

(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2007-121291

(P2007-121291A)

(43) 公開日 平成19年5月17日(2007.5.17)

(51) Int.CI.

GO1N 21/88

(2006.01)

F 1

GO1N 21/88

テーマコード(参考)

2 GO51

H

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2006-287188 (P2006-287188)	(71) 出願人	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ GENERAL ELECTRIC CO MPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ クタディ、リバーロード、1番 100093908
(22) 出願日	平成18年10月23日 (2006.10.23)	(74) 代理人	弁理士 松本 研一 100105588
(31) 優先権主張番号	11/256,886	(74) 代理人	弁理士 小倉 博 100129779
(32) 優先日	平成17年10月24日 (2005.10.24)	(74) 代理人	弁理士 黒川 俊久 100137545
(33) 優先権主張国	米国(US)	(74) 代理人	弁理士 荒川 聰志

最終頁に続く

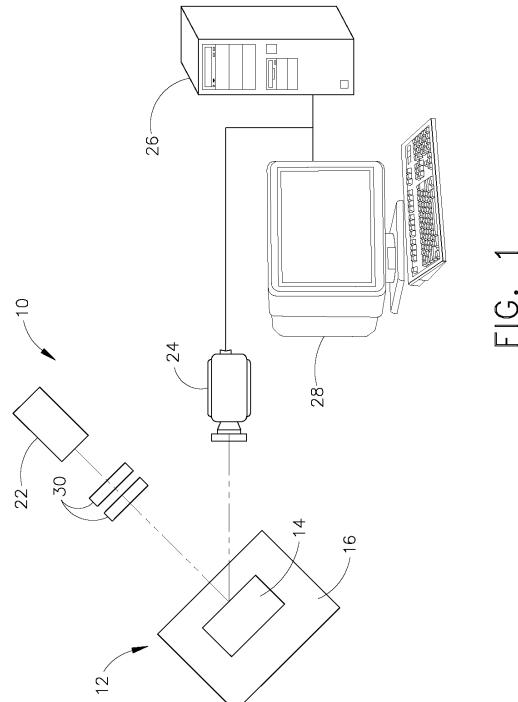
(54) 【発明の名称】物体を検査する方法および装置

(57) 【要約】

【課題】光源および撮像センサを含む構造光測定システムを使用して物体を検査する方法を提供すること。

【解決手段】光源(22)および撮像センサ(24)を含む構造光測定システム(10)を使用して物体(12)を検査する方法(34)。この方法に、光源から光を発すること(36)と、光源から発した光の複数の異なる波長のそれぞれを異なる偏光角で偏光されること(38)と、光源から発した光を物体の表面に投影すること(40)と、物体表面から反射された光を撮像センサを用いて受け取ること(42)と、物体の少なくとも一部の検査を容易にするために、撮像センサによって受けられた光を分析すること(46)などが含まれる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光源(22)および撮像センサ(24)を含む構造光測定システム(10)を使用して物体(12)を検査する方法(34)であって、

前記光源から光を発すること(36)と、

前記光源から発した前記光の複数の異なる波長のそれぞれを異なる偏光角で偏光させること(38)と、

前記光源から発した光を物体の表面に投影すること(40)と、

前記物体表面から反射された光を前記撮像センサを用いて受け取ること(42)と、

前記物体の少なくとも一部の検査を容易にするために、前記撮像センサによって受け取られた前記光を分析すること(46)と
10
を含む方法(34)。

【請求項 2】

前記撮像センサ(24)によって受け取られた光を分析すること(46)が、前記光が前記物体(12)から反射された後の前記複数の異なる波長のそれぞれの前記偏光の変化を分析することを含む、請求項1記載の方法(34)。

【請求項 3】

物体(12)を検査する構造光測定システム(10)であって、

構造光を前記物体の表面に投影するように構成された構造光源(22)と、

前記構造光源が発する構造光の第1波長を第1偏光角で偏光させるように構成された第1偏光フィルタ(30)と、
20

前記構造光源が発する構造光の第2波長を前記第1偏光角と異なる第2偏光角で偏光させるように構成された第2偏光フィルタであって、前記第1波長と前記第2波長とが異なる、第2偏光フィルタと、

前記物体表面から反射された構造光を受け取るように構成された撮像センサ(24)と
を含むシステム(10)。

【請求項 4】

前記構造光源(22)が、前記第1偏光フィルタ(30)および前記第2偏光フィルタを含む、請求項3記載のシステム(10)。
30

【請求項 5】

前記第1偏光フィルタ(30)および前記第2偏光フィルタが、少なくとも部分的に前記構造光源(22)と前記物体(12)との間に位置決めされる、請求項3記載のシステム(10)。

【請求項 6】

少なくとも部分的に前記物体(12)と前記撮像センサ(24)との間に位置決めされ、前記物体表面から反射された構造光から前記第1波長の構造光を分離するように構成された第1カラーフィルタ(32)と、

少なくとも部分的に前記物体と前記撮像センサとの間に位置決めされ、前記物体表面から反射された構造光から前記第2波長の構造光を分離するように構成された第2カラーフィルタと
40

をさらに含む、請求項3記載のシステム(10)。

【請求項 7】

前記第1カラーフィルタ(32)および前記第2カラーフィルタが、ダイクロイックミラーを含む、請求項6記載のシステム(10)。

【請求項 8】

前記構造光源(22)が、

前記構造光源によって生成された構造光から前記第1波長の構造光を分離するように構成された第1カラーフィルタ(32)と、

前記構造光源によって生成された構造光から前記第2波長の構造光を分離するように構成された第2カラーフィルタと
50

を含む、請求項 3 記載のシステム(10)。

【請求項 9】

前記第 1 カラーフィルタ(32)および前記第 2 カラーフィルタが、ダイクロイックミラーを含む、請求項 8 記載のシステム(10)。

【請求項 10】

前記光源(22)が、白色光ランプ、レーザ、発光ダイオード、液晶ディスプレイデバイス、LCD デバイス、および DMD のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 3 記載のシステム(10)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、全般的には物体の検査に関し、より具体的には、光測定システムを使用して物体を検査する方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

物体は、時々、たとえば物体の全体または一部のサイズおよび／または形状を判定するために、ならびに／あるいは物体の欠陥を検出するために、検査される。たとえば、タービンブレードまたはコンプレッサブレードなどのガスタービンエンジン構成要素が、エンジンに誘導される振動応力、機械的応力、および／または熱応力によって引き起こされる可能性がある疲労亀裂を検出するために検査される。さらに、たとえば、一部のガスタービンエンジンブレードが、プラットフォーム方位、輪郭断面、スタッキング軸に沿ったそりおよびねじり、厚さ、および／または所与の断面での弦長などの変形について検査される。経時的に、1つまたは複数の欠陥を有する物体の継続動作は、物体の性能を低下させ、かつ／またはたとえば亀裂が物体を介して伝搬する時などの物体の故障につながる場合がある。したがって、できる限り早期に物体の欠陥を検出することが、物体の性能を高め、かつ／または物体故障を減らすのを容易にする可能性がある。

【0003】

物体の検査を容易にするために、少なくともいくつかの物体が、構造光パターンを物体の表面に投影する光測定システムを使用して検査される。光測定システムは、物体の表面から反射された構造光パターンを撮像し、次に、反射された光パターンの変形を分析して、物体の表面特徴を計算する。より具体的には、動作中に、検査される物体が、通常は試験用治具に結合され、光測定システムの近くに位置決めされる。次に、放たれた光が検査される物体を照らすように、光源がアクティブ化される。しかし、物体の結果のイメージに、放たれた光の複数バウンス反射(multiple bounce reflection)によって引き起こされるノイズが含まれる場合がある。そのようなノイズは、低い撮像品質および悪い測定結果をもたらし、おそらくは物体の表面特徴の不正な解釈につながる可能性がある。たとえば、物体の多彩な表面から反射される光が、複数バウンス反射を引き起こす場合がある。さらに、たとえば、複数バウンス反射が、物体と、試験用治具の光源によって照らされた部分との間の相互反射によって引き起こされる場合がある。たとえば、複数バウンス反射は、試験用治具が物体に反射を投げる形状または仕上げを有する場合、および／または物体が試験用治具のイメージを反射する比較的鏡面様の仕上げを有する場合に、引き起こされる可能性がある。

【0004】

一部の光測定システムは、交差した偏光フィルタの対を使用して、複数バウンス反射によって引き起こされるノイズを減らし、除去し、かつ／または識別する。しかし、交差した偏光フィルタは、複数バウンス反射を減らすか除去することがフィルタの異なる方位を必要とする場合があるので、そのような反射を減らすか除去するために物体の複数のイメージを撮影することを必要とする場合がある。さらに、異なる角度を有する反射の分析がフィルタの異なる方位を必要とする場合があるので、物体の傾き、テクスチャ、材料、および／または他の特徴を分析するために、複数のイメージが必要になる場合もある。

10

20

30

40

50

【特許文献 1】米国特許第 6,678,057 B2 号公報

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

一態様で、光源および撮像センサを含む構造光測定システムを使用して物体を検査する方法が提供される。この方法は、光源から光を発することと、光源から発した光の複数の異なる波長のそれぞれを異なる偏光角で偏光させることと、光源から発した光を物体の表面に投影することと、物体表面から反射された光を撮像センサを用いて受け取ることと、物体の少なくとも一部の検査を容易にするために、撮像センサによって受け取られた光を分析することとを含む。

10

【0006】

もう 1 つの態様で、光源および撮像センサを含む構造光測定システムを使用して物体を検査する方法が提供される。この方法は、光源から光を発することと、光源から発した第 1 波長の光を第 1 偏光角で偏光させることと、光源から発した第 2 波長の光を第 1 偏光角から回転された第 2 偏光角で偏光させることであって、第 1 波長と第 2 波長とが異なる、偏光させることと、光源から発した光を物体の表面に投影することと、物体表面から反射された光を撮像センサを使用して受け取ることと、物体から反射され撮像センサによって受け取られた光のイメージを作成することと、光が物体から反射された後の第 1 偏光角および第 2 偏光角のうちの少なくとも 1 つの変化を分析するのにイメージを使用することとを含む。

20

【0007】

もう 1 つの態様で、物体を検査する構造光測定システムが、構造光を物体の表面に投影するように構成された構造光源と、構造光源が発する構造光の第 1 波長を第 1 偏光角で偏光させるように構成された第 1 偏光フィルタと、構造光源が発する構造光の第 2 波長を第 1 偏光角と異なる第 2 偏光角で偏光させるように構成された第 2 偏光フィルタであって、第 1 波長と第 2 波長とが異なる、第 2 偏光フィルタと、物体表面から反射された構造光を受け取るように構成された撮像センサとを含む。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図 1 は、物体 12 の複数の表面特徴を測定するのに使用される構造光測定システム 10 の例示的実施形態のブロック図である。たとえば、システム 10 を使用して、物体 12 の表面を検査し、判定することができ、この表面は、物体 12 を表すモデルと比較した時に、傾き、曲げ、ねじれ、および / またはたわみなどの特徴を含む場合がある。

30

【0009】

この例示的実施形態では、物体 12 が、圧縮機またはタービンエンジンで利用されるタービンブレードなどであるがこれに限定されないロータブレードである。したがって、この例示的実施形態では、物体 12 に、プラットフォーム 16 から外に延びるエーロフォイル 14 が含まれる。次の説明は、ガスタービンエンジンブレードの検査を対象とするが、当業者は、検査システム 10 を利用して、任意の物体の構造光撮像を改善できることを諒解するであろう。

40

【0010】

システム 10 に、白色光ランプ、発光ダイオード (LED)、レーザ、液晶ディスプレイ (LCD) デバイス、LCOS (liquid crystal on silicon) デバイス、および / または DMD (digital micromirror device) デバイスなどであるがこれらに限定されない構造光源 22 も含まれる。システム 10 に、物体 12 から反射された構造光を受け取る 1 つまたは複数の撮像センサ 24 も含まれる。この例示的実施形態では、撮像センサ 24 は、物体 12 から反射された構造光を受け取り、これを使用してイメージを作成するカメラであるが、他の撮像センサ 24 を使用することができる。1 つまたは複数のコンピュータ 26 が、センサ 24 から受け取ったイメージを処理し、モニタ 28 は、オペレータに情報を表示するのに利用することがで

50

きる。コンピュータ 26 は、本明細書で説明する機能を実行するようにプログラムされ、本明細書で使用される用語コンピュータは、当技術分野でコンピュータと称する集積回路に限定されるのではなく、コンピュータ、プロセッサ、マイクロコントローラ、マイクロコンピュータ、プログラム可能ロジックコントローラ、特定用途向け集積回路、および他のプログラム可能な回路を幅広く指し、これらの単語は、本明細書で交換可能に使用される。

【 0 0 1 1 】

図 2 は、物体 12 の側面断面図である。動作中に、検査される物体、たとえば物体 12 は、試験用治具（図示せず）に結合され、システム 10 の近くに位置決めされる。いくつかの実施形態で、物体 12 は、光源 22（図 1 に図示）に関して、ビューを撮像センサ 24（図 1 に図示）に提示できるようになる方位の角度 θ を用いて向きを決められ、光源 22 および撮像センサ 24 によって画定される平面 π が物体 12 の 1 つまたは複数の多彩な特徴と実質的に交差するようになっている。たとえば、この例示的実施形態では、エーロフォイル 14 およびプラットフォーム 16 のそれぞれが、物体 12 の多彩な特徴を画定する。

【 0 0 1 2 】

次に、光源 22 がアクティブ化され、光を発して物体 12 を照らす。撮像センサ 24 が、物体 12 に投影された、放たれた光パターンのイメージ入手する。しかし、物体 12 の結果のイメージに、放たれた光の複数バウンス反射によって引き起こされるノイズが含まれる場合がある。そのようなノイズは、低い撮像品質および悪い測定結果をもたらし、おそらくは物体 12 の表面特徴の不正な解釈につながる可能性がある。たとえば、物体 12 の多彩な表面（たとえば、エーロフォイル 14 およびプラットフォーム 16 の交差する表面）から反射される光が、図 2 に示されているように複数バウンス反射を引き起こす場合がある。直接に反射された光の経路は、時々単一バウンス反射と呼ばれるが、図 2 では SB として示されて、複数バウンス反射は、図 2 では MB として示されている。さらに、たとえば、複数バウンス反射 MB が、物体 12 と、試験用治具の光源 22 によって照らされた部分との間の相互反射によって引き起こされる場合がある。たとえば、複数バウンス反射 MB は、試験用治具が物体 12 に反射を投げる形状または仕上げを有する場合、および / または物体 12 が試験用治具のイメージを反射する比較的鏡面様の仕上げを有する場合に、作成される可能性がある。

【 0 0 1 3 】

物体の特徴および / または複数バウンス反射 MB を識別するために、システム 20 に、光源 22 から発する光の異なる波長または色を異なる偏光角で偏光させる複数の偏光フィルタ 30 が含まれる。より具体的には、各偏光フィルタ 30 は、光源 22 から発する光の特定の波長を、他の波長と異なる偏光角で偏光させる。偏光された光が物体 12 から反射する時に、各波長の偏光角が変化する。その後、各波長の偏光角の変化を分析して、表面テクスチャ、表面方位、および / または物体 12 の製造に使用された材料などであるがこれらに限定されない物体 12 の特徴ならびに / あるいは複数バウンス反射 MB を判定することができる。たとえば、いくつかの実施形態で、異なる波長の偏光角の間で定義される比の変化を分析して、複数バウンス反射および / または物体 12 の特徴を判定する。物体 12 に投影される光の異なる波長が異なる角度で偏光されるので、複数の偏光状態を、物体 12 から反射され撮像センサ 24 によって受け取られた光の单一のイメージだけを使用して分析することができる。したがって、複数バウンス反射 MB および / または物体 12 の特徴を、異なる偏光照明で撮影された複数のイメージを使用するのではなく、撮像センサ 24 によって受け取られた光の单一のイメージを使用して判定することができる。

【 0 0 1 4 】

偏光フィルタ 30 は、光源 22 が発する光の任意の波長を任意の偏光角で偏光せしように構成することができる。いくつかの実施形態で、図 1 に示されているように、偏光フィルタ 30 は、光源 22 が発する光が物体 12 から反射される前にこの光を偏光するために、少なくとも部分的に光源 22 と物体 12 との間に位置決めされる。図 1 には 2 つの

偏光フィルタ30が図示されているが、システム10に、任意の個数の異なる波長の光を異なる偏光角で偏光させるのに使用される任意の個数の偏光フィルタ30を含めることができる。いくつかの実施形態で、ダイクロイックミラーなどであるがこれに限定されない適当なカラーフィルタ（図1には図示せず）を、複数の波長の光を偏光させるためにこれらの光を分離するために少なくとも部分的に光源22と偏光フィルタ30との間に位置決めすることができる。それに加えてまたはその代わりに、ダイクロイックミラーなどであるがこれに限定されない適当なカラーフィルタ（図1には図示せず）を、撮像センサ24による受取のために複数の波長の光を分離するために少なくとも部分的に物体12と撮像センサ24との間に位置決めすることができる。

【0015】

10

図3は、構造光測定システム10のもう1つの代替実施形態のブロック図であり、ここで、光源22に偏光フィルタ30が含まれる。図3には3つの偏光フィルタ30が示されているが、光源22に、任意の個数の異なる波長の光を異なる偏光角で偏光させる任意の個数の偏光フィルタ30を含めることができる。この例示的実施形態で、光源22に、ダイクロイックミラーなどであるがこれに限定されない2つのカラーフィルタ32が含まれる。2つのカラーフィルタ32が図示されているが、光源22に、任意の個数のカラーフィルタ32を含めることができる。動作時に、カラーフィルタ32は、光源22によって生成された光を3つの異なる波長に分離し、これらの光が、次に、3つの異なる偏光角で偏光され、再組み合わせされ、光源22によって放たれて、物体12に投影される。もちろん、光源22、偏光フィルタ30、任意のカラーフィルタ（たとえば、カラーフィルタ32）、撮像センサ24、および／またはシステム10の他の構成要素の他の構成および／または配置を、本明細書で説明されかつ／または図示されたものであれ、システム10の範囲から逸脱せずに使用することができる。

20

【0016】

図4は、構造光測定システム10（図1および3に図示）を使用して物体12（図1～3に図示）を検査する方法34の例示的実施形態を示す流れ図である。方法34に、光源22から光を発すること36と、光源22から発した光の複数の異なる波長のそれぞれを異なる偏光角で偏光させること38とが含まれる。たとえば、いくつかの実施形態で、光源22が発する光の第1波長が、第1偏光角で偏光され38、光源22が発する光の第2の異なる波長が、第1偏光角から回転された第2偏光角で偏光される。光源22から発する偏光された光は、物体12の表面に投影される40。物体12から反射された光を撮像センサ24によって受け取り42、撮像センサ24および／またはコンピュータ26を使用して、それからイメージを作成する44。次に、イメージを分析して46、表面テクスチャ、表面方位、および物体12の製造に使用された材料などであるがこれらに限定されない物体12の特徴および／または複数バウンス反射MBを識別する48。

30

【0017】

たとえば、単一バウンスSB光からの反射、複数バウンスMB光からの反射、または他の変動が、偏光解析分析などであるがこれに限定されない従来のイメージ処理技法を使用して、イメージからたやすく識別され、選択的に抽出される。いくつかの実施形態で、たとえば、物体12からの反射の後の複数の異なる波長のそれぞれの偏光角の変化を分析して、イメージから複数バウンス反射を識別し、かつ／または選択的に抽出する。さらに、たとえば、いくつかの実施形態で、少なくとも2つの異なる波長の偏光角の間で定義される比の変化を分析して、イメージから複数バウンス反射を識別し、かつ／または選択的に抽出する。

40

【0018】

さらに、たとえば、表面テクスチャ、表面方位、および物体12の製造に使用された材料などであるがこれらに限定されない物体12の特徴を、偏光解析分析などであるがこれに限定されない従来のイメージ処理技法を使用して、物体から反射された光によって作成されたイメージからたやすく識別することができる。いくつかの実施形態で、たとえば、物体12からの反射の後の複数の異なる波長のそれぞれの偏光角の変化を分析して、物体

50

12の特徴を識別する。さらに、たとえば、いくつかの実施形態で、少なくとも2つの異なる波長の偏光角の間で定義される比の変化を分析して、物体12の特徴を識別する。

【0019】

物体12から反射された光によって作成されたイメージを分析46して、たとえば、表面テクスチャ、表面方位、および物体の部分の製造に使用された材料のうちの少なくとも1つに基づいて、物体12のその部分をセグメント化50することができる。たとえば、誤った情報または関連しない情報を含むことがわかっているイメージ内の特定の領域を、デジタルマスクするか、さらなる処理からブロックすることができる。同様に、既知の情報を使用して、測定を受けている物体12のイメージを、保管された基準イメージに相關させるか見当合わせし、物体12と物体12の理想的モデルまたは表現との間の相違の識別を容易にすることができます。

【0020】

上で説明した構造光測定システム10は、物体12のよりすばやく効率的な検査を容易にすることができる。より具体的には、物体12に投影される光の異なる波長を異なる偏光角で偏光させることによって、複数の偏光状態を物体12の単一のイメージだけを使用して分析することができる。したがって、複数バウンス反射MBおよび/または物体12の特徴を、異なる偏光照明で撮影された複数のイメージを使用するのではなく、物体12から反射された光の単一のイメージを使用して判定することができる。さらに、構造光測定システム10は、物体12の特徴の判定と同時に、複数バウンス反射MBなどであるがこれに限定されないイメージノイズの識別、減少、および/または除去を容易にすることができます。本明細書で説明し、かつ/または図示した方法およびシステムの技術的効果に、物体12から反射された光の単一のイメージを使用する複数バウンス反射MBおよび/または物体12の特徴の判定が含まれる。

【0021】

本明細書で説明し、かつ/または図示したシステムおよび方法は、ガスタービンエンジン構成要素、より具体的にはガスタービンエンジンのエンジンブレードに関して説明され、かつ/または図示されたが、本明細書で説明し、かつ/または図示したシステムおよび方法の実践は、ガスタービンエンジンブレードにもガスタービンエンジン構成要素全般にも限定されない。そうではなく、本明細書で説明し、かつ/または図示したシステムおよび方法は、すべての物体に適用可能である。

【0022】

システムおよび方法の例示的実施形態を、本明細書で詳細に説明し、かつ/または図示した。これらのシステムおよび方法は、本明細書で説明した特定の実施形態に限定されるのではなく、各システムの構成要素ならびに各方法の段階を、本明細書で説明した他の構成要素および段階と独立に、別々に利用することができる。各構成要素および各方法段階を、他の構成要素および/または方法段階と組み合わせて使用することもできる。

【0023】

本明細書で説明され、かつ/または図示されたアセンブリおよび方法の要素/構成要素/などを導入する時に、冠詞が無いこと又は冠詞「前記」、「該」は、1つまたは複数の要素/構成要素/などがあることを意味することが意図されている。単語「からなる」、「含む」、および「有する」は、包含的であり、列挙された要素/構成要素/など以外の追加の要素/構成要素/などがある場合があることを意味することが意図されている。

【0024】

本発明をさまざまな特定の実施形態について説明したが、当業者は、特許請求の範囲の精神および範囲の中で変更を加えて本発明を実践できることを認めるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】構造光測定システムの例示的実施形態を示すブロック図である。

【図2】単一バウンス光経路および複数バウンス光経路を示す、検査中の物体を示す側面断面図である。

10

20

30

40

50

【図3】図1に示された構造光測定システムの代替実施形態を示すブロック図である。

【図4】図1または3に示された構造光測定システムを使用して物体を検査する例示的方法を示す流れ図である。

【符号の説明】

【0026】

- 10 構造光測定システム
- 12 物体
- 14 エーロフォイル
- 16 プラットフォーム
- 20 システム
- 22 光源
- 24 撮像センサ
- 26 コンピュータ
- 28 モニタ
- 30 偏光フィルタ
- 32 カラーフィルタ
- 34 方法
- 36 発する
- 38 偏光させる
- 40 投影される
- 42 受け取られる
- 44 作成される
- 46 分析される
- 48 識別する
- 50 セグメント化する

10

20

【図1】

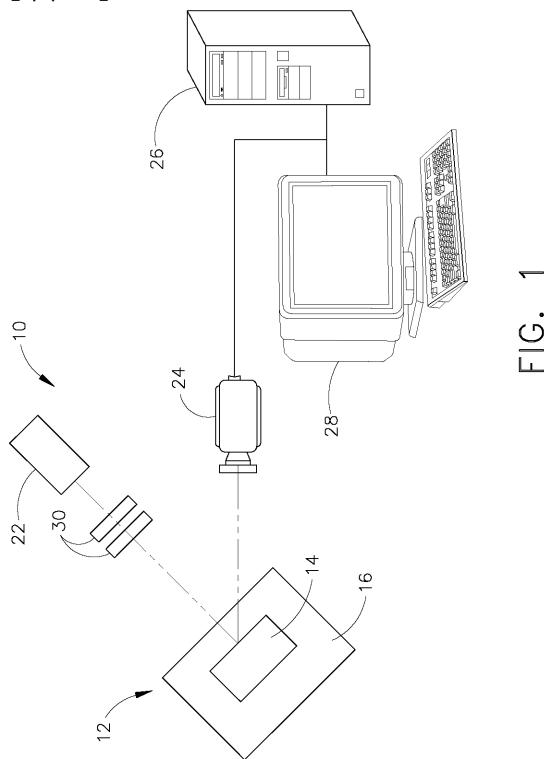


FIG. 1

【図2】

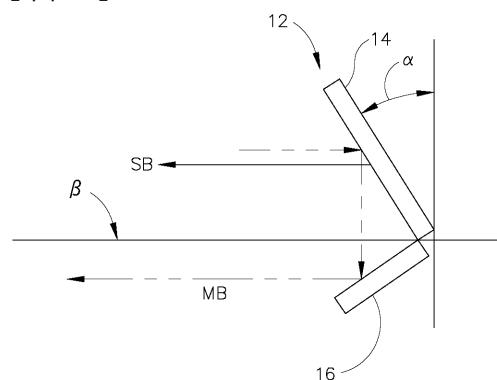


FIG. 2

【図3】

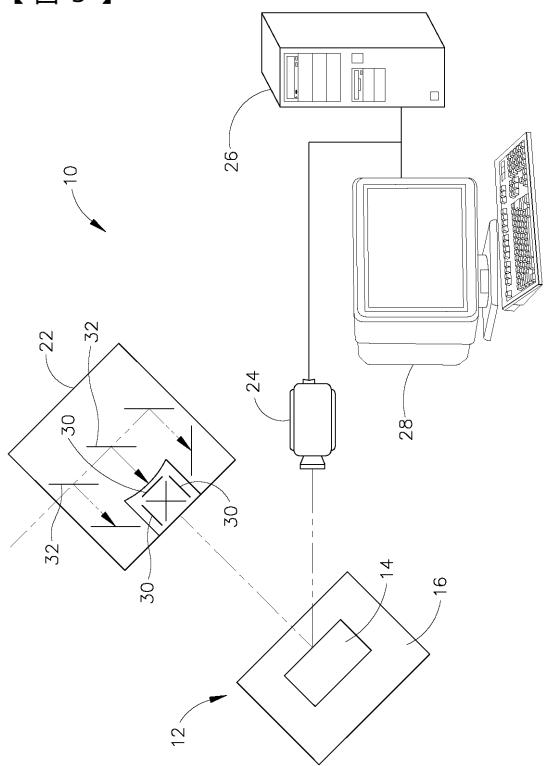


FIG. 3

【図4】

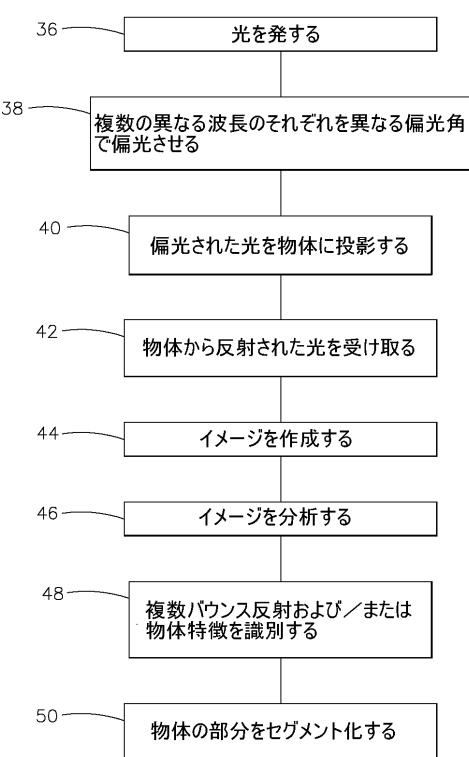


FIG. 4

フロントページの続き

(72)発明者 ケビン・ジョージ・ハーディング

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、キャリー・コート、56番

F ターム(参考) 2G051 AA90 AB02 BA08 BA10 BA11 BB07 BB11 CA04 CB01