

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検査面をもつ被検査物を保持する被検査物保持部と、
検査光を投光する投光部と、
前記投光部から投光された前記検査光を透過させると共に前記被検査物の前記被検査面
に向けて前記検査光を出射させる導光体と、
前記被検査物の前記被検査面で反射した反射光を撮像する撮像部とを具備する被検査物
検査装置において、
前記導光体は、
前記被検査物の前記被検査面に対向する側に形成され、前記検査光をこれの出射角を拡
開させて前記被検査物の前記被検査面に照射させるように、断面で前記被検査面に向けて
突出する円弧凸状をなす出射面を備えていることを特徴とする被検査物検査装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、前記導光体の前記出射面は、前記導光体を透過した検査光を前記被
検査物の前記被検査面に向けて広がる扇形状に拡開させることを特徴とする被検査物検査
装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、前記導光体は、前記被検査物の前記被検査面の延設方向に
沿った導光方向に沿って検査光を透過させる導光路と、前記導光路を透過する前記検査光
を前記導光路の前記導光方向に対して交差する方向に且つ前記被検査物の前記被検査面
に向けて反射させる反射面とを備えていることを特徴とする被検査物検査装置。

20

【請求項 4】

請求項 3 において、前記被検査物の前記被検査面は筒状内壁面または筒状外壁面とされ
ており、前記導光路は、前記被検査物の前記筒状内壁面または前記筒状外壁面の筒中心の
回りにおいて間隔を隔てて複数本並設されていることを特徴とする被検査物検査装置。

【請求項 5】

請求項 4 において、前記導光路は、光ファイバと、前記光ファイバの先端部に接続され
たレンズとを備えており、前記レンズは前記反射面および前記出射面を備えていることを
特徴とする被検査物検査装置。

【請求項 6】

請求項 4 において、前記導光路は、光ファイバと、前記光ファイバの先端部に接続され
たレンズと、前記レンズの先方に設けられた光透過部とを備えており、前記光透過部は前
記反射面および前記出射面を備えていることを特徴とする被検査物検査装置。

30

【請求項 7】

請求項 4 ~ 6 のうち的一项において、複数本の前記導光路を保持する保持要素が設けら
れていることを特徴とする被検査物検査装置。

【請求項 8】

請求項 7 において、前記保持要素は中央孔をもつ筒形状をなしており、前記中央孔は、
前記被検査物の前記被検査面で反射し前記撮像部に向かう反射光を透過させる反射光経路
のうちの一部を形成することを特徴とする被検査物検査装置。

40

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のうち的一项において、前記被検査物の前記被検査面で反射し前記撮像部
に向かう反射光を透過させる反射光経路において、前記被検査物の前記被検査面と前記撮
像部との間に反射体が設けられており、前記反射体は、前記被検査物の前記被検査面で反
射した前記反射光を受光し且つ前記撮像部に向けて反射させる第 2 反射面を備えているこ
とを特徴とする被検査物検査装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のうち的一项において、少なくとも前記導光体および撮像部を保持するセン
サが設けられており、前記センサを前記被検査物の前記被検査面に沿って案内する案内部
と、前記センサを前記被検査物の前記被検査面に沿って移動させる駆動部とが設けられて

50

いることを特徴とする被検査物検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は被検査物の表面状態を検査する被検査物検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、被検査物の凹部の内壁面を観察する内面観察装置が知られている（特許文献1）。このものは、被検査物の凹部に挿入される光伝送部と、光伝送部に検査光を投光させる投光用光源と、光伝送部を伝送し被検査物の凹部の内壁面で反射された反射光を撮像する撮像部とを備えている（特許文献1）。このものによれば、被検査物の凹部の内壁面を観察することができる。

10

【0003】

また、円筒形状の被検査物の軸端面および内壁面を連続的に検査できる表面検査装置が知られている（特許文献2）。このものは、円筒形状の被検査物の中央孔に挿入されるセンサヘッドと、センサヘッドの先端部に設けられたミラー面で形成された第1の反射面と、被検査物の上端側に配置され円錐状の内壁面のミラー面で形成された第2の反射面をもつ円錐形状をなす円錐体と、センサヘッドを昇降させる昇降駆動部と、被検査物で反射した反射光を受光して撮像する撮像部とを備えている。このものによれば、センサヘッドから投光される検査光は、センサヘッドの先端部の第1の反射面で被検査物の半径方向外方に反射され、更に、第2の反射面で反射して被検査物の軸長方向に沿って進行し、被検査物の軸端面に向かう。

20

【特許文献1】特開2001-281556号公報

【特許文献2】特開2005-291771号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記した装置によれば、被検査物の被検査面の表面状況（例えば異物の有無）を検査する検査時間は、かなりの時間を必要とする。このため検査時間を短縮させることが要請されている。

30

【0005】

本発明は上記した実情に鑑みてなされたものであり、被検査物の被検査面に向けて出射させる検査光を拡開させることにより、被検査物の被検査面の表面状態の検査に要する検査時間を短縮させることができる被検査物検査装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

(1) 様相1に係る被検査物検査装置は、被検査面をもつ被検査物を保持する被検査物保持部と、検査光を投光する投光部と、投光部から投光された検査光を透過させると共に被検査物の被検査面に向けて検査光を出射させる導光体と、被検査物の被検査面で反射した反射光を撮像する撮像部とを具備する被検査物検査装置において、導光体は、被検査物の被検査面に対向する側に形成され、検査光をこれの出射角を拡開させて被検査物の被検査面に照射させるように、断面で、被検査面に向けて突出する円弧凸状をなす出射面を備えていることを特徴とする。

40

【0007】

導光体は検査光を透過させるものである。導光体は、被検査物の被検査面に対向する側に形成された出射面を備えている。出射面は、断面で被検査面に向けて突出する円弧凸状をなしており、導光体を透過した検査光を被検査物の被検査面に向けて拡開させて拡開光とする。このため検査光が拡開前の検査光のビーム径が小さいときであっても、検査光は拡開されて拡開光となるため、被検査物の被検査面における照射面積が増加する。このため被検査物の被検査面を走査する時間が短縮される。従って、被検査物の被検査面を検査

50

に要する検査時間は、短縮される。

【0008】

ここで、導光体の出射面は、導光体を透過した検査光を被検査物の被検査面に向かうにつれて広がる扇形状（スリット扇形状）に拡開させることが好ましい。上記した被検査物としては特に限定されるものでない。被検査物は、円筒形状および角筒形状等の筒形状でも良いし、樋形状でも良い。被検査物の被検査面は、内壁面でも良いし、外壁面でも良い。被検査物の材質は特に限定されず、鉄、アルミ合金などの金属系、樹脂系、セラミックス系が例示される。被検査物としては、ブレーキ装置のシリンダ、内燃機関や外燃機関のシリンダが例示される。

【0009】

上記した被検査物保持部は被検査物を保持するものであれば良く、被検査物を載せるだけでも良いし、あるいは、被検査物をボルト等の取付部で保持するものでも良い。投光部は、レーザ光等の検査光を投光する光源とすることができる。光源としては半導体レーザが例示される。導光体は、投光部から投光された検査光を透過させると共に被検査物の被検査面に向けて検査光を出射させるものである。導光体は出射面をもつ。出射面は、被検査物の被検査面に対向する側に形成されており、断面で被検査面に向けて突出する円弧凸状をなしており、導光体を透過した検査光を被検査物の被検査面に進行するにつれて光束径を拡開させて拡開光とする。出射面を構成する円弧凸状は、真円状の円弧で形成されていても良いし、楕円状の円弧で形成されていても良い。導光体は、検査光を出射面から出射させる前に、検査光の光束径を絞る集光性を有する集光光学部品を備えていること

【0010】

(2) 様相2に係る被検査物検査装置によれば、上記様相において、導光体は、被検査物の被検査面の延設方向に沿った導光方向に沿って検査光を透過させる導光路と、導光路を透過する検査光を導光路の導光方向に対して交差する方向に且つ被検査物の被検査面に向けて反射させる反射面とを備えていることを特徴とする。この場合、導光路を透過する検査光は反射面で反射され、導光路の導光方向に対して交差する方向に沿って且つ被検査物の被検査面に向けて向かう。

【0011】

(3) 様相3に係る被検査物検査装置によれば、上記様相において、導光路は、光ファイバと、光ファイバの先端部に接続されたレンズとを備えており、レンズは反射面および出射面を備えていることを特徴とする。この場合、レンズを透過する検査光は、レンズの反射面で反射され、導光路の導光方向に対して交差する方向に沿って且つ被検査物の被検査面に向けて向かう。更に、反射面で反射した反射光はレンズの出射面から出射される。そして出射面から出射された検査光は、被検査物の被検査面に向けて拡開する拡開光となる。このため検査光の光束径が小さいときであっても、検査光は拡開光となるため、被検査物の被検査面における照射面積が増加する。このため被検査物の被検査面を走査する時間が短縮される。従って、被検査物の被検査面を検査に要する検査時間は、短縮される。

【0012】

上記したレンズとしては、GRINレンズまたはシリンダカルレンズが例示される。GRINレンズ (gradient index lens) は、勾配屈折レンズとも呼ばれ、レンズ媒質内で空間座標の関数として屈折率が連続的に変化するレンズであり、光束径を絞る集光性を有するため、光の拡散を抑える。シリンダカルレンズは、少なくとも一面が円柱の一部のように曲成されたレンズである。光ファイバとしては、コアが均一な屈折率とされているステップインデックスタイプでも良いし、屈折率分布をもたせたグレーテッドインデックスタイプでも良いし、TECファイバでも良い。

【0013】

(4) 様相4に係る被検査物検査装置によれば、上記様相において、導光路は、光ファイバと、光ファイバの先端部に接続されたレンズと、レンズの先方に設けられた光透過部とを備えており、光透過部は反射面および出射面を備えていることを特徴とする。この場合、光透過部を透過する検査光は、光透過部の反射面で反射され、導光路の導光方向に対して交差する方向に沿って且つ被検査物の被検査面に向けて向かう。更に、反射面で反射した反射光は光透過部の出射面から出射される。そして出射面から出射された検査光は、被検査物の被検査面に向けて拡開する拡開光となる。このため検査光のビーム径が小さいときであっても、検査光は拡開光となるため、被検査物の被検査面における照射面積が増加する。このため被検査物の被検査面を走査する時間が短縮される。従って、被検査物の被検査面を検査に要する検査時間は、短縮される。拡開光はスリット扇形状等の扇形状が好ましい。

10

【0014】

(5) 様相5に係る被検査物検査装置によれば、上記様相において、被検査物の被検査面は筒状内壁面または筒状外壁面とされており、導光路は、被検査物の筒状内壁面または筒状外壁面の円筒中心の回りにおいて間隔を隔てて複数本並設されていることを特徴とする。筒形状は円筒形状、角筒形状を含む。導光路としては、光ファイバが例示される。光ファイバはTECファイバを含む。TEC(thermally Expand Core)ファイバは、光ファイバの屈折率分布制御用のドーパント(GeO₂, F, B等)を熱によって光ファイバの内部に拡散させて光のビーム径を変換させるファイバであり、ビーム径を絞る集光性をもつため、光の拡散防止に有利である。

20

【0015】

この場合、複数本の導光路を保持する保持要素が設けられていることが好ましい。保持要素としては、中央孔をもつ円筒形状または角筒形状等の筒形状をなしていることが好ましい。導光路が導光機能を有していれば、保持要素は必ずしも導光機能を有していなくても良い。保持要素の中央孔は、被検査物の被検査面で反射し撮像部に向かう反射光を透過させる反射光経路のうちの一部を形成することが好ましい。この場合、保持要素の中央孔は、被検査物の被検査面で反射し撮像部に向かう反射光を透過させる反射光経路のうちの一部を形成するため、装置の小型化に貢献できる。

【0016】

(6) 様相6に係る被検査物検査装置によれば、上記様相において、被検査物の被検査面で反射し撮像部に向かう反射光を透過させる反射光経路において、被検査物の被検査面と撮像部との間に反射体が設けられており、反射体は、被検査物の被検査面で反射した反射光を受光し且つ撮像部に向けて反射させる第2反射面を備えている。反射体の第2反射面は、被検査物の被検査面で反射した反射光を受光し、且つ、撮像部に向けて反射させる。この場合、被検査物の被検査面で反射した反射光を反射体により撮像部に向けて良好に反射させることができる。反射体としては、円錐状または円錐台状をなすコーンミラーが例示される。

30

【0017】

(7) 様相7に係る被検査物検査装置によれば、上記様相において、少なくとも導光体および撮像部を保持するセンサが設けられており、センサを被検査物の被検査面に沿って案内する案内部と、センサを被検査物の被検査面に沿って移動させる駆動部とが設けられていることを特徴とする。この場合、被検査物の被検査面に沿ってセンサが移動するため、センサに搭載されている導光体および撮像部により被検査物の被検査面における検査を行うことができる。この結果、被検査物の被検査面の検査面積を増加させることができる。

40

【発明の効果】**【0018】**

本発明に係る被検査物検査装置によれば、被検査物の被検査面における表面状況(例えば異物の有無等)を検査することができる。更に、被検査物の被検査面に向けて出射させる検査光を拡開させることにより、被検査物の検査に要する検査時間を短縮させることが

50

できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

(実施形態1)

本発明を具体化した実施形態1について図1～図6を参照して説明する。図1は本実施形態に係る被検査物検査装置の概念を示す。図1に示すように、被検査物検査装置は、内周面状の被検査面10をもつ被検査物1を載せて保持する載置面15aをもつ被検査物保持部15と、レーザ光(波長:660ナノメートル)である検査光8を投光する半導体レーザを有する投光部2と、投光部2から投光された検査光8を透過させると共に被検査物1の被検査面10に向けて検査光8を出射させる導光体3と、被検査物1の被検査面10で反射した反射光を受光して撮像する撮像部6とを備えている。

10

【0020】

被検査物1は鉄合金やアルミ合金などの金属を基材として形成されており、これの中心線M1が縦方向(鉛直方向)に沿っている円筒孔状の空洞14をもつ円筒形状をなしている。被検査物1は、被検査面10となる円筒形状の内壁面および円筒形状の外壁面16と、軸端面17とをもつ。被検査物1の被検査面10(内壁面)にはクロムメッキ等のメッキ膜が被覆されている。被検査物1の外壁面16および軸端面17にもメッキ膜が被覆されていても良い。なお被検査物1としてはブレーキ装置のシリンダ、内燃機関や外燃機関のシリンダが例示される。

【0021】

20

図1に示すように、導光体3は、複数本の導光路4と、複数本の導光路4を埋設して保持する保持要素として機能する一定肉厚の円筒形状の導光路保持部5とを備えている。導光路保持部5は、光透過性をもつ樹脂(アクリル樹脂等の透明樹脂)またはガラス等の透光材料で形成されており、内径および外径が軸長方向に沿って等しい円筒形状をなしている。導光路保持部5は、中心線M2をもち上下方向(鉛直方向)に貫通する中央孔5rを区画する内周面5iおよび外周面5pを有する。図1に示すように、導光路4は上下方向(鉛直方向)に沿っており、導光路保持部5の内部に埋設されている。導光路4は、筒形状をなす導光路保持部5の中心線M2(被検査物1の中心線M1)の回りに沿って複数本並設されている。導光路保持部5の中心線M2は、被検査物1の中心線M1と実質的に同軸とされている。なお中心線M1上または延長線上に撮像部6が配置されている。撮像部6は、後述する反射体9に対面する光学レンズ系60と、カメラ61とを備えている。

30

【0022】

導光路4は、導光路4として機能する複数本の光ファイバ40と、光ファイバ40の先端40f(下端)に接続された光拡開機能をもつレンズ45(マイクロレンズ)とを備えている。導光路4を構成する光ファイバ40では、検査光8は、光ファイバ40の長さ方向に沿って光ファイバ40の内部を透過する。図1に示すように、光ファイバ40は、被検査物1の筒形状をなす被検査面10の延設方向(矢印H方向、鉛直方向、被検査物1の軸長方向)に沿って被検査面10とほぼ平行に配置されている。このため、光ファイバ40における導光方向は、被検査物1の被検査面10の延設方向となる。複数の光ファイバ40(導光路4)は実質的に互いに平行とされている。なお、光ファイバ40は断面で円形状をなしており、外周面40pを有しており、ガラス製でも樹脂製でも良い。複数の光ファイバ40の始端は投光部2に繋がれている。従って投光部2が検査光を投光すると、検査光は複数の光ファイバ40に分岐して透過する。故に投光部2は複数の光ファイバ40(導光路4)の共通光源として機能する。

40

【0023】

図3に示すように、光ファイバ40の先端に配置されているレンズ45は、集光性をもつGRINレンズであり、光ファイバ40の長さ方向の先端40fに接続された接合面41と、斜めに傾斜する反射面46と、円弧凸状をなす外周面47とをもつ。光ファイバ40の軸芯とレンズ45の軸芯とが整合するように、光ファイバ40およびレンズ45は同軸的に配置されている。図3に示すように、反射面46は、水平線(導光路保持部5の径

50

方向に沿った仮想面)に対して角度 1で傾斜していると共に、光ファイバ40の中心線M5の延長線に対して角度 2で傾斜している。角度 1、 2の設定により、被検査物1の被検査面10に照射される検査光8の向きを調整できる。反射面46は、レンズ45の母材で形成されていても良いし、金属(アルミニウム等)の反射促進用の薄膜を積層させて形成しても良い。反射面46の先方には、透光性をもつ導光路保持部5の一部をなす透光部分5kが設けられている(図2参照)。レンズ45の外周面47の一部が、所定の曲率で曲成された円弧凸状をなす出射面48を形成する。出射面48は、光ファイバ40の中心線M5の延長線と直交する断面(被検査物1の被検査面10の中心線M1と直交する断面)で、真円形状の円弧で形成されている。

【0024】

図3に示すように、光ファイバ40をその長さ方向に沿って透過する検査光8は、接合面41を介してレンズ45に至り、レンズ45の反射面46で被検査物1の被検査面10に向けて反射され、更に、レンズ45の出射面48で外方に射出される。従って検査光8は、導光路4の導光方向(矢印H方向)に対して交差する方向(矢印D1方向)に沿って、且つ、被検査物1の被検査面10に向けて向かう。ここで、光ファイバ40の中心線M5の延長線に対して直交する断面(被検査物1の中心線M1に対して直交する断面)で、レンズ45の出射面48は、被検査物1の被検査面10に向けて突出するように、円弧凸状をなしている。このため、図3および図4に示すように、出射面48から射出された検査光8は、被検査物1の被検査面10に向けて、円筒形状をなす導光路保持部5の半径方向外方(放射方向)に向けて拡開し、拡開光となる。

【0025】

具体的には、出射面48から射出された検査光8は、被検査物1の外径方向に沿って斜め下方向に向けて進行し(図2参照)、出射面48から被検査物1の被検査面10に向かうにつれて水平な扇形状に拡開する。図1および図3に示すように、扇形状に拡開した検査光8は、拡開外縁8aをもつ。上記したように投光部2から投光された検査光8がビーム径が小さなビーム光でありながらも、出射面48から射出された検査光8は水平な扇形状(スリット扇形状)に拡開する。このため被検査物1の周方向において、被検査物1の被検査面10における照射面積が増加する。

【0026】

本実施形態によれば、レンズ45(GRINレンズ)は、検査光8の集光性を高める機能を備えている他に、検査光8を反射面46で被検査物1に向けて反射させる反射機能と、検査光8を出射面48により扇形状に拡開させる拡開機能とを備えている。なおレンズ45の焦点は被検査物1の被検査面10となるように設定されている。

【0027】

検査光8が光ファイバ40の内部を透過するときには、検査光8の散乱は抑えられている。しかし光ファイバ40の先端40fから外方に導出された検査光8は散乱しようとするが、光ファイバ40の先端40fに接続されているレンズ45(GRINレンズ)が集光機能を備えているため、レンズ45内で散乱することが抑えられており、分解能が確保される。

【0028】

図2に示すように、検査光8は、被検査物1の内周面状の被検査面10で反射されると、被検査物1の求心方向(D2方向)に向かう。ここで、図2に示すように、被検査物1の被検査面10で反射した反射光8hを透過させる反射光経路において、被検査物1の被検査面10と撮像部6との間には、反射体9が設けられている。反射体9は、被検査物1の下端部(被検査物1の軸長方向の端部側)に配置されている。反射体9はガラスまたは樹脂で形成されている。反射体9はコーンミラーとされており、先端(上端)が尖った頂部90と、円錐形状をなす第2反射面92とを備える。反射体9の頂部90が導光路保持部5の中心線M2に位置するように、反射体9は筒形状の導光路保持部5と同軸的に配置されている。この結果、第2反射面92で反射された反射光8hは、被検査物1の中央孔5r内をリング状に撮像部6に向けて進行するため、撮像部6における受光性が高まる。

10

20

30

40

50

反射体 9 の第 2 反射面 9 2 は、被検査物 1 の被検査面 1 0 で反射した反射光 8 h を受光し、且つ、撮像部 6 に向けて（上方に向けて）反射させる。この結果、被検査物 1 の被検査面 1 0 で求心方向（矢印 D 2 方向）に反射した反射光 8 h を、反射体 9 の第 2 反射面 9 2 により撮像部 6 に向けて良好に反射させることができる。反射光 8 h は被検査物 1 の中央孔 5 r の軸芯の回りを同軸的に進行する。

【 0 0 2 9 】

図 1 に示すように、上記した導光体 3、撮像部 6、反射体 9、投光部 2 等は、可動式のセンサ 1 0 0 のハウジング 1 0 0 h に保持されている。センサ 1 0 0 はアーム 1 0 2 をもつ。駆動部 2 0 0 は、センサ 1 0 0 を被検査物 1 の被検査面 1 0 の延設方向（矢印 H 方向、高さ方向）に沿って移動させるものである。駆動部 2 0 0 はモータ装置または流体圧シリンドラ装置を搭載している。センサ案内部として機能する案内部 2 1 0 は、駆動部 2 0 0 の筐体 2 0 1 において被検査物 1 の延設方向（矢印 H 方向）に沿って延設されている。制御部 3 0 0 の制御信号により駆動制御部 2 0 4 が制御されると、駆動部 2 0 0 が駆動し、センサ 1 0 0 を被検査物 1 の被検査面 1 0 の延設方向（矢印 H 方向、鉛直方向）に沿って移動させる。なお、被検査物保持部 1 5、センサ 1 0 0 および駆動部 2 0 0 は、本装置の基部 1 9 に保持されている。

10

【 0 0 3 0 】

本装置の使用方法について説明を加える。先ず図 1 に示すように、被検査物 1 の下面を被検査物保持部 1 5 の載置面 1 5 a に載せて被検査物 1 を保持する。投光部 2 は検査光 8 を投光する。すると、検査光 8 は複数に分岐され、各光ファイバ 4 0 の始端から先端 4 0 f に向けて下方（矢印 H 2 方向）に透過する。従って投光部 2 は、複数の光ファイバ 4 0（導光路 4）に対して共通光源として機能する。光ファイバ 4 0 を透過した検査光 8 は、接合面 4 1 を介してレンズ 4 5 に至り、レンズ 4 5 の反射面 4 6 で被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて導光路保持部 5 の径外方向に向けて反射され、更に、レンズ 4 5 の出射面 4 8 から矢印 D 1 方向に沿って且つ被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて出射される。ここで、レンズ 4 5 の出射面 4 8 は、所定の曲率で曲成された円弧凸状をなしている。このため、図 3 および図 4 に示すように、出射面 4 8 から出射された検査光 8 は、被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて、円筒形状をなす導光路保持部 5 の半径方向外方に向けて拡開して拡開光となる。具体的には、出射面 4 8 から出射された検査光 8 は、出射面 4 8 から被検査物 1 の被検査面 1 0 に向かうにつれて水平な扇形状（スリット扇形状）に拡開する。このように検査光 8 が実質的に二次元的な扇形状に拡開するため、被検査物 1 の被検査面 1 0 における照射面積が増加する。

20

30

【 0 0 3 1 】

図 1 に示すように、導光路 4 は、被検査物 1 の周方向（矢印 R 方向）に沿って複数本並設されている。このため、扇形状に拡開した拡開光が被検査物 1 の周方向に 1 周するようにリング形状に連続し、リング光 8 r が得られる。扇形状をなす拡開光の周縁は互いに重複する。リング光 8 r は、検査光がリング状に放射される光を意味する。上記したようにリング光 8 r が得られるため、被検査物 1 の被検査面 1 0 における照射面積が良好に確保される。従って、検査光 8 を被検査物 1 の周方向に走査させる走査が軽減される。

40

【 0 0 3 2 】

検査光 8 は、被検査物 1 の被検査面 1 0 で反射されると、被検査物 1 の空洞 1 4 の求心方向（D 2 方向）に向かう。ここで図 2 に示すように、反射光 8 h は反射体 9 の第 2 反射面 9 2 で反射し、導光路保持部 5 の中央孔 5 r を上方に向けて透過し、撮像部 6 に向かい、光学レンズ系 6 0 を経てカメラ 6 1 で受光される。撮像部 6 のカメラ 6 1 の撮像信号は画像メモリ 7（画像データ格納要素）の所定のエリアに格納され、三角測量を用いた画像処理が制御部 3 0 0 により行われる。これにより被検査物 1 の被検査面 1 0 における表面状態（異物の有無等）が検査される。

【 0 0 3 3 】

制御部 3 0 0 により制御された駆動制御部 2 0 4 により駆動部 2 0 0 が駆動し、センサ 1 0 0 が被検査物 1 の空洞 1 4 の軸長方向（矢印 H 方向）に沿って移動し、被検査物 1 の

50

空洞 14 の奥方（下方）に次第に進行していく。この結果、リング状の検査光 8（リング光 8 r）が被検査物 1 の空洞 14 の軸長方向（矢印 H 方向）に沿って下方に移動し、被検査物 1 の空洞 14 の奥方に次第に進行していく。この結果、被検査物 1 の被検査面 10 の全域またはほぼ全域が撮像される。図 1 はあくまでも概念図であり、実際の被検査物 1 の軸長は図 1 に示す形態よりも長く設定されている。図 5 は撮像部 6 で所定のタイミング時に撮像された画像を示す。もし、被検査物 1 の被検査面 10 に凸状の異物が存在するときには、図 5 に示すように、画像において凸状の異物が検査される。

【0034】

図 6 は制御系が実行するフローチャートの一例を示す。フローチャートはこれに限定されるものではない。まず、被検査物 1 を被検査物保持部 15 にセットする指令を搬送装置（図示せず）に出力する（ステップ S102）。センサ 100 を被検査物 1 の測定開始位置まで移動させる（ステップ S104）。投光部 2 から検査光 8 を投光し、リング光 8 r を被検査物 1 の被検査面 10 に照射する（ステップ S106）。画像データを取り込む（ステップ S108）。画像データを画像メモリ 7 の所定のエリアに格納する（ステップ S110）。被検査物 1 の被検査面 10 の形状を算出する（ステップ S112）。次に測定終了か判定する（ステップ S114）。測定終了でなければ（ステップ S114 の NO）、センサ 100 を矢印 H 方向において被検査物 1 の被検査面 10 に沿って更に移動させる（ステップ S116）。測定終了であれば、被検査物 1 の被検査面 10 の検査面形状を構築する（ステップ S118）。被検査物 1 の被検査面 10 における異物形状を抽出する（ステップ S120）。OK / NG の判定を行い（ステップ S122）、OK であれば、OK 信号を出力し（ステップ S124）、NG であれば NG 信号を出力する（ステップ S126）。

10

20

【0035】

以上説明したように本実施形態によれば、検査光 8 が扇状に拡開するため、被検査物 1 の被検査面 10 における照射面積が増加する。従って、検査光 8 を被検査物 1 の周方向に走査する走査が軽減され、被検査物 1 の被検査面 10 を検査する検査時間を短縮させることができる。殊に被検査物 1 の被検査面 10 の回りを 1 周するリング光 8 r が形成されるため、検査光 8 を被検査物 1 の周方向に走査する走査が軽減され、被検査物 1 の被検査面 10 を検査する検査時間を短縮させることができる。更に、被検査物 1 の被検査面 10 に異物が存在しているとき、異物の凹凸量とメッキムラの凹凸量とはかなり異なるため、異物とメッキムラとの判別ができる。よって被検査面 10 における異物の有無の検査に適用できる。

30

【0036】

（実施形態 2）

図 7 ~ 図 9 は実施形態 2 を示す。本実施形態は実施形態 1 と基本的には同様の構成であり、同様の作用効果を有する。実施形態 1 と共通機能を有する部位には共通の符号を付する。以下、実施形態 1 と異なる部位を中心として説明する。図 7 に示すように、筒形状をなす導光体 3 は、複数本の導光路 4 と、複数本の導光路 4 を保持する保持要素として機能する一定肉厚の円筒形状の導光路保持部 5 とを備えている。導光路保持部 5 は、光透過性をもつ樹脂（アクリル樹脂等の透明樹脂）またはガラス等の透光材料で形成されており、内径および外径が軸長方向に沿って等しい円筒形状をなしている。導光路保持部 5 は、中央孔 5 r を区画する内周面 5 i および外周面 5 p を有する直円筒形状をなしている。図 7 に示すように、導光路 4 は上下方向（鉛直方向、被検査物 1 の被検査面 10 の延設方向物）に沿っており、導光路保持部 5 の内部に埋設されて保持されている。各導光路 4 は、筒形状をなす導光路保持部 5 の中心線 M 2（つまり被検査物 1 の中心線 M 1）の回りに沿って複数本並設されている。

40

【0037】

図 8 および図 9 に示すように、導光路 4 は、導光機能する複数本の光ファイバとして機能する TEC ファイバ 4 2（集光光学部品）と、TEC ファイバ 4 2 の先端 4 2 f（下端）に接続された光拡開機能をもつレンズとして機能するシリンドリカルレンズ 4 5 S とを

50

備えている。導光路 4 を構成する TEC ファイバ 4 2 では、検査光 8 は、TEC ファイバ 4 2 の長さ方向に沿って透過する。TEC ファイバ 4 2 は被検査物 1 の被検査面 1 0 の延設方向（矢印 H 方向、鉛直方向）に沿って被検査物 1 の被検査面 1 0 とほぼ平行に配置されている。このため TEC ファイバ 4 2 における導光方向は、被検査物 1 の被検査面 1 0 の延設方向となる。なお、TEC ファイバ 4 2 は断面で円形状をなしており、外周面 4 2 p を有している。

【0038】

シリンダリカルレンズ 4 5 S は、TEC ファイバ 4 2 の長さ方向の先端 4 2 f に接続された接合面 4 1 と、斜めに傾斜する反射面 4 6 と、円弧凸状をなす外周面 4 5 S p をもつ。TEC ファイバ 4 2 の軸芯とシリンダリカルレンズ 4 5 S の軸芯とが整合するように、TEC ファイバ 4 2 およびシリンダリカルレンズ 4 5 S は同軸的に接続されている。

10

【0039】

シリンダリカルレンズ 4 5 S との外周面 4 5 S p の一部が、所定の曲率で曲成された出射面 4 8 を形成する。出射面 4 8 は、TEC ファイバ 4 2 の中心線 M 6 の延長線に対して直交する断面（または被検査物 1 の中心線 M 1 に対して直交する断面）で、被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて突出する円弧凸状をなす。図 9 に示すように、反射面 4 6 は、水平線（導光路保持部 5 の径方向に沿った仮想面）に対して角度 1 で傾斜しており、かつ、TEC ファイバ 4 2 の中心線 M 6 の延長線に対して角度 4 で傾斜している。反射面 4 6 の先方には、透光性をもつ導光路保持部 5 の一部をなす透光部分 5 k が設けられている（図 8 参照）。この場合、図 9 に示すように、TEC ファイバ 4 2 をその長さ方向に沿って透過する検査光 8 は、接合面 4 1 を介してシリンダリカルレンズ 4 5 S に至り、シリンダリカルレンズ 4 5 S の反射面 4 6 で被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて反射され、更に、シリンダリカルレンズ 4 5 S の出射面 4 8 で外方に出射される。従って検査光 8 は、導光路 4 の導光方向（矢印 H 方向）に対して交差する方向（矢印 D 1 方向）に沿って、且つ、被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて向かう。ここで、前述したようにシリンダリカルレンズ 4 5 S の出射面 4 8 は円弧凸状をなしている。このため、図 7 および図 9 に示すように、出射面 4 8 から出射された検査光 8 は、出射面 4 8 から被検査物 1 の被検査面 1 0 に向かうにつれて水平な扇形状（スリット扇形状、拡開角 3）に拡開する。扇形状に拡開した検査光 8 は拡開外縁 8 a をもつ。上記したように投光部 2 から投光された検査光 8 がビーム光でありながらも、出射面 4 8 から出射された検査光 8 は水平な扇形状（スリット扇形状）に拡開するため、被検査物 1 の周方向において、被検査物 1 の被検査面 1 0 における照射面積が増加する。

20

30

【0040】

本実施形態によれば、TEC ファイバ 4 2 は検査光 8 の集光性を高める機能を果たす。シリンダリカルレンズ 4 5 S は検査光 8 を反射面 4 6 により被検査物 1 に向けて反射させる反射機能と、検査光 8 を出射面 4 8 により拡開させる拡開機能とを備えている。図 8 及び図 9 に示すように、集光性を高める TEC ファイバ 4 2 の先端 4 2 f はシリンダリカルレンズ 4 5 S の反射面 4 6 の近くに配置されているため、検査光 8 の散乱は抑えられており、分解能が確保される。

【0041】

本実施形態においても、図 8 に示すように、検査光 8 は、被検査物 1 の被検査面 1 0 で反射されると、被検査物 1 の求心方向（D 2 方向）に向かう。ここで、被検査物 1 の被検査面 1 0 で求心方向（D 2 方向）に反射した反射光 8 h を反射体 9 の第 2 反射面 9 2 により撮像部 6 に向けて（上方に向けて）良好に反射させる。

40

【0042】

以上説明したように本実施形態によれば、実施形態 1 の場合と同様に、シリンダリカルレンズ 4 5 S の出射面 4 8 により検査光 8 が扇形状（スリット扇形状）に拡開するため、被検査物 1 の被検査面 1 0 を 1 周するリング光 8 r が得られ、被検査物 1 の被検査面 1 0 における照射面積が増加する。従って、被検査面 1 0 を検査する際に、検査光 8 を被検査物 1 の周方向に走査させる走査が軽減される。よって、被検査物 1 の被検査面 1 0 につい

50

ての検査に要する検査時間を短縮させることができる。更に、被検査物 1 の被検査面 1 0 に異物が存在しているとき、異物とメッキムラとの判別ができるため、異物の有無の検査に適用できる。

【 0 0 4 3 】

(実施形態 3)

図 1 0 ~ 図 1 2 は実施形態 3 を示す。本実施形態は実施形態 1 と基本的には同様の構成であり、同様の作用効果を有する。実施形態 1 と共通機能を有する部位には共通の符号を付する。以下、実施形態 1 と異なる部位を中心として説明する。図 1 0 および図 1 1 に示すように、導光路 4 は、光ファイバ 4 0 と、光ファイバ 4 0 の先端部に接続され凸状のレンズ面 4 3 u をもつ先球レンズ 4 3 t と、先球レンズ 4 3 の先方に設けられた光透過部 4 4 とを備えている。光ファイバ 4 0 および先球レンズ 4 3 は、先端加工光ファイバを形成する。

10

【 0 0 4 4 】

図 1 0 および図 1 1 に示すように、光透過部 4 4 は、光透過性をもつ透明樹脂（例えばアクリル樹脂）または透明ガラス等の透光材料で形成された筒形状をなしており、互いに同軸的に配置された縦型の内筒 4 4 1 および縦型の外筒 4 4 2 で形成されており、上下方向に貫通する中央孔 4 4 5 を備えている。内筒 4 4 1 は、光ファイバ 4 0 および先球レンズ 4 3 t を保持しているため、光透過部 4 4 は導光路保持部としても機能する。内筒 4 4 1 は光透過性を必ずしも有していなくても良いが、有していても良い。先球レンズ 4 3 t のレンズ面 4 3 u は、ビーム径を絞る集光機能を備えている。この結果、通常の光ファイバ 4 0 の NA（開口数）に比較して $1/10$ 程度（ 0.01 程度）まで小さくすることができ、分解能を高めることができる。光透過材料で形成された筒形状の光透過部 4 4 を導光路として利用するため、光ファイバ 4 0 の長さを短縮でき、複数本の光ファイバ 4 0 の組付性も向上させ得る。

20

【 0 0 4 5 】

図 1 1 に示すように、光透過部 4 4 を構成する外筒 4 4 2 の下端部には、反射面 4 6 が形成されている。反射面 4 6 は、筒形状の光透過部 4 4 の中心線 M 4 の回りで円錐形状に傾斜する。反射面 4 6 には金属等の薄い反射膜を形成しても良いし、形成しなくても良い。反射面 4 6 の内径は、撮像部 6 に向かうにつれて小さくなるように設定されている。

【 0 0 4 6 】

30

光透過部 4 4 を構成する外筒 4 4 2 の外周面の下端部は、出射面 4 8 とされている。出射面 4 8 は、所定の曲率で曲成された円弧凸状面とされており、光透過部 4 4 の中心線に対して直交する断面で、被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて突出している。

【 0 0 4 7 】

投光部 2 が検査光 8 を投光すると、検査光 8 は複数に分岐され、各光ファイバ 4 0 の始端から先端 4 0 f に向けて矢印 H 2 方向に透過する。光ファイバ 4 0 を透過した検査光 8 は、接合面 4 1 を介して先球レンズ 4 3 t に至り、先球レンズ 4 3 t から光透過部 4 4 の外筒 4 4 2 の内部を透過し、光透過部 4 4 の反射面 4 6 に至る。検査光 8 は、光透過部 4 4 の外筒 4 4 2 の反射面 4 6 で被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて、導光路保持部 5 の径外方向に反射され、更に、検査光 8 は、光透過部 4 4 の外筒 4 4 2 の出射面 4 8 から矢印 D 1 方向に沿って、且つ、被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて出射される。

40

【 0 0 4 8 】

ここで、前述したように光透過部 4 4 の出射面 4 8 は、断面で、所定の曲率で曲成された円弧凸状をなしている。このため、図 1 0 に示すように、出射面 4 8 から出射された検査光 8 は、被検査物 1 の被検査面 1 0 に向けて、円筒形状をなす導光路保持部 5 の半径方向外方に向けて拡開して拡開光となる。具体的には、出射面 4 8 から出射された検査光 8 は、出射面 4 8 から被検査物 1 の被検査面 1 0 に向かうにつれて水平な扇形状（スリット扇形状）に拡開する。このように検査光 8 が水平な扇形状に拡開するため、被検査物 1 の被検査面 1 0 における照射面積が増加する。

【 0 0 4 9 】

50

図10に示すように、導光路4を構成する光ファイバ40は、被検査物1の空洞14の内壁面に沿って被検査物1の周方向(矢印R方向)に沿って複数本並設されている。このため、扇形状に拡開した拡開光が被検査物1の空洞14の内壁面において、扇形状に拡開した複数の拡開光が被検査物1の周方向に沿って1周するようにリング形状に連続する。各拡開光の縁部は互いに重複している。このようにして被検査物1の周方向に1周するリング光8rが得られる。このようなリング光8rが得られるため、被検査物1の被検査面10における照射面積が良好に確保される。従って、検査光8を被検査物1の周方向に走査する走査が軽減される。

【0050】

検査光8が光ファイバ40を透過しているときには、検査光8の散乱は抑えられている。検査光8が光ファイバ40の先端40fを出ると、検査光8の散乱性が高くなる。この点本実施形態によれば、光ファイバ40と光透過部44との間に、ビーム径を絞る集光レンズとして機能する先球レンズ43tが設けられているため、先球レンズ43tのレンズ面43uから導出された検査光8の集光性が高まる。故に光透過部44における検査光8の散乱が抑えられており、分解能が確保される。なお、先球レンズ43tのレンズ面43uの焦点は、被検査物1の被検査面10となるように設定されている。

10

【0051】

検査光8は被検査物1の被検査面10で反射されると、図11に示すように、被検査物1の空洞14の求心方向(D2方向)に向かう。ここで図11に示すように、反射光8hは反射体9の第2反射面92で反射し、導光路保持部5の中央孔を上方に向けて透過し、撮像部6に向かい(上方に向かい)、光学レンズ系60を経てカメラ61で受光される。撮像部6のカメラ61の撮像信号は画像メモリ7に格納され、制御部300により画像処理される。制御部300により制御された駆動部200により、センサ100が被検査物1の空洞14の軸長方向(矢印H方向)に沿って移動し、被検査物1の空洞14の奥方(下方)に次第に進行していく。この結果、リング状の検査光8(リング光8r)が被検査物1の空洞14の軸長方向(矢印H方向)に沿って移動し、被検査物1の空洞14の奥方に次第に進行していく。この結果、被検査物1の被検査面10の全域またはほぼ全域が撮像されて検査される。もし、被検査物1の被検査面10に凸状の異物が存在するときには、図6に示すように、画像において凸状の異物が検査される。

20

【0052】

(実施形態4)

図13は実施形態4を示す。本実施形態は実施形態3と基本的には同様の構成であり、同様の作用効果を有する。実施形態3と共通機能を有する部位には共通の符号を付する。以下、実施形態1と異なる部位を中心として説明する。更には、前記した光ファイバ40と先球レンズ43tとの組み合わせに代えて、図13に示すように、光ファイバ40とGRINレンズ45との組み合わせにしても良い。光ファイバ40の先端にGRINレンズ45が接続されている。光ファイバ40の先端から導出された検査光8は散乱(光部分8x)しようとするが、GRINレンズ45はビーム径を絞る集光性を有するため、散乱が抑えられる。なおGRINレンズ45は光透過部44の上部に接続されている。

30

【0053】

(実施形態5)

図14は実施形態5を示す。本実施形態は実施形態3と基本的には同様の構成であり、同様の作用効果を有する。実施形態3と共通機能を有する部位には共通の符号を付する。以下、実施形態1と異なる部位を中心として説明する。更に光ファイバ40と先球レンズ43tとの組み合わせに代えて、図14に示すように、TECファイバ42にしても良い。TECファイバ42は集光性を有するため、光の散乱が抑えられている。なおTECファイバ42の先端42fは光透過部44の上部に接続されている。

40

【0054】

(その他)

本発明は上記し且つ図面に示した実施形態のみに限定されるものではなく、要旨を逸脱

50

しない範囲内で適宜変更して実施できる。被検査物 1 は円筒形状に限らず、角筒形状としても良い。被検査物 1 としては、中心線 M 1 の回りで 1 周する円筒形状でも良いが、中心線 M 1 の回りでほぼ 3 / 4 周する筒形状でも良く、中心線 M 1 の回りでほぼ 1 / 2 周する樋形状でも良い。検知光 8 としては、被検査物 1 の被検査面 1 0 を 1 周するリング光 8 r とされているが、被検査物 1 の被検査面 1 0 をほぼ 3 / 4 周する部分リング光としても良く、または、被検査物 1 の被検査面 1 0 をほぼ 1 / 2 周する半リング光としても良い。

【 0 0 5 5 】

被検査物 1 としては、中心線 M 1 が縦方向に沿って縦向き円筒形状に限らず、中心線 M 1 が横方向に沿って横向きの筒形状としても良い。この場合には導光体 3 を横方向に移動させる。または、被検査物 1 としては、中心線 M 1 が斜め向きとしても良い。この場合には導光体 3 を斜め方向に移動させる。被検査物 1 の材質は金属に限らず、セラミックス、カーボン系、硬質樹脂等でも良い。

10

【 0 0 5 6 】

上記した実施形態では被検査物 1 の被検査面 1 0 は内壁面とされているが、被検査物 1 の外壁面 1 6 を被検査面としても良い。この場合、導光体 3 の内径を被検査物 1 の外壁面 1 6 の外径よりも大きく設定し、導光体 3 で被検査物の外壁面 1 6 を覆うことが可能とする。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 7 】

本発明は被検査物の被検査面における表面状況（例えば異物の有無等）を検査する検査装置に利用できる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 8 】

【 図 1 】 実施形態 1 に係り、被検査物検査装置の概念図である。

【 図 2 】 実施形態 1 に係り、被検査物検査装置の断面を示す概念図である。

【 図 3 】 実施形態 1 に係り、光ファイバを透過した検査光を GRIN レンズの出射面により扇形状に拡開している状態を示す斜視図である。

【 図 4 】 実施形態 1 に係り、(A) は光ファイバを透過した検査光を GRIN レンズで扇形状に拡開している状態を示す概念図であり、(B) は GRIN レンズで検査光をそれぞれ扇形状に拡開したリング光を被検査物の被検査面に照射している状態を示す図である。

30

【 図 5 】 実施形態 1 に係り、リング光により異物を検査した撮像形態を示す図である。

【 図 6 】 実施形態 1 に係り、制御部が実行するフローチャートである。

【 図 7 】 実施形態 2 に係り、被検査物検査装置の概念図である。

【 図 8 】 実施形態 2 に係り、被検査物検査装置の断面を示す概念図である。

【 図 9 】 実施形態 2 に係り、TEC ファイバを透過した検査光を TEC ファイバの出射面により扇形状に拡開している状態を示す斜視図である。

【 図 1 0 】 実施形態 3 に係り、被検査物検査装置の概念図である。

【 図 1 1 】 実施形態 3 に係り、被検査物検査装置の断面を示す概念図である。

【 図 1 2 】 実施形態 3 に係り、光ファイバの先端に接続した先球レンズで集光している状態を示す斜視図である。

40

【 図 1 3 】 実施形態 4 に係り、光ファイバの先端に接続した GRIN レンズで集光している状態を示す斜視図である。

【 図 1 4 】 実施形態 5 に係り、TEC ファイバに検査光を透過させている状態を示す斜視図である。

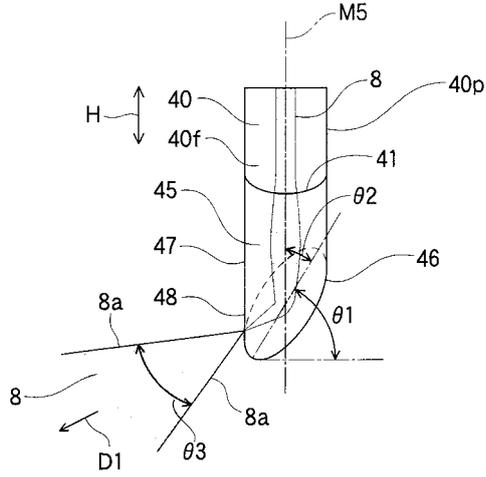
【 符号の説明 】

【 0 0 5 9 】

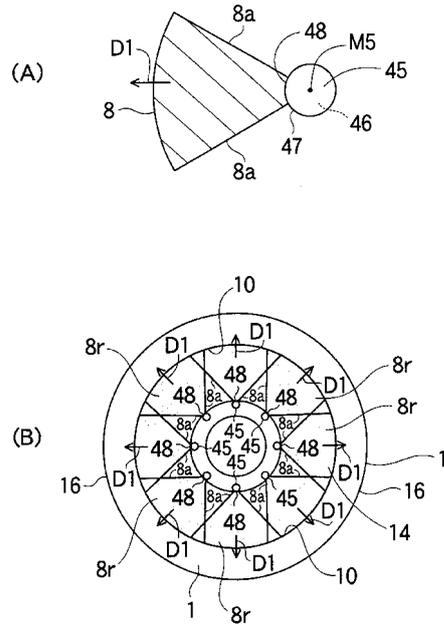
1 は被検査物、1 0 は被検査面、1 5 は被検査物保持部、1 9 は基部、2 は投光部、3 は導光体、4 は導光路、5 は導光路保持部（保持要素）、5 r は中央孔、4 0 は光ファイバ、4 1 は接合面、4 5 はレンズ、4 6 は反射面、4 8 は出射面、4 2 は TEC ファイバ、4 3 は先球レンズ、6 は撮像部、6 1 はカメラ、7 は画像メモリ、8 は検査光、8 r は

50

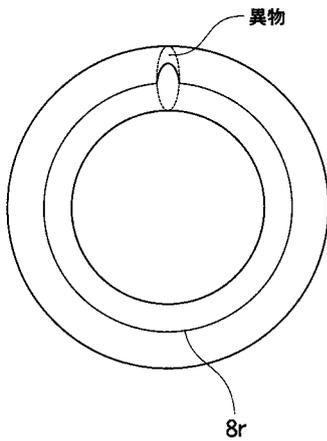
【 図 3 】



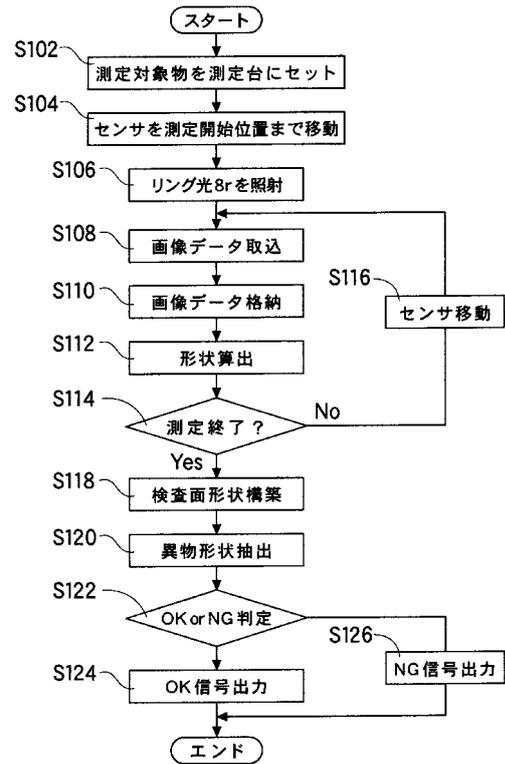
【 図 4 】



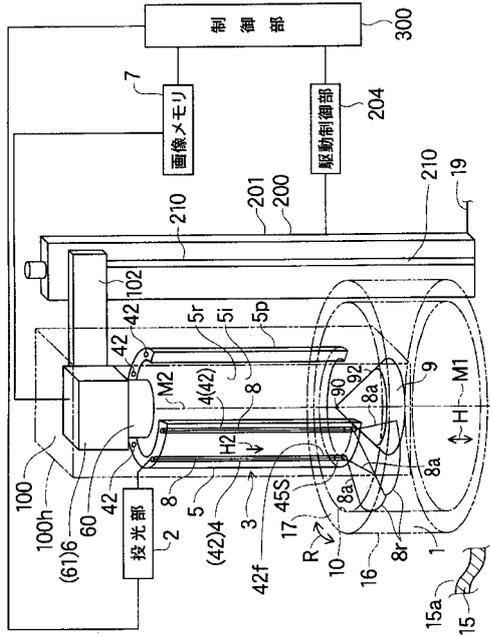
【 図 5 】



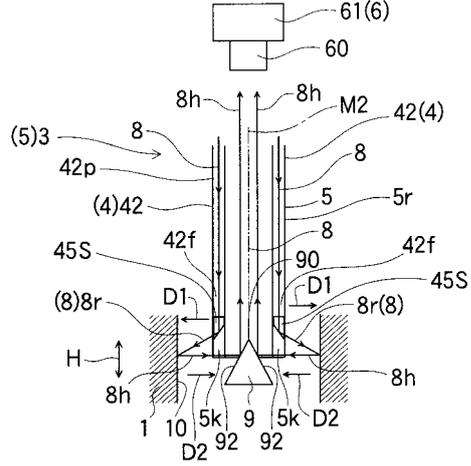
【 図 6 】



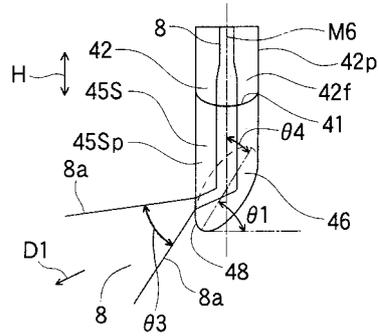
【図 7】



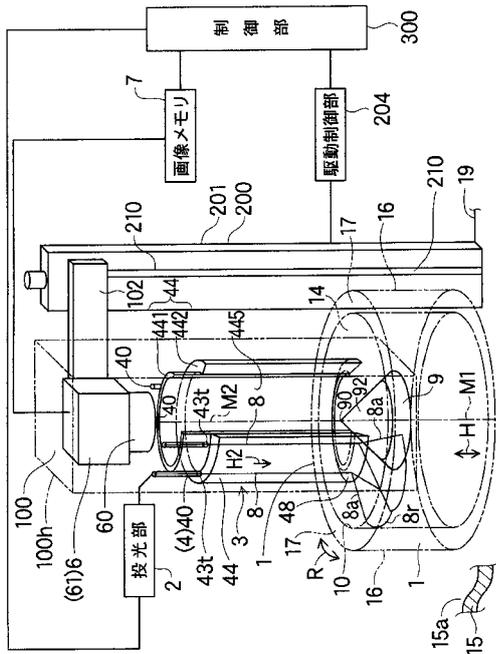
【図 8】



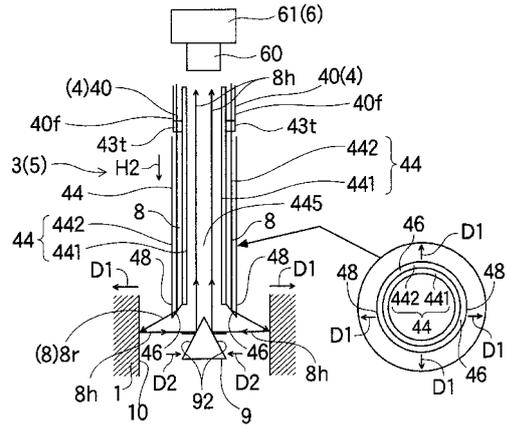
【図 9】



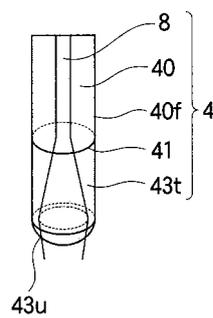
【図 10】



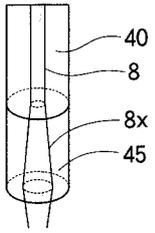
【図 11】



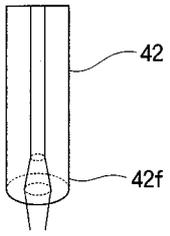
【図 12】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G051 AA07 AA90 AB01 BA01 BB01 BB11 BB17 CA04 CA06 CB01
EA14
2H040 CA12