

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7246127号

(P7246127)

(45)発行日 令和5年3月27日(2023.3.27)

(24)登録日 令和5年3月16日(2023.3.16)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 B 11/00 (2006.01)

G 0 1 B 11/00

H

G 0 1 N 21/84 (2006.01)

G 0 1 N 21/84

B

G 0 1 N 21/954 (2006.01)

G 0 1 N 21/954

A

請求項の数 13 (全17頁)

(21)出願番号 特願2016-520031(P2016-520031)

(86)(22)出願日 平成26年10月2日(2014.10.2)

(65)公表番号 特表2016-533484(P2016-533484
A)

(43)公表日 平成28年10月27日(2016.10.27)

(86)国際出願番号 PCT/EP2014/071176

(87)国際公開番号 WO2015/049341

(87)国際公開日 平成27年4月9日(2015.4.9)

審査請求日 平成29年9月20日(2017.9.20)

審判番号 不服2020-11321(P2020-11321/J
1)

審判請求日 令和2年8月14日(2020.8.14)

(31)優先権主張番号 13275242.9

(32)優先日 平成25年10月3日(2013.10.3)

(33)優先権主張国・地域又は機関

最終頁に続く

(73)特許権者 391002306

レニショウ パブリック リミテッド カ
ンパニーRENISHAW PUBLIC LIM
ITED COMPANYイギリス ジーエル1 2 8ジェイアール
グロスターシャー ワットン - アンダー -
エッジ ニュー ミルズ (番地なし)

(74)代理人 110001243

弁理士法人谷・阿部特許事務所

(72)発明者 ティモシー チャールズ フェザーストン

イギリス ジーエル1 2 8ジェイアール
グロスターシャー ワットン - アンダー
- エッジ ニュー ミルズ (番地なし)

レニショウ パブリック リミテッド カ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 カメラプローブによって物体を検査する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体の画像を取り込むためにカメラプローブによって物体を測定する方法であって、前記カメラプローブおよび物体は、工作機械または座標測定機(CMM)を含む測定装置によって互いに対して移動可能であり、前記カメラプローブは、少なくとも1つの軸の周りで回転可能であり、前記方法が、

a) 前記測定装置が、前記カメラプローブを前記物体に対して相対的に移動させるステップと、

b) 前記移動中の少なくとも1つの期間の間、前記カメラプローブを前記少なくとも1つの軸の周りで転向させ、前記カメラプローブを移動させながら、前記カメラプローブの転向および移動により、前記カメラプローブの視野を横切る前記物体上の測定されるべき対象の特徴部の通過を遅延させ、そして前記転向の少なくとも一部分中、対象の前記特徴部の少なくとも1つの画像を取り込み、前記画像の取り込み期間に、前記転向は連続的に行われることを特徴とするステップと

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記測定装置の少なくとも一部は、前記少なくとも1つの軸の周りで回転可能であり、前記カメラプローブは、前記測定装置によって前記少なくとも1つの軸の周りで回転されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記カメラプローブと対象の特徴部の間の所定の相対位置において対象の前記特徴部の少なくとも１つの画像を取り込むステップを含むことを特徴とする請求項１または２に記載の方法。

【請求項４】

前記所定の相対位置の前および／又は後で、前記カメラプローブを前記少なくとも１つの軸の周りで転向させるステップを含むことを特徴とする請求項３に記載の方法。

【請求項５】

前記カメラプローブが前記少なくとも１つの軸の周りで転向する間に対象の前記所定の特徴部の複数の画像を取り込むステップを含むことを特徴とする請求項１～４のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項６】

前記転向中、対象の前記特徴部は、前記カメラプローブの視野内に保たれることを特徴とする請求項１～５のいずれか一項に記載の方法。

【請求項７】

前記カメラプローブは、前記転向中、対象の前記特徴部を前記カメラプローブの被写界深度内に保つように、対象の前記特徴部に対して移動されることを特徴とする請求項１～６のいずれか一項に記載の方法。

【請求項８】

前記転向は、前記カメラプローブが前記特徴部を前記カメラプローブの被写界深度内に保つように、前記特徴部に対して駆動するように前記カメラプローブを制御するステップを含むことを特徴とする請求項１～７のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項９】

前記物体上の対象の複数の所定の特徴部の各々に対して、前記測定装置が、前記カメラプローブを前記少なくとも１つの軸の周りで転向させ、前記カメラプローブの転向により、前記カメラプローブの視野を通過する対象の前記所定の特徴部の通過を遅延させ、そして対象の前記所定の特徴部の少なくとも１つの画像を取り込むステップを含むことを特徴とする請求項１～８のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１０】

対象の前記所定の特徴部は、孔を備えることを特徴とする請求項１～９のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項１１】

前記測定装置は、前記カメラプローブの座標測定機を備えることを特徴とする請求項１～１０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１２】

前記測定装置は、少なくとも１つの画像が得られる地点における前記カメラプローブの位置および／または配向の測定を提供し、対象の前記特徴部に関する測定データを得るために、前記少なくとも１つの画像、および、前記少なくとも１つの画像が得られる地点における前記カメラプローブの位置に関して前記測定装置から得られた任意の位置データを使用するステップを含むことを特徴とする請求項１～１１のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１３】

40

物体を測定するための装置であって、
測定装置と、

前記測定装置に含まれる工作機械または座標測定機（ＣＭＭ）と、

前記測定装置上に装着されたカメラプローブであって、前記カメラプローブが、少なくとも１つの軸の周りで回転可能であるカメラプローブと、

制御装置であって、それによって前記カメラプローブを前記物体に対して相対的に移動させるように、前記測定装置を制御し、かつ、前記相対移動中の少なくとも１つの期間の間、前記カメラプローブを移動させながら、前記カメラプローブを前記少なくとも１つの軸の周りで転向させ、前記カメラプローブの転向および移動により、前記カメラプローブの視野を横切る測定されるべき対象の特徴部の通過を遅延させるように構成され、前記カメ

50

ラプローブを制御し、それによって前記転向の少なくとも一部分中、対象の前記特徴部の少なくとも1つの画像を取り込むように構成された、制御装置とを備えることを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特にカメラプローブによって物体を検査する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

カメラプローブは、検査される物体の画像を取り込むことで知られている。カメラプローブは、たとえば移動装置によって物体の周りを移動され、物体の画像を収集する。（たとえば、これらが取り込まれた直後、または収集後いくらかたった後になり得る）ある時点において、画像は、物体についての情報を決定するために処理される。これは、カメラプローブ上、またはカメラプローブ外部のプロセッサによるものになり得る。

10

【0003】

一部の状況では、カメラプローブを使用して、カメラプローブが物体の周りを移動するときに物体上の選択特徴部（フィーチャ）を検査することが望ましい。たとえば、物体内の1または複数の穴、または孔を検査して、それらのサイズおよび/または形態を決定することなどが望ましくなり得る。しかし、画像ぶれが、選択フィーチャを撮像しようとするときに大きな有害因子になり得ることが見出されている。検査経路に沿ったカメラプローブの動作を停止することで、ぶれを大幅に解消することができるが、動作の開始 - 停止性質によって検査時間を著しく増大させる。

20

【0004】

特許文献1は、パイロットまたは乗客が航空機または地面上の対象点を観察できるように標的を航空機から追跡するためのカメラシステムを開示している。特許文献2は、座標測定機の接続されたヘッド上に装着されたビデオプローブを開示している。特許文献3は、組み立てライン内でコンベヤトラック上で輸送される工作物を追跡するための機械視覚システムを開示している。特許文献4は、工作物の縁を検査するための光学プローブを開示している。特許文献5は、画像が得られる前にカメラに対してフィーチャを位置合わせするように一部を向け直すことを伴う、工作物上のフィーチャを視覚的に検査する方法を開示している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】米国特許出願公開第2003/0213868号明細書

国際公開第2010/139950号パンフレット

米国特許出願公開第2007/0073439号明細書

米国特許第5982491号明細書

欧州特許第2385364号明細書

国際公開第2014/122438号パンフレット

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、カメラプローブが物体の周りで移動されるときに物体上の選択フィーチャの画像を得るための改良された技術を提供する。たとえば、この技術は、カメラプローブおよび物体が測定装置によって相対的に移動可能であり、カメラプローブの少なくとも一部が少なくとも1つの軸の周りで回転可能であり、さらに、a) 測定装置がカメラプローブおよび物体を相対的に移動させ、b) 前記相対移動中の少なくとも1つの期間の間、カメラプローブの少なくとも一部を少なくとも1つの軸の周りで転向させ、また、カメラプローブを少なくとも1つの軸の周りで転向させる間、少なくとも1つの画像を取り込むこと

50

を伴う。換言すれば、この技術は、カメラプローブが、測定装置によって経路に沿って移動可能であり、カメラプローブの少なくとも一部が、少なくとも1つの軸の周りで回転可能であり、さらに、a)測定装置が、検査経路に沿って物体に対してカメラプローブを移動させ、b)カメラプローブが検査経路に沿って移動するときの少なくとも1つの期間の間、カメラプローブの少なくとも一部を少なくとも1つの軸の周りで転向させ、また、カメラプローブを少なくとも1つの軸の周りで転向させる間、少なくとも1つの画像を取り込むことを伴う。

【0007】

たとえば、本発明は、カメラプローブおよび物体が互いに対して移動されるときに物体の選択フィーチャの画像を得るための改良された技術であって、カメラプローブが、フィーチャおよびカメラプローブが通過するときに対象のフィーチャを追跡するように構成される、技術を提供する。換言すれば、本発明は、カメラプローブおよび物体が互いに対して移動されるときに物体の選択フィーチャの画像を得るための改良された技術であって、カメラプローブが、転向され、それによってこれらが通過する対象のフィーチャをカメラプローブが標的化することを保つ、技術を提供する。換言すれば、本発明は、カメラプローブが物体の周りで移動されるときに物体の選択フィーチャの画像を得るための改良された技術であって、カメラプローブが、これが対象のフィーチャを通過するときに対象のフィーチャを追跡するように構成される、技術を提供する。換言すれば、本発明は、カメラプローブが物体の周りで移動されるときに物体の選択フィーチャの画像を得るための改良された技術であって、カメラプローブが転向され、それによってこれが対象のフィーチャを通過するときに対象のフィーチャをカメラプローブが標的化することを保つ、技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1の態様によれば、物体の画像を取り込むためにカメラプローブによって物体を検査する方法であって、カメラプローブおよび物体が、測定装置によって相対的に移動可能であり、カメラプローブの少なくとも一部が、少なくとも1つの軸の周りで回転可能であり、方法が、a)測定装置がカメラプローブおよび物体を相対的に移動させるステップと、b)前記相対移動中の少なくとも1つの期間の間、カメラプローブの少なくとも一部を少なくとも1つの軸の周りで転向させ、その結果カメラプローブの視野にわたる物体上の対象のフィーチャの通過を遅延させ、そして前記転向の少なくとも一部分中、対象のフィーチャの少なくとも1つの画像を取り込むステップとを含む、方法が提供される。換言すれば、物体の画像を取り込むためにカメラプローブによって物体を検査する方法であって、カメラプローブが、測定装置によって経路に沿って移動可能であり、カメラプローブの少なくとも一部が、少なくとも1つの軸の周りで回転可能であり、方法が、a)測定装置が、検査経路に沿って物体に対してカメラプローブを移動させるステップと、b)カメラプローブが検査経路に沿って移動するときの少なくとも1つの期間の間、カメラプローブの少なくとも一部を少なくとも1つの軸の周りで転向させ、その結果カメラプローブの視野にわたる対象のフィーチャの通過を遅延させ、そして対象のフィーチャの少なくとも1つの画像を(カメラプローブの少なくとも一部が少なくとも1つの軸の周りで転向されるときに)取り込むステップを含む、方法が提供される。

【0009】

したがって、本発明は、ぶれを大幅に低減させて選択フィーチャの画像を得ることを可能にすることを助けることができる、カメラプローブの少なくとも一部の回転動作を利用する。カメラプローブの少なくとも一部を転向させることは、検査経路に沿って相対動作に反作用することを助けることができ、カメラプローブが(たとえば、これが対象のフィーチャに近づきおよび/または通過するとき)対象のフィーチャを標的化することを保つことを助けることができる。換言すれば、カメラプローブは、そのような転向動作中、対象のフィーチャを追跡することができる。

【0010】

10

20

30

40

50

本発明は、画像が巻き上げシャッター技術を用いて得られる場合、画像シアの問題を克服することを助けることができる。さらに、上記で述べたように、カメラおよび物体の相対動作によって引き起こされるぶれは、大きな有害因子になる可能性があり、相対動作を停止させることは、ぶれを回避する効果的な方法である。しかし、本発明は、得られた画像の品質を低減することなく、検査経路に沿って（たとえばカメラプローブの）速度を低減する必要性を回避することを助けることができる。さらに、これは、所望の場合、相対的に長い露出時間を維持することが可能である（たとえば、これは、所望の場合、相対的に遅いカメラを使用することを可能にする）。たとえば、十分な画像品質を依然として維持しながら、またカメラおよび物体が相対的に速い速度（たとえば、画像取得中、少なくとも 25 mm/s （ミリメートル毎秒）、たとえば、少なくとも 35 mm/s 、およびさらにたとえば少なくとも 50 mm/s の相対速度）で互いに対して移動しながら、少なくとも 5 ms （ミリ秒）、たとえば 10 ms 、さらにたとえば 20 ms もしくは 30 ms またはそれより長い露出期間が、可能である。少なくとも 5 ms 、たとえば 10 ms またはそれ以上の露出期間を維持することが有利になることができ、その理由は、露出期間が長いほど、より多くの光が収集され、それによって画像品質を改良することができるためである。しかし、露出期間が長くなるほど、大幅なぶれが起りやすく、それ自体画像品質に有害な影響を与え得る。本発明は、カメラプローブの少なくとも一部を転向させ、それによってカメラプローブの視野にわたる物体上の対象のフィーチャの通過を遅延させる（故にカメラプローブの画像センサにわたる対象のフィーチャの画像の通過を遅延させる）ことによってこの問題を低減する。これは、いくつかの状況において有用になり得る。1つの例として、大きい被写界深度が望まれるときがあり、これは、小さい開口を用いて、故にカメラプローブのセンサによって受け取られた光の量を制限することによって達成することができる。そのような場合、十分な光の収集を維持するために、より長い露出期間が望まれ得る。

【0011】

したがって、本発明は、カメラプローブおよび物体の連続的な相対動作を可能にし、すなわち、これは、画像を取得するために動作の中断（実質的には停止）を必要としない。これは、特に有利になることができ、その理由は、これは、画像取得中、またフィーチャ間を移動するときも連続的な動作を可能にすることができるためである。さらに、本発明は、適度な速度で（たとえば少なくとも 25 mm/s の相対速度で）良好な画像を得ることを可能にするため、適度な（たとえば一定の）速度を維持することを（対象のフィーチャの画像の取得中および取得と取得の間で）可能にする。

【0012】

本出願は、対象のフィーチャのカメラプローブの「追跡」または「標的化」を参照する（そのような用語は交換可能に使用される）。理解されるように、そのような追跡／標的化は、「能動的」でも「受動的」でもよい。たとえば、「能動的」追跡／標的化の場合、カメラプローブの回転動作は、対象のフィーチャとカメラプローブの間の実際の相対的な位置関係について（たとえばカメラプローブ自体から）受け取られた生の／実時間の情報に基づいて連続的に調整することができ、カメラプローブの動作の進路は、それに従って微調整され得る。たとえば、画像プロセッサは、カメラプローブによって得られた画像を分析して画像内の対象のフィーチャの存在／場所を特定することができ、それに基づいて、実時間のフィードバック情報が得られ使用されて、カメラプローブが対象のフィーチャにロックオンされるようにカメラプローブの動作を自動的にサーボ制御することができる。「受動的」追跡の場合、そのような実時間のフィードバック情報は使用されず、故に対象のフィーチャは、対象のフィーチャの概位の所定の／推定された知識と、動作の所定の進路に従って制御されるカメラプローブとによって追跡され／標的化される。したがって、「受動的」追跡の実施形態では、推測航法により近い技術が、対象のフィーチャを追跡するために使用され得る。

【0013】

カメラプローブは、少なくとも1つのセンサを備えることができる。カメラプローブは

、センサ上に画像を形成するための少なくとも1つのレンズを備えることができる。カメラプロープの少なくとも1つの光学部分は、少なくとも1つの軸の周りで回転可能になり得る。たとえば、前記少なくとも1つのセンサおよび少なくとも1つのレンズの少なくとも1つは、少なくとも1つの軸の周りで回転可能になることができ、それにより、カメラプロープは、物体上の対象のフィーチャを追跡する。任意選択により、カメラプロープ内の鏡は、カメラプロープによって取り上げられ、センサ上に投影された画像を回転させることができる。任意選択により、カメラプロープ自体は、少なくとも1つの軸の周りで回転可能である。測定装置の少なくとも一部は、少なくとも1つの軸の周りで回転可能になり得る。したがって、カメラプロープは、測定装置によって少なくとも1つの軸の周りで回転され得る。

10

【0014】

したがって、カメラプロープは、測定装置の回転可能な部分上に装着され得る。カメラプロープは、測定装置の接続されたヘッド上に装着され得る。接続されたヘッドは、少なくとも1つの回転軸、任意選択により、少なくとも2つの回転軸、たとえば少なくとも3つの回転軸を備えることができる。第1、第2、および任意選択による第3の回転軸は、互いに対して直交して配置され得る。任意選択により、接続されたヘッドは、少なくとも1つの線形次元、任意選択により少なくとも2つの線形次元、たとえば少なくとも3つの線形次元における接続されたヘッドの移動をもたらしように構成されたフレーム上に装着される。第1、第2、および任意選択により第3の線形次元は、互いに対して直交して配置され得る。

20

【0015】

理解されるように、測定装置は、特に、少なくとも画像が得られる地点における、カメラプロープの位置および/または配向の測定を実現することができる。

【0016】

測定装置は、物体支持体およびカメラプロープ支持体を備えることができる。測定装置は、物体支持体とカメラプロープ支持体の間に相対移動をもたらしように構成され得る。たとえば、測定装置は、物体用のプラットフォーム（換言すれば、テーブルまたはベッド）と、カメラプロープ用の装着体を備えることができる。カメラプロープ支持体および/または物体支持体は、測定装置の移動可能な部分の一部になることができる。たとえば、カメラプロープ支持体は、測定装置の移動可能な中空軸、ブリッジまたはアームの一部になることができ、ならびに/または物体支持体は、移動可能なプラットフォームおよび/または回転式テーブルの一部になることができる。

30

【0017】

理解されるように、測定装置の別の用語は、測定機である。

【0018】

測定装置は、座標位置機、たとえば、工作機械または座標測定機（CMM）を備えることができる。そのような装置は、ガントリ、ブリッジ、およびアームタイプの測定装置を含み、ロボットアームを含む。好ましくは、測定装置は、制御装置の制御下で（たとえば測定/検査経路に沿って）カメラプロープおよび物体を互いに対して自動的に移動させることができる。制御装置は、（たとえばカメラプロープ）の一連の動作命令を含むプログラムによって作動され得る。

40

【0019】

方法は、カメラと対象のフィーチャの間の所定の相対位置および/または角度配向において対象のフィーチャの少なくとも1つの画像を取り込むステップを含むことができる。方法は、所定の相対位置の前および/または後で、カメラプロープの少なくとも一部を少なくとも1つの軸の周りで（たとえばカメラプロープが物体上の対象の所定のフィーチャを追跡するように）転向させるステップを含むことができる。

【0020】

たとえば、対象のフィーチャが孔であるとき、所定の相対位置および/または角度配向は、カメラプロープの光学軸が、孔の中央軸と平行であり、好ましくは同軸であるときに

50

なり得る。したがって、本発明を使用するとき、カメラプローブの光学軸は、孔の中央軸上の地点周りで枢動することができる。

【0021】

カメラと対象のフィーチャの間の所定の相対位置および／または角度配向は、対象のフィーチャを少なくとも部分的に含む所定の平面（たとえば、物体上の対象の平面）に対して規定され得る。カメラと対象のフィーチャの間の所定の相対位置および／または角度配向は、カメラプローブの光学軸が対象の所定の平面に対して垂直であるときになり得る。

【0022】

理解されるように、少なくとも1つの画像の取り込み期間（本明細書では露出時間とも称される）は、カメラプローブの少なくとも一部が転向される間の時間より短く、たとえば大幅に短くなることができる。任意選択により、対象のフィーチャの複数の画像（たとえば、少なくとも2つの画像）は、カメラプローブの少なくとも一部が転向される間に取り込まれる。換言すれば、方法は、カメラプローブの少なくとも一部が（たとえば対象の所定のフィーチャを追跡するように）転向される間、対象の所定のフィーチャの複数の画像を取り込むステップを含むことができる。

10

【0023】

そのような転向中、対象のフィーチャは、カメラプローブの視野内に保たれ得る。任意選択により、そのような転向中、対象のフィーチャは、カメラプローブの視野内にほぼ横方向に固定状態で保たれる。任意選択により、そのような転向中、対象のフィーチャは、カメラプローブの視野の中心内に保たれる。

20

【0024】

任意選択により、カメラプローブは、そのような転向中、対象のフィーチャをカメラプローブ被写界深度内に保つように、対象のフィーチャに対して移動される。特に、狭い被写界深度を有するカメラプローブの場合、これは、そのような回転中、カメラプローブを弓状動作で、対象のフィーチャの周りを移動させることを必要とし得る。

【0025】

カメラプローブの光学軸は、カメラプローブが対象のフィーチャに近づくときにカメラプローブを（たとえば検査経路に沿って）導くことができ、ならびに／またはカメラプローブが（たとえば対象の所定フィーチャを追跡するために）対象のフィーチャを通過するときに（たとえば検査経路に沿って）カメラプローブの後を追うことができる。したがって、カメラプローブの光学軸と相対動作の経路（たとえば検査経路）の間の角度は変動することができ、それにより、カメラプローブは、カメラプローブおよび対象のフィーチャが互いを通過する前、その間、およびその後で対象のフィーチャに狙いを定める。換言すれば、カメラプローブは、対象のフィーチャの方を、これらが互いに近づくときに見るおよび／または互いに見ながら通過するように構成され得る。理解されるように、また本出願の他所で説明されるように、カメラプローブは連続的に転向され、それによって対象のフィーチャを、これらが互いに通過する前および／または後に追跡することができる。

30

【0026】

そのような転向は、カメラプローブが、カメラプローブの被写界深度内の点の周りで、任意選択によりカメラプローブの対物面の点の周りで枢動するようにカメラプローブを制御するステップを含むことができる。

40

【0027】

方法は、（たとえば検査経路に沿って）物体上の対象の複数のフィーチャの各々に対して、測定装置が、カメラプローブの少なくとも一部を少なくとも1つの軸の周りで（たとえば、対象のフィーチャを追跡するように）転向させ、その結果カメラプローブの視野を過ぎる対象のフィーチャの通過を遅延させ、そして対象のフィーチャの少なくとも1つの画像を取り込むステップを含むことができる。

【0028】

対象のフィーチャは、対象の所定のフィーチャになることができる。対象のフィーチャは、たとえば、物体上の任意の区域、領域、線、縁、または他のフィーチャを含むことが

50

できる。フィーチャは、目立つフィーチャになることができ、または、全体的に均一、平滑、または特に注意を引かない表面上の特定の領域またはパッチを含むことができる。対象のフィーチャは、孔を含むことができる。対象のフィーチャは、孔の特定の領域、たとえば孔の口を含むことができる。

【0029】

方法は、少なくとも1つの画像を分析して対象のフィーチャに関する測定データを決定するステップを含むことができる。

【0030】

方法は、カメラプローブおよび物体の相対位置を報告するおよび/または記録するステップを含むことができる。方法は、カメラプローブの位置および/または配向を報告するおよび/または記録する測定装置を備えることができる。方法は、画像取り込み中、カメラプローブの位置および/または配向を報告するおよび/または記録する測定装置を備えることができる。方法は、所定の取得点においてカメラプローブの位置および/または配向を報告するおよび/または記録する測定装置を備えることができる。

10

【0031】

いずれの場合も、方法は、対象のフィーチャに関する測定データを得るために、少なくとも1つの画像、およびカメラプローブおよび物体の相対位置に関して測定装置から得られた位置データを使用するステップを含むことができる。

【0032】

複数の画像が対象のフィーチャに関して得られる実施形態では、方法は、さらに、（たとえば三次元の点測定データを得るための）実体写真測量（stereo-photogrammetry）プロセスにおいて少なくとも2つの画像を使用するステップを含むことができる。

20

【0033】

任意選択により、物体は固定状態である。したがって、カメラプローブは、測定装置によって、たとえば検査経路に沿って固定状態の物体に対して移動され得る。任意選択により、物体は、少なくとも1つの画像の少なくとも前記取り込み中に移動する。この場合、カメラプローブは、（カメラプローブの少なくとも一部の前記必要とされる回転以外）必ずしも移動する必要はない。したがって、物体、特に物体上の対象とされるフィーチャは、検査経路に沿って移動することができる。任意選択により、そのような移動は、回転移動を含む。たとえば、物体は、少なくとも1つの画像の少なくとも前記取り込み中に回転され得る。一部の実施形態では、カメラプローブおよび物体の両方は、少なくとも1つの画像の少なくとも前記取り込み中、移動することができる。したがって、この場合、検査経路は、カメラプローブおよび物体の両方の動作（特に物体上の対象のフィーチャの動作）に関連する。

30

【0034】

本発明の第2の態様によれば、測定装置上に装着されたカメラプローブを備える、物体を検査するための装置であって、カメラプローブの少なくとも一部が、少なくとも1つの軸の周りで回転可能であり、装置が、制御装置であって、測定装置を制御し、それによってカメラプローブを検査経路に沿って物体に対して移動させるように、かつ、カメラプローブが検査経路に沿って移動するときの少なくとも1つの期間の間、カメラプローブが物体上の対象の所定のフィーチャを追跡するようにカメラプローブの前記少なくとも一部を少なくとも1つの軸の周りで転向させ、その結果カメラプローブの視野にわたる対象のフィーチャの通過を遅延させるように構成され、カメラプローブを制御し、それによって対象のフィーチャの少なくとも1つの画像を取り込むように構成される、制御装置を備える、装置が提供される。

40

【0035】

本発明の第3の態様によれば、測定位置決め装置の制御装置によって実行されたとき、測定装置を上記で説明した方法に従って作動させる命令を含むコンピュータプログラムコードが提供される。

【0036】

50

本発明の第４の態様によれば、測定位置決め装置の制御装置によって実行されたとき、測定装置を上記で説明した方法に従って作動させるコンピュータプログラムコードを含むコンピュータ記憶媒体が、提供される。

【００３７】

本発明の実施形態が、次に、次の図を参照して例としてのみ説明される。

【図面の簡単な説明】

【００３８】

【図１】物体を測定するための座標測定機（ＣＭＭ）の接続されたヘッド上に装着されたカメラプローブを示す図である。

【図２】本発明で使用するためのカメラプローブを示す図である。

【図３ａ】本発明による、時間の異なる期間において複数のフィーチャを追跡するように転向するカメラプローブを示す図である。

【図３ｂ】本発明による、時間の異なる期間において複数のフィーチャを追跡するように転向するカメラプローブを示す図である。

【図３ｃ】本発明による、時間の異なる期間において複数のフィーチャを追跡するように転向するカメラプローブを示す図である。

【図４】本発明による、検査されている物体上のフィーチャを追跡するように転向するカメラプローブを示す図である。

【図５】本発明による、検査されている物体上のフィーチャを追跡するようにカメラプローブ内の一部を転向させる図である。

【図６】本発明による、一部が、検査されている物体上のフィーチャを追跡するようにカメラプローブ内で転向され得る別の実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００３９】

図１は、座標測定機（ＣＭＭ）１０と、カメラプローブ２０と、制御装置２２と、ホストコンピュータ２３とを備える、本発明による物体検査装置を示す。ＣＭＭ１０は、物体１６をその上に装着することができるテーブル１２と、３つの直交する線形次元Ｘ、ＹおよびＺでテーブル１２に対して移動可能である中空軸１４とを備える。接続されたプローブヘッド１８が、中空軸１４上に装着され、少なくとも２つの直交する軸Ａ１、Ａ２の周りの回転をもたらす。カメラプローブ２０は、接続されたプローブヘッド１８上に装着され、テーブル１２上に位置する物体１６の画像を得るように構成される。カメラプローブ２０は、したがって、ＣＭＭ１０によってＸ、Ｙ、およびＺで移動することができ、接続されたプローブヘッド１８によってＡ１およびＡ２軸の周りで回転することができ、追加の動作が、ＣＭＭまたは接続されたプローブヘッドによってもたらされてよく、たとえば、接続されたプローブヘッドは、ビデオプローブＡ３の長手方向軸の周りの回転をもたらすことができる。

【００４０】

物体１６に対するカメラプローブ２０の動作の所望の軌道／進路は、ホストコンピュータ２３によって算出され、制御装置２２に送られる。モータ（図示せず）が、ＣＭＭ１０および接続されたプローブヘッド１８内に設けられて、駆動信号をＣＭＭ１０および接続されたプローブヘッド１８に送信する制御装置２２の制御下で、カメラプローブ２０を所望の位置／配向に駆動する。ＣＭＭ１０および接続されたプローブヘッド１８のさまざまな軸の位置および配向は、変換装置、たとえば位置エンコーダ（図示せず）によって決定され、この位置は、制御装置２２に送られて戻される。以下で説明するように、位置および配向情報は、対象のフィーチャについての計量情報を得る間、使用され得る。

【００４１】

本発明で使用するのに適したカメラプローブ２０の例が、図２に示される。図２は、カメラプローブの内部レイアウトを示す簡略化された図である。概略的光路図によって示すように、レンズ２４は、その（故にカメラプローブの）対物面２５に位置するすべてのものの画像をセンサ２６上に形成するように構成される。図示するように、この実施形態で

10

20

30

40

50

は、対物面 25 は、レンズ（故にカメラプローブの）光学軸 30 に対して垂直である。この実施形態では、センサ 26 は、電荷結合素子（「CCD」）などの 2 次元画素化センサである。理解されるように、たとえば、相補型金属酸化膜半導体（「CMOS」）アレイなどの CCD 以外のセンサが、使用され得る。

【0042】

カメラプローブ 20 は、物体を照らすための 1 または複数の光源を備えることができる。たとえば、発光ダイオード（「LED」）の 1 または複数次元のアレイが、物体の広範な照明をもたらすために設けられ得る。さらに、光源は、物体のスポット照明をもたらすために提供され得る。そのような照明技術を含むカメラプローブの例は、特許文献 2 に開示される。任意選択により、物体は、（特許文献 6 で説明されるものなどの）たとえば背面光などの、プローブとは別個の光源を用いて照明され得る。

10

【0043】

センサ 26 からの画像データは、プロセッサデバイス 27 に渡される。プロセッサデバイスは、画像上に、（たとえば、画像の圧縮および/または画像分析などの）画像処理を実行し、処理されたデータを制御装置 22 および/またはホスト PC 23 に（たとえば有線または無線接続を介して）送信することができ、または制御装置 22 および/またはホスト PC 23 に生画像データを送信して戻すだけでもよい。任意選択により、プロセッサデバイスは、それ自体センサからの画像データを分析して測定情報を得ることができる。

【0044】

本発明の方法が、次に、図 3a から図 3c に関連して説明される。図 3a を参照すると、物体 16 は、この場合、物体 16 内の穴である、対象の第 1 のフィーチャ 16a および第 2 のフィーチャ 16b を備える。カメラプローブ 20 は、検査経路 32 に沿って、この場合、物体 16 の外面に対して平行な直線に沿って物体に対して移動するように構成される。

20

【0045】

対象のフィーチャ（すなわち、この場合第 1 の穴 16a および第 2 の穴 16b）の各々の少なくとも 1 つの画像を得ることが望ましい。特に、カメラ 20 と物体 16 上の対象のフィーチャ（穴）の間の所定の位置関係において物体 16 上の対象の各々のフィーチャの少なくとも 1 つの画像を得ることが望ましい。この所定の位置関係は、所定の取得点と呼ばれ得る。この例では、所定の取得点は、カメラの光学軸 30 が穴の軸と同一場所にあるときである。

30

【0046】

これを達成するために、カメラプローブ 20 は、（接続されたヘッド 18 およびカメラプローブ 20 がその上に装着される）中空軸 14 を CMM の 3 つの直交する軸 X、Y、Z の少なくとも 1 つに沿って移動させることによって検査経路 32 に沿って連続的な動作で移動される。この場合、これは、中空軸 14 を X 軸に沿って連続的な動作で（すなわち停止させずに）移動させることによって達成されるが、追加的にまたは代替的には、Y および/または Z 軸においても移動させることができる。任意選択により、動作は連続的であるだけでなく、中空軸が、一定の速度（たとえば、少なくとも 25 mm/s であるが、たとえば、少なくとも 50 mm/s またはそれ以上になることができる）で移動される。X、Y、および/または Z 軸に沿ったそのような横方向動作と同時に、接続されたヘッドは、カメラプローブ 20 をその A2 軸の周りで回転させるように制御され、それにより、所定の取得点の前の期間およびその後の期間の間、対象のフィーチャ（たとえば穴）は、カメラプローブ 20 の視野の中心内に保たれる。この実施形態では、カメラプローブ 20 のそのような回転は、連続的であり、すなわち開始および停止を行わない。しかし、この説明した実施形態では、カメラプローブ 20 の回転速度または角度速度は、これが所定の取得点に近づくときに回転速度が増し、これが所定の取得点を通過するときに低下するということから、一定ではない。

40

【0047】

したがって、カメラプローブ 20 が検査経路に沿って移動するときの期間の間、カメラ

50

プローブ 20 は、接続されたヘッドによって回転され、それによってこれが、物体 16 上の対象のフィーチャ（穴 16 a）を標的化することを保つ。

【0048】

この実施形態では、対象のフィーチャのそのような標的化／追跡は、「受動的に」行われる。すなわち、対象のフィーチャ（たとえば穴 16）の概位が、制御装置 22 および／またはコンピュータ 23 によって知られておりまたは推定されており、そのためにカメラプローブ 20 の動作は、これが、知られているまたは推定された位置に基づいて、対象のフィーチャを通過するときに対象のフィーチャを追跡し／標的化するように制御され得る。たとえば、ユーザは、知られている／推定された位置の場所をホストコンピュータ 23 に入力することができ、カメラプローブの動作は、これがその場所でフィーチャを追跡するように転向するように制御され得る。あるいは、設定／登録／部分位置合わせ段階において、CMM 10 の測定容量内の物体 16 の場所を決定することができ、故に、制御装置 22 および／またはコンピュータ 23 は、検査される部分のモデル（たとえば CAD モデル）に基づいて、対象の 1 または複数のフィーチャ（たとえば穴 16 a）の概位を推測することができる。これらの場合、推測航法タイプの方法が、対象のフィーチャのそのような追跡／標的化を実施するために使用される。理解されるように、そのような受動的追跡／標的化とは対照的に、追跡／標的化は、「能動的」に行われることが可能であり、この場合実時間フィードバックが、カメラプローブをいかに移動させて、これが対象のフィーチャ上にロックされ続けるようにするかを決定する上で使用される。たとえば、カメラプローブの動作の所定の進路は、物体および／または対象のフィーチャに関する推定された／知られている位置情報に基づいて決定され得るが、（たとえば、カメラプローブによって得られた画像を画像処理することによって得られた）実時間フィードバックデータを使用して動作を微調整し、それによってカメラプローブが、これが対象のフィーチャを通過するときに対象のフィーチャ上にロックされることを確実にすることができる。

【0049】

この実施形態では、カメラプローブは転向し、それによって所定の取得点の前およびその後の両方の期間の間、対象のフィーチャを追跡する／標的化する。理解されるように、前後に追跡する／標的化するためのそのような転向は必ずしも必要ではなく、本発明の利点は、所定の取得点の前またはその後の転向だけによって得られ得る。たとえば、追跡する／標的化するための転向は、画像が取得されるときに所定の取得点／開始時において開始することができ、または代替的には画像が取得されるときに所定の取得点／終了時において終了することができる。

【0050】

しかし、そのような転向動作は、これが開始および停止するときに安定感に欠けることがあり、故に、転向動作の開始および終了期間中の画像取り込みを回避することによって、より安定的な画像を得ることができることが見出されている。説明する実施形態では、取り込み期間／露出時間は、カメラプローブが転向される間の期間より短い。理解されるように、正確な割合は、転向動作がどれだけすばやく安定するか、また、（照明などの要因に左右され得る）十分な光を得るためにどれだけ長さの露出が必要されるかを含む、数多くの異なる因子に基づいて変動し得る。いずれの場合も、例としてのみであるが、画像は、フィーチャが実際に追跡されている時間の半分未満の間、たとえば、フィーチャが実際に追跡されている時間の 10 分の 1 未満ほどの短さで取り込まれ得る。

【0051】

所望の場合、2 つ以上の画像が、カメラが転向されている間に取得され得る。複数の画像が得られ、実体画像化／実体写真測量目的を含むさまざまな異なる理由のために使用され得る。しかし、理解されるように、これは、必ずしもあてはめる必要はなく、たとえば、1 つだけの画像を得ることができ、特に、この 1 つの画像は、カメラプローブが転向されている間、全時間ではなくてもほとんどの時間の間得ることができる。

【0052】

図 3 b および図 3 c は、わずかに異なる実施形態を示す。図 3 b では、検査経路は、対

10

20

30

40

50

象のフィーチャがカメラプローブによって追跡される期間の間、プローブは、X、Yおよび/またはZ軸に沿って移動され、それによってカメラプローブ20の対物面25を対象のフィーチャに維持するように配置される。これは、カメラプローブ20の被写界深度が特に浅い実施形態に関して特に有利になり得る。図3bに示すように、これは、対象のフィーチャが追跡される期間の間、中空軸14を弓状経路で移動させることを必要とし得る。
【0053】

図3cは、本発明が、物体116の非平坦面上の対象の一続きのフィーチャ116a、116b、116cを追跡するために使用されることを示す。ここでも図示するように、カメラプローブ20は転向され、それによって中空軸14が、この場合物体116の全体的な輪郭を辿る検査経路32に沿って接続されたヘッド18、故にカメラプローブ20を移動させる間、対象のフィーチャを追跡する（理解されるように、検査経路は、必ずしも物体の全体的な輪郭を辿る必要はない）。

10

【0054】

理解されるように、カメラプローブ20が、対象のフィーチャを追跡するように構成されなかった場合、対象のフィーチャは、カメラプローブが物体16に対して移動されるのと同じ速度でカメラプローブの画像センサ26にわたって通過する。本発明による対象のフィーチャのそのような上記で説明した追跡は、カメラプローブの画像センサ26にわたる対象のフィーチャの通過を遅延させる。実際、カメラプローブ20の動作は、少なくとも所定の取得点において、カメラプローブの視野と対象のフィーチャの間に相対的な横方向の速度がほぼ存在しないように制御され得る。

20

【0055】

実際には、図4により詳細に説明するように、画像化される対象のフィーチャは、穴16aの口である。接続されたヘッド18のA2軸の周りのカメラプローブ20の回転動作と組み合わされた検査経路32に沿った中空軸14の弓状動作は、カメラプローブ20の対物面25が、穴16aの口の中心の周りで枢動することを意味する。したがって、この場合、カメラ20の対物面25と、対象のフィーチャ（すなわち穴16aの口）との間に横方向の速度は存在せず、故に、カメラの視野と対象のフィーチャとの間に横方向速度は存在しない（換言すれば、対象のフィーチャの中心は、カメラの視野内で横方向に移動しない）。

【0056】

30

中空軸14のそのような動作および接続されたヘッド18の回転は、CMM10を制御する制御装置22によって制御される。制御装置22は、たとえば、ホストPC23によって作成された測定プログラムを実行することができる。

【0057】

カメラプローブ20によって得られた対象のフィーチャの画像は、対象のフィーチャについての計量情報を決定するために処理され得る。たとえば、説明する実施形態では、画像は、穴16aの直径を決定するために分析され得る。これらは、カメラプローブ20自体および/または制御装置22および/またはホストPC23および/または別のプロセスデバイスによって処理され得る。説明する実施形態では、CMM10は、画像が得られる地点におけるカメラプローブ20の位置および配向を得る。この位置および配向情報は、対象のフィーチャについての計量情報を決定するために処理中に使用され得る。この位置および配向情報は、CMM10の測定容量内の対象のフィーチャの場所を決定するために使用され得る。

40

【0058】

上記で説明した実施形態では、そのような追跡は、取得点の前後の期間の間（たとえば、画像に対する露出時間の前後の期間の間）起こる。しかし、理解されるように、本発明は、カメラプローブを単に転向させ、それによって取得点において画像を取得しながら、たとえば画像に対する露出時間の間、対象のフィーチャを追跡することを含むことができる。

【0059】

50

カメラプローブ 20 は、対象のフィーチャの 1 つだけの画像を、すなわち所定の取得点において取得するようにのみ構成され得る。任意選択により、カメラプローブ 20 は、これが検査経路に沿って移動するときに複数の画像を得るように構成され得る。カメラプローブ 20 は、これが検査経路に沿って移動するときに画像の連続的ストリームを得るように構成され得る。たとえば、カメラプローブ 20 は、これが検査経路に沿って移動するときにビデオストリームを得るように構成され得る。

【0060】

上記で説明した実施形態では、カメラプローブ 20 全体は、対象のフィーチャを追跡するために回転される。しかし、理解されるように、これは、必ずしも当てはめる必要はない。たとえば、図 5 の実施形態では、カメラプローブ 120 は、（図 1 から図 4 のように
10 接続されたヘッドを介するのではなく）中空軸 14 に直接的に装着される。しかし、カメラプローブ 120 は、大きい窓 29 および光学システムを備え、この場合、そのレンズ 24 およびセンサ 26 は、回転可能なユニット 21 内に装着される。本発明により、中空軸 14 が検査経路 32 に沿ってカメラプローブ 120 を移動させるとき、回転可能なユニット 21 は、レンズ 24 およびセンサ 26 に対象のフィーチャ（たとえば孔 16 a の口）を追跡させ、特にこの場合、それにより、対象のフィーチャは、センサ 26 上の中心に置かれたままである。別の例として、図 6 の実施形態において、カメラプローブ 120 a がレンズの対 24 a および 24 b と、レンズの対 24 a、24 b 間に位置する回転可能な鏡 21 b とを備える。（いくつかのレンズを備えるレンズ組立体になり得る）レンズ 24 a は、適切な倍率を有して画像センサ 26 に合わせた正しいサイズである物体の画像を生成し
20 、物体からの光を平行にする（たとえば、（無限大）に焦点が合わせられた画像を生成する）。回転鏡 21 b は、回転し、カメラプローブ 120 a が対象のフィーチャを通過するときに画像センサ 26 上に物体上の対象のフィーチャの画像を公称的に静止させて保つ。レンズ 26 b は、物体からの平行光を得て、これを画像センサ上の実際の画像に焦点を合わせる。

【0061】

上記で説明した実施形態では、物体は、CMM の固定状態のベッド上に装着される。しかし、これは、あてはめる必要はない。たとえば、物体は、CMM の移動する部分上に装着され得る。たとえば、物体は、CMM の回転可能な部分上、たとえば回転式テーブル上に装着され得る。そのような例では、カメラプローブは、作動中固定された横方向位置に
30 保持され得る（但し、依然として少なくとも 1 つの軸の周りで回転することができる）。たとえば、カメラプローブは、少なくとも 1 つの回転軸を備えた接続されたヘッド上に装着され、回転式テーブル上に装着された物体に面し、これを見るように配置され配向され得る。カメラプローブは、CMM の横方向に移動可能な部分上（たとえば中空軸 14 上）に装着されることが可能であるが、検査中、横方向の固定状態で保持されることが可能であり、または CMM の移動可能でない部分上にさらに装着された接続されたヘッド上に装着されることが可能である。いずれの場合も、検査ルーチン中、物体は、回転式テーブルによって回転させることができ、（固定された横方向位置に保持された）カメラプローブは、連続的に転向され、それによってフィーチャが移動してカメラプローブを過ぎるときに物体上のフィーチャを追跡し、その結果、他の実施形態に関連して上記で説明したのと同じ方法で、カメラプローブのセンサにわたるフィーチャの通過を遅延させることができ
40 る。また、本発明の他の実施形態に関連して上記で説明したのと同じ方法で、物体が対象の複数のフィーチャ、たとえば複数の孔を有する場合、カメラプローブは、後および前に転向することができ、それにより、1 つのフィーチャを追跡した後、これは、次に近づいてくるフィーチャに向かって転向され、それによって次のフィーチャを追跡し始めることができる。

【0062】

したがって、理解されるように、検査経路は、物体（特に対象のフィーチャ）が検査ルーチン中にとる経路を指すことができる。さらに、カメラプローブおよび物体の両方は、検査ルーチン中移動させることができ、この場合、検査経路は、検査ルーチン中のカメラ
50

プローブおよび物体（特に対象のフィーチャ）の両方の経路を指すことができる。

【 0 0 6 3 】

上記で説明した実施形態では、対象のフィーチャの追跡は、対象のフィーチャが、カメラの視野のほぼ中心内に保たれるようなものである。しかし、理解されるように、これは、必ずしも当てはめる必要はない。たとえば、対象のフィーチャ上の点は、カメラの視野内の中心を外した位置にほぼ横方向の固定状態で保たれ得る。さらに、対象のフィーチャは、ほぼ横方向の固定状態で保たれる必要はない。そうではなく、本発明の方法は、プローブ（またはプローブの一部）を単に転向させ、それによって対象のフィーチャを追跡してカメラプローブの視野にわたる対象のフィーチャの通過を（実質的に停止させるのではなく）遅延させるステップを含むことができる。

10

【 0 0 6 4 】

上記の実施形態において説明するように、（対象のフィーチャの）少なくとも1つの画像（たとえば、1または複数の画像）は、カメラプローブの少なくとも一部が、（カメラプローブの視野にわたる対象のフィーチャの通過を遅延させるように）回転される間得られる。理解されるように、所望の場合、複数の画像は、カメラプローブの少なくとも一部が（カメラプローブの視野にわたる対象のフィーチャの通過を遅延させるように）回転される間、得られ得る。

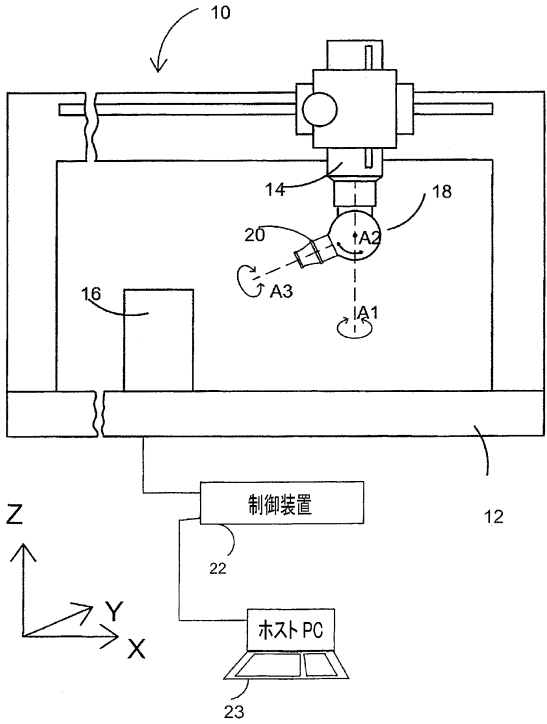
20

30

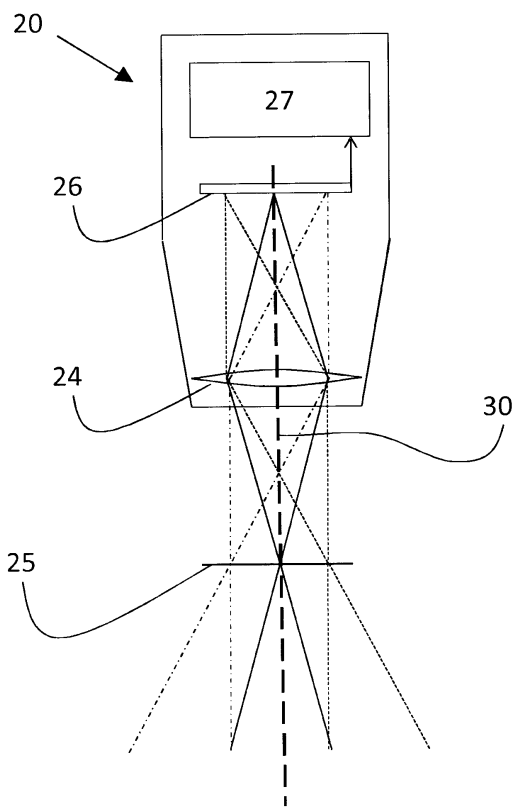
40

50

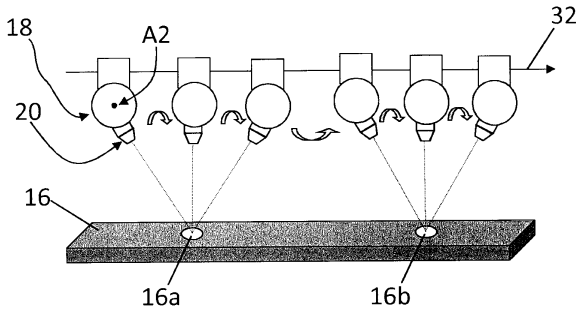
【図面】
【図 1】



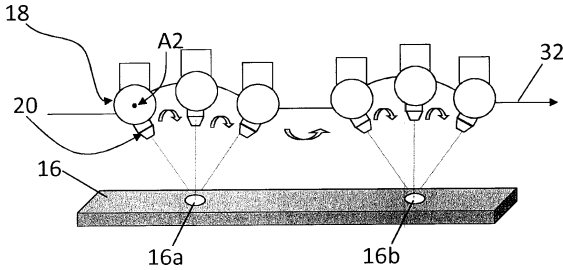
【図 2】



【図 3 a】



【図 3 b】



10

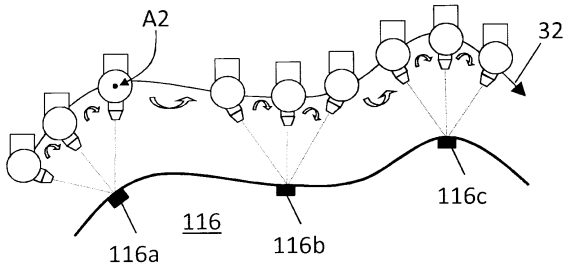
20

30

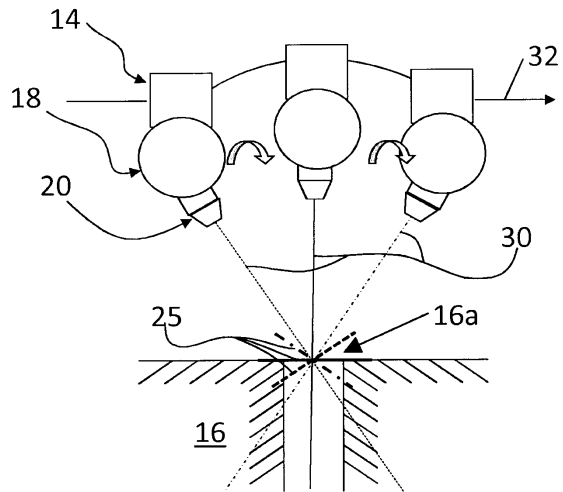
40

50

【 図 3 c 】

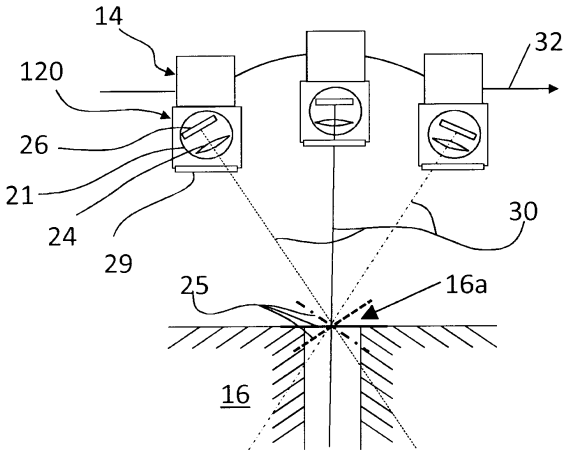


【 図 4 】

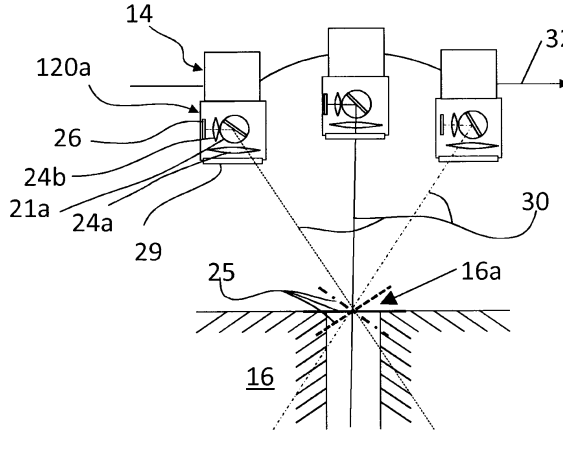


10

【 図 5 】



【 図 6 】



20

30

40

50

フロントページの続き

欧州特許庁(EP)
ンパニー内

合議体

審判長 中塚 直樹

審判官 波多江 進

審判官 濱本 禎広

- (56)参考文献 特開平 4 - 3 2 8 4 5 7 (J P , A)
特表 2 0 1 1 - 5 2 6 3 7 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 2 1 3 8 6 8 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 0 7 3 4 3 9 (U S , A 1)
米国特許第 5 9 8 2 4 9 1 (U S , A)
米国特許第 5 2 5 1 1 5 6 (U S , A)
特表 2 0 1 2 - 5 2 9 0 2 7 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G01B 11/00 - 11/30
G01N 21/84
G01N 21/954