(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3695834号
(P3695834)
(45)発行日　平成17年9月14日(2005.9.14)　(24)登録日　平成17年7月8日(2005.7.8)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G21C 19/02	G21C	19/02	J
B23K 26/00	B23K	26/00	E
B23K 26/06	B23K	26/06	Z
G02B 23/26	G02B	23/26	C

請求項の数 14　(全 110 頁)

(21)出願番号　特願平8-95987
(22)出願日　平成8年3月26日(1996.3.26)
(65)公開番号　特開平9-257984
(43)公開日　平成9年10月3日(1997.10.3)
審査請求日　平成14年7月15日(2002.7.15)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　100064285
弁理士　佐藤　一雄
(74)代理人　100073379
弁理士　佐藤　政光
(74)代理人　100077595
弁理士　米山　克己
(74)代理人　100096895
弁理士　岡田　淳平
(72)発明者　伊　藤　　新
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】原子炉の細管補修装置および補修方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
原子炉の容器に溶接で取付けられた細管内に挿入され前記細管内の溶接部を補修する原子炉の細管補修装置であって、
前記細管内に出し入れ可能なハウジングと、光ファイバを含み一端が前記ハウジングに接続され他端が前記細管外にある接続手段とを備え、
前記ハウジング内には、
前記光ファイバを介して送られる所定パワー密度と所定パルス幅を有する作業用レーザ光を出射する作業用レーザ光照射手段と、
前記光ファイバを介して送られる制御用レーザ光を出射する制御用レーザ光照射手段と、
前記作業用レーザ光照射手段から出射される作業用レーザ光を受け前記溶接部へ案内するとともに前記制御用レーザ光照射手段から出射される制御用レーザ光を案内する半透明の案内ミラーと、
前記案内ミラーを介して受ける前記制御用レーザ光を制御信号として前記案内ミラーを前記細管の軸線の回りに回転させるミラー回転駆動手段と、
前記案内ミラーを介して受ける前記制御用レーザ光を制御信号として前記細管の軸線方向に前記案内ミラーを移動させるミラー線形駆動手段と、
が収納されていることを特徴とする原子炉の細管補修装置。
【請求項２】

前記レーザ光は可視光であることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項３】

前記ハウジング内は液体が浸入しないように密閉されていることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項４】

前記ハウジングの側面には、前記案内ミラーで案内される前記作業用レーザ光を透過させるための透明媒質からなる照射窓が設けられていることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項５】

前記ハウジングの側面には、前記案内ミラーで案内される前記作業用レーザ光を通過させるための窓孔が形成されていることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項６】

前記ハウジング内は、前記ミラー回転駆動手段および前記ミラー線形駆動手段に駆動エネルギーを供給する蓄電池が取り付けられていることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項７】

前記作業用レーザ光照射手段は、前記レーザ光を集光する集光レンズと、この集光レンズによる前記作業用レーザ光の集光点が前記溶接部に位置するようにする焦点調整手段とを有することを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項８】

前記接続手段を引き抜き／押し出しして前記ハウジングを前記細管内に出し入れするハウジング出し入れ手段を備えていることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項９】

前記作業用レーザ光は所定繰り返し時間毎に前記溶接部の異なる位置に照射されることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項１０】

前記作業用レーザ光は所定繰り返し時間毎に繰り返して照射され、前記ミラー回転駆動手段は、前記所定繰り返し時間の間に前記溶接部上を回転移動する前記作業用レーザ光のビームスポットの回転移動量が前記溶接部における前記作業用レーザ光のスポットサイズを越えないように、前記案内ミラーを回転駆動させることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項１１】

前記作業用レーザ光のビームスポットが前記ミラー回転駆動手段によって前記溶接部上を１周回するのに要する時間を周回時間とし、前記ミラー線形駆動手段は、前記周回時間の間に線形移動する前記作業用レーザ光のビームスポットの線形移動量が前記溶接部における前記作業用レーザ光のスポットサイズを越えないように、前記案内ミラーを線形駆動させることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項１２】

前記溶接部に液体を張らせるための液体ジェットノズルを前記ハウジングに取り付けたことを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。

【請求項１３】

原子炉の容器に溶接で取付けられた複数の細管内に挿入され前記細管内の溶接部を補修する原子炉の細管補修装置であって、

各々が前記細管内に出し入れ可能な複数のハウジングと、光ファイバを含み一端が前記複数のハウジングの各々に接続され他端が前記細管外にある接続手段とを備え、

各々の前記ハウジング内には、

前記光ファイバを介して送られる所定パワー密度と所定パルス幅を有する作業用レーザ

光を出射する作業用レーザ光照射手段と、
前記光ファイバを介して送られる制御用レーザ光を出射する制御用レーザ光照射手段と、
前記作業用レーザ光照射手段から出射される作業用レーザ光を受け前記溶接部へ案内するとともに前記制御用レーザ光照射手段から出射される制御用レーザ光を案内する半透明の案内ミラーと、
前記案内ミラーを介して受ける前記制御用レーザ光を制御信号として前記案内ミラーを前記細管の軸線の回りに回転させるミラー回転駆動手段と、
前記案内ミラーを介して受ける前記制御用レーザ光を制御信号として前記細管の軸線方向に前記案内ミラーを移動させるミラー線形駆動手段と、
が収納されており、
前記複数のハウジングは、各々の前記ハウジングが各々の前記細管に出し入れ可能に、配設され、各々の前記ハウジング内の前記光ファイバには共通のレーザ光源から前記作業用レーザ光及び制御用レーザ光が供給されることを特徴とする原子炉の細管補修装置。
【請求項１４】
前記作業用レーザ光は銅蒸気レーザあるいはＹＡＧレーザの第２高調波のいずれかのレーザ光源から供給されることを特徴とする請求項１に記載の原子炉の細管補修装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、原子炉の細管補修装置および補修方法に係り、特に、既に発電を開始している原子力発電プラントにおいてプラントの長期安全性をより確実にするために原子炉の圧力容器に溶接によって取付けられている計装配管等の細管内面の溶接部を点検・補修し、予防保全を効率よく行なって作業を行なうために原子力発電プラントが運転停止する期間を短くし、またその結果として作業者が受ける被曝線量を減少させ、作業人数の減少を図ることのできる原子炉の細管補修装置および補修方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
原子力発電プラントは、寿命３０年または４０年で設計されている。しかしながら、原子力発電プラントを構成する全ての機器が同じ寿命を有するわけではない。
【０００３】
圧力容器に溶接で取付けられている計装配管等の細管は、その溶接部を総点検し補修あるいは予防保全を施すことにより設計寿命期間中の健全性を確保することが期待され、結果として地球環境保全のためになると注目を集めている。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
原子炉の圧力容器に溶接で取付けられている計装配管等の細管の溶接部には、溶接の際に引っ張り状態で接合され表面残留応力が残存することも有る。このため、この残留応力を放置しておくと溶接部が経年的に劣化することが考えられる。
【０００５】
しかしながら、炉運転中の原子力プラントの圧力容器に溶接で取付けられている計装配管等の細管（例えば、９ｍｍ程度の内径）の溶接部の健全性を確保するため、補修あるいは予防保全を行なうことができる小型ロボット等は未だ開発されていない。細管の溶接部の良否は製作時における品質管理に依存しているのが実状である。
【０００６】
そこで本発明の目的は、運転中の原子力プラントの圧力容器に溶接で取付けられている計装配管等の細管の溶接部の健全性を確保するために補修あるいは予防保全を行なうことができる原子炉の細管補修装置および補修方法を提供することである。
【０００７】
【課題を解決するための手段】

原子炉の圧力容器に溶接で取付けられている計装配管等の細管の溶接部は、溶接の際に引っ張り状態で接合されている恐れが有る。本発明は、この溶接部に圧縮力を作用し残留応力を圧縮状態とし計装配管等の細管の溶接部の表面改質を行なう補修をするものである。

【０００８】

一定エネルギー密度以上のパルスレーザ光（水中では例えば可視光パルスレーザ光）を構造物表面に照射すると表面の原子層の数層が直接蒸発してプラズマ状態が生成される。この時に衝撃的に超高圧状態が構造物表面にでき構造物に高圧が作用し圧縮応力が生成される。ここでは、ショットピーニング等の物理的な手法ではなく、パルスレーザ光を照射して表面残留応力を圧縮応力にする表面の改善をレーザピーニングということにする。

【０００９】

レーザピーニングにおいては、このレーザ照射を水中で行なうと発生したプラズマが水中に閉じこめられる効果があるため、気中の１００倍程度の圧力が生成される。このため、水中等の液体中で表面改質作業を行なう大きな圧縮力を発生することができたり、放射線に対して遮蔽の効果があるため作業者の被曝低減させることができる。

【００１０】

また、パルスレーザが可視光レーザである場合、水中を伝送させても損失が少ないため作業空間を気体にするためのチャンバー設備が不要になる。

【００１１】

これらの理由で、細管内面の表面改質を行なうのに可視光パルスレーザを用いたレーザピーニング技術が有効である。

【００１２】

レーザピーニングによる表面改質効果を得ることが可能なレーザ照射スポット径は、現時点のレーザ技術では０．５ｍｍ程度である。このレーザスポットを回質対象の表面の一定範囲に一様に重ねて照射すると同時に、照射を遠隔操作で行える必要がある。

【００１３】

【発明の実施の形態】

以下に、図面を参照して、本発明の第１の実施形態と第２の実施形態について説明する。

【００１４】

まず図１乃至図４４を参照して本発明の第１の実施形態について種々の実施例を引用して説明し、次に、図４５乃至図８１を参照して本発明の第２の実施形態について種々の実施例を引用して説明することにする。

【００１５】

なお、第１の実施形態あるいは第２の実施形態の説明においては、各々の実施形態を複数の発明に分類し、これらの各々の発明の中にいくつかの実施例あるいは変形例を引用し説明する。

【００１６】

本発明の第１実施形態では、回転駆動モータ７や光ファイバ２の射出部等が収納された筒の内部は気体で満たされており、筒の外部にある水等の液体が筒の内部へ浸入しないように筒の内部は密閉されている。この結果、半透明回転ミラー５等を高速に回転することが可能になる。この一方、筒内を密閉するために一部透明な円筒状レーザ照射窓６等を設置する必要があり、円筒状レーザ照射窓６等が集光されるレーザビームによって損傷を受けないようにする必要がある。

【００１７】

また、本発明の第２に実施形態では、回転駆動モータ７や光ファイバ２の射出部等が収納された筒の内部には、筒の外部と同様に水等の液体が浸入しており、第１実施形態と異なり筒の内部は密閉されていない。この結果、半透明回転ミラー５等を高速に回転させようとすると水等の抵抗を受けやすいが、簡易な装置の構成とすることが可能になる。

【００１８】

以下に、図１乃至図４４を参照して本発明の第１の実施形態について説明する。

【００１９】

まず、図１乃至図４を参照して、本発明の第１の実施形態における第１の発明の第１実施例について説明する。
第１の発明の第１実施例の細管内面レーザ補修装置１３においては、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４は組合せ集光レンズ３で集束され、半透明回転ミラー５によって細管１の内面に照射される。半透明回転ミラー５を回転させる回転駆動モータ７は照射点より前方に設置されている。回転駆動モータ７の外筒６２と光ファイバ２の射出部との間は、一部透明な円筒状レーザ照射窓６で結合されており、回転駆動モータ７の駆動用の動力供給はその先端に取付けた蓄電池８で行われる。細管内面レーザ補修装置１３を細管１内に出し入れするための出入れ装置１５（図２参照）によって当初細管内の奥位置へ入れておき、次に細管軸方向に引き抜きながら移動させて細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう。

【００２０】
図１は、レーザ照射面における物理現象を発生させるレーザパルス幅とレーザエネルギー密度の関係を示す図である。レーザピーニングは、図１においてＬ．Ｐ．と表示される領域の相互作用時間（interaction time）およびパワー密度（power density ）において有効に生じる。

【００２１】
図２は、本発明を運用するためのシステム概念図である。中性子計装管等の計装管６９はその内側の溶接部６９ａにおいて原子炉の圧力容器１１に溶接して接合されている。

【００２２】
細管内面レーザ補修装置１３は出入れ装置１５によって計装管６９内に挿入する。出入れ装置１５は、検出器７０を挿入するための挿入装置７１に設置されるようになっている。ここで、挿入装置７１は検査用の検出器７０を計装管６９内に挿入するために原子炉に予め設置されている装置であり、計装管６９の一端部が挿入装置７１に取り付けられている。出入れ装置１５は、挿入装置７１が検出器７０を計装管６９内へ挿入するように、細管内面レーザ補修装置１３を計装管６９内へ出し入れする。

【００２３】
複合ケーブル１２は、図４に示す光ファイバ２（１１８）や、図示しない信号用電線等で構成されており、複数のケーブルが複合されているためある程度の硬さを有し、従って計装管６９内に一端より押して入れることが可能である。複合ケーブル１２は巻取装置１１９に巻き取られる。

【００２４】
青色を中心とした可視光パルスレーザ発振装置１１６および赤色を中心とした可視光レーザ発振装置１１５と半透明ミラー１１７がレーザ伝送系で結合され、合成されたレーザ光は光ファイバ１１８に導入され、光ファイバ１１８の他の端は、巻取装置１１９に結合されている。

【００２５】
図３は、可視光パルスレーザ光４の細管１の内面に照射されるスポット点を時間とともに移動させることを示す図である。図３において、Ａはスポット直径であり、ｎはスポットを重ねて照射する回数であり、ΔＡはスポットが時間ΔＴの間に細管１の内面上を移動する距離であり、時間ΔＴは可視光パルスレーザ光の照射インターバル時間である。

【００２６】
図４は、蓄電池８で駆動される回転駆動モータ７によって半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置１３の概略構成を示す概念図である。図４では、光ファイバ２しか示されていないが、光ファイバ２は図示しない電線等の他のケーブルとともに複合ケーブル１２を構成し、ある程度の硬さが有り複合ケーブル１２の一端を押したり引いたりして細管内面補修装置を計装管６９内を出し入れ可能である。

【００２７】
細管内面レーザ補修装置１３は、おおまかに、先端構造部６０と、円筒状レーザ照射窓６

と、光学系結合構造部６１とで構成されている。

【００２８】

先端構造部６０は、外筒６２、端栓６３、蓄電池８、回転駆動モータ７等で構成されている。回転駆動モータ７は、固定リング６４と外筒６２とのネジ結合を利用して軸方向の距離が設計値に一致するように、円筒状レーザ照射窓６の端面に固定されている。回転駆動モータ７には半透明回転ミラー５が結合されている。半透明回転ミラー５は、青色を中心とした波長のレーザ光を反射し、赤色を中心としたレーザ光を透過するように表面処理がされている。

【００２９】

回転駆動モータ７には半透明回転ミラー５を透過してきた赤色を中心としたレーザ光を受光して駆動開始・停止を行なう光制御装置１４（図示せず）が設けられている。外筒６２の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられている。接触端子９が細管１の内面に接触した状態を焦点距離の算出基準とし、接触端子９が細管１の内面に接触するようにバネ１０が取付けられている。横断面内において３個以上の接触端子９とバネ１０が点対称の位置で取付けられている。端栓６３は外筒６２と結合されており、外筒６２は円筒状レーザ照射窓６と結合されている。接触端子９はバネ１０によって常に細管１（計装管６９）の内面に押しつけられている。

【００３０】

光学系結合構造部６１は、外筒６５、ケーブル等の接続構造６６、光ファイバ２、光ファイバ出射端構造６７、組合せ集光レンズ３、固定リング６８等で構成されている。外筒６５の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられている。円筒状レーザ照射窓６は外筒６５に結合されており、外筒６５は接続構造６６に結合されている。

【００３１】

次に、第１の発明の第１実施例の作用について以下に説明する。

【００３２】

圧力容器１１に溶接された複数本の計装管６９より一定本数の計装管６９を選択し、検出器７０を挿入するために設置されている挿入装置７１の設置場所に、挿入装置７１に代えて出入れ装置１５を設置し、出入れ装置１５によって細管内面レーザ補修装置１３を出入れする。

【００３３】

光ファイバ２を含む複合ケーブル１２の先端に取付けられた細管内面レーザ補修装置１３を所定の計装管６９（細管１）の端部近傍に配置し、出入れ装置１５を所定の計装管６９（細管１）の端部に取り付け、出入れ装置１５を作動させて複合ケーブル１２を計装管６９（細管１）内に押し込む。複合ケーブル１２は、計装管６９（細管１）の内面の表面改質を行なう予定場所の溶接部６９ａよりも一定距離だけより奥へ挿入される。レーザピーニングは一定距離だけより奥へ挿入されている複合ケーブル１２を引き出しながら行われる。

【００３４】

パルスレーザ装置１１６で発振させた水中での減衰の少ない青色を中心としたスペクトルを有するパルスレーザ光を高エネルギー密度の作業用のレーザ光として用い、レーザ装置１１５で発振させた赤色レーザ光を中心とした連続発振レーザ光を制御用のレーザ光として用いる。このために、パルスレーザ装置１１６とレーザ装置１１５の光線を半透明ミラー１１７を用いて合成し、集光光学系を用いて光径を0.5 ㎜程度にして光ファイバ１１８に導入し、巻取装置１１９を経由して複合ケーブル１２の光ファイバ２へ合成したレーザ光を導入する。

【００３５】

最初にレーザ装置１１５を起動し、赤色レーザ光を半透明ミラー１１７、光ファイバ１１８、巻取装置１１９、光ファイバ２を経由して、細管内面レーザ補修装置１３の光ファイバ出射端構造部６７へ導く。光ファイバ出射端構造部６７の光ファイバ２の端部より赤色レーザ光を射出し、組合せ集光レンズ３で集光して半透明回転ミラー５に照射する。照

射された赤色レーザ光は、半透明回転ミラー５を透過して回転駆動モータ７に取付けられている光制御装置１４に導かれる。例えば、一例として、回転駆動モータ７の軸を中空とし、この中空軸をレーザ伝送用管として赤色レーザ光は光制御装置１４の受光部へ導かれる。赤色レーザ光が光制御装置１４によって検知されると、光制御装置１４は、回転駆動モータ７を予め設定された回転数で回転を行なうように起動させ、半透明回転ミラー５を所定の回転速度で回転させる。

【００３６】

半透明回転ミラー５の回転の起動を行ってから一定時間後、パルスレーザ装置１１６を発振させ、パルスレーザ光を半透明ミラー１１７、光ファイバ１１８、巻取装置１１９、光ファイバ２を経由して、細管内面レーザ補修装置１３の光ファイバ出射端構造部６７へ導く。光ファイバ出射端構造部６７の光ファイバ２の端部より青色を中心としたパルスレーザ光を射出し、組合せ集光レンズ３で集光して半透明回転ミラー５に照射し、反射したパルスレーザ光を円筒状レーザ照射窓６を透過させ、水中を伝幡させて細管１の内側表面に焦点を結ばせるように照射を行う。

【００３７】

青色を中心としたパルスレーザ光が計装管６９（細管１）の表面に照射され始めると同時に、出入れ装置１５を働かせて光ファイバ２を含む複合ケーブル１２を所定の速度で引き抜く動作を行なう。

【００３８】

半透明回転ミラー５の回転数Ｎおよび細管内面レーザ補修装置１３の引抜き速度Ｖは、下記の関係を満足するように制御する。

【００３９】

$N = Z / N2 \ (\Delta A / \pi D + N0)$　　……（１）

$Z = 1 / \Delta T$　　……（２）

$\Delta A = A / n$　　……（３）

$V = A \times N$　　……（４）

ここで

Ｎ　；半透明回転ミラー５の回転数

Ｚ　；パルスレーザ周波数

Ｎ2　；レーザパルス分配数

ΔＡ；照射スポット移動量

Ｄ　；計装管６９（細管１）の内径

Ｎ0　；整数

ΔＴ；パルス間隔

Ａ　；照射スポット直径

ｎ　；照射スポットの重なり数

Ｖ　；引抜き速度

複合ケーブル１２の引き抜き量が所定の長さに達すると青色を中心としたパルスレーザ装置１１５の発振を止め、再び赤色レーザ装置１１６より赤色レーザ光を光ファイバ１１８に導入し、半透明回転ミラー５を透過して回転駆動モータ７に取付けられている光制御装置１４に導き、回転駆動モータ７の駆動を止める制御を行なう。

【００４０】

出入れ装置１５を作動させて光ファイバ２を含む複合ケーブル１２を細管１（計装管６９）より引き抜く作業を行ない、その先端に取付けた細管内面レーザ補修装置１３を計装管６９（細管１）より取り出す。細管内面レーザ補修装置１３が出入れ装置１５の外に取り出されると、その先端部に取付けた蓄電池８を充電する（あるいは充電された別の蓄電池８との交換を行なう）。この作業が終了すると、再び別の計装管６９（細管１）に複合ケーブル１２を挿入し、上記の作業を再び繰り返す。

【００４１】

次に、上記第１実施例の効果について説明する。

【００４２】
本発明の細管内面レーザ補修装置１３を用いることにより圧力容器１１に溶接された複数本の計装管６９（細管１）の内面の表面改質作業などの点検・保全を遠隔・水中で行なうことが可能になり、より短い作業期間で機器の長期健全性の確保や長寿命化を達成することが出来る。また、原子力プラントに適用すると遠隔で水中作業を行なうため作業者の被曝を低減して作業を行なうことが出来る。
【００４３】
次に、図５を参照して、第１の実施形態における第１の発明の第２実施例について説明する。
【００４４】
第２実施例は、第１実施例における回転駆動モータ７をそれより先端に取付けたリニア駆動モータ１６で軸方向に移動させ細管１の内面への焦点二点位置を変えて表面改質作業などの点検・保全を行なうようにした細管内面レーザ補修装置に関するものである。
【００４５】
図５に示す細管内面レーザ補修装置３７は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７によって半透明回転ミラー５を回転させ、またリニア駆動モータ１６によって半透明回転ミラー５を軸方向に移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を細管１の内面に照射するようにする。
【００４６】
細管内面レーザ補修装置３７は、先端構造部７２、レーザ照射窓６、光学系結合構造部６１で構成される。
【００４７】
第１の発明の第２実施例は、第１実施例と下記の点で異なる。
【００４８】
先端構造部７２は、外筒６２、端栓７３、蓄電池８、リニア駆動モータ１６、回転駆動モータ７等で構成されている。リニア駆動モータ１６は、ラック・ピニオン等の組み歯車７４、案内棒７５を介して端栓７３と相対移動をするように構成されている。回転駆動モータ７はリニア駆動モータ１６に結合され軸方向に移動出来るように構成されている。半透明回転ミラー５を回転駆動する回転駆動モータ７は、外筒６２の内面を案内面として移動出来るようになっている。
【００４９】
次に第２実施例の作用を以下に説明する。第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。
【００５０】
青色を中心としたパルスレーザ光が細管１の表面に照射され始めると同時に、リニア駆動モータ１６も作動させて半透明回転ミラー５を軸方向に移動させて焦点位置を最適な位置にする。
【００５１】
次に、第２実施例の効果を説明する。
【００５２】
第１実施例と同様な効果を奏することが出来る。また、リニア駆動モータ１６を用いて半透明回転ミラー５を軸方向に移動させて細管１の内面への焦点合わせを行うことにより最適な条件での表面改質作業を容易に行なえるようになる。
【００５３】
次に、図６を参照して、第１の実施形態における第１の発明の第３実施例について説明する。
【００５４】
第３実施例は、第１の実施形態の第１実施例における組合せ集合レンズ３を超音波リニアモータ１７で相対移動させて焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関するものである。

【００５５】
図６において、細管内面レーザ補修装置３８は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を、超音波リニアモータ１７によって組合せ集合レンズ３を移動させることによって焦点距離を調整し、細管１の内面上を焦点位置とするように一定範囲に照射する装置である。
【００５６】
細管内面レーザ補修装置３８は、先端構造部６０、レーザ照射窓６、光学系結合構造部７６で構成される。
【００５７】
第１の実施形態の第１実施例と下記の点で異なる。
【００５８】
光学系結合構造部７６は、外筒６５、ケーブル等の接続構造６６、光ファイバ２、光ファイバ出射端構造６７、超音波リニアモータ１７、組合せ集光レンズ３、固定リング６８で構成され、外筒６５の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられている。レーザ照射窓６と外筒６５は結合されており、また外筒６５と接続構造６６は結合されている。外筒６５の内部で超音波リニアモータ１７により組合せ集光レンズ３のレンズ間距離、すなわち焦点位置が調整出来る構成になっている。
【００５９】
次に、第３実施例の作用について説明する。
【００６０】
第１の発明の第１実施例と同様の作用を有するが下記の点で異なる。
【００６１】
半透明回転ミラー５が回転を始めると、青色を中心としたパルスレーザ発振装置１１６より青色を中心としたパルスレーザ光を光ファイバ２に注入し、パルスレーザ光を光ファイバ出射端構造６７の光ファイバ２端より射出し、超音波リニアモータ１７を移動させて組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整した状態で集光して半透明回転ミラー５に照射し、反射されたパルスレーザ光を円筒状レーザ照射窓６を透過させて水中を伝幡させて細管１の表面に焦点を結ばせる。超音波リニアモータ１７での組合せ集光レンズ３の焦点距離の調整は、細管１の表面より反射してきたレーザ光の強度を検出して行なう。
【００６２】
第３実施例は、第１の実施形態の第１実施例と同様の効果が奏することができる。また、超音波リニアモータ１７で組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整して細管１（計装管６９）の表面にレーザ光４を照射するため細管１（計装管６９）の内径が設計値と異なる場合でも容易に最適照射焦点距離条件に設定することができ、このため品質の高い表面改質作業が行なうことができる。
【００６３】
次に、図７を参照して第１の発明の第４実施例について説明する。
【００６４】
第４実施例の細管内面レーザ補修装置１２２は、第１の実施形態の第３実施例の細管内面レーザ補修装置３８の超音波リニアモータ１７等を含む部分を音波リニアモータ１２０で伸縮させて細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置である。
【００６５】
図７は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で回転させる半透明回転ミラー５、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整する構造部等を含む部分を軸方向に超音波リニアモータ１２０で伸縮させて細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１２２の概念図である。
【００６６】
細管内面レーザ補修装置１２２は、先端構造部６０、円筒状レーザ照射窓６、光学系結合構造部１２１で構成される。

【００６７】
第１の発明の第３実施例と下記の点で異なる。
【００６８】
すなわち、本実施例では、光学系結合構造部１２１は、ケーブル等の接続構造部６６、光ファイバ２、光ファイバ出射端構造部６７、超音波リニアモータ１７、超音波リニアモータ１２０、組合せ集光レンズ３等で構成されている。本実施例の組合せ集光レンズ３は光ファイバ２に近い側の集光レンズ部分３ａと半透明回転ミラー５に近い側の集光レンズ部分３ｂとからなり、集光レンズ部分３ａからは平行光線が出射され、集光レンズ部分３ｂには常に平行光線が入り、集光レンズ部分３ｂを超音波リニアモータ１７によって前後移動することによって集光点が細管１の内側面上に焦点が位置するようにする。超音波リニアモータ１２０で集光レンズ部分３ａ、３ｂ間を伸縮することにより集光点の細管１の軸方向位置が変る。
【００６９】
第４実施例の作用について以下に説明する。
【００７０】
第１の発明の第３実施例と同様の作用を有するが下記の点で異なる。
【００７１】
青色を中心としたパルスレーザ光が、細管１の表面に照射され始めると超音波リニアモータ１２０を駆動させて所定の速度（半透明回転ミラー５が１回転する間に照射スポット直径距離だけ移動させる）で半透明回転ミラー５を軸方向に移動させる。超音波リニアモータ１２０が軸方向の移動可能量だけ移動すると、青色を中心としたパルスレーザ発振装置１１６の発振を止め、出し入れ装置１５を働かせて光ファイバ２を含む複合ケーブル１２を上記の半透明回転ミラー５を軸方向に移動したのと同等の長さの引き抜きを行なう。この引き抜き作業の間に超音波リニアモータ１２０を元の位置に戻す。再び青色を中心としたパルスレーザ光を照射して細管１内面の表面改質を行なう。
【００７２】
第１の発明の第４実施例の効果を下記に説明する。
【００７３】
第１の発明の第３実施例と同様の効果が期待できる。また、超音波リニアモータ１２０によって集光レンズ部分３ａ、３ｂ間の長さをを調整するようにし、超音波リニアモータ１７によって集光レンズ部分３ｂを調整するようにしたので容易に細管１の内面に焦点合わせを行いながら、軸方向の照射位置移動を容易に行なうことができる。
【００７４】
次に、図８を参照して第１の発明の第５実施例について説明する。
【００７５】
本実施例は、第１の実施形態の第２実施例における組合せ集合レンズ３を超音波リニアモータ１７で相対移動させて焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【００７６】
図８は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、また軸方向にリニア駆動モータ１６で半透明回転ミラー５を移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置３９の概念図である。
【００７７】
細管内面レーザ補修装置３９は、先端構造部７２、レーザ照射窓６、光学系結合構造部７６で構成される。
【００７８】
第１の発明の第２実施例と下記の点が異なる。
【００７９】
光学系結合構造部７６は、外筒６５、ケーブル等の接続構造部６６、光ファイバ２、光フ

ァイバ出射端構造部６７、超音波リニアモータ１７、組合せ集光レンズ３、固定リング６８で構成され、外筒６５の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられている。レーザ照射窓６と外筒６５は結合されており、外筒６５と接続構造６６は結合されている。

【００８０】

第１の実施形態の第５実施例の作用を以下で説明する。

【００８１】

第１の実施形態の第２実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。

【００８２】

半透明回転ミラー５が回転を始めると、パルスレーザ発振装置１１６より青色を中心としたパルスレーザ光を光ファイバ１１８に導入し、光ファイバ出射端構造部６７の光ファイバ２端より射出し、超音波リニアモータ１７で組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整した状態で集光して半透明回転ミラー５に照射し、反射させてレーザ照射窓６を透過させて水中を伝幡させて細管１の内側表面に焦点を結ばせる。超音波リニアモータ１７での組合せ集光レンズ３の焦点距離の調整は、細管１の表面より反射してきたレーザ光の強度を検出して行なう。

【００８３】

第１の発明の第５実施例の効果を下記に示す。

【００８４】

第１の発明の第２実施例と同様な効果が期待出来る。超音波リニアモータ１７で組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整し、超音波リニアモータ１６で半透明回転ミラー５を軸方向に移動して細管１（計装管６９）の内側表面にレーザ光４を照射し、細管１（計装管６９）の軸方向の一定範囲を容易に最適照射条件で照射するため品質の高い表面改質作業が行なえる。

【００８５】

また、表面に段差、内径の変化が有ってもこれに対応して表面改質作業が行なえるため作業適用範囲を広くすることが出来、作業効率を向上させることが出来る。

【００８６】

次に、図９を参照して第１の発明の第６実施例について説明する。

【００８７】

本実施例は、第１の発明の第２実施例におけるリニア駆動モータ１６の代わりに超音波リニアモータ１８を用いて細管１の内面のへの焦点位置を変えて表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【００８８】

図９は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、また軸方向に超音波リニアモータ１８で半透明回転ミラー５を移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４０の概念図である。

【００８９】

細管内面レーザ補修装置４０は、先端構造部７７、レーザ照射窓６、光学系結合構造部８０で構成される。

【００９０】

第１の発明の第２実施例と下記の点で異なる。

【００９１】

先端構造部７７は、外筒７８、端栓７９、蓄電池８、超音波リニアモータ１８、回転駆動モータ７等で構成されている。超音波リニアモータ１８は、端栓７９と回転駆動モータ７を軸方向に相対運動をする構成になっている。

【００９２】

第１の発明の第６実施例は第１の発明の第２実施例と同様の作用を奏する。また、第１の発明の第６実施例は第２実施例と同様な効果を奏する。

【００９３】

次に、図１０を参照して第１の発明の第７実施例について説明する。
【００９４】
本実施例は、第１の発明の第６実施例における組合せ集合レンズ３を超音波リニアモータ１７で相対移動させて焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【００９５】
図１０は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、また軸方向に超音波リニアモータ１８で移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置４１の概念図である。
【００９６】
細管内面レーザ補修装置４１は、先端構造部７７、レーザ照射窓６、光学系結合構造部７６で構成される。
【００９７】
第１の発明の第６実施例と下記の点で異なる。
【００９８】
光学系結合構造部７６は、外筒６５、ケーブル等の接続構造部８１、光ファイバ２、光ファイバ出射端構造部６７、超音波リニアモータ１７、組合せ集光レンズ３、固定リング６８で構成され、外筒６５の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられている。レーザ照射窓６と外筒６５は結合され、外筒６５と接続構造８１は結合されている。本実施例の組合せ集光レンズ３は光ファイバ２に近い側の集光レンズ部分３ａと半透明回転ミラー５に近い側の集光レンズ部分３ｂとからなり、集光レンズ部分３ａからは平行光線が出射され、集光レンズ部分３ｂには常に平行光線が入り、集光レンズ部分３ｂを超音波リニアモータ１７によって前後移動することと、半透明回転ミラー５が軸方向に移動することによって集光点が細管１の内側面上を軸方向に移動するようにする。
【００９９】
第１の発明の第７実施例の作用を以下で説明する。
【０１００】
第１の発明の第６実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。
【０１０１】
半透明回転ミラー５が回転を始めると、青色を中心としたパルスレーザ光発振装置より青色を中心としたパルスレーザ光を光ファイバ２に注入し、光ファイバ出射端構造６７の光ファイバ２端より射出し、超音波リニアモータ１７で組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整した状態で集光して半透明回転ミラー５に照射し、反射させてレーザ照射窓６を透過させて水中を伝幡させて細管１の表面に焦点を結ばせる。
【０１０２】
第１の発明の第７実施例の効果を下記に示す。
【０１０３】
第１の発明の第６実施例と同様な効果が期待出来る。超音波リニアモータ１７で組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整し、超音波リニアモータ１８を用いて半透明回転ミラー５を軸方向に移動させて細管１の内面の軸方向の一定範囲にわたって表面改質作業を容易に行なえるようになる。
【０１０４】
次に図１１を参照して、本発明の第１の実施形態の第２の発明の第１実施例について説明する。
【０１０５】
第２の発明の第１実施例は、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を組合せ集光レンズ３で集束し、半透明回転ミラー５で反射させ、透明な円筒のレーザ照射窓６を通過させて細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４２である。
【０１０６】

半透明回転ミラー５を円筒のレーザ照射窓６の内側で回転させる回転駆動モータ７をこのレーザ照射窓６より前方に設置し、円筒のレーザ照射窓６の内側に組合せ集光レンズ３の一部を取付け、一部が透明な構造である接続管１９を設け、接続管１９と回転駆動モータ７を同時に軸方向に移動させるリニア駆動モータ１６を回転駆動モータ７のより先端部位置に設置し、回転駆動モータ７およびリニア駆動モータ１６の駆動用の動力供給を最先端に取付けた蓄電池８で供給し、細管内面レーザ補修装置４２の出入れ装置１５で軸方向に移動させ細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０１０７】

図１１は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、円筒状のレーザ照射窓６の内側に組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）を取付け、一部が透明な構造である接続管１９と回転駆動モータ７を同時に軸方向にリニア駆動モータ１６で移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置４２の概念図である。

【０１０８】

細管内面レーザ補修装置４２は、先端構造部８３、円筒状のレーザ照射窓６、光学系結合構造部８４で構成される。

【０１０９】

先端構造部８３は、外筒６２、端栓８２、蓄電池８、リニア駆動モータ１６、回転駆動モータ７等で構成されている。半透明回転ミラー５を円筒のレーザ照射窓６の内側で回転させる回転駆動モータ７と、円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられ組合せ集光レンズ３の一部を取付けた接続管１９とを同時に軸方向に移動させるリニア駆動モータ１６が、組み歯車７４を介して外筒６２内に結合されている。

【０１１０】

半透明回転ミラー５は、青色を中心とした波長のレーザ光を反射し、赤色を中心としたレーザ光を透過するように表面処理がされている。回転駆動モータ７には半透明回転ミラー５を透過してきた赤色を中心としたレーザ光を受光して駆動開始・停止を行なう光制御装置１４が設けられている（図示せず）。外筒６２の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられ、接触端子９が、細管１の内面に接触した状態で焦点距離を算出するための基準とし、接触端子９が、細管１の内面に接触するようにバネ１０が取付けられている。接触端子９とバネ１０は、断面内で３個以上点対称で取付けられている。端栓８２と外筒６２が結合され、外筒６２は、レーザ照射窓６と結合されている。

【０１１１】

光学系結合構造部８４は、外筒８５、ケーブル等の接続構造６６、光ファイバ２、光ファイバ出射端構造６７、組合せ集光レンズ３、固定リング６８で構成され、外筒８５の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられている。レーザ照射窓６と外筒８５は結合され、外筒８５と接続構造６６は、結合されている。

【０１１２】

第２の発明の第１実施例の作用を以下に説明する。

【０１１３】

第１の発明の第１実施例と下記の点で異なる。

【０１１４】

青色を中心としたパルスレーザ光が細管１（計装管６９）の表面に照射され始めると同時にリニア駆動モータ１６を働かせて半透明回転ミラー５が付いた回転駆動モータ７と組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）を取付けた接続管１９とを同時に軸方向に所定の速度で移動させる。移動量が、所定の長さに達すると、青色を中心としたパルスレーザ光発振装置の発振を止め、再び赤色レーザ装置より赤色レーザ光を光ファイバ２に注入し、半透明回転ミラー５を透過して回転駆動モータ７に取付けられている光制御装置１４に導き、回転駆動モータ７の駆動およびリニア駆動モータ１６の駆動を止める。

【０１１５】

出入れ装置１５を働かせて光ファイバ２を含む複合ケーブル１２を上記の半透明回転ミラー５を軸方向に移動したのと同等の長さの引き抜きを行なう。この引き抜きを行なっている間に赤色レーザ光をでリニア駆動モータ１６を逆方向に駆動し、半透明回転ミラー５が軸方向に所定の距離だけ逆方向の移動を行なうと赤色レーザ光で駆動停止の制御を行なう。細管内面レーザ補修装置４２の所定の引き抜きと半透明回転ミラー５の所定の距離だけ逆方向への移動が終了すると、再び青色を中心としたパルスレーザ光を照射して細管１（計装管６９）の表面改質作業を行なう。

【０１１６】

第２の発明の第１実施例は、第１の発明の第４実施例に近い効果を期待出来る。

【０１１７】

次に、図１２を参照して第２の発明の第２実施例について説明する。

【０１１８】

本第２実施例は、第２の発明の第１実施例における接続管１９と回転駆動モータ７を同時に軸方向へ移動させる代わりに、両者の軸方向の相対位置を変える構成としたリニア駆動モータ２０を設置して細管１の内面上に焦点が来るように調整しながら表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０１１９】

図１２は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を円筒のレーザ照射窓６の内側に組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）を取付けた一部が透明な構造である接続管２９と回転駆動モータ７を軸方向にリニア駆動モータ２０で相対的に移動させて焦点距離を調整して細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４３の概念図である。

【０１２０】

第２の発明の第１実施例と下記の点が異なる。

【０１２１】

細管内面レーザ補修装置４３は、先端構造部８６、レーザ照射窓６、光学系結合構造部８４で構成される。

【０１２２】

先端構造部８６は、外筒６２、端栓８２、蓄電池８、リニア駆動モータ２０、回転駆動モータ７等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側で回転駆動モータ７で回転させられる半透明回転ミラー５と、円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた一部が透明な構造である接続管２９に取付けた組合せ集光レンズ３との相対位置を軸方向に移動させるリニア駆動モータ２０が組み歯車７４を介して外筒６２内に結合されている。

【０１２３】

第２の発明の第２実施例の作用を以下で説明する。

【０１２４】

第２の発明の第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。

【０１２５】

半透明回転ミラー５が回転を始めると、パルスレーザ発振装置１１６より青色を中心としたパルスレーザ光を光ファイバ２に注入し、光ファイバ出射端構造部６７の光ファイバ２端より射出し、リニア駆動モータ２０で組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整した状態で集光して半透明回転ミラー５で反射させ、接続管２９および円筒のレーザ照射窓６を透過させて水中を伝幡させて細管１（計装管６９）の表面に焦点を結ばせながら、同時に出入れ装置１５を働かせて光ファイバ２を含む複合ケーブル１２を所定の速度で引き抜く動作を行なう。リニア駆動モータ２０での組合せ集光レンズ３の焦点距離の調整は、細管１の表面より反射してきたレーザ光の強度を検出して行なう。

【０１２６】

本第２実施例によれば、第１の発明の第３実施例と同様の効果を期待出来る。また、リニア駆動モータ２０で焦点距離を調整して細管１（計装管６９）の表面にレーザ光４を照射出来るため細管１（計装管６９）の内径が設計値と異なる場合でも容易に最適焦点距離照

射条件に設定出来るため品質の高い表面改質作業が行なえる。

【０１２７】

次に、図１３を参照して本発明の第１の実施形態における第２の発明の第３実施例について説明する。

【０１２８】

本第３実施例は、第２の発明の第２実施例における焦点距離を調節するリニア駆動モータ２０をリニア駆動モータ１６で軸方向に移動出来るようにし、また出入れ装置１５で細管内面レーザ補修装置４４全体を軸方向に移動し、細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０１２９】

図１３は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を円筒のレーザ照射窓６の内側に組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）を取付けた一部が透明な構造である接続管２９と回転駆動モータ７を軸方向に相対的に移動させて焦点距離を調整するリニア駆動モータ２０を軸方向に移動するリニア駆動モータ１６に取付けて細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４４の概念図である。

【０１３０】

細管内面レーザ補修装置４４は、先端構造部８８、レーザ照射窓６、光学系結合構造部８４で構成される。

【０１３１】

本第３実施例は第２の発明の第２実施例と下記の点で異なる。

【０１３２】

先端構造部８８は、外筒６２、蓄電池８、リニア駆動モータ２０、リニア駆動モータ１６、回転駆動モータ７等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側で回転駆動モータ７で回転させられる半透明回転ミラー５と、円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた一部が透明な構造である接続管２９に取付けた組合せ集光レンズ３との相対位置を軸方向に移動させるリニア駆動モータ２０とが、組み歯車８８を介してリニア駆動モータ１６に結合されている。

【０１３３】

本第３実施例の作用は、第２の発明の第２実施例と同様の作用を奏するが下記の点で異なる。

【０１３４】

青色を中心としたパルスレーザ光が細管１（計装管６９）の表面に照射され始めると同時にリニア駆動モータ１６を働かせて半透明回転ミラー５を回転させる回転駆動モータ７が付いたリニア駆動モータ２０を軸方向に所定の速度で移動させる。移動量が、所定の長さに達すると、青色を中心としたパルスレーザ光発振装置の発振を止め、再び赤色レーザ光で光制御装置１４を働かせ、回転駆動モータ７、リニア駆動モータ１６およびリニア駆動モータ２０の駆動を止める。

【０１３５】

出入れ装置１５を働かせて光ファイバ２を含む複合ケーブル１２を上記の半透明回転ミラー５を軸方向に移動したのと同等の長さの引き抜きを行なう。この引き抜きを行なっている間に赤色レーザ光でリニア駆動モータ１６を逆方向に駆動し、半透明回転ミラー５が軸方向に所定の距離だけ逆方向の移動を行なうと赤色レーザ光で駆動停止の制御を行なう。細管内面レーザ補修装置４４の所定の引き抜きと半透明回転ミラー５の所定の距離だけ逆方向への移動が終了すると、再び青色を中心としたパルスレーザ光を照射して細管１（計装管６９）の表面改質作業を行なう。

【０１３６】

第２の発明の第３実施例では、第１の発明の第４実施例と同様の効果を期待できる。また、リニア駆動モータ２０で組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整して細管１（計装管６９）の表面にレーザ光４を照射するため細管１（計装管６９）の内径が設計値と異なる場合

でも容易に最適照射条件に設定出来るため品質の高い表面改質作業が行なえる。
【０１３７】
次に、図１４を参照して、第１の実施形態における第２の発明の第４実施例を説明する。
【０１３８】
本第４実施例は、第２の発明の第２実施例における焦点距離調節用のリニア駆動モータ２０に超音波リニアモータ２１を用いて細管１の内面の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０１３９】
図１１は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を組合せ集光レンズ３の一部を取付けた一部が透明な構造である接続管１９を軸方向に超音波リニアモータ２１で移動させて焦点距離を調整して細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４５の概念図である。
【０１４０】
細管内面レーザ補修装置４５は、先端構造部９０、レーザ照射窓６、光学系結合構造部８４で構成される。
【０１４１】
本第４実施例は第２の発明の第２実施例と下記の点で異なる。
先端構造部９０は、外筒６２、端栓８２、蓄電池８、超音波リニアモータ２１、回転駆動モータ７等で構成されている。超音波リニアモータ２１は、接続管１９を軸方向に移動出来る構成で、組合せ集光レンズ３と半透明回転ミラー５との相対位置を変えられる構成になっている。
【０１４２】
本第４実施例は第２の発明の第２実施例と同等の作用と効果を奏することができる。
【０１４３】
次に、図１５を参照して第１の実施形態における第２の発明の第５実施例について説明する。
【０１４４】
第２の発明の第５実施例は、第２の発明の第３実施例における焦点距離調節用のリニア駆動モータ２０に超音波リニアモータ２１を用いて細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０１４５】
図１５は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を円筒のレーザ照射窓６の内側に組合せ集光レンズ３の一部を取付けた一部が透明な構造である接続管２９と回転駆動モータ７を軸方向に相対的に移動させて焦点距離を調整する超音波リニアモータ２１を軸方向に移動するリニア駆動モータ１６に取付けて細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４６の概念図である。
【０１４６】
細管内面レーザ補修装置４６は、先端構造部９１、レーザ照射窓６、光学系結合構造部８４で構成される。
【０１４７】
本第５実施例は第３実施例と下記の点で異なる。
先端構造部９１は、外筒６２、蓄電池８、超音波リニアモータ２１、リニア駆動モータ１６、回転駆動モータ７等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側で回転駆動モータ７で回転させられる半透明回転ミラー５と、円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた一部が透明な構造である接続管１９に取付けた組合せ集光レンズ３との相対位置を軸方向に移動させる超音波リニアモータ２１が取付けられた回転駆動モータ７が、組み歯車９２を介してリニア駆動モータ１６に結合されている。
【０１４８】
本第５実施例は第３実施例と同等の作用と効果を奏することができる。

【０１４９】
次に、図１６を参照して、第１の実施形態における第２の発明の第６実施例について説明する。
【０１５０】
本第６実施例は、第５実施例におけるリニア駆動モータ１６の代わりに超音波リニアモータ２２を用いて細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０１５１】
図１６は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を円筒のレーザ照射窓６の内側に組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）を取付けた一部が透明な構造である接続管２９と回転駆動モータ７を軸方向に相対的に移動させて焦点距離を調整する超音波リニアモータ２１を軸方向に移動する超音波リニアモータ２２に取付けて細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４７の概念図である。
【０１５２】
細管内面レーザ補修装置４７は、先端構造部９１、レーザ照射窓６、光学系結合構造部８４で構成される。
【０１５３】
本第６実施例は第５実施例と下記の点で異なる。
先端構造部９１は、外筒６２、蓄電池８、超音波リニアモータ２１、超音波リニアモータ２２、回転駆動モータ７等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側で回転駆動モータ７で回転させられる半透明回転ミラー５と、円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた一部が透明な構造である接続管１９に取付けた組合せ集光レンズ３との相対位置を軸方向に移動させる超音波リニアモータ２１が取付けられた回転駆動モータ７が、超音波リニアモータ２２に結合されている。
【０１５４】
第６実施例は第５実施例と同等の作用と効果を奏することができる。
【０１５５】
次に、図１７を参照して、第１の実施形態における第３の発明の第１実施例について説明する。
【０１５６】
本第１実施例の細管内面レーザ補修装置４８は、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を組合せ集光レンズ３で集束し、半透明回転ミラー５で反射させ、透明な円筒のレーザ照射窓６を通過させて細管１の内面に照射する。
【０１５７】
細管内面レーザ補修装置４８では、半透明回転ミラー５を円筒のレーザ照射窓６の内側で回転させるための回転駆動モータ２３を、このレーザ照射窓６より装置の前方に設置し、光学系結合構造部９４に設置したスリップリング部（図示せず）と回転駆動モータ２３の回転部９６とを結合し、レーザ光が照射される方向には遮蔽構造物の無い接続構造部２４を円筒のレーザ照射窓６の内側に設けている。この接続構造部２４を経由して動力および制御信号が回転駆動モータ７に伝送される。細管内面レーザ補修装置４８を出入れ装置１５で軸方向に移動させて細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう。
【０１５８】
図１７は、スリップリング９５（図示省略）、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４８の概念図である。
【０１５９】
細管内面レーザ補修装置４８は、先端構造部９７、レーザ照射窓６、光学系結合構造部９

４で構成される。
【０１６０】
第３の発明の第１実施例は、第１の発明の第１実施例と下記の点で異なる。
【０１６１】
先端構造部９７は、外筒９８、端栓９９、回転駆動モータ２３等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた半透明回転ミラー５とスリップリング９５が取付けられた接続構造２４は、同時に回転させるため回転部９６を介して回転駆動モータ２３に結合され、回転駆動モータ２３は、端栓９９に結合されている。
【０１６２】
第３の発明の第１実施例は、第１の発明の第１実施例と同様な作用を有するが、回転駆動モータ２３への動力供給および制御信号の伝送が、接続構造２４に取付けられたケーブルを介して行なう点が異なる。
【０１６３】
本第１実施例は、第１の発明の第１実施例と同様な効果が期待出来る。
【０１６４】
次に、図１８を参照して、第１の実施形態の第３の発明の第２実施例について説明する。
【０１６５】
本第２実施例は、組合せ集光レンズ３を超音波リニアモータ１７で焦点調整を行なうようにした点で第３の発明の第１実施例と異なる。
【０１６６】
図１８は、スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４９の概念図である。
【０１６７】
細管内面レーザ補修装置４９は、先端構造部９７、レーザ照射窓６、光学系結合構造部７６で構成される。
【０１６８】
本第２実施例は第１実施例と下記の点で異なる。
第２実施例では、光学系結合構造部７６は、外筒８５、ケーブル等の接続構造６６、光ファイバ２、光ファイバ出射端構造６７、超音波リニアモータ１７、組合せ集光レンズ３、固定リング６８で構成され、外筒８５の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられている。レーザ照射窓６と外筒８５は結合されており、外筒８５と接続構造６６は結合されている。
【０１６９】
第２実施例は、第１の発明の第３実施例とほぼ同様の作用を有する。
【０１７０】
第２実施例によれば、第１の発明の第３実施例とほぼ同様の効果が期待出来る。
【０１７１】
次に、図１９を参照して、第１の実施形態の第３の発明の第３実施例について説明する。
【０１７２】
本第３実施例は、第３の発明の第１実施例における回転駆動モータ２３をリニア駆動モータ１６で軸方向に移動させながら細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０１７３】
図１９は、スリップリング９５および組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）が取付けられた接続構造２４で動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、リニア駆動モータ１６で回転駆動モータ２３を軸方向に移動させ、ファイバ２から射出されたレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５０の概念図である。

【０１７４】
細管内面レーザ補修装置５０は、先端構造部１００、レーザ照射窓６、光学系結合構造部１０１で構成される。
【０１７５】
第３実施例は第１実施例と下記の点で異なる。
【０１７６】
先端構造部１００は、外筒９８、端栓９９、回転駆動モータ２３、リニア駆動モータ１６等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた半透明回転ミラー５とスリップリング９５および組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）が取付けられた接続構造２４は、同時に回転させるため回転部９６を介して回転駆動モータ２３に結合され、回転駆動モータ２３は、リニア駆動モータ１６を介して端栓９９に結合されている。
【０１７７】
第３実施例は、第２の発明の第１実施例とほぼ同様の作用を有する。
【０１７８】
第３実施例によれば、第２の発明の第１実施例と同様の効果が期待できる。
【０１７９】
次に、図２０を参照して、第１の実施形態の第３の発明の第４実施例について説明する。
【０１８０】
第４実施例は、第３実施例におけるリニア駆動モータ１６の代わりに超音波リニアモータ２２を用いた点で第３の発明の第３実施例と異なり、細管１の内面の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０１８１】
図２０は、スリップリング９５および組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）が取付けられた接続構造２４を介して必要な動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ２２で回転駆動モータ２３を軸方向に移動させ、ファイバ２から射出されたレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５１の概念図である。
【０１８２】
細管内面レーザ補修装置５１は、先端構造部１０２、レーザ照射窓６、光学系結合構造部１０１で構成される。
【０１８３】
第４実施例は第３実施例と下記の点で異なる。
【０１８４】
先端構造部１０２は、外筒９８、端栓９９、回転駆動モータ２３、超音波リニアモータ２２等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた半透明回転ミラー５とスリップリング９５および組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）が取付けられた接続構造２４は、同時に回転させるため回転部９６を介して回転駆動モータ２３に結合され、回転駆動モータ２３は、超音波リニアモータ２２を介して端栓９９に結合されている。
【０１８５】
第４実施例は第３実施例とほぼ同様の作用と効果を有する。
【０１８６】
次に、図２１を参照して、第１の実施形態における第３の発明の第５実施例について説明する。
【０１８７】
第５実施例は、第３実施例における半透明回転ミラー５と接続構造２４に一部（３ｂ）が取付けられた組合せ集光レンズを同時に回転させるのとは別に軸方向の相対位置を変えられるように組歯車構造部１０４を取付け、焦点距離を調整出来るようにして細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０１８８】
図２１は、スリップリング９５、組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）が取付けられた接続

構造部２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ７に送り、この回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、一方、リニア駆動モータ２０で、半透明回転ミラー５と接続構造２４に一部（３ｂ）が取り付けられた組合せ集合レンズ３との相対位置を軸方向に変え、リニア駆動モータ１６で回転駆動モータ２０を軸方向に移動させ、ファイバ２から射出されたレーザ光４の焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置５２の概念図である。

【０１８９】

細管内面レーザ補修装置５２は、先端構造部１０３、レーザ照射窓６、光学系結合構造部１０１で構成される。

【０１９０】

第６実施例は第３の発明の第３実施例と下記の点が異なる。

【０１９１】

先端構造部１０３は、外筒９８、端栓９９、回転駆動モータ７、リニア駆動モータ２０、リニア駆動モータ１６等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた半透明回転ミラー５とスリップリング９５および組合せ集光レンズ３の一部（３ｂ）が取付けられた接続構造２４は、同時に回転させるため回転部９６を介して回転駆動モータ７に結合されている。回転駆動モータ７は、リニア駆動モータ２０と結合され、組み歯車１０４を介して接続構造２４に一部（３ｂ）が取付けられた組合せ集光レンズ３と半透明回転ミラー５との軸方向の相対位置を変えれる構成になっている。リニア駆動モータ２０は、組み歯車１０５を介して端栓９９に結合されている。

【０１９２】

第５実施例は、第３の発明の第３実施例とほぼ同様の作用を有するが、照射スポット径を調整してレーザ光４を照射して表面改質を行なうところが異なる。

【０１９３】

第５実施例は第２の発明の第３実施例とほぼ同様な効果が期待出来る。また、細管１の内径変化に容易に対応して表面改質作業を行うことができる。

【０１９４】

次に、図２２を参照して、第１の実施形態における第３の発明の第６実施例について説明する。

【０１９５】

第６実施例は、第５実施例におけるリニア駆動モータ２０の代わりに超音波リニアモータ３０を用いて細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０１９６】

図２２は、スリップリング９５および組合せ集光レンズ３の一部が取付けられた接続構造２４を経て動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ３０で、半透明回転ミラー５と接続構造２４に一部（３ｂ）が取り付けられた組合せ集光レンズ３との相対位置を軸方向に変え、リニア駆動モータ１６で回転駆動モータ２３を軸方向に移動させ、ファイバ２から射出されたレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５３の概念図である。

【０１９７】

細管内面レーザ補修装置５３は、先端構造部１１４、レーザ照射窓６、光学系結合構造部１０１で構成される。

【０１９８】

第６実施例は第５実施例と下記の点で異なる。

【０１９９】

先端構造部１１４は、外筒９８、端栓９９、回転駆動モータ２３、超音波リニアモータ３０、リニア駆動モータ１６等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた半透明回転ミラー５とスリップリング９５および組合せ集光レンズ３の一部が取付けら

れた接続構造２４は、同時に回転させるため回転部９６を介して回転駆動モータ２３に結合されている。回転駆動モータ２３は、超音波リニアモータ３０と結合され、接続構造２４に一部が取付けられた組合せ集光レンズ３と半透明回転ミラー５との軸方向の相対位置を変えれる構成になっている。超音波リニアモータ３０は、組み歯車１０５を介してリニア駆動モータ１６に結合されている。リニア駆動モータ１６は、端栓９９に結合されている。

【０２００】

第６実施例は、第３の発明の第５実施例とほぼ同様な作用と効果を有する。

【０２０１】

次に、図２３を参照して、第１の実施形態における第３の発明の第７実施例について説明する。

【０２０２】

第７実施例は、第３の発明の第２実施例のミラー回転駆動モータ２３を軸方向に移動させる超音波リニアモータ１２３を追加して細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０２０３】

図２３は、スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ１２３で回転駆動モータ２３を軸方向に移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離、照射スポット径を調整して細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１２４の概念図である。

【０２０４】

細管内面レーザ補修装置１２４は、先端構造部１２５、円筒状のレーザ照射窓６、光学系結合構造部７６で構成される。

【０２０５】

第７実施例は第３の発明の第２実施例と下記の点が異なる。

【０２０６】

第７実施例では、先端構造部１２５は、外筒９８、端栓９９、回転駆動モータ２３、超音波リニアモータ１２３等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた半透明回転ミラー５と接続構造２４は、回転駆動モータ２３で同時に回転させられ、接続構造２４は、スリップリング９５と回転自由に結合されている。回転駆動モータ２３は、超音波リニアモータ１２３を介して端栓９９に結合されている。

【０２０７】

第７実施例は、第２実施例とほぼ同様の作用を有するが、超音波リニアモータ１２３で半透明回転ミラー５を軸方向に移動してレーザ光４を細管１の内面の一定範囲に照射するところが異なる。

【０２０８】

第７実施例によれば、第２実施例とほぼ同様の効果が期待出来、また、回転ミラー５を軸方向に移動してレーザ光４を細管１の内面の一定範囲に照射出来るため細管１の内面の一定範囲を容易に表面改質出来る。

【０２０９】

次に、図２４を参照して第１の実施形態における第３の発明の第８実施例について説明する。

【０２１０】

第８実施例は、第７実施例のミラー回転駆動モータ２３を軸方向に移動させる超音波リニアモータ１２３の代わりにリニア駆動モータ１６を取付けて細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０２１１】

図２４は、スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モー

タ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、リニア駆動モータ１６で回転駆動モータ２３を軸方向に移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１２６の概念図である。

【０２１２】

細管内面レーザ補修装置１２６は、先端構造部１２７、円筒状のレーザ照射窓６、光学系結合構造部７６で構成される。

【０２１３】

第３の発明の第８実施例は第３の発明の第７実施例と下記の点が異なる。

【０２１４】

第８実施例では、先端構造部１２７は、外筒９８、端栓９９、回転駆動モータ２３、リニア駆動モータ１６等で構成されている。円筒のレーザ照射窓６の内側に設けられた半透明回転ミラー５と接続構造２４は、回転駆動モータ２３で同時に回転させられ、接続構造２４は、スリップリング９５と回転自由に結合されている。回転駆動モータ２３は、リニア駆動モータ１６を介して端栓９９に結合されている。

【０２１５】

第８実施例は第７実施例とほぼ同様の作用と効果を有する。

【０２１６】

次に、図２５を参照して、第１の実施形態における第３の発明の第９実施例について説明する。

【０２１７】

第９実施例は、第３の発明の第２実施例の組合せ集光レンズ３より先の先端部を軸方向に移動させる超音波リニアモータ１２９を追加して細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置と方法に関するものである。

【０２１８】

図２５は、スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ１２９で組合せ集光レンズ３より先端部を軸方向に移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１２８の概念図である。

細管内面レーザ補修装置１２８は、先端構造部９７、円筒状のレーザ照射窓６、光学系結合構造部１３０で構成される。

【０２１９】

第９実施例は、第２実施例と下記の点が異なる。

【０２２０】

第９実施例では、光学系結合構造部１３０は、外筒８５、ケーブル等の接続構造６６、光ファイバ２、光ファイバ出射端構造６７、超音波リニアモータ１２９、超音波リニアモータ１７、組合せ集光レンズ３で構成され、外筒８５の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられている。レーザ照射窓６と外筒８５は結合され、外筒８５と接続構造６６は、結合されている。

【０２２１】

第９実施例は、第２実施例とほぼ同様の作用を有するが、超音波リニアモータ１２９で半透明回転ミラー５を軸方向に移動してレーザ光４を細管１の内面の一定範囲に照射するところが異なる。

【０２２２】

第９実施例によれば、第２実施例とほぼ同様の効果を期待出来、また、回転ミラー５を軸方向に移動してレーザ光４を細管１の内面の一定範囲に照射出来るため細管１の内面の一定範囲を容易に表面改質出来る。

【０２２３】

次に、図２６を参照して、第１の実施形態における第４の発明の第１実施例について説明

する。
【０２２４】
本第１実施例は、組合せ集光レンズ３および反射鏡２８を内蔵するレーザ照射ノズル２６を超音波回転モータ３１で回転させ、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を組合せ集光レンズ３で集光し、反射鏡２８で反射させ、透明なレーザ照射窓２７を通過させて細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５４に関する。細管内面レーザ補修装置５４を出入れ装置１５で軸方向に移動させ細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なうものである。
【０２２５】
図２６は、組合せ集光レンズ３および反射鏡２８を内臓するレーザ照射ノズル２６を超音波回転モータ３１で回転させ、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５４の概念図である。
【０２２６】
細管内面レーザ補修装置５４は、レーザ照射ノズル２６部、光学系結合構造部１０６で構成される。
【０２２７】
レーザ照射ノズル２６部は、外筒１０７、反射鏡２８、組合せ集光レンズ３等で構成されている。外筒１０７は、光学系結合構造部１０６の超音波回転モータ３１と結合している。
【０２２８】
外筒１０７の外面には接触端子９、バネ１０が取り付けられ、接触端子９が、細管１の内面に接触した状態で焦点距離を算出するための基準とし、接触端子９が、細管１の内面に接触するようにバネ１０が取付けられている。接触端子９とバネ１０は、断面内で３個以上点対称で取付けられている。
【０２２９】
光学系結合構造部１０６は、ケーブル等の接続構造１０８、光ファイバ２、超音波回転モータ３１で構成されている。
【０２３０】
第４の発明の第１実施例は、第１の発明の第１実施例とほぼ同様な作用と効果を有する。また、第４の発明の第１実施例では、超音波回転モータ３１でレーザ照射ノズル２６の先端に取り付けた反射鏡２８を回転させ、光ファイバ２より射出され、組合せ集光レンズ３で集光されたレーザ光４をレーザ照射窓２７を透過させて細管１の内面に照射して表面改質作業を行なう。
【０２３１】
次に、図２７を参照して、第１の実施形態における第４の発明の第２実施例について説明する。
【０２３２】
本第２実施例は、第４の発明の第１実施例と異なり組合せ集光レンズ部３に超音波リニアモータ９３を取付けて焦点距離調整を行なうようにしている。
【０２３３】
図２７は、超音波リニアモータ９３、組合せ集光レンズ３および反射鏡２８を内臓するレーザ照射ノズル２６を超音波回転モータ３１で回転させ、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５５の概念図である。
【０２３４】
細管内面レーザ補修装置５５は、レーザ照射ノズル２６部、光学系結合構造部１０６で構成される。
【０２３５】
第２実施例は第１実施例と下記の点が異なる。
【０２３６】

第２実施例では、レーザ照射ノズル２６部は、外筒１０９、反射鏡２８、超音波リニアモータ９３、組合せ集光レンズ３等で構成されている。外筒１０９は、光学系結合構造部１０６の超音波回転モータ３１と結合している。

【０２３７】

第２実施例は、第１実施例とほぼ同様の作用を有する。また、光ファイバ２より射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ９３で焦点距離を調整する組合せ集合レンズ３で収束し、反射鏡２８で反射させ、レーザ照射窓２７を透過させて細管１の内面に照射して表面改質作業を行なう。

【０２３８】

第２実施例によれば、第１実施例とほぼ同様の効果が期待出来る。また、超音波リニアモータ９３で組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整して細管１の内面にレーザ光４を照射するため細管１の内径が設計値と異なる場合でも容易に最適照射条件に設定出来るため品質の高い表面改質作業を行なえる。

【０２３９】

次に、図２８を参照して、第１の実施形態における第４の発明の第３実施例について説明する。

【０２４０】

本第３実施例は、第４の発明の第１実施例と異なり、レーザ照射ノズル２６の軸方向の長さを超音波リニアモータ３２で変えられるようにしてある。

【０２４１】

図２８は、超音波リニアモータ３２、組合せ集光レンズ３および反射鏡２８を内蔵するレーザ照射ノズル２６を超音波回転モータ３１で回転させ、超音波リニアモータ３２で軸方向の長さを変え、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５６の概念図である。

【０２４２】

細管内面レーザ補修装置５６は、レーザ照射ノズル２６部、光学系結合構造部１０６で構成される。

【０２４３】

第３実施例は第１実施例と下記の点が異なる。

【０２４４】

第３実施例では、レーザ照射ノズル２６部は、外筒１１０、反射鏡２８、超音波リニアモータ３２、組合せ集光レンズ３等で構成されている。

【０２４５】

第３実施例は、第１実施例とほぼ同様の作用を有する。また、光ファイバ２より射出されたレーザ光４を組合せ集光レンズ３での収束と、超音波リニアモータ３２で軸方向に移動させた反射鏡２８で反射させ、レーザ照射窓２７を透過させて細管１の内面で軸方向および周方向の一定範囲に照射して表面改質作業を行なう。

【０２４６】

第３実施例によれば、第１実施例と同様の効果が期待できる。また、超音波リニアモータ３２で照射位置を軸方向に移動して細管１の内面の一定範囲にレーザ光を照射するための軸方向の装置の設定作業が容易になり、作業の効率向上が図れる。

【０２４７】

次に、図２９を参照して、第１の実施形態における第４の発明の第４実施例について説明する。

【０２４８】

第４実施例は、第３実施例と異なり、組合せ集光レンズ部３に超音波リニアモータ９３を取付けて焦点調整を行なうようにしている。

【０２４９】

図２９は、超音波リニアモータ９３、超音波リニアモータ３２、組合せ集光レンズ３および反射鏡２８を内臓するレーザ照射ノズル２６を超音波回転モータ３１で回転させ、超音

波リニアモータ３２で軸方向の長さを変え、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５７の概念図である。

【０２５０】

細管内面レーザ補修装置５７は、レーザ照射ノズル２６部、光学系結合構造部１０６で構成される。

【０２５１】

第４実施例は第１実施例と下記の点が異なる。

【０２５２】

レーザ照射ノズル２６は、外筒１１１、反射鏡２８、レーザ照射ノズル２６の長さを調整する超音波リニアモータ３２、焦点調整用超音波リニアモータ９３、組合せ集光レンズ３等で構成されている。

【０２５３】

第４実施例は、第３実施例とほぼ同様の作用を有する。また、光ファイバー２より射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ９３で焦点距離を調整する組合せ集光レンズ３で収束し、反射鏡２８で反射させ、レーザ照射窓２７を透過させて細管１の内面に照射して表面改質作業を行なう。

【０２５４】

第４の発明の第４実施例によれば、第４の発明の第３実施例と同様の効果を期待出来る。また、超音波リニアモータ９３で組合せ集光レンズ３の焦点距離を調整して細管１の内面にレーザ光を照射するため細管１の内径が設計値と異なる場合でも容易に最適照射条件に設定出来るため品質の高い表面改質作業を行なえる。

【０２５５】

次に、図３０を参照して、第１の実施形態における第４の発明の第５実施例について説明する。

【０２５６】

本第５実施例は、第１実施例における超音波回転モータ３１の代わりに、電磁式の回転駆動モータ２５を用いている。

【０２５７】

図３０は、組合せ集光レンズ３および反射鏡２８を内臓するレーザ照射ノズル２６を電磁式の回転駆動モータ２５で回転させ、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５８の概念図である。

【０２５８】

細管内面レーザ補修装置５８は、レーザ照射ノズル２６部、光学系結合構造部１０６で構成される。

【０２５９】

第５実施例は、第１実施例と下記の点が異なる。

【０２６０】

第５実施例では、レーザ照射ノズル２６部は、外筒１１２、反射鏡２８、組合せ集光レンズ３等で構成されている。外筒１１２と光学系結合構造部１０６は、ベアリング１１３を介して結合している。

【０２６１】

光学系結合構造部１０６は、ケーブル等の接続構造１０８、光ファイバ２、電磁式の回転駆動モータ２５で構成されている。

【０２６２】

第５実施例は、第１実施例とほぼ同様の作用と効果を奏することができる。

【０２６３】

次に、図３１を参照して、第１の実施形態における第５の発明の第１実施例について説明する。

【０２６４】

本第１実施例は、前述の第１の発明の第１実施例乃至第６実施例、第２の発明の第１実施

例乃至第６実施例における先端構造部に太陽電池３３を取り付け、細管１の内面に照射したパルスレーザ光の反射光を変換して蓄電池の充電を行なうようにした細管内面レーザ補修装置５９に関する。

【０２６５】

図３１は、第５の発明の第１実施例に太陽電池３３を適用した場合を示し、太陽電池３３で充電した蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５９の概念図である。

【０２６６】

細管内面レーザ補修装置５９は、先端構造部６０部、レーザ照射窓６、光学系結合構造部６１で構成される。

【０２６７】

第５の発明の第１実施例は、第１の発明の第１実施例と下記の点で異なる。

【０２６８】

第５の発明の第１実施例では、先端構造部６０は、透明な外筒６２、太陽電池３３、端栓６３、蓄電池８、回転駆動モータ７等で構成されている。外筒６２の内側に太陽電池３３が設置され電気的に蓄電池８と結合されている。太陽電池３３は、青色を中心としたレーザ光に対して変換効率の高いものを選定する。

【０２６９】

第５の発明の第１実施例は、第１の発明の第１実施例とほぼ同様の作用を有するが、半透明回転ミラー５で反射して細管１の内表面に照射された青色を中心としたパルスレーザ光が、細管１の内表面で反射され透明な外筒６２を透過して太陽電池３３に入射して電力を発生し、蓄電池８を充電する。

【０２７０】

第５の発明の第１実施例によれば、第１の発明の第１実施例とほぼ同様な効果を期待出来、また、照射したレーザ光４を変換して蓄電池８を充電することにより長時間の使用が可能になる。

【０２７１】

次に、図３２および図３３を参照して、第１の実施形態における第６の発明の第１実施例について説明する。

【０２７２】

第６の発明の第１実施例は、第１の発明の第４実施例、第３の発明の第９実施例、第４の発明の第３、第４実施例の先端構造部を軸方向に伸縮する部分のシールにベローシール１３１構造を用いた細管内面レーザ補修装置１３２に関する。

【０２７３】

図３２は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で回転させる半透明回転ミラー５、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整する構造部等を軸方向に超音波リニアモータ１２０でベローシール１３１を伸縮させながら伸縮させて細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置１３２の概念図である。

【０２７４】

細管内面レーザ補修装置１３２は、先端構造部６０部、円筒状のレーザ照射窓６、光学系結合構造部１３３で構成される。

【０２７５】

図３２に示す実施例は第１の発明の第４実施例と下記の点で異なる。

【０２７６】

光学系結合構造部１３３は、ケーブル等の接続構造６６、光ファイバ２、光ファイバ出射端構造６７、超音波リニアモータ１７、超音波リニアモータ１２０、組合せ集光レンズ３、ベローシール１３１等で構成されている。外筒６５と光ファイバ出射端構造６７が、ベローシール１３１で結合されている。

【０２７７】

図３３は、スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ１２９で組合せ集光レンズ３より先端部を軸方向にベローシール１３１を伸縮させながら移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１３４の概念図である。

【０２７８】

細管内面レーザ補修装置１３４は、先端構造部６０部、円筒状のレーザ照射窓６、光学系結合構造部１３５で構成される。

【０２７９】

図３３の実施例は、第１の発明の第４実施例と下記の点で異なる。

【０２８０】

光学系結合構造部１３５は、ケーブル等の接続構造６６、光ファイバ２、光ファイバ出射端構造６７、超音波リニアモータ１７、超音波リニアモータ１２９、組合せ集光レンズ３、ベローシール１３１等で構成されている。外筒８５と光ファイバ出射端構造６７が、ベローシール１３１で結合されている。

【０２８１】

第６の発明の第１実施例は、第１の発明の第４実施例、第３の発明の第９実施例、第４の発明の第３、第４実施例とほぼ同等の作用と効果を有する。

【０２８２】

次に、図３４および図３５を参照して、第１の実施形態における第７の発明の第１実施例について説明する。

【０２８３】

第７の発明の第１実施例は、第４の発明の第４、第５実施例におけるレーザ照射窓２７を外し、組合せ集光レンズ３の前にシール窓１３６構造を用いた細管内面レーザ補修装置で細管１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０２８４】

図３４は、超音波リニアモータ９３、超音波リニアモータ３２、組合せ集光レンズ３、その前のシール窓１３６、および反射鏡２８を内臓するレーザ照射ノズル２６を超音波回転モータ３１で回転させ、超音波リニアモータ３２で軸方向の長さを変え、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置１３８の概念図である。

【０２８５】

細管内面レーザ補修装置１３８は、先端構造部１３７部、光学系結合構造部１０６で構成される。

【０２８６】

図３４の実施例は第４の発明の第４実施例と下記の点で異なる。

【０２８７】

先端構造部１３７は、外筒１１１、反射鏡２８、レーザ照射ノズル２６の長さを調整する超音波リニアモータ３２、焦点調整用超音波リニアモータ９３、組合せ集光レンズ３、シール窓１３６等で構成されている。

【０２８８】

図３５は、組合せ集光レンズ３、その前のシール窓１３６、および反射鏡２８を内臓するレーザ照射ノズル２６を電磁式回転モータ２５で回転させ、光ファイバ２より射出された可視光パルスレーザ光４を細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置１３９の概念図である。

【０２８９】

細管内面レーザ補修装置１３９は、先端構造部１４０部、光学系結合構造部１０６で構成される。

【０２９０】
図３５の実施例は第４の発明の第５実施例と下記の点で異なる。
【０２９１】
先端構造部１３９は、外筒１１２、反射鏡２８、組合せ集光レンズ３、シール窓１３６等で構成されている。
【０２９２】
第７の発明の第１実施例は、第４の発明の第４、第５実施例とほぼ同様の作用と効果を有する。
【０２９３】
次に、本発明の第１の実施形態における第８の発明の第１実施例について説明する。
【０２９４】
第８の発明の第１実施例は、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例におけるバネ１０の材質を、形状記憶合金製としたことを特徴とする。
【０２９５】
第８の発明の第１実施例においては、常温においてバネ１０は直線状で外筒に密着した形状をしており、通電を行なって加熱し図４に示す様な湾曲構造になることを記憶する形状記憶合金を用いる。
【０２９６】
第８の発明の第１実施例において、細管内面レーザ補修装置を細管１に挿入して所定の位置まで押し込む時にはバネ１０は常温状態であるため直線状で外筒に密着した形状をしているため、挿入にたいしての抵抗力の発生は小さい。細管内面レーザ補修装置を細管１の所定の位置に設置して表面改質を行なう場合には通電を行なって加熱し、湾曲構造として接触端子９が細管１の内面に接触してレーザ照射距離が所定の値に設定出来る。
【０２９７】
第８の発明の第１実施例によれば、前述の第１実施例乃至第２７実施例において、細管１に細管内面レーザ補修装置を挿入する作業が容易になり、レーザ光を照射して表面改質作業を行なう時に、レーザ照射距離を容易に所定の値に設定出来る。
【０２９８】
次に、図９、図１０、図１４を参照して、本発明の第１の実施形態における第９の発明の第１実施例について説明する。
【０２９９】
第９の発明の第１実施例は、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例における光学系結合構造部の円筒の接続構造に周方向成分を有する水ジェットの噴出が行なえるノズルが取り付けられていることを特徴とする。
【０３００】
以下、図９、図１０、図１４を参照して説明する。
【０３０１】
複合ケーブル１２に含まれるホース３５の端が接続構造８１に接続され、接続構造８１には複数本の水ジェット用ノズル３４がホース３５を接続する面より接続構造８１の側面まで貫通し、側面では周方向に水ジェットの速度成分が発生するように側面に対して傾いて開孔している。また、接続構造８１の側面には、弾性シール構造３６が全周に渡って取付けられ、細管１の内面に接するように構成されている。
【０３０２】
第９の発明の第１実施例は、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例とほぼ同様の作用を有するが、下記の点が異なる。すなわち、第９の発明の第１実施例では、青色を中心としたパルスレーザ光４を細管１の表面に照射すると同時あるいはそれより早くから光学系結合構造部の円筒の接続構造のノズルより水ジェットの噴出を行ない、細管内面

レーザ補修装置の周辺に旋回流れを形成する。この流れによりパルスレーザ光が照射された時に発生する気泡を下流に押し流し、気泡によるレーザ光の散乱および吸収を防止する。

【０３０３】

第９の発明の第１実施例によれば、細管内面レーザ補修装置周辺に旋回流れがあるため流れによる細管内面レーザ補修装置の偏りが防止出来るためレーザ照射条件を精度良く設定出来るため品質の高い補修作業が出来る。水流によりレーザ照射時に発生する気泡をレーザ光が通過する所より排除出来るため、レーザ光の散乱および吸収を防止することが出来るためレーザ照射条件を精度良く設定出来るため品質の高い補修作業が出来る。

【０３０４】

次に、図３６を参照して、本発明の第１の実施形態における第９の発明の第２実施例について説明する。

【０３０５】

第２の発明の第９実施例は、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例における細管内面レーザ補修装置出入れ装置部に細管１にも水を流せる装置を取り付けたことを特徴とする。

【０３０６】

図３６は、細管１（計装管６９）に水を流すシステム概念図である。計装管６９に検出器７０を挿入する装置７１に細管内面レーザ補修装置の出入れ装置１５を設置し、複合ケーブル１２を巻き取る巻取装置１１９に結合されている。複合ケーブル１２の周辺に水が流れるように出入れ装置１５にホース１４３を接合し、ポンプ１４１で流量調整装置１４２を介して水を細管１の複合ケーブル１２の周辺に流す。青色を中心とした可視光パルスレーザ発振装置１１６および赤色を中心とした可視光レーザ発振装置１１５と半透明ミラー１１７がレーザ伝送系で結合され、合成されたレーザ光は光ファイバ１１８に導入され、光ファイバ１１８の他の端は、巻取装置１１９に結合されている。

【０３０７】

第９の発明の第２実施例は、第１実施例とほぼ同様な作用と効果を奏することができる。

【０３０８】

次に、本発明の第１の実施形態における第９の発明の第３実施例について説明する。

【０３０９】

第９の発明の第３実施例は、図示を省略するが、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例における細管内面レーザ補修装置周辺に旋回速度成分発生構造を取り付けたことを特徴とする。

【０３１０】

第９の発明の第３実施例は第１実施例とほぼ同等の作用と効果を有する。

【０３１１】

次に、本発明の第１の実施形態における第１０の発明の第１実施例について説明する。

【０３１２】

第１０の発明の第１実施例は、図面を省略するが、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例における細管内面レーザ補修装置に形状記憶合金製の関節部を設けたことを特徴とする。

【０３１３】

第１０の発明の第１実施例では、細管１内に細管内面レーザ補修装置を出入れ装置部より挿入する場合に、細管内面レーザ補修装置が細管１の曲り部を通過する時には形状記憶合金製の関節部を通電加熱して細管の曲りを模擬する形状とし、曲り部を通過し終わると加熱状態を解除し、細管内面レーザ補修装置を真っ直ぐな状態にし挿入作業を続け、所定の位置に達するとレーザ補修作業を行なう。

【０３１４】
第１０の発明の第１実施例によれば、形状記憶合金製の関節部を用いて細管１の曲り部を通過しやすいように形状を変更することが出来るため曲がった細管１の内面補修作業をも行なうことが出来、また作業適用範囲を広くすることが出来、装置の稼働率を高めることが出来るため装置製作費のコストダウンを図れる。
【０３１５】
次に、図３７を参照して、本発明の第１の実施形態における第１１の発明の第１実施例について説明する。
【０３１６】
第１１の発明の第１実施例は、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例における細管内面レーザ補修装置の出入れ装置１５に超音波検出装置１４４を設けたことを特徴とする。
【０３１７】
図３７は、出入れ装置１５に設置した超音波検出装置１４４で細管１のレーザ補修状況を監視するシステム概念図である。
【０３１８】
計装管６９に検出器７０を挿入する装置７１に細管内面レーザ補修装置の出入れ装置１５を設置し、複合ケーブル１２を巻き取る巻取装置１１９に結合されている。複合ケーブル１２の周辺に水が流れるように出入れ装置１５にホース１４３を接合し、ポンプ１４１で流量調整装置１４２を介して水を細管１の複合ケーブル１２の周辺に流す。出入れ装置１５に超音波センサ１４５を設置し、また超音波検出装置１４４が超音波信号処理とシステム制御信号を発信するために設置される。青色を中心とした可視光パルスレーザ発振装置１１６および赤色を中心とした可視光レーザ発振装置１１５と半透明ミラー１１７がレーザ伝送系で結合され、合成されたレーザ光は光ファイバ１１８に導入され、光ファイバ１１８の他の端は巻取装置１１９に結合されている。
【０３１９】
第１１の発明の第１実施例においては、細管１内に細管内面レーザ補修装置を出入れ装置部より挿入する時に挿入長さより細管内面レーザ補修装置の挿入位置を求めるのと並行して光ファイバに可視光パルスレーザ光を入射し、細管１の表面に照射させた時に発生する超音波を検出し、レーザパルス照射からの音波の検出遅れを求めて距離を算定する。青色を中心とした可視光パルスレーザを細管１内表面に照射している時に発生する超音波を監視することにより表面改質作業時の異常発生の検出、設計どうりの照射条件になっているかどうかの判定を行なう。
【０３２０】
第１１の発明の第１実施例によれば、細管内面レーザ補修装置の挿入位置を容易に検出することが出来、設定作業を短時間に行なうことが出来る。作業条件の設定を容易に行なうことが出来、作業中の異常を容易に検出することが出来、品質の高い補修作業を行なうことが出来る。
【０３２１】
次に、図３８を参照して、本発明の第１の実施形態における第１２の発明の第１実施例について説明する。
【０３２２】
第１２の発明の第１実施例は、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例における細管内面レーザ補修装置の出入れ装置１５に超音波検出装置１４４、パルスレーザ時間分割装置１４６を設けたことを特徴とする。
【０３２３】
図３８は、細管内面レーザ補修装置にパルスレーザ光を時間分割して複数本の光ファイバに導入して複数本の計装管６９（細管１）の内面の表面改質を行なうシステム概念図であ

る。
【０３２４】
計装管６９に検出器７０を挿入する装置７１に細管内面レーザ補修装置の出入れ装置１５を設置し、複合ケーブル１２を巻き取る巻取装置１１９に結合されている。複合ケーブル１２の周辺に水が流れるように出入れ装置１５にホース１４３を接合し、ポンプ１４１で流量調整装置１４２を介して水を細管１の複合ケーブル１２の周辺に流す。出入れ装置１５に超音波センサ１４５を設置し、また超音波検出装置１４４が超音波信号処理とシステム制御信号を発信するために設置される。
【０３２５】
青色を中心とした可視光パルスレーザ発振装置１１６および赤色を中心とした可視光レーザ発振装置１１５と半透明ミラー１１７がレーザ伝送系で結合され、合成されたレーザ光はパルスレーザ時間分割装置１４６に導かれ、パルスレーザに同期して回転するミラーで複数本の光ファイバ１１８に分配される。それぞれの光ファイバ１１８は、巻取装置１１９を介してそれぞれの計装管６９（細管１）に挿入された細管内面レーザ補修装置に接続されている。
【０３２６】
第１２の発明の第１実施例によれば、パルスレーザ時間分割装置１４６を備えているので、可視光レーザ発振装置１１５の繰り返し周波数が図４等における回転駆動モータ７等の回転周波数に比べてかなり高い場合においても、可視光レーザ発振装置１１５の実効的な繰り返し周波数を図４等における回転駆動モータ７等の回転周波数に合わせることが可能になる。この結果、可視光レーザ発振装置１１５の照射エネルギーを無駄にすることなく回転駆動モータ７等の回転周波数に適合するように各々の計装管６９（細管１）を照射することが可能になる。
【０３２７】
次に、図３９乃至図４１を参照して、本発明の第１の実施形態における第１３の発明の第１実施例について説明する。
【０３２８】
第１３の発明の第１実施例は、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例の半透明回転ミラー５、および第４の発明の第１乃至第５実施例の反射鏡２８を、回転凹面鏡１４７、凹面鏡１４８に代えた細管内面レーザ補修装置に関する。
【０３２９】
図３９は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で回転させる回転凹面鏡１４７、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整する構造部等を軸方向に超音波リニアモータ１２０で伸縮させて細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置１４９の概念図である。
【０３３０】
細管内面レーザ補修装置１４９は、先端構造部１５０、円筒状のレーザ照射窓６、光学系結合構造部１２１で構成される。
【０３３１】
図３９に示す実施例は、第１の発明の第４実施例とは下記の点で異なり、先端構造部１５０は、外筒６２、端栓６３、蓄電池８、回転駆動モータ７回転凹面鏡１４７等で構成されている。
【０３３２】
図４０は、スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で回転凹面鏡１４７と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ１２９で組合せ集光レンズ３より先端部を軸方向に移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１５１の概念図である。
【０３３３】

細管内面レーザ補修装置１５１は、先端構造部１５２、円筒状のレーザ照射窓６、光学系結合構造部１３０で構成される。

【０３３４】

図４０に示す実施例は、第３の発明の第９実施例とは下記の点で異なり、先端構造部１５２は、外筒９８、端栓９９、接続構造２４、回転駆動モータ２３、回転凹面鏡１４７等で構成されている。

【０３３５】

図４１は、超音波リニアモータ９３、超音波リニアモータ３２、組合せ集光レンズ３、および凹面鏡１４８を内臓するレーザ照射ノズル２６を超音波回転モータ３１で回転させ、超音波リニアモータ３２で軸方向の長さを変え、光ファイバ２より射出されたレーザ光４を超音波リニアモータ９３で焦点距離を調整して細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１５３の概念図である。

【０３３６】

細管内面レーザ補修装置１５３は、先端構造部１５４、光学系結合構造部１０６で構成される。

【０３３７】

図４１に示す実施例は、第４の発明の第４実施例とは下記の点で異なり、先端構造部１５４は、外筒１１１、凹面鏡１４８、レーザ照射ノズル２６の長さを調整する超音波リニアモータ３２、焦点調整用超音波リニアモータ９３、組合せ集光レンズ３等で構成されている。

【０３３８】

第１３の発明の第１実施例は、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例とほぼ同等の作用と効果を有する。

【０３３９】

次に、図４２乃至図４４を参照して、本発明の第１の実施形態における第１４の発明の第１実施例について説明する。

【０３４０】

図４２に示す実施例は、第１実施例乃至第２２実施例の円筒状レーザ照射窓６および第２３実施例乃至第２７実施例のレーザ照射窓２７をリング状円柱レンズ１５５、円柱レンズ１５６に代えた細管内面レーザ補修装置に関する。

【０３４１】

図４２は、蓄電池８を用いて駆動する回転駆動モータ７で回転させる回転ミラー５、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を組合せ集光レンズ３で並行光線とし、円柱レンズ１５７で線状になった集束光の焦点距離を超音波リニアモータ１７で調整し、リング状円柱レンズ１５５で点状に集束させる構造部等を軸方向に超音波リニアモータ１２０で伸縮させて細管１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置１５８の概念図である。

【０３４２】

細管内面レーザ補修装置１５８は、先端構造部６０、リング状円柱レンズ１５５、光学系結合構造部１２１で構成される。

【０３４３】

図４２に示す実施例は、第１の発明の第４実施例と異なり、円筒状レーザ照射窓６が、リング状円柱レンズ１５５に替わっている。

【０３４４】

図４３は、スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ１２９で組合せ集光レンズ３より先端部を軸方向に移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光４を組合せ集光レンズ３で並行光線とし、円柱レンズ１５７で線状になった集束光の焦点距離を超音波リニアモータ１７で調整し、リング状円柱レンズ１５５で点状に集束させて細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修

装置１５９の概念図である。
【０３４５】
細管内面レーザ補修装置１５９は、先端構造部９７、リング状円柱レンズ１５５、光学系結合構造部１３０で構成される。
【０３４６】
図４３に示す実施例は、第３の発明の第９実施例と異なり、円筒状レーザ照射窓６が、リング状円柱レンズ１５５に替わっている。
【０３４７】
図４４は、超音波リニアモータ９３、超音波リニアモータ３２、組合せ集光レンズ３、および反射鏡２８を内臓するレーザ照射ノズル２６を超音波回転モータ３１で回転させ、超音波リニアモータ３２で軸方向の長さを変え、光ファイバ２より射出されたレーザ光４を組合せ集光レンズ３で並行光線とし、円柱レンズ１５７で線状になった集束光の焦点距離を超音波リニアモータ９３で調整し、円柱レンズ１５６で点状に集束させて細管１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１６０の概念図である。
【０３４８】
細管内面レーザ補修装置１６０は、レーザ照射ノズル部２６、光学系結合構造部１０６で構成される。
【０３４９】
第１４の発明の第１実施例は、第１の発明の第１乃至第７実施例、第２の発明の第１乃至第６実施例、第３の発明の第１乃至第９実施例、第４の発明の第１乃至第５実施例とほぼ同等の作用と効果を有する。
【０３５０】
以上で、本発明の第１の実施形態の説明を終わる。
【０３５１】
次に、以下に本発明の第２の実施形態について説明する。本発明の第２の実施形態は、第１の発明から第７の発明の７個の発明に分類し、各発明についていくつかの実施例と変形例をあげて説明する。
【０３５２】
まず、図４５および図４６を参照して、本発明の第２の実施形態の第１発明の第１実施例について説明する。
【０３５３】
第１発明の第１実施例は、光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、反射鏡２２８で細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置２１３でレーザ照射ノズル部２２６を回転させる中空軸電磁回転モータ２０７の中空軸２０６に光ファイバ２０２の一端を挿入し、固定金具２１０で光ファイバ２０２を中空軸電磁回転モータ２０７に固定し、中空軸電磁回転モータ２０７の制御ケーブル及び動力ケーブルと光ファイバ２０２で構成される複合ケーブル２１２を細管内面レーザ補修装置２１３の出入れ装置２１５で細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２１３を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０３５４】
図４５は、本発明運用のシステム概念図である。細管内面レーザ補修装置２１３にパルスレーザ光を時間分割して複数本の光ファイバに導入して複数本の計装管６９（細管２０１）の内面の表面改質を行なうシステム概念図である。
【０３５５】
計装管２６９に検出器２７０を挿入する装置２７１に細管内面レーザ補修装置２１３の出入れ装置２１５を設置し、複合ケーブル２１２を巻き取る巻取装置３１９に結合されている。複合ケーブル２１２の周辺に水が流れるように出入れ装置２１５部にホース３４３を接合し、ポンプ３４１で流量調節装置３４２を介して水を細管２０１の複合ケーブル２１２の周辺に流す。出入れ装置２１５に超音波センサ３４５を設置し、また超音波検出装置

３４４が超音波信号処理とシステム制御信号を発信するために設置される。青色を中心とした可視光パルスレーザ発振装置３１６および赤色を中心とした可視光レーザ発振装置３１５と半透明ミラー３１７がレーザ伝送系で結合され、合成されたレーザ光は、パルスレーザ時間分割装置３４６に導かれ、パルスレーザに同期して回転するミラーで複数本の光ファイバ３１８に分配される。それぞれの光ファイバ３１８は、巻取装置３１９を介してそれぞれの計装管２６９（細管２０１）に挿入された細管内面レーザ補修装置に接続されている。

【０３５６】

図４６は、組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８等を内蔵し、レーザ光照射距離設定用接触端子２０９を周辺に取付けたレーザ照射ノズル２２６部を中空軸電磁回転モータ２０７で回転させ、中空軸２０６に挿入された光ファイバ２０２より射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８を介して細管２０１の内表面に照射する細管内面レーザ補修装置２１３の概念図である。

【０３５７】

細管内面レーザ補修装置２１３は、レーザ照射ノズル２２６部、回転駆動部２６１とで構成される。

【０３５８】

レーザ照射ノズル２２６部は、外筒２６２、組合せ集光レンズ２０３、端栓２６３、反射鏡２２８、接触端子２０９等で構成される。外筒２６２の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５が取付けられている。組合せ集光レンズ２０３と外筒２６２の間にシール構造２５９が取付けられている。外筒２６２には円状の孔６２ａが形成されており、この孔６２ａを介して外筒２６２の内部と外部とは連通されており、孔６２ａを通って集光レーザ光が細管２０１の内面に照射される。

【０３５９】

回転駆動部２６１は、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４、光ファイバ２０２、光ファイバ接続構造２６６等で構成されている。中空軸電磁回転モータ２０７の外面には接触端子２０９、キー溝２６７が、付けられている。

【０３６０】

レーザ照射ノズル２２６部と回転駆動部２６１は、レーザ照射ノズル２２６部に取付けたキー２６８と回転駆動部２６１のキー溝２６７との周方向に回転自由に結合され、中空軸電磁回転モータ２０７の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して外筒２６２に伝達されるように結合されている。また、シール構造２６０で回転時にもシールされる構造になっている。光ファイバ２０２と接続構造２６６等との間もシール構造２５８でシールする。

【０３６１】

第１の発明の第１実施例の作用を以下に説明する。

【０３６２】

圧力容器２１１に溶接された複数本の計装管２６９より一定本数の計装管２６９を選択して検出器２７０を挿入する装置２７１が設置してある場所で、装置２７１の代わりに細管内面レーザ補修装置２１３を出入れするために出入れ装置２１５を設置する。

【０３６３】

光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の先端に取付けた細管内面レーザ補修装置２１３を所定の計装管２６９（細管２０１）に入れるため所定の計装管２６９（細管２０１）の端に出入れ装置２１５を取り付け、出入れ装置２１５に細管内面レーザ補修装置２１３を取り付け、出入れ装置２１５を働かせて複合ケーブル２１２を計装管２６９（細管２０１）に押し込み、計装管２６９（細管２０１）の内面で表面改質を行なう予定場所より一定距離以上挿入した位置に細管内面レーザ補修装置２１３が来ると挿入作業を停止する。挿入位置の同定は、挿入された複合ケーブル２１２の長さより概略値を求め、光ファイバ２０２に可視光パルスレーザ光入射し、細管２０１の表面に照射した時に発生する超音波を超音波センサ３４５で検出し、レーザパルスの照射時刻と音波の検出時刻の差より照

射位置を求め、挿入位置を正確に同定する。
【０３６４】
パルスレーザ装置３１６で発振させた水中での減衰の少ない青色を中心としたパルスレーザ光の高エネルギー密度の作業用のレーザ光と、レーザ装置１１５で発振させた赤色レーザ光を中心とした連続レーザ光の制御用のレーザ光を半透明ミラー３１７を用いて合成し、集光光学系を用いて光径を0.5 mm程度にして光ファイバ１１８に導入し、合成したレーザ光は、巻取装置３１９を経由して複合ケーブル２１２の光ファイバ１２へ導入する。
【０３６５】
中空軸電磁回転モータ２０７を駆動してレーザ照射ノズル２２６部を回転さす。回転の起動を行ってから一定時間後、パルスレーザ装置３１６を発振させ、半透明ミラー３１７、光ファイバ３１８、巻取装置３１９、光ファイバ２０２を経由して、細管内面レーザ補修装置２１３の光ファイバ出射端部へ導く。光ファイバ出射端より青色を中心としたパルスレーザ光を射出し、組合せ集光レンズ２０３で集光して反射鏡２２８に照射し、反射させて細管２０１の表面に焦点を結ばせる照射を行う。青色を中心としたパルスレーザ光が計装管２６９（細管２０１）の表面に照射され始めると同時に出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を所定の速度で引き抜く動作を行なう。レーザ照射ノズル２２６部の回転数Ｎおよび細管内面レーザ補修装置２１３の引抜き速度Ｖは、前述の式（１）乃至式（４）の関係を満足するように制御する。
【０３６６】
作業条件の監視は、可視光パルスレーザ光を細管２０１の表面に照射した時に発生する超音波を超音波センサ３４５で検出し、予め測定してある正常な照射条件の時に発生する超音波波形と比較しながら行なう。
【０３６７】
複合ケーブル２１２の引き抜き量が、所定の長さに達するまで作業が行なわれると、青色を中心としたパルスレーザ装置３１６の発振を止める。
【０３６８】
出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業を行ない、その先端に取付けた細管内面レーザ補修装置２１３を計装管２６９（細管２０１）より取り出す。この作業が終了すると、再び別の計装管２６９（細管２０１）に挿入し、上記の作業を再び繰り返す。
【０３６９】
第１発明の第１実施例の効果を説明する。
【０３７０】
本発明の細管内面レーザ補修装置２１３を用いることにより圧力容器２１１に溶接された複数本の計装管２６９（細管２０１）の内面の表面改質作業などの点検・保全を遠隔・水中で行なうことにより短い作業期間で行なうことが出来、機器の長寿命化を達成することが出来る。また、原子力プラントに適用すると遠隔で水中作業を行なうため作業者の被曝を低減して作業を行なうことが出来る。
【０３７１】
次に、図４７を参照して、本発明の第２の実施形態の第１発明の第２実施例について説明する。
【０３７２】
第２実施例は、第１実施例におけるレーザ照射ノズル部２２６の先端にリニア駆動装置２１６を設置し、反射鏡２２８を軸方向に移動出来るようにして照射されるレーザ光の焦点距離の調整（内径の異なる細管への対応、内径が一定でない場合への対応）を行ないながら細管２０１の内面の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０３７３】
図４７は、組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８等を内蔵し、先端部にリニア駆動装置２１６を設置し、レーザ光照射距離設定用接触端子２０９を周辺に取付けたレーザ照射ノ

ズル２７２部を中空軸電磁回転モータ２０７で回転させ、中空軸２０６に挿入された光ファイバ２０２より射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８を介して焦点距離を調整しながら細管２０１の内表面に照射する細管内面レーザ補修装置２３７の概念図である。

【０３７４】

細管内面レーザ補修装置２３７は、レーザ照射ノズル２７２部、回転駆動部２７６とで構成される。

【０３７５】

レーザ照射ノズル２７２部は、外筒２６２、組合せ集光レンズ２０３、リニア駆動装置２１６、反射鏡２２８、接触端子２０９等で構成される。外筒２６２の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５が、取付けられている。最先端のリニア駆動装置２１６は、電磁回転モータ２１７、ウオームギア２１８、固定金具２２０、ガイドレール２１９で構成されている。固定金具２２０の中心には内歯歯車が設けられていて電磁回転モータ２１７でウオームギア２１８を回転させると固定金具２２０が軸方向に移動する構成になっている。固定金具２２０は、ガイドレール２１９に沿って移動し、同時に反射鏡２２８も軸方向に移動させる。組合せ集光レンズ２０３と外筒２６２の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０３７６】

回転駆動部２７６は、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４、光ファイバ２０２、光ファイバ接続構造２６６等で構成されている。中空軸電磁回転モータ２０７の外面には接触端子２０９、キー溝２６７が、付けられている。

【０３７７】

レーザ照射ノズル２７２と回転駆動部２７６は、レーザ照射ノズル２７２部に取付けたキー２６８と回転駆動部２７６のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合され、中空軸電磁回転モータ２０７の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して外筒２６２に伝達されるように結合されている。また、スリップリング２２１を介して電磁回転モータ２１７への動力および信号の伝送を行なう構成である。シール構造２６０で回転時にもシールされる構造になっている。光ファイバ２０２と接続構造２６６等との間もシール構造２５８でシールする。

【０３７８】

第１発明の第２実施例の作用を以下で説明する。

【０３７９】

第２実施例は、第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。

【０３８０】

第２実施例では、青色を中心としたパルスレーザ光が細管２０１の表面に照射され始めると同時にリニア駆動装置２１６も働かせて反射鏡２２８を軸方向に移動可能な状態とする。可視光パルスレーザ光を細管２０１の表面に照射した時に発生する超音波を超音波センサ３４５で検出し、検出量が最大となるように反射鏡２２８を軸方向に移動させる制御を行なう。

【０３８１】

複合ケーブル２１２の引き抜き量が、所定の長さに達するまで作業が行なわれると、青色を中心としたパルスレーザ装置３１６の発振を止める。

【０３８２】

出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業を行ない、その先端に取付けた細管内面レーザ補修装置２３７を計装管２６９（細管２０１）より取り出す。この作業が終了すると、再び別の計装管２６９（細管２０１）に挿入し、上記の作業を再び繰り返す。

【０３８３】

第１の発明の第２実施例の効果を下記に示す。

【０３８４】

第２実施例では、リニア駆動装置２１６を用いて半反射鏡２２８を軸方向に移動させて照射レーザ光の焦点距離の調整を行なうことにより内径が軸方向に異なる細管の表面改質作業、一定な半径でない細管の表面改質作業を容易に行なえるようになる。

【０３８５】

次に、図４８を参照して、第１発明の第１変形例について説明する。

【０３８６】

第１発明の第１変形例は、第１の発明の第２実施例におけるレーザ照射ノズル２７２のリニア駆動装置２１６への動力と信号の伝送をスリップリング２２１を介して行なう代わりに信号の伝送をレーザ光により行ない、動力供給を蓄電池２０８により行なう細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０３８７】

図４８は、組合せ集光レンズ２０３、半透明ミラー２０５等を内臓し、先端部にリニア駆動装置２２２を設置し、レーザ光照射距離設定用接触端子２０９を周辺に取付けたレーザ照射ノズル部２７７部を中空軸電磁回転モータ２０７で回転させ、中空軸２０６に挿入された光ファイバ２０２より射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３、蓄電池２０８で駆動されるリニア駆動装置２２２で軸方向に移動させられる半透明ミラー２０５を介して焦点距離を調整（焦点位置が細管内表面位置になるように調製）しながら細管２０１の内表面に照射する細管内面レーザ補修装置２３８の概念図である。

【０３８８】

細管内面レーザ補修装置２３８は、レーザ照射ノズル２７７部、回転駆動部２６１とで構成される。

【０３８９】

レーザ照射ノズル２７７部は、外筒２６２、組合せ集光レンズ２０３、リニア駆動装置２２２、半透明ミラー２０５、蓄電池２０８、光制御装置２１４、接触端子２０９等で構成される。外筒２６２の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５が、取付けられている。最先端のリニア駆動装置２２２は、電磁回転モータ２２３、ウオームギア２２４、固定金具２２０、ガイドレール２１９で構成されている。固定金具２２０の中心には内歯歯車が設けられていて蓄電池２０８で電磁回転モータ２２３を駆動してウオームギア２２４を回転させると固定金具２２０が軸方向に移動する構成になっている。固定金具２２０は、ガイドレール２１９に沿って移動し、同時に半透明ミラー２０５も軸方向に移動させる。電磁回転モータ２２３の駆動制御は、赤色レーザ光を中心とした制御用の連続波のレーザ光を用いて行なう。光ファイバ２０２より射出された赤色レーザ光は、半透明ミラー２０５を透過してウオームギア２２４の内部に設けられた光導波路２２５に導き、その先端に接続される光制御装置２１４を駆動させる。組合せ集光レンズ２０３と外筒２６２の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０３９０】

回転駆動部２６１は、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４、光ファイバ２０２、光ファイバ接続構造２６６等で構成されている。中空軸電磁回転モータ２０７の外面には接触端子２０９、キー溝２６７が、付けられている。

【０３９１】

レーザ照射ノズル２７７部と回転駆動部２６１は、レーザ照射ノズル２７７部に取付けたキー２６８と回転駆動部２６１のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合され、中空軸電磁回転モータ２０７の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して外筒２６２に伝達されるように結合されている。

【０３９２】

シール構造２６０で回転時にもシールされる構造になっている。光ファイバ２０２と接続構造２６６等との間もシール構造２５８でシールする。

【０３９３】

第１の発明の第１変形例の作用を以下で説明する。

【０３９４】
第１変形例は、第１の発明の第２実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。レーザ照射ノズル２７７部の最先端に取付けられているリニア駆動装置２２２の電磁回転モータ２２３の駆動制御を連続波の赤色レーザ光を用いて行なう。光ファイバ２０２より射出された赤色レーザ光は、半透明ミラー２０５を透過してウオームギア２２４の内部に設けられた光導波路に導かれ、その先端に接続される光制御装置２１４に導き、リニア駆動装置２２２の駆動制御を行ない、半透明ミラー２０５を軸方向に移動して作業用の照射レーザの焦点距離の調整を行なう。
【０３９５】
第１の発明の第１変形例は、第１の発明の第２実施例とほぼ同様の効果が期待できる。
【０３９６】
次に、図４９を参照して、第１の発明の第３実施例について説明する。
【０３９７】
第１の発明の第３実施例は、第１の発明の第２実施例のレーザ照射ノズル２７２部の組合せ集光レンズ２０３部を超音波リニアモータ３２０で伸縮させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０３９８】
図４９は、組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８等を内蔵し、先端部にリニア駆動装置２１６を設置し、レーザ光照射距離設定用接触端子２０９を周辺に取付けたレーザ照射ノズル２８３部を中空軸電磁回転モータ２０７で回転させ、中空軸２０６に挿入された光ファイバ２０２より射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８を介して焦点距離を調整しながら、また集光レンズ３部を伸縮させて軸方向の照射位置を変えながら細管２０１の内表面に照射する細管内面レーザ補修装置２４０の概念図である。
【０３９９】
細管内面レーザ補修装置２４０は、レーザ照射ノズル２８３部、回転駆動部２７６とで構成される。
【０４００】
レーザ照射ノズル２８３部は、外筒２６２、組合せ集光レンズ２０３、リニア駆動装置２１６、反射鏡２２８、超音波リニアモータ３２０、接触端子２０９等で構成される。外筒２６２の一部が、超音波リニアモータ３２０を構成していて、その端の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５が、取付けられている。最先端のリニア駆動装置２１６は、電磁回転モータ２１７、ウオームギア２１８、固定金具２２０、ガイドレール２１９で構成されている。固定金具２２０の中心には内歯歯車が設けられていて電磁回転モータ２１７でウオームギア２１８を回転させると固定金具２２０が軸方向に移動する構成になっている。固定金具２２０は、ガイドレール２１９に沿って移動し、同時に固定金具２２０に固定されている反射鏡２２８も軸方向に移動させる。超音波リニアモータ３２０を駆動して外筒２６２を伸縮させると外筒２６２に固定されている反射鏡２２８の軸方向の位置が、変化し、レーザ光の照射位置が軸方向に移動する。
組合せ集光レンズ２０３と外筒２６２の間にシール構造２５９が取付けられている。
【０４０１】
回転駆動部２７６は、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４、光ファイバ２０２、光ファイバ接続構造２６６等で構成されている。中空軸電磁回転モータ２０７の外面には接触端子２０９、キー溝２６７が、付けられている。
【０４０２】
レーザ照射ノズル２８３部と回転駆動部２７６は、レーザ照射ノズル２８３部に取付けたキー２６８と回転駆動部２７６のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合され、中空軸電磁回転モータ２０７の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して外筒２６２に伝達されるように結合されている。また、スリップリング２２１を介して電磁回転モータ２１７への動力および信号の伝送を行なう構成である。シール構造２６０で回転時にもシールされる構造になっている。光ファイバ２０２と接続構造２６６等との間もシ

ール構造２５８でシールする。
【０４０３】
第１の発明の第３実施例の作用を以下で説明する。
【０４０４】
第１の発明の第２実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。
【０４０５】
青色を中心としたパルスレーザ光が、細管２０１の表面に照射され始めると超音波リニアモータ３２０を駆動させて所定の速度（レーザ照射ノズル２８３が１回転する間に一例として照射スポット直径距離だけ移動させる）で組合せ集光レンズ２０３の軸方向の長さの伸縮を行ない、反射鏡２２８を軸方向に移動し、照射点を軸方向に移動する。照射点の軸方向の移動が、所定の長さになると、青色を中心としたパルスレーザ発振装置３１６の発振を止め、出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を上記の反射鏡２２８を軸方向に移動したのと同等の長さの引き抜き、細管内面レーザ補修装置２４０の引き抜きを行なう（この引き抜き作業の間に超音波リニアモータ３２０で集光レンズ２０３の軸方向の長さを元の長さに戻す）。引き続き、青色を中心としたパルスレーザ光を照射して細管２０１内面の表面改質を行なう。
【０４０６】
第１の発明第３実施例の効果を下記に示す。
【０４０７】
第１の発明の第２実施例と同様の効果が期待できる。超音波リニアモータ３２０を用いて組合せ集光レンズ２０３の軸方向の長さの伸縮を行ない、反射鏡２２８を軸方向に移動し、照射点を軸方向に移動して細管２０１の内面の一定範囲にわたって表面改質を行なうことができ、作業が容易に行なえるようになる。
【０４０８】
次に、図５０を参照して、第１の発明の第２変形例について説明する。
【０４０９】
この第２変形例は、第１の発明の第３実施例におけるレーザ照射ノズル２８３部のリニア駆動装置２１６への動力と信号の伝送をスリップリング２２１を介して行なう代わりに信号の伝送をレーザ光により行ない、動力供給を蓄電池２０８により行なう細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０４１０】
以下、図面を参照して第１の発明の第２変形例を説明する。
【０４１１】
図５０は、組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８等を内臓し、先端部にリニア駆動装置２２２を設置し、レーザ光照射距離設定用接触端子２０９を周辺に取付けたレーザ照射ノズル部２７７部を中空軸電磁回転モータ２０７で回転させ、中空軸２０６に挿入された光ファイバ２０２より射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３、蓄電池２０８で駆動されるリニア駆動装置２２２で軸方向に移動させられる半透明ミラー２０５を介して焦点距離を調整し、組合せ集光レンズ２０３の長さを伸縮して軸方向の照射位置を変えながら細管２０１の内表面に照射する細管内面レーザ補修装置２４１の概念図である。
【０４１２】
細管内面レーザ補修装置２４１は、レーザ照射ノズル２８６部、回転駆動部２６１とで構成される。
【０４１３】
レーザ照射ノズル２８６部は、外筒２６２、超音波リニアモータ３２０、組合せ集光レンズ２０３、リニア駆動装置２２２、半透明ミラー２０５、蓄電池２０８、光制御装置２１４、接触端子２０９等で構成される。外筒２６２の一部が、超音波リニアモータ３２０を構成していて、その端の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５が、取付けられている。最先端のリニア駆動装置２２２は、電磁回転モータ２２３、ウオームギア２２４、固定金具

２２０、ガイドレール２１９で構成されている。固定金具２２０の中心には内歯歯車が設けられていて蓄電池２０８で電磁回転モータ２２３を駆動してウオームギア２２４を回転させると固定金具２２０が軸方向に移動する構成になっている。固定金具２２０は、ガイドレール２１９に沿って移動し、同時に半透明ミラー２０５も軸方向に移動させる。超音波リニアモータ３２０を駆動して外筒２６２を伸縮させると外筒２６２に固定されている半透明ミラー２０５の軸方向の位置が変化し、レーザ光の照射位置が軸方向に移動する。電磁回転モータ２２３の駆動制御は、赤色レーザ光を中心とした制御用の連続波のレーザ光を用いて行なう。光ファイバ２０２より射出された赤色レーザ光は、半透明ミラー２０５を透過してウオームギア２２４の内部に設けられた光導波路２２５に導き、その先端に接続される光制御装置２１４を駆動させる。組合せ集光レンズ２０３と外筒２６２の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０４１４】

回転駆動部２６１は、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４、光ファイバ２０２、光ファイバ接続構造２６６等で構成されている。中空軸電磁回転モータ２０７の外面には接触端子２０９、キー溝２６７が、付けられている。

【０４１５】

レーザ照射ノズル２８６部と回転駆動部２６１は、レーザ照射ノズル２８６部に取付けたキー２６８と回転駆動部２６１のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合され、中空軸電磁回転モータ２０７の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して外筒２６２に伝達されるように結合されている。

【０４１６】

シール構造２６０で回転時にもシールされる構造になっている。光ファイバ２０２と接続構造２６６等との間もシール構造２５８でシールする。

【０４１７】

第１の発明の第２変形例の作用を以下で説明する。

【０４１８】

第１の発明の第３実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。レーザ照射ノズル２８６部の最先端に取付けられているリニア駆動装置２２２の電磁回転モータ２２３の駆動制御を連続波の赤色レーザ光を用いて行なう。光ファイバ２０２より射出された赤色レーザ光は、半透明ミラー２０５を透過してウオームギア２２４の内部に設けられた光導波路２２５に導かれ、その先端に接続される光制御装置２１４に導き、リニア駆動装置２２２の駆動制御を行ない、半透明ミラー２０５を軸方向に移動して作業用の照射レーザの焦点距離の調整を行なう。

【０４１９】

第１の発明の第２変形例の効果を下記に示す。

【０４２０】

第１の発明の第３実施例と同様の効果が期待できる。

【０４２１】

次に、図５１および図５２を参照して、本発明の第２の実施形態における第２の発明の第１実施例について説明する。

【０４２２】

第２の発明の第１実施例は、周辺に接触端子２０９を取付けた電磁回転モータ２２７で構成される先端部構造２２９、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３で構成される後部構造２３０との間に反射鏡２２８、固定金具２２０等を内臓した回転レーザ照射筒２３１を取付、後部構造２３０から先端部構造２２９への動力用電力・制御信号をスリップリング２２１を介して供給する構成で、減速機を介して電磁回転モータ２２７で回転レーザ照射筒２３１と一緒に反射鏡２２８を回転させ、レーザ照射点を周方向に走査させながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、反射鏡２２８で細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２４２の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細

管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２４２を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０４２３】

以下、図面を参照して第２の発明の第１実施例を説明する。

【０４２４】

図５１は、周辺に接触端子２０９を取付けた電磁回転モータ２２７で構成される先端部構造２２９、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３で構成される後部構造２３０との間に反射鏡２２８、固定金具２２０等を内臓した回転レーザ照射筒２３１を取付、後部構造２３０から先端部構造２２９への動力用電力・制御信号をスリップリング２２１を介して供給する構成で、減速機を介して電磁回転モータ２２７で回転レーザ照射筒２３１と一緒に反射鏡２２８を回転させ、レーザ照射点を周方向に走査させながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、反射鏡２２８で細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２４２の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２４２を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業を行なう細管内面レーザ補修装置２４２の概念図である。

【０４２５】

細管内面レーザ補修装置２４２は、先端部構造２２９、後部構造２３０、回転レーザ照射筒２３１部とで構成される。

【０４２６】

先端部構造２２９は、電磁回転モータ２２７、減速機２６４、周辺の接触端子２０９等で構成される。電磁回転モータ２２７の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して回転レーザ照射筒２３１に伝達されるように結合されている。

【０４２７】

回転レーザ照射筒２３１の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５、固定金具２２０が取付けられている。固定金具２２０には反射鏡２２８が固定されている。

【０４２８】

後部構造２３０は、光ファイバ接続構造２６６、組合せ集光レンズ２０３等で構成されている。組合せ集光レンズ２０３の外筒にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒２３１と後部構造２３０は、回転レーザ照射筒２３１に取付けたキー２６８と後部構造２３０のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。後部構造２３０から先端部構造２２９への動力用電力・制御信号を供給するためのスリップリング２２１が、組合せ集光レンズ２０３と光ファイバ２０２の出射端との間の外筒外面に取付けられている。組合せ集光レンズ２０３と外筒の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０４２９】

図５２は、図５１と次の点が異なる。図５２は、組合せ集光レンズ２０３の外筒の先端部にキー溝２６７が付けられ、レーザ照射筒２３２に取付けたキー２６８とで周方向に回転自由に結合されているところが異なる細管内面レーザ補修装置２４３の概念図である。

【０４３０】

第２の発明の第１実施例の作用を以下で説明する。

【０４３１】

圧力容器２１１に溶接された複数本の計装管２６９より一定本数の計装管２６９を選択して検出器２７０を挿入する装置２７１が設置してある場所で、装置２７０の代わりに細管内面レーザ補修装置２４２（あるいは２４３）を出入れするために出入れ装置２１５を設置する。

【０４３２】

光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の先端に取付けた細管内面レーザ補修装置２４２（２４３）を所定の計装管２６９（細管２０１）に入れるため所定の計装管２６９（細管２０１）の端に出入れ装置２１５を取り付け、出入れ装置２１５に細管内面レーザ補修装置２４２（２４３）を取り付け、出入れ装置２１５を働かせて複合ケーブル２１２を

計装管２６９（細管２０１）に押し込み、計装管２６９（細管２０１）の内面で表面改質を行なう予定場所より一定距離以上挿入した位置に細管内面レーザ補修装置２４２（２４３）が来ると挿入作業を停止する。挿入位置の同定は、挿入された複合ケーブル２１２の長さより概略値を求め、光ファイバ２０２に可視光パルスレーザ光入射し、細管２０１（計装管２６９）の表面に照射した時に発生する超音波を超音波センサ３４５で検出し、レーザパルスの照射時刻と音波の検出時刻の差より照射位置を求め、挿入位置を正確に同定する。

【０４３３】

パルスレーザ装置３１６で発振させた水中での減衰の少ない青色を中心としたパルスレーザ光の高エネルギー密度の作業用のレーザ光と、レーザ装置３１５で発振させた赤色レーザ光を中心とした連続レーザ光の制御用のレーザ光を半透明ミラー３１７を用いて合成し、集光光学系を用いて光径を0.5 ㎜程度にして光ファイバ３１８に導入し、合成したレーザ光は、巻取装置３１９を経由して複合ケーブル２１２の光ファイバ２１２へ導入する。

【０４３４】

電磁回転モータ２２７を駆動して減速機を介して回転レーザ照射部２３１（２３２）を回転さし、同時に反射鏡２２８を回転さす。回転が安定する一定時間後にパルスレーザ装置３１６からのレーザ光２０４を半透明ミラー３１７、光ファイバ３１８、巻取装置３１９、光ファイバ２０２を経由して、細管内面レーザ補修装置２４２（２４３）の光ファイバ出射端部へ導く。光ファイバ出射端より青色を中心としたパルスレーザ光を射出し、組合せ集光レンズ２０３で集光して反射鏡２２８に照射し、反射させて細管２０１の表面に焦点を結ばせる照射を行う。青色を中心としたパルスレーザ光が計装管２６９（細管２０１）の表面に照射され始めると同時に出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を所定の速度で引き抜く動作を行なう。回転レーザ照射部２３１（２３２）の回転数Ｎおよび細管内面レーザ補修装置２４２（２４３）の引抜き速度Ｖは、第１の発明の第１実施例と同様である。また、作業条件の監視および作業が終了するまでの作用も第１の発明の第１実施例と同様である。

【０４３５】

第２の発明の第１実施例の効果を下記に示す。

【０４３６】

本発明の細管内面レーザ補修装置２４２（２４３）を用いることにより圧力容器２１１に溶接された複数本の計装管２６９（細管２０１）の内面の表面改質作業などの点検・保全を遠隔・水中で行なうことにより短い作業期間で行なうことが出来、機器の長寿命化を達成することが出来、原子力プラントに適用すると遠隔で水中作業を行なうため作業者の被曝を低減して作業を行なうことが出来る等、第１の発明の第１実施例と同様な効果が期待できる。

【０４３７】

次に、図５３および図５４を参照して、第２の実施形態における第２の発明の第２実施例について説明する。

【０４３８】

第２の発明の第２実施例は、第２の発明の第１実施例における先端部構造２２９にリニア駆動装置２１６を設置し、反射鏡２２８を軸方向に移動出来るようにしてレーザ光の焦点距離の調整（内径の異なる細管への対応、内径が一定でない場合への対応）を行ないながら細管２０１の内面の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０４３９】

以下、図面を参照して第２の発明の第２実施例を説明する。

【０４４０】

図５３は、反射鏡２２８の回転用電磁回転モータ２３５、軸方向に移動用の電磁回転モータ２３６等で構成される先端部構造２３４、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３で構成される後部構造２３０との間に反射鏡

２２８、固定金具２２０等を内蔵した回転レーザ照射筒２３１を取付、後部構造２３０から先端部構造２３４への動力用電力・制御信号をスリップリング２２１を介して供給する構成で、減速機を介して電磁回転モータ２３５で回転レーザ照射筒２３１と一緒に反射鏡２２８を回転させ、ウォームギア２１８を介して電磁回転モータ２３６で反射鏡２２８を軸方向に移動させて焦点を調整しながらレーザ照射点を周方向に走査させながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、反射鏡２２８で細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２４４の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２４４を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業を行なう細管内面レーザ補修装置２４４の概念図である。

【０４４１】

細管内面レーザ補修装置２４４は、先端部構造２３４、後部構造２３０、回転レーザ照射筒２３１部とで構成される。

【０４４２】

先端部構造２３４は、反射鏡２２８の回転用電磁回転モータ２３５、軸方向に移動用の電磁回転モータ２３６、減速機２６４、周辺の接触端子２０９等で構成される。電磁回転モータ２３５の回転駆動力が、減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して回転レーザ照射筒２３１に伝達されるように結合されている。電磁回転モータ２３５の回転駆動力が、ウォームギア２１８、固定金具２２０の内歯歯車を介して反射鏡２２８を軸方向に回転レーザ照射筒２３１と相対的に移動するように結合されている。

【０４４３】

回転レーザ照射筒２３１の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５、ガイドレール２１９が取付けられている。ガイドレール２１９には固定金具２２０がスライドするように取付けられ、固定金具２２０には反射鏡２２８が固定されている。後部構造２３０は、光ファイバ接続構造２６６、組合せ集光レンズ２０３等で構成されている。組合せ集光レンズ２０３の外筒にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒２３１と後部構造２３０は、回転レーザ照射筒２３１に取付けたキー２６８と後部構造２３０のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。後部構造２３０から先端部構造２３４への動力用電力・制御信号を供給するためのスリップリング２２１が、組合せ集光レンズ２０３と光ファイバ２０２の出射端との間の外筒外面に取付けられている。組合せ集光レンズ２０３と外筒の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０４４４】

図５４は、図５３と次の点が異なる。図５４は、組合せ集光レンズ２０３の外筒の先端部にキー溝２６７が付けられ、レーザ照射筒２３２に取付けたキー２６８とで周方向に回転自由に結合されているところが異なる細管内面レーザ補修装置２４５の概念図である。

【０４４５】

第２の発明の第２実施例の作用を以下で説明する。

【０４４６】

第２の発明の第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。

【０４４７】

青色を中心としたパルスレーザ光が細管２０１の表面に照射され始めると同時に電磁回転モータ２３６も働かせて反射鏡２２８を軸方向に移動可能な状態とする。可視光パルスレーザ光を細管２０１の表面に照射した時に発生する超音波を超音波センサ３４５で検出し、検出量が最大となるように反射鏡２２８を軸方向に移動させる制御を行なう。

【０４４８】

複合ケーブル２１２の引き抜き量が、所定の長さに達するまで作業が行なわれると、青色を中心としたパルスレーザ装置３１６の発振を止める。

【０４４９】

出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業を行ない、その先端に取付けた細管内面レーザ補修装置

２４４（２４５）を計装管２６９（細管２０１）より取り出す。この作業が終了すると、再び別の計装管２６９（細管２０１）に挿入し、上記の作業を再び繰り返す。

【０４５０】

第２の発明の第２実施例の効果を下記に示す。

【０４５１】

第２の発明の第１実施例と同様な効果が期待出来る。電磁回転モータ２３６を用いて反射鏡２２８を軸方向に移動させて照射レーザ光の焦点距離の調整を行なうことにより内径が軸方向に異なる細管の表面改質作業、一定な半径でない細管の表面改質作業を容易に行なえるようになる。

【０４５２】

次に、図５５を参照して、第２の実施形態における第２の発明の第３実施例について説明する。

【０４５３】

第２の発明の第３実施例は、第２の発明の第２実施例における後部構造２３０の組合せ集光レンズ２０３部に超音波リニアモータ２７３を取付け、その長さを変え、回転レーザ照射筒２３２を軸方向に移動させその中に取付けられている反射鏡２２８を軸方向に移動させて細管２０１の内面の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０４５４】

以下、図面を参照して第２の発明の第３実施例を説明する。

【０４５５】

図５５は細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業を行なう細管内面レーザ補修装置２４７の概念図である。細管内面レーザ補修装置２４７は、先端部構造２３４、後部構造２７５、回転レーザ照射筒２３２部とで構成される。

【０４５６】

先端部構造２３４は反射鏡２２８の回転用中空軸の電磁回転モータ２３５と反射鏡２２８の軸方向への移動用の電磁回転モータ２３６等で構成され、後部構造２７５は光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３と超音波リニアモータ２７３等で構成される。

【０４５７】

先端部構造２３４と後部構造２７５との間に反射鏡２２８、固定金具２２０等を内蔵した回転レーザ照射筒２３２を取付ける。後部構造２７５から先端部構造２３４への動力用電力・制御信号をスリップリング２２１を介して供給する。

【０４５８】

減速機２６４を介して電磁回転モータ２３５で回転レーザ照射筒２３２と一緒に反射鏡２２８を回転させる。ウォームギア２１８を介して電磁回転モータ２３６で反射鏡２２８を軸方向に回転レーザ照射筒２３２と相対的に移動させて、焦点を調整しながらレーザ照射点を周方向に走査させながら、超音波リニアモータ２７３を駆動して組合せ集光レンズ２０３の長さを変える。回転レーザ照射筒２３２内に固定される反射鏡２２８を軸方向に移動してレーザ照射点を軸方向に走査させながら、光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、反射鏡２２８で細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２４７の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２４７を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業を行なう。

【０４５９】

先端部構造２３４は、反射鏡２２８の回転用中空軸の電磁回転モータ２３５、反射鏡２２８の軸方向移動用の電磁回転モータ２３６、減速機２６４、周辺の接触端子２０９等で構成される。中空軸電磁回転モータ２３５の回転駆動力が、減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して回転レーザ照射筒２３２に伝達されるように結合されている。中空軸電磁回転モータ２３５の回転駆動力が、ウォームギア２１８、固定金具２２０の内歯歯車を介

して反射鏡２２８を軸方向に回転レーザ照射筒２３２と相対的に移動するように結合されている。

【０４６０】

回転レーザ照射筒２３２には反射鏡２２８、固定金具２２０等が内臓される。回転レーザ照射筒２３２の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５、ガイドレール２１９が取付けられている。ガイドレール２１９には固定金具２２０がスライドするように取付けられ、固定金具２２０には反射鏡２２８が固定されている。

【０４６１】

後部構造２７５は、光ファイバ接続構造２６６、組合せ集光レンズ２０３、超音波リニアモータ２７３等で構成されている。組合せ集光レンズ２０３の外筒にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒２３２と後部構造２７５は、回転レーザ照射筒２３２に取付けたキー２６８と後部構造２７５のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。後部構造２７５から先端部構造２３４への動力用電力・制御信号を供給するためのスリップリング２２１が、組合せ集光レンズ２０３と光ファイバ２０２の出射端との間の外筒外面に取付けられている。超音波リニアモータ２７３を駆動して組合せ集光レンズ２０３の長さを軸方向に伸縮出来る構成である。

【０４６２】

第２の発明の第３実施例の作用を以下で説明する。

【０４６３】

第２の発明の第２実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。

【０４６４】

青色を中心としたパルスレーザ光が細管２０１の表面に照射され始めると同時に超音波リニアモータ２７３も働かせて反射鏡２２８を軸方向に所定の長さ移動する。移動が終了するとパルスレーザ装置３１６の発振を止める。続いて複合ケーブル２１２を引いて細管内面レーザ補修装置２４７全体を超音波リニアモータ２７３を働かせて反射鏡２２８を軸方向した範囲内で引き抜く、その間に超音波リニアモータ２７３を働かせて反射鏡２２８を軸方向で元の相対位置になるようにする。以下同様の操作を繰返し、複合ケーブル２１２の引き抜き量が、所定の長さに達するまで作業が行なわれると、青色を中心としたパルスレーザ装置３１６の発振を止める。

【０４６５】

出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業を行ない、その先端に取付けた細管内面レーザ補修装置２４７を計装管２６９（細管２０１）より取り出す。この作業が終了すると、再び別の計装管２６９（細管２０１）に挿入し、上記の作業を再び繰り返す。

【０４６６】

第２の発明の第３実施例の効果を下記に示す。

【０４６７】

第２の発明の第２実施例と同様な効果が期待出来る。超音波リニアモータ２７３を働かせて反射鏡２２８を軸方向に移動させて照射レーザ光を軸方向に一定距離走査出来るため出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業の位置設定が容易になり細管の表面改質作業を容易に行なえるようになる。

【０４６８】

次に、図５６を参照して、第２の実施形態における第２の発明の第４実施例について説明する。

【０４６９】

第２の発明の第４実施例は、第２の発明の第２実施例における先端部構造２３４にリニア駆動装置２１６を設置し、反射鏡２２８を軸方向に移動出来るようにしてレーザ光の焦点距離の調整（内径の異なる細管への対応、内径が一定でない場合への対応）を行ないながら、後部構造２７４に組合せ集光レンズ２０３部の一部を設置し、残りの組合せ集光レン

ズ２０３を回転レーザ照射筒２７８に設置し、組合せ集光レンズ２０３の長さを変える超音波リニアモータ２７３を回転レーザ照射筒２７８に設け、超音波リニアモータ２７３を駆動して反射鏡２２８を軸方向に移動させて細管２０１の内面の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０４７０】

以下、図面を参照して第２の発明の第４実施例を説明する。

【０４７１】

図５６は細管内面レーザ補修装置２４６の概念図である。細管内面レーザ補修装置２４６において、反射鏡２２８の回転用中空軸電磁回転モータ２３５、反射鏡２２８の軸方向への移動用の電磁回転モータ２３６等で構成される先端部構造２３４、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３の一部で構成される後部構造２７４との間に超音波リニアモータ２７３で長さが変えられる残りの組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８、固定金具２２０等を内臓した回転レーザ照射筒２７８を取付、後部構造２７４から先端部構造２３４への動力用電力・制御信号をスリップリング２２１を介して供給する構成で、減速機を介して電磁回転モータ２３５で回転レーザ照射筒２７８と一緒に反射鏡２２８を回転させ、ウォームギア２１８を介して電磁回転モータ２３６で反射鏡２２８を軸方向に回転レーザ照射筒２７８と相対的に移動させて焦点を調整しながらレーザ照射点を周方向に走査させながら、超音波リニアモータ２７３を駆動して組合せ集光レンズ２０３の長さを変え、同時に回転レーザ照射筒２７８の長さを変えて反射鏡２２８を軸方向に移動してレーザ照射点を軸方向に走査させながら、光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、反射鏡２２８で細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２４６の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２４６を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業を行なう。

【０４７２】

細管内面レーザ補修装置２４６は、先端部構造２３４、後部構造２７４、回転レーザ照射筒２７８部とで構成される。

【０４７３】

先端部構造２３４は、反射鏡２２８の回転用中空軸電磁回転モータ２３５、軸方向に移動用の電磁回転モータ２３６、減速機２６４、周辺の接触端子２０９等で構成される。中空軸電磁回転モータ２３５の回転駆動力が、減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して回転レーザ照射筒２３１に伝達されるように結合されている。中空軸電磁回転モータ２３５の回転駆動力が、ウォームギア２１８、固定金具２２０の内歯歯車を介して反射鏡２２８を軸方向に回転レーザ照射筒２７８と相対的に移動するように結合されている。

【０４７４】

回転レーザ照射筒２７８には反射鏡２２８、組合せ集光レンズ２０３の一部が内臓され、超音波リニアモータ２７３で長さが伸縮される構造になっている。回転レーザ照射筒２７８の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５、ガイドレール２１９が取付けられている。ガイドレール２１９には固定金具２２０がスライドするように取付けられ、固定金具２２０には反射鏡２２８が固定されている。組合せ集光レンズ２０３と外筒の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０４７５】

後部構造２７４は、光ファイバ接続構造２６６、組合せ集光レンズ２０３の一部等で構成されている。組合せ集光レンズ２０３の外筒にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒２７８と後部構造２７４は、回転レーザ照射筒２７８に取付けたキー２６８と後部構造２７４のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。後部構造２７４から先端部構造２３４への動力用電力・制御信号を供給するためのスリップリング２２１が、組合せ集光レンズ２０３と光ファイバ２０２の出射端との間の外筒外面に取付けられている。

【０４７６】

第２の発明の第４実施例の作用を以下で説明する。
【０４７７】
第２の発明の第３実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。
【０４７８】
青色を中心としたパルスレーザ光が細管２０１の表面に照射され始めると同時に超音波リニアモータ２７３も働かせて反射鏡２２８を軸方向に所定の長さ移動する。移動が終了するとパルスレーザ装置３１６の発振を止める。続いて複合ケーブル２１２を引いて細管内面レーザ補修装置２４６全体を超音波リニアモータ２７３を働かせて反射鏡２２８を軸方向した範囲内で引き抜く、その間に超音波リニアモータ２７３を働かせて反射鏡２２８を軸方向で元の相対位置になるようにする。以下同様の操作を繰返し、複合ケーブル２１２の引き抜き量が、所定の長さに達するまで作業が行なわれると、青色を中心としたパルスレーザ装置３１６の発振を止める。
【０４７９】
出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業を行ない、その先端に取付けた細管内面レーザ補修装置２４６を計装管２６９（細管２０１）より取り出す。この作業が終了すると、再び別の計装管２６９（細管２０１）に挿入し、上記の作業を再び繰り返す。
【０４８０】
第２の発明の第４実施例の効果を下記に示す。
【０４８１】
第２の発明の第２実施例と同様な効果が期待出来る。また、超音波リニアモータ２７３を働かせて反射鏡２２８を軸方向に移動させて照射レーザ光を軸方向に一定距離走査出来るため出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業の位置設定が容易になり細管の表面改質作業を容易に行なえるようになる。
【０４８２】
次に、図５７を参照して、第２の実施形態における第３の発明の第１実施例について説明する。
【０４８３】
第３の発明の第１実施例は、蓄電池２０８、光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ２３５で構成される先端部構造２７９、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３で構成される後部構造２８０との間に半透明ミラー２０５、固定金具２２０等を内臓した回転レーザ照射筒２８１を取付け、減速機２６４を介して電磁回転モータ２３５で回転レーザ照射筒２８１と一緒に半透明ミラー２０５を回転させ、レーザ照射点を周方向に走査させながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、半透明ミラー２０５で細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２４８の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２４８を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０４８４】
以下、図面を参照して第３の発明の第１実施例を説明する。
【０４８５】
図５７は、蓄電池２０８、光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ２３５で構成される先端部構造２７９、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３で構成される後部構造２８０との間に半透明ミラー２０５、固定金具２２０等を内臓した回転レーザ照射筒２８１を取付け、減速機２６４を介して電磁回転モータ２３５で回転レーザ照射筒２８１と一緒に半透明ミラー２０５を回転させ、レーザ照射点を周方向に走査させながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、半透明ミラー２０５で細管２０１の内面に照射

し、細管内面レーザ補修装置２４８の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２４８を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業を行なう細管内面レーザ補修装置２４８の概念図である。

【０４８６】

細管内面レーザ補修装置２４８は、先端部構造２７９、後部構造２８０、回転レーザ照射筒２８１部とで構成される。

【０４８７】

先端部構造２７９は、蓄電池２０８、光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ２３５、減速機２６４、周辺の接触端子２０９等で構成される。中空軸電磁回転モータ２３５の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して回転レーザ照射筒２８１に伝達されるように結合されている。中空軸電磁回転モータ２３５の動力は、蓄電池２０８より供給されるようになっている。また、その制御は中空軸電磁回転モータ２３５の中空軸２０６の内側に取付けられている光導波路２２５に半透明ミラー２０５を通過した青色パルスレーザ光以外の波長の制御レーザ光を導き、光制御装置２１４を遠隔制御して行なう。

【０４８８】

回転レーザ照射筒２８１の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５、固定金具２２０が取付けられている。固定金具２２０には半透明ミラー２０５が固定されている。後部構造２８０は、光ファイバ接続構造２６６、組合せ集光レンズ２０３等で構成されている。組合せ集光レンズ２０３の外筒にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒２８１と後部構造２８０は、回転レーザ照射筒２８１に取付けたキー２６８と後部構造２８０のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。組合せ集光レンズ２０３と外筒の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０４８９】

第３の発明の第１実施例の作用を以下で説明する。

【０４９０】

圧力容器２１１に溶接された複数本の計装管２６９より一定本数の計装管２６９を選択して検出器２７０を挿入する装置２７１が設置してある場所で、装置２７０の代わりに細管内面レーザ補修装置２４８を出入れするために出入れ装置２１５を設置する。

【０４９１】

光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の先端に取付けた細管内面レーザ補修装置２４８を所定の計装管２６９（細管２０１）に入れるため所定の計装管２６９（細管２０１）の端に出入れ装置２１５を取り付け、出入れ装置２１５に細管内面レーザ補修装置２４８を取り付け、出入れ装置２１５を働かせて複合ケーブル２１２を計装管２６９（細管２０１）に押し込み、計装管２６９（細管２０１）の内面で表面改質を行なう予定場所より一定距離以上挿入した位置に細管内面レーザ補修装置２４８が来ると挿入作業を停止する。挿入位置の同定は、挿入された複合ケーブル２１２の長さより概略値を求め、光ファイバ２０２に可視光パルスレーザ光入射し、細管２０１（計装管２６９）の表面に照射した時に発生する超音波を超音波センサ３４５で検出し、レーザパルスの照射時刻と音波の検出時刻の差より照射位置を求め、挿入位置を正確に同定する。

【０４９２】

パルスレーザ装置３１６で発振させた水中での減衰の少ない青色を中心としたパルスレーザ光の高エネルギー密度の作業用のレーザ光と、レーザ装置３１５で発振させた赤色レーザ光を中心とした連続レーザ光の制御用のレーザ光を半透明ミラー３１７を用いて合成し、集光光学系を用いて光径を0.5 ㎜程度にして光ファイバ３１８に導入し、合成したレーザ光は、巻取装置３１９を経由して複合ケーブル２１２の光ファイバ１２へ導入する。

【０４９３】

レーザ装置３１５で発振させた赤色レーザ光を中心とした連続レーザ光の制御用のレーザ光を光ファイバ２１２に導入し、半透明ミラー２０５を透過させて光導波路２２５に注入して光制御装置２１４に導き、装置を起動して電磁回転モータ２３５を駆動して減速機を介して回転レーザ照射部２８１を回転さし、同時に半透明ミラー２０５を回転さす。回転

が安定する一定時間後にパルスレーザ装置３１６からのレーザ光２０４を半透明ミラー３１７、光ファイバ３１８、巻取装置３１９、光ファイバ２０２を経由して、細管内面レーザ補修装置２４８の光ファイバ出射端部へ導く。

【０４９４】

光ファイバ出射端より青色を中心としたパルスレーザ光を射出し、組合せ集光レンズ２０３で集光して半透明ミラー２０５に照射し、反射させて細管２０１の表面に焦点を結ばせる照射を行う。青色を中心としたパルスレーザ光が計装管２６９（細管２０１）の表面に照射され始めると同時に出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を所定の速度で引き抜く動作を行なう。回転レーザ照射部２８１の回転数Ｎおよび細管内面レーザ補修装置２４８の引抜き速度Ｖは、第１の発明の第一実施例と同様である。また、作業条件の監視および作業が終了するまでの作用も第１の発明の第１実施例と同様である。

【０４９５】

第３の発明の第１実施例の効果を下記に示す。

【０４９６】

本発明の細管内面レーザ補修装置２４８を用いることにより圧力容器２１１に溶接された複数本の計装管２６９（細管２０１）の内面の表面改質作業などの点検・保全を遠隔・水中で行なうことにより短い作業期間で行なうことが出来、機器の長寿命化を達成することが出来、原子力プラントに適用すると遠隔で水中作業を行なうため作業者の被曝を低減して作業を行なうことが出来る等、第１の発明の第１実施例と同様な効果が期待できる。

【０４９７】

次に、図５８を参照して、本発明の第２の実施形態の第３の発明の第１変形例について説明する。

【０４９８】

第３の発明の第１変形例は、第３の発明の第１実施例で組合せ集光レンズ２０３の外筒の先端部にキー溝２６７が付けられ、回転レーザ照射筒２８５に取付けたキー２６８とで周方向に回転自由に結合されているところが異なる細管内面レーザ補修装置に関する。

【０４９９】

以下、図面を参照して第３の発明の第１変形例を説明する。

【０５００】

図５８は、図５７と次の点が異なる。図５８は、組合せ集光レンズ２０３の外筒の先端部にキー溝２６７が付けられ、回転レーザ照射筒２８５に取付けたキー２６８とで周方向に回転自由に結合されているところが異なる細管内面レーザ補修装置２４９の概念図である。

【０５０１】

第３の発明の第１変形例の作用を以下で説明する。

【０５０２】

本発明は、第３の発明の第１実施例とほぼ同様の作用である。

【０５０３】

第３の発明の第１変形例の効果を下記に示す。

【０５０４】

本発明は、第３の発明の第１実施例とほぼ同様の効果が期待出来る。

【０５０５】

次に、図５９を参照して、第２の実施形態における第３の発明の第２実施例について説明する。

【０５０６】

第３の発明の第２実施例は、第３の発明の第１実施例における先端部構造２７９にリニア駆動装置２１６を設置し、半透明ミラー２０５を軸方向移動出来るようにしてレーザ光の焦点距離の調整（内径の異なる細管への対応、内径が一定でない場合への対応）を行ないながら細管２０１の内面の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装

置に関する。
【０５０７】
以下、図面を参照して第３の発明の第２実施例を説明する。
【０５０８】
図５９は、蓄電池２０８、光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ２３５、２８７で構成される先端部構造２８８、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３で構成される後部構造２８９との間に半透明ミラー２０５、固定金具２２０等を内臓した回転レーザ照射筒２９０を取付け、減速機２６４を介して電磁回転モータ２３５で回転レーザ照射筒２９０と一緒に半透明ミラー２０５を回転させ、レーザ照射点を周方向に走査させながら、電磁回転モータ２８７でウォームギア２２４を回転させて半透明ミラー２０５を回転レーザ照射筒２９０と相対的に軸方向に移動させながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、半透明ミラー２０５で細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２５０の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２５０を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業を行なう細管内面レーザ補修装置２５０の概念図である。
【０５０９】
細管内面レーザ補修装置２５０は、先端部構造２８８、後部構造２８９、回転レーザ照射筒２９０部とで構成される。
【０５１０】
先端部構造２８８は、蓄電池２０８、光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ２３５、２８７、減速機２６４、周辺の接触端子２０９等で構成される。中空軸電磁回転モータ２３５の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して回転レーザ照射筒２９０に伝達されるように結合されている。中空軸電磁回転モータ２３５の動力は、蓄電池２０８より供給されるようになっている。また、その制御は中空軸電磁回転モータ２３５の中空軸２０６の内側に取付けられている光導波路２２５に半透明ミラー２０５を通過した青色パルスレーザ光以外の波長の制御レーザ光を導き、光制御装置２１４を遠隔制御して行なう。中空軸電磁回転モータ２８７の回転駆動力が、ウォームギア２２４を回転させて固定金具２２０の内歯歯車を介して固定金具２２０をガイドレール２１９に沿って軸方向に移動させ、固定金具２２０に固定された半透明ミラー２０５を軸方向に回転レーザ照射筒２９０と相対的に移動させる。
【０５１１】
後部構造２８９は、光ファイバ接続構造２６６、組合せ集光レンズ２０３等で構成されている。組合せ集光レンズ２０３の外筒にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒２９０と後部構造２８９は、回転レーザ照射筒２９０に取付けたキー２６８と後部構造２８９のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。組合せ集光レンズ２０３と外筒の間にシール構造２５９が取付けられている。
【０５１２】
第３の発明の第２実施例の作用を以下で説明する。第３の発明の第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。
【０５１３】
青色を中心としたパルスレーザ光が細管２０１の表面に照射され始めると同時に電磁回転モータ２８７も働かせて半透明ミラー２０５を軸方向に移動可能な状態とする。可視光パルスレーザ光を細管２０１の表面に照射した時に発生する超音波を超音波センサ３４５で検出し、検出量が最大となるように半透明ミラー２０５を軸方向に移動させる制御を行なう。複合ケーブル２１２の引き抜き量が、所定の長さに達するまで作業が行なわれると、青色を中心としたパルスレーザ装置３１６の発振を止める。出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業を行ない、その先端に取付けた細管内面レーザ補修装置２５０を計装管２６９（細管２０１）より取り出す。この作業が終了すると、再び別の計装管２６９（細管２０１）に

挿入し、上記の作業を再び繰り返す。
【０５１４】
第３の発明の第２実施例の効果を下記に示す。
【０５１５】
第３の発明の第１実施例と同様な効果が期待出来る。電磁回転モータ２８７を用いて半透明ミラー２０５を軸方向に移動させて照射レーザ光の焦点距離の調整を行なうことにより内径が軸方向に異なる細管の表面改質作業、一定な半径でない細管の表面改質作業を容易に行なえるようになる。
【０５１６】
次に、図６０を参照して、第２の実施形態における第３の発明の第２変形例について説明する。
【０５１７】
第３の発明の第２変形例は、第３の発明の第２実施例で組合せ集光レンズ２０３の外筒の先端部にキー溝２６７が付けられ、回転レーザ照射筒２９２に取付けたキー２６８とで周方向に回転自由に結合されているところが異なる細管内面レーザ補修装置に関する。
【０５１８】
以下、図面を参照して第３の発明の第２変形例を説明する。
【０５１９】
図６０は、図５９と次の点が異なる。図６０は、組合せ集光レンズ２０３の外筒の先端部にキー溝２６７が付けられ、回転レーザ照射筒２９２に取付けたキー２６８とで周方向に回転自由に結合されているところが異なる細管内面レーザ補修装置２５１の概念図である。
【０５２０】
第３の発明の第２変形例の作用を以下で説明する。
【０５２１】
本発明は、第３の発明の第２実施例と同様の作用である。
【０５２２】
第３の発明の第２変形例の効果を下記に示す。
【０５２３】
本発明は、第３の発明の第２実施例と同様の効果が期待出来る。
【０５２４】
次に、図６１を参照して、第２の実施形態における第３の発明の第３実施例について説明する。
【０５２５】
第３の発明の第３実施例は、第３の発明の第２変形例における後部構造２９１に長さを伸縮出来る超音波リニアモータ２７３を組み込み半透明ミラー２０５を軸方向に移動出来るようにして細管２０１の内面の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０５２６】
以下、図面を参照して第３の発明の第３実施例を説明する。
【０５２７】
図６１は、図６０と次の点が異なり、組合せ集光レンズ２０３の長さを伸縮出来るように外筒に超音波リニアモータ２７３を組み込んだことを特徴とする細管内面レーザ補修装置２５２の概念図である。
【０５２８】
第３の発明の第３実施例の作用を以下で説明する。
【０５２９】
第３の発明の第２変形例と同様の作用であるが下記の点が異なる。
【０５３０】
青色を中心としたパルスレーザ光が細管２０１の表面に照射され始めると同時に超音波リ

ニアモータ２７３も働かせて半透明ミラー２０５を軸方向に所定の長さ移動する。移動が終了するとパルスレーザ装置３１６の発振を止める。続いて複合ケーブル２１２を引いて細管内面レーザ補修装置２５２全体を超音波リニアモータ２７３を働かせて半透明ミラー２０５を軸方向に移動させた範囲内で引き抜きを行なう。その間に超音波リニアモータ２７３を働かせて半透明ミラー２０５を軸方向で元の相対位置になるように戻す。以下同様の操作を繰返し、複合ケーブル２１２の引き抜き量が、所定の長さに達するまで作業が行なわれると、青色を中心としたパルスレーザ装置３１６の発振を止める。

【０５３１】

出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業を行ない、その先端に取付けた細管内面レーザ補修装置２５２を計装管２６９（細管２０１）より取り出す。この作業が終了すると、再び別の計装管２６９（細管２０１）に挿入し、上記の作業を再び繰り返す。

【０５３２】

第３の発明の第３実施例の効果を下記に示す。

【０５３３】

第３の発明の第２変形例と同様な効果が期待出来る。超音波リニアモータ２７３を働かせて半透明ミラー２０５を軸方向に移動させて照射レーザ光を軸方向に一定距離走査出来るため出入れ装置２１５を働かせて光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２を細管２０１（計装管２６９）より引き抜く作業の位置設定が容易になり細管の表面改質作業を容易に行なえるようになる。

【０５３４】

次に、図６２を参照して、第２の実施形態における第３の発明の第３変形例について説明する。

【０５３５】

第３の発明の第３変形例は、第３の発明の第３実施例の電磁回転モータ２８７を超音波リニアモータ２９４に替えたことを特徴とする細管内面レーザ補修装置に関する。

【０５３６】

以下、図面を参照して第３の発明の第３変形例を説明する。

【０５３７】

図６２は、図６１と次の点が異なり、電磁回転モータ２８７を超音波リニアモータ２９４とした細管内面レーザ補修装置２５３の概念図である。

【０５３８】

第３の発明の第３変形例の作用を以下で説明する。

【０５３９】

本発明は、第３の発明の第３実施例と同様の作用である。

【０５４０】

第３の発明の第３変形例の効果を下記に示す。

【０５４１】

本発明は、第３の発明の第３実施例と同様の効果が期待出来る。

【０５４２】

次に、図６３を参照して、第２の実施形態における第４の発明の第１実施例について説明する。

【０５４３】

第４の発明の第１実施例は、蓄電池２０８、中空軸電磁回転モータ２９６、接続構造３０１等で構成される先端部構造２９８、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６、中空軸電磁回転モータ２０７等で構成される回転駆動部２６１と先端部構造２９８を接続する光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ３０２、半透明ミラー２０５、固定金具２２０、長さが変えられる組合せ集光レンズ２０３の等を内臓した回転レーザ照射筒３０４等で構成され、減速機２６４を介して電磁回転モータ７で回転レーザ照射筒３０４と一緒に半透明ミラー２０５を回転させ、レーザ照射点を周方向に走査させながら

、ウォームギア２２４を介して電磁回転モータ３０２で半透明ミラー２０５を回転レーザ照射筒３０４の軸方向に相対移動させ焦点距離を調整しながら、ウォームギア２９９を介して電磁回転モータ２９６で組合せ集光レンズ２０３の間隔を変えることにより半透明ミラー２０５を軸方向に走査しながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、半透明ミラー２０５で反射して細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２５４の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２５４を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０５４４】

以下、図面を参照して第４の発明の第１実施例を説明する。

【０５４５】

図６３は、蓄電池２０８、中空軸電磁回転モータ２９６、接続構造３０１等で構成される先端部構造２９８、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６、中空軸電磁回転モータ２０７等で構成される回転駆動部２６１と先端部構造２９８を接続する光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ３０２、半透明ミラー２０５、固定金具２２０、長さを変えられる組合せ集光レンズ２０３等を内臓した回転レーザ照射筒３０４等で構成され、減速機２６４を介して電磁回転モータ２０７で回転レーザ照射筒３０４と一緒に半透明ミラー２０５を回転させ、レーザ照射点を周方向に走査させながら、ウォームギア２２４を介して電磁回転モータ３０２で半透明ミラー２０５を回転レーザ照射筒３０４の軸方向に相対移動させ焦点距離を調整しながら、ウォームギア２９９を介して電磁回転モータ２９６で組合せ集光レンズ２０３の間隔を変えることにより半透明ミラー２０５を軸方向に走査しながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、半透明ミラー２０５で反射して細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２５４の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２５４を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置の概念図である。

【０５４６】

細管内面レーザ補修装置２５４は、先端部構造２９８、回転駆動部２６１、回転レーザ照射筒３０４部とで構成される。

【０５４７】

先端部構造２９８は、蓄電池２０８、中空軸電磁回転モータ２９６、周辺の接触端子２０９、接続構造３０１等で構成される。

【０５４８】

中空軸電磁回転モータ２９６の回転駆動力は、ウォームギア２９９と接続構造３０１の内歯歯車を介して接続構造３０１を軸方向に移動させ、接続構造３０１に固定されている回転レーザ照射筒３０４部を伸縮させ、回転レーザ照射筒３０４の内部に取付けられている透明ミラー２０５を軸方向に相対移動させる。中空軸電磁回転モータ２９６の動力は、蓄電池２０８より中空軸を経由して供給されるようになっている。また、その制御は、回転レーザ照射筒３０４に設置されている中空軸電磁回転モータ３０２の中空軸２０６の内側に取付けられている光導波路２２５に半透明ミラー２０５を通過した青色パルスレーザ光以外の波長の制御レーザ光を導き、光制御装置２１４を遠隔制御して中空軸電磁回転モータ２９６の中空軸を経由して行なう。

【０５４９】

回転レーザ照射筒３０４は、光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ３０２、減速機２６４、固定金具２２０、ガイドレール２１９、長さが変えられる組合せ集光レンズ２０３等が取付けられている。固定金具２２０には半透明ミラー２０５が固定されている。中空軸電磁回転モータ３０２の回転駆動力が固定金具２２０の内歯歯車を介して固定金具２２０をガイドレール２１９に沿って移動させ、固定金具に固定されている半透明ミラー２０５を軸方向に移動させる。

【０５５０】
回転レーザ照射筒３０４に伝達されるように結合されている。中空軸電磁回転モータ３０２の動力は、先端部構造２９８の蓄電池２０８より供給されるようになっている。また、その制御は中空軸電磁回転モータ３０２の中空軸２０６の内側に取付けられている光導波路２２５に半透明ミラー２０５を通過した青色パルスレーザ光以外の波長の制御レーザ光を導き、光制御装置２１４を遠隔制御して行なう。
【０５５１】
回転駆動部２６１は、光ファイバ接続構造２６６、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４等で構成されている。中空軸電磁回転モータ２０７の外筒にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒３０４と回転駆動部２６１は、回転レーザ照射筒３０４に取付けたキー２６８と回転駆動部２６１のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。組合せ集光レンズ２０３と外筒の間にシール構造２５９が取付けられている。
【０５５２】
第４の発明の第１実施例の作用を以下で説明する。
【０５５３】
本発明は、第１の発明の第２変形例において組合せ集光レンズ２０３の長さを変えるのに超音波リニアモータ３２０を用いていた代わりにレーザ照射ノズル部２８６の先端部に電磁回転モータ２９６、蓄電池２０８等で構成される先端部構造２９８を取付け、レーザ照射ノズル部８６に対応する回転レーザ照射筒３０４を回転駆動部２６１との間で回転と伸縮を行なうようにしたものである。
【０５５４】
細管内面レーザ補修装置２５４の回転駆動部２６１と先端部構造２９８に取り付けた接触端子２０９を用いて細管２０１の内部に固定し、中空軸電磁回転モータ２０７を駆動して回転レーザ照射筒３０４を回転させ、同時に半透明ミラー２０５を回転させて光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束したレーザ光２０４を反射させて細管２０１の内面に照射する。中空軸電磁回転モータ３０２を回転駆動させて回転力をウォームギア２２４で固定金具２２０の内歯歯車を介して固定金具２２０に伝え、固定金具２２０をガイドレール２１９に沿って移動させ、固定金具に固定されている半透明ミラー２０５も軸方向に移動させ、光細管２０１に反射して照射させるファイバ２より射出されたレーザ光２０４の焦点距離を調整する。中空軸電磁回転モータ２９６の回転駆動させてウォームギア２９９と接続構造３０１の内歯歯車を介して接続構造３０１を軸方向に移動させ、接続構造３０１に固定されている回転レーザ照射筒３０４部を伸縮させ、回転レーザ照射筒３０４の内部に取付けられている透明ミラー２０５を軸方向に相対移動させ、光細管２０１に反射して照射させるファイバ２より射出されたレーザ光２０４を軸方向に走査させる。以下、第１の発明の第２変形例と同様な作用である。
【０５５５】
第４の発明の第１実施例の効果を下記に示す。
【０５５６】
本発明の細管内面レーザ補修装置２５４を用いることにより圧力容器２１１に溶接された複数本の計装管２６９（細管２０１）の内面の表面改質作業などの点検・保全を遠隔・水中で行なうことにより短い作業期間で行なうことが出来、機器の長寿命化を達成することが出来、原子力プラントに適用すると遠隔で水中作業を行なうため作業者の被曝を低減して作業を行なうことが出来る等、第１の発明の第２変形例と同様な効果が期待できる。
【０５５７】
次に、図６４を参照して、第２の実施形態における第４の発明の第２実施例について説明する。
【０５５８】
図６４は、中空軸電磁回転モータ２９６、接触端子２０９等で構成される先端部構造３０５、中空軸電磁回転モータ２３５、２３６、接続構造３０１等で構成される中間部構造３

０３、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と長さが伸縮する組合せ集光レンズ２０３で構成される後部構造３０６と中間部構造３０３との間に反射鏡２２８、固定金具２２０等を内臓した回転レーザ照射筒２３２を取付け、減速機２６４を介して電磁回転モータ２３５で回転レーザ照射筒２３２と一緒に反射鏡２２８を回転させ、レーザ照射点を周方向に走査させながら、電磁回転モータ２３６でウォームギア２１８を回転させて反射鏡２２８を回転レーザ照射筒２３２と相対的に軸方向に移動させながら、中空軸電磁回転モータ２９６でウォームギア２９９を回転させて接続構造３０１を軸方向に移動させ、中間部構造３０３、回転レーザ照射筒２３２を経由して後部構造３０６の組合せ集光レンズ２０３の長さを伸縮させ、反射鏡２２８を軸方向に移動させ、レーザ照射点を軸方向に走査させながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、反射鏡２２８で細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２５３の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２５３を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業を行なう細管内面レーザ補修装置２５３の概念図である。

【０５５９】

細管内面レーザ補修装置２５３は、先端部構造３０５、中間部構造３０３、後部構造３０６、回転レーザ照射筒２３２部とで構成される。

【０５６０】

先端部構造３０５は、中空軸電磁回転モータ２９６、周辺の接触端子２０９等で構成される。中空軸電磁回転モータ２９６の軸は、ウォームギア２９９と結合されていて、ウォームギア２９９は、中間部構造３０３の接続構造３０１の内歯歯車と結合していて、中空軸電磁回転モータ２９６が回転駆動するとウォームギア２９９が回転し、接続構造３０１が軸方向に移動する。接続構造３０１が軸方向に移動すると同時に中間部構造３０３、回転レーザ照射筒２３２も軸方向に移動し、組合せ集光レンズ２０３の長さが伸縮させられる。回転レーザ照射筒２３２が、軸方向に移動する時に内部に固定されている反射鏡２２８も軸方向に移動することになる。

【０５６１】

中間部構造３０３は、中空軸電磁回転モータ２３５、２３６、接続構造３０１等で構成される。中空軸電磁回転モータ２３５の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して回転レーザ照射筒２３２に伝達されるように結合されている。中空軸電磁回転モータ２３５の動力・制御信号は、後部構造３０６からスリップリング２２１を介して伝達される。中空軸電磁回転モータ２３６の回転駆動力が、ウォームギア２１８を回転させて固定金具２２０の内歯歯車を介して固定金具２２０をガイドレール２１９に沿って軸方向に移動させ、固定金具２２０に固定された反射鏡２２８を軸方向に回転レーザ照射筒２３２と相対的に移動させる。

【０５６２】

後部構造３０６は、光ファイバ接続構造２６６、長さが変えられる組合せ集光レンズ２０３等で構成されている。組合せ集光レンズ２０３の外筒の先端にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒２３２と後部構造３０６は、回転レーザ照射筒２３２に取付けたキー２６８と後部構造３０６のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。また組合せ集光レンズ２０３の外筒の先端にはスリップリング２２１が取付けられている。組合せ集光レンズ２０３と外筒の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０５６３】

第４の発明の第２実施例の作用を以下で説明する。

【０５６４】

本発明は、第２の発明の第３実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。中空軸電磁回転モータ２９６を回転駆動させ、ウォームギア２９９を回転させて接続構造３０１を軸方向に移動させる。接続構造３０１が、軸方向に移動すると同時に中間部構造３０３、回転レーザ照射筒２３２も軸方向に移動し、後部構造３０６の接触端子２０９が細管２０１内面に固定された状態で組合せ集光レンズ２０３の長さが伸縮する。回転レーザ照射筒２

３２が、軸方向に移動する時に内部に固定されている反射鏡２２８も軸方向に移動することになり、光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を軸方向に走査しながら細管２０１の内面に照射する。

【０５６５】

第４の発明の第２実施例の効果を下記に示す。

【０５６６】

本発明は、第２の発明の第３実施例と同様の効果が期待出来る。

【０５６７】

次に、図６５を参照して、第２の実施形態における第４の発明の第３実施例について説明する。

【０５６８】

第４の発明の第３実施例は、第３の発明の第３実施例における後部構造２９１に取り付けた長さを伸縮出来る超音波リニアモータ２７３の代わりに先端部構造２８８を中間部構造３０７としてその先端に新たに蓄電池２０８、電磁回転モータ２９６等で構成される先端部構造２９８を取付け、電磁回転モータ２９６を回転させ中間部構造３０７の接続構造３０１の内歯歯車を介して半透明ミラー２０５を軸方向に移動出来るようにして細管２０１の内面の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０５６９】

以下、図面を参照して第４の発明の第３実施例を説明する。

【０５７０】

図６５は、中空軸電磁回転モータ２９６、蓄電池２０８、接触端子２０９等で構成される先端部構造２９８、中空軸電磁回転モータ２３５、２８７、接続構造３０１等で構成される中間部構造３０７、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と長さが伸縮する組合せ集光レンズ２０３で構成される後部構造３０８と中間部構造３０７との間に半透明ミラー２０５、固定金具２２０等を内蔵した回転レーザ照射筒２９２を取付け、減速機２６４を介して電磁回転モータ２３５で回転レーザ照射筒２９２と一緒に半透明ミラー２０５を回転させ、レーザ照射点を周方向に走査させながら、電磁回転モータ２８７でウォームギア２２４を回転させて半透明ミラー２０５を回転レーザ照射筒２９２と相対的に軸方向に移動させながら、中空軸電磁回転モータ２９６でウォームギア２９９を回転させて接続構造３０１を軸方向に移動させ、中間部構造３０７、回転レーザ照射筒２９２を経由して後部構造３０８の組合せ集光レンズ２０３の長さを伸縮させ、半透明ミラー２０５を軸方向に移動させ、レーザ照射点を軸方向に走査させながら光ファイバ２０２より射出された可視光パルスレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で集束し、半透明ミラー２０５で細管２０１の内面に照射し、細管内面レーザ補修装置２５６の出入れ装置２１５で複合ケーブル２１２を細管軸方向に引き抜きながら細管内面レーザ補修装置２５６を移動させて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業を行なう細管内面レーザ補修装置２５６の概念図である。

【０５７１】

細管内面レーザ補修装置２５６は、先端部構造２９８、中間部構造３０７、後部構造３０８、回転レーザ照射筒２９２部とで構成される。

【０５７２】

先端部構造２９８は、中空軸電磁回転モータ２９６、蓄電池２０８、周辺の接触端子２０９等で構成される。中空軸電磁回転モータ２９６の軸は、ウォームギア２９９と結合されていて、ウォームギア２９９は、中間部構造３０７の接続構造３０１の内歯歯車と結合していて、中空軸電磁回転モータ２９６が回転駆動するとウォームギア２９９が回転し、接続構造３０１が軸方向に移動する。

【０５７３】

接続構造３０１が軸方向に移動すると同時に中間部構造３０７、回転レーザ照射筒２９２も軸方向に移動し、組合せ集光レンズ２０３の長さが伸縮させられる。回転レーザ照射筒２９２が、軸方向に移動する時に内部に固定されている半透明ミラー２０５も軸方向に移

動することになる。中空軸電磁回転モータ２９６の動力は、蓄電池２０８より中空軸を経由して供給されるようになっている。また、その制御は、回転レーザ照射筒２９２に設置されている中空軸電磁回転モータ２３５、２８７の中空軸２０６の内側に取付けられている光導波路２２５に半透明ミラー２０５を通過した青色パルスレーザ光以外の波長の制御レーザ光を導き、光制御装置２１４を遠隔制御して中空軸電磁回転モータ２９６の中空軸を経由して行なう。

【０５７４】

中間部構造３０７は、中空軸電磁回転モータ２３５、２８７、接続構造３０１、光制御装置２１４等で構成される。中空軸電磁回転モータ２３５の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して回転レーザ照射筒２９２に伝達されるように結合されている。中空軸電磁回転モータ２３５の動力は、先端部構造２９８の蓄電池２０８より中空軸を経由して供給されるようになっている。また、その制御は、半透明ミラー２０５を通過した青色パルスレーザ光以外の波長の制御レーザ光を光導波路２２５に導き、光制御装置２１４を遠隔制御して行なう。中空軸電磁回転モータ２８７の回転駆動力が、ウォームギア２２４を回転させて固定金具２２０の内歯歯車を介して固定金具２２０をガイドレール２１９に沿って軸方向に移動させ、固定金具２２０に固定された半透明ミラー２０５を軸方向に回転レーザ照射筒２９２と相対的に移動させる。

【０５７５】

後部構造３０８は、光ファイバ接続構造２６６、長さが変えられる組合せ集光レンズ２０３等で構成されている。組合せ集光レンズ２０３の外筒の先端にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒２３２と後部構造３０６は、回転レーザ照射筒２３２に取付けたキー２６８と後部構造３０６のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。組合せ集光レンズ２０３と外筒の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０５７６】

第４の発明の第３実施例の作用を以下で説明する。

【０５７７】

本発明は、第３の発明の第３実施例と同様の作用である。

【０５７８】

第４の発明の第３実施例の効果を下記に示す。

【０５７９】

本発明は、第３の発明の第３実施例と同様の効果が期待出来る。

【０５８０】

次に、図６６を参照して、第２の実施形態における第５の発明の第１実施例について説明する。

【０５８１】

第５の発明の第１実施例は、第１の発明の第３実施例のレーザ照射ノズル２７２部の先端部に側写光学装置付きＣＣＤカメラ３１０を回転させる電磁回転モータ３０９を取り付けた細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０５８２】

以下、図面を参照して第５の発明の第１実施例を説明する。

【０５８３】

図６６は、電磁回転モータ３０９、ＣＣＤカメラ３１０、側写光学装置３１２等で構成される先端部構造３１３、中空軸電磁回転モータ２０７、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の固定金具２１０等で構成される後部構造３１４、この先端部構造３１３と後部構造３１４を反射鏡２２８、組合せ集光レンズ２０３とこれを伸縮させる超音波リニアモータ３２０等を内臓する回転レーザ照射筒３２１で結合する細管内面レーザ補修装置２５７の概念図である。

【０５８４】

細管内面レーザ補修装置２５７は、先端部構造３１３、回転レーザ照射筒３２１部、後部

構造３１４等で構成される。
【０５８５】
先端部構造３１３は、電磁回転モータ３０９、ＣＣＤカメラ３１０、側写光学装置３１２、接触端子２０９等で構成される。側写光学装置３１２は、ＣＣＤカメラ３１０の前方に固定され、ＣＣＤカメラ３１０は、電磁回転モータ３０９に結合されている。電磁回転モータ３０９を駆動することにより側写光学装置３１２を回転させ細管２０１の内表面の全周の映像を反射鏡３１１を介して取り込む構成になっている。また、ＣＣＤカメラ部には照明装置が組み込まれている。電磁回転モータ３０９への動力、ＣＣＤカメラ３１０への動力・信号は、回転レーザ照射筒３２１に取り付けたスリップリング２２１を介して伝送される。
【０５８６】
回転レーザ照射筒３２１は、反射鏡２２８、組合せ集光レンズ２０３とこれを伸縮させる超音波リニアモータ３２０等で構成される。
【０５８７】
電磁回転モータ２１７は、回転レーザ照射筒３２１に固定され、ウオームギア２１８、固定金具２２０、ガイドレール２１９、固定金具２２０の中心に設けられている内歯歯車て固定金具２２０に固定されている反射鏡２２８を軸方向に移動させる構成になっている。超音波リニアモータ３２０を駆動して回転レーザ照射筒３２１を伸縮させると回転レーザ照射筒３２１に固定されている反射鏡２２８の軸方向の位置が、変化し、レーザ光の照射位置が軸方向に移動する。
【０５８８】
後部構造３１４は、中空軸電磁回転モータ２０７、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の固定金具２１０等で構成される。中空軸電磁回転モータ２０７の外面には接触端子２０９、キー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒３２１と後部構造３１４は、回転レーザ照射筒３２１に取付けたキー２６８と中空軸電磁回転モータ２０７のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。また、スリップリング２２１を介して電磁回転モータ２１７への動力および信号の伝送を行なう構成である。
【０５８９】
第５の発明の第１実施例の作用を以下で説明する。
【０５９０】
第１の発明の第３実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。細管内面レーザ補修装置２５７を細管２０１に挿入して溶接部の表面改質を行なう時に、目標の溶接部に近づくと電磁回転モータ３０９を駆動してＣＣＤカメラ３１０と側写光学装置３１２を同時に回転させ細管２０１の内面の全周を観察しながら挿入を行なう。目標が確認出来ると引き続き所定の長さ挿入を続行する。以下、細管内面レーザ補修装置２５７を引き抜きながら細管２０１の内表面の補修を行なう。また、電磁回転モータ３０９を駆動してＣＣＤカメラ３１０と側写光学装置３１２を同時に回転させて補修作業を行なった場所の表面状態を観察する作業も並行して行なう。
【０５９１】
第５の発明の第１実施例の効果を下記に示す。
【０５９２】
第１の発明の第３実施例と同様の効果が期待できる。ＣＣＤカメラ３１０と側写光学装置３１２で補修作業前の作業部位の観察および作業後の作業部位の観察を行なうことにより補修作業の高度な品質が補償出来るようになる。
【０５９３】
次に、図６７を参照して、第２の実施形態における第５の発明の第２実施例について説明する。
【０５９４】
第５の発明の第２実施例は、第１の発明の第２変形例のレーザ照射ノズル２８６部の先端部に側写光学装置３１２付きＣＣＤカメラ３１０を回転させる電磁回転モータ３０９を取

り付けた細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０５９５】

以下、図面を参照して第５の発明の第２実施例を説明する。

【０５９６】

図６７は、電磁回転モータ３０９、ＣＣＤカメラ３１０、側写光学装置３１２、蓄電池２０８、光制御装置２１４等で構成される先端部構造３２２、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の固定金具２１０等で構成される後部構造３１４、この先端部構造３２２と後部構造３１４を半透明ミラー２０５、電磁式リニアモータ３２３、組合せ集光レンズ２０３とこれを伸縮させる超音波リニアモータ３２０等を内臓する回転レーザ照射筒３２４で結合する細管内面レーザ補修装置３２５の概念図である。

【０５９７】

細管内面レーザ補修装置３２５は、先端部構造３２２、回転レーザ照射筒３２４部、後部構造３１４等で構成される。

【０５９８】

先端部構造３２２は、電磁回転モータ３０９、ＣＣＤカメラ３１０、側写光学装置３１２、蓄電池２０８、光制御装置２１４、接触端子２０９等で構成される。側写光学装置３１２は、ＣＣＤカメラ３１０の前方に固定され、ＣＣＤカメラ３１０は、電磁回転モータ３０９に結合されている。電磁回転モータ３０９を駆動することにより側写光学装置３１２を回転させ細管２０１の内表面の全周の映像を反射鏡３１１を介して取り込む構成になっている。また、ＣＣＤカメラ部には照明装置が組み込まれている。電磁回転モータ３０９への動力、ＣＣＤカメラ３１０への動力は、蓄電池２０８より供給され、制御信号・計測信号は、光制御装置２１４で電気・光の変換を行ない、光導波路２２５、半透明ミラー２０５、組合せ集光レンズ２０３、光ファイバ２０２を青色でないレーザ光を伝送させて行なう。

【０５９９】

回転レーザ照射筒３２４は、半透明ミラー２０５、組合せ集光レンズ２０３とこれを伸縮させる超音波リニアモータ３２０、電磁式リニアモータ３２３等で構成される。電磁式リニアモータ３２３は、回転レーザ照射筒３２４に固定され、スライド軸３２６、固定金具２２０、ガイドレール２１９等で固定金具２２０に固定されている半透明ミラー２０５を軸方向に移動させる構成になっている。超音波リニアモータ３２０を駆動して回転レーザ照射筒３２４を伸縮させると回転レーザ照射筒３２４に固定されている半透明ミラー２０５の軸方向の位置が、変化し、レーザ光の照射位置が軸方向に移動する。

【０６００】

後部構造３１４は、中空軸電磁回転モータ２０７、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の固定金具２１０等で構成される。中空軸電磁回転モータ２０７の外面には接触端子２０９、キー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒３２４と後部構造３１４は、回転レーザ照射筒３２１に取付けたキー２６８と中空軸電磁回転モータ２０７のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。

【０６０１】

第５の発明の第２実施例の作用を以下で説明する。

【０６０２】

第１の発明の第２変形例と同様の作用であるが下記の点が異なる。細管内面レーザ補修装置３２５を細管２０１に挿入して溶接部の表面改質を行なう時に、目標の溶接部に近づくと電磁回転モータ３０９を駆動してＣＣＤカメラ３１０と側写光学装置３１２を同時に回転させ細管２０１の内面の全周を観察しながら挿入を行なう。目標が確認出来ると引き続き所定の長さ挿入を続行する。以下、細管内面レーザ補修装置３２５を引き抜きながら細管２０１の内表面の補修を行なう。また、電磁回転モータ３０９を駆動してＣＣＤカメラ３１０と側写光学装置３１２を同時に回転させて補修作業を行なった場所の表面状態を観

察する作業も並行して行なう。
【０６０３】
第５の発明の第２実施例の効果を下記に示す。
【０６０４】
第１の発明の第２変形例と同様の効果が期待できる。ＣＣＤカメラ３１０と側写光学装置３１２で補修作業前の作業部位の観察および作業後の作業部位の観察を行なうことにより補修作業の高度な品質が補償出来るようになる。
【０６０５】
次に、図６８を参照して、第２の実施形態における第５の発明の第３実施例について説明する。
【０６０６】
第５の発明の第３実施例は、第４の発明の第１実施例の先端部構造２９８に側写光学装置付きＣＣＤカメラ３１０を回転させる電磁回転モータ３０９を取り付けた細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０６０７】
以下、図面を参照して第５の発明の第３実施例を説明する。
【０６０８】
図６８は、電磁回転モータ３０９、ＣＣＤカメラ３１０、側写光学装置３１２、蓄電池２０８、電磁式リニアモータ３２８、光制御装置２１４等で構成される先端部構造１２７、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の固定金具２１０等で構成される後部構造３１４、この先端部構造３２７と後部構造３１４を半透明ミラー２０５、電磁式リニアモータ３２３、軸方向に伸縮する組合せ集光レンズ２０３等を内臓する回転レーザ照射筒３２９で結合する細管内面レーザ補修装置３３０の概念図である。
【０６０９】
細管内面レーザ補修装置３３０は、先端部構造３２７、回転レーザ照射筒３２９部、後部構造３１４等で構成される。
【０６１０】
先端部構造３２７は、電磁回転モータ３０９、ＣＣＤカメラ３１０、側写光学装置３１２、蓄電池２０８、電磁式リニアモータ３２８、光制御装置２１４、接触端子２０９等で構成される。側写光学装置３１２は、ＣＣＤカメラ３１０の前方に固定され、ＣＣＤカメラ３１０は、電磁回転モータ３０９に結合されている。電磁回転モータ３０９を駆動することにより側写光学装置３１２を回転させ細管２０１の内表面の全周の映像を反射鏡３１１を介して取り込む構成になっている。また、ＣＣＤカメラ部には照明装置が組み込まれている。電磁回転モータ３０９への動力、ＣＣＤカメラ３１０への動力は、蓄電池２０８より行なわれる。また、制御・計測は、光／電気変換を光制御装置２１４で行ない、ケーブル配管３３１、光導波路３００、半透明ミラー２０５、組合せ集光レンズ２０３、光ファイバ２０２を青色以外のレーザ光あるいは信号電流を伝送して行なう。電磁式リニアモータ３２８を駆動して回転レーザ照射筒３２９を伸縮させると回転レーザ照射筒３２９に固定されている半透明ミラー２０５の軸方向の位置が、変化し、レーザ光の照射位置が軸方向に移動する。
【０６１１】
回転レーザ照射筒３２９は、半透明ミラー２０５、軸方向に伸縮する組合せ集光レンズ２０３、電磁式リニアモータ３２３等で構成される。電磁式リニアモータ３２３は、回転レーザ照射筒３２９に固定され、スライド軸３２６、固定金具２２０、ガイドレール２１９等で固定金具２２０に固定されている半透明ミラー２０５を軸方向に移動させる構成になっている。
【０６１２】
後部構造３１４は、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４、光ファイバ２０２を含

む複合ケーブル２１２の固定金具２１０等で構成される。中空軸電磁回転モータ２０７の外面には接触端子２０９、キー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒３２９と後部構造３１４は、回転レーザ照射筒３２１に取付けたキー２６８と中空軸電磁回転モータ２０７のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。

【０６１３】

第５の発明の第３実施例の作用を以下で説明する。

【０６１４】

第４の発明の第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。細管内面レーザ補修装置３３０を細管２０１に挿入して溶接部の表面改質を行なう時に、目標の溶接部に近づくと電磁回転モータ３０９を駆動してＣＣＤカメラ３１０と側写光学装置３１２を同時に回転させ細管２０１の内面の全周を観察しながら挿入を行なう。目標が確認出来ると引き続き所定の長さ挿入を続行する。以下、細管内面レーザ補修装置３３０を引き抜きながら細管２０１の内表面の補修を行なう。また、電磁回転モータ３０９を駆動してＣＣＤカメラ３１０と側写光学装置３１２を同時に回転させて補修作業を行なった場所の表面状態を観察する作業も並行して行なう。

【０６１５】

第５の発明の第３実施例の効果を下記に示す。

【０６１６】

第４の発明の第１実施例と同様の効果が期待できる。ＣＣＤカメラ３１０と側写光学装置３１２で補修作業前の作業部位の観察および作業後の作業部位の観察を行なうことにより補修作業の高度な品質に補償することが行なえる。

【０６１７】

次に、図６９を参照して、第２の実施形態における第６の発明の第１実施例について説明する。図６９では図６９（ａ）の右側端に図６９（ｂ）の左側端が位置する関係にある。

【０６１８】

第６の発明の第１実施例は、第４の発明の第１実施例の先端部構造２９８の中空軸電磁回転モータ２９６を手動の組み歯車構造３３３にし、回転レーザ照射筒３０４に内臓される中空軸電磁回転モータ３０２を組み歯車構造３３４にしたレーザ照射ノズル部３３６を中空軸電磁回転モータ３３５のロータ部に直結して回転させ、細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０６１９】

以下、図面を参照して第６の発明の第１実施例を説明する。

【０６２０】

図６９は、反射鏡３３７、集光レンズ３３８、平行光線化レンズ３３９、組み歯車構造３３３、３３４、外筒３４０等で構成されるレーザ照射ノズル部３３６を中空軸電磁回転モータ３３５のロータ部に直結し、その中空軸３４７に光ファイバ３４８のコア３４９を挿入して固定した細管内面レーザ補修装置２８４の概念図である。

【０６２１】

レーザ照射ノズル部３３６は、反射鏡３３７、集光レンズ３３８、平行光線化レンズ３３９、組み歯車構造３３３、３３４、外筒３４０等で構成される。

【０６２２】

外筒３４０は、中空軸電磁回転モータ３３５の端板構造３５０に固定され、その内側にスペーサ３５１、平行光線化レンズ３３９、押え用内筒３５２が挿入され、位置決めピン３５３で平行光線化レンズ３３９と端板構造３５０の間隔を所定の値に固定する。また、集光レンズ３３８と結合された軸方向移動用内筒３５４が、内部に挿入されている。中心に穴のあいた端板３５５が、外筒３４０の端に固定されている。端板３５５には組み歯車構造３３３、３３４を取り付けるためのハウジング構造３５６が、取り付けられている。軸方向移動用内筒３５４には端板構造３５７が取り付けられ、その中心には中空スライド軸３５８が取付けられている。中空スライド軸３５８は、端板３５５の中心に穴を貫通してハウジング構造３５６の内部隔壁３５９の端板３５５の中心の穴と同軸に開けられた穴に

挿入される構成である。ハウジング構造３５６の内部で中空スライド軸３５８には歯車３６０が取付けられ、歯車３６０とウオームギア３６１が噛合う構成である。軸方向移動用内筒３５４の内部に反射鏡３３７が挿入され、反射鏡３３７とスライド軸３６２が結合されている。スライド軸３６２は、中空スライド軸３５８を貫通してハウジング構造３５６の端板３６３に開孔された孔に挿入される構成である。スライド軸３６２には歯車３６４が取付けられ、歯車３６４とウオームギア３６５が噛合う構成である。軸３６９、３７０の一部にウオームギア３６１、３６５部分が構成され、ドライバーで回転を行なうためのツマミ３６７、３６８が頭部に取付けられている。外筒３４０には、溝３７１が全周に形成され、線形バネ３６６がとりっけられている。外筒３４０、軸方向移動用内筒３５４にはレーザ照射用窓の孔３７２、３７３が開けられている。また、水抜き用の孔３７４、３７５、３７６、３７７が開けられている。

【０６２３】

中空軸電磁回転モータ３３５は、中空軸３４７、ベアリング３７８、永久磁石製ロータ３７９、ステータ３８１、コイル３８０、端板構造３５０、３８２、ケーブル３８３、外筒３８４等で構成されている。ベアリング３７８の外輪に取付け金具３８５を固定し、取付け金具３８５と端板構造３５０が結合している。また、永久磁石製ロータ３７９も取付けられている。ステータ３８１、コイル３８０は、外筒３８４に取付けられ、外筒３８４と端板構造３８２が結合されている。中空軸３４７は、ベアリング３７８の内輪に固定され、端板構造３８２と結合している。端板構造３５０は、レーザ照射ノズル部３３６の外筒３４０と結合している。また、端板構造３８２は、光ファイバ３４８固定用の金具３８６と結合している。中空軸３４７には、光ファイバ３４８のコア３４９が挿入され、その先端位置が設定出来る構造になっている。

【０６２４】

光ファイバ３４８固定用の金具３８６の外面には、溝３７１が全周に形成され、線形バネ３６６が取りつけられている。固定用の金具３８６の固定用ネジ３８７で光ファイバ３４８を押し付けて固定する構成になっている。

【０６２５】

第６の発明の第１実施例の作用を以下で説明する。

【０９２６】

第４の発明の第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。細管内面レーザ補修装置２８４を細管２０１に挿入して溶接部の表面改質を行なう前にツマミ３６７、３６８を時計ドライバー等で回し、軸３６９、ウオームギア３６１、歯車３６０、中空スライド軸３５８、端板構造３５５、軸方向移動用内筒３５４、集光レンズ３３８と力を伝達して集光レンズ３３８を軸方向に移動したり、軸３７０、ウオームギア３６５、歯車３６４、スライド軸３６２、反射鏡３３７と力を伝達して反射鏡３３７を軸方向に移動してレーザ光２０４が細管２０１の内面に焦点を結ぶように調整をする。

【０６２７】

第６の発明の第１実施例の効果を下記に示す。

【０６２８】

第４の発明の第１実施例と同様の効果が期待できる。レーザ光２０４が細管２０１の内面に焦点を結ぶように事前に調整を行なうことにより表面改質の作業品質を向上することが出来る。

【０６２９】

次に、図７０を参照して、第２の実施形態における第６の発明の第２実施例について説明する。図７０では図７０（ａ）の右側端に図７０（ｂ）の左側端が位置する関係にある。

【０６３０】

第６の発明の第２実施例は、第６の発明の第１実施例の組み歯車構造３３３、３３４を手動で回転させて反射鏡３３７、集光レンズ３３８を軸方向に移動させる代わりにソレノイド３８８、３８９を用いた細管内面レーザ補修装置３８８で細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０６３１】
以下、図面を参照して第６の発明の第２実施例を説明する。
【０６３２】
図７０は、反射鏡３３７、集光レンズ３３８、平行光線化レンズ３３９、ソレノイド３８８、３８９、を用いた軸方向移動装置３９０、３９１、外筒３４０等で構成されるレーザ照射ノズル部３８９を中空軸電磁回転モータ３３５のロータ部に直結し、その中空軸３４７に光ファイバ３４８のコア３４９を挿入して固定した細管内面レーザ補修装置３８８の概念図である。
【０６３３】
レーザ照射ノズル部３８９は、反射鏡３３７、集光レンズ３３８、平行光線化レンズ３３９、ソレノイド３８８、３８９を用いた軸方向移動装置３９０、３９１、外筒３４０等で構成される。
【０６３４】
外筒３４０は、中空軸電磁回転モータ３３５の端板構造３５０に固定され、その内側にスペーサ３５１、平行光線化レンズ３３９、押え用内筒３５２が挿入され、位置決めピン３５３で平行光線化レンズ３３９と端板構造３５０の間隔を所定の値に固定する。また、集光レンズ３３８と結合された軸方向移動用内筒３５４が、内部に挿入されている。中心に穴のあいた端板３９２が、外筒３４０の端に固定されている。端板３９２にはソレノイド３８９を取り付けるためのハウジング構造３９３が、取り付けられている。軸方向移動用内筒３５４には端板構造３５７が取り付けられ、その中心には中空スライド軸３５８が取付けられている。中空スライド軸３５８は、端板３９２の中心に穴を貫通してハウジング構造３９４の端板３９５に結合される構成である。ハウジング構造３９４の端板３９６にはソレノイド３８８が取付けられ、ソレノイド３８８の先端構造３９７は、スライド軸３９８と結合され、スライド軸３９８は中空スライド軸３５８を貫通して軸方向移動用内筒３５４内部に挿入されている反射鏡３３７と結合されている。ハウジング構造３９３には、端板３９９が取付けられ、端板３９９にはソレノイド３８９が取付けられている。ソレノイド３８９の先端構造４００は、ハウジング構造３９４の端板３９６に結合されている。外筒３４０には、溝３７１が全周に形成され、線形バネ３６６がとりつけられている。外筒３４０、軸方向移動用内筒３５４にはレーザ照射用窓の孔３７２、３７３が開けられている。また、水抜き用の孔３７４、３７５、３７６、３７７、４０１、４０２、４０３が開けられている。
【０６３５】
中空軸電磁回転モータ３３５は、中空軸３４７、ベアリング３７８、永久磁石製ロータ３７９、ステータ３８１、コイル３８０、端板構造３５０、３８２、ケーブル３８３、外筒３８４等で構成されている。ベアリング３７８の外輪に取付け金具３８５を固定し、取付け金具３８５と端板構造３５０が結合している。また、永久磁石製ロータ３７９も取付けられている。ステータ３８１、コイル３８０は、外筒３８４に取付けられ、外筒３８４と端板構造３８２が結合されている。中空軸３４７は、ベアリング３７８の内輪に固定され、端板構造３８２と結合している。端板構造３５０は、レーザ照射ノズル部３８９の外筒３４０と結合している。また、端板構造３８２は、光ファイバ３４８固定用の金具３８６と結合している。中空軸３４７には、光ファイバ３４８のコア３４９が挿入され、その先端位置が設定出来る構造になっている。
【０６３６】
光ファイバ３４８固定用の金具３８６の外面には、溝３７１が全周に形成され、線形バネ３６６が取りつけられている。固定用の金具３８６の固定用ネジ３８７で光ファイバ３４８を押し付けて固定する構成になっている。
【０６３７】
第６の発明の第２実施例の作用を以下で説明する。
【０６３８】
第６の発明の第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。細管内面レーザ補修装

置３８８を細管２０１に挿入して溶接部の表面改質を行なう時、細管２０１の内面にレーザ光２０４を照射した時に発生する超音波の検出値が最大になるようにソレノイド３８８を働かせて反射鏡３３７を軸方向に移動させて焦点を調整する。また、ソレノイド３８９を働かせて反射鏡３３７と集光レンズ３３８を同時に軸方向に移動させて細管２０１の軸方向の照射位置を走査する。

【０６３９】

第６の発明の第２実施例の効果を下記に示す。

【０６４０】

第６の発明の第１実施例と同様の効果が期待できる。表面改質の作業中に焦点調整が出来るため細管２０１の内径が設計値と異なる変化をしている場合、溶接による凹凸がある場合、細管２０１が変形している場合等においても所定の表面改質作業を行なうことが出来る。また、軸方向に一定距離の範囲レーザ光の走査が遠隔自動で行なえるため軸方向に一定の範囲の補修作業を容易に行なうことが出来、作業の効率向上、作業品質の向上を達成することが出来る。

【０６４１】

次に、図７１を参照して、第２の実施形態における第６の発明の第１変形例について説明する。図７１では図７１（ａ）の右側端に図７１（ｂ）の左側端が位置する関係にある。

【０６４２】

第６の発明の第１変形例は、第６の発明の第２実施例のレーザ照射ノズル部３８９の先端に細管内面への固定装置４１５を取り付け、ベアリング４１６を介してレーザ照射ノズル部３８９を保持し、回転レーザ照射筒４１７とした細管内面レーザ補修装置４１８で細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０６４３】

以下、図面を参照して第６の発明の第１変形例を説明する。

【０６４４】

図７１は、周辺に固定用の接触端子２０９を取付けた外筒４１９等で構成される先端部構造４２０、反射鏡３３７、集光レンズ３３８、平行光線化レンズ３３９、ソレノイド３８８、３８９を用いた軸方向移動装置４２１、４２２、外筒４２３等で構成される回転レーザ照射筒４１７を中空軸電磁回転モータ３３５のロータ部に直結し、その中空軸３４７に光ファイバ３４８のコア３４９を挿入して固定した細管内面レーザ補修装置４１８の概念図である。細管内面レーザ補修装置４１８は、先端部構造４２０、回転レーザ照射筒４１７、光ファイバ３４８固定用の金具３８６等で構成されている。

【０６４５】

先端部構造４２０は、外筒４１９が、ベアリング４１６の外輪に固定され、外面には、溝３７１が全周に形成され、線形バネ３６６が取りつけられている。

【０６４６】

回転レーザ照射筒４１７は、反射鏡３３７、集光レンズ３３８、平行光線化レンズ３３９、ソレノイド３８８、３８９を用いた軸方向移動装置４２１、４２２、外筒４２３等で構成される。

【０６４７】

外筒４２３は、中空軸電磁回転モータ３３５の端板構造３５０に固定され、その内側にスペーサ３５１、平行光線化レンズ３３９、押え用内筒３５２が挿入され、位置決めピン３５３で平行光線化レンズ３３９と端板構造３５０の間隔を所定の値に固定する。また、集光レンズ３３８と結合された軸方向移動用内筒３５４が、内部に挿入されている。中心に穴のあいた端板３９２が、外筒４２３の端に固定されている。端板３９２にはソレノイド３８９を取り付けるためのハウジング構造３９３と接続筒４２４と結合されている。接続筒４２４は、ベアリング４１６の内輪に固定されている。軸方向移動用内筒３５４には端板構造３５７が取り付けられ、その中心には中空スライド軸３５８が取付けられている。中空スライド軸３５８は、端板３９２の中心に穴を貫通してハウジング構造３９４の端板

３９５に結合される構成である。ハウジング構造３９４の端板３９６にはソレノイド３８８が取付けられ、ソレノイド３８８の先端構造３９７は、スライド軸３９８と結合され、スライド軸３９８は中空スライド軸３５８を貫通して軸方向移動用内筒３５４内部に挿入されている反射鏡３３７と結合されている。ハウジング構造３９３には、端板３９９が取付けられ、端板３９９にはソレノイド３８９が取付けられている。ソレノイド３８９の先端構造４００は、ハウジング構造３９４の端板３９６に結合されている。外筒４２３には、溝３７１が全周に形成され、線形バネ３６６がとりつけられている。外筒４２３、軸方向移動用内筒３５４にはレーザ照射用窓の孔３７２、３７３が開けられている。また、水抜き用の孔３７４、３７５、３７６、３７７、４０１、４０２、４０３が開けられている。

【０６４８】

中空軸電磁回転モータ３３５は、中空軸３４７、ベアリング３７８、永久磁石製ロータ３７９、ステータ３８１、コイル３８０、端板構造３５０、３８２、ケーブル３８３、外筒３８４等で構成されている。ベアリング３７８の外輪に取付け金具３８５を固定し、取付け金具３８５と端板構造３５０が結合している。また、永久磁石製ロータ３７９も取付けられている。ステータ３８１、コイル３８０は、外筒３８４に取付けられ、外筒３８４と端板構造３８２が結合されている。中空軸３４７は、ベアリング３７８の内輪に固定され、端板構造３８２と結合している。端板構造３５０は、回転レーザ照射筒４１７の外筒４２３と結合している。また、端板構造３８２は、光ファイバ３４８固定用の金具３８６と結合している。中空軸３４７には、光ファイバ３４８のコア３４９が挿入され、その先端位置が設定出来る構造になっている。

【０６４９】

光ファイバ３４８固定用の金具３８６の外面には、溝３７１が全周に形成され、線形バネ３６６が取りつけられている。固定用の金具３８６の固定用ネジ３８７で光ファイバ３４８を押し付けて固定する構成になっている。

【０６５０】

第６の発明の第１変形例の作用を以下で説明する。

【０６５１】

第６の発明の第２実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。細管内面レーザ補修装置４１８を細管２０１に挿入して溶接部の表面改質を行なう時、中空軸電磁回転モータ３３５で回転レーザ照射筒４１７に内臓する反射鏡３３７を回転させて細管２０１の内面の表面改質を行なう。

【０６５２】

第６の発明の第１変形例の効果を下記に示す。

【０６５３】

第６の発明の第２実施例と同様の効果が期待できる。回転レーザ照射筒４１７の両端にベアリング構造を採用しているため回転レーザ照射筒４１７に内臓する反射鏡３３７を高速で回転するための中空軸電磁回転モータ３３５の設計が容易になる。

【０６５４】

次に、図７２を参照して、第２の実施形態における第６の発明の第２変形例について説明する。

【０６５５】

第６の発明の第２変形例は、第６の発明の第１実施例の組み歯車構造３３３、３３４の代わりにネジ・バネ機構４２５、４２６で反射鏡３３７、集光レンズ３３８を軸方向に移動出来るようにした。

【０６５６】

レーザ照射ノズル部４２７を中空軸電磁回転モータ３３５のロータ部に直結して回転させ、細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置と方法に関するものである。

【０６５７】

以下、図面を参照して第６の発明の第２変形例を説明する。
【０６５８】
図７２は、反射鏡３３７、集光レンズ３３８、平行光線化レンズ３３９、ネジ・バネ機構４２５、４２６、外筒３４０等で構成されるレーザ照射ノズル部４２７を中空軸電磁回転モータ３３５のロータ部に直結し、その中空軸３４７に光ファイバ３４８のコア３４９を挿入して固定した細管内面レーザ補修装置４２８のネジ・バネ機構４２５、４２６部分の概念図である。
【０６５９】
第６の発明の第１実施例と下記の点が異なる。
【０６６０】
端板４２８の中心部にネジ４２９が設けられ、ネジ・バネ機構の４２６のネジ部が嵌合し、軸方向移動用内筒３５４と結合している端板構造３５７に回転自由で結合している。外筒３４０と軸方向移動用内筒３５４が相対的に回転しないようにリニア機構が設けられている（図示せず）。バクラッシュを無くすためにバネ４３０が取付けられている。ネジ・バネ機構の４２６のネジ部の頭部にネジ４２３が設けられ、ネジ・バネ機構の４２５のネジ部が嵌合し、反射鏡３３７と回転自由に結合されている。反射鏡３３７と軸方向移動用内筒３５４が相対的に回転しないようにリニア機構が設けられている（図示せず）。バクラッシュを無くすためにバネ４３２が取付けられている。
【０６６１】
第６の発明の第２変形例の作用を以下で説明する。
【０６６２】
第６の発明の第１実施例と同様の作用である。
【０６６３】
第６の発明の第２変形例の効果を下記に示す。
【０６６４】
第６の発明の第１実施例と同様の効果が期待できる。
【０６６５】
次に、図７３を参照して、第２の実施形態における第６の発明の第３実施例について説明する。図７３では図７３（ａ）の右側端に図７３（ｂ）の左側端が位置する関係にある。
【０６６６】
第６の発明の第３実施例は、第６の発明の第１実施例の集光レンズ３３８、平行光線化レンズ３３９、光ファイバ３４８の代わりにＣＣＤカメラ４３３を外筒３４０の内部に入れ、ＣＣＤカメラ４３３の固定金具４３４を中空軸電磁回転モータ３３５の中空軸３４７と結合し、中空軸３４７をベアリング３７８の内輪に固定し、外筒３４０を中空軸電磁回転モータ３３５のロータ３７９の取付け金具３８５と結合し、取付け金具３８５をベアリング３７８の外輪に固定し、外筒３４０の先端に組み反射鏡４３５、電池式照明装置４３６を取付け、外筒３４０を中空軸電磁回転モータ３３５で回転させて細管２０１の内面の点検を行なう装置に関する。
【０６６７】
以下、図面を参照して第６の発明の第３実施例を説明する。
【０６６８】
図７３は、電池式照明装置４３６、組み反射鏡４３５、外筒３４０等で構成される側写光学機構４３７を中空軸電磁回転モータ３３５のロータ部に直結し、その中空軸３４７にＣＣＤカメラ４３３の固定金具４３４を結合して構成される細管内面検査装置２３８の概念図である。
【０６６９】
側写光学機構４３７は、電池式照明装置４３６、組み反射鏡４３５、外筒３４０等で構成される。外筒３４０は、中空軸電磁回転モータ３３５のロータ３７９の取付け金具３８５と結合し、取付け金具３８５部でベアリング３７８の外輪に固定されている。外筒３４０の先端には電池式照明装置４３６が結合されている。電池式照明装置４３６は、蓄電池、

電球（レーザ発振機）等で構成されている。組み反射鏡４３５は、２面の反射面４３９、４４０を持っていて、外筒３４０の開孔部４４１より細配１の内面に照明を当てるたり、内面の映像を映すように配置されている。

【０６７０】

外筒３４０の内部にＣＣＤカメラ４３３を入れ、ＣＣＤカメラ４３３と固定金具４３４を結合し、固定金具４３４と中空軸電磁回転モータ３３５の中空軸３４７と結合し、中空軸３４７をベアリング３７８の内輪に固定する。ＣＣＤカメラ４３３のケーブル４４２は、固定金具４３４、中空軸３４７の中心部の穴を通って細管２０１の外へ取り出される構成である。

【０６７１】

中空軸電磁回転モータ３３５は、中空軸３４７、ベアリング３７８、永久磁石製ロータ３７９、ステータ３８１、コイル３８０、端板構造３５０、３８２、ケーブル３８３、外筒３８４等で構成されている。ベアリング３７８の外輪に取付け金具３８５を固定し、取付け金具３８５と端板構造３５０が結合している。また、永久磁石製ロータ３７９も取付けられている。ステータ３８１、コイル３８０は、外筒３８４に取付けられ、外筒３８４と端板構造３８２が結合されている。中空軸３４７は、ベアリング３７８の内輪に固定され、端板構造３８２と結合している。端板構造３５０は、レーザ照射ノズル部３３６の外筒３４０と結合している。また、端板構造３８２は、光ファイバ３４８固定用の金具３８６と結合している。中空軸３４７には、光ファイバ３４８のコア３４９が挿入され、その先端位置が設定出来る構造になっている。

【０６７２】

第６の発明の第３実施例の作用を以下で説明する。

【０６７３】

細管内面検査装置４３８を細管２０１に挿入して溶接部の表面改質を行なう前に溶接部周辺の表面状態を検査する時に用いる。挿入を開始すると同時に電池式照明装置４３６の照明を点灯し、中空軸電磁回転モータ３３５を駆動して外筒３８４、組み反射鏡４３５を回転させる。ＣＣＤカメラ４３３を起動して、組み反射鏡４３５の反射面４３９に映った細管２０１の内面の像を映す。ＣＣＤカメラ４３３の映像の取り込みと中空軸電磁回転モータ３３５による組み反射鏡４３５の回転は、同期するように別途制御する。また、細管２０１の内面の３６０°の映像を合成して同時に表示するシステムを別途用意する。３６０°の側面映像を監視と収録をしながら目的とする溶接部まで挿入を行ない、同時に検査を行なう。

【０６７４】

第６の発明の第３実施例の効果を下記に示す。

【０６７５】

細管内面検査装置４３８を用いることにより表面改質を行なおうとする細管２０１の内面の状況を正確にしることが出来、予防保全を行なう時の処置方法を的確に把握することが出来、表面改質の作業品質を向上することが出来る。

【０６７６】

次に、本発明の第２の実施形態における第６の発明の第３変形例について説明する。

【０６７７】

第６の発明の第３変形例は、第６の発明の第３実施例の蓄電池式照明装置４３６の代わりにスリップリング４４４を用いた電気供給方式による照明装置４４３を用いた細管内面検査装置に関する。

【０６７８】

第６の発明の第３変形例は、第６の発明の第３実施例とほぼ同様の作用と効果を有する。

【０６７９】

次に、図７４を参照して、第２の実施形態における第７の発明の第１実施例について説明する。

【０６８０】

第７の発明の第１実施例は、第１の発明の第１実施例のレーザ照射ノズル部２２６の先端にフィルター機構４０４を取り付けた細管内面レーザ補修装置４０５を中空軸電磁回転モータ２０７の制御ケーブル及び動力ケーブルと光ファイバ２０２で構成される複合ケーブル２１２を細管内面レーザ補修装置４０５の出入れ装置２１５で細管軸方向に引き抜きながら細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０６８１】

以下、図面を参照して第７の発明の第１実施例を説明する。

【０６８２】

図７４は、組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８等を内蔵し、レーザ光照射距離設定用接触端子２０９を周辺に取付けたレーザ照射ノズル２２６部とその先端に取り付けられたフィルター機構４０４を同時に中空軸電磁回転モータ２０７で回転させ、中空軸２０６に挿入された光ファイバ２０２より射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８を介して細管２０１の内表面に照射する細管内面レーザ補修装置４０５の概念図である。

【０６８３】

細管内面レーザ補修装置４０５は、フィルター機構４０４、レーザ照射ノズル２２６部、回転駆動部２６１とで構成される。

【０６８４】

フィルター機構４０４は、フィルター４０６、保持容器４０７、ジャバラ４０８、ロッド４０９、バネ４１０、シール用帯４１１、バネピン４１２等で構成されている。バネ４１０とシール用帯４１１は、形状記憶合金製で、通電加熱をしてバネ４１０は縮み、シール用帯４１１は、円筒に広がるように記憶させ、常温では伸びた状態であったり円筒が縮んだ状態を記憶させる。保持容器４０７には、通水穴が開孔されていてその中にフィルター４０６が詰められている。ロッド４０９は、保持容器４０７と端栓２６３を結合し、ロッド４０９に沿って、バネ４１０が伸び縮みする構成である。

【０６８５】

レーザ照射ノズル２２６部は、外筒２６２、組合せ集光レンズ２０３、端栓２６３、反射鏡２８、接触端子２０９等で構成される。外筒２６２の内面に減速機２６４の内歯歯車２６５が、取付けられている。組合せ集光レンズ２０３と外筒２６２の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０６８６】

回転駆動部２６１は、中空軸電磁回転モータ２０７、減速機２６４、光ファイバ２０２、光ファイバ接続構造２６６等で構成されている。中空軸電磁回転モータ２０７の外面には接触端子２０９、キー溝２６７が、付けられている。

【０６８７】

レーザ照射ノズル２２６部と回転駆動部２６１は、レーザ照射ノズル２２６部に取付けたキー２６８と回転駆動部２６１のキー溝２６７との周方向に回転自由に結合され、中空軸電磁回転モータ２０７の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して外筒２６２に伝達されるように結合されている。また、シール構造２６０で回転時にもシールされる構造になっている。光ファイバ２０２と接続構造２６６等との間もシール構造２５８でシールする。

【０６８８】

第７の発明の第１実施例の作用を以下で説明する。

【０６８９】

本発明は、第１の発明の第１実施例と同様な作用であるが下記の点が異なる。細管２０１の内表面にレーザ光２０４が照射されると原子層で数層の構造材料が蒸発して微粉末になる。これを細管内面レーザ補修装置４０５の周辺に流している水流で下流に押し流し、フィルター機構４０４のジャバラ４０８とシール用帯４１１の効果で微粉末を含む流れを保持容器４０７の孔４１３より保持容器４０７内に導き、フィルター４０６に微粉末を付着

させて流れを浄化して孔４１３より保持容器４０７の外に排出する。
【０６９０】
第７の発明の第１実施例の効果を下記に示す。
【０６９１】
本発明は、第１の発明の第１実施例と同様な効果である。フィルター機構４０４でレーザ照射時に発生する微粉末の除去が出来、細管２０１等へ微粉末が再付着して表面を汚染するのを防止出来る。
【０６９２】
次に、図７５を参照して、第２の実施形態における第７の発明の第１変形例について説明する。
【０６９３】
第７の発明の第一変形例は、第３の発明の第２実施例における先端部構造２８８の先端にフィルター機構４０４を取り付けた細管内面レーザ補修装置４１４を中空軸電磁回転モータ２０７の制御ケーブル及び動力ケーブルと光ファイバ２０２で構成される複合ケーブル２１２を細管内面レーザ補修装置４１４の出入れ装置２１５で細管軸方向に引き抜きながら細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０６９４】
以下、図面を参照して第７の発明の第一変形例を説明する。
【０６９５】
図７５は、蓄電池２０８、光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ２３５、２８７で構成される先端部構造２８８とその先端にフィルター機構４０４を取り付け、光ファイバ２０２を含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３等で構成される後部構造２８９と先端部構造２８８との間に半透明ミラー２０５、固定金具２２０等を内臓した回転レーザ照射筒２９０を結合した細管２０１の内表面に照射する細管内面レーザ補修装置４１４の概念図である。
【０６９６】
細管内面レーザ補修装置４１４は、フィルター機構４０４、先端部構造２８８、後部構造２８９、回転レーザ照射筒２９０等で構成される。
【０６９７】
フィルター機構４０４は、フィルター４０６、保持容器４０７、ジャバラ４０８、ロッド４０９、バネ４１０、シール用帯４１１、バネピン４１２等で構成されている。バネ４１０とシール用帯４１１は、形状記憶合金製で、通電加熱をしてバネ４１０は縮み、シール用帯４１１は、円筒に広がるように記憶させ、常温では伸びた状態であったり円筒が縮んだ状態を記憶させる。保持容器４０７には、通水穴が開孔されていてその中にフィルター４０６が詰められている。ロッド４０９は、保持容器４０７と端栓２６３を結合し、ロッド４０９に沿って、バネ４１０が伸び縮みする構成である。
【０６９８】
先端部構造２８８は、蓄電池２０８、光制御装置２１４、中空軸電磁回転モータ２３５、２８７、減速機２６４、周辺の接触端子２０９等で構成される。中空軸電磁回転モータ２３５の回転駆動力が減速機２６４（遊星歯車、組み歯車）を介して回転レーザ照射筒２９０に伝達されるように結合されている。中空軸電磁回転モータ２３５の動力は、蓄電池２０８より供給されるようになっている。また、その制御は中空軸電磁回転モータ２３５の中空軸２０６の内側に取付けられている光導波路２２５に半透明ミラー２０５を通過した青色パルスレーザ光以外の波長の制御レーザ光を導き、光制御装置２１４を遠隔制御して行なう。中空軸電磁回転モータ２８７の回転駆動力が、ウオームギア２２４を回転させて固定金具２２０の内歯歯車を介して固定金具２２０をガイドレール２１９に沿って軸方向に移動させ、固定金具２２０に固定された半透明ミラー２０５を軸方向に回転レーザ照射筒２９０と相対的に移動させる。
【０６９９】

後部構造２８９は、光ファイバ２０２およびそれを含む複合ケーブル２１２の接続構造２６６と組合せ集光レンズ２０３等で構成されている。組合せ集光レンズ２０３の外筒にはキー溝２６７が、付けられている。回転レーザ照射筒２９０に取付けたキー２６８と後部構造２８９のキー溝２６７とで周方向に回転自由に結合されている。組合せ集光レンズ２０３と外筒の間にシール構造２５９が取付けられている。

【０７００】

第７の発明の第１変形例の作用を以下で説明する。

【０７０１】

第３の発明の第２実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。細管２０１の内表面にレーザ光２０４が照射されると原子層で数層の構造材料が蒸発して微粉末になる。これを細管内面レーザ補修装置４０５の周辺に流している水流で下流に押し流し、フィルター機構４０４のジャバラ４０８とシール用帯４１１の効果で微粉末を含む流れを保持容器４０７の孔４１３より保持容器４０７内に導き、フィルター４０６に微粉末を付着させて流れを浄化して孔４１３より保持容器４０７の外に排出する。

【０７０２】

第７の発明の第１変形例の効果を下記に示す。

【０７０３】

第３の発明の第２実施例と同様な効果が期待出来る。フィルター機構４０４でレーザ照射時に発生する微粉末の除去が出来、細管２０１等へ微粉末が再付着して表面を汚染するのを防止出来る。

【０７０４】

次に、本発明の第２の実施形態における第７の発明の第２変形例について説明する。

【０７０５】

第７の発明の第２変形例は、第１の発明の第１実施例と第３の発明の第２実施例を除く他の実施例等の細管内面レーザ補修装置の先端にフィルター機を取付けた細管内面レーザ補修装置に関するものである。

【０７０６】

第７の発明の第２変形例は、第７の発明の第１実施例とほぼ同様の作用と効果を有する。

【０７０７】

次に、図７６を参照して、第２の実施形態における第７の発明の第２実施例について説明する。

【０７０８】

第７の発明の第２実施例は、第１の発明の第１実施例の一台の青色を中心とした可視光パルスレーザ装置の代わりに複数台の可視光パルスレーザ装置から発振されたレーザ光と回転反射鏡の回転を同期して１本のパルスレーザ光に合成したものを用いて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０７０９】

図７６は、複数台のパルスレーザ装置からのレーザ光の発振と回転反射鏡の回転との同期を採って１本のレーザ光に合成する概念図。複数台のパルスレーザ装置３１６の発振パルス数を一定にし、発振のタイミングを１パルスをパルスレーザ装置３１６の台数で割った時間だけ順次遅らして発振させる制御を同期装置４４６で行ない、一定時間遅らして発振したパルスレーザ光が、反射鏡４５０を経由してパルス光合成装置４５１に入射される時に回転反射鏡４４７の反射面が入射されるパルスレーザ光の方向を向くように駆動装置４４８で回転反射鏡４４７を回転させる。パルスレーザ光が、パルス光合成装置４５１に入射される方向は、パルスレーザ装置３１６の台数で一回転を等配した方向にし、回転する方向に順次発振が遅れたパルスレーザ光が入射するように同期装置４４６でパルスレーザ装置３１６の発振を制御する。パルス光合成装置４５１に入射されるパルスレーザ光は、回転反射鏡４４７で同一の方向に反射されて１本の合成パルスレーザ光４４９となる。合成パルスレーザ光４４９のパルス数は、１台のパルスレーザ装置３１６のパルス数の使用

したパルスレーザ装置３１６の台数倍となる。
【０７１０】
第７の発明の第２実施例の作用を以下で説明する。
【０７１１】
第１の発明の第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。合成パルスレーザ光４４９を１本の光ファイバ３１８に導入し、１本の細管２０１の内面を細管内面レーザ補修装置で補修を行なう。
【０７１２】
第７の発明の第２実施例の効果を下記に示す。第１の発明の第１実施例と同様な効果を期待出来る。
【０７１３】
次に、図７７を参照して、第２の実施形態における第７の発明の第３実施例について説明する。
【０７１４】
第７の発明の第３実施例は、第１の発明の第１実施例の一台の青色を中心とした可視光パルスレーザ装置の代わりに複数台の可視光パルスレーザ装置の発振と液晶シャッター機構付き反射鏡の開閉を同期して１本のパルスレーザ光に合成したものを用いて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関するものである。
【０７１５】
図７７は、複数台の可視光パルスレーザ発振装置からのレーザ光の発振と液晶シャッター機構付き反射鏡の開閉との同期を採って１本のパルスレーザ光に合成する概念図。複数台のパルスレーザ装置３１６の発振パルス数を一定にし、発振のタイミングを１パルスをパルスレーザ装置３１６の台数で割った時間だけ順次遅らして発振させる制御を同期装置４５３で行ない、一定時間遅らして発振したパルスレーザ光光が、液晶シャッター機構付き反射鏡４５２に照射される時には液晶シャッターを閉じた状態になるように同期装置４５３で制御し、反射鏡４５２を反射面に変え、入射されるパルスレーザ光を一定の方向に向ける。液晶シャッター機構付き反射鏡４５２で反射されたパルスレーザ光は、別の液晶シャッター機構付き反射鏡４５２に照射される時には開いた状態になっているため通過出来るようになっている。液晶シャッター機構付き反射鏡４５２の開閉とパルスレーザ装置３１６の発振の同期を同期装置４５３で行なうことにより１本の合成パルスレーザ光４４９となる。合成パルスレーザ光４４９のパルス数は、１台のパルスレーザ装置３１６のパルス数の使用したパルスレーザ装置３１６の台数倍となる。
【０７１６】
第７の発明の第３実施例の作用を以下で説明する。
【０７１７】
第１の発明の第１実施例と同様の作用であるが下記の点が異なる。合成パルスレーザ光４４９を１本の光ファイバ３１８に導入し、１本の細管２０１の内面を細管内面レーザ補修装置で補修を行なう。
【０７１８】
第７の発明の第３実施例の効果を下記に示す。第１の発明の第１実施例と同様な効果を期待出来る。
【０７１９】
次に、図７８を参照して、第２の実施形態における第７の発明の第４実施例について説明する。図７８は図６９のＡ－Ａからみた断面図である。
【０７２０】
第７の発明の第４実施例は、前述の第２の実施形態における各発明の各実施例または変形例における細管内面レーザ補修装置の固定用接触端子を形状記憶合金製の線形バネにして細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。

【０７２１】
以下、図面を参照して第７の発明の第４実施例を説明する。
【０７２２】
図７８は、形状記憶合金製の線形バネ４５５が加熱されて細管２０１の内面に接触した状態（ａ）と、常温時の縮まって接触を解除した状態（ｂ）とを示す概念図である。形状記憶合金製の線形バネ４５５は、金具４５４を介して細管内面レーザ補修装置、細管内面検査装置に固定されている。形状記憶合金製の線形バネ４５５の加熱は、電流を流して行なうが、そのための線は図示していない。
【０７２３】
第７の発明の第４実施例の作用を以下で説明する。
【０７２４】
前述の各実施例または変形例と同様の作用であるが下記の点が異なる。細管内面レーザ補修装置、細管内面検査装置を細管２０１に挿入して全体を軸方向に移動させる時には形状記憶合金製の線形バネ４５５は、常温状態で（図７８（ｂ）参照）あり、細管２０１の内面の点検・保全を行なう場所に挿入されると形状記憶合金製の線形バネ４５５に電流を流して加熱状態として細管２０１の内面に形状記憶合金製の線形バネ４５５を接触する状態（図７８（ａ）参照）として回転方向を中心にして固定する。
【０７２５】
第７の発明の第４実施例の効果を下記に示す。
【０７２６】
前述の実施例と同様の同様な効果を期待出来る。形状記憶合金製の線形バネ４５５を伸縮することにより細管内面レーザ補修装置、細管内面検査装置を細管２０１に挿入するのが容易で、所定の場所に固定するのも容易である。
【０７２７】
次に、図７９および図８０を参照して、第２の実施形態における第７の発明の第５実施例について説明する。
【０７２８】
第７の発明の第５実施例は、前述の各実施例または変形例の細管内面レーザ補修装置の固定用接触端子を形状記憶合金製コイル状板バネ４５８にして細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０７２９】
以下、図面を参照して第７の発明の第５実施例を説明する。
【０７３０】
図７９は、中空軸電磁回転モータ３３５に取り付けられた形状記憶合金製コイル状板バネ４５８を装着した金具４５９部分の詳細を示す概念図である。
【０７３１】
図８０は図７９（または図８１）のＡ－Ａ矢視図であり、金具４５９に装着した形状記憶合金製コイル状板バネ４５８が加熱して展開した状態と常温時の縮んだ状態を示す概念図である。
【０７３２】
第７の発明の第５実施例の作用を以下で説明する。
【０７３３】
前述の各実施例や変形例と同様の作用を有するが下記の点が異なる。細管内面レーザ補修装置を細管２０１に挿入して全体を軸方向に移動させる時には形状記憶合金製コイル状板バネ４５８は常温状態で（図８０（ｂ）参照）あり、細管２０１の内面の点検・保全を行なう場所に挿入されると形状記憶合金製コイル状板バネ２５８に電流を流して加熱状態として細管２０１の内面に形状記憶合金製コイル状板バネ４５８を接触する状態（図８０（ａ）参照）として回転方向を中心にして固定する。
【０７３４】
第７の発明の第５実施例の効果を下記に示す。

【０７３５】
前述の各実施例や変形例と同様の同様な効果を期待出来る。形状記憶合金製コイル状板バネ４５８を伸縮することにより細管内面レーザ補修装置あるいは細管内面検査装置を細管２０１に挿入するのが容易で所定の場所に固定するのも容易である。
【０７３６】
次に、図８１を参照して、第２の実施形態における第７の発明の第３変形例について説明する。
【０７３７】
第７の発明の第３変形例は、第７の発明の第５実施例の形状記憶合金製コイル状板バネ４５８の巻き方向の異なるものを複数個取り付けたものを用いて細管２０１の内面の一定範囲の表面改質作業などの点検・保全を行なう細管内面レーザ補修装置に関する。
【０７３４】
以下、図面を参照して第７の発明の第３変形例を説明する。
【０７３５】
図８１は、複数個の巻き方向の異なる形状記憶合金製コイル状板バネ４５８を装着した金具４５９を中空軸電磁回転モータ３３５取り付けた部分の詳細を示す概念図である。
【０７３６】
第７の発明の第３変形例は、第７の発明の第５実施例とほぼ同様の作用と効果を有し、また、回転方向の固定がより確実に出来る。
【０７３７】
次に、本発明の第２の実施形態の第７の発明の第６実施例について説明する。
【０７３８】
第７の発明の第６実施例は、図６９、図７０、図７１および図７３の中空軸電磁回転モータ３３５が、固定した中空軸３４７と空隙を持って回転可能な円筒形状の複数極に着磁された永久磁石ロータ３７９と、この永久磁石ロータ３７９を回転支持する軸受けと、永久磁石ロータ３７９の外側に空隙を持ってコイル３８０が配置されたステータ３８１で構成されることを特徴とする。
【０７３９】
以下、図面を参照して第７の発明の第６実施例を説明する。
【０７４０】
図６９、図７０、図７１および図７３を参照し、中空軸電磁回転モータ３３５の一例について一実施例を説明する。中空軸３４７にボールベアリング３７８を軸方向に間隔を設けて２つ、内輪を中空軸３４７に固定する。２個の間隔を持って配置されたボールベアリング３７８の外輪には、２極に着磁されたリング形状の永久磁石が固定される。この永久磁石には、磁性体からなるロータヨーク（取り付け金具３８５）を内側に持ち、このロータヨーク（取り付け金具３８５）をボールベアリング３７８の外輪に接着して固定されている。このロータヨーク（取り付け金具３８５）の内側は、中空軸と間隙を持っており、永久磁石はボールベアリング３７８によって回転可能になる。この永久磁石の外側には、隙間を持って銅線を巻いて小判型に形成したコイルが配置されている。このコイルは、永久磁石の外側に円環状に等配して３個固定され、このコイル３８０端末は、接続されて通電可能にする。コイル３８０の外側は、モータケース（外筒３８４）も兼ねる磁性体のリングで、永久磁石との間に磁気回路が構成される。
【０７４１】
上記では、永久磁石の極数を２極、およびコイルを３個とした場合について説明したが、これに限らずモータ回転軸が回転可能であるならば永久磁石の極数を２ｎ極（ｎ＝１．２．……）、コイルを複数個にして適用することはいうまでもない。また、コイルは、銅線を巻くものに限らず、銅箔を巻いたもの、エッチングやメッキでコイルパターンを形成したものなど、電流を流すことができれば、材料や製法にかかわらず可能である。また、コイルの中心に磁心を持っても良く、磁力がさらに向上することになる。この場合は、磁心を一体に形成したモータケースにして、これにコイルを巻いてステータとすることも可能

である。
【０７４２】
第７の発明の第６実施例の作用を以下で説明する。
【０７４３】
３個のコイル３８０へ順次通電することにより電磁力が働き、永久磁石ロータ３７９が回転する。
【０７４４】
第７の発明の第６実施例は前述の実施例や変形例とほぼ同様の効果を期待出来る。
【０７４５】
なお、以上の本発明の説明において、原子炉の圧力容器に接続された細管を例にとり説明してきたが、細管が接続される容器は圧力容器に限らず圧力容器以外の他の容器であってもよい。
【０７４６】
【発明の効果】
以上説明したように、本発明の構成によれば、原子炉の容器に溶接で取付けられた細管内の溶接部に所定パワー密度と所定パルス幅を有するレーザ光を照射するようにしたので、溶接の際に引っ張り状態で接合されており表面残留応力を解放することができ、原子炉の圧力容器等に溶接で取付けられている計装配管等の細管の溶接部の健全性を確保するために補修あるいは予防保全を行なうことができる
【図面の簡単な説明】
【図１】レーザ照射面における物理現象を発生させるレーザパルス幅とレーザエネルギー密度の関係を示す図。
【図２】本発明の運用システムを説明する概念図。
【図３】可視光パルスレーザ光２０４が、細管２０１の内面に照射されるスポット点が、時間とともに移動する概念図。
【図４】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置２１３の概念図。
【図５】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、また軸方向にリニア駆動モータ２１６で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置２３７の概念図。
【図６】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置２３８の概念図。
【図７】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で回転させる半透明回転ミラー５、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整する構造部等を軸方向に超音波リニアモータ３２０で伸縮させて細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置３２２の概念図。
【図８】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、また軸方向にリニア駆動モータ２１６で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置３９の概念図。
【図９】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、また軸方向に超音波リニアモータ１８で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置２４０の概念図。
【図１０】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、また軸方向に超音波リニアモータ１８で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一

定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置２４１の概念図。
【図１１】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、回転駆動モータ７と組合せ集光レンズ２０３の一部を取付けた一部が透明な構造である接続管１９とを同時に軸方向にリニア駆動モータ２１６で移動させ、光ファイバ２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置２４２の概念図。
【図１２】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３の一部を取付けた一部が透明な構造である接続管２９を軸方向にリニア駆動モータ２０で移動させて焦点距離を調整して細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置２４３の概念図。
【図１３】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３の一部を取付けた一部が透明な構造である接続管２９を軸方向にリニア駆動モータ２０で移動させて焦点距離を調整し、リニア駆動モータ２０を軸方向にリニア駆動モータ２１６で移動させて細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置４４の概念図。
【図１４】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、組合せ集光レンズ２０３の一部を取付けた一部が透明な構造である接続管１９を軸方向に回転駆動モータ７に固定した超音波リニアモータ２１で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置２４５の概念図。
【図１５】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、組合せ集光レンズ２０３の一部を取付けた一部が透明な構造である接続管１９を軸方向に回転駆動モータ７に固定した超音波リニアモータ２１で移動させ、回転駆動モータ７を軸方向にリニア駆動モータ２１６で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置２４６の概念図。
【図１６】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、組合せ集光レンズ２０３の一部を取付けた一部が透明な構造である接続管１９を軸方向に回転駆動モータ７に固定した超音波リニアモータ２１で移動させ、回転駆動モータ７を軸方向に超音波リニアモータ２２で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置２４７の概念図。
【図１７】スリップリングが取付られた接続構造２４で動力と制御信号を送り、回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置４８の概念図。
【図１８】スリップリングが取付られた接続構造２４で動力と制御信号を送り、回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置４９の概念図。
【図１９】スリップリングが取付られた接続構造２４で動力と制御信号を送り、回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を回転させ、集光レンズ３の一部を取付けた接続構造２４と回転駆動モータ２３を軸方向にリニア駆動モータ２１６で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置５０の概念図。
【図２０】スリップリングが取付られた接続構造２４で動力と制御信号を送り、回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を回転させ、集光レンズ３の一部を取付けた接続構造２４と回転駆動モータ２３を軸方向に超音波リニアモータ２２で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射す

る細管内面レーザ補修装置５１の概念図。
【図２１】スリップリングが取付られた接続構造２４で動力と制御信号を送り、回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、集光レンズ３の一部を取付けた接続構造２４を軸方向にリニア駆動モータ２０で移動させ、リニア駆動モータ２０を軸方向にリニア駆動モータ２１６で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置５２の概念図。
【図２２】スリップリングが取付られた接続構造２４で動力と制御信号を送り、回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５を回転させ、集光レンズ３の一部を取付けた接続構造２４を軸方向に回転駆動モータ２３に固定した超音波リニアモータ３０で移動させ、回転駆動モータ２３を軸方向にリニア駆動モータ２１６で移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置５３の概念図。
【図２３】スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ３２３で回転駆動モータ２３を軸方向に移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置３２４の概念図。
【図２４】スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、リニア駆動モータ２１６で回転駆動モータ２３を軸方向に移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置３２６の概念図。
【図２５】スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ３２９で組合せ集光レンズ２０３より先端部を軸方向に移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１２８の概念図。
【図２６】組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８を内臓するレーザ照射ノズル２２６を超音波回転モータ３１で回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５４の概念図。
【図２７】組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８を内臓するレーザ照射ノズル２２６を超音波回転モータ３１で回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５５の概念図。
【図２８】組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８を内臓するレーザ照射ノズル２２６を超音波回転モータ３１で回転させ、また超音波リニアモータ３２でレーザ照射ノズル２２６を伸縮させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置５６の概念図。
【図２９】組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８を内臓するレーザ照射ノズル２２６を超音波回転モータ３１で回転させ、また超音波リニアモータ３２でレーザ照射ノズル２２６を伸縮させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ２１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置５７の概念図。
【図３０】組合せ集光レンズ２０３、反射鏡２２８を内臓するレーザ照射ノズル２２６を回転駆動モータ２５で回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５８の概念図。
【図３１】太陽電池３３で充電した蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で半透明回転ミラー５を回転させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置５９の概念図。

【図３２】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で回転させる半透明回転ミラー５、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整する構造部等を軸方向に超音波リニアモータ３２０でベローシール１３１を伸縮させながら伸縮させて細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置３３２の概念図。

【図３３】スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で半透明回転ミラー５と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ３２９で組合せ集光レンズ２０３より先端部を軸方向にベローシール１３１を伸縮させながら移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置２１３４の概念図。

【図３４】超音波リニアモータ９３、超音波リニアモータ３２、組合せ集光レンズ２０３、その前のシール窓１３６、および反射鏡２２８を内臓するレーザ照射ノズル２２６を超音波回転モータ３１で回転させ、超音波リニアモータ３２で軸方向の長さを変え、光ファイバ２０２から射出された可視光パルスレーザ光２０４を細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置１３８の概念図。

【図３５】組合せ集光レンズ２０３、その前のシール窓１３６、および反射鏡２２８を内臓するレーザ照射ノズル２２６を電磁式回転駆動モータ２５で回転させ、光ファイバ２０２から射出された可視光パルスレーザ光２０４を細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置２１３９の概念図。

【図３６】細管２０１に水を流すシステム概念図。

【図３７】出入れ装置２１５部に設置した超音波検出装置３４４で細管２０１のレーザ補修状況を監視するシステム概念図。

【図３８】細管内面レーザ補修装置にパルスレーザ光を時間分割して複数本の光ファイバに導入して複数本の計装管２６９（細管２０１）の内面の表面改質を行なうシステム概念図。

【図３９】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で回転させる回転凹面鏡１４７、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整する構造部等を軸方向に超音波リニアモータ３２０で伸縮させて細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置１４９の概念図。

【図４０】スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で回転凹面鏡１４７と接続構造２４を同時に回転させ、超音波リニアモータ３２９で組合せ集光レンズ２０３より先端部を軸方向に移動させ、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ１７で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１５１の概念図。

【図４１】超音波リニアモータ９３、超音波リニアモータ３２、組合せ集光レンズ２０３、および凹面鏡１４８を内臓するレーザ照射ノズル２２６を超音波回転モータ３１で回転させ、超音波リニアモータ３２で軸方向の長さを変え、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を超音波リニアモータ９３で焦点距離を調整して細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１５３の概念図。

【図４２】蓄電池２０８を用いて駆動する回転駆動モータ７で回転させる回転ミラー５、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で並行光線とし、円柱レンズ１５７で線状になった集束光の焦点距離を超音波リニアモータ１７で調整し、リング状円柱レンズ１５５で点状に集束させる構造部等を軸方向に超音波リニアモータ３２０で伸縮させて細管２０１の内面に照射する細管内面レーザ補修装置３５８の概念図。

【図４３】スリップリング９５、接続構造２４を経由して動力と制御信号を回転駆動モータ２３に送り、この回転駆動モータ２３で回転ミラー５と接続構造２ウ４を同時に回転させ、超音波リニアモータ３２９で組合せ集光レンズ２０３より先端部を軸方向に移動させ

、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で並行光線とし、円柱レンズ１５７で線状になった集束光の焦点距離を超音波リニアモータ１７で調整し、リング状円柱レンズ１５５で点状に集束させて細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１５９の概念図。

【図４４】超音波リニアモータ９３、超音波リニアモータ３２、組合せ集光レンズ２０３、および反射鏡２２８を内臓するレーザ照射ノズル２２６を超音波回転モータ３１で回転させ、超音波リニアモータ３２で軸方向の長さを変え、光ファイバ２０２から射出されたレーザ光２０４を組合せ集光レンズ２０３で並行光線とし、円柱レンズ１５７で線状になった集束光の焦点距離を超音波リニアモータ９３で調整し、リング状円柱レンズ１５６で点状に集束させて細管２０１の内面の一定範囲に照射する細管内面レーザ補修装置１６０の概念図。

【図４５】本発明のシステム運用を説明する概念図。

【図４６】中空軸電磁回転モータによるレーザ照射ノズル回転式細管内面レーザ補修装置概念図。

【図４７】中空軸電磁回転モータによる反射鏡の軸方向位置調整電磁モータが先端に付いたレーザ照射ノズル回転式細管内面レーザ補修装置概念図。

【図４８】中空軸電磁回転モータによる光制御装置、電池、半透明ミラーの軸方向位置調整用電磁回転モータが先端に付いたレーザ照射ノズル回転式細管内面レーザ補修装置概念図。

【図４９】中空軸電磁回転モータによる反射鏡の軸方向位置調整用電磁回転モータが先端に付き、組合せ集光レンズの長さを伸縮さす超音波リニアモータが付いたレーザ照射ノズル回転式細管内面レーザ補修装置概念図。

【図５０】中空軸電磁回転モータによる光制御装置、電池、半透明ミラーの軸方向位置調整用電磁回転モータが先端に付き、組合せ集光レンズの長さを伸縮さす超音波リニアモータが付いたレーザ照射ノズル回転式細管内面レーザ補修装置概念図。

【図５１】先端に回転レーザ照射筒の回転用の電磁回転モータが付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズが付き、その間を反射鏡を内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部も内抱する形で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。

【図５２】先端に回転レーザ照射筒の回転用の電磁回転モータが付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズが付き、その間を反射鏡を内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部の先端で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。

【図５３】先端に回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータ、反射鏡を軸方向に移動する電磁回転モータおよびリニア駆動機構が付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズが付き、その間を反射鏡を内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部も内抱する形で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。

【図５４】先端に回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータ、反射鏡を軸方向に移動する電磁回転モータおよびリニア駆動機構が付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズが付き、その間を反射鏡を内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部の先端で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。

【図５５】先端に回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータ、反射鏡を軸方向に移動する電磁回転モータおよびリニア駆動機構が付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズの長さを伸縮する超音波リニアモータが付き、その間を反射鏡を内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部の先端で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。

【図５６】先端に回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータ、反射鏡を軸方向に移動する電磁回転モータおよびリニア駆動機構が付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズの一部が付き、その間を反射鏡、組合せ集光レンズの残りの一部を内臓する回転レーザ照射筒の長さを伸縮する超音波リニアモータ等で構成される回転レーザ照射筒で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。

【図５７】先端に蓄電池、光制御装置、回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータが付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズが付き、その間を半透明ミラー

を内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部も内抱する形で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。
【図５８】先端に蓄電池、光制御装置、回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータが付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズが付き、その間を半透明ミラーを内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部の先端で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。
【図５９】先端に蓄電池、光制御装置、回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータ、半透明ミラーを軸方向に移動する電磁回転モータおよびリニア駆動機構が付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズが付き、その間を半透明ミラーを内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部も内抱する形で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。
【図６０】先端に蓄電池、光制御装置、回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータ、半透明ミラーを軸方向に移動する電磁回転モータおよびリニア駆動機構が付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズが付き、その間を半透明ミラーを内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部の先端で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。
【図６１】先端に蓄電池、光制御装置、回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータ、半透明ミラーを軸方向に移動する電磁回転モータおよびリニア駆動機構が付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズの長さを伸縮する超音波リニアモータが付き、その間を半透明ミラーを内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部の先端で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。
【図６２】先端に蓄電池、光制御装置、回転レーザ照射筒の回転用の中空軸電磁回転モータ、半透明ミラーを軸方向に移動する超音波リニアモータが付き、光ファイバを含む後部構造に組合せ集光レンズの長さを伸縮する超音波リニアモータが付き、その間を半透明ミラーを内臓する回転レーザ照射筒が組合せ集光レンズ部の先端で結合した細管内面レーザ補修装置概念図。
【図６３】先端に蓄電池、回転レーザ照射筒の長さを軸方向に伸縮する中空軸電磁回転モータ等で構成される先端部構造、光制御装置、半透明ミラー、半透明ミラーを軸方向に移動する中空軸電磁回転モータ、長さが伸縮する組合せ集光レンズ等で構成される回転レーザ照射筒、回転レーザ照射筒を回転させる中空軸電磁回転モータ、光ファイバを接続する構造等で構成される後部構造等で構成される細管内面レーザ補修装置概念図。
【図６４】先端に後部構造の長さを軸方向に伸縮する電磁回転モータ、反射鏡を軸方向に移動する電磁回転モータ、回転レーザ照射筒を回転させる中空軸電磁回転モータ等で構成される先端部構造、反射鏡を内臓する回転レーザ照射筒、長さが伸縮する組合せ集光レンズ、光ファイバを接続する構造等で構成される後部構造等で構成される細管内面レーザ補修装置概念図。
【図６５】先端に蓄電池、後部構造の長さを軸方向に伸縮する中空軸電磁回転モータ、反射鏡を軸方向に移動する電磁回転モータ、回転レーザ照射筒を回転させる中空軸電磁回転モータ等で構成される先端部構造、反射鏡を内臓する回転レーザ照射筒、長さが伸縮する組合せ集光レンズ、光ファイバを接続する構造等で構成される後部構造等で構成される細管内面レーザ補修装置概念図。
【図６６】電磁回転モータ、ＣＣＤカメラ、側写光学装置等で構成される先端部構造、中空軸電磁回転モータ、光ファイバを含む複合ケーブルの固定金具等で構成される後部構造、この先端部構造と後部構造を反射鏡、組合せ集光レンズとこれを伸縮させる超音波リニアモータ等を内臓する回転レーザ照射筒で結合する細管内面レーザ補修装置概念図。第23図は、電磁回転モータ、ＣＣＤカメラ、側写光学装置、蓄電池、光制御装置等で構成される先端部構造、中空軸電磁回転モータ、減速機、光ファイバを含む複合ケーブルの固定金具等で構成される後部構造、この先端部構造と後部構造を半透明ミラー、電磁式リニアモータ、組合せ集光レンズとこれを伸縮させる超音波リニアモータ等を内臓する回転レーザ照射筒で結合する細管内面レーザ補修装置概念図。
【図６７】電磁回転モータ、ＣＣＤカメラ、側写光学装置、蓄電池、光制御装置等で構成

される先端部構造、中空軸電磁回転モータ、減速機、光ファイバを含む複合ケーブルの固定金具等で構成される後部構造、この先端部構造と後部構造を半透明ミラー、電磁式リニアモータ、組合せ集光レンズとこれを伸縮させる超音波リニアモータ等を内蔵する回転レーザ照射筒で結合する細管内面レーザ補修装置概念図。

【図６８】電磁回転モータ、ＣＣＤカメラ、側写光学装置、蓄電池、電磁式リニアモータ、光制御装置等で構成される先端部構造、中空軸電磁回転モータ、減速機、光ファイバを含む複合ケーブルの固定金具等で構成される後部構造、この先端部構造と後部構造を半透明ミラー、電磁式リニアモータ、軸方向に伸縮する組合せ集光レンズ等を内臓する回転レーザ照射筒で結合する細管内面レーザ補修装置概念図。

【図６９】反射鏡、集光レンズ、平行光線化レンズ、組み歯車構造、外筒等で構成されるレーザ照射ノズル部を中空軸電磁回転モータのロータ部に直結し、その中空軸に光ファイバのコアを挿入して固定した細管内面レーザ補修装置概念図。

【図７０】反射鏡、集光レンズ、平行光線化レンズ、ソレノイドを用いた軸方向移動装置、外筒等で構成されるレーザ照射ノズル部を中空軸電磁回転モータのロータ部に直結し、その中空軸に光ファイバのコアを挿入して固定した細管内面レーザ補修装置概念図。

【図７１】細管内面への固定装置等で構成される先端部構造、ソレノイドを用いた軸方向移動装置、反射鏡、集光レンズ、平行光線化レンズ、外筒等で構成される回転レーザ照射筒、この筒を中空軸電磁回転モータのロータ部に直結し、その中空軸に光ファイバのコアを挿入して固定した細管内面レーザ補修装置概念図。

【図７２】反射鏡、集光レンズ、平行光線化レンズ、ネジ・バネ機構、外筒等で構成されるレーザ照射ノズル部を中空軸電磁回転モータのロータ部に直結し、その中空軸に光ファイバのコアを挿入して固定した細管内面レーザ補修装置のネジ・バネ機構部分の概念図。

【図７３】電池式照明装置、組み反射鏡、外筒等で構成される側写光学機構を中空軸電磁回転モータのロータ部に直結し、その中空軸にＣＣＤカメラの固定金具を結合して構成される細管内面検査装置の概念図。

【図７４】組合せ集光レンズ、反射鏡等を内臓し、レーザ光照射距離設定用接触端子を周辺に取付けたレーザ照射ノズル部とその先端に取付けられたフィルター機構を同時に中空軸電磁回転モータで回転させ、中空軸に挿入された光ファイバより射出されたレーザ光を組合せ集光レンズ、反射鏡を介して細管の内表面に照射する細管内面レーザ補修装置概念図。

【図７５】蓄電池、光制御装置、中空軸電磁回転モータで構成される先端部構造とその先端にフィルター機構を取付け、光ファイバを含む複合ケーブルの接続構造と組合せ集光レンズ等で構成される後部構造と先端部構造との間に半透明ミラー、固定金具等を内臓した回転レーザ照射筒を結合した細管の内表面に照射する細管内面レーザ補修装置概念図。

【図７６】複数台のレーザ発振装置からのレーザ光の発振と回転反射鏡の回転との同期をとって１本のレーザ光に合成する概念図。

【図７７】複数台のレーザ発振装置からのレーザ光の発振と液晶シャッター機構付き反射鏡の開閉との同期をとって１本のレーザ光に合成する概念図。

【図７８】細管内面へ細管内面レーザ補修装置、細管内面検査装置の固定用接触端子　を形状記憶合金製線形バネを用いた時の伸縮状態を示す概念図。

【図７９】細管内面へ細管内面レーザ補修装置、細管内面検査装置の固定用接触端子を形状記憶合金製コイル状板バネを用いた時の概念図。

【図８０】細管内面へ細管内面レーザ補修装置、細管内面検査装置の固定用接触端子を形状記憶合金製コイル状板バネを用いた時の伸縮状態を示す概念図。

【図８１】細管内面へ細管内面レーザ補修装置、細管内面検査装置の固定用接触端子を形状記憶合金製コイル状板バネの巻く向きを反対にしたものを一対として用いた時の概念図。

【符号の説明】

１　細管

２　光ファイバ

３　組合せ集光レンズ
４　レーザ光
５　半透明回転ミラー
６　レーザ照射窓
７　回転駆動モータ
８　蓄電池
９　接触端子
１０　バネ
１１　圧力容器
１２　複合ケーブル
１３　細管内面レーザ補修装置
１４　光制御装置
１５　出入れ装置
１６　リニア駆動モータ
１７　超音波リニアモータ
１８　超音波リニアモータ
１９　接続管
２０　リニア駆動モータ
２１　超音波リニアモータ
２２　超音波リニアモータ
２３　回転駆動モータ
２４　接続構造
２５　回転駆動モータ
２６　レーザ照射ノズル
２７　レーザ照射窓
２８　反射鏡
２９　接続管
３０　超音波リニアモータ
３１　超音波回転モータ
３２　超音波リニアモータ
３３　太陽電池
３４　水ジェット用ノズル
３５　ホース
３６　弾性シール構造
３７　細管内面レーザ補修装置
３８　細管内面レーザ補修装置
３９　細管内面レーザ補修装置
４０　細管内面レーザ補修装置
４１　細管内面レーザ補修装置
４２　細管内面レーザ補修装置
４３　細管内面レーザ補修装置
４４　細管内面レーザ補修装置
４５　細管内面レーザ補修装置
４６　細管内面レーザ補修装置
４７　細管内面レーザ補修装置
４８　細管内面レーザ補修装置
４９　細管内面レーザ補修装置
５０　細管内面レーザ補修装置
５１　細管内面レーザ補修装置
５２　細管内面レーザ補修装置

５３　細管内面レーザ補修装置
５４　細管内面レーザ補修装置
５５　細管内面レーザ補修装置
５６　細管内面レーザ補修装置
５７　細管内面レーザ補修装置
５８　細管内面レーザ補修装置
５９　細管内面レーザ補修装置
６０　先端構造部
６１　光学系結合構造部
６２　外筒
６３　端栓
６４　固定リング
６５　外筒
６６　接続構造
６７　光ファイバ出射端構造
６８　固定リング
６９　計装管
７０　検出器
７１　装置
７２　先端構造部
７３　端栓
７４　組み歯車
７５　案内棒
７６　光学系結合構造部
７７　先端構造部
７８　外筒
７９　端栓
８０　光学系結合構造部
８１　接続構造
８２　端栓
８３　先端構造部
８４　光学系結合構造部
８５　外筒
８６　先端構造部
８７　組み歯車
８８　先端構造部
８９　組み歯車
９０　先端構造部
９１　先端構造部
９２　組み歯車
９３　超音波リニアモータ
９４　光学系結合構造部
９５　スリップリング
９６　回転部
９７　先端構造部
９８　外筒
９９　端栓
１００　先端構造部
１０１　光学系結合構造部
１０２　先端構造部

１０３　先端構造部
１０４　組歯車
１０５　組歯車
１０６　光学系結合構造部
１０７　外筒
１０８　接続構造
１０９　外筒
１１０　外筒
１１１　外筒
１１２　外筒
１１３　ベアリング
１１４　先端構造部
１１５　レーザ装置
１１６　パルスレーザ装置
１１７　半透明ミラー
１１８　光ファイバ
１１９　巻取装置
１２０　超音波リニアモータ
１２１　光学系結合構造部
１２２　細管内面レーザ補修装置
１２３　超音波リニアモータ
１２４　細管内面レーザ補修装置
１２５　先端構造部
１２６　細管内面レーザ補修装置
１２７　先端構造部
１２８　細管内面レーザ補修装置
１２９　超音波リニアモータ
１３０　光学系結合構造部
１３１　ベローシール
１３２　細管内面レーザ補修装置
１３３　光学系結合構造部
１３４　細管内面レーザ補修装置
１３５　光学系結合構造部
１３６　シール窓
１３７　先端構造部
１３８　細管内面レーザ補修装置
１３９　細管内面レーザ補修装置
１４０　先端構造部
１４１　ポンプ
１４２　流量調整装置
１４３　ホース
１４４　超音波検出装置
１４５　超音波センサ
１４６　パルスレーザ時間分割装置
１４７　回転凹面鏡
１４８　凹面鏡
１４９　細管内面レーザ補修装置
１５０　先端構造部
１５１　細管内面レーザ補修装置
１５２　先端構造部

１５３　細管内面レーザ補修装置
１５４　先端構造部
１５５　リング状円柱レンズ
１５６　円柱レンズ
１５７　円柱レンズ
１５８　細管内面レーザ補修装置
１５９　細管内面レーザ補修装置
１６０　細管内面レーザ補修装置
２０１　細管
２０２　光ファイバ
２０３　組合せ集光レンズ
２０４　レーザ光
２０５　半透明ミラー
２０６　中空軸
２０７　中空軸電磁回転モータ
２０８　蓄電池
２０９　接触端子
２１０　固定金具
２１１　圧力容器
２１２　複合ケーブル
２１３　細管内面レーザ補修装置
２１４　光制御装置
２１５　出入れ装置
２１６　リニア駆動装置
２１７　電磁回転モータ
２１８　ウォームギア
２１９　ガイドレール
２２０　固定金具
２２１　スリップリング
２２２　リニア駆動装置
２２３　電磁回転モータ
２２４　ウォームギア
２２５　光導波路
２２６　レーザ照射ノズル部
２２７　電磁回転モータ
２２８　反射鏡
２２９　先端部構造
２３０　後部構造
２３１　回転レーザ照射筒
２３２　回転レーザ照射筒
２３３　後部構造
２３４　先端部構造
２３５　電磁回転モータ
２３６　電磁回転モータ
２３７　細管内面レーザ補修装置
２３８　細管内面レーザ補修装置
２３９　細管内面レーザ補修装置
２４０　細管内面レーザ補修装置
２４１　細管内面レーザ補修装置
２４２　細管内面レーザ補修装置

２４３　細管内面レーザ補修装置
２４４　細管内面レーザ補修装置
２４５　細管内面レーザ補修装置
２４６　細管内面レーザ補修装置
２４７　細管内面レーザ補修装置
２４８　細管内面レーザ補修装置
２４９　細管内面レーザ補修装置
２５０　細管内面レーザ補修装置
２５１　細管内面レーザ補修装置
２５２　細管内面レーザ補修装置
２５３　細管内面レーザ補修装置
２５４　細管内面レーザ補修装置
２５５　細管内面レーザ補修装置
２５６　細管内面レーザ補修装置
２５７　細管内面レーザ補修装置
２５８　シール構造
２５９　シール構造
２６０　シール構造
２６１　回転駆動部
２６２　外筒
２６３　端栓
２６４　減速機
２６５　内歯歯車
２６６　接続構造
２６７　キー溝
２６８　キー
２６９　計装管
２７０　検出器
２７１　装置
２７２　レーザ照射ノズル部
２７３　超音波リニアモータ
２７４　後部構造
２７５　後部構造
２７６　回転駆動部
２７７　レーザ照射ノズル部
２７８　回転レーザ照射筒
２７９　先端部構造
２８０　後部構造
２８１　回転レーザ照射筒
２８２　後部構造
２８３　レーザ照射ノズル部
２８４　細管内面レーザ補修装置
２８５　回転レーザ照射筒
２８６　レーザ照射ノズル部
２８７　電磁回転モータ
２８８　先端部構造
２８９　後部構造
２９０　回転レーザ照射筒
２９１　後部構造
２９２　回転レーザ照射筒

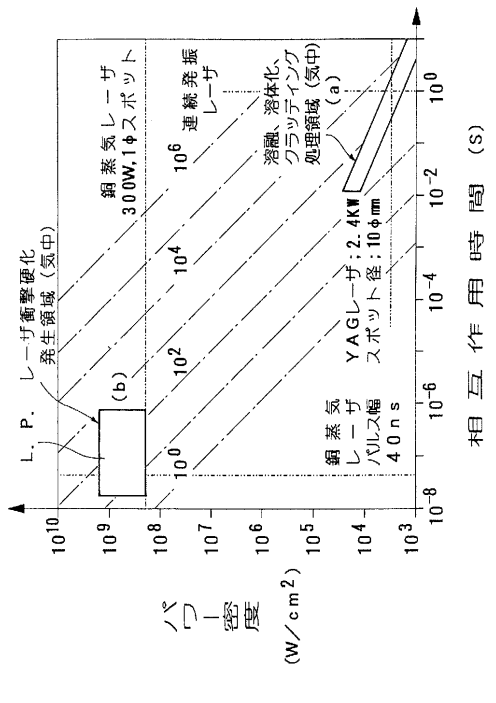
２９３　後部構造
２９４　超音波リニアモータ
２９５　ガイドレール
２９６　電磁回転モータ
２９７　先端部構造
２９８　先端部構造
２９９　ウォームギア
３００　光導波路
３０１　接続構造
３０２　電磁回転モータ
３０３　中間部構造
３０４　回転レーザ照射筒
３０５　先端部構造
３０６　後部構造
３０７　中間部構造
３０８　後部構造
３０９　電磁回転モータ
３１０　ＣＣＤカメラ
３１１　反射鏡
３１２　側写光学装置
３１３　先端部構造
３１４　後部構造
３１５　レーザ発振装置
３１６　パルスレーザ発振装置
３１７　半透明ミラー
３１８　光ファイバ
３１９　巻取装置
３２０　超音波リニアモータ
３２１　回転レーザ照射筒
３２２　先端部構造
３２３　電磁式リニアモータ
３２４　回転レーザ照射筒
３２５　細管内面レーザ補修装置
３２６　スライド軸
３２７　先端部構造
３２８　電磁式リニアモータ
３２９　回転レーザ照射筒
３３０　細管内面レーザ補修装置
３３１　ケーブル配管
３３２　スライド軸
３３３　組み歯車構造
３３４　組み歯車構造
３３５　中空軸電磁回転モータ
３３６　レーザ照射ノズル部
３３７　反射鏡
３３８　集光レンズ
３３９　平行光線化レンズ
３４０　外筒
３４１　ポンプ
３４２　流量調整装置

３４３　ホース
３４４　超音波検出装置
３４５　超音波センサ
３４６　パルスレーザ時間分割装置
３４７　中空軸
３４８　光ファイバ
３４９　コア
３５０　端板構造
３５１　スペーサ
３５２　押え内筒
３５３　位置決めピン
３５４　軸方向移動用内筒
３５５　端板
３５６　フジング構造
３５７　端板構造
３５８　中空スライド軸
３５９　内部隔壁
３６０　歯車
３６１　ウォームギア
３６２　スライド軸
３６３　端板
３６４　歯車
３６５　ウォームギア
３６６　線形バネ
３６７　ツマミ
３６８　ツマミ
３６９　軸
３７０　軸
３７１　溝
３７２　孔
３７３　孔
３７４　孔
３７５　孔
３７６　孔
３７７　孔
３７８　ベアリング
３７９　ロータ
３８０　コイル
３８１　ステータ
３８２　端板構造
３８３　ケーブル
３８４　外筒
３８５　取付け金具
３８６　金具
３８７　固定用ネジ
３８８　細管内面レーザ補修装置
３８９　レーザ照射ノズル部
３９０　軸方向移動装置
３９１　軸方向移動位置
３９２　端板

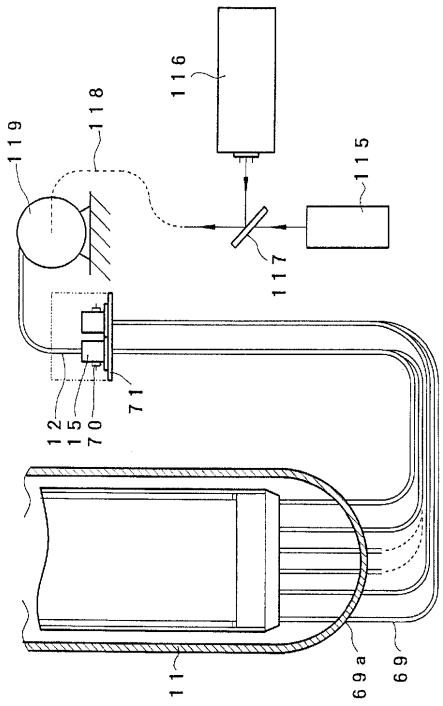
３９３　ハウジング構造
３９４　ハウジング構造
３９５　端板
３９６　端板
３９７　先端構造
３９８　スライド軸
３９９　端板
４００　先端構造
４０１　孔
４０２　孔
４０３　孔
４０４　フィルタ機構
４０５　細管内面レーザ補修装置
４０６　フィルター
４０７　保持容器
４０８　ジャバラ
４０９　ロッド
４１０　バネ
４１１　シール用帯
４１２　バネピン
４１３　孔
４１４　細管内面レーザ補修装置
４１５　細管内面への固定装置
４１６　ベアリング
４１７　回転レーザ照射筒
４１８　細管内面レーザ補修装置
４１９　外筒
４２０　先端部構造
４２１　軸方向移動装置
４２２　軸方向移動装置
４２３　外筒
４２４　接続筒
４２５　ネジ・バネ機構
４２６　ネジ・バネ機構
４２７　レーザ照射ノズル部
４２８　端板
４２９　ネジ
４３０　バネ
４３１　ネジ
４３２　ネジ
４３３　ＣＣＤカメラ
４３４　固定金具
４３５　組反射鏡
４３６　電池式照明装置
４３７　側写光学機構
４３８　細管内面検査装置
４３９　反射面
４４０　反射面
４４１　開孔部
４４２　ケーブル

４４３　照明装置
４４４　スリップリング
４４５　細管内面検査装置
４４６　同期装置
４４７　回転反射鏡
４４８　駆動装置
４４９　合成パルスレーザ光
４５０　反射鏡
４５１　パルス光合成装置
４５２　液晶シャッター機構付き反射鏡
４５３　同期装置
４５４　金具
４５５　形状記憶合金製線形バネ
４５６　加熱時形状
４５７　常温時形状
４５８　形状記憶合金製コイル状板バネ
４５９　金具

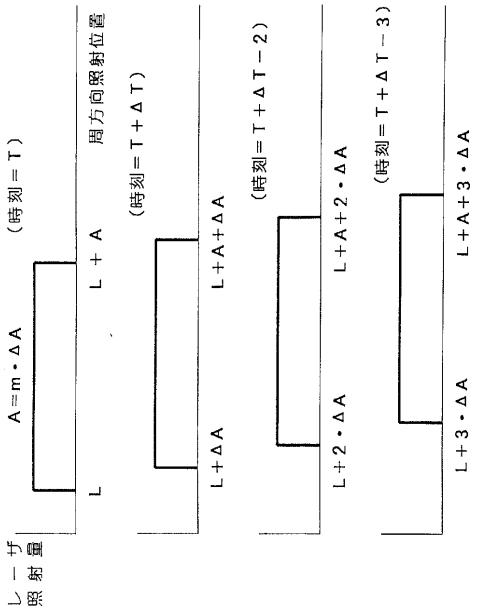
【図１】



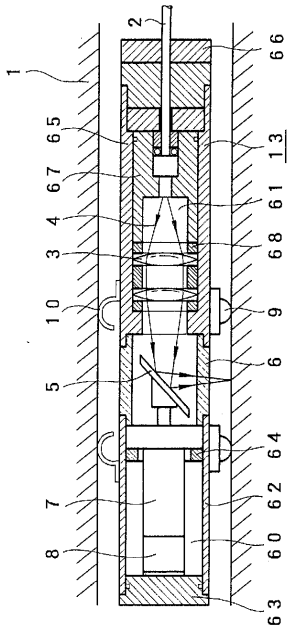
【図２】



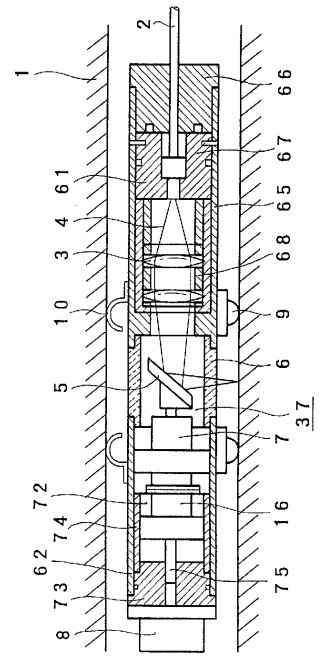
【図３】


レーザ照射量
A＝m・ΔA
（時刻＝T）
L
L＋A
周方向照射位置
（時刻＝T＋ΔT）
L＋ΔA
L＋A＋ΔA
（時刻＝T＋ΔT－2）
L＋2・ΔA
L＋A＋2・ΔA
（時刻＝T＋ΔT－3）
L＋3・ΔA
L＋A＋3・ΔA

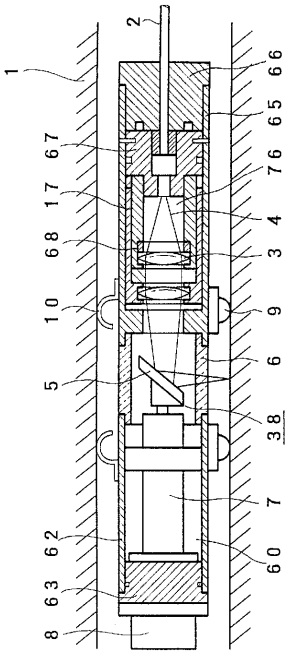
【図４】


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
13
60
61
62
63
64
65
66
67
68

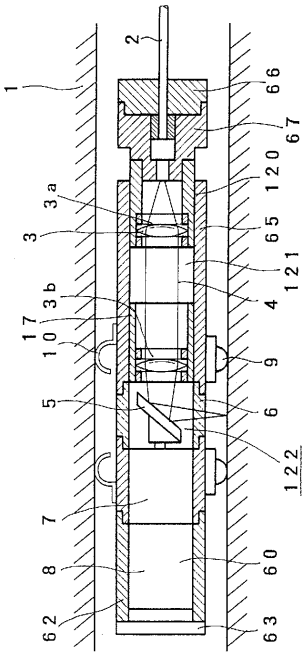
【図５】


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
16
37
61
62
63
65
66
67
68
72
73
74
75

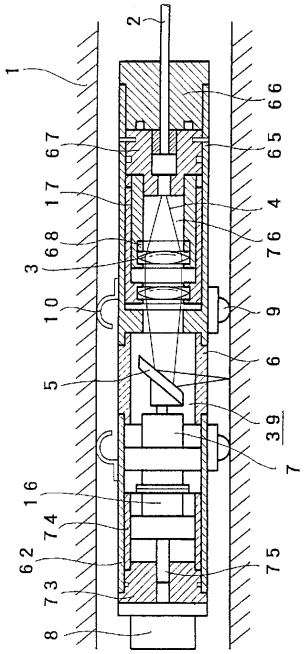
【図６】


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
17
38
60
62
63
65
66
67
68
76

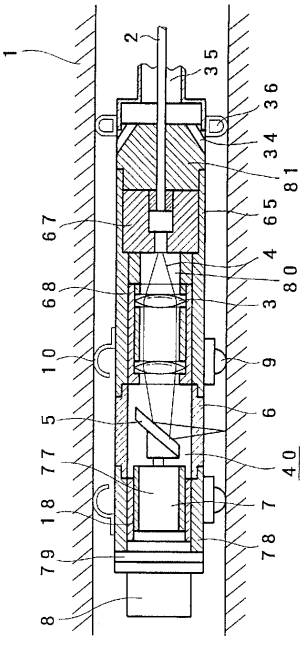
【図７】


1
2
66
67
3a
3
120
65
121
3b
17
4
10
9
5
6
122
7
8
60
62
63

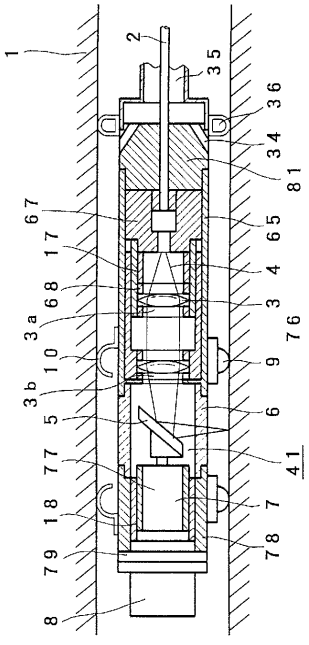
【図８】


1
2
66
67
65
17
4
3
68
76
10
9
5
6
39
7
16
74
62
75
73
8

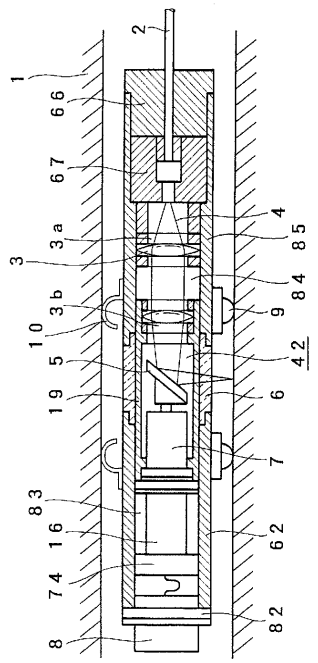
【図９】


1
2
35
36
34
81
67
65
4
68
3
80
10
9
5
6
77
40
18
7
79
78
8

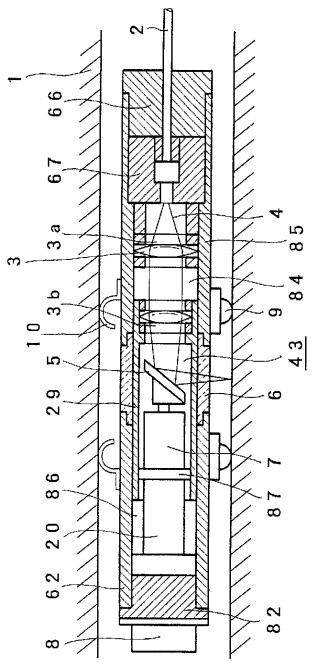
【図１０】


1
2
35
36
34
81
67
65
17
4
68
3
3a
76
10
9
3b
5
6
77
41
18
7
79
78
8

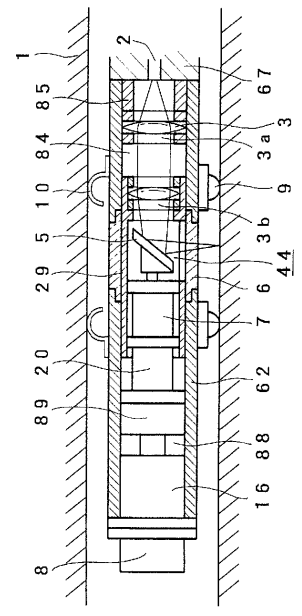
【図１１】



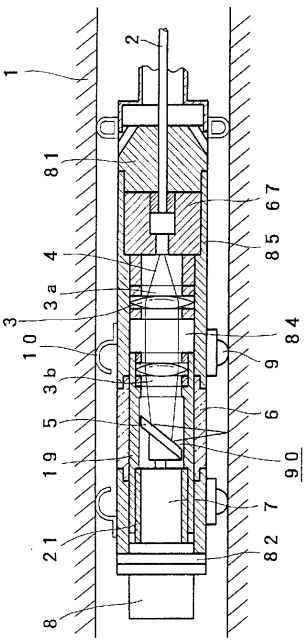
【図１２】



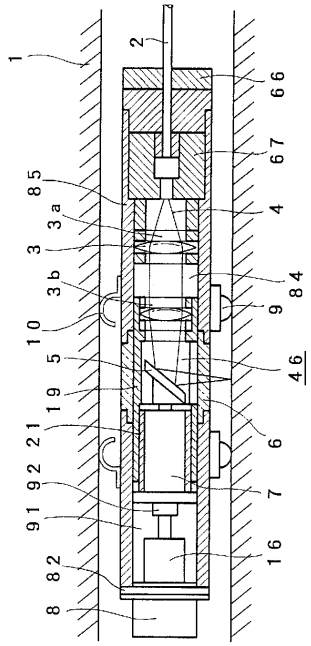
【図１３】



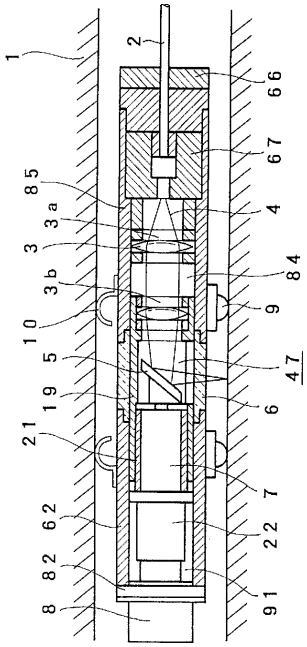
【図１４】



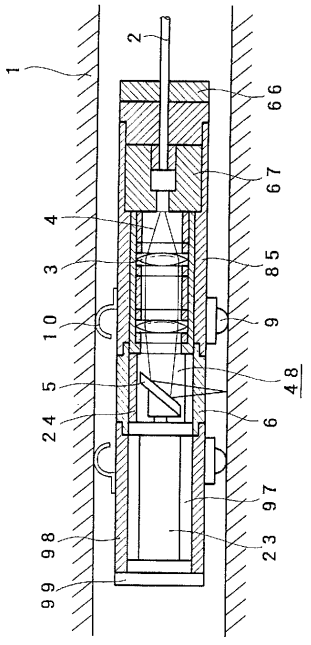
【図１５】



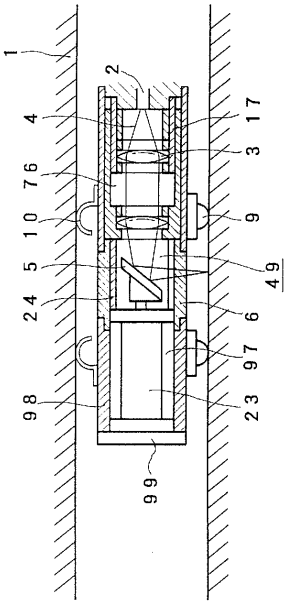
【図１６】



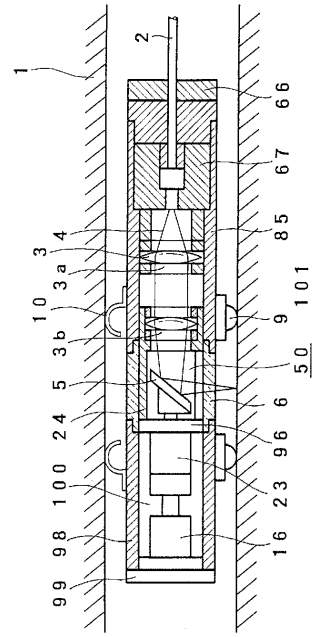
【図１７】



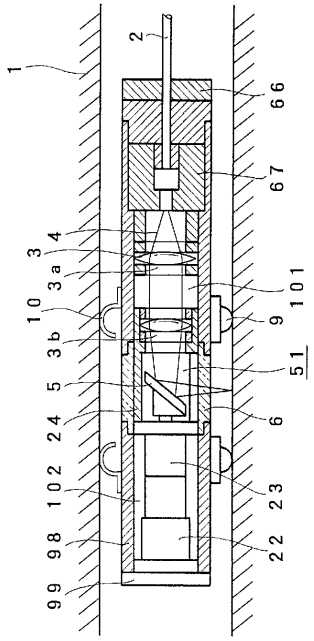
【図１８】



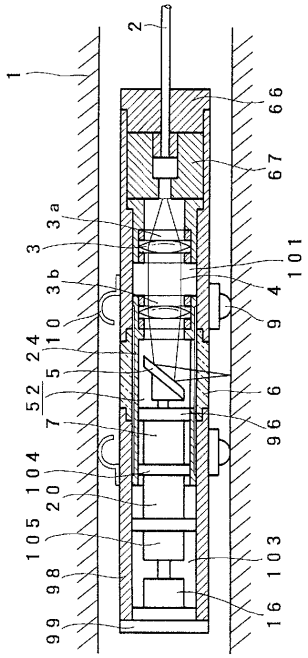
【図１９】



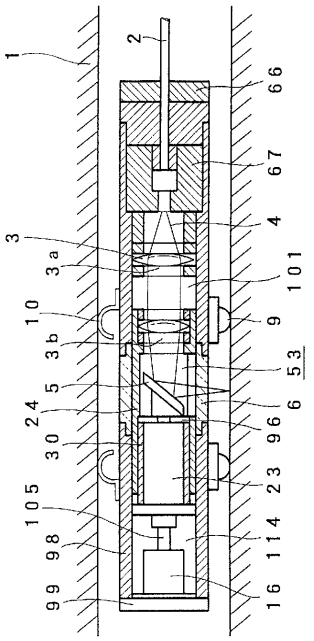
【図２０】



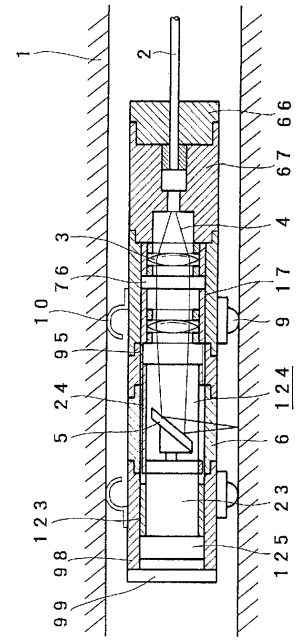
【図２１】



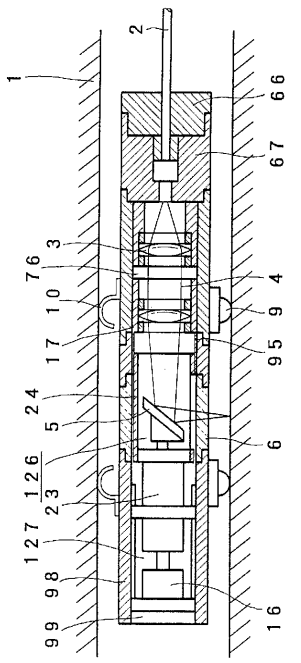
【図２２】



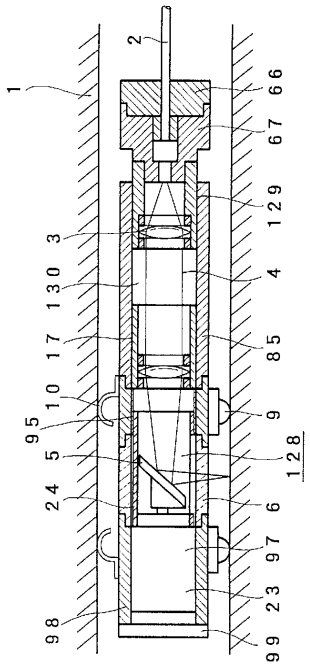
【図２３】



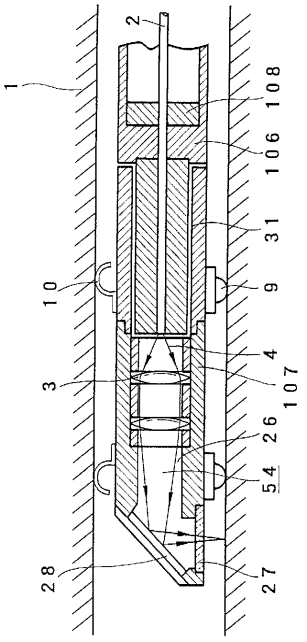
【図２４】



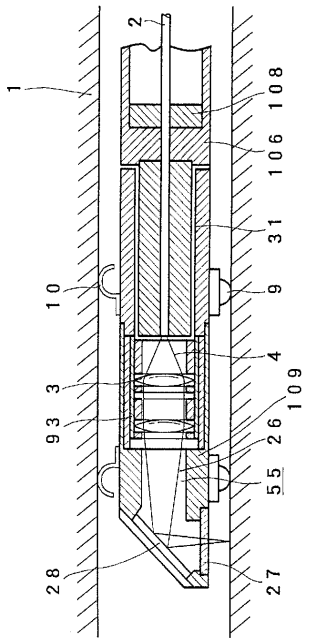
【図２５】



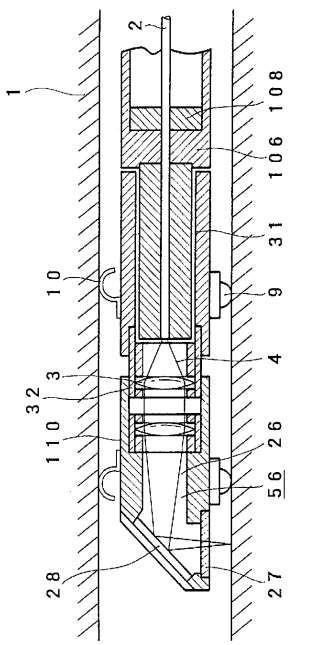
【図２６】



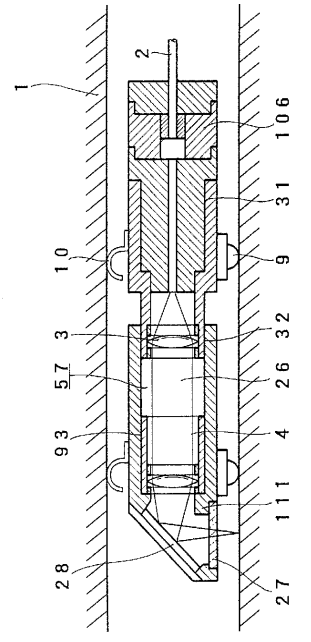
【図２７】



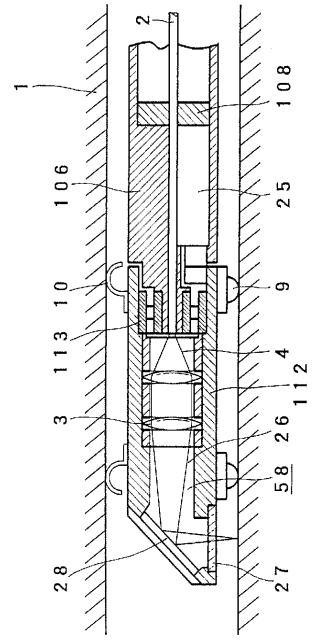
【図２８】



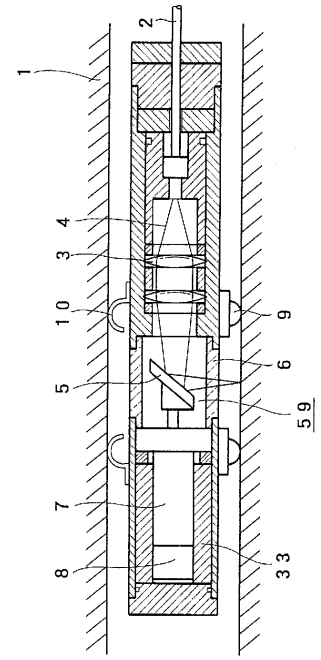
【図２９】



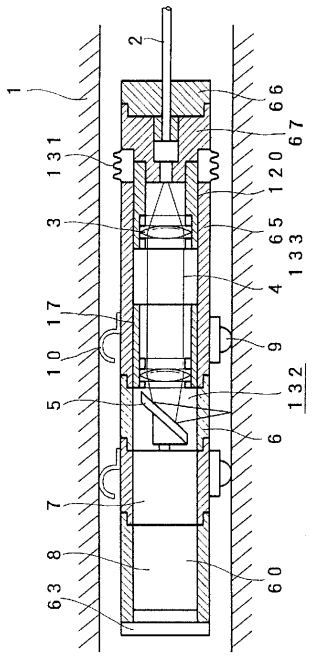
【図３０】



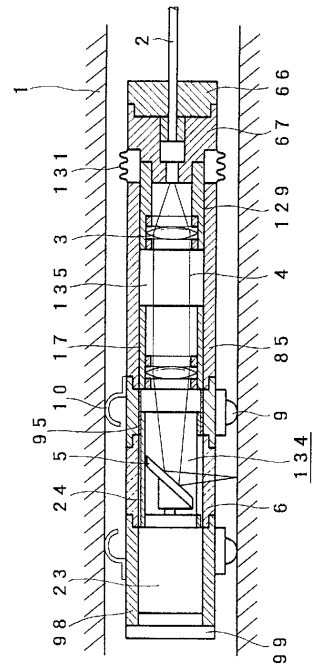
【図３１】



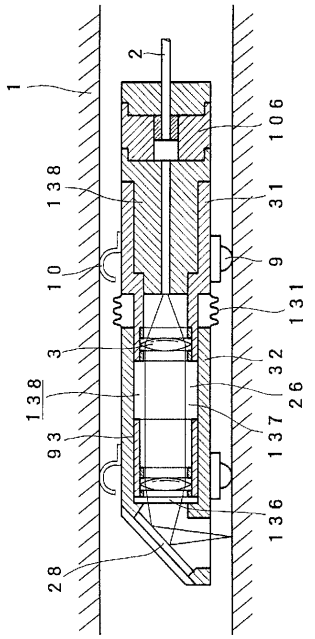
【図３２】



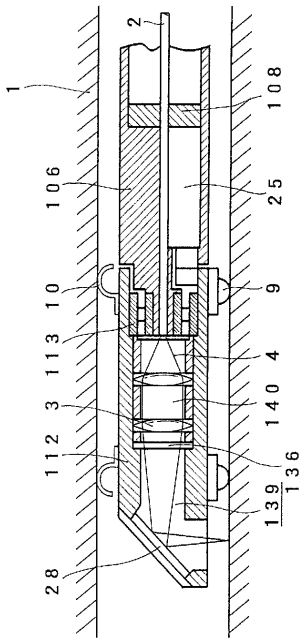
【図３３】



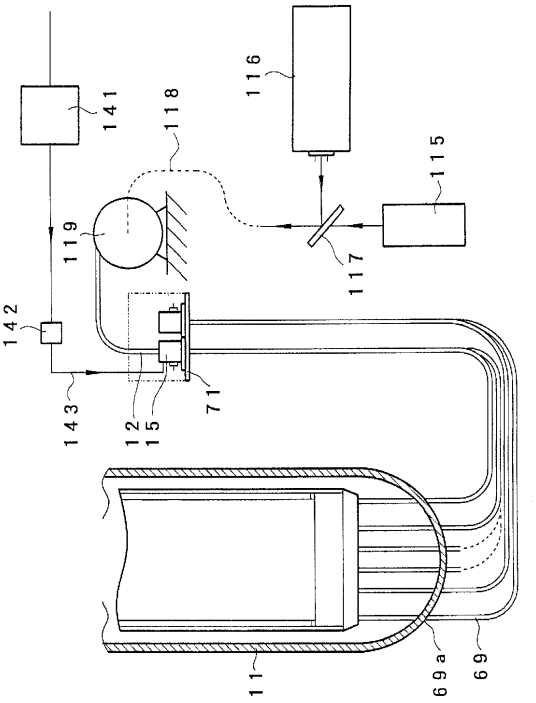
【図３４】



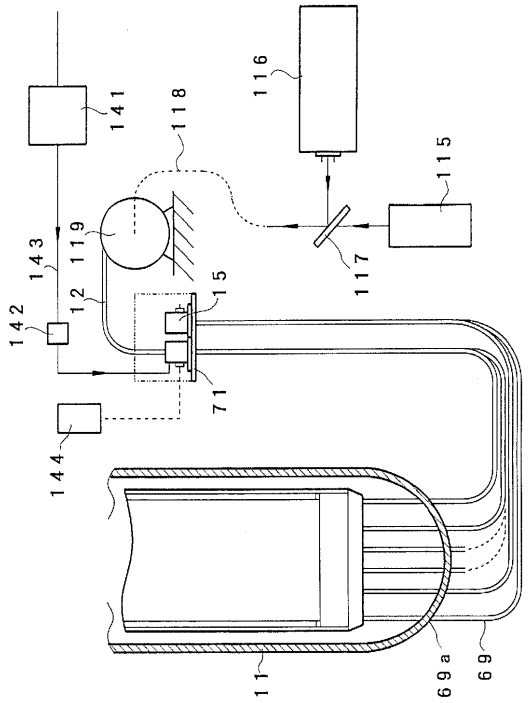
【図３５】



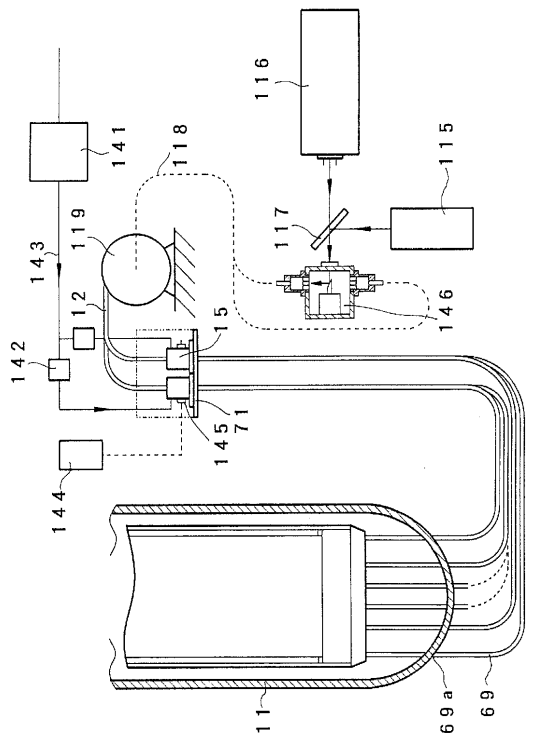
【図３６】



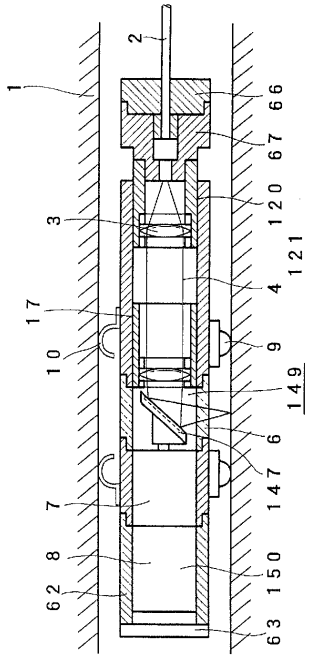
【図３７】



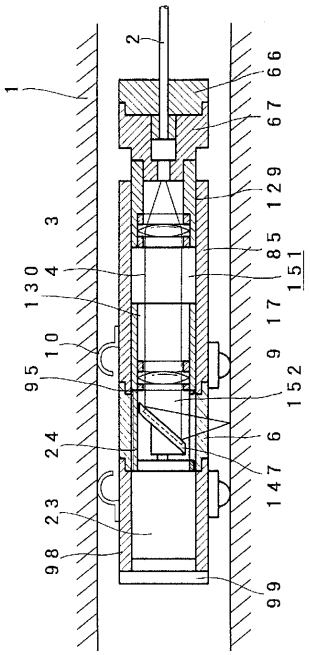
【図３８】



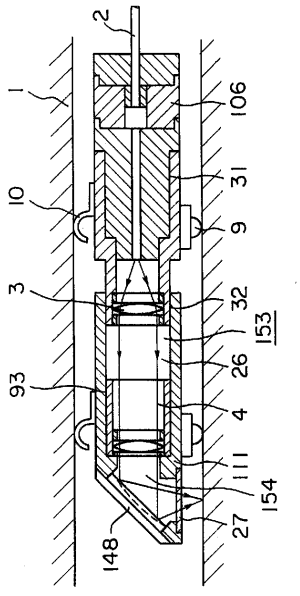
【図３９】



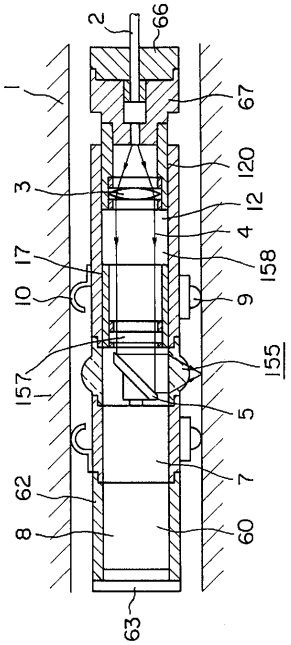
【図４０】



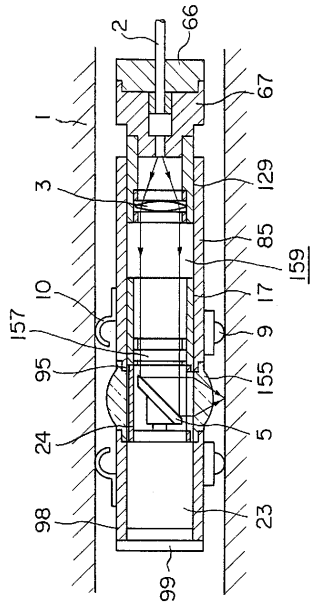
【図４１】



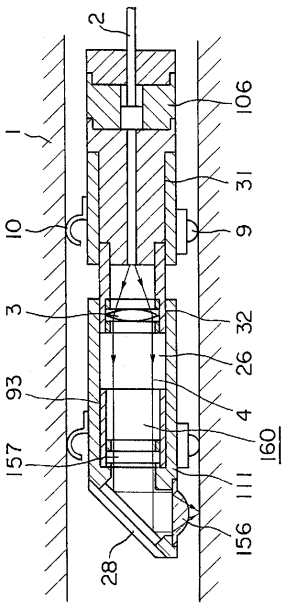
【図４２】



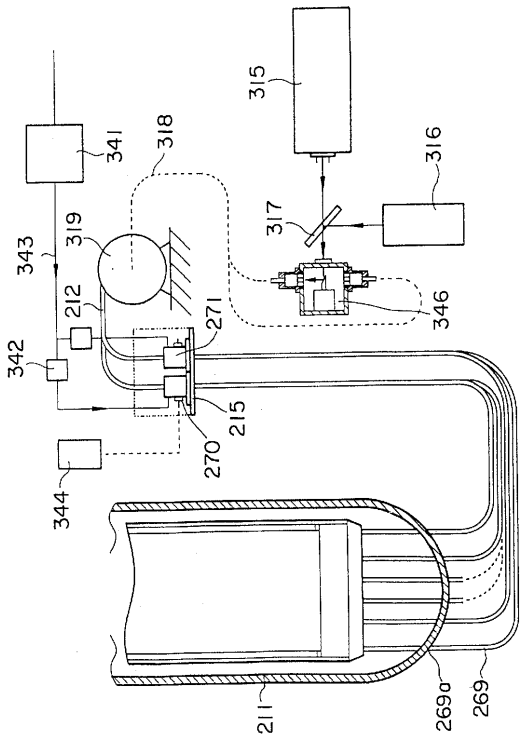
【図４３】



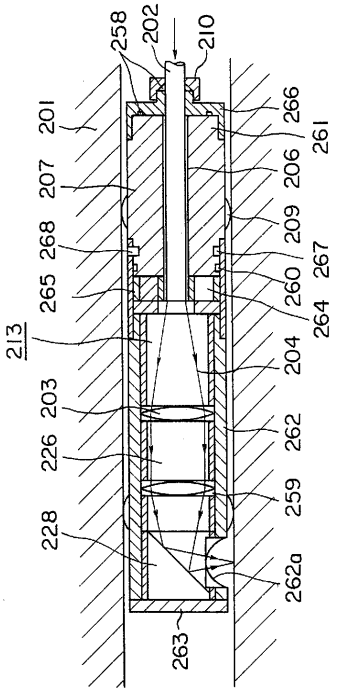
【図４４】



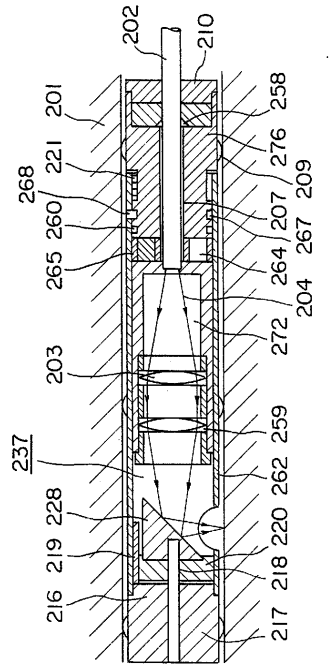
【図４５】



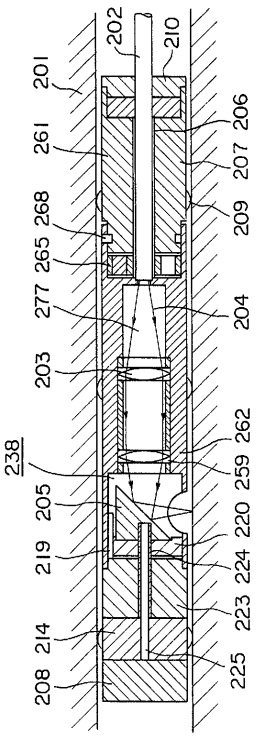
【図４６】



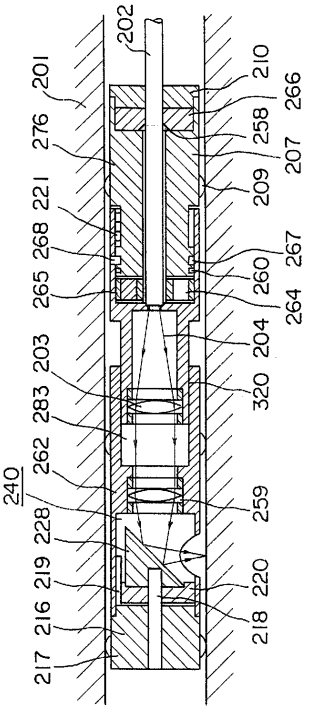
【図４７】



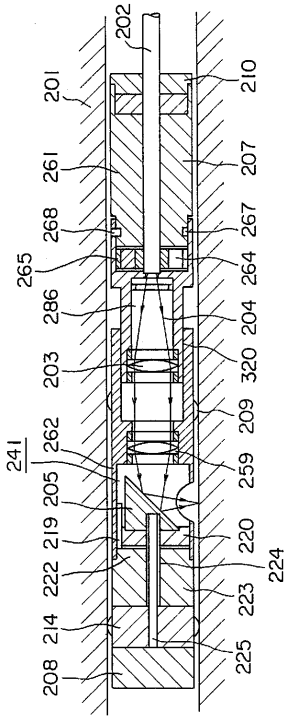
【図４８】



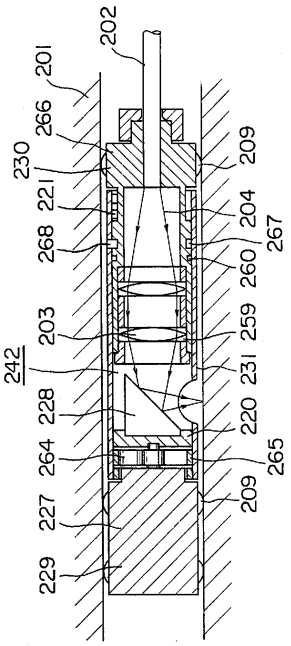
【図４９】



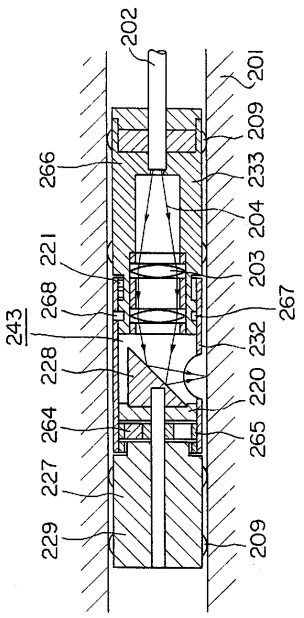
【図５０】



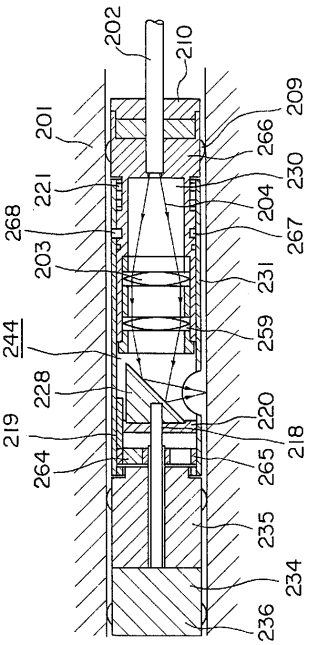
【図５１】



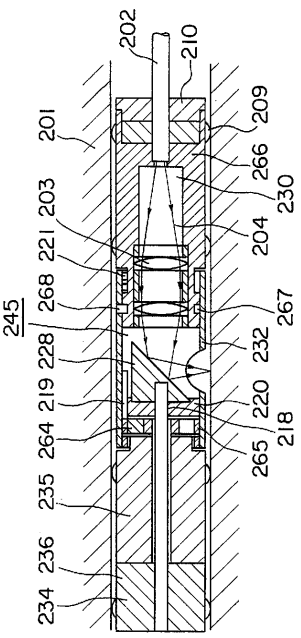
【図５２】



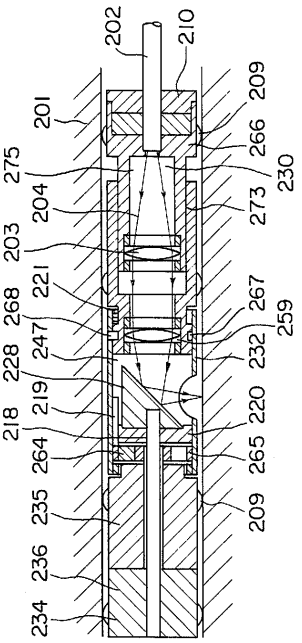
【図５３】



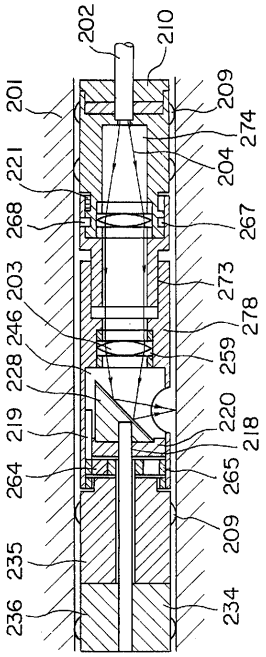
【図５４】



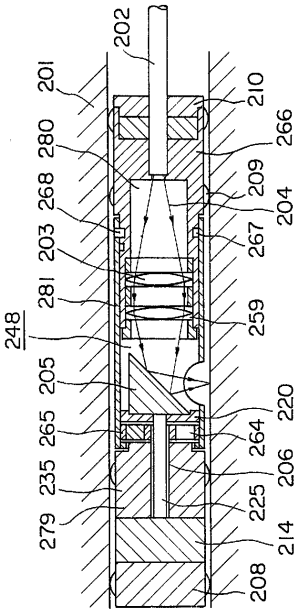
【図５５】



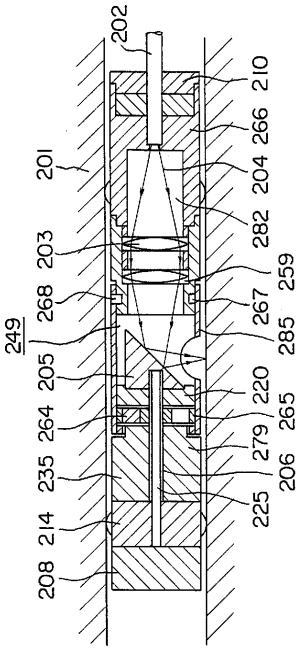
【図５６】



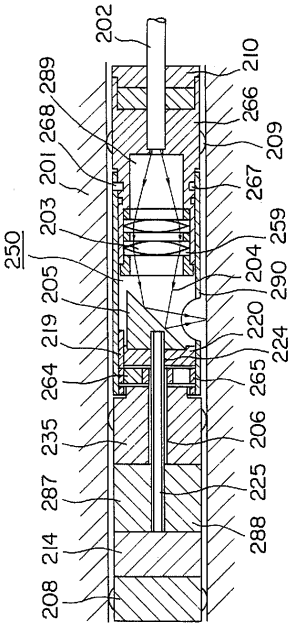
【図５７】



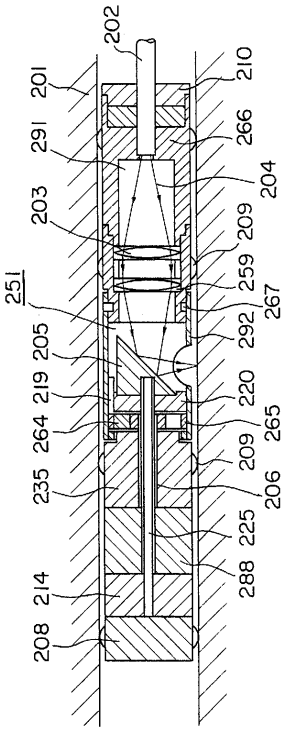
【図５８】



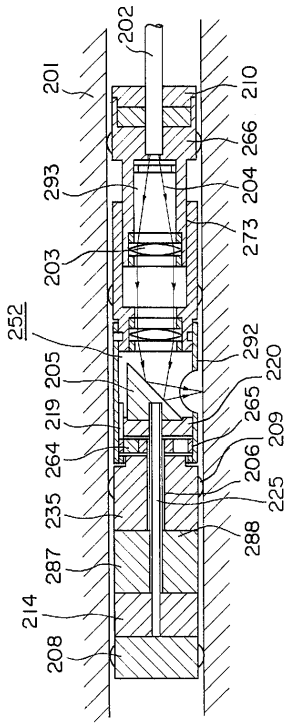
【図５９】



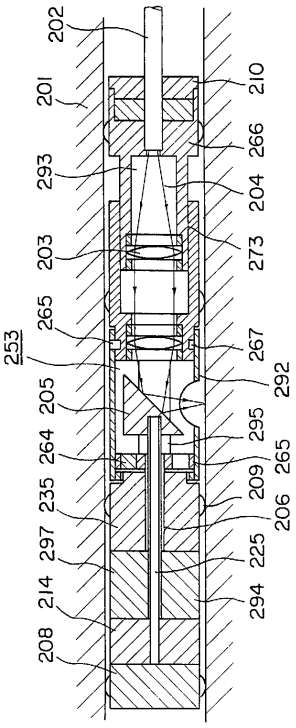
【図６０】



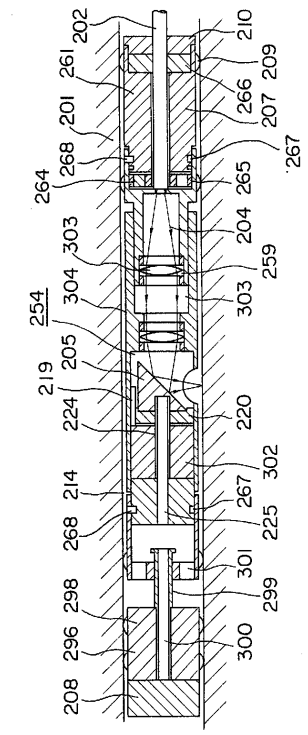
【図６１】



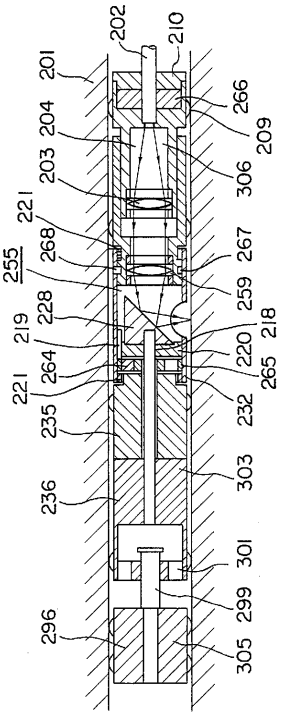
【図６２】



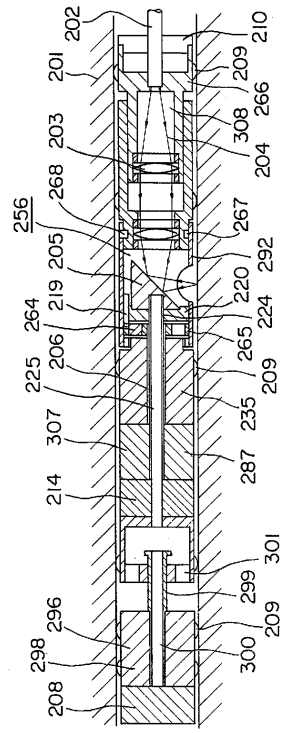
【図６３】



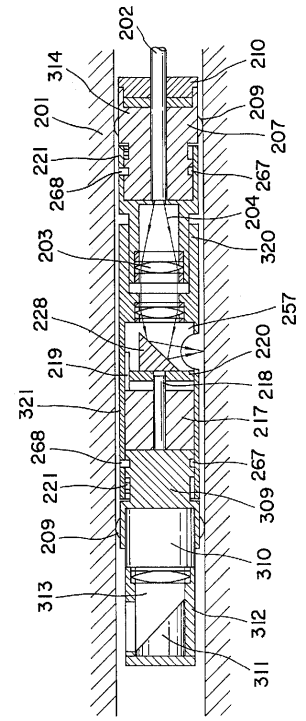
【図６４】



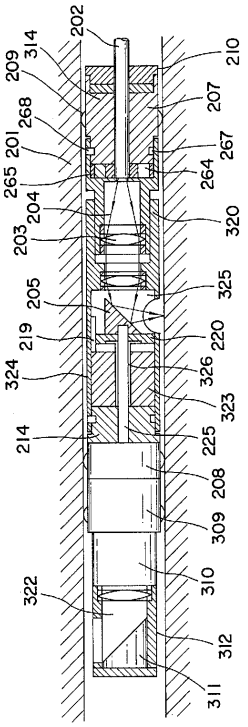
【図６５】



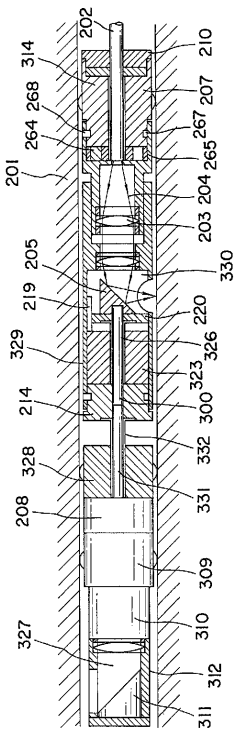
【図６６】



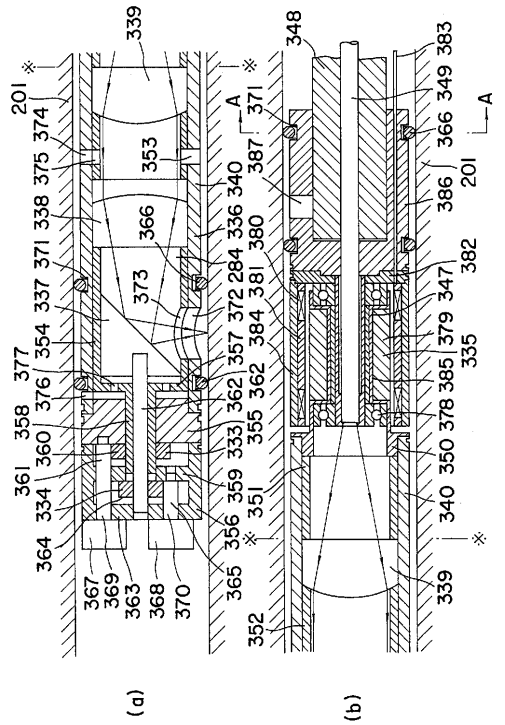
【図６７】



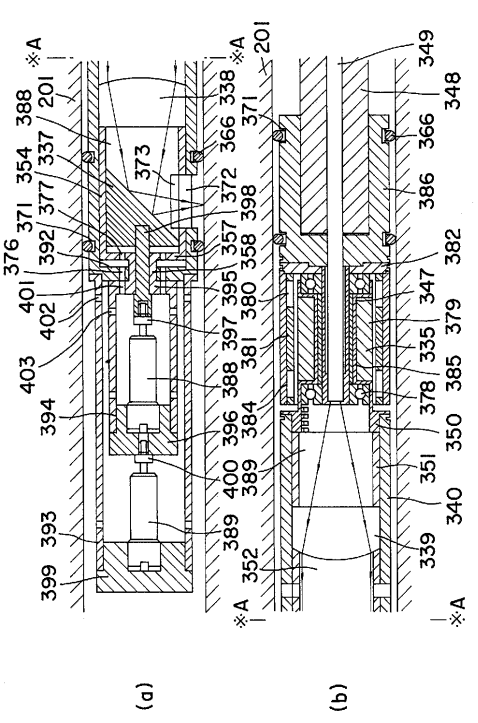
【図６８】



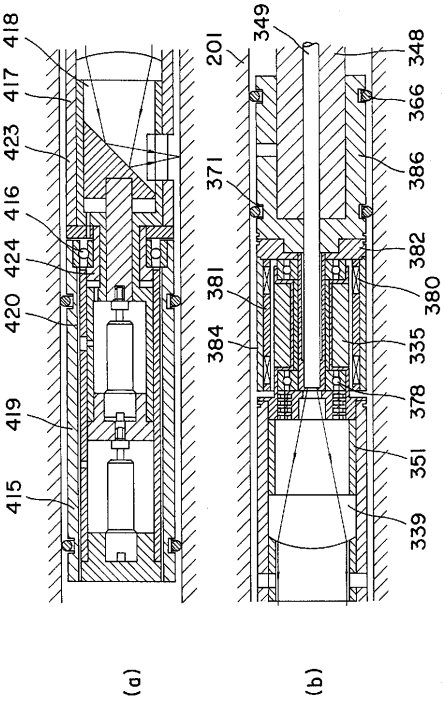
【図６９】



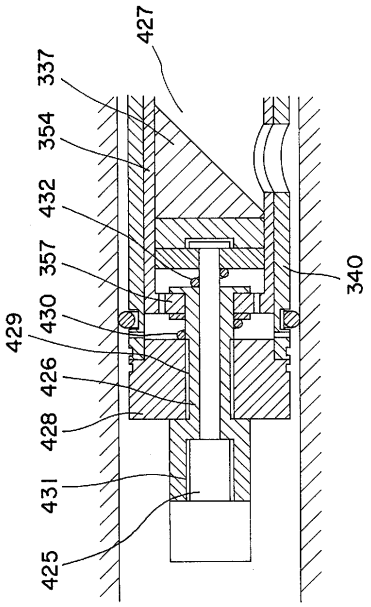
【図７０】



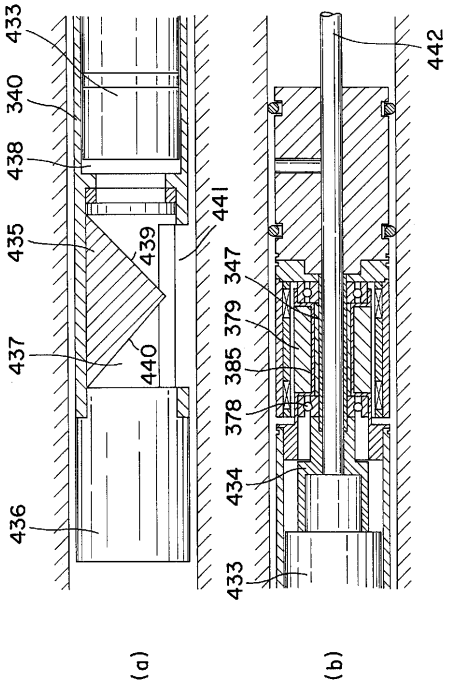
【図７１】



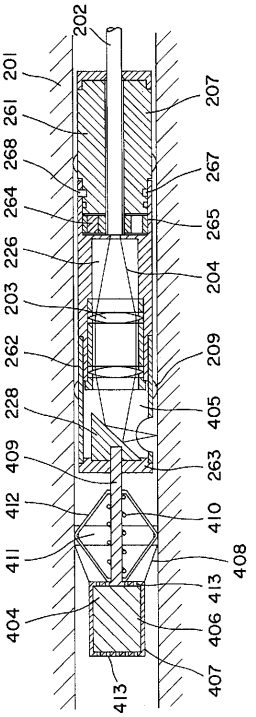
【図７２】



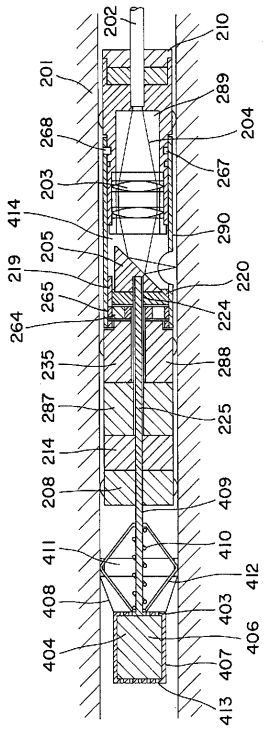
【図７３】



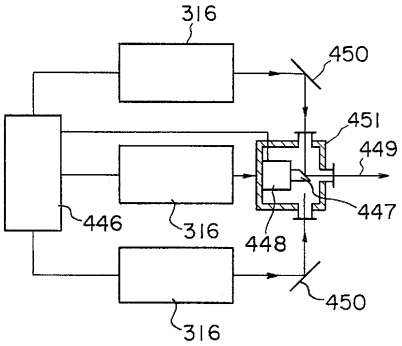
【図７４】



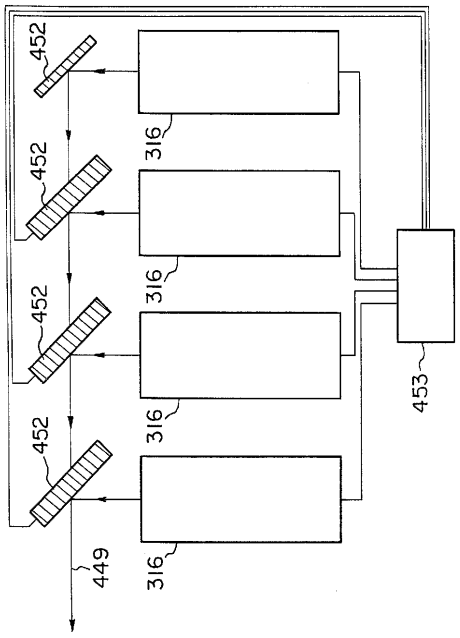
【図７５】



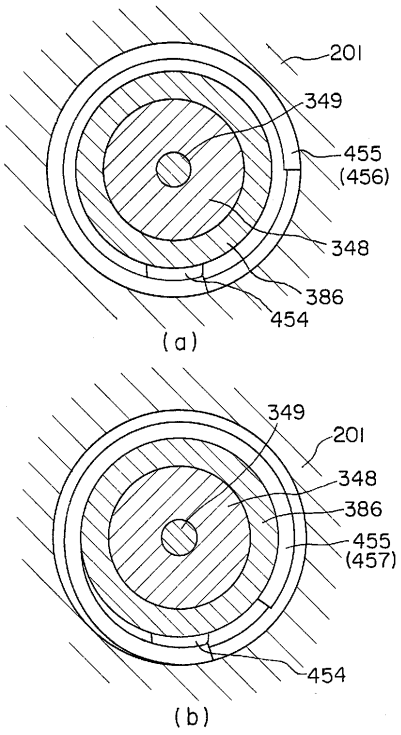
【図７６】



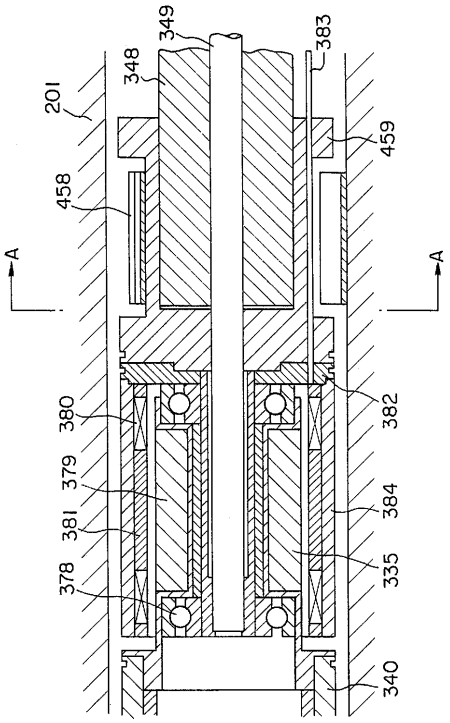
【図７７】



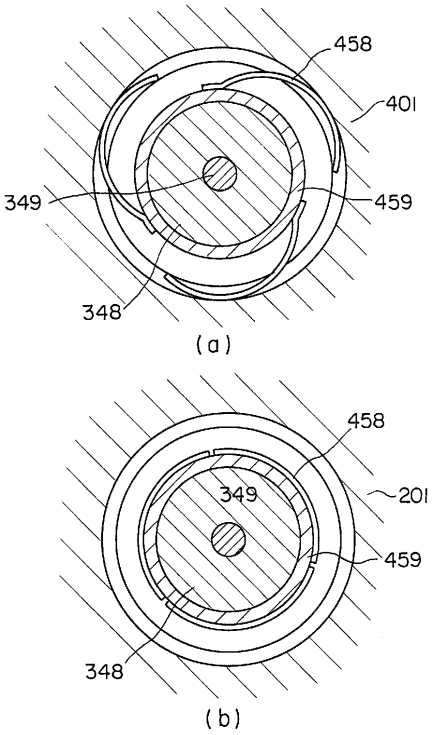
【図７８】



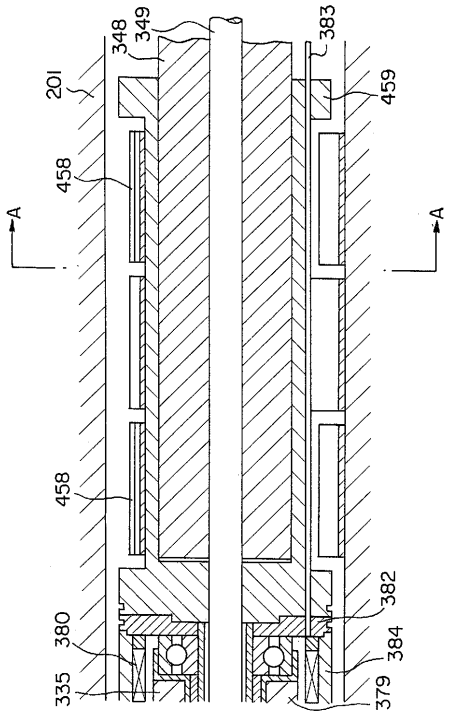
【図７９】


349
348
201
458
383
459
A
A
380
379
381
378
382
384
335
340

【図８０】


458
401
349
459
348
(a)
458
349
201
459
348
(b)

【図８１】


348
349
383
201
459
458
A
A
458
380
335
382
384
379

フロントページの続き

(72)発明者　木　村　元比古
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　戸賀沢　　裕
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　五十嵐　越　郎
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　島　村　光　明
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　佐　藤　勝　彦
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　湯　口　康　弘
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　伊　藤　智　之
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　向　井　成　彦
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　岡　崎　幸　基
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　佐　野　雄　二
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　青　木　延　忠
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内
(72)発明者　伊　東　哲　也
愛知県瀬戸市穴田町９９１番地　株式会社東芝　愛知工場内

審査官　中塚　直樹

(56)参考文献　特開平０７－３０３９７８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２９７１７０（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２４８３９７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G21C 19/02
G21D 1/00
G21C 17/00