

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7688041号
(P7688041)

(45)発行日 令和7年6月3日(2025.6.3)

(24)登録日 令和7年5月26日(2025.5.26)

(51)国際特許分類		F I	
G 0 2 B	6/44 (2006.01)	G 0 2 B	6/44 3 3 1
C 0 3 C	25/6226(2018.01)	G 0 2 B	6/44 3 0 1 B
C 0 3 C	25/285(2018.01)	G 0 2 B	6/44 3 7 1
C 0 3 C	25/475(2018.01)	G 0 2 B	6/44 3 9 1
C 0 3 C	25/12 (2006.01)	C 0 3 C	25/6226
請求項の数 10 (全15頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2022-559162(P2022-559162)	(73)特許権者	000005290
(86)(22)出願日	令和3年10月26日(2021.10.26)		古河電気工業株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/039503		東京都千代田区大手町二丁目6番4号
(87)国際公開番号	WO2022/092089	(74)代理人	100094112
(87)国際公開日	令和4年5月5日(2022.5.5)		弁理士 岡部 譲
審査請求日	令和6年5月29日(2024.5.29)	(74)代理人	100106183
(31)優先権主張番号	特願2020-181724(P2020-181724)		弁理士 吉澤 弘司
(32)優先日	令和2年10月29日(2020.10.29)	(74)代理人	100114915
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 三村 治彦
		(74)代理人	100125139
			弁理士 岡部 洋
		(72)発明者	石附 邦彬
			東京都千代田区大手町二丁目6番4号
			古河電気工業株式会社内
		(72)発明者	笠原 稔
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ファイバ着色心線、光ファイバリボン、単心ファイバの集合体ケーブル、リボンケーブルおよびこれらの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光ファイバ裸線と、
前記光ファイバ裸線を覆う紫外線硬化型樹脂により形成されたプライマリ層と、
前記プライマリ層を覆う紫外線硬化型樹脂により形成されたセカンダリ層と、
を備え、
前記プライマリ層のヤング率が、前記プライマリ層の飽和ヤング率に対して70%未満であり、
前記プライマリ層の飽和ヤング率が0.84MPa以上であり、
前記プライマリ層のヤング率が1.12MPa以下であることを特徴とする光ファイバ着色心線。

10

【請求項2】

請求項1に記載の複数の光ファイバ着色心線と、
前記複数の光ファイバ着色心線を連結する接着層とを備えることを特徴とする光ファイバリボン。

【請求項3】

請求項1に記載の光ファイバ着色心線と、
前記光ファイバ着色心線を内部に収容するシースとを備えることを特徴とする単心ファイバの集合体ケーブル。

【請求項4】

20

請求項 2 に記載の光ファイバリボンと、

前記光ファイバリボンを収容するシースとを備えることを特徴とするリボンケーブル。

【請求項 5】

光ファイバ母材から光ファイバ裸線を線引きする工程と、

前記光ファイバ裸線の周囲に紫外線硬化型樹脂を塗布し、プライマリ層を形成する工程と、

前記プライマリ層の周囲に紫外線硬化型樹脂を塗布し、前記紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射してセカンダリ層を形成する工程とを備えた光ファイバ着色心線の製造方法であって、

前記光ファイバ着色心線の製造後において、

前記プライマリ層のヤング率が、前記プライマリ層の飽和ヤング率に対して 70 % 未満であり、

前記プライマリ層の飽和ヤング率が 0.84 MPa 以上であり、

前記プライマリ層のヤング率が 1.12 MPa 以下である

ことを特徴とする光ファイバ着色心線の製造方法。

【請求項 6】

前記プライマリ層を形成する工程において、前記紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射することを特徴とする請求項 5 に記載の光ファイバ着色心線の製造方法。

【請求項 7】

前記セカンダリ層の周囲に紫外線硬化型樹脂を塗布し、前記紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射して着色層を形成する工程をさらに備える請求項 5 または 6 に記載の光ファイバ着色心線の製造方法。

【請求項 8】

前記光ファイバ着色心線に紫外線を照射した後の前記プライマリ層のヤング率が、前記プライマリ層の飽和ヤング率に対して 70 % 未満であることを特徴とする、請求項 5 または 6 に記載の光ファイバ着色心線の製造方法。

【請求項 9】

前記セカンダリ層が着色されたことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の光ファイバ着色心線の製造方法。

【請求項 10】

請求項 5 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ着色心線を複数用意する工程と、

前記複数の光ファイバ着色心線に紫外線硬化型樹脂を塗布し、前記紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射して前記複数の光ファイバ着色心線を連結する工程とを備えることを特徴とする光ファイバリボンの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバ着色心線、光ファイバリボン、単心ファイバの集合体ケーブル、リボンケーブルおよびこれらの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

光ファイバ着色心線において、光ファイバ裸線を覆うプライマリ層、プライマリ層を覆うセカンダリ層、セカンダリ層を覆う着色層のそれぞれが紫外線硬化型樹脂によって所望のヤング率に設定される技術が知られている（特許文献 1、2）。例えば、プライマリ層のヤング率は低く設定され、プライマリ層は光ファイバ裸線に加わる外力を緩衝し、光ファイバ裸線の微小変形による光の伝送損失（マイクロベンドロス）を抑えることができる。また、セカンダリ層のヤング率はプライマリ層のヤング率よりも高く設定され、セカンダリ層は光ファイバ裸線およびプライマリ層を外力から保護している。

【0003】

プライマリ層のヤング率は低いことが望ましいことから、特許文献 3、4 に記載された

10

20

30

40

50

技術は、低い飽和ヤング率を有する紫外線硬化型樹脂をプライマリ層に用い、ヤング率が飽和ヤング率に近づくまでプライマリ層を紫外線硬化させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2005-162522号公報

【文献】特表2002-524581号公報

【文献】国際公開第2018/062364号

【文献】国際公開第2018/062365号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、低い飽和ヤング率を有する紫外線硬化型樹脂は高い粘度を有しているため、取り扱いに困難を伴う。また、線引き工程において、紫外線硬化型樹脂が高温に晒されることにより、硬化の反応が抑制され、ヤング率が低くなりすぎてしまうなどの問題が生じ得る。

【0006】

本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものであって、低い飽和ヤング率を有する紫外線硬化型樹脂に伴う問題を回避しながら、マイクロベンドロスを効果的に抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一観点によれば、光ファイバ裸線と、前記光ファイバ裸線を覆う紫外線硬化型樹脂により形成されたプライマリ層と、前記プライマリ層を覆う紫外線硬化型樹脂により形成されたセカンダリ層と、を備え、前記プライマリ層のヤング率が、前記プライマリ層の飽和ヤング率に対して70%未満であり、前記プライマリ層の飽和ヤング率が0.84MPa以上であることを特徴とする光ファイバ着色心線が提供される。

【0008】

また、本発明の他の一観点によれば、光ファイバ母材から光ファイバ裸線を線引きする工程と、前記光ファイバ裸線の周囲に紫外線硬化型樹脂を塗布し、プライマリ層を形成する工程と、前記プライマリ層の周囲に紫外線硬化型樹脂を塗布し、前記紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射してセカンダリ層を形成する工程とを備えた光ファイバ着色心線の製造方法であって、前記光ファイバ着色心線の製造後において、前記プライマリ層のヤング率が、前記プライマリ層の飽和ヤング率に対して70%未満であり、前記プライマリ層の飽和ヤング率が0.84MPa以上であることを特徴とする光ファイバ着色心線の製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、低い飽和ヤング率を有する紫外線硬化型樹脂に伴う問題を回避しながら、マイクロベンドロスを効果的に抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1実施形態に係る光ファイバ着色心線の断面図である。

【図2】第1実施形態に係る光ファイバ着色心線の製造方法に用いる製造装置の模式図である。

【図3】第1実施形態に係る光ファイバ着色心線の製造方法のフローチャートである。

【図4】第2実施形態に係る光ファイバリボンの断面図である。

【図5】第2実施形態に係る光ファイバリボンの製造方法に用いるリボン化装置の模式図である。

【図6】第2実施形態に係る光ファイバリボンの製造方法のフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 7】実施例、比較例に係るマイクロベンドロスを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。各図面を通じて共通する機能を有する要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略又は簡略化することがある。

【0012】

[第1実施形態]

図1は、第1実施形態に係る光ファイバ着色心線1の断面図である。光ファイバ着色心線1は、光ファイバ裸線2と、光ファイバ裸線2の外周に被覆されたプライマリ層3と、プライマリ層3の外周に被覆されたセカンダリ層4と、セカンダリ層4の外周に被覆された着色層5とを備える。光ファイバ裸線2は、プライマリ層3、セカンダリ層4及び着色層5の3層の被覆層により被覆される。

【0013】

光ファイバ裸線2は、例えば石英系ガラス等から形成され、光を伝達する。プライマリ層3、セカンダリ層4及び着色層5は、それぞれ紫外線の照射によって紫外線硬化型樹脂を硬化させることによって形成される。紫外線硬化型樹脂は、紫外線の照射によって重合可能なものであれば特に限定されるものではない。紫外線硬化型樹脂は、例えば、光ラジカル重合などにより重合可能なものである。紫外線硬化型樹脂は、例えば、ポリエーテル系ウレタン(メタ)アクリレート及びポリエステル系ウレタン(メタ)アクリレートのようなウレタン(メタ)アクリレート、エポキシ(メタ)アクリレート、ポリエステル(メタ)アクリレートなどの紫外線で重合及び硬化するエチレン性不飽和基などの重合性不飽和基を有する紫外線硬化型樹脂であり、重合性不飽和基を少なくとも2つ有するものであることが好ましい。紫外線硬化型樹脂における重合性不飽和基としては、例えば、ビニル基、アリル基、アクリロイル基、メタクリロイル基などの不飽和二重結合を有する基、プロパルギル基などの不飽和三重結合を有する基などが挙げられる。これらの中でも、アクリロイル基、メタクリロイル基が重合性の面で好ましい。紫外線硬化型樹脂は、紫外線の照射により重合を開始して硬化するモノマー、オリゴマー又はポリマーでありうるが、好ましくはオリゴマーである。なお、オリゴマーとは、重合度が2～100の重合体である。また、本明細書において、「(メタ)アクリレート」とは、アクリレート及びメタクリレートの一方又は両方を意味する。

【0014】

ポリエーテル系ウレタン(メタ)アクリレートとは、ポリエーテル骨格を有するポリオールと、有機ポリイソシアネート化合物及びヒドロキシアルキル(メタ)アクリレートとの反応物のように、ポリエーテルセグメント、(メタ)アクリレート及びウレタン結合を有する化合物である。また、ポリエステル系ウレタン(メタ)アクリレートとは、ポリエステル骨格を有するポリオールと、有機ポリイソシアネート化合物及びヒドロキシアルキル(メタ)アクリレートとの反応物のように、ポリエステルセグメント、(メタ)アクリレート及びウレタン結合を有する化合物である。

【0015】

さらに、紫外線硬化型樹脂は、オリゴマー及び光重合開始剤に加えて、例えば希釈モノマー、光増感剤、連鎖移動剤及び各種添加剤を含んでもよい。希釈モノマーとしては、単官能(メタ)アクリレート又は多官能(メタ)アクリレートが用いられる。ここで、希釈モノマーとは、紫外線硬化型樹脂を希釈するためのモノマーを意味する。

【0016】

プライマリ層3は、ヤング率が0.1MPa以上5MPa以下の軟質層であり、光ファイバ裸線2に加わる外力を緩衝するための機能を有している。その樹脂が発現しうる最大のヤング率を「飽和ヤング率」と定義したとき、プライマリ層3は飽和ヤング率に対して70%未満のヤング率を有することが好ましく、プライマリ層3の飽和ヤング率は0.84MPa以上であることが好ましい。セカンダリ層4は、好ましくは500MPa以上の

10

20

30

40

50

ヤング率を有する硬質層であり、光ファイバ裸線 2 及びプライマリ層 3 を外力から保護するための機能を有している。着色層 5 には、光ファイバ着色心線 1 を識別するための着色がなされている。

【0017】

光ファイバ着色心線 1 は、図 1 に示した構成に限定されない。例えば、光ファイバ裸線 2 は 4 層以上の層により被覆されてもよい。また、光ファイバ着色心線 1 に代えて、着色層 5 を有しない光ファイバの形態をとってもよい。さらに、セカンダリ層 4 に着色層 5 を被覆する代わりに、セカンダリ層 4 を着色してもよい。

【0018】

光ファイバ裸線 2 の直径は、80 μm 以上 150 μm 以下であり、好ましくは 124 μm 以上 126 μm 以下であり得る。プライマリ層 3 の厚さは、5 μm 以上 60 μm 以下であり得る。セカンダリ層 4 の厚さは、5 μm 以上 60 μm 以下であり得る。また、着色層 5 の厚さは、数 μm 程度であり得る。

【0019】

図 2 は、第 1 実施形態に係る光ファイバ着色心線 1 の製造方法に用いる製造装置 10 の模式図である。製造装置 10 は、加熱装置 20、プライマリ層被覆装置 30、セカンダリ層被覆装置 40、着色層被覆装置 50、ガイドローラ 60、61、62、ポピン 70 及び巻取り装置 71 を有する。製造装置 10 は、光ファイバ母材 6 から光ファイバ着色心線 1 を製造する装置である。光ファイバ母材 6 は、例えば石英系のガラスからなり、VAD 法、OVD 法、MCVD 法など周知の方法により製造される。加熱装置 20 は、ヒータ 21 を有する。ヒータ 21 は、テープヒータ、リボンヒータ、ラバーヒータ、オープンヒータ、セラミックヒータ、ハロゲンヒータなどの任意の熱源であり得る。光ファイバ母材 6 の端部は、光ファイバ母材 6 の周囲に配置されたヒータ 21 によって加熱されて溶融し、線引きされて光ファイバ裸線 2 が引き出される。

【0020】

加熱装置 20 の下方には、プライマリ層被覆装置 30 が設けられる。プライマリ層被覆装置 30 は、樹脂塗布装置 31 及び紫外線照射装置 32 を有する。樹脂塗布装置 31 には、プライマリ層 3 の被覆材料（プライマリ層材料ともいう）が保持される。光ファイバ母材 6 から引き出された光ファイバ裸線 2 は、樹脂塗布装置 31 によってプライマリ層材料が塗布される。樹脂塗布装置 31 の下方には、紫外線照射装置 32 が設けられる。紫外線照射装置 32 は、メタルハライドランプ、水銀ランプ、UV-LED などの任意の紫外線光源を備える。光ファイバ裸線 2 には樹脂塗布装置 31 によってプライマリ層材料が塗布され、光ファイバ裸線 2 は紫外線照射装置 32 に入り、プライマリ層材料に紫外線が照射される。その結果、紫外線硬化型樹脂を主なる成分とするプライマリ層材料は硬化され、プライマリ層 3 が形成される。

【0021】

プライマリ層被覆装置 30 の下方には、セカンダリ層被覆装置 40 が設けられる。セカンダリ層被覆装置 40 は、樹脂塗布装置 41 及び紫外線照射装置 42 を有する。樹脂塗布装置 41 には、セカンダリ層 4 の被覆材料（セカンダリ層材料ともいう）が保持される。プライマリ層 3 には、樹脂塗布装置 41 によってセカンダリ層材料が塗布される。樹脂塗布装置 41 の下方には、紫外線照射装置 42 が設けられる。紫外線照射装置 42 は、紫外線照射装置 32 と同様の構成からなり得る。光ファイバ裸線 2 は紫外線照射装置 42 に入り、セカンダリ層材料に紫外線が照射される。その結果、紫外線硬化型樹脂を主なる成分とするセカンダリ層材料は硬化され、セカンダリ層 4 が形成される。プライマリ層 3 及びセカンダリ層 4 形成後、光ファイバ裸線 2 は、セカンダリ層被覆装置 40 の下方に設けられたガイドローラ 60 にガイドされ、ポピン 70 に巻き取られる。なお、プライマリ層 3 及びセカンダリ層 4 の形成後、プライマリ層 3 及びセカンダリ層 4 が被覆された光ファイバ裸線 2 を一度ポピンに巻き取り、その後改めて着色層 5 を形成する。

【0022】

なお、樹脂塗布装置 31 は、プライマリ層材料とセカンダリ層材料とを別々に保持する

10

20

30

40

50

ように構成されてもよい。この場合、樹脂塗布装置 31 は、プライマリ層材料を光ファイバ裸線 2 に塗布し、続いて、プライマリ層材料の上にセカンダリ層材料を塗布する。紫外線照射装置 32 は、光ファイバ裸線 2 に塗布されたプライマリ層材料及びセカンダリ層材料に紫外線を照射し、プライマリ層 3 及びセカンダリ層 4 が形成される。この場合、製造装置 10 は、必ずしもセカンダリ層被覆装置 40 を有することを要しない。

【0023】

ボビン 70 に巻き取られた光ファイバ裸線 2 は、ガイドローラ 61 にガイドされ、着色層被覆装置 50 に入る。着色層被覆装置 50 は、樹脂塗布装置 51 及び紫外線照射装置 52 を有する。樹脂塗布装置 51 には、着色層 5 の被覆材料（着色層材料ともいう）が保持される。プライマリ層 3 及びセカンダリ層 4 が被覆された光ファイバ裸線 2 は、樹脂塗布装置 51 によって着色層材料が塗布される。樹脂塗布装置 51 の下方には、紫外線照射装置 52 が設けられる。紫外線照射装置 52 は、紫外線照射装置 32 及び 42 と同様に構成され得る。セカンダリ層 4 の外周に着色層材料が塗布された光ファイバ裸線 2 は、紫外線照射装置 52 に入り、光ファイバ裸線 2 に紫外線が照射される。その結果、紫外線硬化型樹脂を主な成分とする着色層材料は硬化され、着色層 5 となる。プライマリ層 3、セカンダリ層 4 及び着色層 5 が光ファイバ裸線 2 に被覆され、光ファイバ着色心線 1 が形成される。光ファイバ着色心線 1 は、着色層被覆装置 50 の下方に設けられたガイドローラ 62 にガイドされ、巻取り装置 71 に巻き取られる。

10

【0024】

図 3 は、第 1 実施形態に係る光ファイバ着色心線 1 の製造方法のフローチャートである。まず、ユーザは製造装置 10 に光ファイバ母材 6 を設置する（ステップ S101）。次いで加熱装置 20 に設けられたヒータ 21 は、光ファイバ母材 6 を加熱し、光ファイバ裸線 2 の線引きを開始する（ステップ S102）。

20

【0025】

プライマリ層被覆装置 30 は、線引きされた光ファイバ裸線 2 の周囲に紫外線硬化型樹脂を含むプライマリ層材料を塗布し、プライマリ層材料に紫外線を照射し、プライマリ層 3 を形成する（ステップ S103）。次に、セカンダリ層被覆装置 40 は、プライマリ層 3 の周囲に紫外線硬化型樹脂を含むセカンダリ層材料を塗布し、セカンダリ層材料に紫外線を照射してセカンダリ層 4 を形成する（ステップ S104）。続いて、着色層被覆装置 50 は、セカンダリ層 4 の周囲に紫外線硬化型樹脂を含む着色層材料を塗布し、着色層材料に紫外線を照射して着色層 5 を形成する（ステップ S105）。以上により、光ファイバ着色心線 1 が得られる。なお、プライマリ層を形成する工程（ステップ S103）において必ずしも紫外線を照射することを要しない。この場合、プライマリ層 3 は、セカンダリ層 4 を形成する工程（ステップ S104）における紫外線の照射によって、硬化され得る。

30

【0026】

光ファイバ着色心線 1 の製造工程では、紫外線の照射は、プライマリ層 3 を形成する工程（ステップ S103）、セカンダリ層 4 を形成する工程（ステップ S104）、着色層 5 を形成する工程（ステップ S105）で行われる。したがって、プライマリ層 3 を形成した後において、セカンダリ層 4、着色層 5 の形成においても紫外線がプライマリ層 3 に照射され、プライマリ層 3 が硬化し得る。より具体的には、セカンダリ層 4、着色層 5 を透過した紫外線がプライマリ層 3 に吸収され、プライマリ層 3 の硬化がさらに進行し得る。紫外線硬化型樹脂が硬化し過ぎると、プライマリ層 3 のヤング率が高くなり、プライマリ層 3 は光ファイバ裸線 2 に加わる外力を十分に緩衝することが困難となり得る。この結果、マイクロベンドロスが生じ得る。

40

【0027】

本実施形態では、プライマリ層 3 のヤング率を飽和ヤング率に対して低くしながら、プライマリ層 3 の硬化を抑制し、マイクロベンドロスを効果的に回避している。以下、プライマリ層 3 の硬化を抑制する方法について説明する。プライマリ層 3 は、プライマリ層材料に含まれる紫外線硬化型樹脂が重合することで硬化する。また、プライマリ層材料に含

50

まれる低分子量の成分は、例えば線引き工程（ステップ S 1 0 2）後の高温条件下において、その一部が揮発する。プライマリ層材料が高温である状態でプライマリ層材料に紫外線を照射することによって、プライマリ層材料の重合と揮発が同時に進行する。プライマリ層材料の重合と揮発が同時に進行することで、プライマリ層材料の重合が抑制される。すなわち、プライマリ層材料が高温である条件でプライマリ層材料に紫外線を照射することで、プライマリ層 3 の硬化の進行を抑制し、プライマリ層 3 のヤング率を低く抑えることができる。この時、プライマリ層材料の揮発によって、プライマリ層材料の組成が変化し、プライマリ層 3 の硬化が抑制されている。言い換えると、プライマリ層 3 は、硬化の進行が抑制されるように組成が変化している。すなわち、光ファイバ着色心線 1 に追加の紫外線が照射された場合においても、プライマリ層 3 の硬化を抑制することができる。なお、プライマリ層材料を高温にする方法は、例えば、線引き工程（ステップ S 1 0 2）の終了からプライマリ層 3 を被覆する工程（ステップ S 1 0 3）の開始までの期間を短くするなどが挙げられる。この場合、比較的高温の光ファイバ裸線 2 の周囲にプライマリ層材料が塗布されるため、プライマリ層材料が高温である状態でプライマリ層材料に紫外線を照射することができる。

10

【 0 0 2 8 】

プライマリ層 3 の硬化の進行を抑える方法は、プライマリ層材料を高温にする方法に限定されるものではない。その他の方法としては、例えば、プライマリ層材料に含まれる添加物の量を調整する方法、照射する紫外線の光量を調整する方法などが挙げられる。これらの方法を任意に選択若しくは組み合わせることにより、要求されるヤング率を有するプライマリ層 3 が得られるように、適宜設定することができる。

20

【 0 0 2 9 】

本実施形態において、プライマリ層材料に用いられる紫外線硬化型樹脂は、望ましくは 0 . 8 4 M P a 以上の飽和ヤング率を有している。高い飽和ヤング率を有する紫外線硬化型樹脂の粘度は、低い飽和ヤング率を有する紫外線硬化型樹脂の粘度よりも低い。このため、例えば光ファイバ裸線 2 の外周に均一にプライマリ層材料を塗布し易くなり、プライマリ層の形成が容易となる。

【 0 0 3 0 】

[第 2 実施形態]

本発明の第 2 実施形態による光ファイバリボン、光ファイバリボンの製造装置及び製造方法について説明する。第 1 実施形態による光ファイバ着色心線 1、光ファイバ着色心線 1 の製造装置 1 0 及び製造方法と同様の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略し或いは簡潔にする。

30

【 0 0 3 1 】

本実施形態では、第 1 実施形態による光ファイバ着色心線 1 を適用したケーブルの一例として、第 1 実施形態による光ファイバ着色心線 1 から構成される光ファイバリボンについて説明する。なお、第 1 実施形態による光ファイバ着色心線の適用例は、光ファイバリボンの形態に限定されるものではなく、例えば、光ファイバ着色心線がシースにより収容された単心ファイバの集合体ケーブルの形態をとってもよい。

【 0 0 3 2 】

40

図 4 は、第 2 実施形態に係る光ファイバリボン 1 0 0 の断面図である。光ファイバリボン 1 0 0 は、接着層 1 0 1 を介して複数の光ファイバ着色心線 1 が帯状に束ねられることによって構成される。接着層 1 0 1 は、紫外線硬化型樹脂を含む被覆材料に紫外線を照射して硬化させることによって形成される。接着層 1 0 1 を形成する紫外線硬化型樹脂は、プライマリ層 3、セカンダリ層 4、着色層 5 を形成する紫外線硬化型樹脂と同様の樹脂で構成される。光ファイバ着色心線 1 は、光ファイバリボン 1 0 0 の形態をとることによって、高密度に束ねることができる。なお、光ファイバリボン 1 0 0 は、図 4 に示した構成に限定されない。また、光ファイバリボン 1 0 0 がシースにより収容されたりボンケーブルの形態をとってもよく、光ファイバ着色心線 1 が長手方向に間欠的に接着された間欠接着構造をとってもよい。

50

【 0 0 3 3 】

図 5 は、第 2 実施形態に係る光ファイバリボン 1 0 0 の製造方法に用いるリボン化装置 8 0 の模式図である。リボン化装置 8 0 には、接着層 1 0 1 の被覆材料（接着層材料ともいう）が保持される。また、リボン化装置 8 0 には、紫外線照射装置 3 2、4 2 及び 5 2 に設けられている紫外線光源と同様の紫外線光源が設けられる。複数用意された光ファイバ着色心線 1 は、リボン化装置 8 0 に入り、接着層材料を塗布される。接着層材料が塗布された光ファイバ着色心線 1 は、接着層材料が塗布された他の複数の光ファイバ着色心線 1 とともに束ねられる。束ねられた複数の光ファイバ着色心線 1 は、リボン化装置 8 0 に設けられた紫外線光源により紫外線が照射される。その結果、紫外線硬化型樹脂を主なる成分とする接着層材料は硬化され、接着層 1 0 1 となる。接着層 1 0 1 を介して並列された複数の光ファイバ着色心線 1 が連結される。このようにして、光ファイバ着色心線 1 から光ファイバリボン 1 0 0 が形成される。

10

【 0 0 3 4 】

図 6 は、第 2 実施形態に係る光ファイバリボン 1 0 0 の製造方法のフローチャートである。ステップ S 1 0 1 ~ S 1 0 5 は第 1 実施形態と同様である。図 6 のフローチャートにおいて、第 1 実施形態のフローチャートに加えて、光ファイバ着色心線 1 のリボン化工程が行われる。すなわち、ステップ S 1 0 5 において着色層 5 が形成された後、リボン化装置 8 0 は複数用意された光ファイバ着色心線 1 に紫外線硬化型樹脂を塗布し、紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射して複数の光ファイバ着色心線 1 を連結する（ステップ S 1 0 6）。これにより、光ファイバリボン 1 0 0 が製造される。

20

【 0 0 3 5 】

光ファイバ着色心線 1 から光ファイバリボン 1 0 0 を製造する工程において、光ファイバ着色心線 1 に紫外線が照射される。また、光ファイバ着色心線 1 は、製造後に追加の紫外線の照射が行われた場合においても、プライマリ層 3 の硬化を抑制することができる。よって、光ファイバ着色心線のリボン化工程においても、紫外線の照射によるプライマリ層 3 の硬化を抑えることができる。従って、リボン化工程におけるマイクロベンドロスの増加が抑制された光ファイバリボン 1 0 0 を得ることができる。

【実施例】

【 0 0 3 6 】

以下、本発明の実施形態に係る光ファイバ着色心線、光ファイバリボンの実験の結果について説明する。

30

【 0 0 3 7 】

【表 1】

	飽和ヤング率 MPa	ヤング率 MPa	ヤング率/ 飽和ヤング率 %	追加UV照射後 ヤング率 MPa	追加UV照射後		評価 1	評価 2
					ヤング率/ 飽和ヤング率	ヤング率変化量/ 飽和ヤング率		
					%	%		
実施例 1	0.84	0.58	68.7	0.59	69.9	1.2	OK	OK
実施例 2	0.84	0.54	63.9	0.54	64.0	0.0	OK	OK
実施例 3	1.30	0.39	30.3	0.43	32.7	3.1	OK	OK
実施例 4	1.30	0.30	23.1	0.33	25.4	2.3	OK	OK
実施例 5	1.30	0.70	53.8	0.90	69.2	15.4	OK	OK
実施例 6	1.74	1.11	63.6	1.12	64.1	0.6	OK	OK
実施例 7	1.74	0.82	47.0	0.89	50.9	4.0	OK	OK
実施例 8	2.60	0.90	34.5	1.04	40.0	5.4	OK	OK
実施例 9	2.60	0.71	27.4	1.00	38.3	11.2	OK	OK
比較例 1	1.30	0.19	14.4	1.27	97.7	83.1	OK	NG
比較例 2	1.30	0.95	73.3	1.29	99.1	26.2	NG	NG

40

【 0 0 3 8 】

表 1 は、プライマリ層のヤング率と光ファイバ着色心線または光ファイバリボンの実施例、比較例におけるマイクロベンドロスの評価を表している。すなわち、表 1 は、実施例

50

1～9、比較例1、2におけるプライマリ層3の飽和ヤング率(MPa)、ヤング率(MPa)、ヤング率/飽和ヤング率(%)、追加UV照射後ヤング率(MPa)、追加UV照射後ヤング率/飽和ヤング率(%)、ヤング率変化量/飽和ヤング率(%)、マイクロベンドロスの評価を表している。

【0039】

表1における「飽和ヤング率」とは、プライマリ層3を形成する紫外線硬化型樹脂を製膜し、室温にて水銀ランプ、UV-LED等を用いて紫外線を照射して完全に硬化させた際のヤング率である。また、表1における「ヤング率」とは、光ファイバ着色心線1のプライマリ層3のISM(In Situ Modulus)である。本明細書では、ISMは下記の方法で測定したものと定義する。

10

【0040】

まず、市販のストリッパーを用いて、サンプルとなる光ファイバ中間部のプライマリ層3及びセカンダリ層4を数mmの長さだけ剥ぎ取った後、被覆層が形成されている光ファイバの他端に荷重Fを印加する。この状態において、被覆層を剥ぎ取った部分と被覆層が形成されている部分との境目におけるプライマリ層3の変位 δ を顕微鏡で読み取る。そして、荷重Fを10、20、30、50及び70gf(すなわち順次98、196、294、490及び686mN)とすることで、荷重Fに対する変位 δ のグラフを作成する。そしてグラフから得られる傾きと下記式(1)を用いてプライマリ弾性率を算出する。算出されるプライマリ弾性率は、いわゆるISMに相当するので、以下では適宜P-ISMと記載する。

20

$$P-ISM = (3F/\delta) * (1/2\pi l) * \ln(DP/DG) \cdots (式1)$$

【0041】

ここでP-ISMの単位は[MPa]である。また、 F/δ は荷重(F)[gf]に対する変位(δ)[μm]のグラフが示す傾き、 l はサンプル長(例えば10mm)、 DP/DG はプライマリ層3の外径(DP)[μm]と光ファイバのクラッド部の外径(DG)[μm]との比である。したがって、用いたF、 δ 、 l から上式を用いてP-ISMを算出する場合は、所定の単位変換をする必要がある。なお、プライマリ層3の外径およびクラッド部の外径は、ファイバカッターにより切断した光ファイバの断面を顕微鏡で観察することにより計測できる。

【0042】

30

表1における「追加UV照射後ヤング率」とは、製造後の光ファイバ着色心線1にD bulbを用いて1000mW/cm²、500mJ/cm²で紫外線を追加で照射した際のプライマリ層3のISMである。また、「ヤング率変化量/飽和ヤング率」は紫外線を追加で照射した前後のヤング率の変化量と飽和ヤング率との比を表している。「ヤング率変化量」は、「ヤング率」から「追加UV照射後ヤング率」への変化量の値である。

【0043】

表1における「評価1」は、紫外線を追加で照射する前の光ファイバ着色心線1におけるマイクロベンドロスが基準(0.15dB/km以下)を満たすか否かを表している。また、「評価2」は、紫外線を追加で照射した後の光ファイバ着色心線1におけるマイクロベンドロスが基準(0.15dB/km以下)を満たすか否かを表している。マイクロベンドロスが基準を満たす場合には、評価1、2は良好(OK)と判断され、マイクロベンドロスが基準を満たさない場合には、評価1、2は不良(NG)と判断される。

40

【0044】

マイクロベンドロスの測定方法については様々なものが考えられる。本明細書では、番手が#1000のサンドペーパーを巻いた大きめのボビンに、100gfの張力で、400m以上の長さの光ファイバを互いに重ならないように1層巻きに巻き付けた状態Aにおける測定対象の光ファイバの伝送損失と、状態Aと同じボビンに状態Aと同じ張力、同じ長さで巻き付けた、サンドペーパーが巻かれていない状態Bの光ファイバの伝送損失との差をマイクロベンドロスの値として定義した。ここで状態Bの光ファイバの伝送損失はマイクロベンドロスを含まず、光ファイバそのものに固有の伝送損失と考えられる。

50

【 0 0 4 5 】

なお、この測定方法は、J I S C 6 8 2 3 : 2 0 1 0 に規定される固定径ドラム法に類似するものである。また、この測定方法は、サンドペーパー法とも呼ばれる。また、この測定方法では、伝送損失は波長 1 5 5 0 n m で測定しているのので、以下のマイクロベンドロスも波長 1 5 5 0 n m での値である。

【 0 0 4 6 】

なお、光ファイバのマイクロベンドロスの生じやすさを表す指標として有効コア断面積（実効コア断面積）が挙げられる。有効コア断面積は下記式（ 2 ）で示される。

$$(\text{有効コア断面積}) = (\pi k / 4) * (M F D)^2 \cdots (\text{式 } 2)$$

ここで、有効コア断面積は、波長 1 5 5 0 n m における値であり、M F D はモードフィールド径（ μm ）、k は定数である。有効コア断面積は、光ファイバ裸線 2 の軸に直交する断面のうち、所定の強度を有する光が通過する部分の面積を表す。一般的に、光ファイバ裸線 2 の有効コア断面積が大きくなるほど、光ファイバ裸線 2 の断面における光学的閉じ込めが弱くなる。すなわち、光ファイバ裸線 2 の有効コア断面積が大きい場合、光ファイバ裸線 2 に加わる外力によって光ファイバ裸線 2 内の光が漏出しやすくなる。このため、光ファイバ裸線 2 の有効コア断面積が大きくなると、光ファイバ着色心線 1 のマイクロベンドロスが生じやすくなる。

【 0 0 4 7 】

ここで、本発明の実施形態に係る光ファイバ着色心線 1 は、光ファイバ着色心線 1 に加わる外力を効果的に緩衝可能なプライマリ層 3 を有する。従って、光ファイバ着色心線 1 に加わる外力をプライマリ層 3 が十分に緩衝することによって、光ファイバ裸線 2 に加わる外力を十分に低減することができる。これにより、光ファイバ裸線 2 の有効コア断面積が大きい場合においても、光ファイバのマイクロベンドロスを効果的に抑制することができる。

【 0 0 4 8 】

また、光ファイバ裸線 2 の有効コア断面積を大きくすることによって、光ファイバ裸線 2 の断面における単位面積あたりの光強度を低減することができる。これにより、光ファイバ裸線 2 内の光による非線形光学効果を抑制することができる。従って、実施例 1 ~ 9、比較例 1、2 の光ファイバ着色心線 1 は、好ましくは、 $100 \mu m^2$ 以上 $160 \mu m^2$ 以下、例えば $120 \mu m^2$ 以上 $160 \mu m^2$ 以下の有効コア断面積を有することが好ましい。これにより、光ファイバ裸線 2 内の光による非線形光学効果を抑制可能な光ファイバ着色心線 1 を得ることができる。

【 0 0 4 9 】

実施例 1、2 において、飽和ヤング率が 0 . 8 4 M P a のプライマリ層材料を用いた。実施例 1、2 のヤング率がそれぞれ 0 . 5 8 M P a、0 . 5 4 M P a になるまでプライマリ層材料を紫外線硬化させ、飽和ヤング率に対するヤング率の比率は 6 8 . 7 %、6 3 . 9 % であった。追加 U V 照射後のヤング率は 0 . 5 9 M P a、0 . 5 4 M P a となり、飽和ヤング率に対する追加 U V 照射後ヤング率の比率は 6 9 . 9 %、6 4 . 0 % であった。飽和ヤング率に対するヤング率変化量の比率は 1 . 2 %、0 . 0 % であって、いずれの場合においても比率は 1 6 % 以下であった。紫外線を追加で照射した前後のマイクロベンドロスは 0 . 1 5 d B / k m 以下となり、評価 1、2 はともに良好（O K）であった。

【 0 0 5 0 】

実施例 3、4、5 において、飽和ヤング率が 1 . 3 0 M P a のプライマリ層材料を用いた。実施例 3、4、5 のヤング率がそれぞれ 0 . 3 9 M P a、0 . 3 0 M P a、0 . 7 0 M P a になるまでプライマリ層材料を紫外線硬化させ、飽和ヤング率に対するヤング率の比率は 3 0 . 3 %、2 3 . 1 %、5 3 . 8 % であった。追加 U V 照射後のヤング率は 0 . 4 3 M P a、0 . 3 3 M P a、0 . 9 0 M P a となり、飽和ヤング率に対する追加 U V 照射後ヤング率の比率は 3 2 . 7 %、2 5 . 4 %、6 9 . 2 % であった。飽和ヤング率に対するヤング率変化量の比率は 3 . 1 %、2 . 3 %、1 5 . 4 % であって、いずれの場合においても比率は 1 6 % 以下であった。紫外線を追加で照射した前後のマイクロベンドロス

は 0.15 dB/km 以下となり、評価 1、2 はともに良好 (OK) であった。

【0051】

実施例 6、7 において、飽和ヤング率が 1.74 MPa のプライマリ層材料を用いた。実施例 6、7 のヤング率がそれぞれ 1.11 MPa、0.82 MPa になるまでプライマリ層材料を紫外線硬化させ、飽和ヤング率に対するヤング率の比率は 63.6%、47.0% であった。追加 UV 照射後のヤング率は 1.12 MPa、0.89 MPa となり、飽和ヤング率に対する追加 UV 照射後ヤング率の比率は 64.1%、50.9% であった。飽和ヤング率に対するヤング率変化量の比率は 0.6%、4.0% であった。紫外線を追加で照射した前後のマイクロベンドロス は 0.15 dB/km 以下となり、評価 1、2 がともに良好 (OK) であった。

10

【0052】

実施例 8、9 において、飽和ヤング率が 2.60 MPa のプライマリ層材料を用いた。実施例 8、9 のヤング率がそれぞれ 0.90 MPa、0.71 MPa になるまでプライマリ層材料を紫外線硬化させ、飽和ヤング率に対するヤング率の比率は 34.5%、27.4% であった。追加 UV 照射後のヤング率は 1.04 MPa、1.00 MPa となり、飽和ヤング率に対する追加 UV 照射後ヤング率の比率は 40.0%、38.3% であった。飽和ヤング率に対するヤング率変化量の比率は 5.4%、11.2% であった。紫外線を追加で照射した前後のマイクロベンドロス は 0.15 dB/km 以下となり、評価 1、2 がともに良好 (OK) となった。

【0053】

20

比較例 1 において、飽和ヤング率が 1.30 MPa のプライマリ層材料を用い、ヤング率が 0.19 MPa になるまでプライマリ層材料を硬化させた。飽和ヤング率に対するヤング率変化量の比率は 70% 未満の 14.4% であるが、飽和ヤング率に対する追加 UV 照射後ヤング率の比率は 70% を超える 97.7% であった。追加 UV 照射の前後におけるヤング率の変化量と飽和ヤング率との比率は 83.1% となった。マイクロベンドロス は 0.15 dB/km であり、評価 1 は良好 (OK) であったが、紫外線を追加で照射した後のマイクロベンドロス は 0.15 dB/km を超え、評価 2 は不良 (NG) となった。

【0054】

比較例 2 において、飽和ヤング率が 1.30 MPa のプライマリ層材料を用い、ヤング率が 0.95 MPa になるまでプライマリ層材料を硬化させた。飽和ヤング率に対するヤング率変化量の比率は 70% を超える 73.3% であった。また、飽和ヤング率に対する追加 UV 照射後ヤング率の比率は 70% を超える 99.1% であった。追加 UV 照射の前後におけるヤング率の変化量と飽和ヤング率との比率は 26.2% となった。紫外線を追加で照射した前後のマイクロベンドロス は 0.15 dB/km を超え、評価 1、2 がともに不良 (NG) となった。

30

【0055】

図 7 は、表 1 の実施例 1～9、比較例 1、2 における、飽和ヤング率に対するヤング率の比 (%) および飽和ヤング率に対する追加 UV 照射後のヤング率の比 (%) とマイクロベンドロス (dB/km) との関係を示す図である。図 7 に示されているように、飽和ヤング率に対するヤング率の比が 70% 未満である場合、光ファイバ着色心線 1 のマイクロベンドロス は 0.15 dB/km 以下となることが確認された。従って、飽和ヤング率に対するヤング率の比が 70% 未満であることが好ましい。

40

【0056】

また、プライマリ層 3 の飽和ヤング率は例えば 0.84 MPa 以上の比較的に高い飽和ヤング率を有することが好ましい。高い飽和ヤング率を有する紫外線硬化型樹脂は比較的に低い粘度を有しているため、取り扱いが容易である。このため、例えば均一なプライマリ層 3 を形成し易くなるなどの製造上の利点を奏し得る。

【0057】

また、線引き工程において、プライマリ層 3 は高温に晒されるため、追加の UV 照射による硬化反応が抑制され得る。本実施形態においては、飽和ヤング率の高い紫外線硬化型

50

樹脂を用いることにより、線引き工程においてプライマリ層 3 が高温に晒された場合においても、ヤング率が低くなりすぎるのを回避することができる。

【 0 0 5 8 】

さらに、飽和ヤング率に対する追加 UV 照射後ヤング率の比が 7 0 % 未満であり、追加 UV 照射の前後におけるヤング率の変化量と飽和ヤング率との比率が 1 6 % 以下であることが好ましい。これにより、製造された光ファイバ着色心線 1 に追加の紫外線が照射される場合において、プライマリ層 3 の硬化によるマイクロベンドロスを抑制することができる。

【 0 0 5 9 】

以上述べたように、本実施形態によれば、低い飽和ヤング率を有する紫外線硬化型樹脂に伴う問題を回避しながら、マイクロベンドロスを効果的に抑制することができる。

10

【 0 0 6 0 】

本発明は、上記実施形態に限らず種々の変形が可能である。例えば、いずれかの実施形態の一部の構成を他の実施形態に追加した例、ほかの実施形態の一部の構成と置換した例も、本発明の実施形態である。また、実施形態において特段の説明や図示のない部分に関しては、当該技術分野の周知技術や公知技術を適宜適用可能である。

【 0 0 6 1 】

この出願は 2 0 2 0 年 1 0 月 2 9 日に出願された日本国特許出願第 2 0 2 0 - 1 8 1 7 2 4 号からの優先権を主張するものであり、その内容を引用してこの出願の一部とするものである。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 6 2 】

- | | |
|---|-----------|
| 1 | 光ファイバ着色心線 |
| 2 | 光ファイバ裸線 |
| 3 | プライマリ層 |
| 4 | セカンダリ層 |
| 5 | 着色層 |

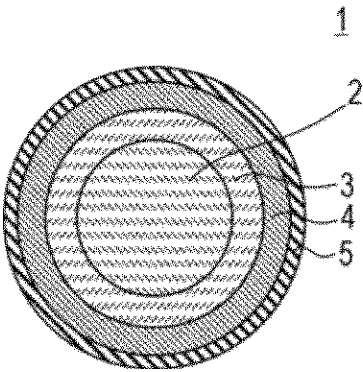
30

40

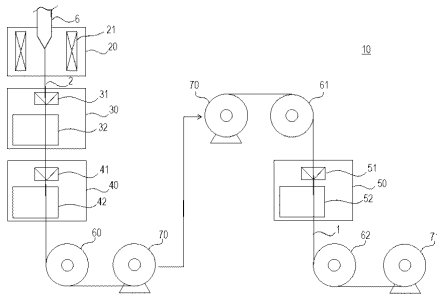
50

【図面】

【図 1】

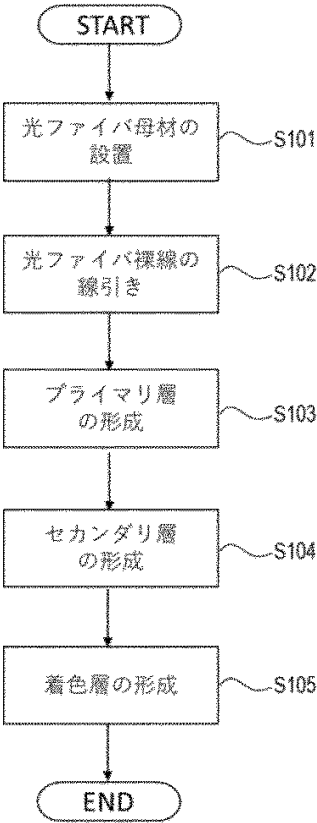


【図 2】

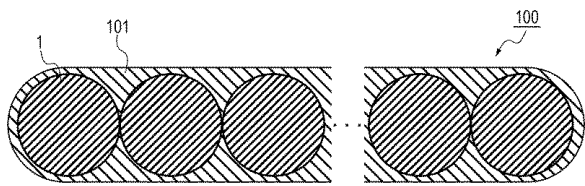


10

【図 3】



【図 4】



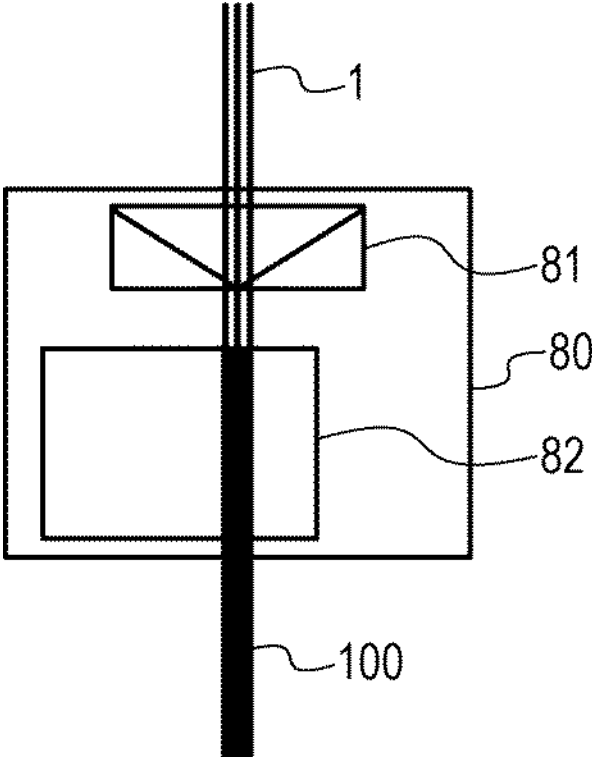
20

30

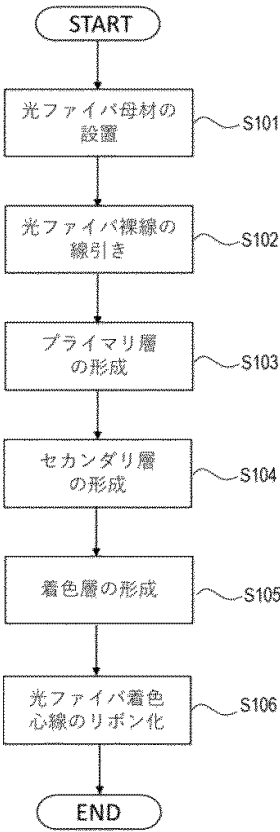
40

50

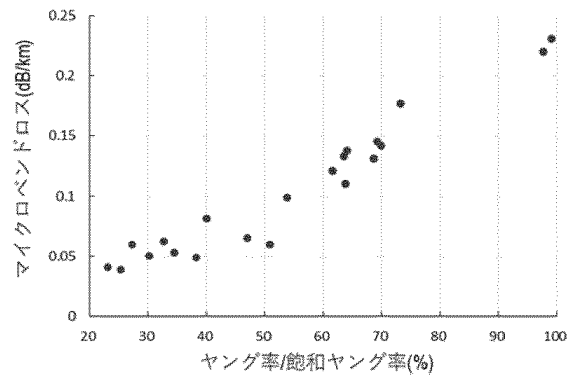
【図 5】



【図 6】



【図 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
C 0 3 C 25/50 (2006.01)
C 0 3 C 25/285
C 0 3 C 25/475
C 0 3 C 25/12
C 0 3 C 25/50

東京都千代田区大手町二丁目 6 番 4 号 古河電気工業株式会社内
(72)発明者 岩屋 光洋
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 4 号 古河電気工業株式会社内
審査官 堀部 修平

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 8 / 0 6 2 3 6 4 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 1 8 / 0 6 2 3 6 5 (W O , A 1)
特開平 0 4 - 0 4 2 8 3 8 (J P , A)
特開昭 6 3 - 3 1 5 5 4 2 (J P , A)
特開昭 6 2 - 2 0 2 8 4 2 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 6 9 6 8 6 (J P , A)
米国特許第 0 5 9 7 7 2 0 2 (U S , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 6 / 0 2 - 6 / 0 3 6
G 0 2 B 6 / 1 0
G 0 2 B 6 / 4 4
C 0 3 C 2 5 / 0 0 - 2 5 / 7 0