

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2014-517285

(P2014-517285A)

(43) 公表日 平成26年7月17日(2014.7.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 11/00 (2006.01)	GO 1 B 11/00 H	2 F 0 6 5
GO 1 B 21/00 (2006.01)	GO 1 B 21/00 E	2 F 0 6 9
GO 1 B 21/22 (2006.01)	GO 1 B 21/22	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2014-510795 (P2014-510795)
 (86) (22) 出願日 平成24年5月16日 (2012.5.16)
 (85) 翻訳文提出日 平成26年1月20日 (2014.1.20)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2012/059120
 (87) 国際公開番号 W02012/156448
 (87) 国際公開日 平成24年11月22日 (2012.11.22)
 (31) 優先権主張番号 11166780.4
 (32) 優先日 平成23年5月19日 (2011.5.19)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

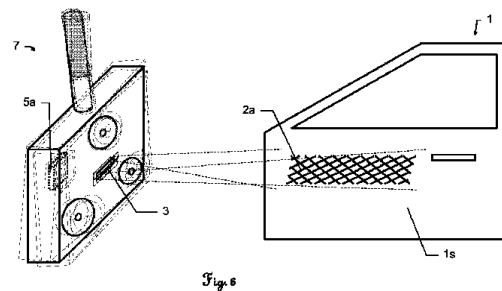
(71) 出願人 512287436
 ヘキサゴン テクノロジー センター ゲ
 ゼルシャフト ミット ベシュレンクテル
 ハフツング
 Hexagon Technology
 Center GmbH
 スイス国 ヘーアブルック ハイน์リヒ
 ヴィルトーシュトラッセ 201
 Heinrich-Wild-Stras
 se 201, CH-9435 Hee
 rbrug, Switzerland
 (74) 代理人 100114890
 弁理士 アイゼル・フェリックス＝ライ
 ンハルト

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測定対象表面上における3D座標を求めるための光学的測定方法および光学的測定システム

(57) 【要約】

本発明は、1つの測定対象表面(1s)の複数の測定点の3D座標を求めるための光学的測定方法を対象とする。こうするためには、複数の異なるパターン(2a)から成るパターン列をプロジェクタ(3)によって測定対象表面(1s)に照射し、当該パターン列が照射された前記測定対象表面(1s)の画像列をカメラシステムにより撮像し、前記画像列を評価することにより、前記測定点の3D座標を求め、その際にはとりわけ、撮像された前記画像列の各画像における、前記測定対象表面(1s)の同一の測定点の明度値のシーケンスを求める。本発明ではその際に、プロジェクタ(3)および/またはカメラシステムおよび/または測定対象(1)の並進加速度および/または回転加速度を測定し、測定したこの加速度に依存して、測定対象表面(1s)への照射および/または画像列の撮像を、とりわけ、時間的に実質的に間を置かず測定プロセス中にリアルタイムで応答して適合する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1つの測定対象表面(1s)の複数の測定点の3D座標を求める光学的測定方法であって、

- ・複数の異なるパターン(2a, 2b)から成るパターン列をプロジェクタ(3)によって前記測定対象表面(1s)に照射するステップと、

- ・前記パターン列が照射された前記測定対象表面(1s)の画像列をカメラシステム(4)により撮像するステップと、

- ・前記画像列を評価することにより、とりわけ、撮像した前記画像列の各画像中の前記測定対象表面(1s)の同一の測定点の明度値のシーケンスを求めて、前記測定点の3D座標を求めるステップと

を有する光学的測定方法において、

- ・前記プロジェクタ(3)および/または

- ・前記カメラシステム(4)および/または

- ・前記測定対象(1)

の並進加速度および/または回転加速度を測定し、

測定した前記加速度に依存して、とりわけ時間的に間を置かずに測定プロセス中にリアルタイムで応答して、前記測定対象表面(1s)への照射および/または前記画像列の撮像を適合する

ことを特徴とする光学的測定方法。

【請求項 2】

前記プロジェクタ(3)ないしは前記カメラシステム(4)ないしは前記測定対象(1)の加速度を6つすべての自由度で測定し、

少なくとも、前記画像列の各画像の露光時間中に、とりわけ、前記測定対象表面(1s)へ照射するプロセス全体と前記1つまたは複数の画像列を撮像するプロセス全体とにわたって、前記加速度の測定を所定の測定レートで、とりわけ約1~2000Hzの測定レートで、特に約50~2000Hzの測定レートで連続的に行う

請求項1記載の光学的測定方法。

【請求項 3】

測定した前記加速度に基づいて前記照射中に導出された、前記プロジェクタ(3)ないしは前記カメラシステム(4)ないしは前記測定対象(1)の現在の変動度に依存して時間的に実質的に間を置かずに前記現在の実際の変動度の導出に応答して、特に、

- ・殊に、前記現在の変動度が比較的高い場合、前記パターン列のパターンのうち精細度が比較的低いパターンを投影し、前記現在の変動度が比較的低い場合、前記パターン列のパターンのうち精細度が比較的高いパターンを投影するように、前記パターン列の順次投影される複数の異なるパターンの順序を適合して、

および/または、

- ・投影される各パターンの輝度を適合して、

および/または、

- ・投影される各パターンの投影時間を適合して、

および/または、

- ・投影される各パターンの投影時点を適合して、

および/または、

- ・投影される各パターンの精細度および/または構造化レベルを適合して、

および/または、

- ・前記パターン列の1つのパターンの投影中、当該パターンの投影により前記測定対象表面(1s)上に生成される照射パターンが少なくとも、当該パターンが照射された前記測定対象表面(1s)の検出のための、前記画像列の画像の露光時間中に当該測定対象表面(1s)上にて位置安定的に保持されるように、前記パターンを適合して、

および/または、

10

20

30

40

50

・投影される各パターンの、前記測定対象表面（1 s）上における面占有率および／またはサイズを適合して、
および／または、

・投影される各パターンの照射に使用される放射光の波長を適合して、
前記パターン列を適合する、
請求項 1 または 2 記載の光学的測定方法。

【請求項 4】

前記照射中に、測定した前記加速度に基づいて導出された、前記プロジェクタ（3）ないしは前記カメラシステム（4）ないしは前記測定対象（1）の現在の変動度に依存して、
時間的に実質的に間を置かずに、前記現在の変動度の導出に応答して 特に、

・撮像される各画像それぞれの粒度を適合して、
および／または、

・撮像される各画像の露光時間を適合して、
および／または、

・撮像される各画像の撮像時点を適合して、
および／または、

・撮像される各画像それぞれの検出領域を適合して、
および／または、

・撮像される各画像それぞれに対する絞り開口幅を適合して、
前記画像列を適合する、

請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の光学的測定方法。

【請求項 5】

・前記プロジェクタ（3）は筐体を有し、前記筐体はとりわけ、前記プロジェクタ（3）と前記カメラシステム（4）とを一緒に組み込んだ測定ヘッド筐体であり、

・前記筐体の回転加速度および並進加速度を測定し、

・前記筐体の測定した加速度に依存して実質的にリアルタイムで、特に振動または手の震えに起因する非静止状態により引き起こされる前記筐体の動きが補償され、当該筐体の動きの補償により、少なくとも前記画像列の各画像の撮像中には、前記プロジェクタ（3）の投影方向ないしは投影源位置が実質的に一定に保持されるように、前記筐体に対する前記プロジェクタ（3）の相対的な投影方向および／または投影源位置を適合する、
請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載の光学的測定方法。

【請求項 6】

・少なくとも 1 つのカメラ（4 a , 4 b , 4 c）を有する前記カメラシステム（4）は筐体を有し、前記筐体はとりわけ、前記プロジェクタ（3）と前記カメラシステム（4）とを一緒に組み込んだ測定ヘッド筐体であり、

・前記筐体の回転加速度および並進加速度を測定し、

・前記筐体の測定した加速度に依存して実質的にリアルタイムで、特に振動または手の震えに起因する非静止状態により引き起こされる前記筐体の動きが補償され、当該筐体の動きの補償により、少なくとも前記画像列の各画像の撮像中には、前記カメラシステム（4）の前記少なくとも 1 つのカメラ（4 a , 4 b , 4 c）の検出方向ないしは撮像位置が実質的に一定に保持されるように、前記筐体に対する前記カメラシステム（4）の前記少なくとも 1 つのカメラ（4 a , 4 b , 4 c）の相対的な検出方向および／または撮像位置を適合する、

請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の光学的測定方法。

【請求項 7】

・測定した前記加速度に依存して、特に、前記プロジェクタないしは前記カメラシステムないしは前記測定対象の、前記加速度から導出した現在の位置および向きに依存して、かつ、

・とりわけ更に、前記測定対象表面（1 s）の少なくとも大まかに既知であるかまたは予め少なくとも大まかに求められた 3 D 座標にも依存して、

10

20

30

40

50

現在の測定進行パラメータおよび/または測定プロセス適合パラメータ(9)を導出し、ユーザガイドおよび測定プロセスの最適化のために前記測定対象表面(1s)上に投影し、ここでとりわけ、

- ・後続の測定プロセスにおいて前記プロジェクタ(3)および/または前記カメラシステム(4)を向けるべき測定方向に関する情報を、
および/または、

- ・後続の測定プロセスにおいて前記プロジェクタ(3)および/または前記カメラシステム(4)がとるべき測定位置に関する情報を、
および/または、

- ・前記プロジェクタ(3)および/または前記カメラシステム(4)を一定の測定方向および測定位置に可能な限り静止状態に保持する保持時間に関する情報を、
および/または、

- ・特に、予め定められた変動度上限を現在遵守しているか否かを示して、測定した前記加速度に基づいて導出された、前記プロジェクタ(3)ないしは前記カメラシステム(4)ないしは前記測定対象(1)の現在の変動度に関する情報を、
前記測定進行パラメータないしは前記測定プロセス適合パラメータ(9)として投影する、

請求項1から6までのいずれか1項記載の光学的測定方法。

【請求項8】

- ・写真測量法を用いて三角測量法により、撮像した前記画像列の各画像にて検出される、前記パターン列のパターンの既知の情報を用いて、とりわけ前方交会法により、撮像した前記画像列から前記測定点の3D座標を求め、
および/または、

- ・相互に相対的な既知である位置から、かつ、相互に相対的な既知である向きで、前記照射および前記撮像を行い、ここで特に、前記カメラシステム(4)の一部である複数のカメラ(4a, 4b, 4c)を用いて複数の異なる位置から前記撮像を行う、
請求項1から7までのいずれか1項記載の光学的測定方法。

【請求項9】

- ・異なる精細度の複数のストライプパターンを、および/または、
- ・疑似コードを、および/または、
- ・ランダムパターンを

前記パターン列の複数の異なるパターン列として順次、前記測定対象表面(1s)に照射し、ここでとりわけ、各パターン(2a, 2b)を順次、約10~300msの投影時間で照射し、かつ、1画像あたりの露光時間を約10~300msとして前記画像列の撮像を行う、

請求項1から8までのいずれか1項記載の光学的測定方法。

【請求項10】

1つの測定対象表面(1s)の複数の測定点の3D座標を求めるための光学的測定システム(7)であって、

- ・複数の異なる光のパターン(2a, 2b)から成るパターン列を前記測定対象表面(1s)に照射するためのプロジェクタ(3)と、

- ・前記パターン列が照射された前記測定対象表面(1s)の画像列を撮像するためのカメラシステム(4)と、

- ・とりわけ、撮像された前記画像列の各画像における前記測定対象表面(1s)の同一の測定点の明度のシーケンスを求めて、前記測定点の3D座標を前記画像列から求めるための評価ユニットと

を有する光学的測定システム(7)において、

- ・前記プロジェクタ(3)に、および/または
- ・前記カメラシステム(4)に、および/または
- ・測定対象(1)に、

10

20

30

40

50

前記プロジェクタ(3)および/または前記カメラシステム(4)および/または前記測定対象(1)の並進加速度および/または回転加速度を測定するための慣性力センサ(5a, 5b)が設置されており、

前記評価ユニット(6)は、測定された前記加速度に依存して、とりわけ時間的に実質的に間を置かず測定プロセス中にリアルタイムで応答して、前記プロジェクタ(3)により行われる前記測定対象表面(1s)への照射の適合、および/または、前記カメラシステム(4)により行われる前記画像列の撮像の適合を行わせるように構成されていることを特徴とする光学的測定システム(7)。

【請求項11】

・測定された前記加速度に基づいて前記測定プロセス中に導出された、前記プロジェクタ(3)ないしは前記カメラシステム(4)の現在の変動度に応じてリアルタイムで、前記プロジェクタ(3)により行われる前記測定対象表面(1s)への照射が、ないしは、前記カメラシステム(4)により行われる前記画像列の撮像が適合されるように、前記評価ユニット(6)は前記プロジェクタ(3)および/または前記カメラシステム(4)を制御するように構成されており、
 および/または、

・1つの慣性力測定ユニットが6つすべての自由度における加速度を、とりわけ約1~2000Hzの測定レートで、特に約50~2000Hzの測定レートで測定するように、とりわけMEMS方式の部品に基づく1つの前記慣性力測定ユニットに、複数の前記慣性力センサ(5a, 5b)が組み合わされて統合されている、
 請求項10記載の光学的測定システム(7)。

【請求項12】

・前記プロジェクタ(3)は筐体を有し、とりわけ、前記プロジェクタ(3)と前記カメラシステム(4)とは相互に既知の相対的な位置および向きで、物理的に1つの同じ測定ヘッド(8)に収容されており、かつ、前記測定ヘッド(8)は、前記プロジェクタ(3)と前記カメラシステム(4)とを一緒に組み込んだ測定ヘッド筐体(8)を有し、

・前記慣性力センサ(5a, 5b)は前記筐体に設置されていることにより、前記筐体の回転加速度および並進加速度を測定し、

・前記筐体に対する前記プロジェクタ(3)の投影方向および/または投影源位置を変化させるためのプロジェクタ位置調整機構が設けられており、当該プロジェクタ位置調整機構はとりわけ、MEMS方式の位置調整要素または圧電位置調整部品から成り、

前記プロジェクタ位置調整機構は、

特に振動または手の震えに起因する非静止状態により引き起こされる前記筐体の動きが補償され、当該筐体の動きの補償により、少なくとも、前記画像列の各画像の撮像中に、前記プロジェクタ(3)の投影方向ないしは投影源位置が実質的に一定に保持されるように、前記筐体の測定された加速度に依存して実質的にリアルタイムで、前記筐体に対する前記プロジェクタ(3)の相対的な投影方向および/または投影源位置を適合する

ように、前記評価ユニットにより駆動制御される、

請求項10または11記載の光学的測定システム(7)。

【請求項13】

・少なくとも1つのカメラ(4a, 4b, 4c)を有する前記カメラシステム(4)は筐体を有し、とりわけ、前記プロジェクタ(3)と前記カメラシステム(4)とは相互に既知の相対的な位置および向きで、物理的に1つの同じ測定ヘッド(8)に収容されており、かつ、前記測定ヘッド(8)は、前記プロジェクタ(3)と前記カメラシステム(4)とを一緒に組み込んだ測定ヘッド筐体(8)を有し、

・前記慣性力センサ(5a, 5b)は前記筐体に設置されていることにより、前記筐体の回転加速度および並進加速度を測定し、

・前記筐体に対する前記少なくとも1つのカメラ(4a, 4b, 4c)の検出方向および/または撮像位置を変化させるためのカメラ位置調整機構が設けられており、当該カメラ位置調整機構はとりわけMEMS方式の位置調整要素または圧電位置調整部品から成り

10

20

30

40

50

前記カメラ位置調整機構は、

特に振動または手の震えに起因する非静止状態により引き起こされる前記筐体の動きが補償され、当該筐体の動きの補償により、少なくとも、前記画像列の各画像の撮像中に、前記少なくとも1つのカメラ(4a, 4b, 4c)の検出方向ないしは撮像位置が実質的に一定に保持されるように、前記筐体の測定された加速度に依存して実質的にリアルタイムで、前記筐体に対する前記カメラシステム(4)の前記少なくとも1つのカメラ(4a, 4b, 4c)の相対的な検出方向および/または撮像位置を適合するように、前記評価ユニットにより駆動制御される、
請求項10から12までのいずれか1項記載の光学的測定システム(7)。

10

【請求項14】

・前記評価ユニットは、

測定した前記加速度に依存して、特に、前記プロジェクタないしは前記カメラシステムないしは前記測定対象の、前記加速度から導出した現在の位置および向きに依存して、かつ、

とりわけ更に、前記測定対象表面(1s)の少なくとも大まかに既知であるかまたは予め少なくとも大まかに求められた3D座標にも依存して、現在の測定進行パラメータおよび/または測定プロセス適合パラメータ(9)を導出するように構成されており、

・前記プロジェクタ(3)は、導出された前記現在の測定進行パラメータおよび/または測定プロセス適合パラメータ(9)をユーザガイドおよび測定プロセスの最適化のために前記測定対象表面(1s)上に投影するように、前記評価ユニットによって駆動制御されるように構成されており、ここでとりわけ、

20

○後続の測定プロセスにおいて前記プロジェクタ(3)および/または前記カメラシステム(4)を向けるべき測定方向に関する情報を、
および/または、

○後続の測定プロセスにおいて前記プロジェクタ(3)および/または前記カメラシステム(4)がとるべき測定位置に関する情報を、
および/または、

○前記プロジェクタ(3)および/または前記カメラシステム(4)を一定の測定方向および測定位置に可能な限り静止状態に保持する保持時間に関する情報を、
および/または、

30

○特に、予め定められた変動度上限を現在遵守しているか否かを示して、測定した前記加速度に基づいて導出された、前記プロジェクタ(3)ないしは前記カメラシステム(4)ないしは前記測定対象(1)の現在の変動度に関する情報を、
前記測定進行パラメータないしは前記測定プロセス適合パラメータ(9)として投影する、

請求項10から13までのいずれか1項記載の光学的測定システム(7)。

【請求項15】

前記光学的測定システム(7)は請求項1から9までのいずれか1項記載の光学的測定方法をとりわけ、前記評価ユニットにより自動制御されて実行するように構成されている、

40

請求項10から14までのいずれか1項記載の光学的測定システム(7)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項1の上位概念に記載の、測定対象表面の複数の測定点の3D座標を求める光学的測定方法と、これと同じ用途のために構成された、請求項10の上位概念に記載の測定システムとに関する。

【0002】

50

上述のような装置および方法はとりわけ、機械工学、自動車工学、セラミック製造業、靴製造業、装飾品製造業、歯科技工および人間の医学（整形外科）や他の分野において用いられ、たとえば、品質検査、リバーエンジニアリング、ラピッドプロトタイピング、高速ミーリングまたはデジタルモックアップの際に測定および記録を行うのに使用される。

【0003】

実施中の製造工程において十分に完全に品質検査を行い、かつ、試作品の立体的形状をデジタル化するという、厳しくなってきた要求を満たすためには、表面トポグラフィの撮像を行わなければならない場合が多くなる。その際には、測定対象物の表面の複数の各点の座標を短時間で求めなければならない。

10

【0004】

その場合、従来技術から公知である、画像列を用いて測定対象の3D座標を求めるための測定システムは、一般的に、測定対象にパターンを照射するためのパターンプロジェクタを有する。それゆえ、このような測定システムの一部は、パターン投影方式3Dスキャナまたは構造光3Dスキャナとも称される。この測定システムはたとえば、ポータブルおよび/または手持ち式および/または据置型の装置として構成することが可能である。測定対象の表面に投影されたパターンは、測定システムの別の構成要素であるカメラシステムにより撮像される。

【0005】

すなわち測定時には、前記プロジェクタが時間的に順次、異なるパターンを測定対象に照射する（たとえば、異なる幅の明暗の並列のストライプを照射する。とりわけ、このようなストライプパターンをたとえば90°回転させることができる）。カメラは、この投影のための既知の視角で、この投影されたストライプパターンを記録する。1つの投影パターンごとに、各カメラによって画像が撮像される。このようにして、すべてのカメラの各画像点ごとに、異なる明度値の時系列が生じる。

20

【0006】

ここでは、ストライプの他にも適切な別のパターンを、たとえばランダムパターン、疑似コード等を投影することも可能である。そのために適したパターンは、従来技術から当業者に十分に知られている。疑似コードを用いると、たとえば、オブジェクトの複数のポイントの絶対的な対応付けをより容易に行うことができる。この絶対的な対応付けは、非常に精細なストライプを投影するときに一層困難となる。こうするためには、高速のシーケンスでまず最初に、1つまたは複数の疑似コードを投影し、その後、精細なストライプパターンを投影することができ、または、測定対象表面上の測定点の分解能が所望の精度に達するまで、複数回の連続した撮像ごとに順に精細になっていく複数の異なるストライプパターンを投影することもできる。

30

【0007】

その際には、撮像された画像列から、当業者に知られている手法の画像処理を用いて、写真測量結果および/またはストライプ投影像から、測定対象表面の3D座標を計算することができる。たとえば、WO2008/046663、DE10127304A1、DE19633686A1またはDE102008036710A1に、上述のような測定手法および測定システムが記載されている。

40

【0008】

さらに、カメラシステムは1つまたは複数のデジタルカメラから成り、複数のデジタルカメラの場合には、測定中、相互に既知の空間的位置に置かれている。複数のカメラの相互の位置が安定的であることを保証するために、これら複数のカメラは大抵、既知の空間的位置および向きで、一緒に1つの同じ筐体内に固定的に組み込まれている。その際にはとりわけ、各カメラの視野の大部分が交差するようにカメラの向きが調整される。その際にはしばしば、2つまたは3つのカメラが使用されることが多い。その際には、プロジェクタをカメラシステムに固定的に接続するか（カメラシステムの既存のカメラの一部のみを含めた複数の別個のカメラを用いる場合）、または、カメラシステムとは完全に独立し

50

てプロジェクタを位置決めすることができる。

【0009】

一般的に、すなわち、プロジェクタとカメラシステムとの相互の相対位置および相対的向きが固定であるため予め既知ではない場合、表面の求めるべき3次元座標は2つの段階で計算される。第1段階では、プロジェクタの座標が以下のようにして求められる。オブジェクトの或るポイントについては、カメラ画像内におけるその画像座標が既知である。プロジェクタは、カメラが反転したものに相当する。各1つのカメラ画像点の画像列から測定された明度値のシーケンスから、ストライプの番号を計算することができる。これは最も簡単なケースでは、ストライプの番号をプロジェクタにおける離散的座標として表す2値符号(たとえば濃淡符号)を用いて行われる。いわゆる位相シフト法を用いると、より高い精度を実現することができる。というのもこの手法は、離散的でない座標を求めることが可能だからである。この手法は、濃淡符号の補助として用いるか、または、絶対値測定を行うヘテロサイン手法として使用することができる。

10

【0010】

プロジェクタの位置を上述のようにして求めた後、または、カメラシステムに対するプロジェクタの相対位置が予め既知である場合、ここで、たとえば前方交会法により測定対象表面上の測定点の3D座標を以下のようにして求めることができる。プロジェクタにおけるストライプ番号は、カメラにおける画像座標に相当する。ストライプ番号によって、空間内における光平面が特定され、画像座標によって光線が特定される。カメラおよびプロジェクタの位置が既知である場合、平面と直線との交点を計算することができる。これが、センサの座標系におけるオブジェクトのポイントの求めるべき3次元座標である。すべての画像射線の幾何学的位置が正確に既知でなければならない。これらの射線の正確な計算は、写真測量法にて公知である前方交会法を用いて行われる。

20

【0011】

上述の測定手法において3D座標を計算するために、より高い精度を実現するためには、画像の歪みの原因となる実際のレンズ系の非理想的な特性を歪み補正により調整すること、および/または、結像特性の正確な較正を行うことが可能である。その際、プロジェクタおよびカメラのすべての結像特性を、当業者に知られている較正プロセスにおいて(たとえば、複数回の連続した較正撮像で)測定することができ、この結像特性の測定結果から、結像特性を表す数学的モデルを生成することができる(たとえば、連続的な複数の較正撮像画像から、写真測量法を用いてとりわけバンドル調整法を用いて結像特性を表すパラメータを求める)。

30

【0012】

よって簡潔にまとめると、パターン投影法ないしは構造光3Dスキャナでは、三角測量法(前方交会法)を用いて、測定領域における測定点の深さを一義的に求めることができるようにするためには、構造光のシーケンスをオブジェクトに照射しなければならない。すなわち、測定結果の十分に高い精度を保証するためには、大抵、適切な複数の異なるパターン投影像を(すなわち、適切なパターン列を)測定対象に照射して複数の撮像画像を(すなわち画像列を)得る必要がある。従来技術から知られている、たとえばW02008/046663に記載された測定装置のような手持ち式装置では、画像列の撮像中におけるオペレータによる動きが測定誤差を引き起こさないように高速で、照射シーケンスを行わなければならない。カメラにより撮像された、各投影像の画像点の相互の対応付けが、十分に良好に行えるようにしなければならないので、オペレータに起因するパターンシフトまたは画像シフトよりも高速で、画像シーケンスを実現しなければならない。プロジェクタの放出可能な光エネルギーは、使用可能な光源とビーム保護規定とにより制限されるので、このことにより、カメラシステムにおいて検出可能なエネルギーが制限され、この検出可能なエネルギーの制限により、反射性が弱い測定対象表面の測定が制限されてしまう。その上、プロジェクタの投影速度(画像レート)も制限されている。上述のようなプロジェクタの通常の最大画像レートは、たとえば60Hz前後である。

40

【0013】

50

パターン列の投影と、カメラシステムを用いて各パターンの画像列の撮像とを行う測定プロセスを行うためには、従来の測定装置ではたとえば、約200msの測定時間が必要となる(一例として、1画像あたり20ms~40msの露光時間で8~10個の画像の系列を撮像するためには、たとえば全体の撮像時間ないしは測定時間は、1測定位置あたり160ms~400msとなる)。

【0014】

それゆえ、(1つの測定位置における)測定プロセス中に、カメラ構成体、プロジェクタ(ないしは、場合によっては、カメラ構成体とプロジェクタとを統合して組み込んだ測定ヘッド)、および測定対象が相互に相対的に十分に静止されないと、ないしは、これらの位置および向きが十分に保持されないと、評価を困難または複雑にするかまたは完全に不可能にする種々の不所望の作用、もしくは、実現可能な精度に少なくとも悪影響を与える作用が生じることとなる。カメラ構成体、プロジェクタ(ないしは、場合によっては、カメラ構成体とプロジェクタとを統合して組み込んだ測定ヘッド)、および測定対象の静止が不十分である場合、種々の要因が重大なものとなる。

10

【0015】

1つには、測定周辺環境における振動(たとえば、製造ラインに組み込まれた製造ステーションにおいて測定を行う場合)が、測定対象の保持部材に伝わったり、または、測定ヘッドを保持するロボットアームにも伝わることにより、妨害となる振動を引き起こす。それゆえ従来は、このような振動を減衰させるための面倒な措置が必要であったり、または、特別な測定スペースを設置する必要が生じるが、このことにより製造工程が格段に面倒になってしまう(というのも、製造ラインから測定対象を取り出して、測定のために対応した構成の測定スペースに輸送する必要があるからである)。

20

【0016】

手持ち式の装置では、静止が不十分となる主な原因はとりわけ、人間のユーザの自然な手の震えである。

【0017】

カメラ構成体、プロジェクタおよび測定対象の相互の相対的な位置および向きの保持が不十分であることに起因する不都合な作用として、画像列の各撮像画像におけるモーションブラーおよび/または手ぶれが挙げられる。

【0018】

また、各1つの画像列の、測定対象に対する各画像の相対的な撮像位置および撮像方向が、相互に一致しない場合もあり(すなわち、各1つの画像列における各画像の撮像位置および撮像方向のばらつきが生じる)、これにより、複数の各画像中の画像点を、測定対象表面における同じ測定点に対応付けることが完全に不可能となってしまうか、または、測定対象表面の同じ領域の多数の画像から得られる情報を用いて、計算に著しく大きな手間をかけないと、複数の各画像中の画像点を測定対象表面の同じ測定点に対応付けることができない(すなわち、計算による、各画像の事後的な、非常に複雑である空間的対応付けが必要となるので、従来は部分的に、このような作用を予防するために、各画像列ごとに余剰分の画像を撮像していた。この余剰分の画像は主に、各画像の撮像位置および撮像方向の空間的参照を逆算するためだけに用いられるものである)。

30

40

【0019】

測定対象における測定領域を拡大するためには(たとえば、オブジェクト全体を測定するためには)、しばしば、(異なる測定位置から、測定対象に対するカメラの相対的な視角を変えて)測定を連続して複数回行わなければならないことが多く、その際には、この測定後に、複数の異なる測定の結果を相互に結合する。これを実施するためには、たとえば、各測定プロセス時に検出領域が重なるようにこれを選択し、複数の測定プロセスで得られた3D座標を適切にマージするためにこの各重なり部分を使用することができる(すなわち、複数の各測定プロセスにおいて求められた点群において同一または同様の分布を同定し、これに応じて点群をマージすることができる)。

【0020】

50

しかし、このマージプロセスは一般的に、極度に大きな計算量を必要とし、したがって、最高性能のプロセッサでも、事態を困難にし軽視できないほど大きな時間およびエネルギーを必要とする。たとえば測定ヘッドを保持して動かすためにロボットアームを使用する場合、たとえば、各測定においてロボットアームの位置に基づいて撮像位置および撮像方向を検出し、これを事前情報として（たとえば境界条件として）マージに用いることにより、マージプロセスに必要な計算上の手間を削減することができる。

【0021】

このような手法の欠点は、ロボットアーム位置に基づいて測定位置を求める精度が比較的低いことかつ、このようなロボットアームを設置しなければならないことである。よって、手持ち式の測定装置では、複数の測定プロセスの測定結果をマージするのに必要な計算能力を上述のようにして削減することができない。

10

【0022】

パターン照射のために実質的にコヒーレントな放射光を用いる従来技術のシステムは他にも、パターン列の各パターンにおいて不所望に生じるスペックル場に起因して局部的に測定精度が低くなるか、または測定点の抜けが生じるという欠点も有する。

【0023】

ここで、欧州特許出願公開第10166672.5号明細書には、画像列の撮像時にプロジェクトおよび/またはカメラシステムおよび/または測定対象の並進加速度および回転加速度を測定するための慣性センサがプロジェクトおよび/またはカメラシステムおよび/または測定対象に設けられたパターン投影法ないしは構造光3Dスキャナが記載されている。IMUを用いて測定されたこれらの加速度はその後、撮像された画像列から3D座標を計算により求める際に考慮され、これにより、3D座標を求めるときに、画像列の撮像中に生じた動き（たとえば、カメラ構成体とプロジェクトとを組み込んだ測定ヘッドが静止していないことに起因する動き）を計算によって補償することができる。

20

【0024】

したがって、従来技術にて提起された上述の欠点から出発して、本発明の基礎となる課題は、画像列を用いて測定対象表面上の3D座標を求める光学的測定方法および光学的測定システムを改善し、とりわけ、上述の欠点のうち1つまたは複数低減または解消することである。

【0025】

本発明のより具体的な課題は、従来技術から公知の測定システムにとってプロジェクトおよび/またはカメラシステムおよび/または測定対象の位置の保持が（たとえば不所望の振動または不安定な保持に起因して）不十分であっても、測定プロセス中に（すなわちパターン列投影時と画像列撮像時とにおいて）3D座標をより高精度で求めることを可能にすることである。その際には特に、各1つの画像列の各個別画像に生じる手ぶれおよび/またはモーションブラーに起因して生じる、3D座標を求めるときの誤差または精度の低さを小さくしなければならない。また、保持が不安定である場合の、各1つの画像列の画像相互の撮像位置および/または撮像方向のばらつきに起因する誤差も、低減または消失させなければならない。

30

【0026】

特に手持ち式測定装置を用いる場合の他の具体的な課題として、測定を実施するときのユーザガイドを簡略化するという課題もあり、とりわけ、測定時の過失により測定対象の表面の一部の面が完全に抜け落ちたり、または、同じ一部の面の画像が不必要に多く冗長的に撮像されるといった危険性を低減させなければならない。

40

【0027】

前記課題は、独立請求項の特徴部分に記載の構成要件を実施することにより解決される。従属請求項から、本発明を択一的または有利に発展させる実施形態を導き出すことができる。

【0028】

本発明は、1つの測定対象表面の複数の測定点の3D座標を求めるための光学的測定方

50

法を対象とする。

【0029】

こうするためには、複数の異なるパターンから成るパターン列をプロジェクタによって測定対象表面に照射し、当該パターン列が照射された前記測定対象表面の画像列をカメラシステムにより撮像し、前記画像列を評価することにより、前記測定点の3D座標を求め、その際にはとりわけ、撮像された前記画像列の各画像における、前記測定対象表面の同一の測定点の明度値のシーケンスを求める。

【0030】

本発明ではその際に、プロジェクタおよび/またはカメラシステムおよび/または測定対象の並進加速度および/または回転加速度を測定し、測定したこの加速度に依存して、測定対象表面への照射および/または画像列の撮像を、とりわけ、時間的に実質的に間を置かずに測定プロセス中にリアルタイムで 応答して適合する。

10

【0031】

つまり、本発明の基本的思想は、とりわけIMU(「慣性力測定ユニット(Inertial Measuring Unit)」、ドイツ語で「Inertialsensor」または「Inertialmesseinheit」)を用いて測定中に生じるプロジェクタおよび/またはカメラシステムおよび/または測定対象の動き(とりわけ不所望に生じるかないしは不可避である僅かな動き)を測定し、現在の測定プロセスに対して間を置かずに、能動的に影響を及ぼすために、この測定した動きを用いるというものである。すなわち、測定システムの構成要素の動き(たとえば、ユーザの自然な手の震えに起因する動き)の検出に対して時間的に間を置かずにリアルタイムで応答し、測定結果に及ぼされる前記動きの影響を可能な限り小さく抑え、かつ、効率的な実施の観点で測定プロセスを最適化できるように、間を置かずに、現在行われている測定プロセスを適合するというものである。ここで、時間的に間を置かずにリアルタイムで行われる、測定した動きに対する応答とは、動きの検出と、実施中の測定プロセスの適合の能動的な実施との間のあらゆる時間遅延が、実質的に、対応する測定プロセスパラメータ適合の導出を行うために、電子評価ユニット側で必要とされる計算時間にのみ起因することを意味することとする。

20

【0032】

以下、検出した加速度に依存して、現在実施中の測定プロセスのどの測定プロセスパラメータを、および/またはどの程度まで、および/またはどのような手法で、リアルタイムで適合させるか、ないしは、加速度を具体的にどのようにおよび/またはどのような手法で測定/検出するかの一部例を、詳しく説明する。

30

【0033】

本発明の具体的な一実施形態によれば、プロジェクタないしはカメラシステムないしは測定対象の加速度を6つすべての自由度で測定することができ、加速度の測定は少なくとも、画像列の各画像の露光時間中に、所定の測定レートで、とりわけ約1~2000Hzの測定レートで、特に約50~2000Hzの測定レートで、連続的に行うことができ、とりわけ、測定対象表面への照射の全プロセス中と、1つまたは複数の画像列の撮像中とにおいて行うことができる。

【0034】

本発明の他の1つの実施形態によれば、照射中に、測定した加速度に基づいて 導出された、プロジェクタないしはカメラシステムないしは測定対象の現在の変動度に依存して、時間的に実質的に間を置かずに、前記現在の変動度の導出に応じて パターン列を適合する。その際には特に、

40

・特に、現在の変動度が比較的高い場合には、パターン列のパターンのうち精細度が比較的低いパターンを投影し、現在の変動度が比較的低い場合には、パターン列のパターンのうち精細度が比較的高いパターンを投影するように、各1つのパターン列の、順次投影される複数の異なるパターンの順序を適合し、
および/または、

・投影される各パターンの輝度(すなわち、プロジェクタから照射のために放出される

50

放射光の光強度)を適合し、
 および/または、

・投影される各パターンの投影時間を適合し(たとえば、現在の動きが大きい場合(現在の変動度が大きい場合)には次のパターンの投影を行わずに待機する)、

および/または、

・投影される各パターンの投影時点を適合し、

および/または、

・投影される各パターンの精細度および/または構造化レベルを適合し、

および/または、

・少なくとも、1つのパターンが照射された前記測定対象表面(1s)を検出するための、画像列の画像の露光時間中にパターン投影により測定対象表面(1s)上に生成される照射パターンが測定対象表面(1s)上の固定位置に保持されるように、パターン列の1つの画像の投影中に当該1つの画像を適合し、

および/または、

・投影される各パターンの面占有率および/またはサイズを適合し、

>ここで、「面占有率」とは投影像の密度を意味する。よってたとえば、変動度が高い場合には、密度がより低くかつ光強度がより高いパターンを投影する。>このようにして、投影時間および露光時間を短縮し、かつ、眼保護に関する規定を遵守することができる。

>ここで、「サイズ」とは、パターンの境界により囲まれた面積を意味する[たとえば、小さい発散角で投影したり、または、単に元のパターンの半分のみを投影する(簡単なケースでは、たとえば半分を覆う遮蔽部により投影する)]、

および/または、

・投影されるパターンごとに、照射に使用される放射光の波長を適合する。

【0035】

本発明の他の1つの実施形態では、前記照射中に、測定した加速度に基づいて導出された、プロジェクトないしはカメラシステムないしは測定対象の現在の変動度に依存して、時間的に実質的に間を置かず、現在の変動度の導出に応答して画像列を適合する。その際には特に、

・撮像される各画像それぞれの粒度を適合し、

および/または、

・撮像される各画像の露光時間を適合し、

および/または、

・撮像される各画像の撮像時点を適合し、

および/または、

・撮像される各画像それぞれの検出領域を適合し、

および/または、

・撮像される各画像それぞれに対する絞り開口幅を適合する。

【0036】

簡潔にまとめると、特に、測定対象の空間的位置が大まかに既知であり、測定対象の(目標)CADモデルを測定システムに入力する場合、投影されるパターンおよび/または撮像パラメータを測定対象に動的に適合させることができる。測定システムに対する測定対象の位置は、まず差し当たり、最初の第1の測定結果に基づいて大まかに求めることができる。その後、測定前に求められた位置における分解能が測定中に所望の分解能に達するような測定パターンを、リアルタイムで計算することができる。この所要の測定パターンは、測定前に計算して測定システムに記憶しておくこともできる。このプロセスにより、測定システムにおいて必要とされる計算能力を最小限にすることができる。

【0037】

本発明の他の1つの実施形態では、測定した加速度に依存して、特に、プロジェクトないしはカメラシステムないしは測定対象の、前記加速度から導出された現在の位置および

10

20

30

40

50

向きに依存して（更には特に、少なくとも大まかに既知であるかまたは予め少なくとも大まかに求められた、測定対象表面の3D座標にも依存して）、現在の測定進行パラメータおよび/または測定プロセス適合パラメータを導出することも可能である。その後これらを、ユーザガイドおよび測定プロセスの最適化のために、測定対象表面に投影させることができる。その際にはたとえば、以下の情報を測定進行パラメータないしは測定プロセス適合パラメータとして投影する：

- ・後続の測定プロセス中にプロジェクタおよび/またはカメラシステムが向いているべき測定方向、

および/または、

- ・後続の測定プロセス中にプロジェクタおよび/またはカメラシステムがとるべき測定位置、

および/または、

- ・プロジェクタおよび/またはカメラシステムを一定の測定方向および測定位置に可能な限り静止状態に保持する保持時間、

および/または、

- ・測定した加速度に基づいて導出された、プロジェクタないしはカメラシステムないしは測定対象の現在の変動度。その際には特に、予め定められた変動度上限を現在遵守しているか否かを示す。

【0038】

簡潔にまとめると、IMU測定された加速度に基づいて導出された位置値および方向値を使用して、各測定間において（比較的高い測定レートで、たとえば50～2000Hzの測定レートで）相対的な空間的参照を求め、6つすべての自由度における測定結果の結合を行えるようにすることができる。測定中または測定の合間にオペレータに提供しなければならない付加情報（「Guidance」）を可視スペクトル領域で測定対象に投影するために、前記位置値に基づいてプロジェクタを用いることができる。その際には、対象物表面へ投影される情報の位置は、IMU位置値を用いてリアルタイムで計算される。

【0039】

たとえば、現在の向きに起因して測定システムが測定値を検出できない、測定対象における領域を表示することができる。これはたとえば、測定対象表面の不所望の反射特性に起因して生じるものである。従来技術では、このような表面を処理しなければならない。この表面処理は、粗面化またはパウダーの散布によって行うことができる。このような措置により、より広い空間で後方散乱が生じ、ひいては、測定対象表面に対する投影角および検出角の測定結果の依存性が低くなってしまふ。パウダーの厚さは明確に規定されていないので、測定結果の精度を阻害するか、または、後続の処理プロセスにおいて妨害となってしまう。

【0040】

このような補助手段を用いずに対象物表面を完全に検出するためには、対象物を複数の異なる視点から撮像し、これらの撮像画像を相互に結合しなければならない（「ステッチング」）。こうするために本発明では、投影された付加情報を用いて、ユーザを最適にガイドすることができる。測定不可能な表面領域を表示する他に、測定対象を最適な時点でスキャンできる動き方向を、矢印によって、またはこれと同等の方向信号によって投影することもできる（「Guidance」）。

【0041】

たとえば、

- ・測定の合間にユーザのための前記付加情報を投影すること、

および/または、

- ・ユーザのための前記付加情報を投影パターンに重畳すること

が可能である。

【0042】

その際には、付加情報のスペクトルと測定パターンのスペクトルとを別個にするか、ま

10

20

30

40

50

たは、付加情報のスペクトルを投影測定パターンのスペクトルに包含することができる。

【0043】

投影される付加情報の中には、測定対象のCADモデルと、プロジェクタに対する測定対象の位置とを前提条件とするものがある。その際には、測定対象の位置をたとえば最初の複数の測定結果から大まかに求めることができる（たとえば、対象物に設けられた測定可能な参照マークを用いて、または、最初の複数の測定で少なくとも大まかに得られた測定値とCADモデルとの「マッチング」によって）。

【0044】

その際には、位置および向きを求めることにより、未だ測定しなければならない場所および視点を示すユーザガイドだけでなく、測定フローの最適化も可能となる（経路最適化）。

10

【0045】

本発明はさらに、上記にて説明した本発明の方法と同様、本発明の基本的思想に基づいて1つの測定対象表面の複数の測定点の3D座標を求めるための光学的測定システムも対象とし、前記光学的測定システムは、

- ・複数の異なる光パターンから成るパターン列を前記測定対象表面に照射するためのプロジェクタと、

- ・前記パターン列が照射された前記測定対象表面の画像列を撮像するためのカメラシステムと、

- ・とりわけ、撮像された前記画像列の各画像における前記測定対象表面の同一の測定点の明度値のシーケンスを求めることにより、前記画像列から前記測定点の3D座標を求めるための評価ユニットと

20

を有する。

【0046】

本発明では、プロジェクタおよび/またはカメラシステムおよび/または測定対象の並進加速度および/または回転加速度を測定するための慣性力センサが、プロジェクタおよび/またはカメラシステムおよび/または測定対象に設けられている。さらに、上記にて説明した本発明の方法と同様前記評価ユニットは、測定された前記加速度に依存して、とりわけ、測定プロセス中に時間的に実質的に間を置かずリアルタイムで応答してプロジェクタにより行われる測定対象表面への照射の適合、および/または、カメラシステムにより行われる画像列の撮像の適合を行わせるように構成されている。

30

【0047】

上記にて説明した、本発明の方法の実施形態ないしは具体的な実施例は、本発明の光学的測定システムにも同様に適用することが可能である。したがって、本発明の方法の実施形態ないしは具体的な実施例は、本発明の光学的測定システムの実施形態ないしは具体的な実施例にも同様に使用することが可能である。

【0048】

以下、図面に概略的に示した具体的な実施例を単に一例として参照して、本発明の方法および本発明の測定システムを詳細に説明し、また、本発明の他の利点も説明する。

【図面の簡単な説明】

40

【0049】

【図1】3D座標を求めるための光学的測定システムを示しており、本発明では、慣性力測定ユニット(IMU)が手持ち式の測定ヘッドに組み込まれている。

【図2】IMUとプロジェクタと3つのカメラとを具備する手持ち式の測定ヘッドを有する本発明の光学的測定システムを示しており、ここでは、3D座標を求める際に、測定対象としての自動車ドアにパターンが照射される。

【図3】IMUとプロジェクタと複数のカメラとを具備する手持ち式の測定ヘッドを有する本発明の光学的測定システムを示しており、ここでは、最終的にプロジェクタ(ないしはカメラ)において測定ヘッドの不所望の比較的小さい動きが補償されるように、IMU測定された加速度に依存して測定ヘッド筐体に対する相対的な投影方向および/または投

50

影位置（ないしは撮像方向および／または撮像位置）を調整するための、プロジェクタ（および／またはカメラ）のための位置調整機構が設けられている。

【図４】IMUとプロジェクタと複数のカメラとを具備する手持ち式の測定ヘッドを有する本発明の光学的測定システムを示しており、ここでは、最終的にプロジェクタ（ないしはカメラ）において測定ヘッドの不所望の比較的小さい動きが補償されるように、IMU測定された加速度に依存して測定ヘッド筐体に対する相対的な投影方向および／または投影位置（ないしは撮像方向および／または撮像位置）を調整するための、プロジェクタ（および／またはカメラ）のための位置調整機構が設けられている。

【図５】IMUとプロジェクタと複数のカメラとを具備する手持ち式の測定ヘッドを有する本発明の光学的測定システムを示しており、ここでは、最終的にプロジェクタ（ないしはカメラ）において測定ヘッドの不所望の比較的小さい動きが補償されるように、IMU測定された加速度に依存して測定ヘッド筐体に対する相対的な投影方向および／または投影位置（ないしは撮像方向および／または撮像位置）を調整するための、プロジェクタ（および／またはカメラ）のための位置調整機構が設けられている。

【図６】測定ヘッド側で動きが生じていても、測定対象表面上に生成されるパターンの位置が安定して固定的となり、かつ当該パターンが不変であるように、投影（すなわち、送出されるパターン）自体をその場で適合する、本発明の光学的測定システムを示す。

【図７】慣性力測定センサの出力に依存して現在の測定進行パラメータおよび／または測定プロセス適合パラメータを導出し、これらをユーザガイドおよび測定プロセスの最適化のために測定対象表面上に投影する、手持ち式の測定ヘッドを備えた本発明の光学的測定システムを示す。

【図８】慣性力測定センサの出力に依存して現在の測定進行パラメータおよび／または測定プロセス適合パラメータを導出し、これらをユーザガイドおよび測定プロセスの最適化のために測定対象表面上に投影する、手持ち式の測定ヘッドを備えた本発明の光学的測定システムを示す。

【図９】プロジェクタおよびカメラシステムを組み込んだ測定ヘッドの、IMUにより測定された加速度に基づいて導出された現在の変動度に依存してパターン列の能動的なりアルタイム適合および／または実施中の測定プロセスの画像列の能動的なりアルタイム適合の一例を示す。

【図１０】プロジェクタおよびカメラシステムを組み込んだ測定ヘッドの、IMUにより測定された加速度に基づいて導出された現在の変動度に依存して有効な、パターン列の能動的なりアルタイム適合および／または実施中の測定プロセスの画像列の能動的なりアルタイム適合の一例を示す。

【図１１】プロジェクタおよびカメラシステムを組み込んだ測定ヘッドの、IMUにより測定された加速度に基づいて導出された現在の変動度に依存して有効な、パターン列の能動的なりアルタイム適合および／または実施中の測定プロセスの画像列の能動的なりアルタイム適合の一例を示す。

【図１２】隣の製造ステーションから伝わって本発明の測定システムによる測定に影響を及ぼす振動に対し、測定した加速度に基づいて対応し、実施中の測定プロセスの能動的な即時適合を行う、製造ラインにて使用されるときの本発明の光学的測定システムを示す。

【００５０】

図１に示した、１つの測定対象表面１sの複数の測定点の３D座標を求めるための本発明の光学的測定システム７は、プロジェクタ３と、カメラシステム４と、評価ユニット６と、慣性力測定ユニット（IMU）に統合された複数の慣性力センサ５aとを備えている。

【００５１】

プロジェクタ３は、複数の異なる光パターン２aから成るパターン列を前記測定対象表面１sに照射するように構成されている。たとえば、このパターンプロジェクタ３をスライドプロジェクタの原理と同様に構成することができる。また、光パターン２aを生成するために他の投影技術を使用することも可能であり、たとえば、プログラマブルLCDプロ

10

20

30

40

50

ロジクタ、プロジクタに設置された複数の異なる格子構造を有するスライド可能なガラス基板、電氣的に切り替え可能な格子と機械的なスライド装置とを組み合わせた構成、または、ガラス基板をベースとする個別格子の投影も使用することが可能である。

【0052】

カメラシステム4は、パターン列が照射された測定対象表面1sの画像列を撮像するように構成されており、その際には少なくとも1つのカメラを有することができるが、特に2つまたは3つまたは4つのカメラ4a, 4b, 4cを有することができる。これらのカメラはたとえば、相互に相対的に固定かつ既知の位置および向きで配置することができ、特に、複数の個別画像を実質的に同時に撮像できるように構成されている。

【0053】

当業者に知られているように、撮像を行うためにはたとえば、たとえばCCDセンサまたはCMOSセンサ等である電子的な撮像センサを備えたカメラ4a, 4b, 4cを使用することができる。これらのカメラは、画像情報を後続の処理のために画像マトリクスの形態で出力する。その際には、モノクロカメラもカラーカメラも使用することが可能である。

【0054】

前記評価ユニット6は、前記画像列から測定点の3D座標を求めるように構成されている。これはとりわけ、撮像された画像列の各画像における測定対象表面1sの同一の測定点の明度値のシーケンスを求めることにより求められる。

【0055】

実施例によれば、プロジクタ3とカメラシステム4とは相互に相対的に固定かつ既知の位置および向きで、物理的に、測定システム7の1つの同じ測定ヘッド8に収容されている。その際にはとりわけ、測定ヘッド8は手持ち式に、および/または、ロボットアームに取り付けられるように構成されている。

【0056】

本発明では前記評価ユニット6は、測定された前記加速度に依存してとりわけ、測定プロセス中に時間的に実質的に間を置かずにその場で、プロジクタ3により行われる測定対象表面1sへの照射の反応的な適合、および/または、カメラシステム4により行われる画像列の撮像の反応的な適合を行わせるように構成されている。

【0057】

その際にはとりわけ、評価ユニット6は、測定された加速度に基づいて測定プロセス中に導出された、プロジクタ3ないしはカメラシステム4の現在の変動度に依存してその場で、プロジクタ3により行われる測定対象表面1sへの照射の適合、ないしは、カメラシステム4により行われる画像列の撮像の適合を行うように、プロジクタ3および/またはカメラシステム4を制御するように構成されている。

【0058】

慣性力測定ユニットの複数の慣性力センサ5aはとりわけ、MEMSベースの部品を主に用いて構成することができ、6つすべての自由度における加速度を、とりわけ約1~2000Hzの測定レートで、特に50~2000Hzの測定レートで測定するように、前記複数の慣性力センサ5aを組み合わせることでIMUに統合することができる。

【0059】

このようにして、図中に示した光学的測定システム7は、とりわけ評価ユニット6によって自動的に事前設定プログラムにより制御されて、上記でもすでに説明したように本発明の光学的測定方法を実施するように構成することができる。

【0060】

図2に示した本発明の実施例の光学的測定システム7は、(複数の慣性力センサ5aを有する)IMUとプロジクタ3と3つのカメラ4a, 4b, 4cとを包含した手持ち式の測定ヘッド8(これはたとえば、グリップを有する手持ち式筐体に組み込まれることにより、光パターン3Dハンドスキャナとして構成されている)を備えており、ここでは3D座標を求める際に、プロジクタ3によって、測定対象1としての自動車ドアにパター

10

20

30

40

50

ン 2 a (パターン列の一部である) が照射される。

【 0 0 6 1 】

カメラシステム 4 の 3 つのカメラ 4 a , 4 b , 4 c は、ここでは一例として、相互に相対的に固定かつ既知の位置および向きで配置されており、パターン列が照射された自動車ドア表面の画像列を撮像するように構成されている。これらのカメラ 4 a , 4 b , 4 c はここでは、複数の個別画像を実質的に同時に撮像するように構成されている。

【 0 0 6 2 】

さらにここでも、(複数の慣性力センサ 5 a を有する) 慣性力測定ユニットが測定ヘッド 8 に組み込まれており、このような構成により、連続的に測定された加速度に依存して(または、この加速度から導出された現在の相対位置に依存して)現在の測定プロセスの本発明のリアルタイム適合(とりわけ、パターン投影のリアルタイム適合、または、投影されるユーザガイド情報に関するリアルタイム適合)を行うことができる。

10

【 0 0 6 3 】

図 3 ~ 5 に示した測定システム 7 の測定ヘッド 8 は、プロジェクタ 3 および / またはカメラ 4 a ~ 4 c を位置調整するための(各位置調整要素を有する)位置調整機構を有し(これは、プロジェクタおよび各カメラ全体の位置調整を行うか、または、少なくともこれらの光学系の位置調整を行う)、これにより、たとえば振動または手の震えに起因する非静止状態により生じる筐体の動きが補償されて、測定対象表面上に投影されるパターン 2 a が少なくとも、画像列の各画像の露光時間中には実質的に安定的に(すなわち、測定表面上の固定位置に)保持されるように、IMU 5 a により測定された筐体の加速度に依存して実質的にリアルタイムで、筐体に対するプロジェクタ 3 の相対的な投影方向および / または投影源位置を(ないしは、カメラ視方向および / またはカメラ位置を)適合することができる。

20

【 0 0 6 4 】

図 6 は、たとえば図 3 および図 4 に示した、位置調整機構を有する構成に代わる択一的構成の測定システム 7 の測定ヘッド 8 を示す。ここでは、IMU 5 a によって測定された加速度に依存して、測定ヘッドが動いていても測定対象表面上に現れたパターン(すなわち、測定対象表面に投影されたパターン)が、(少なくとも画像列の各画像の露光時間中は)測定対象表面上の安定的な位置に留まるように、投影自体のリアルタイム適合を行う(すなわち、パターン列の各パターンの投影中に行う)。

30

【 0 0 6 5 】

しかしその際には、図 6 の実施形態によれば図 5 の実施形態と異なり、プロジェクタ 3 の可能な投影開口角すべてにおいて投影を行うべきではない場合があることを考慮しなければならない。というのも、このことを考慮しないと、すなわち、(たとえば手の震えに起因する非静止状態により生じる)測定ヘッドの動きがより大きくなった場合測定対象表面上に最終的に投影されるパターンを縁部領域内に収めることができなくなるからである。

【 0 0 6 6 】

図 7 および図 8 の実施形態では、

IMU 5 a により測定された加速度に依存して、具体的には、この加速度から導出された、測定システム 7 の測定ヘッド 8 の現在の位置および向きに依存して、

40

かつ、とりわけ更に、少なくとも大まかに既知であるかまたは予め少なくとも大まかに求められた、測定対象表面 1 s の 3 D 座標にも依存して、

現在の測定進行パラメータおよび / または測定プロセス適合パラメータ 9 を導出し、これらを、ユーザガイドおよび測定プロセスの最適化のために、測定対象表面 1 s に投影する。

【 0 0 6 7 】

図 7 に一例として示しているように、その際にはたとえば、

・ 後続の測定プロセスにおいてプロジェクタおよび / またはカメラシステム(ないしは測定ヘッド 8)を向けるべき測定方向に関する情報、

50

および/または、

・後続の測定プロセスにおいてプロジェクタおよび/またはカメラシステム（ないしは測定ヘッド8）がとるべき測定位置に関する情報を、前記測定進行パラメータないしは測定プロセス適合パラメータ9として、測定対象表面1sに投影することができる。

【0068】

図8に一例として示しているように、他の情報も、たとえば、一定の測定方向および一定の測定位置に測定ヘッド8を可能な限り静止状態に保持するのを開始する時点に関する他の情報も、前記測定進行パラメータないしは測定プロセス適合パラメータ9として測定対象表面に投影することができる。

10

【0069】

さらに、上述の情報に代えて択一的に、たとえば、

・プロジェクタおよび/またはカメラシステム（ないしは測定ヘッド）を一定の測定方向および一定の測定位置に可能な限り静止状態に保持すべき保持時間に関する情報、

および/または、

・プロジェクタおよび/またはカメラシステム（ないしは測定ヘッド）および/または測定対象の、測定された加速度に基づいて導出された現在の変動度に関する情報（その際には、とりわけさらに、予め定められた変動度上限を現在遵守しているか否かを示すこともできる）

を、前記測定進行パラメータないしは測定プロセス適合パラメータとして投影することもできる。

20

【0070】

図9～11には、照射中に、IMU5aにより測定された加速度に基づいて導出された、プロジェクタとカメラシステムとを統合した測定システム7の測定ヘッドの現在の変動度に依存して行われるパターン列および/または画像列の適合の、本発明の具体的な実施例を示す（ここで、所望の作用を実現するためには、パターン列の適合を当業者であれば明らかであるように画像列の対応する適合と一緒に、かつ同調するように行わなければならない場合が多い）。

【0071】

その際には、パターン列および/または画像列の適合は本発明では、時間的に実質的に間を置かずに、現在の実際の変動度の導出に応答して行われる。

30

【0072】

図9および図10を見ると分かるように、たとえば、パターン列の順次投影される複数の異なるパターンの順序を適合することができる。この適合は特に、現在の変動度が比較的高い場合には、パターン列のパターンのうち精細度が比較的低いパターンを投影し（図10参照）、現在の変動度が比較的低い場合には、パターン列のパターンのうち精細度が比較的高いパターンを投影する（図9参照）ように行われる。

【0073】

さらに、（追加的または択一的に）現在の変動度に依存して、現在の実際の変動度の導出に応答して時間的に実質的に間を置かずに以下の措置をとることもできる：

40

- ・投影される各パターンの明るさの適合、および/または、
- ・投影される各パターンの投影時間の適合、および/または、
- ・投影される各パターンの投影時点の適合、および/または、
- ・投影される各パターンの精細度および/または構造化レベルの適合、および/または

、

・パターン列の投影される各パターンの投影中に、当該投影により測定対象表面上に生成される照射パターンが少なくとも、このパターンが照射された測定対象表面（1s）を検出するための、画像列の画像の露光時間中に測定対象表面上において安定的な位置に保持されるように（図6を参照して既に説明したように）行われる、パターン列の各パターンの適合、および/または、

50

- ・ 投影される各パターンの面占有率および/またはサイズの適合、および/または、
- ・ 投影される各パターンの照射に使用される放射光の波長の適合。

【0074】

画像列の適合に関しても、パターン列を適合するための措置に合わせて（相互に対応する措置、とりわけ、組み合わせる実施できる措置は、当業者に自明であるから、ここでは詳細な説明は不要である）、または、実施したパターン列の適合に依存せずに、現在の実際の変動度の導出に回答して時間的に実質的に間を置かず、たとえば以下の措置をとることが可能である：

- ・ 撮像される各画像の粒度の適合、および/または、
- ・ 撮像される各画像それぞれの露光時間の適合、および/または、
- ・ 撮像される各画像の撮像時点の適合、および/または、
- ・ 撮像される各画像の検出領域の適合、および/または、
- ・ 撮像される各画像それぞれの絞り開口幅の適合。

10

【0075】

図11には、単に基本的原理を詳細に図解するために プロジェクタとカメラとを組み込んだ手持ち式の測定ヘッドの、（IMUにより測定された）加速度に基づいて連続的に導出される実際の変動度の具体例を示しており、グラフ中では、時間軸を横軸として、実際の変動度を示している。その際には、現在の実際の変動度に依存して 測定対象表面への照射と画像列の撮像とを直接間を置かず（すなわち、実質的にリアルタイムで）適合する。

20

【0076】

この実際の変動度に依存して、各1つのパターン列の投影されるパターンの順序をたとえばリアルタイムで適合し、たとえば、現在の変動度が低い場合には、短い投影時間および撮像時間が割り当てられたパターンを「優先」させて投影する。現在の変動度が高い場合には、パターン列のパターンのうち比較的長い撮像時間を（カメラ側で）必要とするパターン、たとえば精細度が高いパターンを、測定対象表面上に投影する。換言すると現在の変動度が低い場合には、パターン列のパターンのうち撮像のために長い露光時間を必要とするパターンを投影し、逆の場合にはその逆を投影するように、パターン列の投影順序および画像列の撮像順序をリアルタイム適合することができる。

30

【0077】

さらにオプションとして、変動度上限を設定することも可能である。その際には、この変動度上限を超えるとパターン列の他のパターンの投影ないしは画像列の他の画像の撮像を一時的に停止する。

【0078】

測定ヘッドが比較的大きく動いて、現在高い変動を示している場合（そして、設定された変動度上限を超えた場合）、次のパターン投影および撮像を行わずに待機することができる。

【0079】

このことにより、測定ヘッドの静止が不十分であることに起因する測定誤差を防止するか、または少なくとも小さくすることができる。

40

【0080】

図12に、製造ラインにて使用されているときの本発明の光学的測定システム7を示す。ここでは、隣の製造ステーションから伝わった振動が、本発明の測定システム7による測定に影響を及ぼす。

【0081】

本発明のこの構成では、光学的測定システム7は、測定対象1に設置された（複数の慣性力センサ5bを有する）IMUを備えている。測定対象1に備えられた（複数の慣性力センサ5bを有する）IMUの他にさらに、測定ヘッド8自体にも、（複数の慣性力センサ5aを有する）IMUを組み込むことが可能である（ここでは、測定ヘッド8は単一例として、2つのカメラを有している）。このような構成により、測定中に測定ヘッド8

50

側および測定対象 1 側の双方において生じる動き（これはたとえば、測定領域周辺からロボットアームに伝わった振動と、測定ヘッド 8 の非静止状態とに起因する動きである）に、本発明によって 上記で詳細に説明したように リアルタイムで対応し、これにตอบสนองして、現在実施中の測定プロセスを（実質的にリアルタイムで）適合することができる。

【 0 0 8 2 】

上記で様々な箇所ですべて述べたように、図 1 2 の実施形態においても、測定ヘッド 8 側と測定対象 1 側とで測定された加速度に応じて（とりわけ「リアルタイム」で）、現在実施中の測定プロセス中に直ちに、特にたとえば以下の措置をとることができる：

・各 1 つのパターン列の、順次投影される複数の異なるパターンの順序の適合（この適合はたとえば、現在の変動度が比較的高い場合にはパターン列のパターンのうち精細度が比較的低いパターンを投影し、現在の変動度が比較的低い場合にはパターン列のパターンのうち精細度が比較的高いパターンを投影するように行われる）、および / または、

・投影される各パターンの投影時間の適合、および / または、

・投影される各パターンの投影時点の適合（選択）、および / または、

・投影される各パターンの明るさおよび / または精細度および / または構造化レベルの適合、および / または、

・パターン列の 1 つのパターンの投影中、このパターンにより測定対象表面上に生成される照射パターンが 少なくとも、当該パターンが照射された測定対象表面の検出のための、画像列の画像の露光時間中は 測定対象表面上の安定的な位置に保持されるように行われる、当該 1 つのパターンの適合、および / または、

・測定対象表面上における各投影されるパターンの面占有率および / またはサイズの適合、および / または、

・投影される各パターンの照射に使用される放射光の波長の適合。

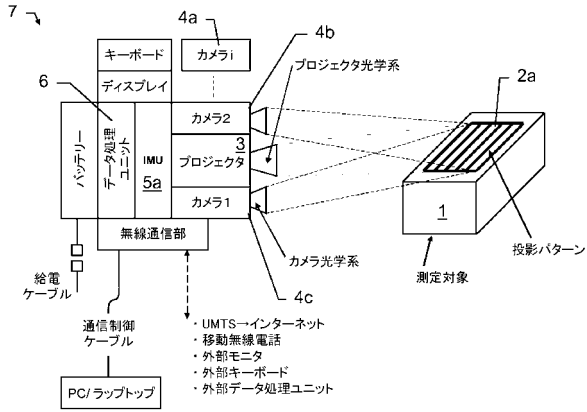
【 0 0 8 3 】

もちろん、上記の図面は、実施可能な実施例を概略的に示しただけであり、複数の異なる手法を相互に組み合わせたり、従来技術の手法と組み合わせることも可能である。

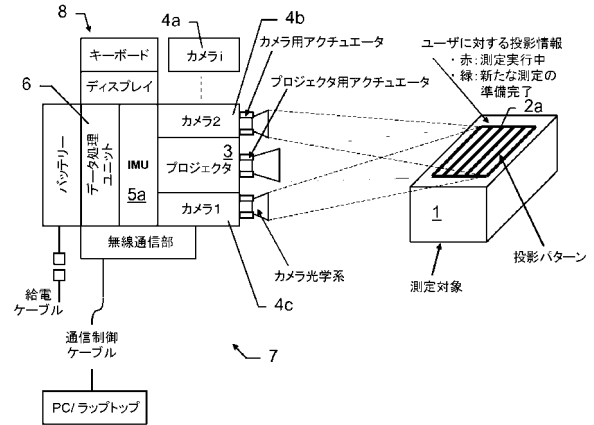
10

20

【図1】



【図3】



【図2】

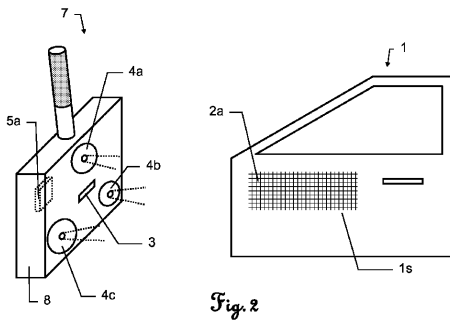
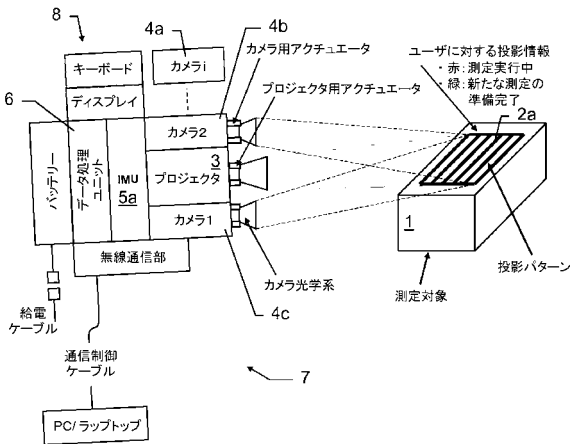


Fig. 2

【図4】



【図5】

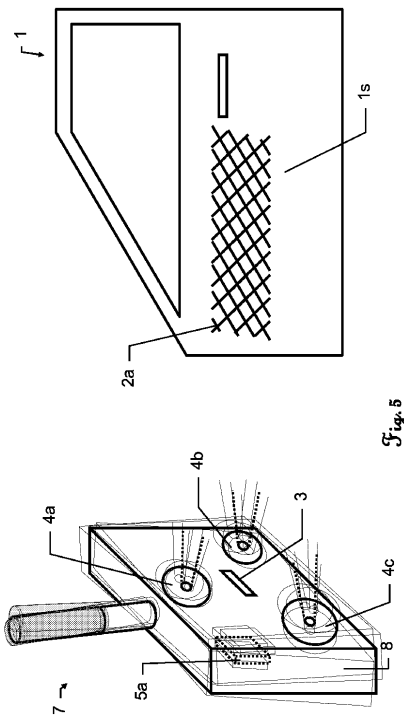
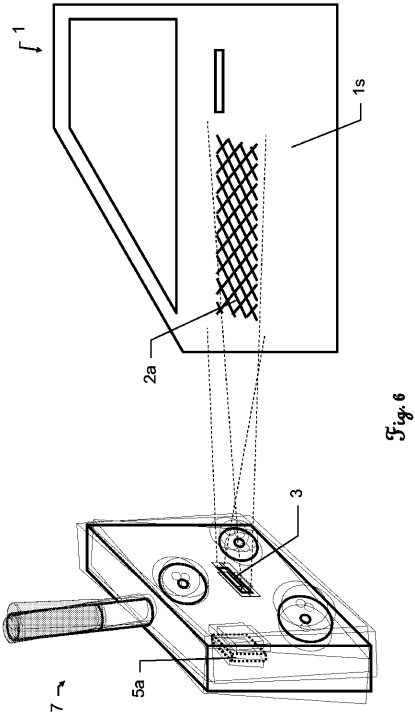
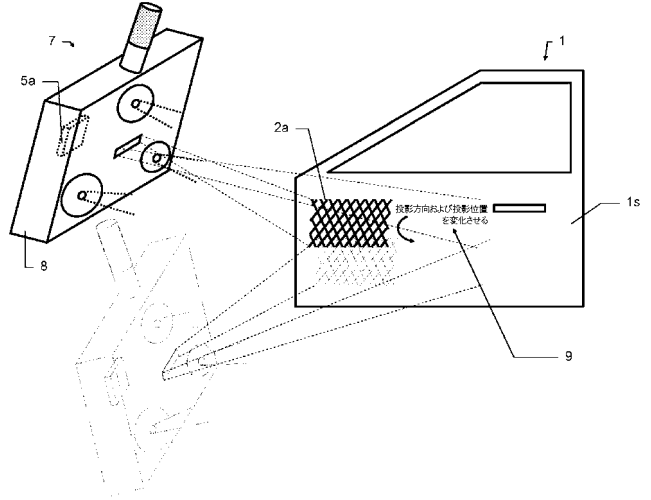


Fig. 5

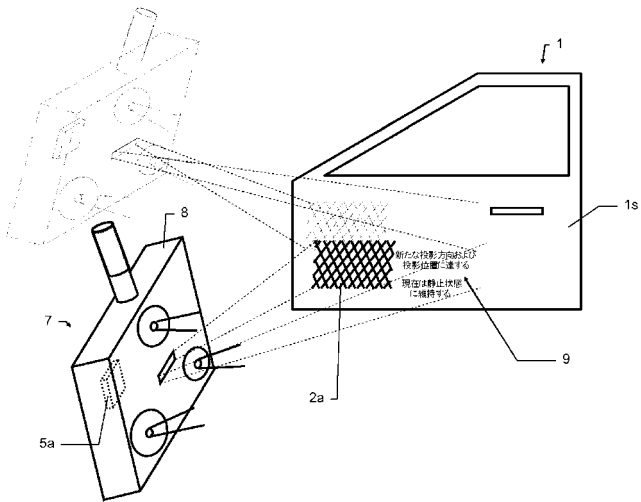
【図6】



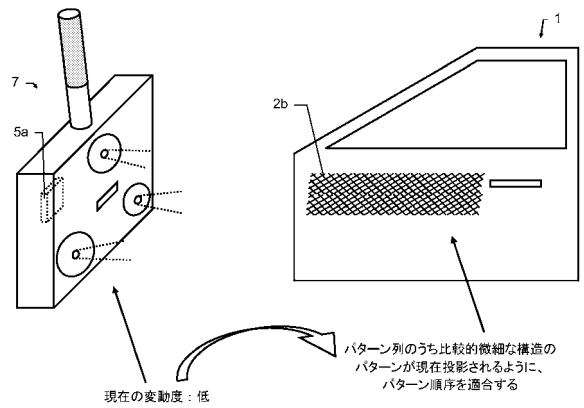
【図7】



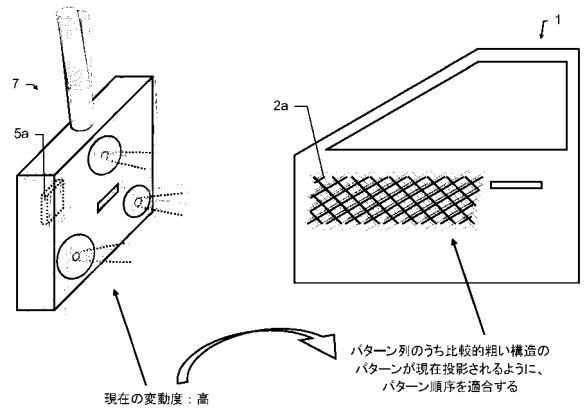
【図8】



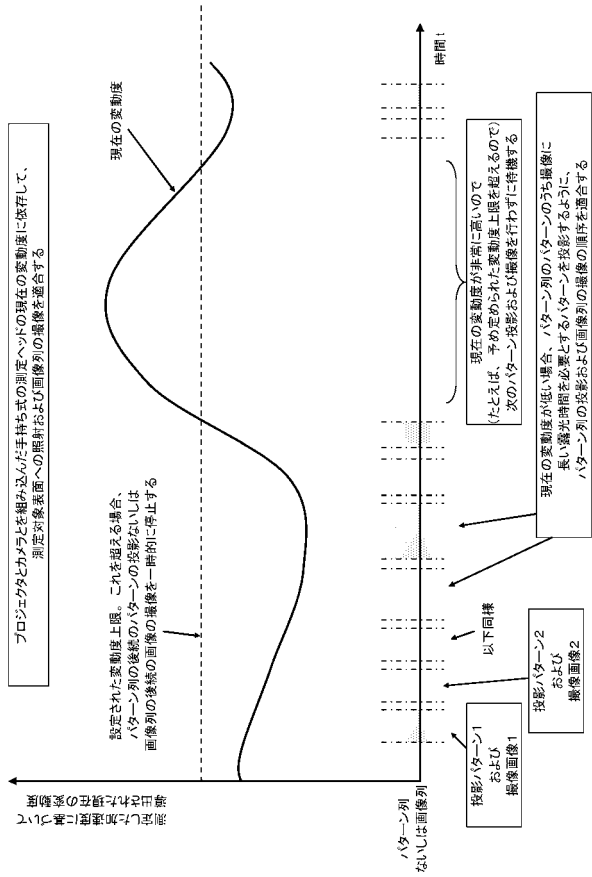
【図9】



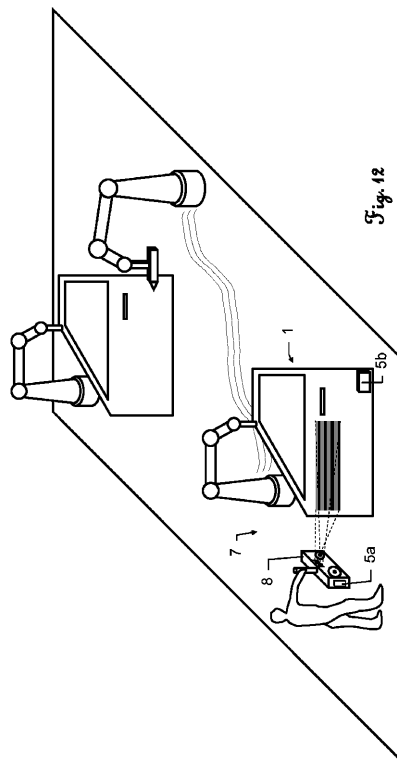
【図10】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2012/059120

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01B11/25 G01S17/42 G06T7/00 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01B G01S G06T A61B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 128 086 A (FOWLER GUY RICHARD JOHN [GB] ET AL) 3 October 2000 (2000-10-03) abstract figure 1 column 1, line 43 - column 2, line 29 column 3, line 11 - column 6, line 40 column 15, lines 3-27 -----	1-15
Y	DE 10 2009 026248 A1 (DEGUDENT GMBH [DE]) 27 January 2011 (2011-01-27) abstract paragraphs [0003] - [0022], [0027] - [0031] claims 1-8 ----- -/--	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 12 June 2012		Date of mailing of the international search report 22/06/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Poizat, Christophe

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/059120

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2010/303341 A1 (HAEUSLER GERD [DE]) 2 December 2010 (2010-12-02) abstract; figures 1,5 paragraphs [0017] - [0057], [0105] - [0116] claims 1,3,6-9 -----	1-4,7-9, 11,14,15
Y	US 6 709 116 B1 (RASKAR RAMESH [US] ET AL) 23 March 2004 (2004-03-23) abstract figure 1 column 3, line 46 - column 4, line 27 column 4, lines 55-58 -----	1-4, 7-11,14, 15
Y	US 2005/237581 A1 (KNIGHTON MARK S [US] ET AL) 27 October 2005 (2005-10-27) abstract -----	7
A	paragraphs [0025] - [0032], [0040], [0044], [0059], [0060], [0081] - [0083] -----	5,6,12, 13
Y	US 6 438 272 B1 (HUANG PEISEN S [US] ET AL) 20 August 2002 (2002-08-20) abstract column 14, lines 30-52 -----	7
Y	WO 2010/145669 A1 (3SHAPE AS [DK]; FISKER RUNE [DK]; OEJELUND HENRIK [DK]; KJAER RASMUS []) 23 December 2010 (2010-12-23) abstract pages 3-14 page 11, lines 1-16 page 36, lines 18-34 claims 49-51 -----	5,6,12, 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/059120

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6128086	A	03-10-2000	NONE

DE 102009026248	A1	27-01-2011	CA 2768449 A1 27-01-2011
			DE 102009026248 A1 27-01-2011
			EP 2457058 A1 30-05-2012
			US 2012133742 A1 31-05-2012
			WO 2011009736 A1 27-01-2011

US 2010303341	A1	02-12-2010	CA 2762038 A1 09-12-2010
			EP 2438397 A2 11-04-2012
			US 2010303341 A1 02-12-2010
			WO 2010140059 A2 09-12-2010

US 6709116	B1	23-03-2004	JP 2004288181 A 14-10-2004
			US 6709116 B1 23-03-2004

US 2005237581	A1	27-10-2005	EP 1747663 A2 31-01-2007
			US 2005237581 A1 27-10-2005
			US 2010215252 A1 26-08-2010
			US 2012127277 A1 24-05-2012
			WO 2005107232 A2 10-11-2005

US 6438272	B1	20-08-2002	US 6438272 B1 20-08-2002
			WO 0120539 A1 22-03-2001

WO 2010145669	A1	23-12-2010	AU 2010262191 A1 08-12-2011
			CA 2763826 A1 23-12-2010
			EP 2442720 A1 25-04-2012
			US 2012092461 A1 19-04-2012
			WO 2010145669 A1 23-12-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/059120

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01B11/25 G01S17/42 G06T7/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01B G01S G06T A61B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 128 086 A (FOWLER GUY RICHARD JOHN [GB] ET AL) 3. Oktober 2000 (2000-10-03) Zusammenfassung Abbildung 1 Spalte 1, Zeile 43 - Spalte 2, Zeile 29 Spalte 3, Zeile 11 - Spalte 6, Zeile 40 Spalte 15, Zeilen 3-27 -----	1-15
Y	DE 10 2009 026248 A1 (DEGUDENT GMBH [DE]) 27. Januar 2011 (2011-01-27) Zusammenfassung Absätze [0003] - [0022], [0027] - [0031] Ansprüche 1-8 ----- -/--	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 12. Juni 2012		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 22/06/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Poizat, Christophe

2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/059120

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2010/303341 A1 (HAEUSLER GERD [DE]) 2. Dezember 2010 (2010-12-02) Zusammenfassung; Abbildungen 1,5 Absätze [0017] - [0057], [0105] - [0116] Ansprüche 1,3,6-9 -----	1-4,7-9, 11,14,15
Y	US 6 709 116 B1 (RASKAR RAMESH [US] ET AL) 23. März 2004 (2004-03-23) Zusammenfassung Abbildung 1 Spalte 3, Zeile 46 - Spalte 4, Zeile 27 Spalte 4, Zeilen 55-58 -----	1-4, 7-11,14, 15
Y	US 2005/237581 A1 (KNIGHTON MARK S [US] ET AL) 27. Oktober 2005 (2005-10-27) -----	7
A	Zusammenfassung Absätze [0025] - [0032], [0040], [0044], [0059], [0060], [0081] - [0083] -----	5,6,12, 13
Y	US 6 438 272 B1 (HUANG PEISEN S [US] ET AL) 20. August 2002 (2002-08-20) Zusammenfassung Spalte 14, Zeilen 30-52 -----	7
Y	WO 2010/145669 A1 (3SHAPE AS [DK]; FISKER RUNE [DK]; OEJELUND HENRIK [DK]; KJAER RASMUS []) 23. Dezember 2010 (2010-12-23) Zusammenfassung Seiten 3-14 Seite 11, Zeilen 1-16 Seite 36, Zeilen 18-34 Ansprüche 49-51 -----	5,6,12, 13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/059120

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6128086	A	03-10-2000	KEINE

DE 102009026248	A1	27-01-2011	CA 2768449 A1 27-01-2011
			DE 102009026248 A1 27-01-2011
			EP 2457058 A1 30-05-2012
			US 2012133742 A1 31-05-2012
			WO 2011009736 A1 27-01-2011

US 2010303341	A1	02-12-2010	CA 2762038 A1 09-12-2010
			EP 2438397 A2 11-04-2012
			US 2010303341 A1 02-12-2010
			WO 2010140059 A2 09-12-2010

US 6709116	B1	23-03-2004	JP 2004288181 A 14-10-2004
			US 6709116 B1 23-03-2004

US 2005237581	A1	27-10-2005	EP 1747663 A2 31-01-2007
			US 2005237581 A1 27-10-2005
			US 2010215252 A1 26-08-2010
			US 2012127277 A1 24-05-2012
			WO 2005107232 A2 10-11-2005

US 6438272	B1	20-08-2002	US 6438272 B1 20-08-2002
			WO 0120539 A1 22-03-2001

WO 2010145669	A1	23-12-2010	AU 2010262191 A1 08-12-2011
			CA 2763826 A1 23-12-2010
			EP 2442720 A1 25-04-2012
			US 2012092461 A1 19-04-2012
			WO 2010145669 A1 23-12-2010

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA

(74)代理人 100099483

弁理士 久野 琢也

(72)発明者 クヌート ズィアクス

スイス国 メアシュヴィル アウガーテンシュトラッセ 29

Fターム(参考) 2F065 AA04 CC11 CC16 FF04 FF44 FF64 GG21 HH06 HH07 JJ19

JJ26 QQ13 QQ24 QQ31

2F069 AA04 AA71 BB21 GG07 GG41 GG61 NN05