

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-7731
(P2023-7731A)

(43)公開日 令和5年1月19日(2023.1.19)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
C 0 3 C 25/6226(2018.01)	C 0 3 C 25/6226	2 H 2 5 0
C 0 3 C 25/1065(2018.01)	C 0 3 C 25/1065	4 G 0 6 0
G 0 2 B 6/44 (2006.01)	G 0 2 B 6/44 3 0 1 B	
	G 0 2 B 6/44 3 3 1	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全14頁)

(21)出願番号 特願2021-110761(P2021-110761)	(71)出願人 000002130
(22)出願日 令和3年7月2日(2021.7.2)	住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号
	(74)代理人 100145872 弁理士 福岡 昌浩
	(74)代理人 100187643 弁理士 白鳥 昌宏
	(72)発明者 野村 卓弘 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号 住友電気工業株式会社内
	(72)発明者 相馬 一之 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号 住友電気工業株式会社内
	F ターム (参考) 2H250 BA18 BA25 BA32 BB07 最終頁に続く

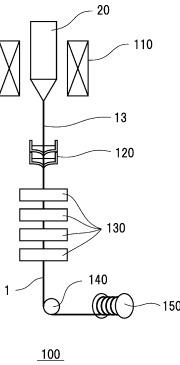
(54)【発明の名称】 光ファイバの製造方法および製造装置

(57)【要約】

【課題】光ファイバの製造において、照射出力を低く設定したときでも、硬化性樹脂組成物の硬化効率を向上させることができる。

【解決手段】コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周を被覆するように光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物を塗布する工程と、硬化性樹脂組成物に紫外線を照射して硬化性樹脂組成物を硬化させることにより被覆層を形成する工程と、を有し、被覆層を形成する工程では、非照射期間を2回以上設け、紫外線の照射を3回以上に分けて間欠的に行い、非照射期間の時間の合計が0.010秒以上とする、光ファイバの製造方法。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周を被覆するように光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物を塗布する工程と、

前記硬化性樹脂組成物に紫外線を照射して前記硬化性樹脂組成物を硬化させることにより被覆層を形成する工程と、を有し、

前記被覆層を形成する工程では、非照射期間を 2 回以上設け、前記紫外線の照射を 3 回以上に分けて間欠的に行い、前記非照射期間の時間の合計が 0 . 0 1 0 秒以上とする、光ファイバの製造方法。

【請求項 2】

コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周を被覆するように光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物を塗布する工程と、

前記硬化性樹脂組成物に紫外線を照射して前記硬化性樹脂組成物を硬化させることにより被覆層を形成する工程と、を有し、

前記被覆層を形成する工程では、非照射期間を 1 回設け、前記紫外線の照射を 2 回に分けて間欠的に行い、前記非照射期間の時間が 0 . 0 8 0 秒以上とする、光ファイバの製造方法。

【請求項 3】

前記硬化性樹脂組成物を塗布する工程では、光重合開始剤を含む第 1 の硬化性樹脂組成物の上に、光重合開始剤を含む第 2 の硬化性樹脂組成物を積層するように塗布して、

前記被覆層を形成する工程では、前記被覆層を、プライマリ層上にセカンダリ層が積層させた 2 層構造で形成し、

前記第 1 の硬化性樹脂組成物は、前記光重合開始剤を 0 . 5 質量 % 以上 3 . 5 質量 % 以下含有する、

請求項 1 または請求項 2 に記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 4】

前記プライマリ層の 2 3 でのヤング率が 0 . 4 0 M P a 以上である、

請求項 3 に記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 5】

コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周に被覆層が被覆される光ファイバの製造装置であって、

走行する前記ガラスファイバの外周に、光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物を塗布する塗布部と、

前記ガラスファイバの外周を被覆するように塗布された前記硬化性樹脂組成物に紫外線を照射し、前記硬化性樹脂組成物を硬化させて被覆層に形成するための複数の紫外線照射部と、を備え、

前記複数の紫外線照射部が、前記硬化性樹脂組成物を硬化させるまでの間に、前記紫外線を照射しない非照射期間を少なくとも 2 回以上有し、前記紫外線の照射を 3 回以上に分けて間欠的に行うように構成される、

光ファイバの製造装置。

【請求項 6】

前記複数の紫外線照射部は、前記ガラスファイバの走行方向に沿って所定の距離をおいて配置されており、

隣接する前記紫外線照射部の間隔と、前記ガラスファイバの走行速度とが、前記硬化性樹脂組成物に前記紫外線を間欠的に照射できるように調整される、

請求項 5 に記載の光ファイバの製造装置。

【請求項 7】

前記複数の紫外線照射部のうちの少なくとも 1 つが、紫外線発光ダイオードであって、パルス変調点灯により前記紫外線を間欠的に照射できるように構成される、

請求項 5 に記載の光ファイバの製造装置。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、光ファイバの製造方法および製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ガラスファイバは、石英ガラスを主成分とするプリフォームを線引きして得られ、コアおよびクラッドから構成される。ガラスファイバの外周には、ガラスファイバの保護のために樹脂からなる被覆層が設けられ、光ファイバが作製される。被覆層は、例えば、プライマリ層とセカンダリ層とを積層させて構成される。被覆層の形成材料としては、光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物が用いられる。被覆層は、硬化性樹脂組成物に紫外線を照射して硬化させることにより形成される（例えば特許文献1を参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2019-064853号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

光ファイバの製造においてはコスト削減が求められている。この削減方法として、例えば、紫外線の照射出力を低下させて、消費電力を低減させることが考えられる。

20

【0005】

しかし、照射出力を低下させると、硬化性樹脂組成物の硬化が不十分となり、被覆層において、ガラスファイバを保護するのに要求される特性を満たすことができないことがある。

【0006】

本開示の目的は、光ファイバの製造において、照射出力を低く設定したときでも、硬化性樹脂組成物の硬化効率を向上させる技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

30

本開示の一態様によれば、

コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周を被覆するように光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物を塗布する工程と、

前記硬化性樹脂組成物に紫外線を照射して前記硬化性樹脂組成物を硬化させることにより被覆層を形成する工程と、を有し、

前記被覆層を形成する工程では、非照射期間を2回以上設け、前記紫外線の照射を3回以上に分けて間欠的に行い、前記非照射期間の時間の合計が0.010秒以上とする、光ファイバの製造方法が提供される。

【0008】

40

本開示の他の態様によれば、

コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周を被覆するように光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物を塗布する工程と、

前記硬化性樹脂組成物に紫外線を照射して前記硬化性樹脂組成物を硬化させることにより被覆層を形成する工程と、を有し、

前記被覆層を形成する工程では、非照射期間を1回設け、前記紫外線の照射を2回に分けて間欠的に行い、前記非照射期間の時間が0.080秒以上とする、光ファイバの製造方法が提供される。

【0009】

本開示の他の態様によれば、

コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周に被覆層が被覆される光ファイバの製

50

造装置であって、

走行する前記ガラスファイバの外周に、光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物を塗布する塗布部と、

前記ガラスファイバの外周を被覆するように塗布された前記硬化性樹脂組成物に紫外線を照射し、前記硬化性樹脂組成物を硬化させて被覆層に形成するための複数の紫外線照射部と、を備え、

前記複数の紫外線照射部が、前記硬化性樹脂組成物を硬化させるまでの間に、前記紫外線を照射しない非照射期間を少なくとも２回以上有し、前記紫外線の照射を３回以上に分けて間欠的に行うように構成される、
光ファイバの製造装置が提供される。

10

【発明の効果】

【００１０】

本開示によれば、光ファイバの製造において、照射出力を低く設定したときでも、硬化性樹脂組成物の硬化効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】図１は、本開示の一実施形態に係る光ファイバの概略構成を示す断面図である。

【図２】図２は、本開示の一実施形態に係る光ファイバの製造装置の概略図である。

【図３】図３は、光重合開始剤の含有量とプライマリ層のヤング率との相関を説明するための図である。

20

【発明を実施するための形態】

【００１２】

[本開示の実施形態の説明]

< 発明者等の得た知見 >

まず、発明者等の得た知見について概略を説明する。

【００１３】

硬化性樹脂組成物の硬化は、紫外線の照射により光重合開始剤から生成するラジカル（開始ラジカル）が樹脂分子と反応し、ラジカル化された樹脂分子（ポリマラジカル）同士が反応して樹脂の分子鎖が伸長することにより進む。これまで、このラジカル反応を連続的に行うことから、紫外線を連続的に照射することが一般的であった。

30

【００１４】

しかし、紫外線を連続照射する場合、上記硬化反応が効率よく進まないことがあった。連続照射では、光重合開始剤から生成した開始ラジカルと、新たに生成する開始ラジカルとが再結合したり、生成したポリマラジカルと、新たに生成する開始ラジカルとが再結合したりすることで、ポリマラジカル同士の反応が進まず、硬化反応が停止してしまうと考えられる。

【００１５】

このことから、本発明者等は、紫外線を連続的に照射するのではなく、紫外線を照射したら、照射を一時的に停止した後に再度照射するといったような間欠照射がよいことを見出した。

40

【００１６】

本開示は、発明者等が見出した上述の知見に基づくものである。

【００１７】

なお、以下の説明では、開始ラジカルやポリマラジカルを単にラジカルとする。

【００１８】

< 本開示の実施態様 >

次に、本開示の実施態様を列記して説明する。

【００１９】

[１] 本開示の一態様に係る光ファイバの製造方法は、

コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周を被覆するように光重合開始剤を含む

50

硬化性樹脂組成物を塗布する工程と、

前記硬化性樹脂組成物に紫外線を照射して前記硬化性樹脂組成物を硬化させることにより被覆層を形成する工程と、を有し、

前記被覆層を形成する工程では、非照射期間を2回以上設け、前記紫外線の照射を3回以上に分けて間欠的に行い、前記非照射期間の時間の合計が0.010秒以上とする。

この構成によれば、非照射期間の回数を増やし、紫外線を分けて照射する回数を増やすことで、硬化性樹脂組成物を効率よく硬化させることができる。

【0020】

[2] 本開示の一態様に係る光ファイバの製造方法は、

コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周を被覆するように光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物を塗布する工程と、 10

前記硬化性樹脂組成物に紫外線を照射して前記硬化性樹脂組成物を硬化させることにより被覆層を形成する工程と、を有し、

前記被覆層を形成する工程では、非照射期間を1回設け、前記紫外線の照射を2回に分けて間欠的に行い、前記非照射期間の時間が0.080秒以上とする。

この構成によれば、非照射期間を1回とした場合でも、非照射期間を所定の時間とすることで、硬化性樹脂組成物を効率よく硬化させることができる。

【0021】

[3] 上記[1]または[2]に記載の光ファイバの製造方法において、

前記硬化性樹脂組成物を塗布する工程では、光重合開始剤を含む第1の硬化性樹脂組成物の上に、光重合開始剤を含む第2の硬化性樹脂組成物を積層するように塗布して、 20

前記被覆層を形成する工程では、前記被覆層を、プライマリ層上にセカンダリ層が積層させた2層構造で形成し、

前記第1の硬化性樹脂組成物は、前記光重合開始剤を0.5質量%以上3.5質量%以下含有する。

この構成によれば、プライマリ層において上記の範囲の光重合開始剤の含有量で、十分に硬化性樹脂組成物を硬化させることができる。

【0022】

[4] 上記[3]に記載の光ファイバの製造方法において、

前記プライマリ層の23でのヤング率が0.40MPa以上である。 30

この構成によれば、プライマリ層においてボイドの発生を抑制することができる。

【0023】

[5] 本開示の他の態様に係る光ファイバの製造装置は、

コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周に被覆層が被覆される光ファイバの製造装置であって、

走行する前記ガラスファイバの外周に、光重合開始剤を含む硬化性樹脂組成物を塗布する塗布部と、

前記ガラスファイバの外周を被覆するように塗布された前記硬化性樹脂組成物に紫外線を照射し、前記硬化性樹脂組成物を硬化させて被覆層に形成するための複数の紫外線照射部と、を備え、 40

前記複数の紫外線照射部が、前記硬化性樹脂組成物を硬化させるまでの間に、前記紫外線を照射しない非照射期間を少なくとも2回以上有し、前記紫外線の照射を3回以上に分けて間欠的に行うように構成される。

この構成によれば、硬化性樹脂組成物を十分に硬化させることができる。

【0024】

[6] 上記[5]に記載の光ファイバの製造装置において、

前記複数の紫外線照射部は、前記ガラスファイバの走行方向に沿って所定の距離をおいて配置されており、

隣接する前記紫外線照射部の間隔と、前記ガラスファイバの走行速度とが、前記硬化性樹脂組成物に前記紫外線を間欠的に照射できるように調整される。 50

この構成によれば、紫外線の非照射期間の回数やその合計時間を適宜変更することができる。

【 0 0 2 5 】

[7] 上記 [5] に記載の光ファイバの製造装置において、前記複数の紫外線照射部のうちの少なくとも１つが、紫外線発光ダイオードであって、パルス変調点灯により前記紫外線を間欠的に照射できるように構成される。

この構成によれば、紫外線照射部の間隔が不要となり、製造装置の省スペース化が可能となる。

【 0 0 2 6 】

[本開示の実施形態の詳細]

10

次に、本開示の一実施形態を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【 0 0 2 7 】

< 本開示の一実施形態 >

(光ファイバの概略構成)

まず、本実施形態で作製する光ファイバについて図 1 を用いて説明する。図 1 は、本開示の一実施形態に係る光ファイバの概略構成を示す断面図である。

【 0 0 2 8 】

図 1 に示すように、光ファイバ 1 は、コア 1 1 およびクラッド 1 2 を有するガラスファイバ 1 3 と、ガラスファイバ 1 3 の外周を被覆するように設けられ、プライマリ 1 4 a 層の上にセカンダリ層 1 4 b が積層された被覆層 1 4 と、を備えて構成される。

20

【 0 0 2 9 】

(光ファイバの製造装置)

次に、光ファイバの製造装置について図 2 を用いて説明する。図 2 は、本開示の一実施形態に係る光ファイバの製造装置の概略図である。

【 0 0 3 0 】

図 2 に示すように、光ファイバの製造装置 1 0 0 は、少なくとも、加熱炉 1 1 0、塗布部 1 2 0、紫外線照射部 1 3 0、ガイドローラ 1 4 0 およびドラム 1 5 0 を備えて構成される。

30

【 0 0 3 1 】

紫外線照射部 1 3 0 は、ガラスファイバ 1 3 の走行方向において塗布部 1 2 0 の下流側に配置され、ガラスファイバ 1 3 の表面を被覆する組成物に紫外線を照射するものである。紫外線の照射により組成物が硬化して被覆層 1 4 が形成され、光ファイバ 1 が得られる。本実施形態では、走行方向に沿って複数の紫外線照射部 1 3 0 が所定の距離をおいて配置される。後述するように、隣接する紫外線照射部 1 3 0 の間隔は、例えばガラスファイバ 1 3 の走行速度に応じて調整される。紫外線照射部 1 3 0 としては、例えば紫外線ランプや紫外線発光ダイオード (U V L E D) などを用いることができる。消費電力を低減する観点からは U V L E D が好ましい。なお、図 2 では、紫外線照射部 1 3 0 の設置数が 4 の場合を示すが、その数は 2 以上であれば特に限定されない。

40

【 0 0 3 2 】

なお、加熱炉 1 1 0、塗布部 1 2 0、ガイドローラ 1 4 0 およびドラム 1 5 0 については従来公知の構成とするとよい。

【 0 0 3 3 】

(光ファイバの製造方法)

続いて、上述した製造装置 1 0 0 を用いて光ファイバ 1 を製造する方法について説明する。

【 0 0 3 4 】

まず、加熱炉 1 1 0 に光ファイバ母材 2 0 を配置し、加熱・溶融するとともに、線引きすることによりガラスファイバ 1 3 を形成する。線引きで形成されるガラスファイバ 1 3

50

は、コア 1 1 とコア 1 1 の周囲を被覆するクラッド 1 2 とを備えて構成される。

【 0 0 3 5 】

続いて、線引きされたガラスファイバ 1 3 を、必要に応じて冷却した後、デュアルダイ構造を有する塗布部 1 2 0 へ導入する。塗布部 1 2 0 には、プライマリ層 1 4 a を形成するための第 1 の硬化性樹脂組成物（第 1 の組成物）と、セカンダリ層 1 4 b を形成するための第 2 の硬化性樹脂組成物（第 2 の組成物）が収容されている。この塗布部 1 2 0 にガラスファイバ 1 3 を通過させることにより、ガラスファイバ 1 3 の外周に第 1 の組成物および第 2 の組成物をこの順に積層させて同時に塗布する。

【 0 0 3 6 】

第 1 および第 2 の組成物は、少なくとも樹脂成分および光重合開始剤を含む液状の組成物である。第 1 および第 2 の組成物は、プライマリ層 1 4 a およびセカンダリ層 1 4 b のそれぞれに要求されるヤング率に応じて、樹脂成分や光重合開始剤の種類を適宜選択するとよい。

【 0 0 3 7 】

樹脂成分としては、従来公知のものを用いることができ、例えば、ウレタン（メタ）アクリレートオリゴマーやモノマーを用いることができる。

【 0 0 3 8 】

ウレタン（メタ）アクリレートオリゴマーとしては、ポリオール、ポリイソシアネート及び水酸基含有（メタ）アクリレートを反応させたものが挙げられる。ポリオールとしては、ポリテトラメチレングリコール、ポリプロピレングリコール、ビスフェノール A ・エチレンオキサイド付加ジオールなどが挙げられる。ポリイソシアネートとしては、2, 4 - トリレンジイソシアネート、2, 6 - トリレンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネート、ジシクロヘキシルメタン 4, 4' - ジイソシアネートなどが挙げられる。水酸基含有（メタ）アクリレートとしては、例えば、2 - ヒドロキシエチルアクリレート、2 - ヒドロキシブチルアクリレート、1, 6 - ヘキサンジオールモノアクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、2 - ヒドロキシプロピルアクリレートなどが挙げられる。

【 0 0 3 9 】

モノマーとしては、従来公知のものを用いることができ、重合性基を 1 つ有する単官能モノマー、重合性基を 2 つ以上有する多官能モノマーを用いることができる。モノマーは、1 種を単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。

【 0 0 4 0 】

光重合開始剤としては、公知のラジカル光重合開始剤の中から適宜選択して使用することができる。例えば、1 - ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン（I r g a c u r e 1 8 4、B A S F 社製）、2, 2 - ジメトキシ - 2 - フェニルアセトフェノン、1 - (4 - イソプロピルフェニル) - 2 - ヒドロキシ - 2 - メチルプロパン - 1 - オン、2, 4, 4 - トリメチルペンチルホスフィンオキサイド、2, 4, 4 - トリメチルベンゾイルジフェニルホスフィンオキサイド、2 - メチル - 1 - [4 - (メチルチオ) フェニル] - 2 - モルホリノ - プロパン - 1 - オン（I r g a c u r e 9 0 7、B A S F 社製）、2, 4, 6 - トリメチルベンゾイルジフェニルホスフィンオキシド（I r g a c u r e T P O、B A S F 社製）、ビス（2, 4, 6 - トリメチルベンゾイル）フェニルホスフィンオキシド（I r g a c u r e 8 1 9、B A S F 社製）等が挙げられる。光重合剤開始剤としては、これらのうち 1 種を単独で用いてよく、2 種以上を併用してもよい。

【 0 0 4 1 】

光重合開始剤の含有量は、特に限定されないが、本実施形態では、ラジカルの再結合を抑制できるので、含有量を少なくした場合であっても被覆層 1 4 において十分なヤング率を得ることができる。例えば、プライマリ層 1 4 a またはセカンダリ層 1 4 b を形成するための第 1 の組成物や第 2 の組成物では、光重合開始剤の含有量は 0 . 5 質量 % 以上 3 . 5 質量 % 以下であることが好ましい。詳細を後述するように、プライマリ層 1 4 a において、2 3 でのヤング率を 0 . 4 0 M P a 以上とする観点からは、光重合開始剤の含有量

10

20

30

40

50

は 0.5 質量%以上 1.5 質量%とすることがより好ましい。また、ヤング率をこのように、光重合開始剤の含有量を少なくしながらも、所望の高い硬化度を得ることができる。また、光重合開始剤の含有量を低減することにより、製造コストを低減することができる。

【0042】

第 1 および第 2 の組成物は、必要に応じて、上述した成分以外の他の添加剤を含んでもよい。その他の添加剤としては、例えばシランカップリング剤、光酸発生剤、レベリング剤、消泡剤、酸化防止剤などを用いることができる。

【0043】

第 1 の組成物および第 2 の組成物それぞれの塗布厚は、光ファイバ 1 におけるプライマ
リ層 14 a およびセカンダリ層 14 b に要求される厚さに応じて適宜変更するとよい。 10

【0044】

続いて、表面に組成物が塗布されたガラスファイバ 13 を走行させて、塗布部 120 から複数の紫外線照射部 130 に導入する。本実施形態では、ガラスファイバ 13 が、その走行方向に沿って所定の距離をおいて配置される複数の紫外線照射部 130 を通過することにより、ガラスファイバ 13 の表面に塗布される組成物に紫外線を照射し、組成物を硬化させる。これにより、光ファイバ 1 を得る。

【0045】

本実施形態では、紫外線の照射に際し、紫外線により生成するラジカルの再結合を抑制するような、紫外線を照射しない非照射期間を 1 回以上設け、紫外線の照射を 2 回以上に
分けて間欠的に行う。具体的には、ガラスファイバ 13 が複数の紫外線照射部 130 を通
過するまでの間に、紫外線照射部 130 では照射を行う一方、隣接する紫外線照射部 13
0 の間では非照射として、紫外線の照射と非照射とを交互に繰り返し、組成物に紫外線が
連続して照射されないようにする。図 2 では、4 つの紫外線照射部 130 での照射の間に
、3 つの非照射期間を設けることになる。 20

【0046】

このように、硬化性樹脂組成物を硬化させる際に、紫外線の非照射期間を設け、紫外線
を間欠的に照射することにより、生成したラジカルと、新たに生成するラジカルとの再結
合を抑制し、硬化性樹脂組成物での硬化反応を効率よく進めることができる。そのため、
紫外線の照射出力（例えば光源を点灯するための消費電力）を低減した場合であっても、
紫外線の照射と非照射とを交互に繰り返すことで、被覆層 14 において高い硬化度を実現
することができる。 30

【0047】

非照射期間の時間は、1 つの紫外線照射部で照射されてから、隣接する紫外線照射部で
照射されるまでの時間を示す。非照射期間が 2 回以上の場合、これらを合計した時間とな
る。非照射期間の時間は、隣り合う紫外線照射部 130 の間隔とガラスファイバ 13 の走
行速度とを適宜変更することにより調整することができる。例えば、走行速度に応じて紫
外線照射部 130 の間隔を広げたり、紫外線照射部 130 の間隔に応じて走行速度を低く
したりすることで、非照射期間の時間を調整することができる。

【0048】

非照射期間の時間は、照射により生成したラジカルと、隣接する紫外線照射部 130 で
の照射により新たに生成するラジカルとの再結合を抑制できれば特に限定されない。例え
ば、組成物が硬化するまでの間に非照射期間を 2 回以上設け、紫外線照射を 3 回以上に分
けて行う場合であれば、非照射期間の時間の合計を 0.010 秒以上とすることが好まし
く、0.026 秒以上とすることがより好ましい。上限は特に限定されないが、製造効率
の観点からは、例えば 3 秒以下とすることが好ましい。また例えば、組成物が硬化するま
での間に非照射期間を 1 回設け、紫外線照射を 2 回に分けて行う場合であれば、非照射期
間の時間を 0.080 秒以上とすることが好ましい。上限は特に限定されないが、製造効
率の観点からは、例えば 3 秒以下とすることが好ましい。非照射期間を上記範囲とするこ
とにより、紫外線の照射出力を低減した場合であっても、硬化性樹脂組成物を十分に硬化
 40 50

させることができる。また、非照射期間を設ける回数を増やすことにより、ラジカル再結合による反応阻害をより確実に抑制でき、硬化性樹脂組成物を十分に硬化させることができる。

【0049】

複数の紫外線照射部130による照射時間の合計は、プライマリ層14aおよびセカンダリ層14bを高い硬化度で硬化できれば特に限定されない。例えば、照射時間の合計は0.015秒以上0.12秒以下であることが好ましい。また、ラジカルの再結合を抑制しつつ、製造効率を高く維持する観点からは、照射時間の合計と非照射期間の時間の合計との比率を1:8~8:1とすることが好ましい。

【0050】

最後に、紫外線照射部130を通過し作製された光ファイバ1をガイドローラ140を介してドラム150に巻き取る。

【0051】

得られる光ファイバ1において、プライマリ層14aおよびセカンダリ層14bは、紫外線の間欠照射により高い硬化度で形成されているので、高いヤング率を有する。具体的には、プライマリ層14aのヤング率は0.40MPa以上、セカンダリ層14bのヤング率は850MPa以上となることが好ましい。プライマリ層14aのヤング率を上記範囲とすることにより、光ファイバ1にヒートサイクルが加わった場合でもプライマリ層14aでのボイドを抑制できる。これにより、光ファイバ1において、ヒートサイクルによる伝送損失を抑制し、高い伝送特性を維持することができる。なお、ボイドとは、ヒート

【0052】

<本開示の他の実施形態>

以上、本開示の実施形態について具体的に説明したが、本開示は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【0053】

上述した実施形態では、紫外線の非照射期間を設けるために、紫外線照射部130の間隔とガラスファイバ13の走行速度を調整する場合を説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、複数の紫外線照射部130のうちの少なくとも1つをUVLEDとし、パルス変調点灯により間欠照射してもよい。パルス変調点灯によれば、紫外線照射部130に非照射のための間隔が不要となり設備スペースが小さい。

【0054】

また、上述した実施形態では、被覆層14をプライマリ層14aとセカンダリ層14bの2層構造としたが、本発明はこれに限定されず、被覆層14を1層で構成してもよい。

【実施例】

【0055】

次に、本開示に係る実施例を説明する。これらの実施例は本開示の一例であって、本開示はこれらの実施例により限定されない。

【0056】

本実施例では、図1に示す被覆層がプライマリ層およびセカンダリ層の2層構造を有する光ファイバを非照射期間の回数やその合計時間を変更して製造した。

【0057】

<光ファイバの作成>

まず、プライマリ層を形成するための第1の硬化性樹脂組成物およびセカンダリ層を形成するための第2の硬化性樹脂組成物は、ウレタンメタクリレートを主成分とし、光重合開始剤を1.0質量%含有するものを準備した。

【0058】

続いて、光ファイバ母材を加熱炉にて加熱・溶融し、線引きすることにより、直径が125μmのガラスファイバを形成した。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

このガラスファイバを走行させて、デュアルダイ構造を有する塗布部に導入し、ガラスファイバの表面に第 1 の硬化性樹脂組成物、第 2 の硬化性樹脂組成物の順に積層させて塗布した。

【 0 0 6 0 】

続いて、硬化性樹脂組成物が塗布されたガラスファイバを、その走行方向に沿って配置される複数の紫外線照射機（U V L E D）に導入して通過させ、硬化性樹脂組成物に紫外線を照射した。この照射の際、サンプル 1 ～ 1 0 では、ガラスファイバの走行速度、U V L E D の設置数や隣接する U V L E D の間隔を適宜調整することにより、下記表 1 に示すように非照射期間の回数やその合計時間を変更した。そして、紫外線の照射により硬化性樹脂組成物を硬化させ、サンプル 1 ～ 1 0 の光ファイバを作製した。光ファイバにおいて、プライマリ層の厚さは 2 0 μ m、セカンダリ層の厚さは 1 2 . 5 μ m、これらから構成される被覆層の厚さは 3 2 . 5 μ m であった。なお、各 U V L E D において、照射する紫外線の出力（エネルギー量）は 9 0 % とした。また、各サンプルでは、紫外線の照射時間の合計が 0 . 0 3 秒で同一となるように、非照射期間を設けた。

【 0 0 6 1 】

【表 1】

	非照射期間の 合計時間[秒]	非照射期間の回数	プライマリ層の ヤング率[Mpa]	セカンダリ層の ヤング率[Mpa]	ヒートサイクル試験
サンプル1	0.010	2	0.43	850	B
サンプル2	0.026	2	0.49	874	A
サンプル3	0.026	3	0.53	887	A
サンプル4	0.026	4	0.52	911	A
サンプル5	0.080	2	0.54	908	A
サンプル6	0.080	1	0.46	856	B
サンプル7	0.000	-	0.26	744	C
サンプル8	0.005	2	0.31	821	C
サンプル9	0.010	1	0.36	832	C
サンプル10	0.070	1	0.38	843	C

【 0 0 6 2 】

< 評価 >

得られた光ファイバについて、プライマリ層およびセカンダリ層のヤング率と、ヒートサイクルを加えたときの耐性（ヒートサイクル特性）を評価した。以下、各評価方法について説明する。

【 0 0 6 3 】

（ヤング率）

プライマリ層およびセカンダリ層の各ヤング率は以下のように測定した。

【 0 0 6 4 】

プライマリ層については、2 3 での Pullout Modulus 試験によって測定した。具体的には、まず、光ファイバの被覆層にカミソリ等で切れ目を入れて被覆層を切り、被覆層（プライマリ層およびセカンダリ層）を固定してガラスファイバを引き抜いた。続いて、ガラスファイバが引き抜かれる前にプライマリ層が弾性変形する量とガラスファイバを引っ張った力からプライマリ層の応力とからプライマリ層の 2 3 でのヤング率を求めた。

【 0 0 6 5 】

セカンダリ層については、光ファイバをアセトン及びエタノールの混合溶剤に浸漬し、被覆層のみを筒状に抜き出した。続いて、真空乾燥により溶剤を除いた後、2 3 の恒温室にて、引張試験（引張速度は 1 mm / m i n）を行った。そして、2 . 5 % 歪の割線式により被覆層のヤング率を求めた。なお、これにより求められるヤング率は、実質的にセカンダリ層のヤング率と考えることができる。

【 0 0 6 6 】

(ヒートサイクル特性)

作製した光ファイバを、 -40 から 23 の間 (各温度で 1 時間保持、遷移時間は 60 分間) で 50 サイクル熱をかけ、 23 および -40 のそれぞれの温度条件下で、波長 1550 nm の信号光の伝送特性を測定し、 23 と -40 とでの伝送損失を求めた。 -40 での伝送損失から 23 での伝送損失を引いた伝送損失差が 0 dB/km 未満 (-40 の方が伝送損失が小さい) のものを A、 0 dB/km 以上 0.01 dB/km 未満のものを B、 0.01 dB/km 以上のものを C と評価した。本実施例では、評価が B 以上であれば、伝送損失が少なく、ヒートサイクル耐性に優れるものと評価した。

【0067】

< 評価結果 >

10

各評価の結果を表 1 に示す。

【0068】

表 1 に示すように、サンプル 1 ~ 6 では、ラジカルの再結合を抑制できるような非照射期間を設けて間欠的に紫外線を照射したため、硬化性樹脂組成物を効率よく硬化させることができ、プライマリ層のヤング率を 0.40 MPa 以上、セカンダリ層のヤング率を 850 MPa 以上と高くできることが確認された。また、高いヤング率を得られたことから、ヒートサイクル試験においても伝送損失が少なく、ヒートサイクル耐性が高いことが確認された。

【0069】

これに対して、サンプル 7 では、非照射期間を設けずに、硬化性樹脂組成物に紫外線を連続的に照射したため、プライマリ層およびセカンダリ層のヤング率がサンプル 1 ~ 6 よりも低く、またヒートサイクル耐性が低くなることが確認された。これは、照射中にラジカルの再結合が生じ、硬化反応が効率よく進まなかったためと推測される。

20

【0070】

また、サンプル 8 ~ 10 では、非照射期間を設けたものの、ラジカルの再結合を抑制できるような十分な時間を確保しなかったため、サンプル 7 と同様にヤング率が低く、ヒートサイクル耐性も低くなることが確認された。

【0071】

また、サンプル 1、2、8 を比較したときに、非照射期間を 2 回以上とする場合、硬化反応を効率よく進める観点からは、その合計時間を 0.010 秒以上とすることが好ましく、 0.020 秒以上とすることがより好ましいことが確認できた。一方、サンプル 6、10 を比較したときに、非照射期間を 1 回とする場合でも、その時間を 0.080 秒以上とすることで、硬化反応を効率よく進めることができ、高いヤング率を得られることが確認された。非照射期間の回数が 2 回以上の場合、1 回の場合よりも非照射の時間を短縮できるのは、非照射期間の回数を増やすことで、ラジカルの再結合を抑制する回数を増やすことができ、硬化反応をより効率よくできるためと推測される。

30

【0072】

また、サンプル 2 ~ 4 を比較したときに、非照射期間の合計時間が同一でも、非照射期間の回数を増やすことにより、硬化反応をより効率よくできることが確認された。

【0073】

40

また、サンプル 1 ~ 6 によれば、プライマリ層において光重合開始剤の含有量を 1 質量 % と少なくしながらも、プライマリ層のヤング率を 0.4 MPa 以上にできることが確認された。

【0074】

ここで、光重合開始剤の含有量とプライマリ層のヤング率との相関について、図 3 を用いて説明する。図 3 は、光重合開始剤の含有量とプライマリ層のヤング率との相関を説明するための図である。図 3 中、実線、一点鎖線および破線は、上記サンプル 1 において、以下の照射条件で、プライマリ層における光重合開始剤の含有量を変更したときの、プライマリ層のヤング率の変動を示す。実線は、非照射期間の回数を 2 回、非照射期間の合計時間を 0.01 秒、照射時間の合計を 0.03 秒としたときの相関を示す。一点鎖線は、

50

非照射期間の回数を 1 回、非照射期間の時間を 0 . 0 8 秒、照射時間を 0 . 0 3 秒としたときの相関を示す。破線は、非照射期間を設けずに、照射時間 0 . 0 3 秒で連続照射したときの相関を示す。

【 0 0 7 5 】

図 3 に示すように、連続照射の場合、例えばプライマリ層のヤング率を 0 . 4 M P a 以上とするには、光開始重合剤の含有量を 4 . 0 質量 % 以上とする必要がある。これに対して、非照射期間を設けた間欠照射の場合、光重合開始剤の含有量が 0 . 5 質量 % 以上 3 . 5 質量 % 以下としても、ヤング率を 0 . 4 M P a 以上にできることが確認された。また、含有量が 1 . 5 質量 % 以上 3 . 5 質量 % の場合に、ヤング率を 0 . 4 5 M P a 以上とさらに高くできることが確認された。このことから、非照射期間を設けることにより、ラジカ

10

【 0 0 7 6 】

以上のように、光ファイバの製造において、硬化性樹脂組成物に対して、紫外線を照射しない非照射期間を設け、間欠的に紫外線を照射することにより、ラジカルの再結合を抑制でき、紫外線の出力を低く設定した場合でも、被覆層において所望の高い硬化度を実現することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 7 】

- 1 光ファイバ
- 1 1 コア
- 1 2 クラッド
- 1 3 ガラスファイバ
- 1 4 被覆層
- 1 4 a プライマリ層
- 1 4 b セカンダリ層
- 2 0 光ファイバ母材
- 1 0 0 製造装置
- 1 1 0 加熱炉
- 1 2 0 塗布部
- 1 3 0 紫外線照射部
- 1 4 0 ガイドローラ
- 1 5 0 ドラム

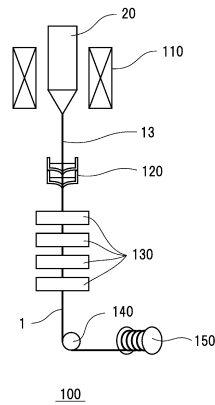
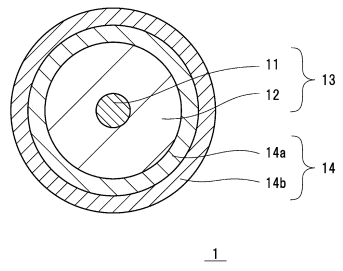
20

30

【 図面 】

【 図 1 】

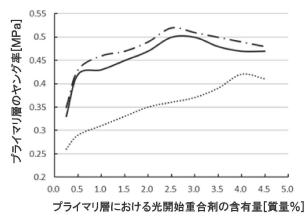
【 図 2 】



40

50

【 図 3 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

F ターム (参考) BB14 BB19 BB33 BC02 BD17
 4G060 AA01 AA03 AC02 AC15 AD43 CB09 CB38