

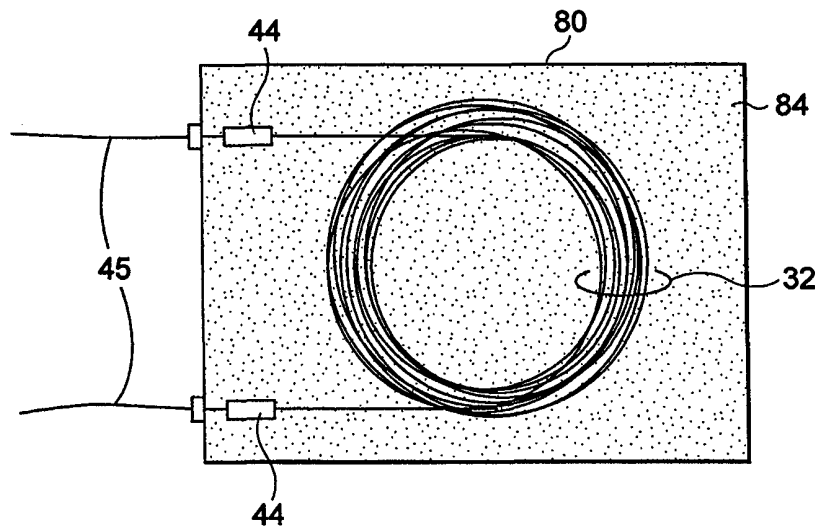


(51) 国際特許分類7 <b>G02B 6/00, 6/22, 6/44</b>	<b>A1</b>	(11) 国際公開番号 <b>WO00/41011</b>  (43) 国際公開日 2000年7月13日(13.07.00)
--	-----------	--

(21) 国際出願番号 PCT/JP00/00026  (22) 国際出願日 2000年1月6日(06.01.00)  (30) 優先権データ 特願平11/1129                      1999年1月6日(06.01.99)                      JP 特願平11/262281                      1999年9月16日(16.09.99)                      JP  (71) 出願人 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)[JP/JP] 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka, (JP) (72) 発明者 笹岡英資(SASAOKA, Eisuke) 田中 茂(TANAKA, Shigeru) 小林宏平(KOBAYASHI, Kohei) 玉野研治(TAMANO, Kenji) 藤井隆志(FUJII, Takashi) 〒244-8588 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa, (JP)	(74) 代理人 弁理士 長谷川芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiaki et al.) 〒104-0061 東京都中央区銀座二丁目6番12号 大倉本館 創英国際特許法律事務所 Tokyo, (JP)  (81) 指定国    AU, CA, CN, JP, KR, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)  添付公開書類 国際調査報告書
---	---

(54)Title:    **DISPERSION COMPENSATING OPTICAL FIBER**

(54)発明の名称    分散補償器及びその製造方法



(57) Abstract

An optical device comprises an optical fiber coil and a plastic part that surrounds the fiber coil to maintain the shape of the fiber coil. A method of manufacturing an optical device comprises the steps of winding optical fiber into an optical fiber coil, and molding the fiber coil with resin.

(57)要約

コイル状に巻き回された光ファイバより構成される光ファイバコイルと、この光ファイバコイルの少なくともその外周面を取り囲み、光ファイバのコイルの形状を保持する樹脂とを備えた光学部品及び光ファイバを巻き回し、光ファイバコイルを形成する光ファイバコイル形成工程と、光ファイバ形成工程で形成された光ファイバコイルの外周面に樹脂を形成する樹脂部形成工程とを備えた光学部品の製造方法。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	GW	ギニア・ビサウ		共和国	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TZ	タンザニア
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	マラウイ	US	米国
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	MZ	モザンビーク	VN	ヴェトナム
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラヴィア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NO	ノルウェー	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド		
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

## 明細書

### 分散補償器及びその製造方法

#### 技術分野

- 5 本発明は、光ファイバ伝送路の信号光の波長分散を低減する分散補償器およびその製造方法に関する。

#### 背景技術

- 10 零分散波長を1.3  $\mu\text{m}$ 帯にもつシングルモード光ファイバ(1.3 SMF)を用いて1.55  $\mu\text{m}$ 帯ないしそれ以上の長波長領域での長距離大容量伝送を行なうため、これらの長波長帯域での波長分散を相殺する分散補償器が開発されている。

- 15 こうした分散補償器は、1.3 SMFとは逆符号の大きな波長分散をもつ長尺の分散補償光ファイバ(DCF)をコイル状に巻いてコンパクト化したものである。しかし、コイル状に巻くことで曲げ損失が発生して、その性能が劣化するため、曲げ損失を抑えるため、様々な技術が開発されていた。

- 20 その中の一つである特開平10-123342号公報に開示された技術は、ポビンにDCFを巻きつけて光ファイバコイルを形成した後、光ファイバコイルを抜き取って巻きほぐし、束状にしてケースに収容するか、ポビン自体の径を小さくして、コイルをポビンに保持したまま巻きほぐすことにより、光ファイバに作用する側圧を低減させる技術である。

- 25 しかしながら、巻きほぐされた状態の光ファイバは自由に移動できる状態にあるため、振動や衝撃によりコイルが変形しやすく、コイルの変形によって曲げ損失が生ずるといった問題点がある。こうしたコイルの変形を防ぐ技術として、特開平10-123342号公報には、束状のコイルを離散的に数箇所固定したり、コイルをポビンを含む収納ケースにクッション材で固定する技術が開示されて

- いる。しかし、いずれも光ファイバを全長にわたって固定するわけではないので、振動が長期的に付加されると、振動ずれを生じ、局所的な曲げが発生して、曲げ損失が生ずるおそれがある。特開昭62-91810号公報には、ファイバの周囲及び接続部を樹脂で固定した光ファイバジャイロが開示されているが、DC
- 5 Fは曲げに弱く、光ファイバジャイロで用いられるファイバに比べてはるかに長尺であるため、この樹脂の押圧力でマイクロバンド損失が発生してしまう虞があり、この技術は適用できない。

### 発明の開示

- 10 上記問題点を解決するため、本発明は、曲げ損失を低減し、長期的に付加される振動によっても振動ずれの発生するおそれのない光学部品である分散補償器及びその製造方法を提供することを目的とする。

- 上記課題を解決するため、本発明の光学部品は、コイル状に巻き回された光ファイバより構成される光ファイバコイルと、この光ファイバコイルの少なくとも
- 15 その外周面を取り囲み、光ファイバのコイルの形状を保持する樹脂とを備えていることを特徴とする。

- また、本発明の光学部品の製造方法は、光ファイバを巻き回し、光ファイバコイルを形成する光ファイバコイル形成工程と、前記光ファイバ形成工程で形成された光ファイバコイルの外周面に樹脂を形成する樹脂部形成工程と、を備えてい
- 20 ることを特徴とする。

- また、本発明の光学部品の製造方法は、光ファイバの被覆外周に樹脂を塗布する工程と、樹脂が塗布された光ファイバを中心胴体の周囲に巻き付け、光ファイバコイルを形成する工程とを備えたことを特徴とする。

### 25 図面の簡単な説明

- 図1は、本発明に係る分散補償器の第1の実施形態を示す断面図である。

図 2 は、図 1 の実施形態の容器蓋を取り外した状態の平面図である。

図 3 は、本発明に係る分散補償器で用いられる D C F の断面構造図である。

図 4 は、図 3 の D C F の屈折率プロフィールを示す図である。

図 5 は、本発明に係る光学部品の第 1 の実施形態の変形形態を示す断面図である。

図 6 は、本発明に係る光学部品の第 2 の実施形態を示す拡大断面図である。

図 7 は、図 6 の実施形態のボビンを示す図である。

図 8 は、図 6 の実施形態の製造方法を示す図である。

図 9 は、図 6 の実施形態の別の製造方法を示す図である。

10 図 10 は、本発明に係る光学部品の第 3 の実施形態の容器蓋を取り外した状態の平面図である。

図 11 及び第 12 図は、それぞれ、光ファイバコイルを中心胴体に設置する例を示す図である。

15 図 13 は、中心胴体に巻き回されて形成された光ファイバコイルの光ファイバの整列状態を示す図である。

図 14 は、複数の光ファイバコイルを同心状に配置した例を示す図である。

図 15 は、複数の光ファイバコイルを、コイル形状の中心軸に沿って積層した配置例を示す図である。

## 20 発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照して本発明の好適な実施の形態を詳細に説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の参照番号を附し、重複する説明は省略する。

25 図 1 は、本発明に係る光学部品である分散補償器の第 1 の実施形態を示す断面図であり、図 2 は、その容器蓋 82 を取り外した状態の平面図である。図 1、図 2 に示されるように、本実施形態の分散補償器は、矩形の底面を有する収納箱 8

0内に巻き歪みが実質的に解放された状態で束状にされた光ファイバコイル32が収納されている。光ファイバコイル32の両端は、それぞれピグテールファイバ45に融着部分44で接続されている。収納箱80内には、光ファイバコイル32を取り囲むように充填材84が充填されている。ここで、充填材84は、光ファイバコイル32を構成する光ファイバの間にも入り込んでいることが好ましい。そして、収納箱80には蓋82が取り付けられて、密封されている。

ここで、巻き歪みが実質的に解消された状態とは、巻き取りに伴う波長1.5  $\mu\text{m}$ 以上の波長帯における伝送損失増加を0.1 dB/km以上低減させた状態を指すものとする。ポビンから取り外して巻きほぐした状態の光ファイバコイル32の伝送損失増加は、特開平10-123342号公報に開示されているようにほとんど解消され、巻き歪みが解消されれば、それに伴う伝送損失も解消されるからである。

図3は、この光ファイバコイル32を構成するDCFの断面図であり、図4は、その屈折率プロフィールを示す図である。図3に示されるように、このDCFは、ガラス製の光ファイバ11を中心に同心円柱殻状の2層の樹脂製の被覆層13、15を有している。ガラス部11は、コア部の径aが2.65  $\mu\text{m}$ 、ディプレスト部の径bが7.58  $\mu\text{m}$ の2重クラッド型DCFであり、その外径cは100  $\mu\text{m}$ 、一次被覆層13の厚みdは20  $\mu\text{m}$ 、二次被覆層15の厚みeは20  $\mu\text{m}$ 、ファイバ外径fは180  $\mu\text{m}$ である。そして、クラッド部の屈折率に対するコア部、ディプレスト部のそれぞれの屈折率の増減である $\Delta+$ 、 $\Delta-$ は、それぞれ2.1%、-0.4%である。なお、20°Cにおいて、一次被覆層13のヤング率は0.06 kgf/mm<sup>2</sup>であり、二次被覆層15のヤング率は65 kgf/mm<sup>2</sup>である。このDCFの波長分散、波長分散傾斜は、それぞれ波長1.55  $\mu\text{m}$ で-100 ps/nm/km、-0.29 ps/nm<sup>2</sup>/kmであり、伝送損失は0.40 dB/kmである。

このDCFをコイル状に形成したあとで、ポビンから取り外して巻きほぐすに

は、特開平10-123342号公報に開示されているようにDCFをボビンに巻き回す前に、予めボビンの胴部に微粉末等の滑材を塗布しておき抜き取ることが好ましい。この滑材には、粉末無機質充填材として用いられるタルク（理化学辞典、4版、239頁）等が使用できる。あるいは、胴径を縮小できるボビンを用いて、巻き取った後にボビンの胴径を縮小することにより抜き取りを容易にしてもよい。そして、DCFをボビンに巻き取る時の張力は、小さい方が好ましく、40gf以下であれば特に好ましい。

なお、束状の光ファイバコイルは、DCFをボビンに巻き回して作製した後に、ボビンから取り外して作製したものに限られない。光ファイバコイルの製造工程内でボビンに相当する部材にDCFを巻き取って光ファイバコイルを製作した後に、この部材から光ファイバコイルを外して作製してもよい。あるいは、DCFを収納箱80あるいは80a内に直接落とし込んでコイル状に形成してもよい。

そして、このように光ファイバコイル32を形成したのち、その外周面に樹脂（充填材）を塗布し、これを硬化させることにより形成できる。この硬化方法であるが、樹脂の性質により、熱硬化、紫外線硬化がある。そして、熱硬化の場合には、一例として、50°C\*24時間加熱することにより樹脂を硬化させている。

そして、充填材（樹脂）の塗布の際、コイル状に巻かれた光ファイバ間での気泡等の発生を防止するため、樹脂の表面張力を40dyn/cm<sup>2</sup>以下としておくことが好ましい。また、樹脂が光ファイバ間に十分に浸透するように、塗布の際の粘度を10000cs以下に保つことも好ましい。更に、樹脂の硬化の際、硬化開始から2時間以上その樹脂の粘度が10000cs以下に保たれていることが好ましい。すなわち、硬化に際して、樹脂が十分、光ファイバ間に浸透させ、かつ無用なマイクロベンドが発生しないようにするためである。この充填材84としては、ヤング率が0.05kg/mm<sup>2</sup>以下の熱硬化性あるいは紫外線硬化性のシリコン樹脂、あるいは、ブタジエン、シリコンなどのゴムをシリコーン、

ナフテンなどの溶剤で膨潤させ、必要に応じて他の樹脂等を添加した高粘性ジェリー状混和物などが使用できる。通常の接着剤や樹脂で光ファイバを固定すると、硬化時の樹脂のヤング率は  $50 \text{ kg/mm}^2$  以上に達するため、光ファイバに過大な押圧力がかかって、それに伴う曲げ歪みが発生して好ましくない。このよう

5 な柔軟性に富み、高粘性の物質を充填材として使用することにより、光ファイバコイル 32 を構成する光ファイバに曲げ歪みを加えるような過大な押圧力を及ぼすことなく、光ファイバを確実に固定することが可能である。そして、ファイバ間にも充填材を充填させることで、各ファイバにかかる押圧力が均等化されるので、不規則な側圧により発生するマイクロベンド損失を抑制でき、こうした曲げ

10 歪みに弱いために従来使用が困難であった細径ファイバ（ガラス径  $100 \mu\text{m}$  以下、被覆厚  $140 \mu\text{m}$  以下）や非線形性が改善される  $\Delta n$  の小さいファイバを使用した分散補償器を容易に作製することが可能となる。

収納箱 80 の形状は、図 1 の形状に限られるものではなく、図 5 に示される収納箱 80 a のように、環状構造としてもよい。図 1、図 5 においては、光ファイバコイル 32 が収納箱 80 あるいは 80 a の底面に接触する形態で描かれているが、例えば、収納箱 80 あるいは 80 a 内に充填材を少量注入してから束にした光ファイバコイル 32 を収納し、残りの充填材を注入して、硬化させてもよい。このようにすれば、光ファイバコイル 32 が収納箱 80 あるいは 80 a の底面から受ける圧力も軽減でき、さらに好ましい。

20 以上、説明したように、光ファイバコイル 32 を充填材 84 で取り囲むことで、巻き崩れを起こすことなく、また光ファイバコイル 32 の巻き歪みが実質的に解放された束の状態での状態で、収納箱 82 に収納できる。したがって、振動、衝撃等による光ファイバコイルの破壊や特性変動が防止され、また伝送損失値および伝送損失の温度依存性が低減された小型の分散補償器を得ることができる。

25 次に、本発明に係る分散補償器の第 2 の実施形態について説明する。この実施形態は、第 1 の実施形態とは、光ファイバコイルがポピンに巻きつけられている

点が相違する。

図6は、この第2の実施形態の拡大断面図である。図6に示されるように、ポ  
ビン2の胴部24の周囲に巻きつけられた光ファイバコイル48の各光ファイバ  
の間及び各光ファイバとポビン2の胴部外周面あるいはフランジ26の壁面との  
5 間には充填材84が充填されている。この充填材84は、第1の実施形態の充填  
材と同一の素材が使用できる。

図7は、このポビン2の斜視図である。胴部24の径 $g$ が100mm、フラン  
ジ26の径 $h$ が200mm、巻き幅 $k$ が18mmのアルミ製である。本実施形態  
では、このポビン2にファイバ長10kmの前述のDCFを、巻きピッチ0.4  
10 mm、巻き取り張力40gfの条件で巻いて光ファイバコイル32を作製してい  
る。

このように柔軟性に富み、高粘性の物質を充填材として使用することにより、  
光ファイバコイル48を構成する光ファイバに曲げ歪みを加えるような過大な押  
圧力を及ぼすことなく、光ファイバを確実に固定することが可能である。そして、  
15 ファイバ間にも充填材を充填させることで、各ファイバにかかる押圧力が均等化  
されるので、不規則な側圧により発生するマイクロバンド損失を抑制でき、こ  
うした曲げ歪みに弱いために従来使用が困難であった細径ファイバや非線形性が改  
善される $\Delta n$ の小さいファイバを使用した分散補償器を容易に作製することが可  
能となる。

20 また、本実施形態においては、ポビン2に熱膨張係数が比較的大きなアルミを  
使用しているが、温度上昇によってポビン2の胴部24の外周が膨張しても、膨  
張による応力を充填材84が吸収し、この応力は光ファイバコイル48へは伝達  
されないので、熱膨張による光ファイバコイル48の歪みの発生を防止できる。  
したがって、信頼性が向上するとともに、ポビン2として高価な低熱膨張素材を  
25 用いる必要がなく、コストダウンが図れる。

次に、この第2の実施形態の分散補償器を製造する方法について説明する。図

8、図9は、この製造方法を説明する説明図である。

図8に示される製造方法では、繰り出し側のボビン90に巻かれたDCF96はキャプスタンローラ91、92を介して、ボビン2の周囲に巻き回される。この際に、ボビン2の手前に配置された塗布手段94により液状の充填材84をDCF96の外周に略均一に塗布する。この結果、ボビン2に巻き回されたDCF96はその隙間に充填材84が略均一に充填されることになる。

図9に示される製造方法では、塗布手段94をボビン2側に設置し、ボビン2の胴部24の外周面、つまり、DCF96が巻き回される面及び既に巻き回されている面に充填材84を塗布する。これにより、巻き回されるDCF96の隙間に充填材84を確実に塗布することができる。

以上、説明したように、ボビン2に巻き歪みを実質的に解放された状態で巻きつけた光ファイバコイル48の間に充填材84を配置すれば、巻き崩れを起こすことなく、光ファイバコイル48をボビンに確実に固定できる。したがって、振動、衝撃等による光ファイバコイルの破壊や特性変動が防止され、また伝送損失値および伝送損失の温度依存性が低減された小型の分散補償器を得ることができる。

続いて、本発明に係る分散補償器の第3の実施形態について説明する。この実施形態は、第1の実施形態とは、光ファイバコイルの巻形状が正円形でない点が相違する。

図10は、この実施形態の容器蓋82を取り外した状態の平面図である。この実施形態の断面図は図1とほぼ同じである。この実施形態では、図10に示されるように、光ファイバコイル32の巻形状は、収納箱80に合わせて角が丸められた略長形状をなしている。このように巻形状を収納箱80の内側形状に合わせることで、巻形状が正円形の場合に比べて一巻きの光ファイバ長を長くとることができる。これにより、収納箱80を小型化し、分散補償器をよりコンパクトにすることが可能となる。

第一の実施形態と同じDCFを用い、このDCF 10 kmを胴径120 mm、最外径200 mmのボビンに巻き取ったうえで、形成された光ファイバコイル32をボビンから取り外して巻きほぐし束状態としたうえで、内寸が210×130 mmの収納箱80内に図10に示されるような略長方形の巻形状で収納し、第一の実施形態と同じ充填材を注入して、分散補償器を製作した。

波長1.61 kmにおける巻き取り前の光ファイバの特性は、波長分散が $-120 \text{ ps/nm/km}$ 、波長分散傾斜が $-0.34 \text{ ps/mm}^2/\text{km}$ であった。そして、ボビンに巻き取られた状態での伝送損失は $0.63 \text{ dB/km}$ であった。これに対して、製作された本実施形態の分散補償器の伝送損失は $0.41 \text{ dB/km}$ であり、光ファイバコイルを巻きほぐすことで $0.22 \text{ dB/km}$ の損失低減が行え、本実施形態の損失低減の有効性が確認された。

ここでは、巻形状を角が丸められた長方形とする例を説明したが、楕円形や卵形等の形状であってもよい。本実施形態では、光ファイバコイルを巻きほぐして束状にしているので、収納箱の内側形状に合わせて巻形状を調整するのが容易である。

上記、第1、第2及び第3の実施態様に使用される充填材（樹脂）としては、以下の特徴を有していることが好ましい。

JIS 2200に規定される貯蔵ちよう度が、 $25^\circ \text{C}$ で、5以上200以下であることが好ましい。更に、実際の使用温度範囲（ $-40^\circ \text{C}$ から $100^\circ \text{C}$ ）で貯蔵ちよう度が、5以上200以下であることが更に好ましい。これは、貯蔵ちよう度が、5以下となると、光ファイバのマイクロベンドによる長波長側損失が大きくなりすぎ、実用に向かず、また、200以上であると、光ファイバコイルの形状を保持できなくなるからである。

また、樹脂の水素発生量が、 $60^\circ \text{C} \times 24$ 時間の熱処理で $0.001 \text{ ml/g}$ 以下であることが好ましい。これは、この以上の水素発生量があると光ファイバの損失が増加し、実用に向かないからである。

また、樹脂の屈折率は、光ファイバのより高いことが好ましい。これは、樹脂の屈折率がクラッドの屈折率より低いと、光ファイバ接続部で発生した不要な光がクラッド中を伝播するが、屈折率を高くすることにより光ファイバ接続部で発生した不要な光を効率的に光ファイバ外に逃がすことができるからである

- 5 これらの条件を満足する樹脂としては、シリコン樹脂があり、その一例として、信越化学社製のKJRシリーズのKJR-9010がある。

また、このような樹脂に水素吸収剤を、例えば、パラジウム合金、La-Ni 合金、La-Ni-Mn 合金、La-Ni-Al 合金を含くませて置くことが好ましい。これは、水素吸着剤を含有させることにより、光ファイバへの水素の浸透を妨げ、光ファイバ

10 の水素に起因する伝送損失の増加を抑制出来る。

次に、光ファイバコイルを構成する光ファイバであるが、従来使用が困難であった、使用波長帯域内にある波長において、直径20mmに曲げた際、1dB/m以上の曲げ損失を有する光ファイバであっても使用が可能になった。

- また、この光ファイバのガラスとこれを覆う被覆との間に、光ファイバの強度改善機能及びガラスへの水素侵入抑制機能の少なくとも何れか一方の機能を有する薄膜、具体的な1例としては、カーボンコーティングを設けておくことが好ましい。これにより表面の微小傷の成長が抑制され、また水素が侵入するのが防止され、これにより光ファイバの劣化を防ぐことができる。
- 15

- 更に、光ファイバの小型化の点より、光ファイバの最外径、すなわち被覆直径が150 $\mu$ m以下であることが好ましい。
- 20

- また、光ファイバの被覆を、紫外線硬化型樹脂であり、そのヤング率が、0.1-20 kg/mm<sup>2</sup>であることが好ましい。これは、被覆の樹脂のヤング率が0.1 kg/mm<sup>2</sup>以下の場合、樹脂がべたつき、ポビン巻き後光ファイバ同士が離間せず密着してしまい、20 kg/mm<sup>2</sup>以上の場合には、光ファイバの長波長側での損失が増加してしまうからである。そのような樹脂の一例としては、ウレタンアクリレート系紫外線硬化型樹脂がある。
- 25

また、更に光ファイバのクラッド径を、 $100\mu\text{m}$ 以下にして置くことが好ましい。これは、クラッド径を、 $100\mu\text{m}$ 以下とすると、光ファイバの占める容量が小さくなり、結果的に光ファイバコイル自体の小型化が実現でき、また、同じ外径寸法を有する光ファイバでは、クラッド径の細径化を図ることにより、最小曲げ径を大きく取ることができ、その結果、曲げ損失と相関を有する光ファイバの光学特性を向上させることができるからである。一方、クラッド径の細径化は、ガラスの剛性を低下させ、わずかな外力でもマイクロベンドが生じ使用される波長の長波長側での損失が増加する可能性があるが、本件のように樹脂で覆うことにより外力の影響を軽減し、従来難しかった $100\mu\text{m}$ 以下の細径化が実現できた。

更に光ファイバコイルの光ファイバのプルアウト力が $120\text{g}$ 以下であることが好ましい。プルアウト力を $120\text{g}$ 以下とすることにより、光ファイバのガラスが被覆から受ける外力を軽減することができる。ここでプルアウト力は以下の測定方法により測定することができる。

- 1) まず、型紙 $25 \times 25\text{mm}$ のものを用意する。
- 2) ファイバの両端を両側型紙よりはみ出して接着剤、例えばアロンアルファ（ゼリー状）+アロンアルファ・セッターで固定する。
- 3) 片方の型紙の内側より $10\text{mm}$ のところにおいてファイバと接着剤を刃物で切断する。
- 4) 切断した側の型紙部分でファイバ被覆のうちハード部分のみに切り込みを入れる。
- 5) 上記4)で切断した箇所を $90^\circ$ 折り曲げてガラス部を切断する。
- 6) ここで試験装置にセットし、ガラスを引く抜き、引っ張り力（プルアウト力）を測定し、ガラスが引き抜かれるまで引っ張り続け測定を行う。このようにして得られた引っ張り力をプルアウト力という。

また、光ファイバコイルの光ファイバにおいて、ガラス部とそれを覆う被覆部

との間に  $1\ \mu\text{m}$  以上の隙間があいていることが好ましい。これにより、光ファイバコイルの光ファイバが、その被覆から受ける外力を抑えることができる。

上記第 1、第 2、第 3 の実施態様の光ファイバコイルの入出力端には、この光ファイバコイルとは別の光ファイバ 4 5、例えば、SMF、DSF が、融着部 4 4 で、光ファイバコイル 3 2 の光ファイバの端部に融着され、ピッグテールタイプの端子として分散補償器の外側に延びている。そして、この融着部 4 4 も、図 1 0 に示すように、光ファイバコイルを保持する樹脂 8 4 内に取り囲まれていることが好ましい。また、ここで、ピッグテールタイプで接続されている光ファイバの曲げ損失は、光ファイバコイルを構成する光ファイバの損失より小さいことが好ましい。これは、このような引出用の光ファイバは、部品内で、ピッグテール入出力端の位置を任意に設定できるように光ファイバコイルの曲げ径より小さく曲げることが多く、このような場合にも、損失を抑えることができるようにしておくことが好ましい。

また、光ファイバコイルのファイバとしてはコアに  $\text{GeO}_2$  が添加されていないものを使用する。このようにしておくことによりピッグテールタイプで融着接続する際、低損失で接続が可能になる。

次に、上記第 2 の実施態様に示すように中心胴体に光ファイバを巻き回し光ファイバコイルを形成する際、図 1 1 - 図 1 2 に示すように、中心胴体に複数の光ファイバを同じ方向に巻き付け、図 1 1 では、それぞれ的一端を接続することにより、引出し部を同一方向にすることができ、また、図 1 2 では、複数の光ファイバのそれぞれの光ファイバコイルを形成することができる。

また、中心胴体に光ファイバを巻き回す場合に、図 1 3 に示すように光ファイバを整列させておくことにより、マイクロベンドを減らすことができる。

また、光ファイバコイルを複数使用し、これらを、図 1 4 に示すように高さ横方向（コイル形状の中心軸に垂直な面上）に、同心状に配置しスペースの効率的利用を図ってもよいし、また、図 1 5 に示すように複数の光ファイバを、積層し

てスペース効率を高めてもよい。また、これらの複数の光ファイバコイルを収納ケースに入れて使用してよい。

また、上記実施態様において、光ファイバコイルに光結合される光ファイバとしては、ハイトレル心線であることが好ましい。

- 5       また、上記実施態様において光ファイバをコイル状に巻き回す際、1 m当たり90°以上ねじられていることが好ましい。通常、通信用光ファイバは、0.5 ps/rkm以下の偏波分散が要求される。そして、光ファイバの偏波分散は光ファイバの種類、光ファイバのコア非円率に依存し、最も偏波分散が大きくなる光ファイバの種類としては、DCFが挙げられ、DCFのコア非円率は最大で1%程度となる。
- 10       このようなコア非円率が1%程度のDCFであっても、1 m当たり90°の捻りを加えれば偏波モード間のモード結合が促進され、0.5 ps/rkm以下の偏波分散が実現できる。

以上の各実施形態においては、二重クラッド型のDCFを用いて分散補償器を製作する場合を説明した。本発明はこれに限定されず、二重コア型およびセグメントコア型のDCFを用いた分散補償器にも同様に適用できる。

15

#### 産業上の利用可能性

以上、説明したように本発明に係る分散補償器によれば、収納ケースあるいはポビンに収納された光ファイバコイルは、巻き歪みが実質的に解放された状態で、かつ、コイルを構成する光ファイバ間にクッション性の充填材が充填されているので、光ファイバは曲げ歪みの発生しない状態で確実に保持され、耐震性が向上する。

20

本発明に係る分散補償器の製造方法によれば、このような本発明に係る分散補償器を好適に製造することができる。

## 請求の範囲

1. コイル状に巻き回された光ファイバより構成される光ファイバコイルと、この光ファイバコイルの少なくともその外周面を取り囲み、光ファイバのコイルの形状を保持する樹脂とを備えた光学部品。
- 5      2. 前記光学部品は、更に収納ケースを含み、前記光ファイバコイルが、前記収納ケースに配置され、前記樹脂が、前記収納ケース内に配置されていることを特徴とする請求項 1 記載の光学部品。
  3. 前記光学部品が、更に胴体を有し、前記光ファイバコイルが前記胴体に巻きつけられている請求項 1 記載の光学部品。
- 10     4. 前記樹脂の JIS 2 2 0 0 に規定される貯蔵ちよう度が、5 以上 2 0 0 以下である請求項 1 記載の光学部品。
  5. 前記樹脂の JIS 2 2 0 0 に規定される貯蔵ちよう度が、 $-40^{\circ}\text{C}$  では、5 以上、1 0 0 度で 2 0 0 以下である請求項 1 記載の光学部品。
  6. 前記樹脂の水素発生量が、 $60^{\circ}\text{C}\times 24$  時間の熱処理で  $0.001\text{ml/g}$  以下である請求項 1 記載の光学部品。
- 15     7. 前記樹脂の屈折率が、前記光ファイバのクラッドの屈折率より大きいことを特徴とする請求項 1 記載の光学部品。
  8. 前記樹脂には、水素吸収剤が含まれていることを特徴とする請求項 1 記載の光学部品。
- 20     9. 前記光ファイバが、使用波長帯域内の波長において、その波長分散及び波長分散スロープの少なくとも一つが、この光学部品に光結合される伝送路用光ファイバのものと逆符号であることを特徴とする請求項 1 記載の光学部品。
  10. 前記使用波長帯域が波長  $1.50\mu\text{m}$  以上である請求項 9 記載の光学部品。
- 25     11. 前記光ファイバが、その使用波長帯域内にある波長において、直径 2 0 mm に曲げた際、曲げ損失が  $1\text{dB/m}$  以上であることを特徴とする請求項 1 記載

の光学部品。

12. 前記光ファイバのガラスとこれを覆う被覆との間に、光ファイバの強度改善機能及び前記ガラスへの水素進入抑制機能の少なくとも何れか一方の機能を有する薄膜が設けられている請求項1記載の光学部品。

5 13. 前記光ファイバの被覆直径が150  $\mu\text{m}$ 以下である請求項1記載の光学部品。

14. 前記光ファイバの被覆が、紫外線硬化型樹脂であり、そのヤング率が、0.1 - 20  $\text{kg/mm}^2$ である請求項1記載の光学部品。

10 15. 前記光ファイバのクラッド径が、100  $\mu\text{m}$ 以下である請求項1記載の光学部品。

16. 光ファイバを巻き回し、光ファイバコイルを形成する光ファイバコイル形成工程と、

前記光ファイバ形成工程で形成された光ファイバコイルの外周面に樹脂を形成する樹脂部形成工程とを備えた光学部品の製造方法。

15 17. 前記光ファイバコイル形成工程が、光ファイバを中心胴体の周囲に巻付ける光ファイバを形成する工程と、

巻付けられた光ファイバを前記中心胴体より取り外し光ファイバコイルを形成する工程とを含む請求項16記載の光学部品の製造方法。

20 18. 前記樹脂部形成工程が、前記光ファイバコイルを、所定に収納ケース内に配置する工程と、

前記収納ケース内に樹脂を注入し、前記光ファイバコイルの周囲に樹脂を設ける工程とを含むことを特徴とする請求項16記載の光学部品製造方法。

19. 前記樹脂を前記光ファイバコイルの周囲に設ける際の粘度が10000  $\text{c s}$ 以下であることを特徴とする請求項16記載の光学部品の製造方法。

25 20. 前記樹脂を前記光ファイバコイルの外周面に設ける際の表面張力が40  $\text{dyn/cm}^2$ 以下であることを特徴とする請求項16記載の光学部品の製造方法。

2 1 . 前記樹脂部形成工程の後に、形成された樹脂を硬化する硬化工程を設けたことを特徴とする請求項 1 6 記載の光学部品の製造方法。

2 2 . 前記樹脂の硬化工程において、硬化開始から 2 時間以上、その樹脂の粘度が 1 0 0 0 0 c s 以下に保たれていることを特徴とする請求項 2 1 記載の光学部品の製造方法。

2 3 . 光ファイバの被覆外周に樹脂を塗布する工程と、樹脂が塗布された光ファイバを中心胴体の周囲に巻き付け、光ファイバコイルを形成する工程とを備えた光学部品の製造方法。

2 4 . 前記光ファイバコイルの少なくとも 1 端に、接続され、前記光ファイバコイルとは異なる別の光ファイバを含む請求項 1 記載の光学部品。

2 5 . 前記光ファイバコイルの少なくとも 1 端に融着接続された、別の光ファイバを含むことを特徴とする請求項 1 記載の光学部品。

2 6 . 前記光ファイバコイルの一端に融着接続された別の光ファイバを含み、前記融着接続部が、前記光ファイバコイルとともに、樹脂内に取り囲まれている請求項 1 記載の光学部品。

2 7 . 前記光ファイバコイルの曲げ損失が、前記別の光ファイバの曲げ損失より小さいことを特徴とする請求項 2 4 記載の光学部品。

2 8 . 前記別の光ファイバが、1 . 5 5  $\mu$ m 帯用のコアに GeO<sub>2</sub> が添加されていないことを特徴とする請求項 2 4 記載の光学部品。

2 9 . 前記別の光ファイバが、ハイトレル心線であることを特徴とする請求項 2 4 記載の光学部品。

3 0 . 前記光ファイバコイルが 2 つの光ファイバコイルファイバより構成され、それぞれの一端が接続され、かつ接続されていない他端同士が光ファイバコイルの同じ側の端部より引き出されていることを特徴とする請求項 1 記載の光学部品。

3 1 . 前記光ファイバコイルが整列巻きされていることを特徴とする請求項 1 記載の光学部品。

32. 請求項1のいずれか記載の光学部品を複数組、一つの収納ケースに収納した光学部品。

33. 前記光ファイバコイルが、1 mあたり90度以上ねじられていることを特徴とする請求項1記載の光学部品。

5 34. 前記光ファイバコイルの形状が非円形である請求項1記載の光学部品。

35. 前記光ファイバのプルアウト力が120 g以下であることを特徴とする請求項1記載の光学部品

36. 前記光ファイバのガラス部と被覆部との間に1  $\mu\text{m}$  以上の隙間が空いていることを特徴とする請求項1記載の光学部品。

10 37. 前記光学部品が、光ファイバ伝送路の波長1.50  $\mu\text{m}$ 以上の波長帯における波長分散を低減する分散補償器であって、

前記光ファイバコイルが、前記光ファイバ伝送路を構成する光ファイバの波長分散及び波長分散傾斜と逆符号の波長分散及び波長分散傾斜を有する長尺光ファイバが複数回巻き回され、巻き取りに伴う波長1.50  $\mu\text{m}$ 以上の波長帯における伝送損失増加を0.1 dB/km以上低減させて束状の状態とした光ファイバコイルである請求項1記載の光学部品。

15

38. 光ファイバを中心胴体に巻き付け、光ファイバコイルを形成する工程と、前記工程で形成された光ファイバコイルの外周部に樹脂を塗布する工程とを備えた光学部品の製造方法。

図1

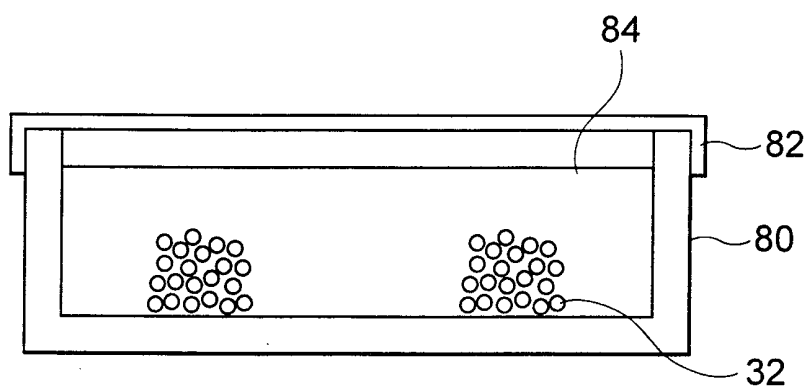


図2

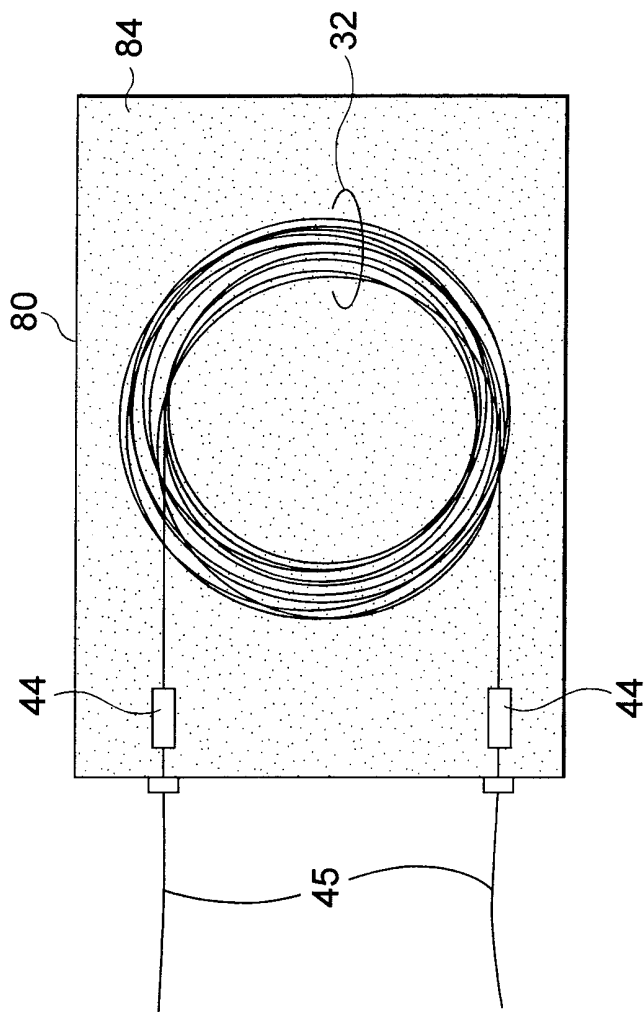


図3

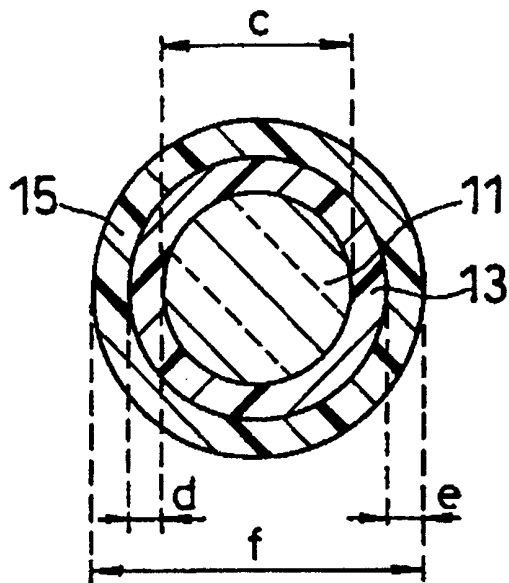


図4

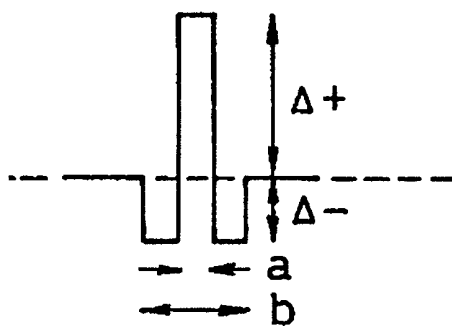


図5

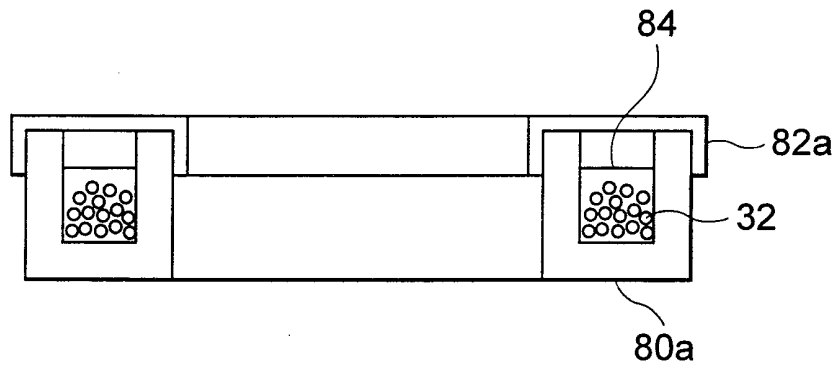


図6

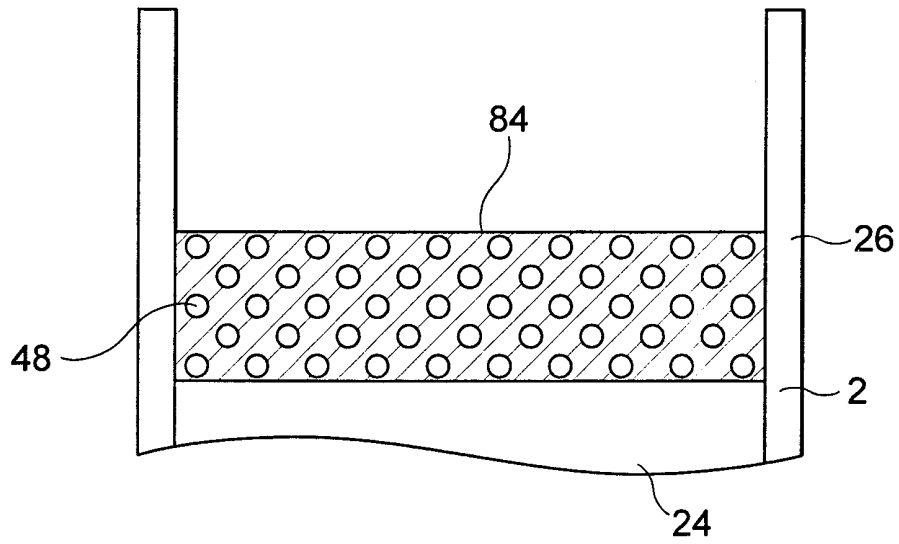


図7

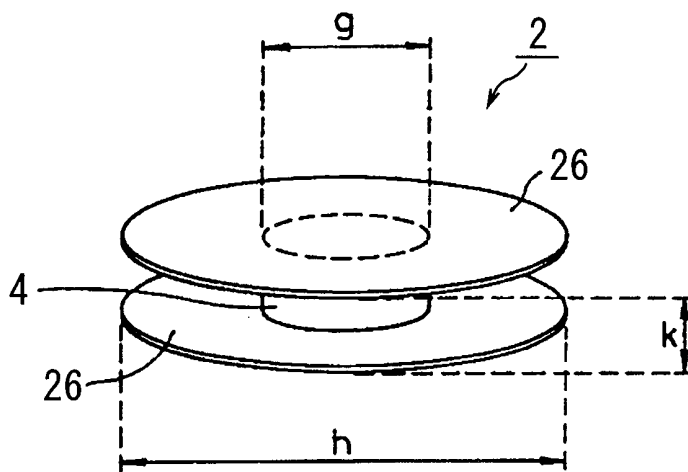


図8

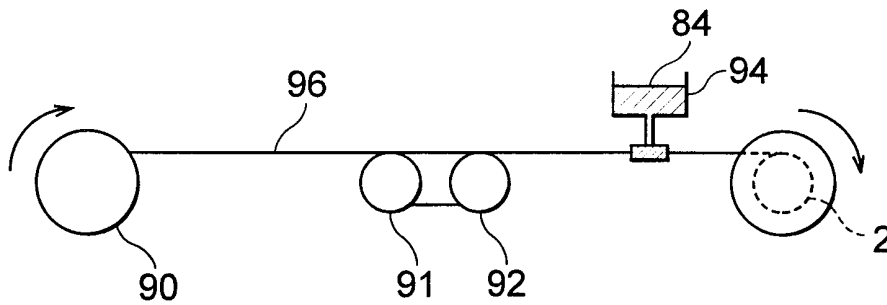


図9

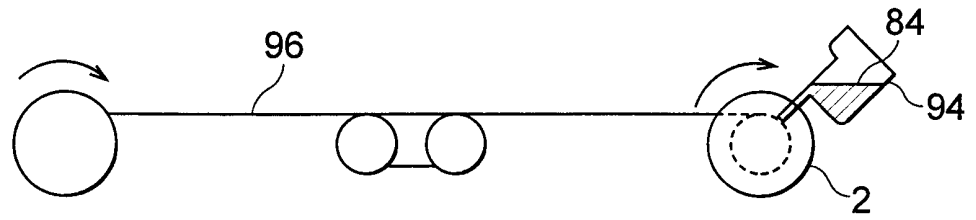


図10

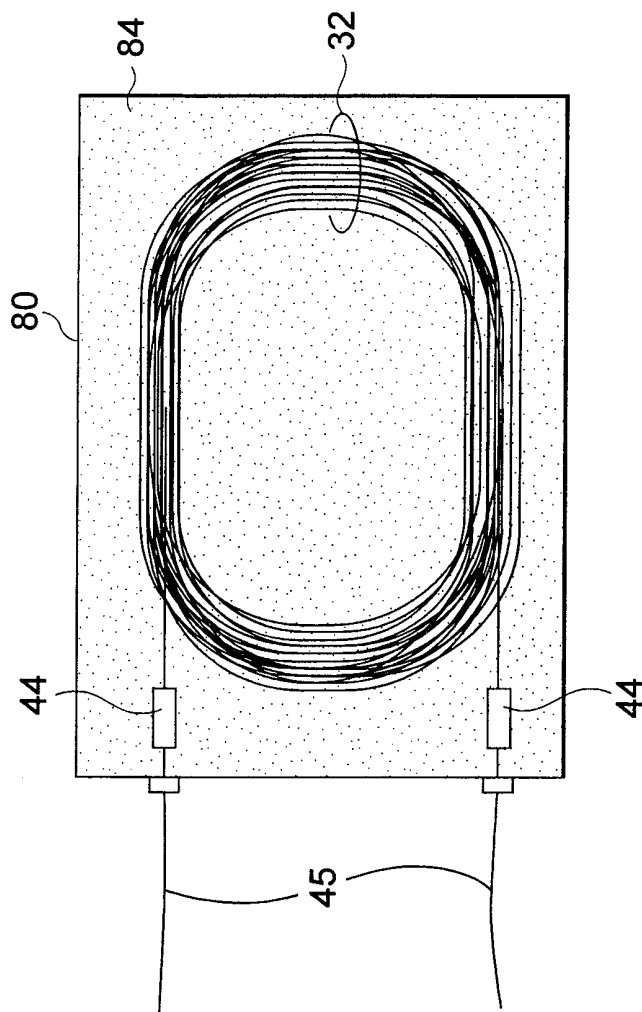


図11

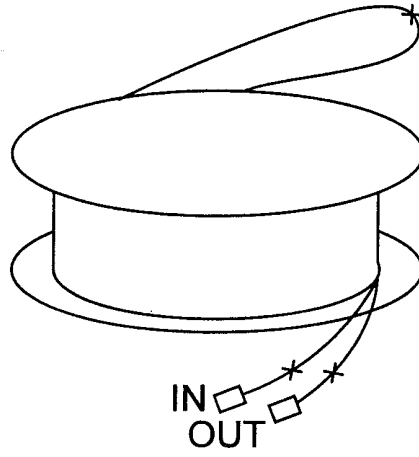


図12

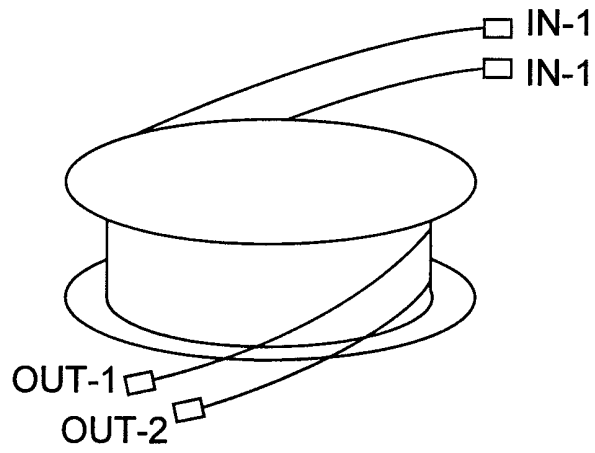


図13

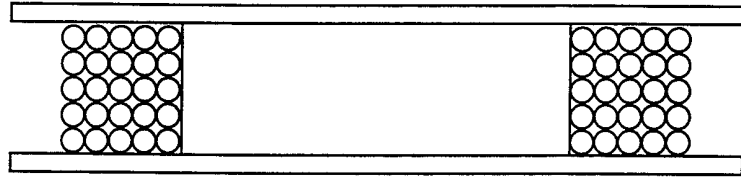


図14

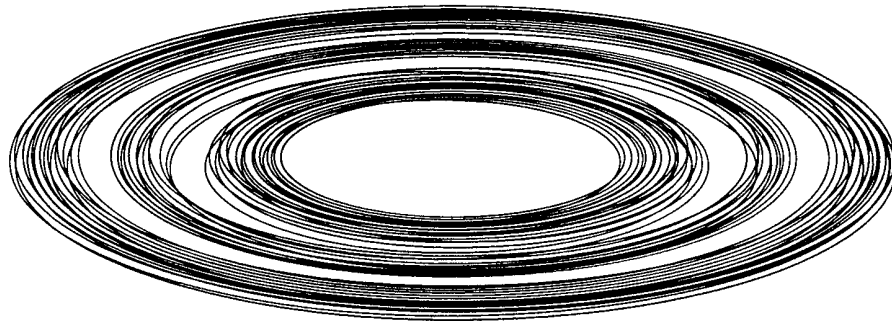
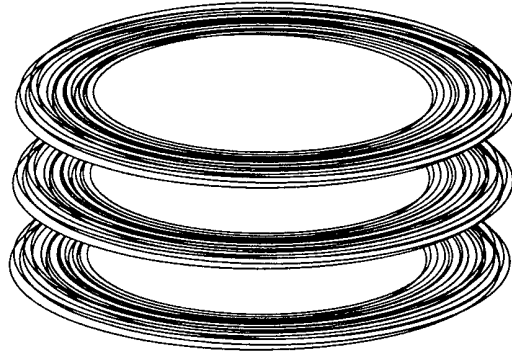


図15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/00026

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/00, G02B6/22, G02B6/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/00, G02B6/22, G02B6/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JICST (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 8-86920, A (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.), 02 April, 1996 (02.04.96), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1-2, 16-22, 30, 34, 38 4-5 23
Y		
A		
X	JP, 4-366902, A (NEC Corporation), 18 December, 1992 (18.12.92), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-2, 12, 16-17, 21, 38
X	JP, 8-15531, A (Japan Aviation Electron Ind. Ltd.), 19 January, 1996 (19.01.96), Par. No. [0003]; Fig. 3B (Family: none)	1, 24-26
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.94557/1988 (Laid-open No.16018/1990) (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 01 February, 1990 (01.02.90), page 4, lines 1 to 13; page 5, line 20 to page 6, line 8; Figs. 2, 6 (Family: none)	1, 3, 16, 21, 31, 38
Y	JP, 10-123342, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.),	1-6, 8-15, 24-25

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
27 March, 2000 (27.03.00)

Date of mailing of the international search report  
11 April, 2000 (11.04.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/00026

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	15 May, 1998 (15.05.98), Full text; Figs. 1 to 18 (Family: none)	, 27-34, 37 7, 26, 35-36
Y	JP, 8-50208, A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 20 February, 1996 (20.02.96), Par. Nos. [0015]-[0016] (Family: none)	33
A	JP, 8-75959, A (Fujikura Ltd.), 22 March, 1996 (22.03.96), Full text (Family: none)	4-5
A	JP, 6-84412, B2 (Sumitomo Chemical Company, Limited), 26 October, 1994 (26.10.94), Full text (Family: none)	6
A	JP, 8-313767, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 29 November, 1996 (29.11.96), Par. Nos. [0024]-[0025], [0030]-[0032]; Figs. 1-2 (Family: none)	8, 12
A	JP, 8-54546, A (Fujikura Ltd.), 27 February, 1996 (27.02.96), Par. Nos. [0003]-[0004] (Family: none)	13, 15
A	JP, 10-31120, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 03 February, 1998 (03.02.98), Fig. 3 (Family: none)	13, 15
A	JP, 8-82726, A (Fujikura Ltd.), 26 March, 1996 (26.03.96), Par. No. [0018] (Family: none)	29

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> G02B6/00, G02B6/22, G02B6/44		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> G02B6/00, G02B6/22, G02B6/44		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2000年 日本国登録実用新案公報 1994-2000年 日本国実用新案登録公報 1996-2000年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
JICSTファイル (JOIS)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP, 8-86920, A (三菱電線工業株式会社) 2. 4月. 1996 (02. 04. 96) 全文, 図1-10 (ファミリーなし)	1-2, 16-22, 30, 34, 38 4-5 23
X	JP, 4-366902, A (日本電気株式会社) 18. 12月. 1992 (18. 12. 92) 全文, 図1-4 (ファミリーなし)	1-2, 12, 16-17, 21, 38
X	JP, 8-15531, A (日本航空電子工業株式会社) 19. 1月. 1996 (19. 01. 96) 段落番号【0003】, 図3B (ファミリーなし)	1, 24-26
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	27. 03. 00	国際調査報告の発送日
		11.04.00
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	2K 9124
日本国特許庁 (ISA/JP)	吉田英一	印
郵便番号100-8915		
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	電話番号 03-3581-1101	内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	日本国実用新案登録出願63-94557号(日本国実用新案登録出願公開2-16018号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(住友電気工業株式会社) 1. 2月. 1990(01.02.90) 第4頁第1-13行目, 第5頁第20行目-第6頁第8行目, 第2, 6図(ファミリーなし)	1, 3, 16, 21, 31, 38
Y	JP, 10-123342, A(住友電気工業株式会社) 15. 5月. 1998(15.05.98)	1-6, 8-15, 24- 25, 27-34, 37
A	全文, 図1-18(ファミリーなし)	7, 26, 35-36
Y	JP, 8-50208, A(古河電気工業株式会社) 20. 2月. 1996(20.02.96) 段落番号【0015】-【0016】(ファミリーなし)	33
A	JP, 8-75959, A(株式会社フジクラ) 22. 3月. 1996(22.03.96) 全文(ファミリーなし)	4-5
A	JP, 6-84412, B2(住友化学工業株式会社) 26. 10月. 1994(26.10.94) 全文(ファミリーなし)	6
A	JP, 8-313767, A(住友電気工業株式会社) 29. 11月. 1996(29.11.96) 段落番号【0024】-【0025】, 【0030】-【0032】, 図1-2(ファミリーなし)	8, 12
A	JP, 8-54546, A(株式会社フジクラ) 27. 2月. 1996(27.02.96) 段落番号【0003】-【0004】(ファミリーなし)	13, 15
A	JP, 10-31120, A(住友電気工業株式会社) 3. 2月. 1998(03.02.98) 図3(ファミリーなし)	13, 15
A	JP, 8-82726, A(株式会社フジクラ) 26. 3月. 1996(26.03.96) 段落番号【0018】(ファミリーなし)	29