光集光用等的透镜类,凹面镜、多角镜等镜类,五棱镜类等棱镜类等的光学部件。