(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2012-194085
(P2012-194085A)
(43)公開日　平成24年10月11日(2012.10.11)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01B 11/00	(2006.01)	G01B	11/00	C	2F065
B23Q 17/24	(2006.01)	B23Q	17/24	C	3C029

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 18 頁）

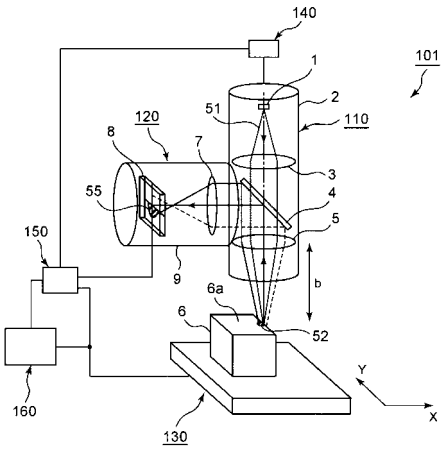
(21)出願番号　特願2011-58761 (P2011-58761)
(22)出願日　平成23年3月17日 (2011.3.17)

(71)出願人　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(74)代理人　100101454
弁理士　山田　卓二
(74)代理人　100081422
弁理士　田中　光雄
(74)代理人　100100479
弁理士　竹内　三喜夫
(72)発明者　河野　裕之
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　倉田　恵美子
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号　三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】エッジ検出装置

(57)【要約】
【課題】金属粗面上におけるエッジの検出が可能であるエッジ検出装置を提供する。
【解決手段】フォーカス検出部１５０を備え、被測定物６を照射光ビームがスキャンしながら、かつ被測定物と投光系１１０との間の距離を変化させることで、被測定物にて反射した反射光を分割光検出器にて、複数回、検出を行う。得られた複数の反射光信号の振幅に着目し、振幅が最大となる場合の投光系の照射方向位置を求めることで、被測定物に対する投光系の合焦位置を検出する。このような合焦状態において、被測定物を光ビームでスキャンすることで、エッジ検出部１６０は、被測定物のエッジを検出する。
【選択図】図１



1: 光源　120: 受光系
6: 被測定物　130: 第1駆動装置
8: 光検出器　140: 第2駆動装置
101: エッジ検出装置　150: フォーカス検出部
110: 投光系　160: エッジ検出部

【特許請求の範囲】
【請求項１】
被測定物の測定面にて高低差を有するエッジを、測定面に光ビームを照射しながら測定面をスキャンすることで検出するエッジ検出装置であって、
光源及び対物レンズを有し、光源からの光を対物レンズを介して上記測定面に集光する投光系と、
投光系から照射された光ビームの測定面での反射光を受光位置まで導き集光させ、かつ上記投光系における被測定物に対する集光位置と上記受光位置との間に結像関係を有する光学系を含むとともに、上記受光位置に複数の検出部を設置した分割光検出器を含む受光系と、
投光系の光ビームの照射方向に対して直交する方向へ投光系と被測定物とを相対的に移動させる第１駆動装置と、
投光系と被測定物とを上記照射方向に相対的に移動させる第２駆動装置と、
上記分割光検出器に電気的に接続され、第２駆動装置により測定面と投光系との間の距離を変化させて行うそれぞれのスキャンによって分割光検出器から得られる複数の出力信号の中から最大振幅を有する信号を検出して、測定面に対する投光系の合焦位置を決定するフォーカス検出部と、
得られた合焦位置に投光系を配置して上記測定面に対して行うスキャンにより、上記分割光検出器の複数の検出部から供給される振幅強度信号の出力強度差から測定面のエッジを検出するエッジ検出部と、
を備えたことを特徴とするエッジ検出装置。
【請求項２】
投光系から照射された光ビームの測定面における光スポットを拡大させるデフォーカス機構を投光系に備えた、請求項１記載のエッジ検出装置。
【請求項３】
上記デフォーカス機構は、投光系における光源から対物レンズまでに配置された光学素子の間隔を変更する機構である、請求項２記載のエッジ検出装置。
【請求項４】
上記光スポットを拡大させる機構は、投光系における光源から対物レンズまでの光路に設けた、開口径が可変の絞り機構である、請求項２記載のエッジ検出装置。
【請求項５】
上記受光系は、投光系における対物レンズを共用し、投光系と受光系との光路を分離するビームスプリッタを、受光系において上記対物レンズの出射側に備えた、請求項１から４のいずれか１項に記載のエッジ検出装置。
【請求項６】
投光系及び受光系と被測定物との間に配置され、投光系から測定面へ照射される光ビーム及び測定面から受光系へ入射する反射光が透過する窓を有する防液構造をさらに備え、加工液内に配置した被測定物に対して上記防液構造を介して投光系及び受光系はエッジ検出を行う、請求項１から５のいずれか１項に記載のエッジ検出装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、対象物の表面にレーザ光を照射しその反射光を捉えることで対象物表面における、高度差を有する段の境界いわゆるエッジを検出するエッジ検出装置に関し、特に放電加工や切削加工、研削加工等において被加工物の形状を計測するために使用可能なエッジ検出装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
ワイヤ放電加工においては、加工時に被加工物の形状を測定し、計測された寸法をフィードバックして追加工することを繰り返して最終形状に追い込むことが行なわれる。この

ように加工途中での計測作業が必要なため、作業時間を短縮するためには、短時間での計測が望まれている。被加工物の計測は、従来、接触式のプローブを各加工断面に接触させて断面間の寸法を測定することで行なわれていた。この接触プローブ方式は、広く知られた方式であり、例えば特許文献１にその一例が開示されている。

【０００３】

一方、測定対象物が金属ではない場合、例えばＩＣ等の微細加工技術におけるマスクとウエハとの位置合わせやパターンの線幅測定等の場合には、レーザ光を集光し測定対象物面に照射し、測定対象物からの反射光を検出することで、エッジを検出して測定を行う方法が存在する。尚、エッジとは、上述のように測定対象物面における高度差を有する段の境界をいう。

【０００４】

例えば特許文献２では、半導体レーザ（ＬＤ）からのレーザビームを被測定面に集光照射し、その反射散乱光を２分割光検出器（ＰＤ）上に結像して、反射光強度あるいは反射光強度パターンからエッジ検出信号を得ることが開示されている。エッジ検出を正確に行なうためには、被測定面へレーザビームを合焦させる必要があることから、上記反射散乱光をさらに４分割光検出器に結像させて、非点収差法によりフォーカス検知を行なっている。

【０００５】

また、特許文献３では、被測定物面にレーザビームを照射し、さらにレーザビームを焦点方向にも移動させて、その反射光の微分強度の絶対値が最大となる状態に制御することで、ベストフォーカス位置への設定を行っている。このようなフォーカス状態にて、レーザビームを被測定物面上でスキャンし、微分信号のピーク位置を検知してエッジ位置としている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特許第３０１５６３６号公報

【特許文献２】特開昭６２－１４２２０５号公報

【特許文献３】特開平２－２３９２１５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

しかしながら、特許文献１に開示されるような接触プローブ方式では、複数の加工断面の計測を行うためには、被加工物に対して、プローブを２次元平面内だけでなく３次元的に移動させる必要があり、計測に長時間を要するという問題がある。また、ワイヤ放電加工では、水や油などの加工液中で被加工物に対して加工を行なうが、プローブを被加工物に接触させるためには、加工液を一旦排出する必要がある。よって、放電加工等での計測には、さらに時間を要するという問題があった。

【０００８】

また、放電加工等で加工される金属製の被加工物は、通常、その表面が荒れた散乱面である。ここで言う、荒れた散乱面とは、被加工物面の位置によって光の反射率及び散乱放射角特性が変化する表面のことである。金属の粗面では、光沢表面上に数μｍオーダーの山、谷が刻まれている。よって、粗面に入射した光線は、山、谷における微小傾斜に応じて正反射散乱するため、被加工物面の位置によってその反射率が大きく変化する。したがって、金属製の被加工物に対して、特許文献２、３に開示されるようなレーザ光を用いたエッジ検出方式を採用した場合、エッジ検出用のフォトダイオード上の集光スポットの形状は、被加工物上の集光スポットの形状とは大きく異なったものとなる。

【０００９】

即ち、特許文献２にて説明されている非点収差法は、面荒れのない表面からの反射スポットを検知することを前提としている。図１４には、このような面荒れのない鏡面への照

射光がデフォーカス（非合焦）状態からフォーカス（合焦）状態、さらにデフォーカス状態へ変化したとき、その反射光のフォトダイオード検出面における反射スポット形状がどのように変化するかが示されている。図１４から分かるように、鏡面の場合、フォーカス状態では、反射スポット形状は、真円形になる。

【００１０】

一方、図１５には、荒れた金属表面による反射スポット形状について、フォーカスからデフォーカスによる変化例が示されている。図１５に示すように、荒れた金属表面による反射スポット形状は、上述のように金属表面上への光照射位置によって大きく変化することから、反射スポット形状からフォーカス位置を反映した正しい信号を得ることはできない。換言すると、特許文献２にて説明されている非点収差法では、荒れた金属表面による反射光から、金属表面に対する照射光のフォーカス位置を得ることはできない。

【００１１】

また、特許文献３にて説明されているフォーカス制御方法を、鏡面に適用したときに得られる信号と、金属粗面に適用したときに得られる信号とを、図１６及び図１７にそれぞれ示す。鏡面の場合、上述のように照射光形状と反射スポット形状とは相関関係にあることから、反射光強度の変化は、エッジ位置だけで生じる。よって、微分信号のピークは、エッジ位置にのみ発現する。

【００１２】

これに対して金属粗面の場合には、エッジ以外にも粗面に起因して反射光量が大きく変化するため、その微分信号もエッジ以外に多数発生する。また、エッジ端面の欠けなどによっても信号強度が変化するため、エッジ近傍では、本来のエッジによる微分ピーク以外の微分ピークが重畳される。このように、特許文献３に開示されるフォーカス制御方法も、面荒れのない表面に対するフォーカス制御を前提としており、金属粗面に適用した場合には、微分信号を作成しても正確なフォーカス位置が検出できないばかりか、エッジ位置の検出も困難である。

【００１３】

このように、放電加工等で加工される金属製の被加工物、つまり粗面を有する被測定物に対しては、特許文献２、３に開示されるような方法では、フォーカス検知が困難であり、正確なエッジ検出ができない。また、従来、金属粗面上におけるエッジを、レーザ光の反射光を用いて検出する技術は、存在していない。

【００１４】

本発明は、金属粗面上におけるエッジの検出が可能であるエッジ検出装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１５】

上記目的を達成するため、本発明は以下のように構成する。

即ち、本発明の一態様におけるエッジ検出装置は、被測定物の測定面にて高低差を有するエッジを、測定面に光ビームを照射しながら測定面をスキャンすることで検出するエッジ検出装置であって、光源及び対物レンズを有し、光源からの光を対物レンズを介して上記測定面に集光する投光系と、投光系から照射された光ビームの測定面での反射光を受光位置まで導き集光させ、かつ上記投光系における被測定物に対する集光位置と上記受光位置との間に結像関係を有する光学系を含むとともに、上記受光位置に複数の検出部を設置した分割光検出器を含む受光系と、投光系の光ビームの照射方向に対して直交する方向へ投光系と被測定物とを相対的に移動させる第１駆動装置と、投光系と被測定物とを上記照射方向に相対的に移動させる第２駆動装置と、上記分割光検出器に電気的に接続され、第２駆動装置により測定面と投光系との間の距離を変化させて行うそれぞれのスキャンによって分割光検出器から得られる複数の出力信号の中から最大振幅を有する信号を検出して、測定面に対する投光系の合焦位置を決定するフォーカス検出部と、得られた合焦位置に投光系を配置して上記測定面に対して行うスキャンにより、上記分割光検出器の複数の検出部から供給される振幅強度信号の出力強度差から測定面のエッジを検出するエッジ検出

部と、を備えたことを特徴とする。
【発明の効果】
【００１６】
本発明の一態様におけるエッジ検出装置によれば、投光系、受光系、フォーカス検出部、エッジ検出部等を備え、フォーカス検出部は、複数の反射光信号の振幅に着目し、振幅が最大となる場合の投光系の照射方向位置を求めることで、被測定物に対する投光系の合焦位置を検出する。よって、被測定物が荒れた金属粗面の場合で、光ビームの照射位置によって光ビームの反射率や散乱放射角特性が異なり反射光信号に複数のピークが発現するような場合であっても、最大振幅を有する反射光信号を見つけることで、被測定物に対する投光系の合焦位置を検出することができる。被測定物に対する投光系の集光位置と、受光系における分割光検出器の受光位置とは、予め、結像関係に設定しておくことで、投光系を合焦位置に設定することで必然的に受光系も合焦状態に設定される。このような合焦状態において、被測定物を光ビームでスキャンすることで、エッジ検出部は、被測定物のエッジを検出することができる。
【００１７】
このように本発明の一態様におけるエッジ検出装置によれば、金属粗面上におけるエッジを、レーザ光の反射光を用いて検出することが可能となる。したがって、従来の接触プローブ方式に比べて、測定時間を短縮することができる。また、測定時間の短縮から派生して、エッジ検出装置におけるエネルギー消費量の削減、及び環境負荷低減を図ることも可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００１８】
【図１】本発明の実施の形態１におけるエッジ検出装置の構成を示す図である。
【図２】図１に示す投光系の構成を示す図である。
【図３】図１に示す受光系の構成を示す図である。
【図４ａ】エッジ検出時における４分割フォトダイオード上の集光スポットの形状変化を示す図である。
【図４ｂ】エッジ検出時における４分割フォトダイオード上の集光スポットの形状変化を示す図である。
【図４ｃ】エッジ検出時における４分割フォトダイオード上の集光スポットの形状変化を示す図である。
【図５ａ】鏡面である測定物におけるエッジ部分の断面の模式図である。
【図５ｂ】図５ａに示すエッジ部分の４分割フォトダイオードでの受光信号を示す図である。
【図５ｃ】図５ｂに示す受光信号の差信号を示す図である。
【図５ｄ】図５ａに示すエッジ部分へ照射する光ビームをデフォーカスした場合の４分割フォトダイオードでの受光信号を示す図である。
【図５ｅ】図５ｄに示す受光信号の差信号を示す図である。
【図６】投光系のフォーカス調整における投光系の集光ビームと被測定物との位置関係を説明するための図である。
【図７】図６に示す各位置関係における受光信号の振幅強度の変化を説明するためのグラフである。
【図８ａ】粗面である金属の被測定物におけるエッジ部分の断面の模式図である。
【図８ｂ】図８ａに示すエッジ部分の４分割フォトダイオードでの受光信号を示す図である。
【図８ｃ】図８ｂに示す受光信号の差信号を示す図である。
【図８ｄ】図８ａに示すエッジ部分へ照射する光ビームをデフォーカスした場合の４分割フォトダイオードでの受光信号を示す図である。
【図８ｅ】図８ｄに示す受光信号の差信号を示す図である。
【図９ａ】本発明の実施の形態２におけるエッジ検出装置の構成を示す図であり、投光系

のフォーカス調整時における構成図である。
【図９ｂ】本発明の実施の形態２におけるエッジ検出装置の構成を示す図であり、エッジ検出時における構成図である。
【図１０ａ】実施の形態２におけるエッジ検出装置にて得られる、エッジ部分の４分割フォトダイオードでの受光信号を示す図である。
【図１０ｂ】図１０ａに示す受光信号の差信号を示す図である。
【図１１ａ】４分割フォトダイオードにおけるフォーカス状態での集光スポットを示す図である。
【図１１ｂ】４分割フォトダイオードにおけるデフォーカス状態での集光スポットを示す図である。
【図１２】本発明の実施の形態３におけるエッジ検出装置の構成を示す図である。
【図１３】本発明の実施の形態４におけるエッジ検出装置の構成を示す図である。
【図１４】鏡面の測定面に対する、非点収差法における４分割フォトダイオードでの集光スポットのフォーカス状態及びデフォーカス状態での形状を示す図である。
【図１５】金属の粗面に対する、非点収差法における４分割フォトダイオードでの集光スポットのフォーカス状態及びデフォーカス状態での形状を示す図である。
【図１６】鏡面の測定面に対する、特許文献３によるフォーカス検知信号を示す図である。
【図１７】金属の粗面に対する、特許文献３によるフォーカス検知信号を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１９】
本発明の実施形態であるエッジ検出装置について、図を参照しながら以下に説明する。尚、各図において、同一又は同様の構成部分については同じ符号を付している。
【００２０】
実施の形態１．
図１には、本発明の実施の形態１におけるエッジ検出装置１０１の概略構成が示されている。エッジ検出装置１０１は、特に、荒れた散乱面つまり粗面を有する金属製の被測定物６の粗面におけるエッジを、粗面に照射したレーザ光の反射光を用いて検出する装置である。ここでエッジとは、既に説明した、金属面において高度差を有する段の境界をいう。また、エッジ検出装置１０１は、放電加工や切削加工、研削加工等において被加工物の形状を計測するために使用可能である。尚、エッジ検出装置１０１の被測定物６は、粗面を有する金属製の測定物に限定されるものではなく、エッジ検出装置１０１は、勿論、荒れた散乱面ではない鏡面状の被測定物に対しても適用可能である。
【００２１】
このようなエッジ検出装置１０１は、基本的構成部分として、投光系１１０、受光系１２０、第１駆動装置１３０、第２駆動装置１４０、フォーカス検出部１５０、及びエッジ検出部１６０を備える。これらの各構成部分について、順次、以下に説明していく。
【００２２】
投光系１１０は、図２に示すように、被測定物６に対してレーザ光を集光し照射する構成部分であり、基本的に光源１と光学系とを備える。当該投光系１１０の光学系としては、第１レンズ３と対物レンズ５とを有する。光源１は、半導体レーザから構成される。また、光源１、第１レンズ３、及び対物レンズ５は、直線状の光路を形成して鏡筒２に収められている。鏡筒２は、第２駆動装置１４０と接続されている。
【００２３】
上述のように本実施形態では、光源１、第１レンズ３、及び対物レンズ５は、直線状の光路を形成しているが、光路形状はこれに限定されない。尚、第１レンズ３と対物レンズ５との間には、受光系１２０を構成するビームスプリッター４が設置される。投光系１１０において、ビームスプリッター４は単に光を透過させる物であり、光学的作用を行わない。
【００２４】

このような投光系１１０は、光源１から出射された光５１が第１レンズ３でコリメートされた後、対物レンズ５で集光され、被測定物６の測定面６ａに光ビーム５１ａ（図２）として照射され、集光スポット５２を形成する。尚、図１では、集光スポット５２の半分だけ被測定物６の測定面６ａに存在する様子を示している。

【００２５】

第２駆動装置１４０は、対物レンズ５における光軸の方向、つまり図２に矢印ｂで示す照射方向に鏡筒２ごと投光系１１０を移動可能とする機構である。即ち、第２駆動装置１４０は、被測定物６の測定面６ａに対する投光系１１０の合焦動作を可能にする。尚、本実施形態では、第２駆動装置１４０は、被測定物６に対して投光系１１０を矢印ｂ方向に移動させるが、この構成に限定されず、投光系１１０と被測定物６とを相対的に矢印ｂ方向へ移動させる装置であればよい。

【００２６】

受光系１２０は、図３に示すように、被測定物６の測定面６ａへ投光系１１０により集光された光ビーム５１ａの測定面６ａにおける反射光を受光する光学部分であり、基本的に光検出器８と光学系とを備える。光検出器８は、図４ａに示すように、一つの受光位置８ａに配置される一つの受光面を複数の検出部に分割したフォトダイオードであり、本実施形態では受光面を４等分したフォトダイオードである。受光系１２０における光学系としては、対物レンズ５と、ビームスプリッター４と、第３レンズ７とを有し、反射光の進行に沿ってこの順に配置されている。また本実施形態では、受光系１２０は、投光系１１０の対物レンズ５と同一のレンズを対物レンズとして共用している。ビームスプリッター４は、対物レンズ５を通過した反射光を反射し、第３レンズ７へ入射させる。第３レンズ７は、集光レンズであり、光検出器８の受光位置８ａにおける受光面に反射光を集光させる。第３レンズ７及び光検出器８は、鏡筒９内に設置される。尚、ビームスプリッター４は、上述のように、投光系１１０の鏡筒２内に設置されており、受光系１２０の鏡筒９と、投光系１１０の鏡筒２とは、直交して接続されている。

【００２７】

受光系１２０の光学系では、光検出器８である４分割フォトダイオードの受光位置８ａは、投光系１１０からの光ビームが集光する位置と結像関係にあるように調整されている。即ち、投光系１１０からの光ビーム５１ａの集光位置に被測定物６の測定面６ａがあるとき、その反射光は、光検出器８の受光位置８ａに結像されることになる。

【００２８】

このように構成される受光系１２０は、図３に示すように、投光系１１０による集光スポット５２のうち被測定物６の測定面６ａにある領域５３からの反射光５４が、投光系１１０の集光レンズでもある対物レンズ５によりコリメートされ、ビームスプリッター４で反射され、第３レンズ７により光検出器８の受光位置８ａにある受光面の中心に集光され、集光スポット５５を形成する。

【００２９】

第１駆動装置１３０は、被測定物６を載置するステージを有し、平面上で互いに直交するＸ，Ｙ方向へステージつまり被測定物６を可動とする装置である。ここで、Ｘ，Ｙ方向は、第２駆動装置１４０による投光系１１０の移動方向である矢印ｂで示す照射方向に直交する方向である。尚、本実施形態では、第１駆動装置１３０は、固定された投光系１１０に対して被測定物６を移動させるが、この構成に限定されず、投光系１１０と被測定物６とを相対的にＸ，Ｙ方向へ移動させる装置であればよい。

【００３０】

フォーカス検出部１５０は、光検出器８、第１駆動装置１３０、及び第２駆動装置１４０と電気的に接続され、被測定物６に対する投光系１１０の合焦位置を検出する部分である。詳しくは以下の動作説明箇所にて説明する。

【００３１】

エッジ検出部１６０は、フォーカス検出部１５０及び第１駆動装置１３０と電気的に接続され、被測定物６のエッジを検出する部分である。詳しくは以下の動作説明箇所にて説

明する。
【００３２】
フォーカス検出部１５０及びエッジ検出部１６０は、実際にはコンピュータを用いて実現され、それぞれの機能に対応するソフトウェアと、これを実行するためのＣＰＵ（中央演算処理装置）やメモリ等のハードウェアから構成されている。
【００３３】
以上のように構成されるエッジ検出装置１０１の動作について、以下に説明する。尚、以下の説明では、第１駆動装置１３０によって被測定物６をＸ方向に移動させてエッジ検出を行う場合を例に採るが、Ｙ方向への移動に関しても同様である。
【００３４】
まず、エッジ検出装置１０１におけるエッジ検出の原理から説明する。
説明の都合上、まず、被測定物上面における光ビームの照射位置の変化によって、光ビームの反射率及び散乱放射角特性が変わらない場合について考察する。具体的には、散乱のない鏡面、もしくは紙などの被測定物上面の粗面構造が光の波長構造以下である表面などが挙げられる。尚、このような表面を有する被測定物について、被測定物６と区別するため、ここの説明箇所では、非粗面測定物と記す。
【００３５】
このような状態において、エッジから十分離れた非粗面測定物に集光スポット５２が照射されている場合には、光検出器８（４分割フォトダイオード）上の集光スポット５５の形状は、集光スポット５２の形状を反映したものとなる。つまり、集光スポット５２が円形状であれば、集光スポット５５も円形状となる。
【００３６】
エッジを検出するには、第１駆動装置１３０により非粗面測定物をＸ方向に移動させることにより、投光系１１０から非粗面測定物に照射される光ビーム５１ａにて非粗面測定物をスキャンし、光ビーム５１ａが非粗面測定物のエッジを通過するようにする。
【００３７】
光ビーム５１ａの集光スポット５２が非粗面測定物で反射した反射光は、対物レンズ５を透過し、ビームスプリッター４で反射されて、第３レンズ７にて集光され、光検出器８の受光面に入射する。光検出器８の受光面における集光スポット５５の形状は、光ビーム５１ａの集光スポット５２が非粗面測定物で反射される領域に応じて、変化する。その様子を図４ａから図４ｃに示す。
【００３８】
図４ａは、非粗面測定物上の一部にのみ集光スポット５２が乗っている状態を示し、図４ｂは、集光スポット５２のちょうど半分が非粗面測定物に乗った状態を示し、図４ｃは、集光スポット５２の大部分が非粗面測定物に乗っている状態を示す。ここで、光検出器８の４つに分割されている受光面における、領域８１と領域８２との和の受光強度をＩ（Ａ）、領域８３と領域８４との和の受光強度をＩ（Ｂ）とする。
【００３９】
ここで、非粗面測定物における、図５ａに示す断面の上面を、集光スポット５２がスキャンしたときの、受光強度Ｉ（Ａ）、Ｉ（Ｂ）を図５ｂに示す。受光強度Ｉ（Ａ）と受光強度Ｉ（Ｂ）とは、Ｘ方向に分離した信号となるので、図５ｃに示すように、この差信号、Ｉ（Ａ）－Ｉ（Ｂ）は、図５ａに示す断面のエッジ位置に対応してピークが現れる。これらのピークの現れるＸ方向の位置を、それぞれエッジ位置とする。
【００４０】
ここで、仮に、非粗面測定物上の集光スポット５２をデフォーカス（非合焦）した場合での、光検出器８の受光面上における集光スポット５５の、受光強度をＩ’（Ａ）、Ｉ’（Ｂ）とし、これらを図５ｄに示す。尚、受光強度Ｉ’（Ａ）、Ｉ’（Ｂ）は、上述の受光強度をＩ（Ａ）、Ｉ（Ｂ）に相当する。また、受光強度をＩ’（Ａ）、Ｉ’（Ｂ）の差信号を図５ｅに示す。
【００４１】

図５ｅから明らかなように、光検出器８の受光面上における集光スポット５５がデフォーカスすると、つまり、非粗面測定物に対して投光系１１０がデフォーカスしていると、受光強度Ｉ’（Ａ）と、受光強度Ｉ’（Ｂ）とは、Ｘ方向においてほとんど重なってしまい、これらの差信号を取っても、ピークが小さくなり、エッジ検出精度は低下する。このように、非粗面測定物（被測定物６でも同じ）に対する投光系１１０の集光位置と、受光系１２０の光検出器８の受光位置８ａとが結像関係にあることは、エッジ検出にとって重要である。

【００４２】

次に、受光系１２０のフォーカス調整、換言すると被測定物６のエッジ検出動作について説明する。

上では非粗面測定物を例に説明したが、エッジ検出装置１０１は、被測定物上面が粗面である金属の場合でもフォーカス調整が可能である。これについても以下に説明する。

投光系１１０に対して、集光スポット５２が最小となる位置に被測定物６の測定面６ａがあるとき、「投光系はフォーカス調整されている」と呼ぶことにする。同様に、被測定物６の測定面６ａと、光検出器８とが結像関係にあるとき、「受光系がフォーカス調整されている」と呼ぶことにする。本実施の形態では、上述したように、光検出器（４分割フォトダイオード）８の受光面の位置は、投光系１１０からの光ビームが集光する位置と結像関係にあるように調整されているので、投光系１１０がフォーカス調整されていると、受光系１２０もフォーカス調整されていることになる。このように、投光系１１０と受光系１２０とがともにフォーカス調整されている状態を、「投受光系がフォーカス調整されている」と呼ぶことにする。

【００４３】

図６は、投光系１１０からの光ビーム５１ａで被測定物６の測定面６ａをスキャンするときの、測定面６ａの測定配置位置を示す。即ち、投光系１１０の対物レンズ５と、被測定物６の測定面６ａとの間の、矢印ｂ方向における距離を、測定面６ａが、図に示す（ａ），（ｂ），（ｃ）の各位置に配置されるように、フォーカス検出部１５０は第２駆動装置１４０にて変化させ、さらにフォーカス検出部１５０は、第１駆動装置１３０にて被測定物６を移動させることで、各位置に配置された測定面６ａをスキャンする。尚、位置（ｃ）が投光系１１０の合焦位置に相当し、位置（ａ）が最も非合焦（デフォーカス）の位置に相当する。

【００４４】

このような設定下で、測定面６ａが粗面である金属に対してスキャンを行い、フォーカス検出部１５０によって、光検出器８の４つの検出部より得られる全信号の和を、被測定物６の送り距離Ｘに対して測定することで、図７に示すように、位置（ａ）～（ｃ）に対応する各信号波形が得られる。これらの信号波形から分かるように、位置（ａ）から（ｂ），（ｃ）とフォーカスが合うに従って、投光系１１０の集光スポット５２の径は小さくなり、光検出器８の信号波形も金属の粗面構造を反映して大きな振幅を有するようになる。

【００４５】

このように、フォーカス検出部１５０によって、投光系１１０の対物レンズ５と、被測定物６の測定面６ａとの間の、矢印ｂ方向における距離を変化させながら、被測定物６の測定面６ａを光ビーム５１ａでスキャンすることを繰り返して、光検出器８からの出力信号における振幅強度が最も大きくなる矢印ｂ方向における距離を見つけることで、投光系１１０のフォーカス調整を行うことができる。即ち、このような手法を採ることで、測定面６ａが粗面である金属に対しても投光系１１０のフォーカス調整が可能となる。

【００４６】

また、図７の信号振幅は、投光系１１０がフォーカス調整されているかどうかに依存し、受光系１２０がフォーカス調整されているかどうかには依存しない。しかしながら、エッジ検出装置１０１では、上述のように、予め「投受光系がフォーカス調整されている」状態に設定しているので、受光系１２０のフォーカス調整も同時になされたことになる。

したがって、上述の手法を採ることで、測定面６ａが粗面である金属に対しても受光系１２０のフォーカス調整も可能となる。

【００４７】

尚、光検出器８における４分割の検出部の位置を平面内で移動させ、集光ビーム５５がある一つの検出部上にあるように調整し、その一つの信号の振幅強度を用いてフォーカス検知を行っても良い。

【００４８】

上述のようにして得られる、測定面６ａが粗面である金属製の被測定物６におけるエッジの測定例を図８ａ～図８ｅに示す。このエッジ検出動作は、エッジ検出部１６０によって実行される。

投受光系がフォーカス調整されている状態で、図８ａに示すような断面を持つ被測定物６の測定面６ａをスキャンしたときの信号Ｉ（Ａ）、Ｉ（Ｂ）を図８ｂに示し、この差信号Ｉ（Ａ）－Ｉ（Ｂ）を図８ｃに示す。図８ｃにおける両端のピークを与える位置Ｘが被測定物６の両端のエッジ位置に相当する。このエッジ位置を元に、被測定物６の寸法測定を行うことができる。

【００４９】

尚、投光系１１０はフォーカス調整されているが、受光系１２０はデフォーカスされている場合の信号Ｉ（Ａ）、Ｉ（Ｂ）を図８ｄに示し、図８ｅは、その差信号Ｉ（Ａ）－Ｉ（Ｂ）を示している。図８ｄ及び図８ｅから明らかなように、測定面６ａが粗面である金属製の被測定物６におけるエッジを測定する場合においても、受光系１２０がデフォーカス状態では、信号Ｉ（Ａ）と信号Ｉ（Ｂ）との差は小さくなり、エッジ測定が困難になる。

【００５０】

実施の形態２．

実施の形態１では、上述したように、第２駆動装置１４０によって投光系１１０の合焦動作を行い、即ち、被測定物６の測定面６ａにおける集光スポット５２が最小の状態において、エッジ検出用のスキャンを行っている。これに対し、本実施形態２のエッジ検出装置１０２は、合焦後、意図的に集光スポット５２の測定面６ａでの大きさを変化させてデフォーカスしてスキャンを行う。図９ａ及び図９ｂに示すように、このためのデフォーカス機構１７０を、エッジ検出装置１０２はさらに備える。尚、エッジ検出装置１０２におけるその他の構成は、エッジ検出装置１０１の構成に同じである。よって、以下では、デフォーカス機構１７０に関する部分についてのみ説明を行う。

【００５１】

デフォーカス機構１７０を設けることで、投光系１１０の対物レンズ５と被測定物６との距離を変えることなく、投光系１１０における集光スポット５２の測定面６ａでの大きさを変える、つまりデフォーカスさせることができる。その一つの手法として、デフォーカス機構１７０は、光源１と対物レンズ５との間に配置された光学素子間の間隔を変更する。本実施の形態２では、デフォーカス機構１７０は、光源１と第１レンズ３との間の距離ａを変化させて、集光スポット５２のデフォーカスを行う。ここで、ａ＝ａ０に設定すると、投光系１１０からの光ビーム５１ａの集光位置と、光検出器（４分割フォトダイオード）８の受光面の受光位置８ａとは、結像関係にあるように調整されるものとする。被測定物６を測定する前、例えば当該エッジ検出装置１０２を組み立てる段階において、各レンズ間の距離等を正確に測定する等の手段により、上記条件を満たす距離ａ０を探すことは容易である。

【００５２】

受光系１２０のフォーカス調整のために、まず光源１と第１レンズ３との間の距離をａ＝ａ０に合わせる。その後、実施の形態１で説明した手順により、被測定物６に対する投光系１１０のフォーカス位置を合わせる。そのときの装置構成図を図９ａに示す。ａ＝ａ０とし、「投受光系がフォーカス調整されている」状態であるので、受光系１２０のフォーカス調整もなされたことになる。

【００５３】
投光系１１０の集光スポット５２が過小ではない場合は、金属粗面によるノイズも小さく、投受光系がフォーカス調整されている状態でエッジ検出を行なっても問題がない。一方、投光系の集光スポット５２が小さくなり過ぎると、金属粗面によるノイズが大きくなってしまい、エッジ検出精度が劣化する。このような場合、投受光系のフォーカス調整を行った後、デフォーカス機構１７０によって、光源１と第１レンズ３との間の距離をａ＝ａ０から意図的にずらし、受光系１２０はフォーカス状態のまま、投光系１１０のみをデフォーカス状態とする。そのときのエッジ検出装置１０２の配置図を図９ｂに示す。例えば距離ａ＞ａ０とすることで、被測定物６の測定面６ａにおける投光系１１０の集光スポット５２の大きさは拡大する。

【００５４】
このように集光スポット５２の大きさを拡大させることで、実施の形態１で述べた効果に加えて、さらに以下の効果を得ることができる。
即ち、投光系１１０が合焦位置にあるときには、図８ｂに示すように、受光強度には鋭いピークが見られるが、デフォーカス機構１７０によって投光系１１０の集光スポット５２を大きくすることで、光照射領域内の各点の反射信号を積分した信号が光検出器８で検出されることになる。よって、被測定物６の測定面６ａの位置の違いによる反射信号のゆらぎが小さくなり、図１０ａに示すように、受光強度は、なだらかなピークとなる。信号Ｉ（Ａ）、Ｉ（Ｂ）の各波形は、なだらかになるが、信号Ｉ（Ａ）と信号Ｉ（Ｂ）とは、被測定物６の移動方向において左右に分離されたままであるので、図１０ｂに示すように、差信号Ｉ（Ａ）－Ｉ（Ｂ）は、エッジ位置で大きなピークが発現する。このように、デフォーカス機構１７０により、金属粗面によるノイズを低減し、エッジ検出精度を向上させることができる。

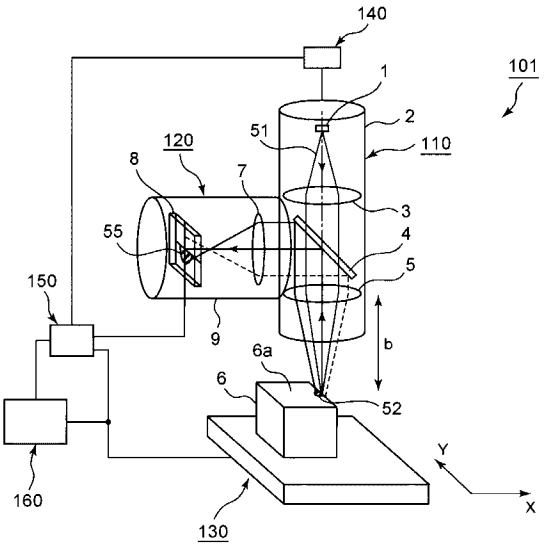
【００５５】
また、投光系１１０からの集光スポット５２を大きくすると、図９ｂに示されるように、光検出器８の受光面における集光スポット５５が大きくなることから、光検出器８における不感度領域による光量低下を低減することができるという効果もある。即ち、図１１ａ及び図１１ｂに示すように、４分割フォトダイオードは、通常、各検出部同士の境界部に、光に対する感度がない不感度領域８５を有する。よって、図１１ａに示すように、集光スポット５５が小さい場合には、集光スポット５５に対する不感度領域８５の割合が大きい。これに対し図１１ｂに示すように、投光系１１０をデフォーカスし集光スポット５５を大きくすることで、集光スポット５５に対する不感度領域８５の割合は小さくなり、受光領域８１～８４で受光される光量は増加する。よって、不感度領域による光量低下防止効果が得られる。

【００５６】
実施の形態３．
上述の実施の形態２では、投光系１１０からの集光スポット５２を拡大させる手法として、上述したようにデフォーカス機構１７０を設け、投光系１１０における光学系の素子間隔を変える手法を採った。
これに対し図１２に示すように、本実施の形態３のエッジ検出装置１０３では、投光系１１０及び受光系１２０におけるフォーカス状態を維持した状態で集光スポット５２を拡大させるために、開口径が可変である絞り機構６０を設ける。絞り機構６０は、投光系１１０の光路中に光線束を制限する絞りを有し、これにより実施の形態２の場合と同様の効果を得ることができる。即ち、絞りを小さくしぼることにより生じる回折の効果によって、投光系１１０からの集光スポット５２を大きくするものである。

【００５７】
絞り機構６０を設ける手法は、投光系１１０における光学系の素子間隔を変える手法に比べて構造上の変更が少なくて済むという利点がある。また、被測定物６の測定面６ａは、光ビーム５１ａの集光位置にあるので、エッジ検出中に被測定物６の高さが変動したとしても、集光スポット５２の位置変動が小さいという利点もある。

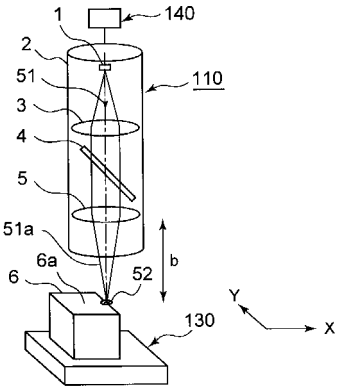
【００５８】
尚、絞り機構６０の設置場所は、本実施の形態３における対物レンズ５と被測定物６との間に限定するものではない。
【００５９】
実施の形態４．
本実施の形態４では、図１３に示すように、例えばワイヤ加工放電等における加工液１１内に配置した被測定物６に対して適用可能なエッジ検出装置１０４について説明する。
エッジ検出装置１０４は、上述した実施の形態１から３におけるエッジ検出装置１０１～１０３に対して防液構造１８０をさらに備えた構造である。尚、図１３では、例えば図１に示すエッジ検出装置１０１に防液構造１８０をさらに備えた構成例を示している。また、エッジ検出装置が投光系１１０と受光系１２０とで対物レンズ５を共用しない構成を採る場合には、投光系１１０では対物レンズ５の出射側に、受光系１２０では対物レンズ５の入射側に、それぞれ防液構造１８０を備える構成を採ることができる。
【００６０】
防液構造１８０は、投光系１１０の鏡筒２に対して対物レンズ５側に防液仕様で取り付けられる。防液構造１８０は、対物レンズ５と被測定物６との間に、投光系１１０から被測定物６へ照射される光ビーム５１ａ及び被測定物６から受光系１２０へ入射する反射光５４が透過する透明な材料からなる窓１８１を有する。このような防液構造１８０は、例えば窓１８１部分が加工液１１に浸される。
【００６１】
また、第１駆動装置１３０は、加工液１１の外側に配置され、被測定物６を例えばＸ方向に移動させる、あるいは、エッジ検出装置１０４を例えばＸ方向に移動させる。その他の構成は、上述の、エッジ検出装置１０１における構成に同様である。
このように構成されるエッジ検出装置１０４によれば、実施の形態１～３で述べた効果に加えて、以下の効果をさらに得ることができる。
【００６２】
即ち、エッジ検出装置１０４によれば、被測定物６のエッジ検出を行う、いわゆる光学ヘッド部分を加工液１１に浸してエッジを検出することが可能になる。詳しく説明すると、防液構造１８０を持たない構造では、エッジ検出装置の光学ヘッド部分が加工液１１に触れないようにして測定を行う必要があり、加工液１１の上から、加工液１１を通してエッジ測定を行うことになる。この場合、加工液１１と空気との界面ゆらぎにより、信号がゆらぎ、正確なエッジ測定ができないという問題がある。一方、この信号のゆらぎを無くすために、加工液１１を一旦排出して測定を行うと、加工液１１の排出に時間を要し、また、被測定物６のエッジ部に残留する加工液滴も測定精度を悪化させるという問題が生じる。このように防液構造１８０を有しないエッジ検出装置は、問題を有する。
【００６３】
一方、本実施形態４のエッジ検出装置１０４によれば、上述の問題を解決することができ、高速で、かつ精度の良いエッジ計測が可能となる。
【符号の説明】
【００６４】
１　光源、４　ビームスプリッター、５　対物レンズ、６　被測定物、８　光検出器、
１１　加工液、６０　絞り、
１０１～１０４　エッジ検出装置、
１１０　投光系、１２０　受光系、１３０　第１駆動装置、１４０　第２駆動装置、
１５０　フォーカス検出部、１６０　エッジ検出部、１７０　デフォーカス機構、
１８０　防液機構、１８１　窓。

【図１】

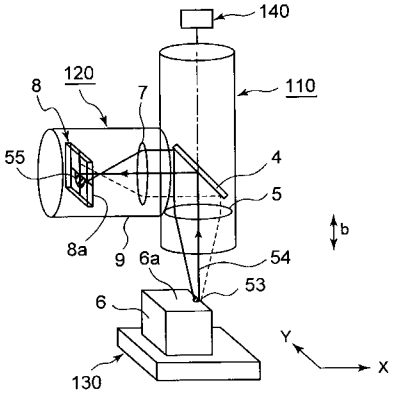


1: 光源
6: 被測定物
8: 光検出器
101: エッジ検出装置
110: 投光系
120: 受光系
130: 第1駆動装置
140: 第2駆動装置
150: フォーカス検出部
160: エッジ検出部

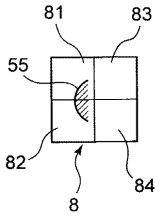
【図２】



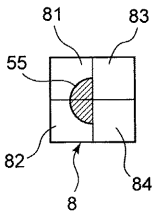
【図３】



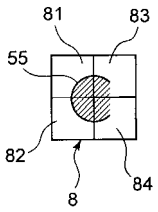
【図４ａ】



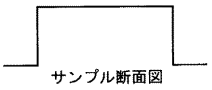
【図４ｂ】



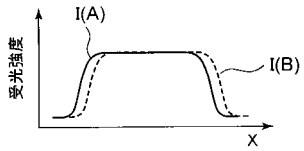
【図４ｃ】



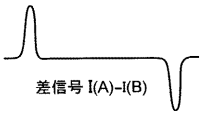
【図５ａ】



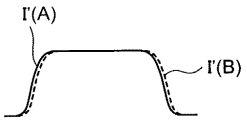
【図５ｂ】



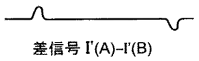
【図５ｃ】



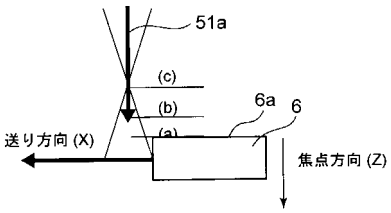
【図５ｄ】



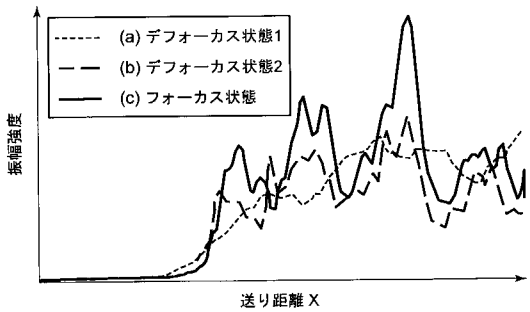
【図５ｅ】



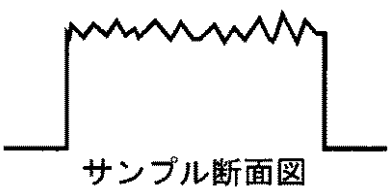
【図６】



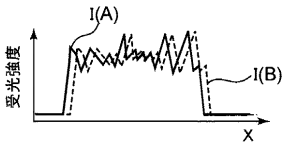
【図７】



【図８ａ】



【図８ｂ】



【図８ｃ】



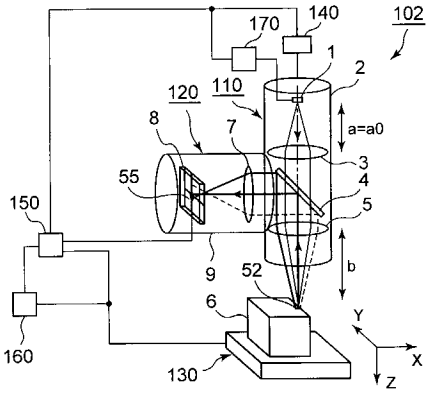
【図８ｄ】



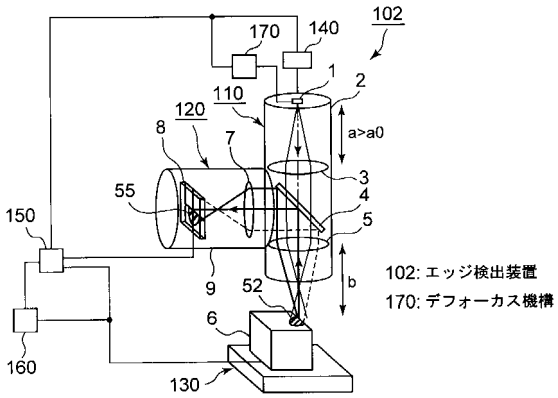
【図８ｅ】



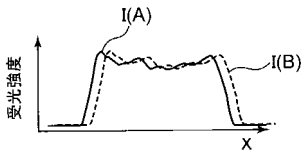
【図９ａ】



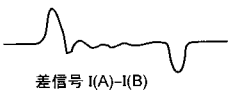
【図９ｂ】



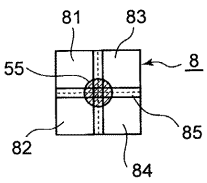
【図１０ａ】



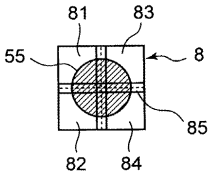
【図１０ｂ】



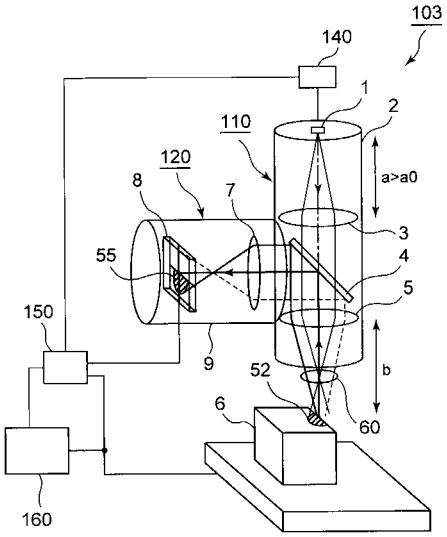
【図１１ａ】



【図１１ｂ】

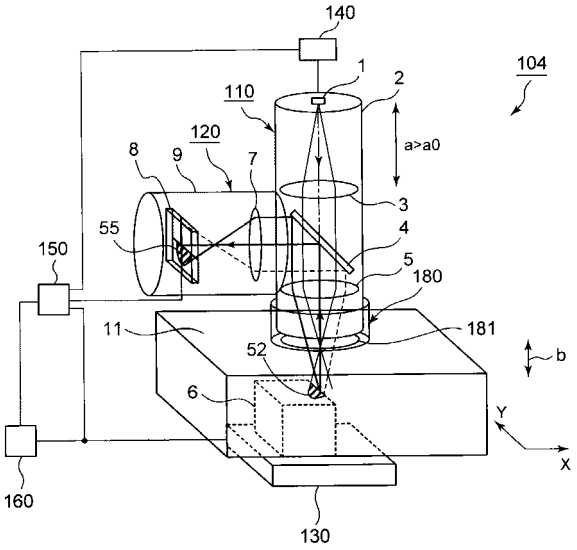


【図１２】



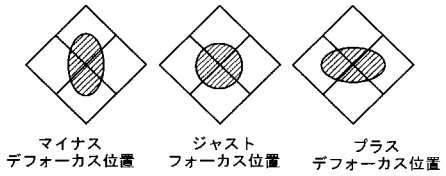
103: エッジ検出装置

【図１３】

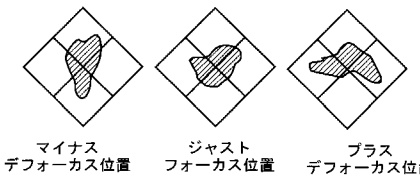


11: 加工液
104: エッジ検出装置
180: 防液機構
181: 窓

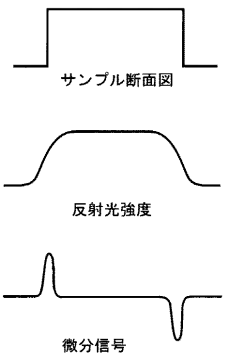
【図１４】



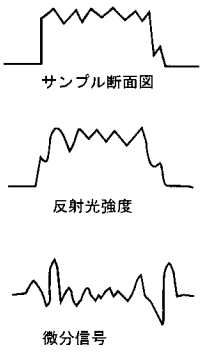
【図１５】



【図１６】



【図１７】



フロントページの続き

(72)発明者　仲嶋　一
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　湯澤　隆
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号　三菱電機株式会社内

Ｆターム(参考) 2F065 AA12 BB05 BB26 FF01 FF10 FF44 GG06 HH04 HH13 JJ01
JJ22 LL00 LL04 LL30 LL46 MM03 MM07 PP12 PP22 QQ13
QQ28
3C029 AA40