



(21)申請案號：107131933

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 09 月 11 日

(51)Int. Cl. : **G02B6/42 (2006.01)**

H04B10/25 (2013.01)

(30)優先權：2017/09/11 日本

2017-174197

(71)申請人：小池康博 (日本) KOIKE, YASUHIRO (JP)

日本

日商日東電工股份有限公司 (日本) NITTO DENKO CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：小池康博 KOIKE, YASUHIRO (JP) ; 井上梓 INOUE, AZUSA (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：5 共 29 頁

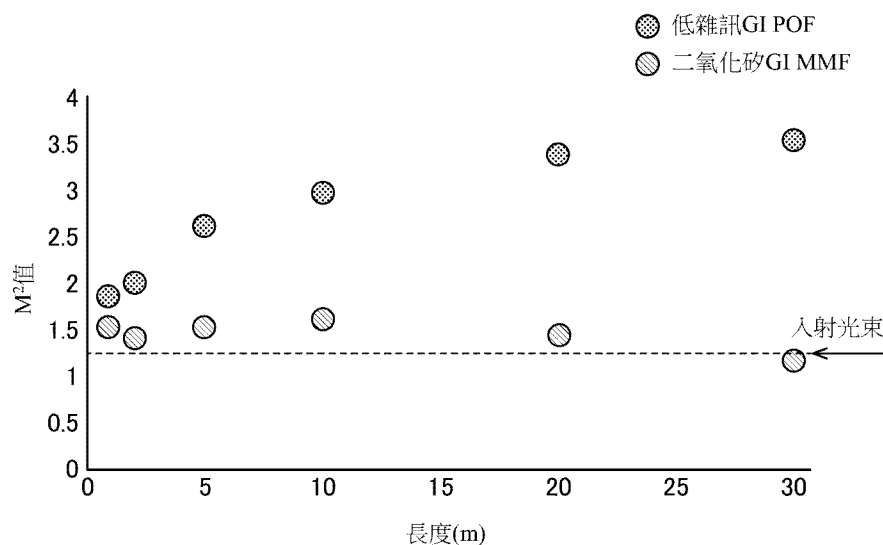
(54)名稱

光纖纜線

(57)摘要

本發明提供一種於短距離傳輸中能夠進行高品質之信號傳輸之光纖纜線。本發明之光纖纜線係用於藉由將來自發光元件之光束傳輸至受光元件而進行之光通信者，具有發光元件側之端部即近端、及受光元件側之端部即遠端，自遠端側返回至發光元件側之光束之 M^2 值為 1.7 以上，且該光纖纜線之長度為 50 m 以下。

指定代表圖：



【圖2】

【發明說明書】

【中文發明名稱】

光纖纜線

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種光纖纜線。本發明尤其係關於一種於短距離傳輸中能夠進行高品質之信號傳輸之光纖纜線。

【先前技術】

【0002】 先前，光纖於中距離、長距離中繼線系統中，以高速通信之長距離化為目的而開發、使用。

【0003】 另一方面，於主要以於家庭內等進行100 m以下之影像機器間之短距離通信為目的之情形時，使用以HDMI(high definition multimedia interface，高畫質多媒體介面)為代表之電纜線。

【0004】 近年來，於預定進行實用廣播之4 K、8 K影像等大容量資料傳輸中，電纜線之傳輸容量之不足、消耗電力之增加、及電磁雜訊之增大成為問題。因此，研究將能夠傳輸大容量通信信號之光纖用於以家庭內之消費光通信為代表之短距離傳輸。

【0005】 然而，已明確若將先前之光纖用於此種家庭內等之短距離之傳輸，則產生與長距離通信之情形時幾乎未考慮之雜訊相關聯之全新之課題，高品質之高速信號傳輸因該雜訊之影響而變得困難。

【0006】 於用於光通信系統之半導體雷射模組中，亦有為了使來自光纖之反射回光衰減、不易產生由反射回光導致之雜訊而使用光隔離器者。

【0007】 於日本專利特開2003-014992號公報中，揭示有一種技

術，其係於採用光隔離器之半導體雷射模組中，以與出射之光之極化波面一致之方式設置偏光元件，藉由偏光元件與光隔離器之兩者使反射回光衰減。

先前技術文獻

專利文獻

【0008】 專利文獻1：日本專利特開2003-014992號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0009】 然而，先前之技術係藉由追加光隔離器或偏光元件等器件而使來自光纖之回光之影響降低，並未嘗試藉由光纖纜線本身之特性而解決由回光導致之問題。

【0010】 本發明提供一種於短距離傳輸中能夠進行高品質之信號傳輸之光纖纜線。

[解決問題之技術手段]

【0011】 本發明者等人於短距離通信用之光鏈路中，著眼於因來自遠方之回光使發光元件不穩定化而對信號傳輸造成之影響。

【0012】 圖1表示使用本發明之光纖纜線之短距離通信用光鏈路之模式概念圖。所謂來自遠方之回光係自VCSEL(垂直共振腔面發光雷射(Vertical Cavity Surface Emitting laser))等發光元件出射，自發光元件側之光纖之端部即近端(端部A)入射而於光纖內傳播之光中，於受光元件側之光纖之端部即遠端(端部B)側(端部B、受光元件(PD)、或連接器等)反射並再次返回至發光元件側之光。作為返回至發光元件側之光，亦可想到來自發光元件附近(端部A等)之回光，但認為此種來自附近之回光並非使發

光元件不穩定化之原因。

【0013】 本發明者等人經過努力研究後發現，來自遠方之回光引起之發光元件之較馳豫頻率低頻率之波動尤其為短距離傳輸中之傳輸品質劣化之主要原因。

【0014】 作為表示可使來自遠方之回光減少之光纖纜線之特性之因素，本發明者等人又著眼於先前用作表示光束品質之參數之 M^2 值。

【0015】 M^2 值係表示光束之與聚光度有關之品質之參數，其以高斯光束(TEM₀₀模式)為基準，使用波長 λ 、利用二次矩定義之光束半徑 $W(D4\sigma)$ 、及光束之擴散角 θ (半角)，如下式(1)所示：

$$\text{【0016】 [數1]} \\ M^2 = \frac{\pi W \theta}{\lambda} \quad (1)$$

【0017】 此處，光束半徑 $W(D4\sigma)$ 可根據出射之雷射光之近場像(Near Field Pattern(NFP))而求出，擴散角 θ (半角)可根據雷射光之遠場像(Far Field Pattern(FFP))而求出。理想之高斯光束中， M^2 值為1。

【0018】 於自光纖出射之雷射光之情形時，其 M^2 值依存於傳播模式。於單模光纖中，能夠傳播之波導模式為一個(HE₁₁模式)，故不會因光散射等而由長度導致 M^2 值變化。另一方面，於存在複數種傳播模式之多模光纖中，出射光之 M^2 值成為不同 M^2 值之模式之疊加，由因光散射產生之模式結合而使高次模式成分越多(聚光性越差)則 M^2 值越大，從而光束品質越差。其結果，除放射損失變大之外，還無法將來自光纖之出射光全部接收，故光信號之傳輸品質降低。因此，認為減小自多模光纖出射之雷射光之 M^2 值對於維持光信號之傳輸品質較為重要。

【0019】 本發明者等人對將先前用作表示雷射光束之品質之參數的

M^2 值作為多模光纖之設計值使用進行了努力研究，結果獲得如下見解：
尤其於短距離通信之情形時，藉由使用將 M^2 值控制為特定值之光纖纜線，可降低來自遠方之回光之影響。

【0020】認為於光纖具有數100埃左右之相關長度之微小之不均勻結構之情形時，能夠加大由前向散射引起之模式結合，能夠控制傳播損失且有效地控制自光纖出射之光之 M^2 值，但並不受到任何理論之約束。認為藉由使用將 M^2 值控制為特定值之光纖纜線，相較於伴隨由模式結合引起之高次模式之增加而產生之傳輸損失，由來自遠方之反射回光之影響減少引起之雜訊降低成為優勢，從而提高傳輸品質。

【0021】即，本發明係一種光纖纜線，其特徵在於：其係用於藉由將來自發光元件之光束傳輸至受光元件而進行之光通信者，具有發光元件側之端部即近端、及受光元件側之端部即遠端，自遠端側返回至發光元件側之光束之 M^2 值為1.7以上，且該光纖纜線之長度為100 m以下。

【0022】於本發明之光纖纜線中，較佳為光束之 M^2 值為5.0以下。

【0023】本發明之光纖纜線亦可為折射率分佈(GI，Graded Index)型。

【0024】又，本發明之光纖纜線亦可為塑膠光纖(POF，Plastic Optical Fiber)。

【0025】於該情形時，塑膠光纖(POF)之纖芯材料較佳為全氟系、部分氟系、或部分氯系、部分氖系之材料。

【0026】又，於該情形時，纖芯材料可設為包含摻雜劑。

[發明之效果]

【0027】根據本發明，尤其於短距離傳輸中，能夠進行高品質之信

號傳輸。

【圖式簡單說明】

【0028】 圖1係本發明之光纖纜線使用之短距離通信用光鏈路之模式概念圖。

圖2係將本發明之一實施形態之多模光纖與先前之多模光纖之 M^2 值加以對比之圖。

圖3係本發明之實施例中所採用之用於算出光纖纜線之 M^2 值之測定系統之模式概念圖。

圖4係本發明之實施例中所採用之用於測定光纖纜線之BER之測定系統之模式概念圖。

圖5係將本發明之一實施形態之多模光纖與先前之多模光纖之BER之對數值加以對比之圖。

【實施方式】

【0029】 塑膠光纖(POF)係纖芯與纖殼均以塑膠為材料之光纖，其最大特徵在於：相對於石英系光纖可撓而彎曲性較強，能夠以大口徑簡易連接。又，分類為纖芯之折射率均勻之SI(Stepped Index，階躍)型與纖芯中具有折射率分佈之GI型，於SI型中，傳播時間根據光之路徑(模式)而不同，故信號脈衝擴散而不適合高速通信，相對於此，於GI型中，傳播時間差因折射率分佈而大幅降低，故能夠進行遠超過十億位元之高速通信。

【0030】 本發明之光纖纜線係來自遠方之回光之 M^2 值成為1.7以上者。

【0031】 圖2係於藉由直線偏光之近似高斯光束而產生之中心激勵下，將對本發明之一實施形態之多模光纖與先前之多模光纖之 M^2 值評價

所得之值加以對比而表示者。入射光源係極化波保持單模光纖(SMF, Single Mode Fiber)尾纖輸出之直線極化波單頻雷射(Thorlabs製造, DBR852P)。將來自該光纖尾纖之出射光藉由透鏡而準直、聚光,並如圖2所示入射至評價光纖中心。藉由該實驗系統能夠測定經由光散射進行之模式結合所引起之 M^2 值自能夠近似於入射時激勵之高斯光束之最低次模式之變化之推移,能夠作為表示本發明之雜訊降低效果之指標。又,尾纖之出射端面為APC(Angled Physical Contact, 角度物理接觸)不會使雷射不穩定化,故能夠進行穩定之 M^2 值之測定。橫軸表示光纖之長度,縱軸表示 M^2 值。

【0032】 於先前之光纖中,無論光纖之長度, M^2 值於 $M^2 = 1.3 \sim 1.5$ 附近表示大致固定之值。另一方面,可知於本發明之光纖之情形時, $M^2 = 1.7$ 以上,且隨著光纖之長度變大, M^2 值亦變大。

【0033】 先前,主要就於雷射加工之領域中不依存於長度而獲得穩定且高品質之出射光束等觀點而言,認為理想的是 M^2 值較小、且即便光纖之長度變大但 M^2 值亦不會變大之光纖。於使用多模光纖之光通信用中,亦當然若 M^2 值變大則傳輸損失變大,故要求相同之特性。本發明者等人發現,令人震驚的是,於使用多模光纖之短距離傳輸之情形時,反而於 M^2 值較大之情形時,相較於傳輸損失,來自遠方之反射回光之影響更減少,藉此傳輸品質提高。

【0034】 M^2 值之大小可藉由構成光纖之纖芯之材料之種類、纖芯折射率分佈及光纖之製造條件而控制。又,亦依存於使用之雷射之雷射徑或入射條件,但藉由以按照上述實驗系統及評價條件測定之光纖出射光之 M^2 值為基準,能夠再現性良好地進行由微小之不均勻結構產生之 M^2 值之

評價及控制。可成為 M^2 值之變動要因者基本上不存在於光學系統中，若雷射徑變化則發散角變窄，其積被保存，故不會對 M^2 值造成影響。因此，認為可成為 M^2 值之變動要因者僅為波長。

【0035】 本發明之光纖纜線係於實用上可使用光纖之長度之下限長下，來自遠方之回光之 M^2 值成為1.7以上者。若 M^2 值小於1.7，則因反射回光之影響而導致傳輸品質降低，故不佳。

【0036】 又，本發明之光纖纜線之長度為100 m以下，較佳為於使用光纖之長度之上限長下，來自遠方之回光之 M^2 值為5.0以下。若 M^2 值大於5.0，則由高次模式之增加而產生之傳輸損失變大，故不佳。

【0037】 本發明之光纖纜線之長度為100 m以下。若長度超過100 m，則由前向散射導致之散射損失之影響相較於回光之降低效果更大，傳輸品質反而降低。

【0038】 如上所述，本發明之光纖纜線之 M^2 值可根據纖芯材料之種類或光纖之製造條件而獲得。

【0039】 為了增大 M^2 值，例如考慮設為於光纖之纖芯內具有數100埃左右之相關長度之微小之不均勻結構者。藉此，能夠增大與於石英系玻璃系之光纖中觀測到之所謂瑞利散射不同之前向散射。其結果，可控制傳播損失，並且誘發有效之模式結合而降低雜訊。

【0040】 例如，丙烯酸系聚合物藉由存在於分子內之酯基而存在分子內及分子間之相互作用。相對於此，二氧雜環戊烷等之全氟化聚合物不存在此種酯基。因此，分子內、分子間相互作用相較於丙烯酸系聚合物小。高分子鏈自身之構形因該不同而變化，可控制不均勻結構之大小以及折射率波動。無論如何，聚合物一般為具有數百埃大小之慣性半徑之分子

螺旋之集合體，但於不具有此種分子之石英玻璃中，不存在微小之不均勻結構。

【0041】 於使用含氟聚合物(包括全氟、部分氟材料)作為本發明之光纖纜線之纖芯材料之情形時，可藉由如下方法而合成。

[合成例A]全氟系材料之合成方法

作為全氟材料，一般可使用製品名TEFRON-AF(DuPont公司)或HyflonAD(Solvay公司)、或CYTOP(旭硝子股份有限公司)。又，亦可使用於該等之主環結構上藉由四氟乙烯等進行共聚合而成之全氟聚合物。又，亦可使用具有二氧雜環戊烷骨架之全氟聚合物。接著，對具有二氧雜環戊烷骨架之全氟材料之合成方法進行敘述。

【0042】 構成本發明之光纖之纖芯部及纖殼部之聚合物可藉由該領域中公知之方法製造。例如可列舉使構成聚合物之單體之混合物進行溶液聚合、塊狀聚合、乳化聚合或懸浮聚合等之方法等。其中，就防止異物、雜質之混入之觀點而言，較佳為塊狀聚合法。

【0043】 此時之聚合溫度並未特別限定，例如宜為80～150℃左右。反應時間可根據單體之量、種類、下述之聚合起始劑、鏈轉移劑等之量、反應溫度等而適當調整，宜為20～60小時左右。該等聚合物亦可於下述之成形纖芯部及/或纖殼部時同時製造或連續地製造。

【0044】 關於構成纖芯部之聚合物，例如可例示：作為(甲基)丙烯酸酯系化合物之甲基丙烯酸乙酯、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、丙烯酸正丁酯等；作為苯乙烯系化合物之苯乙烯、 α -甲基苯乙烯、氯苯乙烯、溴苯乙烯等；作為乙烯酯類之乙酸乙烯酯、苯甲酸乙烯酯、苯乙酸乙烯酯、氯乙酸乙烯酯等；作為馬來醯亞

胺類之N-正丁基馬來醯亞胺、N-第三丁基馬來醯亞胺、N-異丙基馬來醯亞胺、N-環己基馬來醯亞胺等；將該等單體之C-H鍵之氫原子之一部分進行氯取代、氟取代、氘取代而成之物質。

【0045】 於製造聚合物時，較佳為使用聚合起始劑及/或鏈轉移劑。作為聚合起始劑，可列舉通常之自由基起始劑。例如可列舉過氧化苯甲醯、過氧化-2-乙基己酸第三丁酯、過氧化二第三丁基、過氧化異丙基碳酸第三丁酯、4,4,雙(第三丁基過氧基)戊酸正丁酯等過氧化物系化合物；2,2'-偶氮雙異丁腈、2,2'-偶氮雙(2-甲基丁腈)、1,1'-偶氮雙(環己烷-1-甲腈)、2,2'-偶氮雙(2-甲基丙烷)、2,2'-偶氮雙(2-甲基丁烷)、2,2'-偶氮雙(2-甲基戊烷)、2,2'-偶氮雙(2,3-二甲基丁烷)、2,2'-偶氮雙(2-甲基己烷)、2,2'-偶氮雙(2,4-二甲基戊烷)、2,2'-偶氮雙(2,3,3-三甲基丁烷)、2,2'-偶氮雙(2,4,4-三甲基戊烷)、3,3'-偶氮雙(3-甲基戊烷)、3,3'-偶氮雙(3-甲基己烷)、3,3'-偶氮雙(3,4-二甲基戊烷)、3,3'-偶氮雙(3-乙基戊烷)、2,2'-偶氮雙(2-甲基丙酸)二甲酯、2,2'-偶氮雙(2-甲基丙酸)二乙酯、2,2'-偶氮雙(2-甲基丙酸)二第三丁酯等偶氮系化合物等。該等可單獨使用，亦可將2種以上併用。

【0046】 聚合起始劑適宜相對於全部單體以0.01～2重量%左右使用。作為鏈轉移劑並無特別限定，可使用公知者。例如可列舉烷硫醇類(正丁硫醇、正戊硫醇、正辛硫醇、正月桂硫醇、第三-十二烷硫醇等)、苯硫酚類(苯硫酚、間溴苯硫酚、對溴苯硫酚、間甲苯硫酚、對甲苯硫酚等)等。其中，可良好地使用正丁硫醇、正辛硫醇、正月桂硫醇、第三-十二烷硫醇等烷硫醇。又，亦可使用將C-H鍵之氫原子取代為氘原子或氟原子而成之鏈轉移劑。該等可單獨使用，亦可將2種以上併用。

【0047】 鏈轉移劑通常係為了於成形上及物性上調整成適當之分子量而使用。鏈轉移劑針對各單體之鏈轉移常數例如可參考聚合物手冊第3版(J. BRANDRUP及E. H. IMMERGUT編，JOHN WILEY&SON發行)「高分子合成之實驗法」(大津隆行、木下雅悅共著，化學同人，1972年刊)等，藉由實驗而求出。因此，較佳為考慮鏈轉移常數，根據單體之種類等而適當調整其種類及添加量。例如，可列舉相對於全部單體成分100重量份為0.1～4重量份左右。

【0048】 構成纖芯部及/或纖殼部之聚合物適宜為重量平均分子量為5～30萬左右之範圍者，較佳為10～25萬左右者。其原因在於確保適當之可撓性、透明性等。於纖芯部與纖殼部中，例如為了進行黏度調整等，分子量亦可不同。重量平均分子量例如指以GPC(Gel Permeation Chromatography，凝膠滲透層析法)測定之聚苯乙烯換算之值。

【0049】 構成本發明之光纖之聚合物中，於不損及作為光纖之透明性、耐熱性等性能之範圍內，亦可視需要調配適當之調配劑，例如熱穩定化助劑、加工助劑、耐熱提昇劑、抗氧化劑、光穩定劑等。該等可分別單獨使用或將2種以上組合使用，將該等調配物與單體或聚合物加以混合之方法例如可列舉熱混合法、冷混合法、溶液混合法等。

【0050】 <全氟-4-甲基-2-亞甲基-1,3-二氧雜環戊烷之合成>

藉由將2-氯-1-丙醇、1-氯-2-丙醇、及三氟丙酮酸甲酯進行脫水縮合反應而獲得2-羧甲基-2-三氟甲基-4-甲基-1,3-二氧雜環戊烷之精製物。其次進行全氟-4-甲基-2-亞甲基-1,3-二氧雜環戊烷之氟化。使用1,1,2-三氯三氟乙烷作為溶劑，以一定之流速分別通入氮氣及氟氣，藉由於氮/氟之氛圍下將先準備之2-羧甲基-2-三氟甲基-4-甲基-1,3-二氧雜環戊烷緩慢地

加入至反應槽而進行氟化處理，獲得全氟-2,4-二甲基-1,3-二氧雜環戊烷-2-羧酸。將上述蒸餾物利用氫氧化鉀水溶液中和，獲得全氟-2,4-二甲基-2-羧酸鉀-1,3-二氧雜環戊烷。將該鉀鹽進行真空乾燥，進而於氬氛圍下使鹽分解，藉此獲得全氟-4-甲基-2-亞甲基-1,3-二氧雜環戊烷。將上述獲得之全氟-4-甲基-2-亞甲基-1,3-二氧雜環戊烷與全氟過氧化苯甲醯投入至玻璃管，並將其利用冷凍/解凍真空機除氣之後，再次填充氬，加熱數小時。內容物成為固體，獲得透明之聚合物。使用該聚合物製作光纖。

【0051】 關於含氟聚合物(包含全氟、部分氟材料)之熔融狀態下之黏度，於熔融溫度 $200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 下較佳為 $10^3 \sim 10^5$ 泊。若熔融黏度過高，則不僅難以熔融紡絲，而且難以產生折射率分佈之形成所必要之摻雜劑之擴散，難以形成折射率分佈。又，若熔融黏度過低則於實用上產生問題。即，於用作電子機器或汽車等中之光傳輸體之情形時曝露於高溫下而軟化，導致光之傳輸性能降低。

【0052】 含氟聚合物之數量平均分子量較佳為 $10,000 \sim 5000,000$ ，更佳為 $50,000 \sim 1000,000$ 。若分子量過小則有阻礙耐熱性之情況，若分子量過大則難以形成具有折射率分佈之光傳輸體，故不佳。

【0053】 於使用部分氟系材料作為本發明之光纖纜線之纖芯材料之情形時，可藉由與上述作為一般製作方法之全氟材料之合成方法相同之方法而合成。

【0054】 [合成例B]部分氟材料之合成(參照日本專利第5419815號)

其次，對部分氟系材料之製作方法進行簡單敘述。分別準確稱量預先蒸餾精製之甲基丙烯酸三氯乙酯、昇華精製之環己基馬來醯亞胺、及作為折射率賦予劑之摻雜劑之二苯硫醚，投入至玻璃容器。進而，添加相對

於總重量中之濃度為特定量之作為聚合起始劑之過氧化二第三丁基及作為鏈轉移劑之正月桂硫醇。將該溶液充分混合後，藉由通過細孔徑之薄膜過濾器而投入至玻璃製聚合容器中進行過濾。其次，一面向加入有該溶液之玻璃製聚合管中導入氬氣一面藉由冷凍除氣法去除溶存空氣。將該玻璃聚合管放入至烘箱中，一面導入氬氣一面使聚合容器之溫度提昇，使單體聚合，藉由進而提昇溫度而完成聚合反應。開封該玻璃管，獲得固化之透明聚合棒。

【0055】 於摻雜劑之溶解性參數與聚合物之溶解性參數相等且相容性良好之情形時，摻雜劑均勻地存在於聚合物基質內。另一方面，隨著摻雜劑與聚合物之溶解性參數之差變大，摻雜劑彼此相互凝集之傾向增加，形成由摻雜劑之濃度分佈所產生之折射率不均勻結構。除一般之溶解性參數之見解以外，藉由施加摻雜劑與聚合物之局部相互作用(例如，與特定之官能基間對應之二次電子極化等)亦能夠形成摻雜劑之微小濃度分佈。作為適於全氟系之纖芯材料之摻雜劑，通常使用較全氟聚合物更高折射率之物質。即，根據與全氟聚合相同之理由，物質摻雜劑係實質上不具有C-H鍵之物質，更佳為較全氟聚合物之折射率大出0.05以上。若折射率更大，則形成所需之折射率分佈所必要之摻雜劑之含量更少即可，故玻璃轉移溫度之降低可較少，其結果，光纖之耐熱性提高，因此特佳為大0.1以上。

【0056】 作為摻雜劑，較佳為包含苯環等芳香族環、氯、溴、碘等鹵素原子、醚鍵等鍵結基之低分子化合物、低聚物、聚合物，但於聚合物之情形時，若分子量變大則與全氟聚合物之相容性降低，其結果光散射損失變大，故分子量過大者並不佳。又，相反於分子量較小之化合物之情形

時，與含氟聚合物之混合物之玻璃轉移溫度變低，成為光纖之耐熱溫度降低之原因，故分子量過小亦不佳。因此，摻雜劑之數量平均分子量較佳為 $3 \times 10^2 \sim 2 \times 10^3$ ，更佳為 $3 \times 10^2 \sim 1 \times 10^3$ 。

【0057】 作為摻雜劑之具體之化合物，有如日本專利特開平8-5848號公報中所記載之作為三氟氯乙烯之5～8聚物的低聚物、作為二氟二氯乙烯之5～8聚物的低聚物、或藉由將上述形成全氟聚合物之單體中之形成較高折射率之低聚物之單體(例如具有氯原子之單體)聚合所得之2～5聚物低聚物。

【0058】 除如上述低聚物之含鹵脂肪族化合物以外，亦可使用不包含與碳原子鍵結之氫原子之鹵化芳香族烴或含鹵多環式化合物等。尤其僅包含氟原子作為鹵素原子(或包含氟原子與相對少數之氯原子)之氟化芳香族烴或含氟多環式化合物於與含氟聚合物之相容性之方面較佳。又，該等鹵化芳香族烴或含鹵多環式化合物更佳為不具有羰基、氰基等具有極性之官能基。

【0059】 作為此種鹵化芳香族烴，例如有式 Φ_r-Z_b [Φ_r 為將全部氫原子取代為氟原子之b價氟化芳香環殘基，Z為氟以外之鹵素原子、-Rf、-CO-Rf、-O-Rf、或-CN；其中，Rf為全氟烷基、多氟全鹵烷基、或1價之 Φ_r ；b為0或1以上之整數]所表示之化合物。作為芳香環有苯環或萘環。作為Rf之全氟烷基或多氟全鹵烷基之碳數較佳為5以下。作為氟以外之鹵素原子，較佳為氯原子或溴原子。作為具體之化合物，例如有1,3-二溴四氟苯、1,4-二溴四氟苯、2-溴四氟苯并三氟化物、五氟氯苯、五氟溴苯、五氟碘苯、十氟二苯甲酮、全氟苯乙酮、全氟聯苯、七氟氯萘、七氟溴萘等。作為含氟多環式化合物之例特佳之摻雜劑就與全氟聚合物、尤其是於

主鏈具有環結構之含氟聚合物之相容性良好、且耐熱性良好等而言，為三氟氯乙烯低聚物、全氟(三苯基三吡)、全氟聯三苯、全氟聯四苯、全氟(三苯基苯)、全氟蒽。藉由使相容性良好，可使含氟聚合物、尤其是於主鏈具有環結構之含氟聚合物與要混合之物質藉由於 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 下加熱熔融而容易地混合。又，藉由於含氟溶劑中溶解並混合之後將溶劑去除，可使兩者均勻地混合。

【0060】 作為部分氯系、或部分氟系之纖維材料所使用之摻雜劑，(可列舉將低分子化合物或存在於該等化合物中之氫原子取代為氟原子而成之化合物等。作為具有較高折射率之低分子化合物，可列舉二苯基砜(DPSO)及二苯基砜衍生物(例如，4,4'-二氯二苯基砜、3,3',4,4'-四氯二苯基砜等氯化二苯基砜)、二苯硫醚(DPS)、二苯基亞砜、二苯并噻吩、二噻吡衍生物等硫化合物；磷酸三苯酯(TPP)、磷酸三甲酚酯等磷酸化合物；苯甲酸苄酯；鄰苯二甲酸苄酯正丁酯；鄰苯二甲酸二苯酯；聯苯；二苯基甲烷等。作為具有較低折射率之低分子化合物，可列舉磷酸三-2-乙基己酯(TOP)等。該等可單獨使用，亦可將2種以上併用)。

【0061】 為了容易地製作微小之不均勻結構以使光纖維線之 M^2 值成為較佳值，亦可控制將光纖進行紡絲時之溫度或抽出速度。作為使用含氟聚合物之光纖之一般之製作方法，通常為人所知者為預成型法及熔融擠出法。預成型法為如下之方法，即，預先製作被稱為纖維芯與纖維殼之棒之棒狀之塑膠成型體。將該纖維芯棒配置於中心，纖維殼棒具有中空部，以覆蓋於纖維芯之外周部之方式一體化而製作被稱為預型體之棒狀物。將該預型體設置於一般之紡絲裝置中，利用筒狀之加熱器等使預型體外周部均勻地加熱熔融，使前端部分以一定速度牽引延伸而形成纖維狀，並冷卻卷取，藉此獲得

光纖。

【0062】 另一方面，熔融擠出法為如下之方法，即，將預先混合有特定量之摻雜劑之聚合物作為纖芯用聚合物，且將不含有摻雜劑之聚合物作為纖殼聚合物而填充至一般之熔融擠出裝置中，藉由二台擠出機使熔融聚合物合流並共擠出，藉此自噴嘴噴出兩聚合物而獲得光纖。一般可使用具有螺桿之擠出機，但亦可利用氮氣等之壓力而熔融擠出。又，亦可視需要設置被覆層。

【0063】 藉由將熔融纖芯聚合物與熔融纖殼聚合物共擠出之後之熱處理步驟亦能夠形成微小之不均勻結構。例如，若於共擠出之後進行急冷，則於產生聚合物之烔馳豫之前，聚合物維持較大體積不變而玻璃狀態化。另一方面，若於玻璃轉移溫度附近執行充分之熱處理步驟，則體積因烔馳豫而稍許減少。於在微小區域形成有該烔馳豫之情形時，形成所謂微小之不均勻結構，使 M^2 值增大。又，若於共擠出之後進而施加延伸步驟，則經熔融擠出之纖維之分子受到配向並藉由其配向度而產生配向雙折射。該配向雙折射不僅產生於纖維軸方向，結果於半徑方向及特異之方向上亦產生雙折射。該雙折射結構亦促進模式結合，結果使 M^2 值增大。

【0064】 作為製造本發明之光纖之方法，可使用該領域中公知之方法。例如，為了於1層或2層以上之纖芯部之外周形成1層或2層以上之纖殼部，可利用界面凝膠聚合法、旋轉聚合、熔融擠出摻雜劑擴散法、複合熔融紡絲及管棒(rod in tube)法等。又，亦可預先形成預型體，並進行延伸、拉線等。

【0065】 具體而言，可列舉製作中空狀之纖殼部，並於該纖殼部之中空部製作纖芯部之方法。於該情形時，將構成纖芯部之單體導入至纖殼

部之中空部，一面使纖維部旋轉一面使聚合物聚合，形成具有較纖維部高之折射率之纖維部。可僅執行1次該操作而形成1層纖維部，亦可藉由反覆執行該操作而形成包含複數層之纖維部。

【0066】 使用之聚合容器為玻璃、塑膠或金屬性之圓柱管形狀之容器(管)，可利用具有能承受由旋轉產生之離心力等外力之機械強度及加熱聚合時之耐熱性者。聚合時之聚合容器之旋轉速度可例示500～3000 rpm左右。通常，較佳為將單體藉由過濾器過濾，去除單體中包含之灰塵之後，導入至聚合容器內。

【0067】 進而，亦可為使用2台以上之熔融擠出機與2層以上之多層模頭及多層用紡絲噴嘴而形成纖維部及纖維部之方法。即，使構成纖維部及纖維部之聚合物等分別加熱熔融，自各個流路注入至多層模頭及多層用紡絲噴嘴。與利用該模頭及噴嘴將纖維部擠出成形之同時，向其外周擠出1層或2層以上之同心圓狀之纖維部，使其熔接一體化，藉此可形成纖維或預型體。

【0068】 再者，為了於光纖中建立GI型之折射率分佈，例如可例示：如WO93/08488號所記載，使單體組成比一定，添加摻雜劑，於聚合物之界面使單體塊狀聚合，藉由該反應而賦予摻雜劑之濃度分佈的界面凝膠聚合；或藉由旋轉聚合法進行該界面凝膠聚合之反應機制之旋轉凝膠聚合法；及使折射率不同之單體饋入組成比率漸進地變化，亦即，控制前一層之聚合率(降低聚合率)，使成為更高折射率之下一層聚合，以折射率分佈自與纖維部之界面至中心部漸進地增加之方式進行旋轉聚合等方法。

【0069】 又，可例示：使用2台以上之熔融擠出機與2層以上之多層模頭及多層用紡絲噴嘴形成纖維部及纖維部之後，於繼而設置之熱處理區

域使摻雜劑朝周邊部或中心部擴散，賦予摻雜劑之濃度分佈的熔融擠出摻雜劑擴散法；及對2台以上之熔融擠出機分別導入改變了摻雜劑量之聚合物等，以多層結構使纖芯部及/或纖殼部擠出成形之方法等。

【0070】 於建立SI型之折射率分佈之情形時，宜使單體組成比及/或摻雜劑之添加量自最初至最後一定而進行旋轉聚合等。於賦予多階型之折射率分佈之情形時，較佳為於旋轉聚合等中，控制前一層之聚合率(提高聚合率)，使成為更高折射率之下一層聚合。

【0071】 [製作例]

使用上述所合成之聚合棒進行GI-POF之製作(裝置參照日本專利第5514802號)。本製作係藉由熔融擠出摻雜劑擴散法而獲得光纖之方法。將上述合成例中所製作之聚合棒填充至熔融擠出裝置之中心之纖芯之部位。又，預先於被覆層將乾燥之PMMA樹脂(聚甲基丙烯酸甲酯樹脂)填充至纖殼之擠出機之料斗中。同樣地於成為最外層之被覆層將乾燥之PC樹脂(聚碳酸酯樹脂)填充至外覆纖殼之擠出機之料斗。對填充至該擠出裝置之纖芯部、纖殼部、及外覆纖殼部之聚合物進行加熱。對纖芯部上端面施加氮氣壓，又，填充至纖殼及外覆纖殼之樹脂係藉由螺旋擠出機將3種聚合物共擠出而自噴嘴噴出。如此以成為3層構造之方式進行熔融擠出紡絲處理而獲得GI-POF。

【0072】 本發明之光纖之纖殼材料較佳為使用與纖芯相同之材料，但亦可使用不同之材料。

【0073】 於本發明之光纖中，亦可於外層(纖殼層)之更外側設置保護被覆層。作為該保護被覆層之材料，只要為合成樹脂則並無特別限定，可使用作為含氟聚合物以外之材料之熱塑性樹脂或硬化性樹脂之硬化物

等。其中較佳為自先前以來用作光纖之保護被覆層或提議使用之合成樹脂。作為保護被覆層之作用，於要求提高機械強度之情形時需要某程度以上之厚度之層，又，較佳為使用拉伸強度或彈性模數較高之合成樹脂。作為保護被覆層之材料較佳為熱塑性樹脂，其中特佳為丙烯酸系樹脂、聚碳酸酯樹脂、環狀聚烯烴樹脂。又，該保護被覆層亦可為2層以上之多層，其中1層亦可為氯乙烯樹脂、聚烯烴樹脂、聚偏二氟氯乙烯樹脂、乙烯-四氟乙烯共聚物樹脂等相對軟質之熱塑性樹脂。

【0074】 作為發光元件，可使用能夠進行十億位元級之傳輸之VCSEL或端面發光雷射等。此種雷射中始終存在反射回光之問題。

【0075】 對應於雷射之波長或傳輸速度，主要使用GaAs PIN PD等。一般將防反射塗層塗佈於PD上，但無法使由PD導致之反射完全為0，此成為使雷射不穩定化之一原因。

【0076】 位元錯誤率(BER, Bit Error Rate)係數位通信系統中之相對於傳輸信號之總位元數之位元錯誤數，一般用作表示傳輸系統之品質之指標。由信號位準之降低或雜訊位準之增加而使傳輸品質劣化，BER變大。即便於存在雜訊之情形時，只要BER之值較低，則亦表示可無問題地傳輸，於實施例中，重要的是藉由BER評價本發明之光纖纜線之品質。

實施例

【0077】 以下列舉實施例具體地說明本發明，但本發明並不限定於該等實施例。

[合成例1]使用部分氟系材料之POF材料之合成方法

分別製作纖芯棒與中空構造之纖殼棒，其次於纖芯棒之外周部插入中空纖殼棒而製作預型體。

【0078】 纖維棒之製作係首先使用作為甲基丙烯酸甲酯之部分氟衍生物的 α -氟丙烯酸六氟異丙酯作為單體材料。該材料於常溫下為液體，將其約10 g填充至內徑5 cm、長度7 cm之小管內。進而分別添加所需量之摻雜劑、聚合起始劑及鏈轉移劑。作為添加量，依序設為8.0 mol%、0.1 mol%、0.1 mol%。用作摻雜劑者為十氟聯苯。作為聚合起始劑，使用過氧化-2-乙基己酸第三丁酯，作為鏈轉移劑，使用丁基硫醇。將以此方式準備之溶液充分攪拌，轉移至內徑1 cm、長度30 cm之安瓿管。然後，連同該安瓿管一起置於冷凍除氣處理裝置，去除溶氧。其次，將該安瓿管之上端部維持減壓狀態不變而封管。將其於60°C之油浴中浸浴24 hr，其次於80°C下進行24 hr之聚合反應，最終於120°C下進行24 hr之聚合反應。其次開封安瓿管並取出固化之樣品。將此作為纖維用棒。

【0079】 其次製作纖維用中空管。即，使用市售之丙烯酸系樹脂(MAA樹脂)，藉由周知之方法而製作外徑2.2 cm、內徑1.1 cm、長度60 cm之PMMA製中空管。

【0080】 將先製作之纖維用棒與該中空管整齊地切成相同長度(此處約20 cm)。然後，將纖維用棒插入至中空管內，於兩端蓋上氟樹脂之蓋。進而以熱收縮管覆蓋整體，將其於160°C之烘箱中加熱兩天。加熱結束後去除熱收縮管而製成預型體。

[合成例2]全氟系材料之合成方法

將2-氯-1-丙醇、1-氯-2-丙醇、及三氟丙酮酸甲酯之混合物139 g投入至燒瓶，向其中加入三氟丙酮酸甲酯，藉由脫水縮合反應而獲得2-羧甲基-2-三氟甲基-4-甲基-1,3-二氧雜環戊烷之精製物230 g。其次進行全氟-4-甲基-2-亞甲基-1,3-二氧雜環戊烷之氟化。作為溶劑使用1,1,2-三氯三氟乙

烷，使氮氣以1340 cc/min、氟氣以580 cc/min之一定流速通入，藉由於氮/氟之氛圍下將先準備之2-羧甲基-2-三氟甲基-4-甲基-1,3-二氧雜環戊烷230 g緩慢地加入至反應槽中而進行氟化處理，獲得全氟-2,4-二甲基-1,3-二氧雜環戊烷-2-羧酸約150 g。藉由該步驟所得之氟化產率為約85%。將其於氫氧化鉀水溶液中進行中和，藉此獲得全氟-2,4-二甲基-2-羧酸鉀-1,3-二氧雜環戊烷。將該鉀鹽進行真空乾燥，進而於氫之氛圍下，使鹽分解，藉此獲得全氟-4-甲基-2-亞甲基-1,3-二氧雜環戊烷。將以上述方式獲得之全氟-4-甲基-2-亞甲基-1,3-二氧雜環戊烷與全氟過氧化苯甲醯投入至玻璃管，利用冷凍/解凍真空機將其除氣之後，再填充氫，並加熱數小時。內容物成為固體，獲得透明之聚合物約120 g。使用該聚合物製作光纖。

【0081】 [製作例1]使用部分氟系材料之GI-POF之製作方法

將合成例1中獲得之預型體藉由上文敘述之預成型法而製作光纖。即，將預型體置於一般之紡絲裝置中，於210℃下進行熔融延伸，獲得長度200 m、外徑約500 μm、纖芯直徑約80 μm之GI-POF。

【0082】 將該長條光纖切下1 m(實施例1)、10 m(實施例2)、及30 m(實施例3)之長度進行評價。又，對除將長度設為60 m之外與實施例1相同之光纖纜線進行相同之評價(實施例4)。

【0083】 [製作例2]使用全氟系材料之POF材料及GI-POF之製作方法

利用熔融擠出摻雜劑擴散法製作光纖。

【0084】 將合成例2中所合成之全氟-4-甲基-2-亞甲基-1,3-二氧雜環戊烷、及作為摻雜劑之(1,1,3,5,6-五氟全氟己烷)5重量%投入至容器內而

混合。將其加熱至約200℃，充分地攪拌內容物，使其均勻地熔融。其次將其冷卻固化之後，自容器中取出而獲得纖芯構件。

【0085】 將合成例2中所合成之全氟-4-甲基-2-亞甲基-1,3-二氧雜環戊烷於容器內以約200℃加熱熔融，將其冷卻固化之後取出而獲得纖殼構件。

【0086】 使用所獲得之纖芯構件與纖殼構件、進而外覆纖殼構件，並使用可獲得3層構造之纖維之熔融擠出摻雜劑擴散裝置而製作GI-POF。外覆纖殼層係將XYLEX X7300CL[製品名，SABIC Innovative Plastics公司製造，聚酯改性聚碳酸酯]樹脂乾燥後使用。將纖芯構件、纖殼構件、及外覆纖殼構件分別投入至特定之擠出裝置之料斗中。藉由將纖芯部、纖殼部、外覆纖殼部之流路加熱而使各樹脂熔融合流並以3層構造自噴嘴噴出從而獲得光纖。獲得長度200 m、外徑約500 μm、纖芯直徑約50 μm之GI-POF。

【0087】 將該長條光纖切成1 m(實施例5)、2 m(實施例6)、5 m(實施例7)、10 m(實施例8)、20 m(實施例9)、及30 m(實施例10)之長度進行評價。

[評價方法1]NFP及FFP之測定方法

將NFP及FFP之測定系統示於圖3。

【0088】 將中心波長850 nm之單頻DBR雷射(1)之自極化波保持單模光纖(2)尾纖(APC研磨)之出射光(3)(模場直徑5.3 μm)使用透鏡(4)入射至光纖(5)。此時使用藉由CCD相機(6)之顯微觀察，使光經由透鏡(4)入射至光纖之纖芯中心，進行中心激勵條件下之評價。然後，使用NFP測定裝置(濱松光子製造之A6501)(8)測定自光纖之與入射端面相反側之端面出射

之光(7)之NFP，並使用FFP測定裝置(濱松光子製造之A3267-12)測定FFP，特定出利用二次矩定義之光束徑 $W(D\sigma^4)$ 及擴散角 θ (半角)。

[評價方法2]BER之測定方法

將BER之測定系統示於圖4。

【0089】 將振盪波長850 nm、14 Gb/s之Philips製造之面發光雷射(VCSEL)(9)藉由位元錯誤率測試機(BERT(Anritsu製造之MP2010A))之內置脈衝圖案產生器所產生之圖案長為 $2^{31}-1$ 之10 Gb/s之NRZ(no return to zero，不歸零)模擬無規圖案，經由偏壓T而直接調變。調變信號電壓設為0.1 V(峰間值)，VCSEL之偏壓電流設為5 mA。使用非球面透鏡對(10)將雷射出射光以不存在菲涅爾反射損失以外之輸入結合損失之方式入射至光纖(5)之纖芯中心，進行中心激勵下之評價。然後，將自光纖之與入射端面相反側之端面出射之光(11)利用14 Gb/s之Philips製造之光電二極體(12)藉由非球面透鏡對以不存在菲涅爾反射損失以外之結合損失之方式受光，並藉由同軸纜線而連接於BERT，藉由內置錯誤檢測器測定BER(Bit Error Rate)。

【0090】 [比較例]

作為石英系玻璃，準備康寧製造之OM4_TIA/EIA492-AAAD，對長度1 m(比較例1)、2 m(比較例2)、5 m(比較例3)、10 m(比較例4)、20 m(比較例5)、及30 m(比較例6)之情形進行與實施例相同之評價。將 M^2 值之結果示於表1。

【0091】 [表1]

		纖芯材料	纖維長(m)	M ² 值
實施例	1	部分氟系材料	1	2.0
	2	GI-POF	10	4.0
	3		30	5.0
	4		60	5.1
	5	全氟系材料	1	1.8
	6	GI-POF	2	1.9
	7		5	2.6
	8		10	3.0
	9		20	3.4
	10		30	3.5
比較例	1	玻璃光纖	1	1.5
	2	OM4_TIA/EIA	2	1.4
	3	492-AAAD	5	1.5
	4		10	1.6
	5		20	1.4
	6		30	1.3

看到表1所示之實施例與比較例之M²值，可期待實施例之M²值獲得1.7以上之值。

【0092】圖5係於藉由直線偏光之近似高斯光束產生之中心激勵下，將本發明之一實施形態之多模光纖與先前之多模光纖之BER之對數值加以對比之圖。圖5所示之曲線圖之縱軸表示BER之對數值，橫軸表示光纖之長度。「低雜訊GI POF」之各點表示光纖之長度為1 m、2 m、5 m、10 m、20 m及30 m之情形時與BER之對數值之關係，對應於表1之實施例5至10。同樣地，「二氧化矽GI MMF」之各點表示光纖之長度為1 m、2 m、5 m、10 m、20 m及30 m之情形時與BER之對數值之關係，對應於表1之比較例1至6。

【0093】根據圖5而明確，M²值可成為1.7以上之實施例5至10之BER之對數值小於M²值可成為未達1.7之比較例1至6之BER之對數值。如

此，本發明之實施例5至10中使用之光纖纜線藉由將 M^2 值控制為1.7以上之特定之值，可使來自遠方之反射回光之影響相較於伴隨由模式結合引起之高次模式之增加而產生之傳輸損失更減少，其結果，雜訊降低成為優勢，實現傳輸品質之提高。

[產業上之可利用性]

【0094】 本發明之光纖能夠用於短距離傳輸中要求高品質之信號傳輸之技術領域。

【符號說明】

【0095】

- 1 單頻DBR雷射
- 2 極化波保持單模光纖
- 3 出射光
- 4 透鏡
- 5 光纖
- 6 CCD相機
- 7 光
- 8 NFP測定裝置
- 9 面發光雷射
- 10 非球面透鏡對
- 11 光
- 12 光電二極體



201921018

【發明摘要】

【中文發明名稱】

光纖纜線

【中文】

本發明提供一種於短距離傳輸中能夠進行高品質之信號傳輸之光纖纜線。

本發明之光纖纜線係用於藉由將來自發光元件之光束傳輸至受光元件而進行之光通信者，具有發光元件側之端部即近端、及受光元件側之端部即遠端，自遠端側返回至發光元件側之光束之 M^2 值為1.7以上，且該光纖纜線之長度為50 m以下。

【指定代表圖】

圖2

【代表圖之符號簡單說明】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種光纖纜線，其特徵在於：其係用於藉由將來自發光元件之光束傳輸至受光元件而進行之光通信者，

具有發光元件側之端部即近端、及受光元件側之端部即遠端，

自上述遠端側返回至上述發光元件側之光束之 M^2 值為1.7以上，且該光纖纜線之長度為100 m以下。

【第2項】

如請求項1之光纖纜線，其中上述光束之 M^2 值為5.0以下。

【第3項】

如請求項1或2之光纖纜線，其中上述光纖纜線為折射率分佈(GI)型。

【第4項】

如請求項1至3中任一項之光纖纜線，其中上述光纖纜線為塑膠光纖(POF)。

【第5項】

如請求項4之光纖纜線，其中上述塑膠光纖(POF)之纖芯材料為全氟系、部分氟系、或部分氯系、部分氘系之材料。

【第6項】

如請求項5之光纖纜線，其中上述纖芯材料包含摻雜劑。

