

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6430703号  
(P6430703)

(45) 発行日 平成30年11月28日(2018.11.28)

(24) 登録日 平成30年11月9日(2018.11.9)

(51) Int. Cl. F 1  
**G 0 2 B 27/48 (2006.01)** G 0 2 B 27/48  
 G 0 2 B 6/02 (2006.01) G 0 2 B 6/02 4 0 1

請求項の数 1 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-16806 (P2014-16806)                  (22) 出願日 平成26年1月31日(2014.1.31)                  (65) 公開番号 特開2015-143755 (P2015-143755A)                  (43) 公開日 平成27年8月6日(2015.8.6)                  審査請求日 平成28年11月29日(2016.11.29)</p>	<p>(73) 特許権者 000003263                  三菱電線工業株式会社                  東京都千代田区丸の内三丁目4番1号                  (74) 代理人 110001427                  特許業務法人前田特許事務所                  (72) 発明者 藤巻 洋介                  兵庫県尼崎市東向島西之町8番地 三菱電                  線工業株式会社 尼崎事業所内                  (72) 発明者 谷口 浩一                  兵庫県尼崎市東向島西之町8番地 三菱電                  線工業株式会社 尼崎事業所内                  審査官 堀部 修平</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバデバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光伝送用の光ファイバを含む光ファイバ心線と、前記光ファイバ心線の前記光ファイバを振動させるように設けられた振動素子と、を備えた光ファイバデバイスであって、

前記光ファイバは、ファイバ径の200倍以下の曲げ半径で曲げられた部分を有し、

前記振動素子は、前記光ファイバ心線における前記光ファイバがファイバ径の200倍以下の曲げ半径で曲げられた部分よりも入射端側の部分、又は、前記曲げられた部分よりも出射端側の部分に接触するように設けられている光ファイバデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザ光伝送用の光ファイバデバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

レーザ光は非常にコヒーレンスの高い光であるため、例えば、レーザ光を用いたレーザイメージングの用途では、画像にレーザ光の干渉によるスペckルノイズが発生するといった問題がある。

【0003】

このスペckルノイズを除去するための手段として、特許文献1には、レーザ光の光路

に回転する拡散素子を設けることが開示されている。また、特許文献 2 ~ 4 には、レーザー光を伝送する光ファイバを振動させることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 6 - 208089 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 156698 号公報

【特許文献 3】特開 2004 - 354671 号公報

【特許文献 4】特開 2008 - 112783 号公報

【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、拡散素子を利用してスペckルノイズを除去する場合、拡散素子を透過させた際のレーザー光のエネルギーロスが大きいため光の利用効率が低くなるという問題がある。また、ハイパワーレーザー光の伝送用途では、エネルギーロスに伴う発熱が生じるために使用が制限されるという問題もある。

【0006】

光ファイバを振動させてスペckルノイズを除去する場合、期待する程のスペckルノイズの除去効果が得られないという問題がある。

【0007】

本発明の課題は、スペckルノイズを効果的に除去することができる光ファイバデバイスを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、レーザー光伝送用の光ファイバを含む光ファイバ心線と、前記光ファイバ心線の前記光ファイバを振動させるように設けられた振動素子とを備えた光ファイバデバイスであって、前記光ファイバは、ファイバ径の 200 倍以下の曲げ半径で曲げられた部分を有し、前記振動素子は、前記光ファイバ心線における前記光ファイバがファイバ径の 200 倍以下の曲げ半径で曲げられた部分よりも入射端側の部分、又は、前記曲げられた部分よりも出射端側の部分に接触するように設けられている。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、振動手段により振動させるレーザー光伝送用の光ファイバのコアの横断面形状が非円形であることにより、スペckルノイズを効果的に除去することができる。また、別の本発明によれば、ファイバ径の 200 倍以下の曲げ半径で曲げられた部分を有するレーザー光伝送用の光ファイバを振動手段により振動させることにより、スペckルノイズを効果的に除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】実施形態 1 の光ファイバケーブルの構成を示す図である。

【図 2】実施形態 1 の光ファイバ心線の斜視図である。

【図 3】(a) 及び (b) は、実施形態 1 の光ファイバ心線の変形例の横断面である。

【図 4】(a) は、実施形態 1 の光ファイバ心線の振動素子への配設態様を示す平面図であり、(b) は、図 4 (a) における IVB-IVB 拡大断面図である。

【図 5】(a) は、実施形態 1 の光ファイバ心線の振動素子への配設態様の変形例を示す平面図であり、(b) は、図 5 (a) における VB-VB 拡大断面図である。

【図 6】実施形態 2 の光ファイバケーブルの構成を示す図である。

【図 7】実施形態 2 の光ファイバ心線の斜視図である。

【図 8】実施形態 2 の光ファイバ心線を曲げた状態を示す縦断面図である。

【図 9】(a) ~ (c) は、実施形態 2 の光ファイバ心線における振動素子の配設位置を

10

20

30

40

50

説明する図である。

【図10】(a)は、実施形態2の光ファイバ心線の振動素子への配設態様を示す平面図であり、(b)は、図10(a)におけるXB-XB拡大断面図である。

【図11】(a)は、実施形態2の光ファイバ心線の振動素子への配設態様の変形例を示す平面図であり、(b)は、図11(a)におけるXIB-XIB拡大断面図である。

【図12】(a)は、実施例で用いた試験評価装置の構成を示す図であり、(b)は、図12(a)におけるXIIB-XIIB拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、実施形態について詳細に説明する。

10

【0013】

(実施形態1)

図1は、実施形態1に係る光ファイバケーブル10を示す。この実施形態1に係る光ファイバケーブル10は、レーザ光を用いたレーザイメージング用途やレーザ加工用途におけるレーザ光伝送用の光ファイバデバイスである。

【0014】

実施形態1に係る光ファイバケーブル10は、光ファイバ心線11と、その光ファイバ心線11の少なくとも一部分を振動させるように設けられた振動素子12(振動手段)とを備え、光ファイバ心線11の入射端及び出射端に光コネクタ11aが取り付けられている。実施形態1に係る光ファイバケーブル10の長さは例えば0.5~5mである。

20

【0015】

図2は、光ファイバ心線11を示す。

【0016】

光ファイバ心線11は、光ファイバ111とそれを被覆するように設けられたジャケット112とを有する。光ファイバ心線11の外径は例えば200~500 $\mu$ mである。

【0017】

光ファイバ111は、ファイバ中心の高屈折率のコア111aとそれを被覆するように設けられた低屈折率のクラッド111bとを有するいわゆるマルチモードファイバである。そして、コア111aの横断面形状は非円形である(図2では正七角形)。光ファイバ111のファイバ径は例えば200~500 $\mu$ mである。コア111aの最大外径は例えば100~400 $\mu$ mである。

30

【0018】

ここで、実施形態1に係る光ファイバケーブル10において、振動素子12により光ファイバ心線11を振動させると、光ファイバ心線11に含まれる光ファイバ111も振動し、その振動によって光ファイバ111のコア111a及びクラッド111bが微小に変形して密度変化を生じる。このとき、コア111a及びクラッド111bの密度が変化するのに伴って屈折率も変化し、そのためにコア111aを伝搬するレーザ光のモードが別モードへと変換され、その結果、レーザ光が経時的に変動して平均化されることとなってスペckルノイズが除去される。そして、この実施形態1に係る光ファイバケーブル10では、コア111aの横断面形状が非円形であることにより、コア111aの横断面形状が円形である場合に比べてスペckルノイズを効果的に除去することができ、しかもフラットトップのニアフィールドパターンを得ることができる。これは、コア111aの横断面形状が非円形であることから、いわゆるスキューモードが少ないということが関係しているものと考えられる。

40

【0019】

光ファイバ111のコア111aの横断面形状は、非円形であれば、特に限定されるものではなく、図2に示す正七角形や図3(a)に示す正方形などのような正多角形乃至多角形であってもよく、また、図3(b)に示す円形から弓形を除いたいわゆるD形等であってもよく、さらに、その他の不定形の形状であってもよい。

【0020】

50

光ファイバ111は、コア111a及びクラッド111bのいずれもが石英ガラスで形成されたいわゆるシリカファイバであってもよく、また、コア111aが石英ガラスで形成され且つクラッド111bがアクリル樹脂等のポリマー樹脂で形成されたいわゆるポリマークラッドファイバであってもよく、さらに、コア111a及びクラッド111bのいずれもがポリマー樹脂で形成されたプラスチックファイバであってもよい。スペックルノイズの除去効果を高める観点からは、振動素子12により振動を与えた際の変形が大きく、その変形による密度変化及びそれに伴う屈折率変化も大きいことから、ポリマークラッドファイバ及びプラスチックファイバが好ましい。加えて、出射光のビームの拡がりも考慮するとポリマークラッドファイバがより好ましい。

【0021】

光ファイバ111は、クラッド111bを被覆するように設けられたサポート層を有していてもよいが、振動素子12からの振動をコア111a及びクラッド111bに効果的に伝えてスペックルノイズの除去効果を高める観点から、コア111a及びクラッド111bのみの2層構造を有することが好ましい。

【0022】

ジャケット112は、例えば、紫外線硬化型樹脂の単一層で構成されていてもよく、また、薄肉のシリコン樹脂等の内側層と厚肉のナイロン樹脂等の外側層との二層で構成されていてもよい。振動素子12からの振動をコア111a及びクラッド111bに効果的に伝えてスペックルノイズの除去効果を高める観点からは、ジャケット112の厚さは、薄いことが好ましく、具体的には、好ましくは50µm以下、より好ましくは25µm以下である。

【0023】

振動素子12は、例えばプレート状の piezo 振動子などの超音波振動子により構成されている。振動素子12には交流電源からの交流の振動電圧が印加されるが、その振動周波数は、例えば10～50kHzである。なお、大きな振動を発生させる観点からは、振動電圧を振動素子12の共鳴周波数に一致させることが好ましい。

【0024】

光ファイバ心線11における振動素子12の配設位置は、特に限定されるものではなく、光ファイバ心線の長さ方向の中央、中央よりも入射端側、及び中央よりも出射端側のいずれであってもよく、また、それらのうちの複数の位置であってもよい。

【0025】

光ファイバ心線11への振動素子12の配設態様は、光ファイバ心線11に含まれる光ファイバ111の少なくとも一部分を振動させる態様であれば特に限定されるものではないが、スペックルノイズの除去効果を高める観点から、一定長さの光ファイバ心線11の外周面に振動素子12が直接的に接触していることが好ましい。なお、光ファイバ心線11の振動が与えられる部分及び振動素子12は、基板等の支持部材に支持固定されていてもよい。光ファイバ心線11と振動素子12との接触長さは、効果的にスペックルノイズを除去する観点から、好ましくは10mm以上、より好ましくは30mm以上である。

【0026】

光ファイバ心線11への振動素子12の配設態様としては、図4(a)及び(b)に示すように、光ファイバ心線11における直線状に延びる部分に振動素子12が接触するように設けられていてもよい。

【0027】

光ファイバ心線11と振動素子12との接触長さを長くしてスペックルノイズの除去効果を高める観点からは、図5(a)及び(b)に示すように、光ファイバ心線11を巻き線とし、その巻き線の一部において光ファイバ心線11が例えば2～10列に並列して延びる部分に振動素子12が接触するように設けられていてもよい。また、光ファイバ心線11の巻き線には、複数の振動素子12が周方向に間隔をおいて配設されていてもよく、さらに、光ファイバ心線11の巻き線の全体が振動素子12上に設けられていてもよい。コンパクト化の観点からは、巻き線における光ファイバ心線11に含まれる光ファイバ

10

20

30

40

50

111の曲げ半径は、好ましくはファイバ径の1000倍以下、より好ましくはファイバ径の500倍以下である。一方、光ファイバ心線11からの出射光のビームの広がりを抑制してビーム品質を高める観点からは、巻き線における光ファイバ心線11に含まれる光ファイバ111の曲げ半径は、好ましくはファイバ径の200倍以上、より好ましくはファイバ径の250倍以上である。

【0028】

なお、光ファイバ111の強度が許せば、光ファイバ心線11から部分的にジャケット112を除去して露出した光ファイバ111に振動素子12が直接的に接触するように設けられていてもよい。また、光ファイバ心線11に含まれる光ファイバ111を振動させることができれば、光ファイバ心線11に振動伝達媒体を介して振動素子12が間接的に接触していてもよい。さらに、光ファイバ心線11に含まれる光ファイバ111の全体を振動素子12により振動させる態様であってもよい。

10

【0029】

以上の構成の実施形態1に係る光ファイバケーブル10は、図1に仮想線で示すように、光ファイバ心線11の入射端に取り付けられた光コネクタ11aがレーザ光源Lに接続されて用いられる。このレーザ光源Lから出力されるレーザ光の波長は例えば400nm~2μmであり、出力パワーは例えば数mW~数十Wである。そして、この実施形態1に係る光ファイバケーブル10によれば、スペckルノイズを効果的に除去することができると共に、フラットトップのニアフィールドパターンを得ることができるので、レーザイメージング用途で用いた場合には高画質を得ることができ、また、レーザ加工用途で用いた場合には高加工品質を得ることができる。

20

【0030】

(実施形態2)

図6は、実施形態2に係る光ファイバケーブル10を示す。なお、実施形態1と同一名称の部分は実施形態1と同一符号で示す。この実施形態2に係る光ファイバケーブル10は、レーザ光を用いたレーザイメージング用途やレーザ加工用途におけるレーザ光伝送用の光ファイバデバイスである。

【0031】

実施形態2に係る光ファイバケーブル10は、光ファイバ心線11と、その光ファイバ心線11の少なくとも一部分を振動させるように設けられた振動素子12(振動手段)とを備え、光ファイバ心線11の入射端及び出射端に光コネクタ11aが取り付けられている。実施形態2に係る光ファイバケーブル10の長さは例えば0.5~5mである。

30

【0032】

図7は、光ファイバ心線11を示す。

【0033】

光ファイバ心線11は、光ファイバ111とそれを被覆するように設けられたジャケット112とを有する。光ファイバ心線11の外径は例えば200~500μmである。

【0034】

光ファイバ111は、ファイバ中心の高屈折率のコア111aとそれを被覆するように設けられた低屈折率のクラッド111bとを有するいわゆるマルチモードファイバである。光ファイバ111のコア111aの横断面形状は図7に示すように円形である。光ファイバ111のファイバ径は例えば200~500μmである。コア111aの直径は例えば100~400μmである。

40

【0035】

光ファイバ111は、図8に示すように、ファイバ径の200倍以下の曲げ半径Rで曲げられた部分を有する。

【0036】

ここで、実施形態2に係る光ファイバケーブル10において、振動素子12により光ファイバ心線11を振動させると、光ファイバ心線11に含まれる光ファイバ111も振動し、その振動によって光ファイバ111のコア111a及びクラッド111bが微小に変

50

形して密度変化を生じる。このとき、コア 1 1 1 a 及びクラッド 1 1 1 b が密度変化するのに伴って屈折率も変化し、そのためにコア 1 1 1 a を伝搬するレーザ光のモードが別モードへと変換され、その結果、レーザ光が経時的に変動して平均化されることとなってスペckルノイズが除去される。そして、この実施形態 2 に係る光ファイバケーブル 1 0 では、ファイバ径の 2 0 0 倍以下の曲げ半径で曲げられた部分を有する光ファイバ 1 1 1 を振動素子 1 2 により振動させることにより、スペckルノイズを効果的に除去することができる。これは、小さい曲率半径で曲げられた光ファイバ 1 1 1 を振動させることにより、レーザ光のモード変換が促進されるためであると考えられる。

**【 0 0 3 7 】**

光ファイバ 1 1 1 の曲げ半径 R は、ファイバ径の 2 0 0 倍以下であるが、また、好ましくは 1 0 0 倍以上、より好ましくは 1 4 0 倍以上である。

10

**【 0 0 3 8 】**

光ファイバ 1 1 1 は、コア 1 1 1 a 及びクラッド 1 1 1 b のいずれもが石英ガラスで形成されたいわゆるシリカファイバであってもよく、また、コア 1 1 1 a が石英ガラスで形成され且つクラッド 1 1 1 b がアクリル樹脂等のポリマー樹脂で形成されたいわゆるポリマークラッドファイバであってもよく、さらに、コア 1 1 1 a 及びクラッド 1 1 1 b のいずれもがポリマー樹脂で形成されたプラスチックファイバであってもよい。スペckルノイズの除去効果を高める観点からは、振動素子 1 2 により振動を与えた際の変形が大きく、その変形による密度変化及びそれに伴う屈折率変化も大きいことから、ポリマークラッドファイバ及びプラスチックファイバが好ましい。加えて、出射光のビームの拡がりも考慮するとポリマークラッドファイバがより好ましい。

20

**【 0 0 3 9 】**

光ファイバ 1 1 1 は、クラッド 1 1 1 b を被覆するように設けられたサポート層を有していてもよいが、振動素子 1 2 からの振動をコア 1 1 1 a 及びクラッド 1 1 1 b に効果的に伝えてスペckルノイズの除去効果を高める観点から、コア 1 1 1 a 及びクラッド 1 1 1 b のみの 2 層構造を有することが好ましい。

**【 0 0 4 0 】**

ジャケット 1 1 2 は、例えば、紫外線硬化型樹脂の単一層で構成されていてもよく、また、薄肉のシリコン樹脂等の内側層と厚肉のナイロン樹脂等の外側層との二層で構成されていてもよい。振動素子 1 2 からの振動をコア 1 1 1 a 及びクラッド 1 1 1 b に効果的に伝えてスペckルノイズの除去効果を高める観点からは、ジャケット 1 1 2 の厚さは、薄いことが好ましく、具体的には、好ましくは 5 0  $\mu$ m 以下、より好ましくは 2 5  $\mu$ m 以下である。

30

**【 0 0 4 1 】**

振動素子 1 2 は、例えばプレート状のピエゾ振動子などの超音波振動子により構成されている。振動素子 1 2 には交流電源からの交流の振動電圧が印加されるが、その振動周波数は、例えば 1 0 ~ 5 0 k H z である。なお、大きな振動を発生させる観点からは、振動電圧を振動素子 1 2 の共鳴周波数に一致させることが好ましい。

**【 0 0 4 2 】**

光ファイバ心線 1 1 における振動素子 1 2 の配設位置は、特に限定されるものではなく、図 9 ( a ) に示すように、ファイバ径の 2 0 0 倍以下の曲げ半径で曲げられた部分であってもよく、また、図 9 ( b ) に示すように、ファイバ径の 2 0 0 倍以下の曲げ半径で曲げられた部分よりも上流側、つまり、入射端側の部分であってもよく、さらに、図 9 ( c ) に示すように、ファイバ径の 2 0 0 倍以下の曲げ半径で曲げられた部分よりも下流側、つまり、出射端側の部分であってもよい。なお、これらのうちの複数の位置に振動素子 1 2 が配設されていてもよい。

40

**【 0 0 4 3 】**

光ファイバ心線 1 1 への振動素子 1 2 の配設態様は、特に限定されるものではないが、スペckルノイズの除去効果を高める観点から、一定長さの光ファイバ心線 1 1 の外周面に振動素子 1 2 が直接的に接触していることが好ましい。なお、光ファイバ心線 1 1 の振

50

動が与えられる部分及び振動素子 1 2 は、基板等の支持部材に支持固定されていてもよい。光ファイバ心線 1 1 と振動素子 1 2 との接触長さは、効果的にスペckルノイズを除去する観点から、好ましくは 1 0 mm 以上、より好ましくは 3 0 mm 以上である。

【 0 0 4 4 】

光ファイバ心線 1 1 への振動素子 1 2 の配設態様としては、図 1 0 ( a ) 及び ( b ) に示すように、光ファイバ心線 1 1 における U 字状に曲げられた部分に振動素子 1 2 が接触するように設けられていてもよい。

【 0 0 4 5 】

光ファイバ心線 1 1 と振動素子 1 2 との接触長さを長くしてスペckルノイズの除去効果を高める観点からは、図 1 1 ( a ) 及び ( b ) に示すように、光ファイバ 1 1 1 における曲げ半径がファイバ径の 2 0 0 倍以下となるように光ファイバ心線 1 1 を巻き線とし、その巻き線の一部分において光ファイバ心線 1 1 が例えば 2 ~ 1 0 列に並列して延びる部分に振動素子 1 2 が接触するように設けられていてもよい。また、光ファイバ心線 1 1 の巻き線には、複数の振動素子 1 2 が周方向に間隔をおいて配設されていてもよく、さらに、光ファイバ心線 1 1 の巻き線の全体が振動素子 1 2 上に設けられていてもよい。スペckルノイズを効果的に除去すると共にコンパクト化の観点からは、巻き線における光ファイバ心線 1 1 に含まれる光ファイバ 1 1 1 の曲げ半径は小さくした方がよいが、あまり小さくし過ぎると、出射光のビームの拡がりが大きくなりすぎ、十分なビーム品質が得られなくなる可能性があるため、用途に応じて曲げ半径を設定すればよい。

【 0 0 4 6 】

なお、光ファイバ 1 1 1 の強度が許せば、光ファイバ心線 1 1 から部分的にジャケット 1 1 2 を除去して露出した光ファイバ 1 1 1 に振動素子 1 2 が直接的に接触するように設けられていてもよい。また、光ファイバ心線 1 1 に含まれる光ファイバ 1 1 1 を振動させることができれば、光ファイバ心線 1 1 に振動伝達媒体を介して振動素子 1 2 が間接的に接触していてもよい。さらに、光ファイバ心線 1 1 に含まれる光ファイバ 1 1 1 の全体を振動素子 1 2 により振動させる態様であってもよい。

【 0 0 4 7 】

以上の構成の実施形態 2 に係る光ファイバケーブル 1 0 は、図 6 に仮想線で示すように、光ファイバ心線 1 1 の入射端に取り付けられた光コネクタ 1 1 a がレーザ光源 L に接続されて用いられる。このレーザ光源 L から出力されるレーザ光の波長は例えば 4 0 0 nm ~ 2 μm であり、出力パワーは例えば数 mW ~ 数十 W である。そして、この実施形態 2 に係る光ファイバケーブル 1 0 によれば、スペckルノイズを効果的に除去することができると共に、フラットトップのニアフィールドパターンを得ることができるので、レーザイメージング用途で用いた場合には高画質を得ることができ、また、レーザ加工用途で用いた場合には高加工品質を得ることができる。

【実施例】

【 0 0 4 8 】

以下に試験評価 1 ~ 3 について説明する。それぞれの内容について表 1 に示す。

【 0 0 4 9 】

( 試験評価 1 )

図 1 2 ( a ) 及び ( b ) は試験評価装置 2 0 を示す。なお、実施形態と同一名称の部分は実施形態と同一符号で示す。

【 0 0 5 0 】

コアが石英ガラスで形成され且つクラッドがアクリル樹脂で形成されたポリマークラッドファイバを光ファイバとし、そのコアの横断面形状が正七角形である図 2 と同様の形態の光ファイバ心線 A 1 1 を準備すると共に、その中間部を 2 周の巻き線とした。このとき、巻き線の半径を 1 0 0 mm 以上とし、光ファイバ心線 A 1 1 に含まれる光ファイバの光学特性に曲げ変形の影響が実質的に及ばないようにした。なお、光ファイバ心線 A 1 1 の外径は 3 5 0 μm、光ファイバのファイバ径は 3 0 0 μm、コアの最大外径は 2 5 0 μm、及びジャケットは紫外線硬化型樹脂の単一層で形成され、その厚さは 2 5 μm であった

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

一方、矩形のアクリル板 2 1 の 1 つの側辺部中央に円盤状のピエゾ振動子を振動素子 1 2 として設けたものを準備した。アクリル板 2 1 の振動素子 1 2 を設けた部分には、振動素子 1 2 の振動がアクリル板 2 1 に逃げてしまわないように円形孔 2 2 を形成し、その周縁には、振動素子 1 2 の上面がアクリル板 2 1 と面一になるように振動素子の下面外周部を支持する段差部 2 3 を形成した。なお、振動素子 1 2 の下面外周部をその段差部 2 3 に接着剤 2 4 で固定した。

## 【 0 0 5 2 】

続いて、光ファイバ心線 A 1 1 の巻き線をアクリル板 2 1 上に載置し、振動素子 1 2 上に位置する部分では、光ファイバ心線 A 1 1 が並列して延びるように配置して粘着テープ 2 5 で振動素子 1 2 に固定した。なお、光ファイバ心線 A 1 1 の巻き線の他の 2 箇所部分で粘着テープ 2 5 でアクリル板 2 1 に固定した。

10

## 【 0 0 5 3 】

また、光ファイバ心線 A 1 1 の入射端を光学レンズ 2 6 を介して He - Ne レーザ 2 7 に接続する一方、出射端側には、光ファイバ心線 A 1 1 からの出射光を光学レンズ 2 8 を介してモニタできるように CCD カメラ 2 9 を設けた。

## 【 0 0 5 4 】

そして、He - Ne レーザ 2 7 から波長 6 3 3 nm 及び出力パワー 3 mW のレーザ光を光ファイバ心線 A 1 1 に入射すると共に、振動素子 1 2 に  $V_{pp}$  ( peak to peak ) 1 0 V の交流電圧を印加して振動周波数 2 0 k H z で振動させ、光ファイバ心線 A 1 1 に振動を与えた。

20

## 【 0 0 5 5 】

このとき、光ファイバ心線 A 1 1 からの出射光を CCD カメラ 2 9 でモニタすると共に、CCD 画素毎の輝度を分析し、下記 ( 1 ) 式に従ってスペックルコントラスト C を算出した。

## 【 0 0 5 6 】

$C = \sigma / I$  ( ここで、 $\sigma$  : 輝度ばらつきの標準偏差、 $I$  : 輝度平均 ) ( 1 )

この光ファイバ心線 A 1 1 では、スペックルコントラスト  $C = 0 . 0 6$  であった。なお、出射光のビームの拡がりは認められなかった。

30

## 【 0 0 5 7 】

以上のことから、光ファイバのコアの横断面形状が正七角形であると、スペックルコントラスト C が小さく、従って、スペックルノイズが効果的に除去されることが分かる。

## 【 0 0 5 8 】

( 試験評価 2 )

コア及びクラッドが石英ガラスで形成されたシリカファイバを光ファイバとし、そのコアの横断面形状が円形である図 7 と同様の形態の光ファイバ心線 B を準備すると共に、その中間部を 5 周の巻き線とした。このとき、光ファイバ心線 B に含まれる光ファイバの曲げ半径の最小値が 2 5 mm となるように巻き線を形成した。なお、光ファイバ心線 B の外径は 2 0 0  $\mu$  m、光ファイバのファイバ径は 1 2 5  $\mu$  m、コアの直径は 1 1 5  $\mu$  m、及びジャケットは紫外線硬化型樹脂の単一層で形成され、その厚さは約 4 0  $\mu$  m であった。巻き線部分での光ファイバの曲げ半径はファイバ径の 2 0 0 倍であった。

40

## 【 0 0 5 9 】

そして、光ファイバ心線 A 1 1 と同様の試験を行ったところ、スペックルコントラスト  $C = 0 . 1 5$  であった。なお、出射光のビームに少し拡がり認められた。

## 【 0 0 6 0 】

また、光ファイバ心線 B の巻き線の半径を 1 0 0 mm 以上とし、光ファイバ心線 B に含まれる光ファイバの光学特性に曲げ変形の影響が実質的に及ばないようにしたことを除いて同様に試験したところ、スペックルコントラスト  $C > 0 . 3$  であった。なお、出射光のビームの拡がり認められなかった。

50



## 【 0 0 6 1 】

以上のことから、光ファイバにおける曲げ半径がファイバ径の200倍となるように曲げられた部分を振動させると、スペckルコントラストCが小さく、従って、スペckルノイズが効果的に除去されることが分かる。

## 【 0 0 6 2 】

(試験評価3)

コアが石英ガラスで形成され且つクラッドがアクリル樹脂で形成されたポリマークラッドファイバを光ファイバとし、そのコアの横断面形状が円形である図7と同様の形態の光ファイバ心線Cを準備すると共に、その中間部を5週の巻き線とした。このとき、光ファイバ心線Cに含まれる光ファイバの曲げ半径の最小値が35mmとなるように巻き線を形成した。なお、光ファイバ心線Cの外径は300 $\mu$ m、光ファイバのファイバ径は250 $\mu$ m、コアの直径は210 $\mu$ m、及びジャケットは紫外線硬化型樹脂の単一層で形成され、その厚さは25 $\mu$ mであった。巻き線部分での光ファイバの曲げ半径はファイバ径の140倍であった。

## 【 0 0 6 3 】

そして、光ファイバ心線A11と同様の試験を行ったところ、スペckルコントラストC = 0.073であった。なお、出射光のビームに少し拡がりが見られた。

## 【 0 0 6 4 】

また、光ファイバ心線Cの巻き線の半径を100mm以上とし、光ファイバ心線Cに含まれる光ファイバの光学特性に曲げ変形の影響が実質的に及ばないようにしたことを除いて同様に試験したところ、スペckルコントラストC > 0.2であった。なお、出射光のビームの拡がりは見られなかった。

## 【 0 0 6 5 】

以上のことから、ファイバ径の140倍の曲げ半径で曲げられた部分を有する光ファイバを振動させると、スペckルコントラストCが小さく、従って、スペckルノイズが効果的に除去されることが分かる。また、曲げによるスペckルノイズ除去効果と、クラッドがポリマーであることのスペckルノイズ除去効果とが重畳していることが分かる。

## 【 0 0 6 6 】

## 【表1】

	光ファイバ心線	コア形状	コア直径 (コア最大外径)	曲げ半径	スペckルコントラストC	出射光 拡がり
試験評価 1	光ファイバ心線A (ポリマークラッドファイバ)	正七角形	250 $\mu$ m	>100mm	0.06	無
試験評価 2	光ファイバ心線B (シリカファイバ)	円形	115 $\mu$ m	25mm	0.15	少
				>100mm	>0.3	無
試験評価 3	光ファイバ心線C (ポリマークラッドファイバ)	円形	210 $\mu$ m	35mm	0.073	少
				>100mm	>0.2	無

## 【産業上の利用可能性】

## 【 0 0 6 7 】

本発明は、レーザー光伝送用の光ファイバデバイスについて有用である。

## 【符号の説明】

## 【 0 0 6 8 】

10 光ファイバケーブル(光ファイバデバイス)

11 光ファイバ心線

11a 光コネクタ

111 光ファイバ

10

20

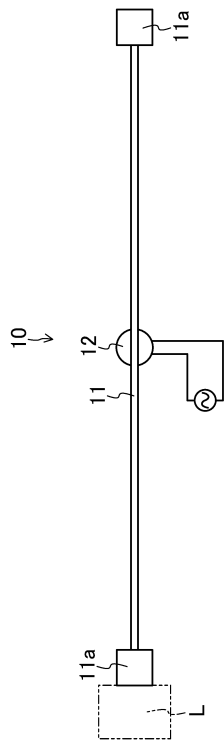
30

40

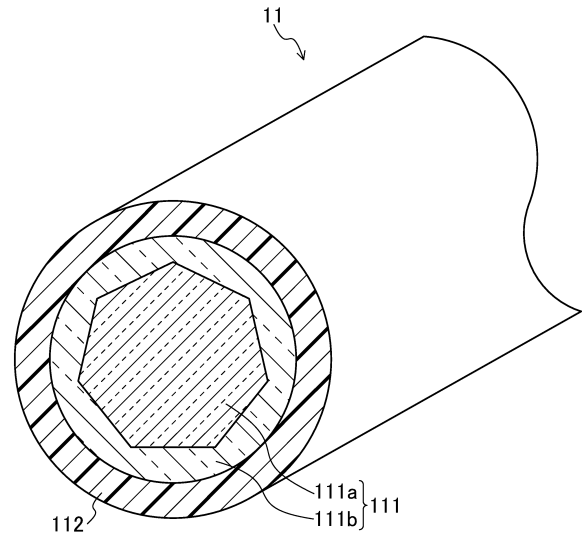
50

- 1 1 1 a コア
- 1 1 1 b クラッド
- 1 1 2 ジャケット
- 1 2 振動素子
- 2 0 試験評価装置
- 2 1 アクリル板
- 2 2 円形孔
- 2 3 段差部
- 2 4 接着剤
- 2 5 粘着テープ
- 2 6 , 2 8 光学レンズ
- 2 7 He - Ne レーザ
- 2 9 CCDカメラ
- L レーザ光源

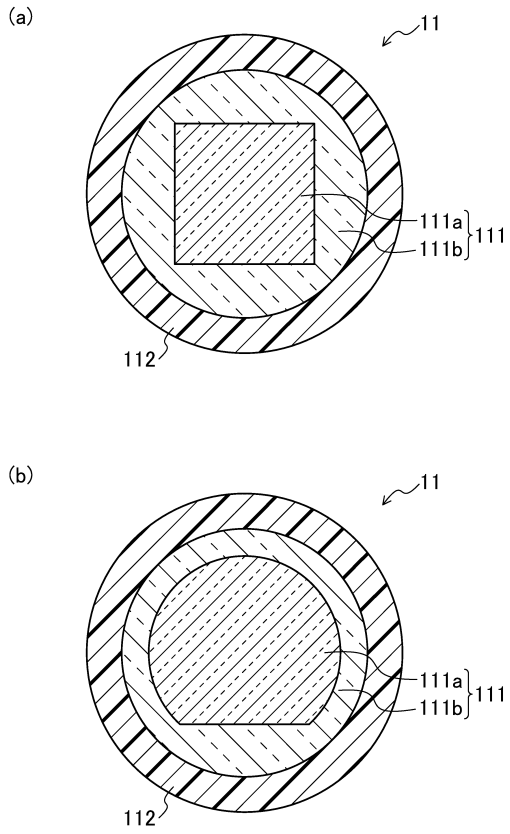
【図 1】



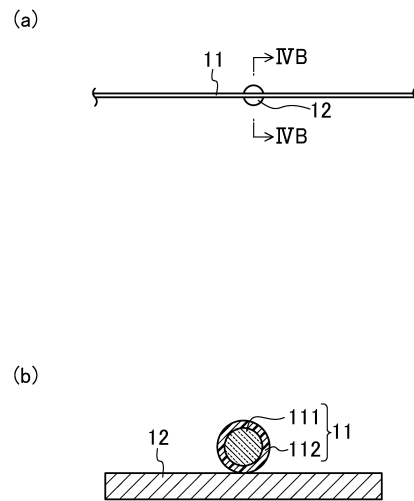
【図 2】



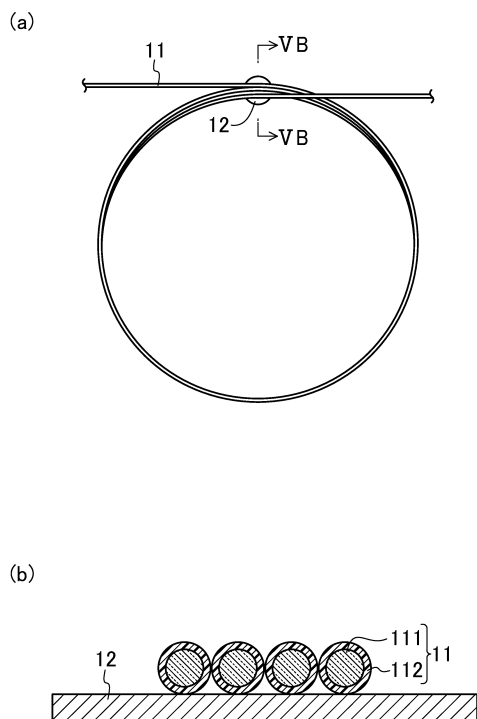
【 図 3 】



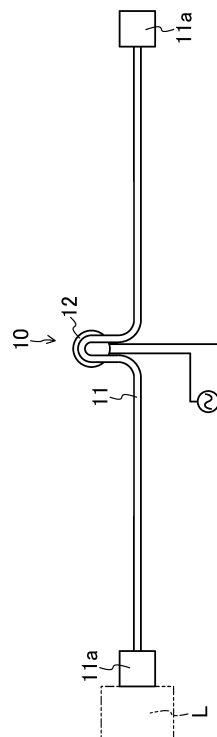
【 図 4 】



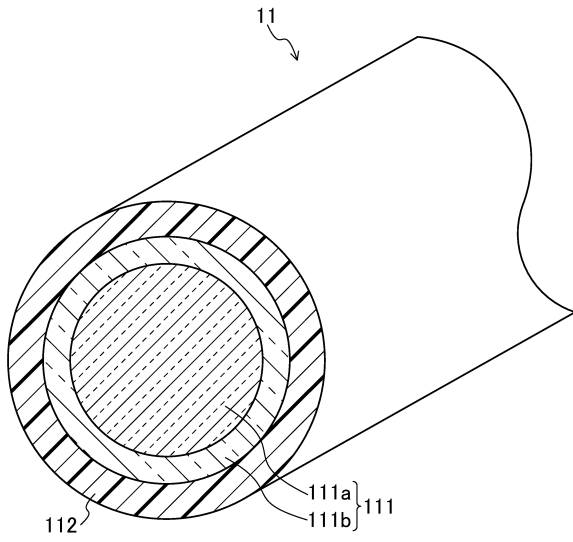
【 図 5 】



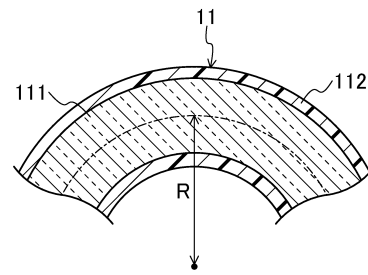
【 図 6 】



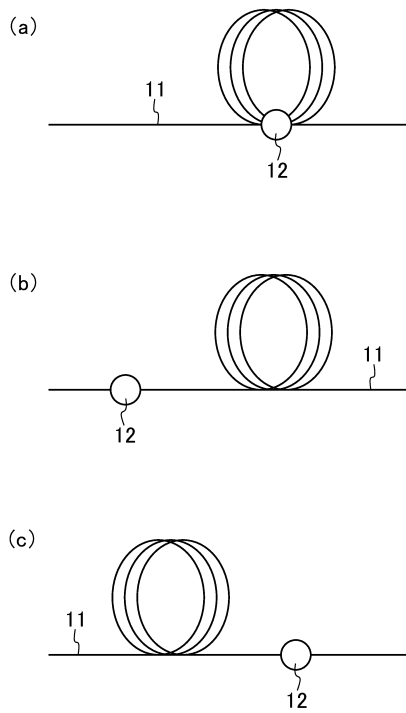
【図7】



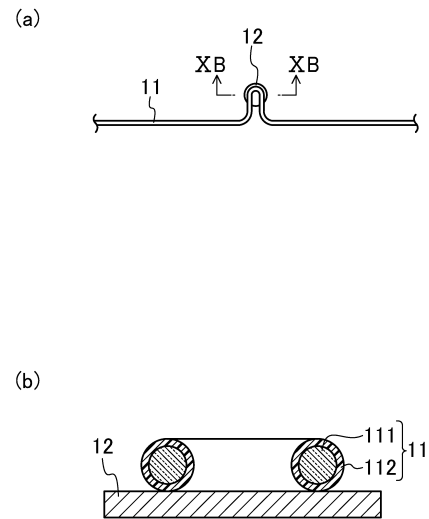
【図8】



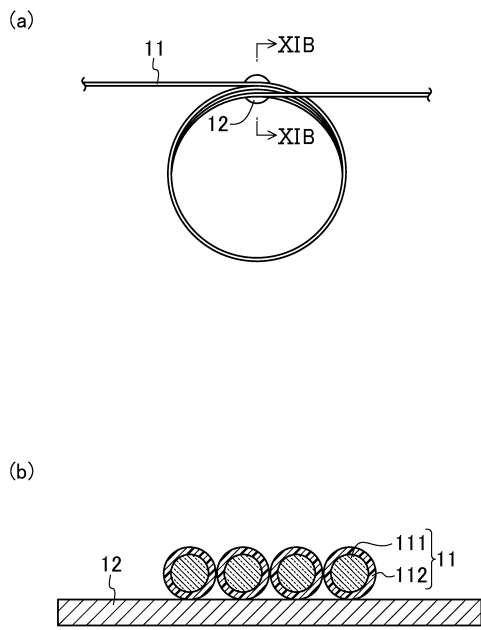
【図9】



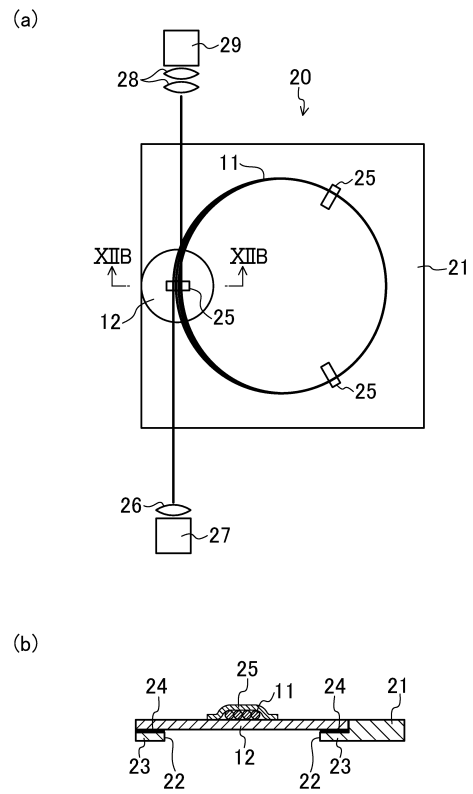
【図10】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0134519 (US, A1)  
特開2010-078622 (JP, A)  
特開2012-173320 (JP, A)  
特表2009-532031 (JP, A)  
米国特許出願公開第2010/0253769 (US, A1)  
特開2010-172651 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 27/48