

(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2015-190885

(P2015-190885A)

(43) 公開日 平成27年11月2日(2015.11.2)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
<b>G01B</b>	<b>11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G01B	11/00	C	2F065
<b>G02B</b>	<b>7/32</b>	<b>(2006.01)</b>	G01B	11/00	H	2H151
<b>B23Q</b>	<b>17/24</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B	7/32		3C029
			B23Q	17/24	C	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2014-68980 (P2014-68980)  
 (22) 出願日 平成26年3月28日 (2014. 3. 28)

(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 100112210  
 弁理士 稲葉 忠彦  
 (74) 代理人 100108431  
 弁理士 村上 加奈子  
 (74) 代理人 100153176  
 弁理士 松井 重明  
 (74) 代理人 100109612  
 弁理士 倉谷 泰孝  
 (72) 発明者 多久島 秀  
 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

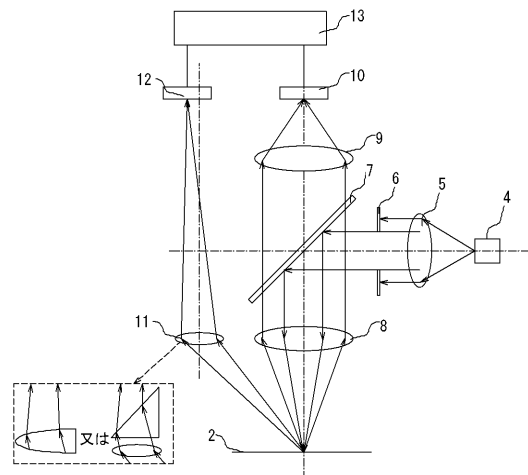
(54) 【発明の名称】 エッジ検出装置

(57) 【要約】

【課題】 面取りされたエッジを有するような表面の高さが変化するワークに対しても、小型、低コストで高精度にエッジを検出できるエッジ検出装置を提供する。

【解決手段】 投光部(4、5、6、7、8)が、集光された照射光をワーク2の上面に鉛直方向から投光し、高さ検出部(11、12、13)が、上面で照射光が拡散反射された拡散反射光のうち鉛直方向に対して斜め方向に光軸を有する第1の反射光成分に基づいて上面に対する投光部の相対的な高さを検出し、駆動部が、高さ検出部の検出結果に基づいて相対的な高さを所定の範囲内に調整するとともに、投光部のワーク2に対する鉛直方向から見た場合の相対位置を所定の経路で移動させ、エッジ検出部(8、9、10、13)が、複数の相対位置で拡散反射光のうち第1の反射光成分の光軸とは異なる光軸を有する第2の反射光成分を受光して受光量の変化に基づいてワーク2のエッジを検出する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

集光された照射光を被検出物の上面に鉛直方向から投光する投光部と、

前記上面で前記照射光が拡散反射された拡散反射光のうち鉛直方向に対して斜め方向に光軸を有する第 1 の反射光成分に基づいて前記上面に対する前記投光部の相対的な高さを検出する高さ検出部と、

前記高さ検出部の検出結果に基づいて前記相対的な高さを所定の範囲内に調整するとともに、前記投光部の前記被検出物に対する鉛直方向から見た場合の相対位置を所定の経路で移動させる駆動部と、

複数の前記相対位置で前記拡散反射光のうち前記第 1 の反射光成分の光軸とは異なる光軸を有する第 2 の反射光成分を受光して受光量の変化に基づいて前記被検出物のエッジを検出するエッジ検出部と

を備えることを特徴とするエッジ検出装置。

**【請求項 2】**

前記第 2 の反射光成分の前記光軸は、鉛直方向であることを特徴とする請求項 1 に記載のエッジ検出装置。

**【請求項 3】**

前記所定の範囲は、前記照射光の焦点深度の範囲内であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のエッジ検出装置。

**【請求項 4】**

前記高さ検出部は、前記第 1 の反射光成分の光軸の向きに基づいて前記相対的な高さを検出することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のエッジ検出装置。

**【請求項 5】**

前記第 1 の反射光成分は、前記第 2 の反射光成分の一部であることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のエッジ検出装置。

**【請求項 6】**

前記高さ検出部を複数備えることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のエッジ検出装置。

**【請求項 7】**

前記被検出物を撮像するカメラを備え、前記カメラの撮像結果に基づいて前記所定の経路の始点を決定することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 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、放電加工機や切削加工機等の工作機械に搭載され、被加工物のエッジを検出する装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

一般にワイヤ放電加工機などで高精度な加工を行う前には、加工機の走査軸に対して被加工物（ワーク）の基準面を高精度に位置合わせする段取り工程が行われる。段取り工程では、例えば、ワークを加工機の走査軸上の取付け治具に固定し、位置合わせのためのワークの基準面（例えばワークの側面）にダイヤルゲージを押し当て、位置合わせのための基準面に対応する走査軸を動かしてもダイヤルゲージの値が変化しないように、ワークの位置を手動で調整する。しかし、手動での段取り工程では、時間がかかり、また、作業者の技量によって位置合わせ結果にばらつきが生じるという課題があった。

**【0003】**

そこで、作業時間の短縮や、作業者によるばらつきを低減するため、加工機上に機上計測用センサを取付け、自動で段取りを行う方法がある。一般に機上計測用センサとして、

10

20

30

40

50

接触式センサの他に非接触計測可能な光学式センサがある。光学式センサは、ワーク上面からレーザ光を照射し、反射光を検出して非接触にエッジ位置を計測する。そのため、細かい基準穴や柔らかいワークも計測することができる利点がある。しかし、例えば、ワークのエッジは面取りされていることがある。面取りされたエッジの位置を計測する場合、位置によってワーク表面の高さが変化するため、センサに焦点調整機能が無いと、集光スポットが大きくなり、高精度計測ができなかった。

【0004】

面取りされたワークでも高精度にエッジ位置を計測する手法として、例えば、特許文献1に示される手法が提案されている。特許文献1は、三角測量の原理とアクチュエータを用いて、常にオートフォーカスを行い、高精度にエッジ位置を計測している。レーザ光をワーク表面に対して斜めに照射し、反射光を光位置検出センサに集光して、三角測量の原理を用いてワーク表面の高さ検出を行う。さらに、ワーク表面の高さ情報を用いて、対物レンズに接続されたアクチュエータを駆動し、常にフォーカス状態となるようオートフォーカスを行う。そして、高さ検出の基準面からの高さの差があるしきい値  $Z$  以上となった位置をエッジ位置とする。オートフォーカスを行いながらエッジ検出するため、面取りされたエッジであっても高精度にエッジを検出することができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2000-146532号公報。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1で開示されている構成では、レーザ光をワーク表面に対して斜めに照射しているため、ワーク表面の高さが変化すると計測位置が水平方向にずれてしまう。そのため、常にフォーカス調整を行って、ワーク表面とレンズとの相対的な位置関係を維持する必要があり、アクチュエータを用いてレンズを駆動し続けなければならなかった。アクチュエータなどの駆動部品を搭載するために、特許文献1で開示されている構成には、エッジ検出装置が大型でコストが高くなるという課題があった。

30

【0007】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、面取りされたエッジを有するような表面の高さが変化するワークに対しても、小型、低コストで高精度にエッジを検出でき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】

【0008】

本発明におけるエッジ検出装置は、集光された照射光を被検出物の上面に鉛直方向から投光する投光部と、上面で照射光が拡散反射された拡散反射光のうち鉛直方向に対して斜め方向に光軸を有する第1の反射光成分に基づいて上面に対する投光部の相対的な高さを検出する高さ検出部と、高さ検出部の検出結果に基づいて相対的な高さを所定の範囲内に調整するとともに、投光部の被検出物に対する鉛直方向から見た場合の相対位置を所定の経路で移動させる駆動部と、複数の相対位置で拡散反射光のうち第1の反射光成分の光軸とは異なる光軸を有する第2の反射光成分を受光して受光量の変化に基づいて被検出物のエッジを検出するエッジ検出部とを備えるものである。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明におけるエッジ検出装置によれば、投光部が、集光された照射光を被検出物の上面に鉛直方向から投光し、高さ検出部が、上面で照射光が拡散反射された拡散反射光のうち鉛直方向に対して斜め方向に光軸を有する第1の反射光成分に基づいて上面に対する投光部の相対的な高さを検出し、駆動部が、高さ検出部の検出結果に基づいて相対的な高さを所定の範囲内に調整するとともに、投光部の被検出物に対する鉛直方向から見た場合の

50

相対位置を所定の経路で移動させ、エッジ検出部が、複数の相対位置で拡散反射光のうち第1の反射光成分の光軸とは異なる光軸を有する第2の反射光成分を受光して受光量の変化に基づいて被検出物のエッジを検出するので、面取りされたエッジを有するような表面の高さが変化するワークに対しても、小型、低コストで高精度にエッジを検出できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置を搭載した加工機の斜視図である。

【図2】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置におけるエッジ検出センサの構成を示す図である。

【図3】加工前のワークの表面を三次元測定機で測定した結果の一例を表す図である。

【図4】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置における高さ検出方法を説明するための図である。

【図5】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置における直角なエッジの検出方法について説明するための図である。

【図6】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置においてワークの異なる位置でエッジを検出した結果の一例を表す図である。

【図7】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置におけるエッジ検出時の平均化アルゴリズムのフローチャートである。

【図8】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置におけるエッジ検出時の平均化アルゴリズムを説明するための図である。

【図9】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置におけるエッジ演算方法の一例を説明する図である。

【図10】面取りされたエッジを検出する場合の課題を説明する図である。

【図11】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置における面取りエッジでの高さ検出を説明する図である。

【図12】本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置における焦点調整方法を説明する図である。

【図13】ワーク表面に斜め方向から光を照射した場合のエッジ検出を説明する図である。

【図14】本発明の実施の形態2によるエッジ検出装置におけるエッジ検出センサの構成を示す図である。

【図15】本発明の実施の形態3によるエッジ検出装置におけるエッジ検出センサの構成を示す図である。

【図16】本発明の実施の形態4によるエッジ検出装置におけるエッジ検出センサの構成を示す図である。

【図17】本発明の実施の形態5によるエッジ検出装置におけるエッジ検出センサの構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施の形態1

図1は、本発明の実施の形態1によるエッジ検出装置を搭載した加工機の斜視図である。エッジ検出装置は、エッジ検出センサ101と駆動部とを備える。エッジ検出センサ101は、加工機の加工ヘッド1の側面に取り付けられる。エッジ検出センサ101は、単にセンサと呼ばれることもある。被加工物であり、エッジ検出の被検出物であるワーク2は加工機の走査部3（ステージ）に取付け治具14で固定される。エッジ検出センサ101は、ワーク2の上面に光を照射し、ワーク2からの反射光の有無を検出してエッジ検出を行う。

【0012】

なお、本実施の形態において、加工機は、図1に示した3方向（X方向、Y方向、Z方向）を走査軸として動作する。本実施の形態の加工機では、走査部3は、走査部3の上面

10

20

30

40

50

に平行な（すなわち水平な）互いに直交する２方向（X方向、Y方向）を走査軸として移動し、加工ヘッド１は、走査部３の上面に垂直な（すなわち鉛直な）方向（Z方向）を走査軸として移動するものとする。ただし、必ずしもこれに限定されるものではなく、例えば、走査部３が、３方向（X方向、Y方向、Z方向）を走査軸として移動しても良い。なお、以降の記載において、特に断りがなければ、X方向、Y方向、Z方向は、図１に示す３方向を指す。

#### 【００１３】

本実施の形態において、エッジ検出装置は加工機に組み込まれており、加工ヘッド１と走査部３とがエッジ検出装置の駆動部としても機能する。エッジ検出装置の駆動部は、エッジ検出センサ１０１と被検出物であるワーク２の相対位置を移動させる機能を有する。エッジ検出装置の駆動部は、図示していない制御部に制御されて動作するが、駆動部の動作を制御する機能は駆動部の一部として考えることができる。

10

#### 【００１４】

図２は、エッジ検出センサ１０１の構成を示す図であり、エッジ検出センサ１０１の構成を側面（図１におけるY方向）から見た構成図となる。また、図２において、実線の矢印は光の進行を表しており、一点鎖線は光軸を表している。これは、以降の構成図においても同様である。光源４は、レーザやLEDなどで構成され、例えば半導体レーザが用いられる。投光レンズ５は、光源４から出射した光を平行光とするよう構成されている。光源４と投光レンズ５の距離は、投光レンズ５のレンズ曲面形状に合わせて最適に設定される。言い換えると、光源４と投光レンズ５の距離は、投光レンズ５の焦点距離等のパラメータを考慮して最適に設定される。投光レンズ５を通過して平行光となった光を投光絞り６で適切な大きさに絞る。投光絞り６によってワーク２上に照射される光の集光スポット径を決定することができる。

20

#### 【００１５】

次に、ビームスプリッタ７は、投光レンズ５を通過して平行光となり、投光絞り６で絞られた光をワーク２の方向に折り返す機能を有し、プレート型やキューブ型がある。対物レンズ８は、ビームスプリッタ７で折り返された平行光を集光するよう構成されており、ワーク２の表面（ワーク表面）が集光位置にくるよう調整される。対物レンズ８は、ワーク表面への照射光の光軸がワーク表面に対して垂直な方向となるように配置される。したがって、ワーク表面には、ワーク表面に対して垂直な方向から光が照射される。ここで、光軸とは、照射される光束全体、又は受光される光束全体の代表となる仮想的な光線であり、光束全体としての進行方向を表す軸となる。

30

#### 【００１６】

光源４、投光レンズ５、投光絞り６、ビームスプリッタ７、対物レンズ８によって、投光部が構成される。投光部は、集光された照射光をワーク２の表面に照射（投光）する機能を有する。なお、ワーク２の表面又はワーク表面とは、特に断りがない限りワーク２の上面を指す。また、通常はワーク表面が水平となるようにワーク２が配置され、この場合には表面に対して垂直な方向は鉛直方向となる。対物レンズ８を通過してワーク表面に照射された光は、ワーク表面で拡散反射する。一般的に、後述のように加工前のワーク表面は粗面となっており、照射された光は拡散反射する。

40

#### 【００１７】

ワーク表面で拡散反射した光のうち、垂直方向付近に反射した成分、すなわち垂直方向に光軸を有する成分は、対物レンズ８を再度通過して平行光となる。ビームスプリッタ７は、ワーク２から反射し、対物レンズ８から取込まれた光については透過する。受光レンズ９は、ワーク２から反射し、対物レンズ８から取込まれ、ビームスプリッタ７を透過した光をエッジ検出用受光素子１０上に集光するよう構成されている。受光レンズ９とエッジ検出用受光素子１０との距離は、受光レンズ９のレンズ曲面形状に合わせて最適に設定される。

#### 【００１８】

エッジ検出用受光素子１０には、例えばフォトダイオードなどが用いられ、ワーク表面

50

で反射した光の強度を電気信号に変換する機能を有する。変換された電気信号は、信号演算部 13 に送られる。対物レンズ 8、受光レンズ 9、エッジ検出用受光素子 10、信号演算部 13 によって、エッジ検出部が構成される。エッジ検出部は、ワーク 2 の表面で拡散反射された拡散反射光のうち、垂直方向付近に反射した成分、すなわちワーク表面に対して垂直方向に光軸を有する成分を受光して、受光量の変化に基づいてエッジの位置を検出する機能を有する。

#### 【0019】

また、高さ検出用レンズ 11 は、ワーク 2 の表面に照射され、ワーク 2 の表面で拡散反射した光のうち、鉛直方向に対して斜め方向に拡散反射した成分、すなわち斜め方向に光軸を有する成分を取込み、高さ検出用受光素子 12 上に集光するよう構成される。ここで、拡散反射した光のうち、鉛直方向に対して斜め方向に光軸を有し、高さ検出用レンズ 11 に取り込まれる成分が、第 1 の反射光成分となる。また、ワーク 2 の表面で拡散反射した光のうち、ワーク表面に対して垂直方向（鉛直方向）に光軸を有する成分は、第 2 の反射光成分となる。高さ検出用レンズ 11、高さ検出用受光素子 12、信号演算部 13 によって、高さ検出部が構成される。高さ検出部は、第 1 の反射光成分を受光して、受光した光の入射方向（光軸の向き）に基づいてワーク表面の相対的な高さを検出する機能を有する。

10

#### 【0020】

高さ検出用レンズ 11 は、例えば、図 2 の左下の破線で囲った領域に示すように、レンズと三角プリズムの組合せや、曲面の中心で 2 分割されたレンズ等が用いられ、斜めに入射した光を高さ検出用受光素子上に集光できる構成であれば良い。今後は説明上、簡単のため、単一のレンズ形状として記す。高さ検出用受光素子 12 は、三角測量の原理により、ワーク表面の高さが変わった場合に、反射光が集光される高さ検出用受光素子 12 上の位置が変化したことを検出する素子であり、例えば、光位置検出素子 PSD (Position Sensitive Detector) やリニアイメージャや 2 次元イメージャが用いられる。高さ検出用受光素子 12 で検出された電気信号は信号演算部 13 に送られる。高さ検出用レンズ 11 の光軸とエッジ検出用の受光レンズ 9 の光軸とは、ずらして配置している。

20

#### 【0021】

ここで、加工に用いられるワーク 2 について説明を行う。ワーク 2 には、超硬材やステンレス、銅などの金属ワークが一般的に用いられる。加工前のワーク 2 の表面は、切り出した際に付いた切削加工痕などによって微小な凹凸形状をしている。すなわち、加工前のワーク 2 の表面は粗面となっている。図 3 は、加工前のワーク 2 の表面を三次元測定機で測定した結果の一例を表す図であり、超硬材のワーク表面を測定した結果の一例である。図 3 (a) は、ワーク表面の凹凸形状の 2D マップ (2 次元マップ) である。また、図 3 (b) は、ある Y 方向位置における X - Z 平面でのワーク表面の断面形状を示している。ワーク表面には 2 ~ 3  $\mu\text{m}$  の微小な凹凸があり、粗面となっている。

30

#### 【0022】

そのため、ワーク表面に集光したビームを照射した場合、反射角度に対する反射光の強度分布がワーク 2 上の位置によって変化する。したがって、受光素子で受光する反射光の強度がワーク 2 上の位置によって大きく変化し、安定した検出信号（受光素子の出力）が得られず、ばらつきが生じる。そこで、投光絞リ 6 における投光ビームの絞りは、ワーク表面に照射される集光スポット径が凹凸を複数個含むように設定することが望ましい。理想的には、ワーク表面に照射される集光スポット径が小さい方が、エッジの検出精度は向上する。しかし、ワーク表面が微小な凹凸形状である場合には、集光スポット径を小さくし過ぎると、凹凸の影響を受けて反射光の反射角度に対する強度分布が照射位置によって変化しやすくなり、検出信号のばらつきが大きくなる。そのため、集光スポット径は、検出信号のばらつきを抑えつつ、検出の精度が高い適切な大きさと必要がある。集光スポット径は使用目的などに応じて決定することになる。

40

#### 【0023】

50

ここで、集光スポットのエアリーディスクの直径  $D$  は回折計算により、式 (1) で与えられる。式 (1) において、 $\lambda$  は光の波長、 $f_1$  は対物レンズの焦点距離、 $d$  は投光絞り 6 の開口径である。例えば、集光スポットのエアリーディスクが凹凸を 3 つ程度含むように、スポット径  $D$  が  $8 \mu\text{m}$  とすると、波長  $\lambda = 660 \text{ nm}$ 、対物レンズの焦点距離  $f_1 = 18 \text{ mm}$  のとき、投光絞り 6 の開口径  $d = 3.6 \text{ mm}$  となる。ここで、投光絞り 6 の開口径でスポット径を決定したが、投光絞り 6 を用いずに投光レンズ 5 のレンズ径でスポット径を決定しても良い。

【0024】

【数 1】

$$D = 2.44\lambda f_1 / d \quad (1)$$

10

【0025】

また、投光絞り径  $d$  と集光スポット径  $D$  が決定すると、照射光の集光スポットの焦点深度  $Z$  を計算することができる。以降の記載において、特に説明なく単に焦点深度と記載した場合には、ワーク表面への照射光の集光スポットの焦点深度を指す。例えば、上記の条件の場合、集光時のスポット径の 1.5 倍となるデフォーカス量を焦点深度  $Z$  とすると、焦点深度  $Z$  は  $120 \mu\text{m}$  であった。この焦点深度内にワーク表面の高さを調整できれば、エッジ検出を行う上で問題ない程度にしかスポット径が変化しないため、精度を悪化させずにエッジを検出することができる。ここで、焦点深度  $Z$  を集光時のスポット径の 1.5 倍となるデフォーカス量としたが、実際にはエッジ検出時の精度が悪化しない範囲であれば良い。ここで、エッジ検出とは、エッジの有無に加えてエッジの位置を検出 (計測) することであり、エッジ検出時の精度とは、検出 (計測) したエッジの位置の精度である。

20

【0026】

次に、高さ検出用レンズ 11 と高さ検出用受光素子 12 を用いた、ワーク表面の高さ検出方法について説明する。図 4 は、本実施の形態のエッジ検出装置における高さ検出方法を説明するための図であり、エッジ検出センサ 101 を側面から見た図となる。図 4 (a) は、ワーク 2 の表面が対物レンズ 8 の焦点位置にある場合である。高さ検出レンズ 11 は、例えば、凸レンズと三角プリズムで構成されるが、ここでは 1 つのレンズ形状として示している。高さ検出レンズ 11 の主点から高さ検出用受光素子 12 の受光面までの距離を  $a$ 、ワーク表面までの距離を  $b$  とする。また、高さ検出レンズ 11 の光軸から高さ検出用受光素子 12 の中心までの距離を  $c$ 、対物レンズ 8 の光軸までの距離を  $d$  とする。このとき、ワーク表面で散乱された光のうち斜め方向に拡散反射した成分が、高さ検出用レンズ 11 によって高さ検出用受光素子 12 の中心に集光され、式 (2) 及び式 (3) の関係を満たしている。ここで、 $f_2$  は高さ検出レンズ 11 の焦点距離である。

30

【0027】

【数 2】

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (2)$$

40

【0028】

【数 3】

$$c = \frac{a}{b} d \quad (3)$$

【0029】

一方、図 4 (b) は、ワーク 2 の表面が、図 1 の  $-Z$  方向に距離  $L$  だけ変化した場合である。ワーク表面の高さが焦点位置から遠ざかる。そのため、高さ検出用レンズ 11 への反射光成分の入射角が変化し、高さ検出用レンズ 11 へ入射する反射光成分の光軸の向きが変化するため、高さ検出用レンズで集光される高さ検出用受光素子 12 上の位置が  $+X$

50

方向に距離  $H$  だけ変化する。このとき、式 (4) の関係が満たされる。ここで、デフォーカス時 (ワーク 2 の表面の高さが変化した場合) の高さ検出用の反射光の光軸と焦点面 (焦点位置にある面) との交点を A とし、ワーク 2 の表面に投光される光の光軸と焦点面との交点を B とすると、 $d'$  は交点 A と交点 B との位置の差異を表す。

【0030】

【数4】

$$c - \Delta H = \frac{a}{b}(d - d') \quad (4)$$

【0031】

$d'$  は式 (5) の関係を満たすため、式 (3)、式 (4)、式 (5) から、 $H$  は、式 (6) で表される。例えば、 $a = 75 \text{ mm}$ 、 $b = 40 \text{ mm}$ 、 $d = 21 \text{ mm}$  とすると、 $L = 1 \text{ mm}$  変化した場合、 $H = 1 \text{ mm}$  となり、高さ検出用受光素子 12 上の集光位置の変位量を、ワーク表面の高さ変位量と同等にすることができる。

10

【0032】

【数5】

$$\frac{L}{d'} = \frac{b+L}{d} \quad (5)$$

【0033】

【数6】

$$\Delta H = \frac{a}{b} d' = \frac{adL}{b(b+L)} \quad (6)$$

20

【0034】

また、図 4 (c) は、ワーク 2 の表面が +Z 方向に距離  $L$  だけ変化した場合である。ワーク表面の高さが焦点位置からセンサ側に近づく。そのため、高さ検出用レンズ 11 への入射角が変化するため、上記と同様の考え方により、高さ検出用レンズ 11 で集光される高さ検出用受光素子 12 上の集光位置が -X 方向に距離  $H$  変化する。このように、センサに対するワーク表面の位置 (高さ) が変化すると、高さ検出用受光素子 12 上のスポットの集光位置が変化する。上記のように高さ検出用受光素子上のスポット位置 (集光位置) が  $H$  変化した場合、式 (6) より、ワーク表面の高さ変位量  $L$  を式 (7) のように求めることができる。

30

【0035】

【数7】

$$L = \frac{b^2 \Delta H}{ab - b \Delta H} \quad (7)$$

【0036】

したがって、高さ検出用受光素子 12 上のスポット位置を計測することで、ワーク表面の高さを算出することができる。そして、ワーク表面の高さと対物レンズの焦点位置との変位  $L$  が、照射光の集光スポットの焦点深度  $Z$  に対して  $0 < L < Z/2$  であれば、高精度にエッジを計測可能である。すなわち、ワーク表面の高さと対物レンズの焦点位置との変位  $L$  が、対物レンズ 8 の焦点位置を中心とした焦点深度の範囲内であれば、高精度にエッジを計測可能である。しかし、ワーク表面の高さと対物レンズの焦点位置との変位  $L$  が、焦点深度外 ( $L > Z/2$ ) となると、加工ヘッドの Z 方向位置を、例えば  $L$  変化させて、ワーク表面の高さが焦点深度内に入るよう調整する。このように、ワーク表面の高さが焦点深度外となった場合には、加工ヘッドの Z 方向高さを動かして、センサ高さを調整すれば、常に焦点深度内にワーク表面高さを調整することができる。

40

【0037】

50

次に、エッジ検出方法について説明を行う。図5は、本実施の形態のエッジ検出装置における直角なエッジの検出方法について説明するための図である。図5は、走査部3のX方向の各走査位置におけるエッジ検出センサ101とワーク2の相対位置を側面から見たイメージ図と、走査位置とエッジ検出用受光素子10の出力との関係を示す図とから構成されている。ワーク2の上方にエッジ検出センサ101を設置する。エッジ検出センサ101がワーク2のエッジ( $X = X_2$ )を横切るように、走査部3をX方向に距離  $X$  動かして、エッジ検出用受光素子10で信号を取得する。位置  $X_1$  ではエッジ検出センサ101はワーク2の上であり、ワーク2上に照射光が集光され、反射光が得られるため、エッジ検出用受光素子から出力  $V_1$  が得られる。

#### 【0038】

次に、走査部3が移動することで、エッジ検出センサ101がワーク2のエッジ上(位置  $X_2$ )に移動した場合には、集光スポットの一部がワーク2の外に出るため、ワーク2の上にエッジ検出センサ101がある場合よりも、エッジ検出用受光素子10から得られる出力が低下する。このときの出力を  $V_2 = \alpha \cdot V_1$  ( $0 < \alpha < 1$ ) とする。最後に、エッジ検出センサ101がワーク2の外に移動した場合、ワーク2の表面からの反射光がほとんど得られなくなるため、エッジ検出用受光素子10からの出力はほとんど得られなくなる。ここで、走査部3の上面は、光を反射しないような構成とすることができる。また、走査部3の上面が、焦点深度の範囲から十分に外れていれば、光は集光されないで、エッジ検出用受光素子10では反射光をほとんど受光しない。このように、エッジ検出用受光素子10の出力が  $V_2$  となった位置をエッジ位置として計測することができる。例えば、 $\alpha = 0.5$  である。

#### 【0039】

しかし、実際に加工に用いられるワーク2のエッジは、数  $\mu\text{m}$  の微小な凹凸形状によって揺らいでいる。図6は、本実施の形態のエッジ検出装置においてワーク2のY方向の異なる位置  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  でエッジを検出した結果の一例を示す図である。図6において、横軸はX方向の位置を表し、縦軸はエッジ検出用受光素子10の出力の大きさを表す。Y方向の位置が異なると、エッジ部の凹凸の影響により検出するエッジ位置にばらつきが生じる。そのため、次のような平均化の手法を用いてエッジ検出のばらつきを低減することができる。

#### 【0040】

図7は、本実施の形態のエッジ検出装置におけるエッジ検出時の平均化アルゴリズム(平均化手法)のフローチャートである。また、図8は、本実施の形態のエッジ検出装置におけるエッジ検出時の平均化アルゴリズムを説明するための図である。図8は、ワーク2を上面から見た場合の検出経路の一例を示している。図7、図8を用いて、平均化アルゴリズムを説明する。まず、エッジ検出を開始後、エッジ検出センサ101がエッジを横切るようにX方向に距離  $X$  移動する。例えば、 $X = 50 \mu\text{m}$  である。その際、X方向位置に対するエッジ検出用受光素子10の信号を取得し、信号演算部13に保存する。X方向に距離  $X$  移動し終わると、Y方向に距離  $Y$  移動する。例えば、 $Y = 10 \mu\text{m}$  である。Y方向に移動が終わると、もう一度、エッジ検出センサ101がエッジを横切るように - X方向に距離  $X$  移動し、その後、Y方向に距離  $Y$  移動する。このように、図8に示すようにジグザグの経路で移動し、Y方向に距離  $Y$  ずつM回移動し終わると計測を終了する。例えば、 $M = 40$  である。

#### 【0041】

図9は、本実施の形態のエッジ検出装置におけるエッジ演算方法の一例を説明する図である。図9(a)は、M回のエッジ検出のそれぞれで得られたエッジ検出用受光素子10からの出力信号を表す。また、図9(b)は、エッジ検出用受光素子10からのM個の出力信号を平均化した信号を表す。図9のようにM回検出(計測)したX方向位置に対するエッジ検出用受光素子10からの出力信号のデータを平均化し、最大値  $V_1$  に対して  $V_2 = \alpha \cdot V_1$  となるX方向位置を信号演算部で算出することで、高精度にエッジ位置を検出(計測)することができる。このように、エッジを複数回検出した結果を平均化すること

10

20

30

40

50

で、微小な凹凸によるエッジ位置のばらつきの影響を低減し、高精度にエッジ位置を検出することができる。ここで、平均化のためのジグザグ経路は一例であり、Y方向に異なる位置を複数回検出し、得られた信号出力を平均化してエッジ位置を検出すれば良い。また、測定点数  $M = 1$  でも良く、ばらつきが少なければ、1つの信号からエッジを検出して良い。

#### 【0042】

以上のように、直角なエッジであれば、ワーク2の上面で焦点調整を実施しておけば、エッジ位置までワーク2の上面が焦点深度内に入っているため、照射光を集光した集光スポットで高精度にエッジを計測することができる。しかし、エッジが面取りされている場合には、別の課題が発生する。図10は、面取りされたエッジ（面取りエッジ）を検出する場合の課題を説明する図である。図10は、走査部3のX方向の各走査位置におけるエッジ検出センサ101とワーク2の相対位置を側面から見たイメージ図である。面取りされたエッジでは、ワーク2の上面で焦点調整をしても、エッジを検出する際にX方向にワーク2が移動すると、面取り部（面取りされた部分）でワーク2の表面の高さが変化して焦点深度外となることがある。そのため、集光されたスポットと比較して大きなスポット径でエッジ検出することとなり、エッジ位置の検出精度が低下してしまう。これを解決するため、エッジ検出時の高さ検出部を用いた高さ調整方法について説明する。

10

#### 【0043】

図11は、本実施の形態のエッジ検出装置における面取りエッジでの高さ検出を説明する図である。図11の上段の図は、エッジ検出センサ101とワーク2の相対位置を側面から見たイメージ図である。図11の中段の図は、ワーク2の表面（上面）に照射された光のスポット（投光スポット）の様子を説明する図である。図11の下段の図は、高さ検出部の動作を説明する図である。図11（A）は、エッジ検出センサ101がワーク上面の平坦部の上方に位置しており、ワーク上面の平坦部にて焦点調整を行った状態である。投光スポットはワーク上面に集光されており、高さ検出用レンズ11にて取り込まれた光は、高さ検出用受光素子12のX方向の中心位置に集光される。ここで、平坦部とは、ワーク2の上面の面取りされた部分を除く部分を指し、上面のうちで微小な凸凹を除いて平均的に平坦な領域を指す。

20

#### 【0044】

ここで、投光スポットとは、ワーク2の表面に照射（投光）された光のスポットであり、ワーク2の表面が焦点深度内にある場合と、焦点深度外にある場合との両方を含んでいる。一方、集光スポットとは、ワーク2の表面が対物レンズ8の焦点距離にある場合、または焦点深度内にある場合に、ワーク2の表面に照射された光のスポットを指している。

30

#### 【0045】

次に、図11（B）に示すように、X方向位置が面取り領域内に位置し、ワーク表面のZ方向位置が  $Z1$  ( $-Z/2 < Z1 < 0$ ) だけ変化したとする。ワーク2の表面は焦点深度内であるため、投光スポット径はほとんど変化しない。また、高さ検出用受光素子12上のスポット位置は、+X方向に距離  $H1$  変化する。信号演算部13では、スポット位置の変化量  $H1$  からワークの高さ変化量  $Z1$  を計算し、 $-Z/2 < Z1 < Z/2$  であるか判定する。 $Z1$  は前記の条件を満たしているため、エッジの検出を続ける。

40

#### 【0046】

図11（C）は、ワーク表面の高さが  $Z2$  ( $Z2 < -Z/2$ ) だけ変化した場合の図である。高さ検出用受光素子12上のスポット位置は、距離  $H2$  ( $H2 > H1$ ) 変化する。図11（C）の場合、 $Z2 < -Z/2$  であるため、信号演算部13は焦点深度外にワーク表面の高さが変化したことを検出する。

#### 【0047】

図12は、本実施の形態のエッジ検出装置における焦点調整方法を説明する図である。図12は、エッジ検出センサ101とワーク2の相対位置を側面から見たイメージ図である。図12に示すように、加工ヘッド1のZ方向位置を移動させ、エッジ検出センサ101のZ方向位置を距離  $Z2$  だけワーク2に近づける。その結果、ワーク表面の高さが焦

50

点深度内に入り、高さ検出用受光素子 1 2 上のスポット位置も中心方向に移動する。このように、高さ検出用レンズ 1 1 と高さ検出用受光素子 1 2 を用いれば、ワーク表面の高さが焦点深度外に移動したことを検出することができ、加工ヘッド 1 の Z 方向位置を移動させることで、ワーク表面の高さを焦点深度内に調整することができる。本実施の形態のエッジ検出装置は、以上のように動作する。

#### 【 0 0 4 8 】

上記のように、本実施の形態のエッジ検出装置では、投光ビーム（照射光）をワーク表面の平坦部に対して垂直に投光（照射）している。すなわち、本実施の形態のエッジ検出装置では、鉛直方向を光軸としてワーク表面に照射光を照射している。したがって、面取り部にてワーク表面の高さが変化しても、水平方向に計測位置がずれることはなく、ワーク表面位置が、照射光の集光スポットの焦点深度内に入っていれば、エッジ計測を継続することができる。ワーク表面位置が焦点深度外になったことを検出すれば、加工ヘッド 1 の Z 方向位置を動かし、エッジ検出センサ 1 0 1 を動かして、ワーク表面位置が焦点深度内に入るよう調整すれば良い。したがって、本実施の形態のエッジ検出装置では、アクチュエータのような駆動部品を必要としない。上述の通り、通常はワーク表面の平坦部が水平となるようにワーク 2 が配置され、この場合には平坦部に対して垂直な方向は鉛直方向となる。

#### 【 0 0 4 9 】

照射光を斜め方向から照射した場合、ワーク表面の高さが変化すると光が照射される位置が水平方向にずれてしまう。したがって、エッジを検出している位置が水平方向にずれてしまい、検出されたエッジ位置に誤差が発生してしまう。図 1 3 は、ワーク表面に斜め方向から光を照射した場合のエッジ検出を説明する図である。図 1 3 の中心の図は、ワーク表面の高さが焦点位置にある場合を表し、図 1 3 の左右の図は、ワーク表面の高さが焦点位置からずれている場合を表す。ワーク表面の高さが焦点位置からずれている場合には、検出される位置が水平方向にずれてしまう。アクチュエータなどの応答の速い駆動部品を追加して、高精度のオートフォーカスを行うことでこの問題を解決することが考えられるが、装置が大型化し、高価になるという問題が発生する。一方、本実施の形態のエッジ検出装置によれば、このような問題は発生しない。

#### 【 0 0 5 0 】

また、本実施の形態のエッジ検出装置は、ワーク 2 に投光ビーム（照射光）を投光（照射）する投光部と、ワーク 2 からの反射光を受光してワーク 2 のエッジを検出するエッジ検出部と、ワーク 2 からの反射光を受光してワーク 2 の表面の高さを検出する高さ検出部とを備え、投光部及びエッジ検出部の光軸からずれた位置に、高さ検出部の光軸を設けている。すなわち、対物レンズ 8 の光軸と高さ検出用レンズ 1 1 の光軸とが異なるように構成している。したがって、ワーク表面の高さを検出し、ワーク表面が常に焦点深度内に入るように加工ヘッドの高さを調整すれば、面取り部のようなワーク表面の高さが変化するワークのエッジも高精度に計測できるエッジ検出装置を、アクチュエータのような駆動部品を必要とせずに、小型で安価に得ることができる。

#### 【 0 0 5 1 】

面取りされたエッジでは、ワーク表面の高さは徐々に変化する。また、上述の通り、本実施の形態のエッジ検出装置においては、ワーク表面が焦点深度内に入るように焦点調整できればよく、高精度（高分解能）の焦点調整を必要としない。したがって、走査部 3 の移動に伴って、面取りされたエッジに対して高速に（頻りに）焦点調整を行う必要がなく、加工機に予め備えられる加工ヘッド 1 又は走査部 3 の高さ調整機能を用いてエッジ検出センサ 1 0 1 とワーク表面との距離（ワーク表面に対するエッジ検出センサ 1 0 1 の相対的な高さ）を調整することで焦点調整を行って、ワーク 2 のエッジを検出することが可能となる。

#### 【 0 0 5 2 】

この結果、アクチュエータのような駆動部品を新たに設ける必要がなく、小型で安価に構成することが可能となる。なお、上述の通り、ワーク表面が焦点深度内に入るように焦

10

20

30

40

50

点調整できればよいので、必ずしもエッジ検出センサ101全体の高さを調整する必要はなく、少なくとも投光部の高さを調整できればよい。エッジ検出センサ101全体の高さを調整する場合には、投光部とエッジ検出部で対物レンズ8を共用できるなどエッジ検出センサ101の構成を簡略化でき、投光部と高さ検出部との相対位置が固定となりワーク表面が焦点深度内か否かの判定処理が容易となる等の利点がある。

#### 【0053】

加工ヘッド1又は走査部3を高さを調整に用いる場合、加工機のコントローラと通信して動かす必要があり、応答時間が長くなる。そのため、従来のエッジ検出装置では、アクチュエータのような駆動部品を取り付けて、走査部によるX-Y平面内の移動速度に対して十分早い応答時間で高さ調整を行っていた。つまり、加工ヘッド1を高速に動かし続けることは現実的に困難であるため、従来のエッジ検出装置では、アクチュエータが必須であった。一方、本実施の形態のエッジ検出装置においては、早い応答時間で焦点調整を行う必要がないので、アクチュエータのような駆動部品を新たに設ける必要がなく、小型で安価に構成することが可能となる。

10

#### 【0054】

なお、上述の通り、加工前のワーク2の表面は一般的に粗面であるが、鉛直方向(ワーク2の平坦部に対して垂直な方向)から照射される光に対して、反射光の強度分布は鉛直方向が強い場合が多く、エッジ検出部は鉛直方向の反射光を受光できるように構成することが望ましい。また、上述の通り、ワーク2の表面に微小な凹凸形状がある場合には、反射光の反射角度に対する強度分布が照射位置によって変化するが、平均すると鉛直方向で受光するのが最も効率が良い。

20

#### 【0055】

以上のように、本実施の形態のエッジ検出装置は、投光部が、集光された照射光を被検出物の上面に鉛直方向から投光し、高さ検出部が、上面で照射光が拡散反射された拡散反射光のうち鉛直方向に対して斜め方向に光軸を有する第1の反射光成分に基づいて上面に対する投光部の相対的な高さを検出し、駆動部が、高さ検出部の検出結果に基づいて相対的な高さを所定の範囲内に調整するとともに、投光部の被検出物に対する鉛直方向から見た場合の相対位置を所定の経路で移動させ、エッジ検出部が、複数の相対位置で拡散反射光のうち第1の反射光成分の光軸とは異なる光軸を有する第2の反射光成分を受光して受光量の変化に基づいて被検出物のエッジを検出するので、面取りされたエッジを有するような表面の高さが変化するワークに対しても、小型、低コストで高精度にエッジを検出できる。

30

#### 【0056】

実施の形態2.

実施の形態2では、実施の形態1に対して部品点数を削減し、さらにコストダウンや小型化を行った例について説明する。なお、実施の形態1と重複する点については説明を省略する。

#### 【0057】

図14は、本発明の実施の形態2によるエッジ検出装置におけるエッジ検出センサ102の構成を示す図であり、エッジ検出センサ102の構成を側面(図1におけるY方向)から見た構成図となる。エッジ検出センサ102以外の構成は、実施の形態1におけるものと同様である。本実施の形態のエッジ検出センサ102では、実施の形態1のエッジ検出センサ101に対して、投光レンズ5と受光レンズ9を削減した。光源4から出た発散光が対物レンズ8によってワーク2の表面に集光される。本実施の形態のエッジ検出センサ102では、投光部の集光位置と、エッジ検出用受光素子10、及び高さ検出用受光素子12の位置が結像関係にある。なお、本実施の形態のエッジ検出センサ102では、光源4、投光絞り6、ビームスプリッタ7、対物レンズ8によって、投光部が構成される。また、本実施の形態のエッジ検出センサ102では、対物レンズ8、エッジ検出用受光素子10、信号演算部13によって、エッジ検出部が構成される。

40

#### 【0058】

50

このように、光源 4 と対物レンズ 8 とエッジ検出用受光素子 10 を結像関係に配置すれば、実施の形態 1 のエッジ検出装置と同様にエッジ検出を行うことができる。また、対物レンズ 8 の光軸位置とずれた位置に、高さ検出用レンズ 11 の光軸を配置し、投光ビーム（照射光）の集光位置と高さ検出用受光素子 12 の位置を結像関係に配置すれば、実施の形態 1 のエッジ検出装置と同様に高さ検出が可能である。

#### 【0059】

本実施の形態のエッジ検出装置によれば、部品点数を抑制しながらも、実施の形態 1 で述べたものと同様の効果を有する。すなわち、ワーク表面の高さが変化した場合に、高さ検出部で変異量を検出し、ワーク表面の高さを焦点深度内となるように加工ヘッド 1 を動かしながら、エッジ検出を行うことで、面取りエッジも高精度に計測でき、部品点数が少なく、小型で安価なエッジ検出装置を得ることができる。

10

#### 【0060】

なお、本実施の形態では、投光レンズと受光レンズを削減した構成について説明したが、エッジ検出用受光素子 10 及び高さ検出用受光素子 12 が、投光ビームの集光位置と結像関係にあれば、他の構成であっても良い。

#### 【0061】

実施の形態 3 .

実施の形態 3 では、高さ検出部をエッジ検出部の側面ではなく、光源側に折り返すことで、センサの X 方向の幅を小型化する例について説明する。図 15 は、本発明の実施の形態 3 によるエッジ検出装置におけるエッジ検出センサ 103 の構成を示す図であり、エッジ検出センサ 103 の構成を側面（図 1 における Y 方向）から見た構成図となる。投光部とエッジ検出部は実施の形態 1 におけるものと同様であるため、説明を省略する。また、エッジ検出センサ 103 以外の構成は、実施の形態 1 におけるものと同様である。

20

#### 【0062】

本実施の形態のエッジ検出センサ 103 では、ワーク表面の高さ検出に対物レンズ 8 の一部を通った光を利用する。ワーク表面で拡散反射し、対物レンズ 8 を通って平行光となった光のうち、投光部やエッジ検出部の光軸に対して + X 方向に距離 T だけずれた位置を光軸中心とする光をビームスプリッタ 7 で + X 方向に折り返し、高さ検出用レンズ 11 で高さ検出用受光素子 12 上に集光する。ワーク表面の高さが変化すると、高さ検出用受光素子 12 上の集光位置が変化するため、ワーク表面の高さを検出することができる。

30

#### 【0063】

本実施の形態のエッジ検出装置によれば、小型化を実現しながらも、実施の形態 1 で述べたものと同様の効果を有する。すなわち、高さ検出用レンズ 11 を投光レンズ 5 側に設けることで、エッジ検出センサ 103 の X 方向の幅を小さくでき、ワーク表面の高さが変化した場合に、高さ検出部で変異量を検出し、ワーク表面の高さを焦点深度内となるように加工ヘッド 1 を動かしながら、エッジ計測を行うことで、面取りエッジも高精度に検出でき、小型で安価なエッジ検出装置を得ることができる。ここで、高さ検出には、+ X 方向に距離 T ずれた光を利用したが、- X 方向でも良く、投光部及びエッジ検出部の光軸とずれた位置に光軸を持つ光を利用すれば良い。

#### 【0064】

実施の形態 4 .

実施の形態 4 では、高さ検出部を 2 つ以上設けることで、高さ検出信号の信頼性を向上させる構成について説明する。高さ検出部の光軸は、投光部やエッジ検出部からずれた位置に配置する。投光部は、ワーク表面の平坦部に対して垂直に（鉛直方向から）投光し、エッジ検出部はワーク表面の平坦部に対して垂直に拡散反射する成分を主に利用する。一方、高さ検出部は、斜めに拡散反射した成分を利用するため、高さ検出用レンズ 11 に入射する光の利用効率は悪い。また、ワークの表面形状によって拡散反射する光の反射角度に対する光量分布がばらつくと、高さ検出信号がばらつくことが考えられる。高さ検出部では、高さ検出用受光素子 12 上の受光位置で高さを検出しており、反射角度に対する光量分布がばらつくと受光位置もばらつくと考えられるからである。

40

50

## 【0065】

本実施の形態に示すように、高さ検出部を2つ以上設けることで、高さ検出部に入射する光量を相対的に増加させることができ、また、反射角度に対する光量分布のばらつきの影響を低減できることから、高さ検出結果の信頼性を向上させることができる。図16は、本発明の実施の形態4によるエッジ検出装置におけるエッジ検出センサ104の構成を示す図である。図16の左図は、エッジ検出センサ104の構成を図1におけるY方向から見た構成図(X-Z断面図)であり、図16の右図は、エッジ検出センサ104の構成を図1におけるX方向から見た構成図(Y-Z断面)である。なお、図16のX-Z断面図では高さ検出部を、Y-Z断面では投光部を省略して表記している。エッジ検出センサ104以外の構成は、実施の形態1におけるものと同様である。

10

## 【0066】

本実施の形態のエッジ検出センサ104における投光部とエッジ検出部は、実施の形態1におけるものと同様であるが、高さ検出用レンズ11及び高さ検出用受光素子12で構成される高さ検出部の個数、位置が異なる。Y-Z断面図に示すように、対物レンズ8を挟むように高さ検出用レンズ11を2つ配置し、それぞれの集光位置に高さ検出用受光素子12を配置する。高さ検出用レンズ11を2つ設けたことで、高さ検出用に取り込める信号量が増加する。また、高さ検出用レンズ11を異なる方向に設けたことで、信号のばらつきを抑えることができる。

## 【0067】

したがって、2つの高さ検出用受光素子12にて検出した信号を信号演算部13で演算することで、高さ検出の信頼性を向上させることができる。つまり、ワーク表面の凹凸形状によって拡散反射し、個々の高さ検出用受光素子12で受光する光量がばらついたとしても、信頼性の高い高さ検出結果を得ることができる。また、実施の形態1で述べたものと同様の効果も有する。

20

## 【0068】

なお、本実施の形態のエッジ検出装置では、Y-Z平面に対物レンズ8を挟む形で2つの高さ検出部を設けたが、実施の形態3に示すようにビームスプリッタ7で折り返した光のうち、投光レンズ5を挟んで2つ設ける構成でも良い。そして、高さ検出部はレンズを挟む形で配置する必要はなく、任意の位置に複数配置すれば、高さ検出信号の信頼性を向上させることができる。ただし、受光量のばらつきの影響を抑制する観点からは、高さ検出部はできるだけ離れた方向に設けることが望ましい。2つの高さ検出部を備える場合には、対向する方向に設けることが望ましい。

30

## 【0069】

実施の形態5

実施の形態5では、カメラを組み込んだ構成とすることで、検出対象とする位置(領域)を素早く見つけ、検出時間を短縮する方法について説明する。エッジを高精度に検出する前にエッジ位置を粗く検出し、この結果を元に高精度に検出する領域を適切に設定することで、検出時間を短縮できる。図8に示す検出経路で高精度にエッジを検出する場合、X方向に距離X移動する間にエッジを横切る位置を検出開始点とする必要がある。つまり、粗く検出したエッジ位置からワーク2内に少し入った位置からエッジ検出を開始すれば、Xを小さくすることができ、検出時間を短縮できる。しかし、エッジ検出装置の位置がワーク2のエッジ位置から離れていた場合、投光ビーム(照射光)がエッジを横切るまでワーク2を走査する必要があり、検出に時間がかかる。エッジ検出装置にカメラを組み込んで、現在の投光ビームの集光位置を中心とした領域を画像として見ることであれば、画像認識により、エッジの粗い位置を素早く見つけることができる。

40

## 【0070】

図17は、本発明の実施の形態5によるエッジ検出装置におけるエッジ検出センサ105の構成を示す図であり、エッジ検出センサ105の構成を側面(図1におけるY方向)から見た構成図となる。本実施の形態のエッジ検出センサ105において、投光部と高さ検出部は、実施の形態1におけるものと同様であるため説明を省略する。ビームスプリッ

50

タ7と受光レンズ9の間に、カメラ用ビームスプリッタ17を設け、光の一部を折り返す。そして、カメラ用レンズ15を用いてカメラ16の画素面に結像する。カメラ16には、CCDカメラやCMOSイメージャなどが用いられる。なお、ビームスプリッタ7は、一方(投光レンズ5側)から入射した光を折り返し、他方(対物レンズ8側)から入射した光を透過する機能を有するのに対し、カメラ用ビームスプリッタ17は、対物レンズ8側から入射した光の一部をカメラ用レンズ15側に折り返し、残りを受光レンズ9側に透過する機能を有する。また、エッジ検出センサ105以外の構成は、実施の形態1におけるものと同様である

#### 【0071】

このように、カメラ16を配置すれば、現在、投光ビームが集光されている位置を画像処理により、素早く判別することができる。また、画像の視野内にエッジが見えていれば、すぐにエッジ付近の位置からエッジ計測を始めることができ、検出時間を短縮することができる。また、カメラ16を用いれば、エッジの粗い位置だけでなく、穴形状やその他の検出対象物を素早く見つけることができる。以上のように、エッジ検出センサ105にカメラ16を組み込めば、エッジ検出を行う領域を素早く見つけることができ、検出時間の速いエッジ検出装置を得ることができる。また、実施の形態1で述べたものと同様の効果も有する。

10

#### 【0072】

なお、上記の実施の形態1から実施の形態5では、ワーク表面の高さが焦点深度外となった際に、加工ヘッド1の高さを移動させ、ワーク表面が焦点深度内に入るようにしたが、ワーク2を固定している走査部3を高さ方向に動かしても良い。また、エッジ検出時に走査部3を動かして、エッジ検出装置とワーク2とのX方向やY方向の相対位置を変化させたが、加工ヘッド1を動かしても良い。また、上記の実施の形態1から実施の形態5では、ワーク表面の高さが変わる例として、面取りエッジを用いて説明したが、段差のあるワークのエッジ検出など、ワーク表面の高さが変化する他の事例にも用いることができることは言うまでもない。また、上記の実施の形態1から実施の形態5において、高さ検出部の機能を用いることによって、エッジ検出を開始する前に、自動でワーク表面の高さを焦点深度内に調整することもできる。

20

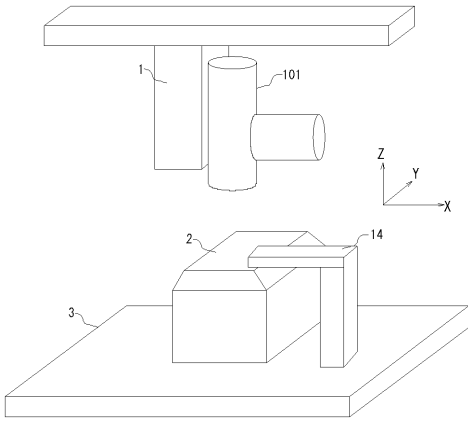
#### 【符号の説明】

#### 【0073】

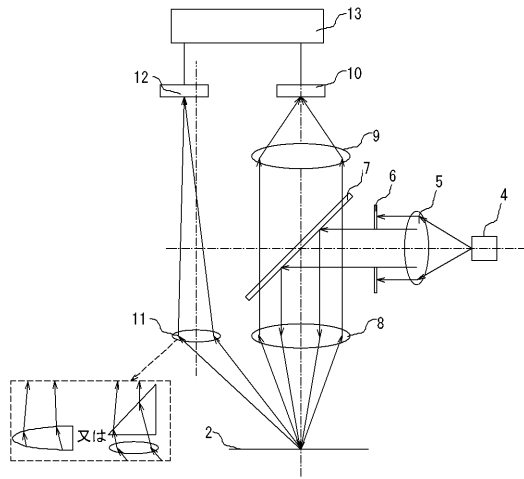
1 加工ヘッド、2 ワーク、3 走査部、4 光源、5 投光レンズ、6 投光絞り、7 ビームスプリッタ、8 対物レンズ、9 受光レンズ、10 エッジ検出用受光素子、11 高さ検出用レンズ、12 高さ検出用受光素子、13 信号演算部、14 取付け治具、15 カメラ用レンズ、16 カメラ、17 カメラ用ビームスプリッタ、101~105 エッジ検出センサ。

30

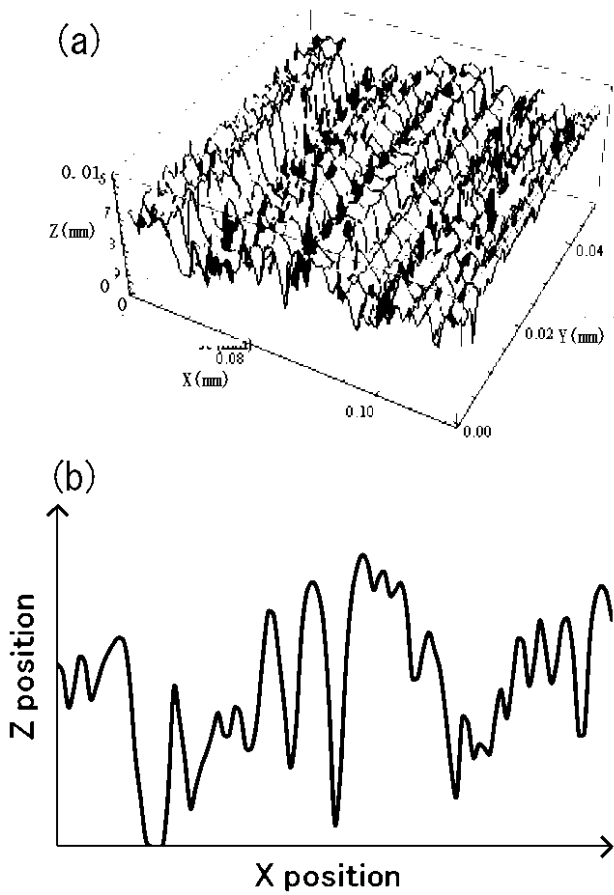
【 図 1 】



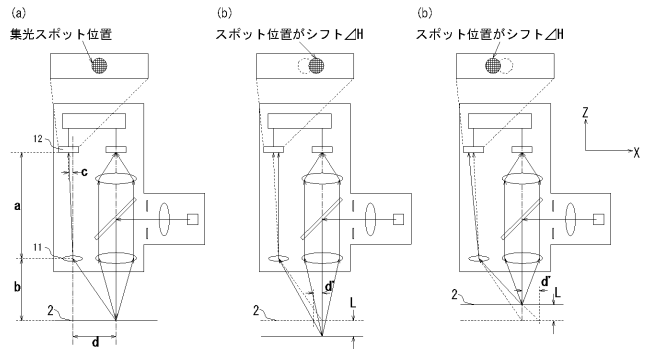
【 図 2 】



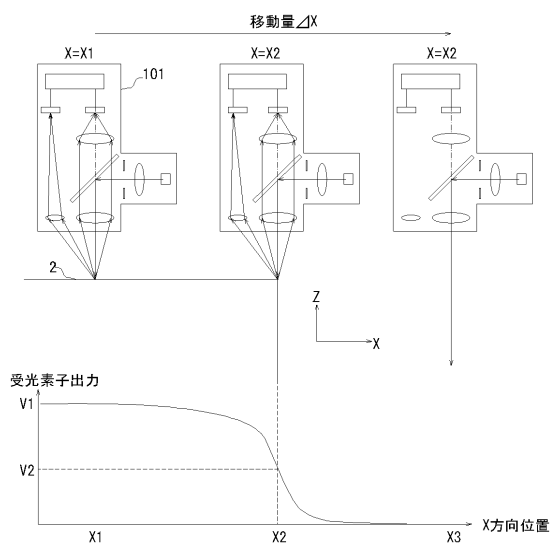
【 図 3 】



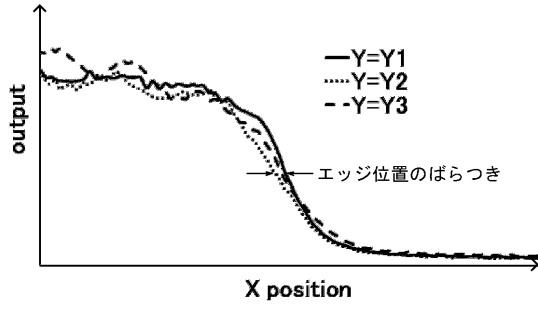
【 図 4 】



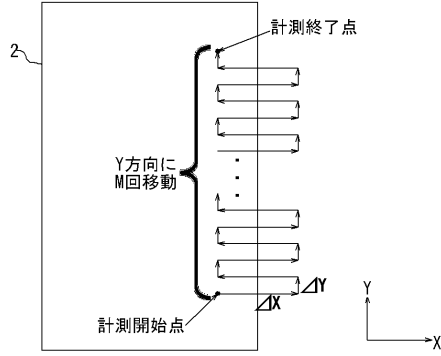
【 図 5 】



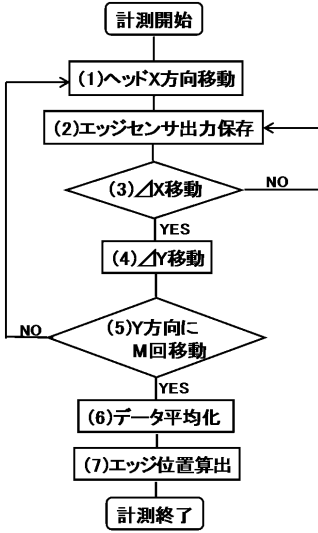
【図 6】



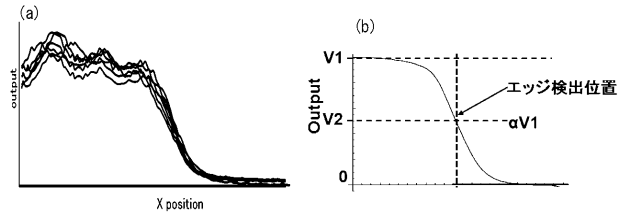
【図 8】



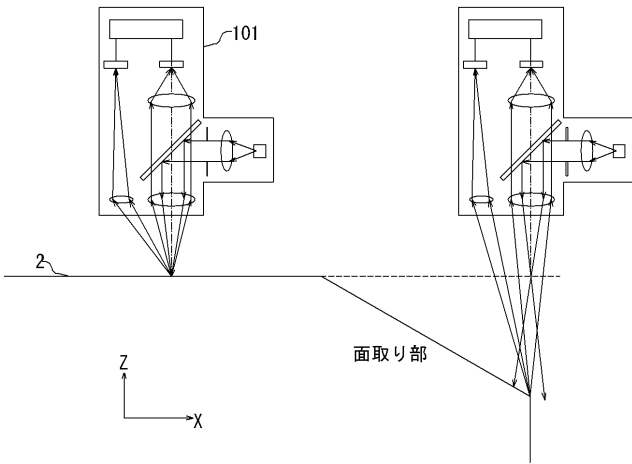
【図 7】



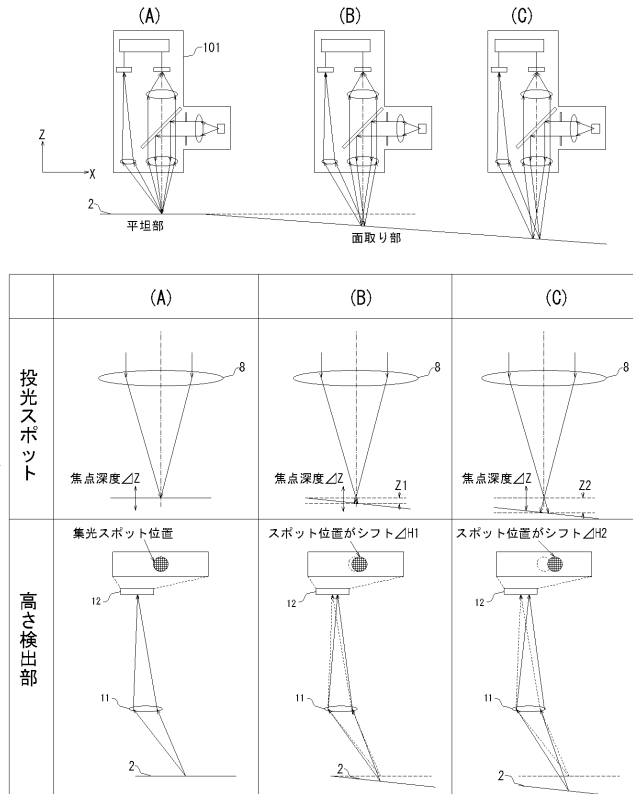
【図 9】



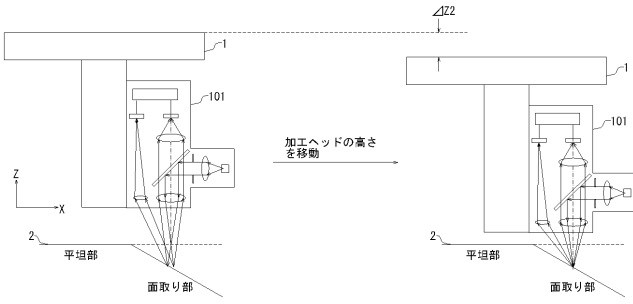
【図 10】



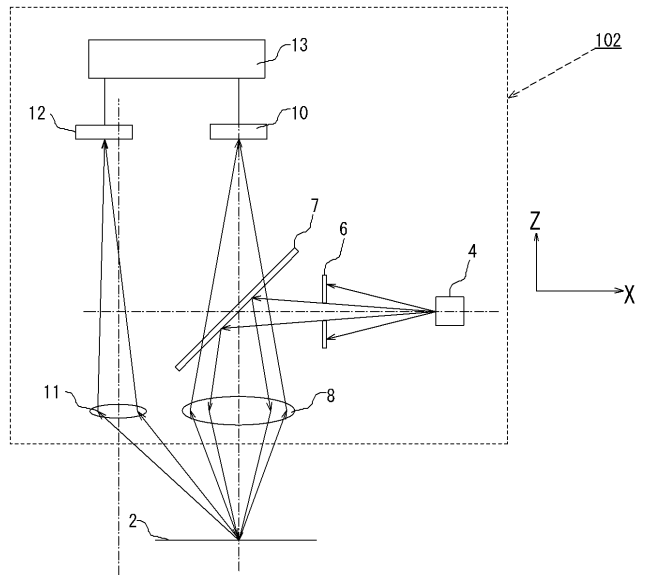
【図 11】



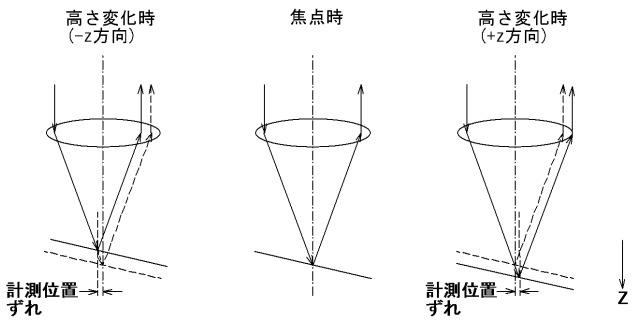
【図 1 2】



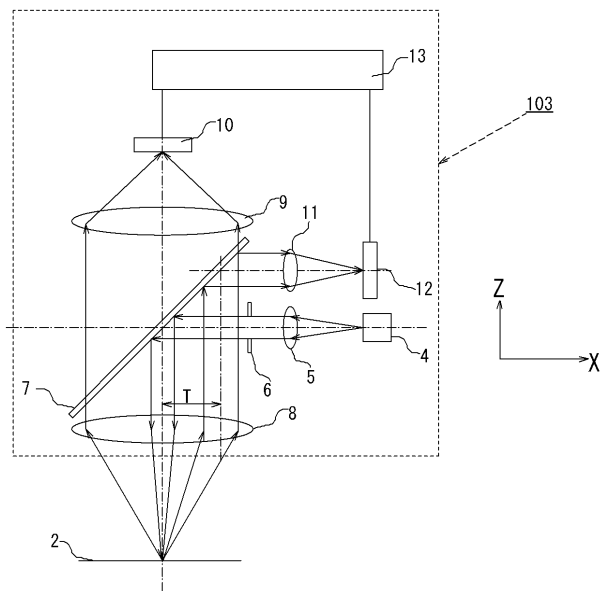
【図 1 4】



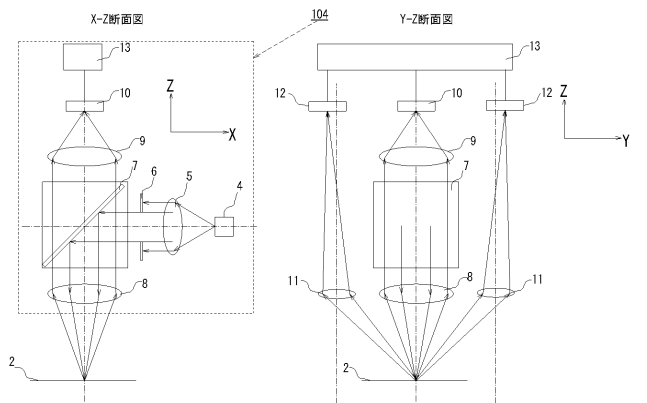
【図 1 3】



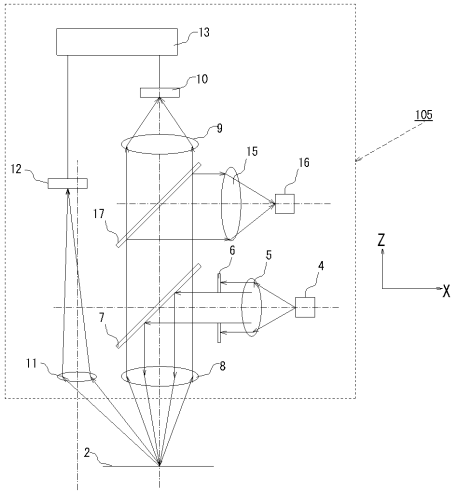
【図 1 5】



【図 1 6】



【 図 17 】



## フロントページの続き

- (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 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
- (72)発明者 関 真規人  
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 平位 隆史  
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 AA24 BB05 DD02 FF09 GG04 GG07 HH04 HH13 JJ02 JJ03  
JJ05 JJ08 JJ09 JJ16 JJ18 JJ25 JJ26 LL00 LL04 LL12  
LL17 LL30 PP12 PP26 QQ31 QQ42  
2H151 AA00 BB20 BB24 CB20 CB22 CB23 CC02  
3C029 AA01 AA40