【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第６部門第１区分
【発行日】令和7年3月31日(2025.3.31)

【国際公開番号】WO2024/018737
【出願番号】特願2024-534944(P2024-534944)
【国際特許分類】
Ｇ０１Ｍ 11/00(2006.01)
Ｇ０１Ｎ 21/88(2006.01)
Ｇ０２Ｂ 6/44(2006.01)
【ＦＩ】
Ｇ０１Ｍ 11/00 Ｇ
Ｇ０１Ｍ 11/00 Ｔ
Ｇ０１Ｎ 21/88 Ｊ
Ｇ０２Ｂ 6/44 ３３６

【手続補正書】
【提出日】令和6年11月26日(2024.11.26)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
ガラス光ファイバと、前記ガラス光ファイバの外周を覆う被覆部と、を含む光ファイバの端面を観察する装置であって、
前記光ファイバは、
前記ガラス光ファイバが前記被覆部に被われている被覆領域と、
前記ガラス光ファイバが前記被覆部の端面である被覆端面から突出している突出領域と、を有し、
前記装置は、
前記突出領域の側面に反射光を入射する反射面に光を照射する光源と、
前記突出領域のガラス端面の観察画像を取得するカメラと、を備える、
光ファイバの端面観察装置。
【請求項２】
前記反射面は、前記被覆端面である、
請求項１に記載の光ファイバの端面観察装置。
【請求項３】
前記被覆部は、被覆樹脂を含む、
請求項1に記載の光ファイバの端面観察装置。
【請求項４】
前記光ファイバは、光ファイバ素線であり、
前記被覆樹脂は、前記ガラス光ファイバの外周を覆うプライマリ樹脂層と、前記プライマリ樹脂層の外周を覆うセカンダリ樹脂層と、を含む、
請求項３に記載の光ファイバの端面観察装置。
【請求項５】
前記光ファイバは、光ファイバ心線であり、
前記被覆樹脂は、前記ガラス光ファイバの外周を覆うプライマリ樹脂層と、前記プライマリ樹脂層の外周を覆うセカンダリ樹脂層と、前記セカンダリ樹脂層の外周を覆う着色樹

脂層と、を含む、
請求項３に記載の光ファイバの端面観察装置。
【請求項６】
前記光ファイバを把持するファイバホルダを更に含む、
請求項１から請求項５のいずれか一項に記載の光ファイバの端面観察装置。
【請求項７】
前記反射面は前記ファイバホルダの先端面である、
請求項６に記載の光ファイバの端面観察装置。
【請求項８】
前記光源は、前記反射面を向く発光面を有し、
前記発光面の中央部に空洞部が設けられている、
請求項１から請求項５のいずれか一項に記載の光ファイバの端面観察装置。
【請求項９】
前記光源は、可視領域及び近赤外領域に含まれる単一波長または複数波長で構成される光を照射する、
請求項１から請求項５のいずれか一項に記載の光ファイバの端面観察装置。
【請求項１０】
前記カメラは、前記光ファイバの回転角度を計算する画像処理対応カメラである、
請求項１から請求項５のいずれか一項に記載の光ファイバの端面観察装置。
【請求項１１】
ガラス光ファイバと、前記ガラス光ファイバの外周を覆う被覆部と、を含む光ファイバの端面を観察する方法であって、
前記被覆部を切断除去し、前記ガラス光ファイバが前記被覆部に被われている被覆領域と、前記ガラス光ファイバが前記被覆部の端面である被覆端面から突出している突出領域と、を準備する工程と、
前記突出領域の側面に反射光を入射する反射面に光を照射する工程と、
前記突出領域のガラス端面の観察画像を取得する工程と、を備える、
光ファイバの端面観察方法。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、光ファイバの端面観察装置及び光ファイバの端面観察方法に関する。本出願は、２０２２年７月２１日出願の日本出願第２０２２－１１６４１１号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。
【背景技術】
【０００２】
光ファイバの側面から入射した光（側方入射光）を用いて、光ファイバの端面を観察する方法がある。側方入射光のうち、低屈折率領域を伝搬する導波モードは、コア内を伝搬する導波モードと比べて漏洩損失が非常に大きいため、端面まで伝搬する間に減衰しやすい。よって、光ファイバの端面の観察画像は、高屈折率領域ほど明るく、低屈折率領域ほど暗く表示される。
【０００３】
特許文献１には、光ファイバのクラッド中を伝搬する漏洩モードを効果的に除去する構造（クラッドモードストリッパ）が記載されている。
【先行技術文献】

【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１５－１６７３号公報
【発明の概要】
【０００５】
本開示の一態様に係る光ファイバの端面観察装置は、ガラス光ファイバと、ガラス光ファイバの外周を覆う被覆部と、を含む光ファイバの端面を観察する装置である。光ファイバは、ガラス光ファイバが被覆部に被われている被覆領域と、ガラス光ファイバが被覆部の端面である被覆端面から突出している突出領域と、を有する。装置は、突出領域の側面に反射光を入射する反射面に光を照射する光源と、突出領域のガラス端面の観察画像を取得するカメラと、を備える。
【図面の簡単な説明】
【０００６】
【図１】図１は、ＭＣＦの斜視図である。
【図２】図２は、ガラス光ファイバの断面図及び屈折率プロファイルである。
【図３】図３は、第１実施形態に係る端面観察装置の構成図である。
【図４】図４は、光源の平面図である。
【図５】図５は、第１実施形態に係る端面観察方法のフローチャートである。
【図６】図６は、第２実施形態に係る端面観察装置の構成図である。
【図７】図７は、第３実施形態に係る端面観察装置の構成図である。
【図８】図８は、第４実施形態に係る端面観察装置の構成図である。
【図９】図９は、図８に示されるＭＣＦ及びファイバホルダの斜視図である。
【図１０】図１０は、第５実施形態に係る端面観察装置の構成図である。
【図１１】図１１は、図１０に示されるＭＣＦ及びファイバホルダの斜視図である。
【発明を実施するための形態】
【０００７】
［本開示が解決しようとする課題］
例えば、マルチコア光ファイバ（ＭＣＦ）では、クラッド内のマーカの屈折率をクラッドの屈折率よりも低く設定することにより、コアからの光が漏れにくくなる。しかしながら、クラッド及びマーカはいずれも低屈折率領域であるため、マーカの識別が不明瞭となる場合がある。
【０００８】
本開示は、低屈折率領域であっても明瞭に観察可能な光ファイバの端面観察装置及び光ファイバの端面観察方法を提供することを目的とする。
【０００９】
［本開示の効果］
本開示によれば、低屈折率領域であっても明瞭に観察可能な光ファイバの端面観察装置及び光ファイバの端面観察方法を提供することができる。
【００１０】
［本開示の実施態様の説明］
最初に本開示の実施態様を列記して説明する。（１）本開示の一態様に係る光ファイバの端面観察装置は、ガラス光ファイバと、ガラス光ファイバの外周を覆う被覆部と、を含む光ファイバの端面を観察する装置である。光ファイバは、ガラス光ファイバが被覆部に被われている被覆領域と、ガラス光ファイバが被覆部の端面である被覆端面から突出している突出領域と、を有する。装置は、突出領域の側面に反射光を入射する反射面に光を照射する光源と、突出領域のガラス端面の観察画像を取得するカメラと、を備える。この端面観察装置では、光源から照射され、反射面で反射された光が突出領域に側面から入射され、ガラス端面から出射される。突出領域の周囲は空気であるため、周囲が被覆樹脂である場合と比べて、光の漏洩が減少する。よって、低屈折率領域であっても明瞭に端面観察を行うことができる。

【００１１】
（２）上記（１）の光ファイバの端面観察装置では、反射面は、被覆端面であってもよい。この場合、光源から照射された光を反射により効率よく突出領域に入射させることができる。
【００１２】
（３）上記（１）または（２）の光ファイバの端面観察装置では、被覆部は、被覆樹脂を含んでもよい。この場合、被覆樹脂はガラス光ファイバの外周面に接して設けられるので、被覆端面で反射された光が突出領域に側面から入射されやすい。
【００１３】
（４）上記（３）の光ファイバの端面観察装置では、光ファイバは、光ファイバ素線であり、被覆樹脂は、ガラス光ファイバの外周を覆うプライマリ樹脂層と、プライマリ樹脂層の外周を覆うセカンダリ樹脂層と、を含んでもよい。この場合であっても、被覆端面で反射された光が突出領域に側面から入射される。
【００１４】
（５）上記（３）の光ファイバの端面観察装置では、光ファイバは、光ファイバ心線であり、被覆樹脂は、ガラス光ファイバの外周面を覆うプライマリ樹脂層と、プライマリ樹脂層の外周面を覆うセカンダリ樹脂層と、セカンダリ樹脂層の外周面を覆う着色樹脂層と、を含んでもよい。この場合であっても、被覆端面で反射された光が突出領域に側面から入射される。
【００１５】
（６）上記（２）から（４）のいずれかの光ファイバの端面観察装置は、光ファイバを把持するファイバホルダを更に含んでもよい。この場合、ファイバホルダにより光ファイバを把持することができる。
【００１６】
（７）上記（６）の光ファイバの端面観察装置では、反射面はファイバホルダの先端面であってもよい。
【００１７】
（８）上記（１）から（７）のいずれかの光ファイバの端面観察装置では、光源は、反射面を向く発光面を有し、発光面の中央部に空洞部が設けられていてもよい。この場合、反射面に効率的に光を照射することができる。
【００１８】
（９）上記（１）から（８）のいずれかの光ファイバの端面観察装置では、光源は、可視領域及び近赤外領域に含まれる単一波長または複数波長で構成される光を照射してもよい。この場合、被覆部が黒色や透明であっても、反射面で光を反射させることができる。
【００１９】
（１０）上記（１）から（９）のいずれかの光ファイバの端面観察装置では、カメラは、光ファイバの回転角度を計算する画像処理対応カメラであってもよい。この場合、光ファイバの精密な回転調心を行うことができる。
【００２０】
（１１）本開示の一態様に係る光ファイバの端面観察方法は、ガラス光ファイバと、ガラス光ファイバの外周を覆う被覆部と、を含む光ファイバの端面を観察する方法であって、被覆部を切断除去し、ガラス光ファイバが被覆部に被われている被覆領域と、ガラス光ファイバが被覆部の端面である被覆端面から突出している突出領域と、を準備する工程と、突出領域の側面に反射光を入射する反射面に光を照射する工程と、突出領域のガラス端面の観察画像を取得する工程と、を備える。この端面観察方法では、光源から照射され、反射面で反射された光が突出領域に側面から入射され、ガラス端面から出射される。突出領域の周囲は空気であるため、周囲が被覆樹脂である場合と比べて、光の漏洩が減少する。よって、低屈折率領域であっても明瞭に端面観察を行うことができる。
【００２１】
［本開示の実施形態の詳細］

本開示の光ファイバの端面観察装置及び光ファイバの端面観察方法の具体例を、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、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及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。図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【００２２】

（第１実施形態）

図１及び図２を参照し、第１実施形態に係る光ファイバの端面観察装置及び光ファイバの端面観察方法により端面観察される光ファイバについて、ＭＣＦを例に説明する。図１は、ＭＣＦの斜視図である。図２の上段は、図１のII-II線に沿うガラス光ファイバの断面図である。図２の下段は、図２の上段に示された線Ｌに沿ったガラス光ファイバの屈折率プロファイルである。図１に示されるように、ＭＣＦ１００は、ガラス光ファイバ１１０と、被覆樹脂１２０と、を備える。ガラス光ファイバ１１０は、４つのコア１１１と、クラッド１１２と、各コア１１１を識別するためのマーカ１１３と、を有する。

【００２３】

図１及び図２に示されるように、複数のコア１１１は、ＭＣＦ１００の中心軸ＡＸに直交する断面において、中心軸ＡＸを中心とする円の円周上に等間隔で配置されている。ＭＣＦ１００は、例えば、正方４コアＭＣＦであり、コア１１１の数は４である。コア１１１の屈折率n_1は、クラッド１１２の屈折率n_2よりも高い。クラッド１１２は、複数のコア１１１及びマーカ１１３を取り囲む共通クラッドである。マーカ１１３は、屈折率n_1よりも低く、屈折率n_2とは異なる屈折率を有する。マーカ１１３は、複数のコア１１１の配置の対称性を崩す位置、すなわち、複数のコア１１１の配置の対称性に対して非対称となる位置に配置されている。マーカ１１３の直径は、コア１１１の直径よりも短い。

【００２４】

被覆樹脂１２０は、ガラス光ファイバ１１０の外周（外縁）を覆う被覆部Ｃを構成している。すなわち、被覆部Ｃは、被覆樹脂１２０を含む。被覆樹脂１２０は、ガラス光ファイバ１１０の外周面に接して設けられている。被覆樹脂１２０は、一次被覆１２１及び二次被覆１２２を含む。一次被覆１２１は、プライマリ樹脂層１２３及びセカンダリ樹脂層１２４を含む。プライマリ樹脂層１２３は、ガラス光ファイバ１１０の外周を覆っている。セカンダリ樹脂層１２４は、プライマリ樹脂層１２３の外周を覆っている。プライマリ樹脂層１２３及びセカンダリ樹脂層１２４は、必要に応じて透明または不透明の着色インクを含んでもよい。

【００２５】

二次被覆１２２は、一次被覆１２１の外周を覆っている。二次被覆１２２は、透明または不透明の着色インクを含む着色樹脂層である。二次被覆１２２は、識別性や、機械強度を確保するために設けられる。ガラス光ファイバ１１０及び一次被覆１２１で構成される光ファイバは、光ファイバ素線と呼ばれる。ガラス光ファイバ１１０、一次被覆１２１、及び二次被覆１２２で構成される光ファイバは、光ファイバ心線と呼ばれる。本実施形態のＭＣＦ１００は、光ファイバ心線である。

【００２６】

ガラス光ファイバ１１０は、被覆領域Ｒ１及び突出領域Ｒ２を有する。被覆領域Ｒ１及び突出領域Ｒ２は、ガラス光ファイバ１１０の長さ方向に延びる領域であり、ガラス光ファイバ１１０の長さ方向において、互いに隣り合っている。被覆領域Ｒ１は、被覆樹脂１２０により外周が覆われている。突出領域Ｒ２は、被覆樹脂１２０の端面である被覆端面１２０ａから中心軸ＡＸに沿って突出している。突出領域Ｒ２の中心軸ＡＸに沿う長さは、例えば、数ｍｍから数十ｍｍ程度である。

【００２７】

突出領域Ｒ２では、被覆樹脂１２０が切断除去されている。つまり、被覆端面１２０ａは、被覆除去面である。被覆端面１２０ａは、例えば、中心軸ＡＸに対して垂直に設けられている。突出領域Ｒ２は、被覆樹脂１２０から露出している。突出領域Ｒ２は、ガラス

光ファイバ１１０の長さ方向の一端面であるガラス端面１１０ａを有している。ガラス端面１１０ａは、中心軸ＡＸに対して垂直に切断された切断面である。

【００２８】

マーカ１１３の屈折率がクラッド１１２の屈折率n_2よりも高い場合、マーカ１１３の直径をコア１１１の直径よりも短くするか、マーカ１１３の屈折率をコア１１１の屈折率n_1よりも低くする必要がある。これにより、コア１１１内を伝搬するモードと、マーカ１１３内を伝搬するモードの結合が抑制される。よって、コア１１１内を伝搬する信号光への雑音混入が抑制される。

【００２９】

ＭＣＦ１００のコア密度が更に増大し、マーカ１１３とコア１１１との距離が短くなる構造において、マーカ１１３とコア１１１との間の信号光の干渉を最小限に抑制するためには、マーカ１１３の屈折率はクラッド１１２の屈折率n_2よりも低くてもよい。しかしながら、側方入射光を用いた端面観察では、低屈折率領域であるマーカ１１３の識別が不明瞭となる場合がある。この場合、コア１１１の識別が不可能となる。

【００３０】

図３は、第１実施形態に係る端面観察装置の構成図である。図３に示されるように、端面観察装置１は、光源２及びカメラ３を備える。光源２は、被覆端面１２０ａに光を照射する。光源２は、被覆端面１２０ａを周方向（全周つまり３６０度）にわたって均一に照射できてもよい。光源２は、例えば、中心軸ＡＸに沿う方向（軸方向）において、被覆端面１２０ａに対してガラス端面１１０ａがある側に配置されている。光源２は、軸方向において、被覆端面１２０ａとガラス端面１１０ａとの間に配置されていてもよいし、被覆端面１２０ａに対してガラス端面１１０ａよりも遠くに配置されていてもよい。光源２は、少なくとも被覆端面１２０ａに光を照射できることが必要であり、ガラス端面１１０ａを照射してもよい。

【００３１】

図４は、光源の平面図である。図３及び図４に示されるように、光源２は、被覆端面１２０ａを向く発光面２ａを有する。光源２は、空洞型光源であり、発光面２ａの中央部には、空洞部２ｂが設けられている。光源２は、例えば、中心軸ＡＸが空洞部２ｂを通るように配置されている。光源２は、例えば、枠状又は環状である。光源２は、ガラス端面１１０ａの中心とカメラ中心とを結ぶ観察軸上には、発光素子を有さない。発光面２ａの外縁及び空洞部２ｂは、例えば、軸方向に見て円形状である。すなわち、光源２は、円形枠状又は円環状である。光源２は、矩形枠状又は矩形環状であり、発光面２ａの外縁及び空洞部２ｂは、軸方向に見て矩形状であってもよい。光源２は、多角形枠状又は多角形環状であってもよい。空洞型光源によれば、被覆端面１２０ａに効率的に光を照射することができる。光源２は、途切れることなく連続的する枠状又は環状に限られず、途切れた部分を有していてもよい。

【００３２】

カメラ３は、ガラス端面１１０ａから出射された光を撮像素子により撮像し、突出領域Ｒ２のガラス端面１１０ａの観察画像を取得する。カメラ３は、例えば、ＭＣＦ１００の回転角度を計算する画像処理対応カメラである。画像処理対応カメラによれば、ＭＣＦ１００の精密な回転調心を行うことができる。カメラ３は、例えば、ガラス端面１１０ａと対向するように中心軸ＡＸ上に配置される。

【００３３】

光源２から出射された光Ｌ１は、被覆端面１２０ａに照射される。光Ｌ１のうち、被覆端面１２０ａにより反射された光Ｌ２や、被覆端面１２０ａを透過後に、被覆樹脂１２０の内部で後方散乱した光Ｌ３が、ガラス光ファイバ１１０の突出領域Ｒ２に側面から入射され、ガラス端面１１０ａから出射される。すなわち、光源２は、突出領域Ｒ２の側面に反射光である光Ｌ２を入射する反射面である被覆端面１２０ａに光を照射する。

【００３４】

突出領域Ｒ２の周囲は、被覆樹脂１２０ではなく空気である。よって、光Ｌ２，Ｌ３が

低屈折率領域を伝搬するモードでは、周囲が被覆樹脂１２０である従来の側方入射と比べて、漏洩が減少する。また、光Ｌ２がガラス光ファイバ１１０を伝搬する伝搬長は、突出領域Ｒ２の長さ以下となり、従来の側方入射の伝搬長と比べて減少する。光Ｌ３がガラス光ファイバ１１０を伝搬する伝搬長も、従来の側方入射の伝搬長と比べて減少する。このように、光Ｌ２，Ｌ３が低屈折率領域を伝搬するモードでは、従来の側方入射と比べて伝搬長が減少するので、減衰量が減少する。以上により、低屈折率領域であっても明瞭に端面観察を行うことができる。

【００３５】

光源２は、可視領域及び近赤外領域に含まれる単一波長または複数波長で構成される光を照射する。光源２は、例えば、白色光源であり、可視領域の全ての光を含む白色光を照射する。被覆樹脂１２０が黒色や透明以外であれば、光を被覆端面１２０ａで十分に反射させることができる。可視領域は、波長が３６０ｎｍ以上８００ｎｍ以下の領域である。近赤外領域は、波長が８００ｎｍ以上２５００ｎｍ以下の領域である。

【００３６】

光源２は、例えば、近赤外光を照射してもよい。被覆樹脂１２０が黒色や透明の場合、白色光源によれば、被覆端面１２０ａの反射光が十分に得られない可能性がある。この場合であっても、近赤外波長の光源によれば、被覆端面１２０ａの反射光が十分に得られる。よって、低屈折率領域であっても明瞭なガラス端面１１０ａの観察が可能である。この場合、カメラ３は、使用光源の波長範囲の光を検出できることが必要である。以上のことから、光源２から照射される光の波長は、可視領域から近赤外領域までに含まれることが重要である。

【００３７】

図５は、第１実施形態に係る端面観察方法を示すフローチャートである。第１実施形態に係る端面観察方法は、端面観察装置１を用いて行われる。図５に示されるように、端面観察方法は、準備工程Ｓ１と、照射工程Ｓ２と、撮像工程Ｓ３と、を含む。準備工程Ｓ１では、測定対象となるＭＣＦを切断し、端部の被覆樹脂１２０を除去する。すなわち、準備工程Ｓ１では、被覆部Ｃを切断除去し、ガラス光ファイバ１１０が被覆部Ｃに被われている被覆領域Ｒ１と、ガラス光ファイバ１１０が被覆部Ｃの端面である被覆端面１２０ａから突出している突出領域Ｒ２と、を準備する。続いて、得られたＭＣＦ１００を、ガラス端面１１０ａがカメラ３と軸方向で対向するように、端面観察装置１に配置する。照射工程Ｓ２では、光源２を用い、被覆端面１２０ａに光Ｌ１を照射する。光Ｌ１のうち、被覆端面１２０ａにより反射された光Ｌ２が突出領域Ｒ２の側面に入射される。すなわち、照射工程Ｓ２では、突出領域Ｒ２の側面に反射光である光Ｌ２を入射する反射面である被覆端面１２０ａに光Ｌ１を照射する。撮像工程Ｓ３では、カメラ３を用い、ガラス端面１１０ａから出射された光を撮像素子により撮像し、ガラス端面１１０ａの観察画像を取得する。

【００３８】

以上、説明したように、第１実施形態に係る端面観察装置１及び端面観察方法によれば、被覆端面１２０ａで反射された光Ｌ２や、被覆端面１２０ａを透過後に、被覆樹脂１２０の内部で後方散乱した光Ｌ３が、突出領域Ｒ２に側面から入射され、ガラス端面１１０ａから出射される。突出領域Ｒ２の周囲は空気であるため、周囲が被覆樹脂である場合と比べて、光の漏洩が減少する。また、光Ｌ２，Ｌ３がガラス光ファイバ１１０を伝搬する伝搬長は、従来の側方入射の伝搬長と比べて減少するので、減衰量が減少する。以上により、低屈折率領域であっても明瞭に端面観察を行うことができる。

【００３９】

被覆樹脂１２０はガラス光ファイバ１１０の外周面に接して設けられるので、被覆端面１２０ａで反射された光Ｌ２が突出領域Ｒ２に側面から入射されやすい。

【００４０】

（第２実施形態）

図６は、第２実施形態に係る端面観察装置の構成図である。図６に示されるように、第

２実施形態に係る端面観察装置１Ａは、少なくとも１つ以上のミラー要素４を更に備える点で、端面観察装置１と相違している。ガラス端面１１０ａから出射した光は、少なくとも１つ以上のミラー要素４を経由してカメラ３に届く。図示を省略するが、光源２から照射された光が被覆端面１２０ａに到達するまでに、少なくとも１つ以上のミラー要素４を経由してもよい。重要なのは、光源２が被覆端面１２０ａを照射することであり、光源２からの光がミラー要素４等を経由すれば、光源２の設置位置は制限されない。

【００４１】

（第３実施形態）

図７は、第３実施形態に係る端面観察装置の構成図である。図７に示されるように、第３実施形態に係る端面観察装置１Ｂは、空洞型光源である光源２（図３参照）を備える代わりに、複数の光源２を有している点で、端面観察装置１と相違している。端面観察装置１Ｂでは、例えば、二つの同一の光源２が、カメラ３を挟んで上下に配置されている。なお、一方の光源２から出射される光の光路のみを図示し、他方の光源２から出射される光の光路の図示を省略する。重要なのは、光源２が被覆端面１２０ａに光Ｌ１を照射することであり、光源２の個数や照射角度は適宜設定することができる。光源２は、少なくとも被覆端面１２０ａに光Ｌ１を照射していればよく、光源２からの光は、ガラス端面１１０ａ等の他の部分にも照射されてもよい。

【００４２】

（第４実施形態）

図８は、第４実施形態に係る端面観察装置の構成図である。図９は、図８に示されるＭＣＦ及びファイバホルダの斜視図である。図８及び図９に示されるように、第４実施形態に係る端面観察装置１Ｃは、ＭＣＦ１００を把持するファイバホルダ５を更に備える点で、端面観察装置１と相違している。ファイバホルダ５は、被覆樹脂１２０と共に、被覆部Ｃを構成している。すなわち、端面観察装置１Ｃでは、被覆部Ｃは、被覆樹脂１２０に加えて、ファイバホルダ５を更に含む。

【００４３】

ファイバホルダ５は、基板６及びクランプ部７を備える。基板６には、ＭＣＦ１００が設置されるＶ溝８が設けられている。クランプ部７は、Ｖ溝８上にＭＣＦ１００が設置された状態で、基板６上に配置され、基板６に向けて押圧される。これにより、ＭＣＦ１００が把持される。ファイバホルダ５は、被覆樹脂１２０における突出領域Ｒ２の近傍を把持する。

【００４４】

ファイバホルダ５は、突出領域Ｒ２寄りの先端面５ａを有している。先端面５ａは、軸方向を向く面であり、例えば、中心軸ＡＸに対して垂直な面である。ファイバホルダ５は、突出領域Ｒ２と共に、被覆樹脂１２０の一部を先端面５ａから突出させた状態で、ＭＣＦ１００を把持する。端面観察装置１Ｃでは、先端面５ａは、被覆端面１２０ａと共に、被覆部Ｃの被覆端面を構成している。すなわち、先端面５ａは、被覆端面１２０ａと共に、光Ｌ１を反射させ、突出領域Ｒ２の側面に光Ｌ２を入射させる反射面を構成し得る。

【００４５】

（第５実施形態）

図１０は、第５実施形態に係る端面観察装置の構成図である。図１１は、図１０に示されるＭＣＦ及びファイバホルダの斜視図である。図１０及び図１１に示されるように、第５実施形態に係る端面観察装置１Ｄは、ファイバホルダ５が、先端面５ａから被覆樹脂１２０を突出させず、被覆端面１２０ａを先端面５ａと揃えた状態で、ＭＣＦ１００を把持する点で、端面観察装置１Ｃと相違している。端面観察装置１Ｄでは、先端面５ａは、被覆端面１２０ａと共に、被覆部Ｃの被覆端面を構成している。すなわち、先端面５ａは、被覆端面１２０ａと共に、光Ｌ１を反射させ、突出領域Ｒ２の側面に光Ｌ２を入射させる反射面を構成し得る。

【００４６】

端面観察装置１Ｄにおいても、被覆端面１２０ａからの反射光により端面観察を行うこ

とができる。通常、ファイバホルダ５には、観察系の迷光を減少させるために黒アルマイト処理などの表面処理が施されており、光の反射を抑制している。よって、光源２から照射された光Ｌ１は、先端面５ａにより吸収・散乱されて、突出領域Ｒ２の側面には十分に反射光が届かない。

【００４７】

端面観察装置１Ｃでは、光源２から照射された光Ｌ１は、先端面５ａから突出した被覆樹脂１２０の側方にも入射される。この側方入射光は、被覆樹脂１２０中で被覆端面１２０ａ側に散乱されながら、被覆樹脂１２０の内周面からガラス光ファイバ１１０の側方に入射される。この結果、側方入射光量が増大するので、端面観察装置１Ｃでは、端面観察装置１Ｄよりも端面観察を更に明瞭に行うことができる。

【００４８】

端面観察装置１Ｃ，１Ｄでは、先端面５ａの反射率が高められていてもよい。例えば、ファイバホルダ５の表面に、白アルマイト処理などの反射率を高める加工が行われていてもよい。また、ファイバホルダ５は、反射率の高い金属部品で構成されていてもよい。この場合、例えば、被覆端面１２０ａがファイバホルダ５に覆われた構成であっても、光源２からの光を先端面５ａで反射させ、反射光を突出領域Ｒ２の側面に入射させることができる。よって、低屈折率領域であっても明瞭に端面観察が可能である。

【００４９】

以上の説明は、以下に付記する特徴を含む。

［付記１］

外周が被覆部により覆われている被覆領域と、前記被覆部の被覆端面から突出している突出領域と、を有するガラス光ファイバを含む光ファイバの端面を観察する装置であって、

前記被覆端面に光を照射する光源と、

前記突出領域のガラス端面の観察画像を取得するカメラと、を備える、

光ファイバの端面観察装置。

【００５０】

［付記２］

外周が被覆部により覆われている被覆領域と、前記被覆部の被覆端面から突出している突出領域と、を有するガラス光ファイバを含む光ファイバの端面を観察する方法であって、

前記被覆端面に光を照射する工程と、

前記突出領域のガラス端面の観察画像を取得する工程と、を備える、

光ファイバの端面観察方法。

【００５１】

以上、実施形態について説明してきたが、本開示は必ずしも上述した実施形態及び変形例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様々な変更が可能である。

【００５２】

端面観察される光ファイバがＭＣＦ１００の場合について説明したが、コア数、コア配置、及び屈折率構造は、上述した例に限定されない。光ファイバは、応力付与部を有する偏波保持光ファイバであってもよい。応力付与部は、一般的にボロンの添加により構成され、クラッドの屈折率よりも低い屈折率を有するので、本開示の端面観察装置及び端面観察方法が有効である。

【００５３】

上記実施形態及び変形例は、適宜組み合わせられてもよい。

【符号の説明】

【００５４】

１，１Ａ，１Ｂ，１Ｃ，１Ｄ…端面観察装置

２…光源

２ａ…発光面

２ｂ…空洞部
３…カメラ
４…ミラー要素
５…ファイバホルダ
５ａ…先端面
６…基板
７…クランプ部
８…Ｖ溝
１００…ＭＣＦ
１１０…ガラス光ファイバ
１１０ａ…ガラス端面
１１１…コア
１１２…クラッド
１１３…マーカ
１２０…被覆樹脂
１２０ａ…被覆端面
１２１…一次被覆
１２２…二次被覆
１２３…プライマリ樹脂層
１２４…セカンダリ樹脂層
ＡＸ…中心軸
Ｃ…被覆部
Ｌ…線
Ｌ１，Ｌ２，Ｌ３…光
n_1，n_2…屈折率