

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-145377

(P2012-145377A)

(43) 公開日 平成24年8月2日(2012.8.2)

(51) Int.Cl.
G01B 9/02 (2006.01)F1
G01B 9/02テーマコード (参考)
2F064

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-2377 (P2011-2377)
(22) 出願日 平成23年1月7日(2011.1.7)(71) 出願人 000137694
株式会社ミットヨ
神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
(74) 代理人 110000637
特許業務法人樹之下知的財産事務所
(72) 発明者 大峠 怜也
茨城県つくば市上横場430番地の1 株式会社ミットヨ内
(72) 発明者 栗山 豊
茨城県つくば市上横場430番地の1 株式会社ミットヨ内
Fターム(参考) 2F064 AA01 EE02 GG13 GG21 GG38
GG39 GG44 GG52 HH03 HH06
HH08

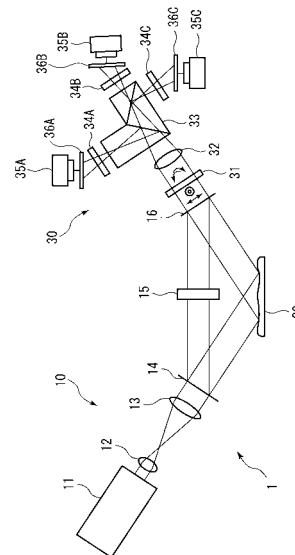
(54) 【発明の名称】 斜入射干渉計

(57) 【要約】

【課題】測定空間分解能を向上しつつ装置の大型化を回避できる2直交偏光式の斜入射干渉計を提供すること。

【解決手段】光源11からの光を光束分割素子14で分割し、一方を測定対象物20に照射して測定光とし、測定光と参照光との偏光方向を直交させた後、光束合成素子16で合成して合成光とする。得られた合成光を光束分割部33で複数系統に分割し、各系統の分割光により形成される複数の干渉縞画像を撮像素子35A~35Cで撮像する。撮像素子と光束分割部33との間には、偏光軸が互いに異なる複数の偏光板34A~34Cが配置され、各偏光板と撮像素子との間には画像拡張手段としてのスクリーン36A~36Cが光軸に対して傾斜配置され、各系統の干渉縞画像をその一軸方向に拡張する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

測定対象物の測定面の法線に対して所定角度で光を照射し、前記測定対象物からの反射光を測定する斜入射干渉計であって、

光源からの光を測定対象物に照射する測定光と測定の基準となる参照光とに分割するとともに前記測定対象物で反射した測定光と参照光との偏光方向を直交させた後、合成して合成光とする光束分割合成部と、

前記合成光を複数系統の分割光に分割する光束分割部と、

前記複数系統の分割光により形成される複数の干渉縞画像を撮像する複数の撮像部と、

前記光束分割部の入射側または出射側に設けられた 1 / 4 波長板と、

10

前記複数の撮像部の各撮像面側に配置されかつ偏光軸が互いに異なる複数の偏光板と、

前記各偏光板および撮像部間に配置されて各系統の干渉縞画像をその一軸方向に拡張する画像拡張手段と、を備えたことを特徴とする斜入射干渉計。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の斜入射干渉計において、

前記画像拡張手段は、光軸に対して傾斜配置された透過型または反射型のスクリーンであることを特徴とする斜入射干渉計。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の斜入射干渉計において、

前記画像拡張手段は、光軸に対して傾斜配置された透過型または反射型の三角プリズムであることを特徴とする斜入射干渉計。

20

【請求項 4】

請求項 1 に記載の斜入射干渉計において、

前記画像拡張手段は、画素密度または画素数の縦横比が異なる撮像素子であることを特徴とする斜入射干渉計。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載の斜入射干渉計において、

前記干渉縞画像を前記撮像部の一画素以内の振幅で振動させる振動手段を備えていることを特徴とする斜入射干渉計。

【請求項 6】

30

請求項 5 に記載の斜入射干渉計において、

前記振動手段は、前記スクリーンまたは前記三角プリズムの内部に封入された流体のブラウン運動または密度変動を利用するものであることを特徴とする斜入射干渉計。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、斜入射干渉計に関する。

【背景技術】**【0002】**

高精度な変位測定を行うために、レーザ等の測定光の干渉を利用した干渉計が用いられている。通常の干渉計は、測定対象物の表面に対して測定光を垂直に入射させる垂直入射干渉計である。

40

干渉計は、光の波長を基準とした高精度な測定手法である反面、波長の半分以上の不連続な段差や、画像の隣り合う画素間で波長の半分以上の高さの変化、大きなうねり等を伴う測定対象物の形状測定は難しい。

【0003】

測定対象物の表面の大きな凹凸でも測定できる干渉計として、斜入射干渉計が知られている。

斜入射干渉計では、測定光を測定対象物の表面に対して斜め方向に照射し、反射光を得ることで、見かけ上の波長を長くすることができる。つまり、円形断面の光束を斜めに照

50

射すると、測定対象物の表面には照射方向に延びた楕円形の照射領域が現れる。この領域は、幅方向の短軸が光束の円形断面の直径に準じるが、照射方向の長軸は元の直径の数倍程度に及ぶようなものとされる。このような照射領域においては、測定対象物の凹凸に対する波面の変化量を意図的に小さくすることで、垂直入射の干渉計に比べて大きな凹凸形状の測定を行うことができる。なお、楕円形の照射領域からの反射光は、全反射する際の傾斜により、再び円形断面の光束となって干渉に利用される。

【0004】

このような斜入射干渉計においては、前述のように楕円形の照射領域からの反射光を円形に戻して干渉させるため、測定面像（測定対象物の表面の凹凸を反映した画像）と干渉縞像の縦横比が異なってしまう。言い換えれば、測定面像の長軸方向では、入射光束の直径よりも楕円形に拡げられた分だけ測定スケールが拡張されるものの、反射された際に円形断面に戻ることで再びスケールが圧縮されて撮像素子で捉えられることになり、測定の空間分解能が低下してしまうという問題がある。

【0005】

このような問題に対して、撮像素子で捉える干渉縞像の縦横比が測定面像の縦横比と等しくなるように補正する技術として、特許文献1が提案されている。

特許文献1では、反射光を受光するスクリーンを光軸に対して傾け、干渉縞像の縦横比を測定面像の縦横比と概略等しくし、これにより長軸方向のスケールを再び拡張して撮像素子における空間解像度の向上を図っている。

【0006】

一方、斜入射干渉計の測定精度の向上および測定動作の高速化を図る技術として、特許文献2が提案されている。

特許文献2の斜入射干渉計では、測定光と参照光の偏光成分が互いに直交する構成（2直交偏光）を採用する。この構成では、入射側のレーザ光束をレンズ等により所定径の平行光束にし、光束分割素子で参照光束と測定光束に分割する。測定光束は測定対象物の表面に送られ、同表面に対して所定角度で入射される。入射された光束は反射され、光束合成素子を介して、先の参照光束と略同一光軸上で重ね合わせられる。

【0007】

この際、参照光束または測定光束の光路上には、1/2波長板等の偏光面を回転させる素子が配置され、参照光束と測定光束とは各々の偏光面が互いに直交方向とされ、光束合成素子で重ね合わせられた光束は直交偏光位相差光束とされる。

この光束中の参照光束および測定光束は、1/4波長板を透過することで光軸に対して互いに左右逆周りの円偏光とされ、この後3分割プリズムにより3つの系統に分割される。分割された3系統の光は、それぞれ透過軸の方向を違って配置した3つの偏光板に入射されて位相をシフトした干渉縞を発生させる。これらの干渉縞を含む映像は、各偏光板に対応した3つの撮像素子で取得され、位相シフト法に準じた演算処理を施すことにより測定対象物の形状を得ることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2002-296004号公報

【特許文献2】特開2008-032690号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところで、特許文献2の斜入射干渉計においても、特許文献1が解決しようとする縦横比および空間解像度の問題が生じる。

従って、特許文献2の斜入射干渉計において、特許文献1に基づいてスクリーンを光軸に対して傾斜させることが考えられる。

しかし、測定対象物からの反射光を、光軸に斜めに配置されたスクリーンに投影した場

10

20

30

40

50

合、映像が拡張されるため、その後に配置される 3 分割プリズム、偏光板、撮像素子などを大型のものにする必要があった。

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、測定の空間分解能を向上しつつ装置の大型化を回避できる 2 直交偏光式の斜入射干渉計を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明の斜入射干渉計は、測定対象物の測定面の法線に対して所定角度で光を照射し、前記測定対象物からの反射光を測定する斜入射干渉計であって、光源からの光を測定対象物に照射する測定光と測定の基準となる参照光とに分割するとともに前記測定対象物で反射した測定光と参照光との偏光方向を直交させた後、合成して合成光とする光束分割合成部と、前記合成光を複数系統の分割光に分割する光束分割部と、前記複数系統の分割光により形成される複数の干渉縞画像を撮像する複数の撮像部と、前記光束分割部の入射側または出射側に設けられた 1 / 4 波長板と、前記複数の撮像部の各撮像面側に配置されかつ偏光軸が互いに異なる複数の偏光板と、前記各偏光板および撮像部間に配置されて各系統の干渉縞画像をその一軸方向に拡張する画像拡張手段とを備えたことを特徴とする。

10

【 0 0 1 2 】

本発明において、前記画像拡張手段は、光軸に対して傾斜配置された透過型または反射型のスクリーンであることが望ましい。

本発明において、前記画像拡張手段は、光軸に対して傾斜配置された透過型または反射型の三角プリズムとしてもよい。

20

本発明において、前記画像拡張手段は、画素密度または画素数の縦横比が異なる撮像素子であるとしてもよい。

【 0 0 1 3 】

本発明において、前記干渉縞画像を前記撮像部の一画素以内の振幅で振動させる振動手段を備えていることが望ましい。

このような振動手段としては、画像拡張手段の支持構造に圧電素子を配置し、外部の駆動電圧により圧電素子を伸縮させてスクリーンを振動させる構成などが採用できる。

画像拡張手段を振動させるのではなく、光束分割部から撮像部までの間にスクリーンを設置し、このスクリーンを振動させてもよい。

30

このような振動手段により、干渉縞画像が振動によりいわゆるソフトフォーカス状態とされ、スペックルノイズの影響が低減されて安定した干渉縞が得られる。

【 0 0 1 4 】

本発明において、前記振動手段は、前記スクリーンまたは前記三角プリズムの内部に封入された流体のブラウン運動または密度変動を利用するものであることが望ましい。

このような構成では、専用の外部動力が省略でき、例えば光源の廃熱を有効利用することができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、2 直交偏光式の斜入射干渉計においても、画像の拡張により測定の空間分解能を向上することができ、かつ装置の大型化を回避することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態の構成を示す模式図。

【図 2】前記第 1 実施形態の測定光束を示す模式図。

【図 3】前記第 1 実施形態の振動手段を示す模式図。

【図 4】本発明の第 2 実施形態の構成を示す模式図。

【図 5】本発明の第 3 実施形態の構成を示す模式図。

【図 6】本発明の第 4 実施形態の構成を示す模式図。

【図 7】本発明の第 5 実施形態の構成を示す模式図。

50

【図 8】本発明の第 6 実施形態の構成を示す模式図。

【図 9】本発明の第 7 実施形態の構成を示す模式図。

【図 10】本発明の第 8 実施形態の構成を示す模式図。

【図 11】本発明の第 9 実施形態の構成を示す模式図。

【図 12】前記第 9 実施形態の撮像素子を示す模式図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

〔第 1 実施形態〕

図 1 には、本発明の第 1 実施形態に係る斜入射干渉計 1 が示されている。

斜入射干渉計 1 は、測定対象物 20 の表面の測定を行うものであり、照射部 10 および
検出部 30 を有する。 10

【0018】

照射部 10 は、光源 11 と、レンズ 12, 13 と、光束分割素子 14 と、1/2 波長板
15 と、光束合成素子 16 とを備える。ここで、光源 11 からの一部の光は、レンズ 12
, 13 および光束分割素子 14 を介して、測定対象物 20 の測定面の法線方向に所定角度
 θ (図 2 参照) で照射されるように配置されている。本実施形態においては、光束分割素
子 14 を透過して測定対象物 20 に照射される光を測定光束とする。また、光束分割素
子 14 で進路を変えて 1/2 波長板 15 に照射される光を参照光束とする。

【0019】

検出部 30 は、1/4 波長板 31 と、レンズ 32 と、三分割プリズム 33 と、偏光板 3
4 A ~ 34 C と、撮像素子 35 A ~ 35 C とを備えている。撮像素子 35 A ~ 35 C には
、得られた画像に基づき測定対象物 20 の表面形状を演算するために、コンピュータシ
ステム等の演算部 (図示省略) が接続されている。 20

【0020】

光源 11 から照射された光は、レンズ 12, 13 を介して、平行光束として光束分割素
子 14 に入射し、2 つの光束に分割される。

光束分割素子 14 で分割された光束の一方 (測定光束) は、測定対象物 20 の表面に斜
め方向から照射される。

光束分割素子 14 で分割された光束の他方 (参照光束) は、1/2 波長板 15 に通され
、通過前の偏光成分に対して直交する偏光成分に変換される。 30

測定対象物 20 から反射された測定光束と、1/2 波長板 15 で偏光成分を変換された
参照光束とは、光束合成素子 16 により重ね合わせられる。

これらの光束分割素子 14 および光束合成素子 16 により光束分割合成部が構成されて
いる。

【0021】

光束合成素子 16 で合成された光束は、1/4 波長板 31 により、右回り円偏光および
左回り円偏光に変換される。

円偏光とされた光束は、光束分割部である三分割プリズム 33 により 3 系統に分割され
る。この 3 系統に分割された光束は、透過軸の方向が互いに異なるように配置された偏光
板 34 A ~ 34 C を通過して、互いに異なる量だけ位相がシフトされた干渉縞を発生させ
る。 40

各系統において、位相シフトされた干渉縞画像は、各系統に対応した撮像素子 35 A ~
35 C で取得される。取得された画像は、図示しない演算装置に送られて処理され、公知
の位相シフト法に準じた演算処理を施し、これにより測定対象物の表面の形状を得るよう
になっている。

【0022】

各系統においては、画像傾斜手段として、偏光板 34 A ~ 34 C と撮像素子 35 A ~ 3
5 C との間には、それぞれ透過型スクリーン 36 A ~ 36 C が配置されている。透過型ス
クリーン 36 A ~ 36 C は、その入射光軸、つまり偏光板 34 A ~ 34 C から出射される
光束の光軸に対して傾斜配置されている。一方、撮像素子 35 A ~ 35 C は光軸を透過型 50

スクリーン 36A ~ 36C の法線方向に揃えられ、透過型スクリーン 36A ~ 36C に投影される画像を正面から撮影するように設置されている。

図 2 に示すように、透過型スクリーン 36A ~ 36C の法線方向と偏光板 34A ~ 34C からの光束の光軸とは角度 θ とされ、この角度 θ は前述した照射部 10 において測定対象物 20 の測定面に照射される測定光束の角度と同じとされている。

【0023】

このような透過型スクリーン 36A ~ 36C の傾斜配置により、光束合成素子 16 から出射された合成光束は一軸方向が拡張して透過型スクリーン 36A ~ 36C に投影される。

図 2 において、光束分割素子 14 からの測定光束の断面（光軸直交方向の映像）が略円形であり、縦方向の径寸法を d_y 、横方向の径寸法を d_x とする。この光束を測定対象物 20 に照射する際に傾斜角度 θ とすることで、測定対象物 20 における投影像は光軸に沿った方向に長い楕円形になり、横方向である短軸径は $D_x = d_x$ とほぼ変化しないのに対し、縦方向である長軸径は $D_y > d_y$ と大きく拡張される。

【0024】

楕円形の投影像は測定対象物 20 の表面で全反射して測定光束として光束合成素子 16 に送られ、参照光束として重ね合わせられる。この際、光束合成素子 16 は光軸に対して直交配置されているため、測定光束は再び縦横径が d_y 、 d_x の円形断面の光束となる。

この光束は、レンズ 32 と、三分割プリズム 33 と、偏光板 34A ~ 34C を経由し（図 2 では図示省略）、透過型スクリーン 36A ~ 36C に投影される。

【0025】

透過型スクリーン 36A ~ 36C は、入射光軸に対して傾斜配置されているため、投影像は再び楕円、つまり縦方向の軸だけ拡張された形状となる。さらに、透過型スクリーン 36A ~ 36C の傾斜角度 θ は、測定対象物 20 に対する測定光束の照射角度 θ と同じとされているため、透過型スクリーン 36A ~ 36C 上の投影像は長軸、短軸が D_y 、 D_x の楕円形つまり測定対象物 20 の表面における投影像と同じ寸法での映像が再現される。

撮像素子 35A ~ 35C は、透過型スクリーン 36A ~ 36C 上の投影像を正面からとらえることになるため、縦方向については元の d_y ではなく、拡張された D_y に現れる干渉縞を検出することができ、その結果解像度を向上することができる。

【0026】

前述した第 1 実施形態の斜入射干渉計 1 によれば、2 直交偏光式の斜入射干渉計としての効果が得られる。

具体的には、機械的な可動部がないために、再現性の高い測定値が得られる、という効果がある。また、干渉縞解析に必要な干渉縞を瞬時に得ることができ、短い時間での測定が可能である。また、高速シャッタを活用することで、動的な対象物の測定や、生産現場や工作機械上などの振動環境下での形状測定が可能となる。また、位相シフトのための高精度な移動機構や光学素子、あるいは波長可変可能な高価な光源が不要であるため、装置の低価格化が期待できる。

【0027】

さらに、前述した第 1 実施形態の斜入射干渉計 1 によれば、画像傾斜手段としての透過型スクリーン 36A ~ 36C を入射光軸に対して傾斜させることにより、斜入射干渉計としての空間分解能を向上することができる。

また、本実施形態では、既存の 2 直交偏光式の斜入射干渉計に対して、透過型スクリーン 36A ~ 36C を配置し、かつ撮像素子 35A ~ 35C を傾斜させること、つまり傾斜配置される透過型スクリーン 36A ~ 36C に対して正対させることにより、簡単に実施することができ、大型化を回避することができる。

【0028】

前述した第 1 実施形態の斜入射干渉計 1 において、透過型スクリーン 36A ~ 36C は振動手段を有する透過型スクリーンで構成されている。

図 3 において、透過型スクリーン 36A ~ 36C は、それぞれスクリーン 361 が支持

10

20

30

40

50

部材 3 6 2 を介して枠体 3 6 3 に支持されている。支持部材 3 6 2 は、枠体 3 6 3 の全周を廻って設置されているが、少なくとも一辺は圧電素子 3 6 4 で構成され、この圧電素子 3 6 4 には外部から交流電圧が印加され、その結果圧電素子 3 6 4 およびスクリーン 3 6 1 が振動するように構成されている。

このような振動手段により、スクリーン 3 6 1 が微少振動されることで、投影される画像のスペックルノイズの影響が低減され、安定した計測を行うことができる。

【 0 0 2 9 】

なお、前記第 1 実施形態では、透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C の傾斜角度 θ と測定対象物 2 0 に対する測定光束の照射角度 θ とを一致させ、透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C に投影される映像が測定対象物 2 0 での映像と同じサイズになるようにしたが、必ずしも一致させる必要はなく、透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C における投影像において少なくとも一軸方向に画像が拡張されるように傾斜角度を選択すればよい。

10

【 0 0 3 0 】

また、スクリーンの材料としては、スペックルノイズの影響低減が期待できるため、磨りガラスや拡散板など散乱光を発生させるものが好ましい。また、回折格子 (D O E) やホログラム光学素子 (H O E) など散乱光に指向性を持たせるものも、光量損失を抑えることができるため好ましい。

【 0 0 3 1 】

さらに、スクリーンは、液体または気体としてもよい。例えば、透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C として、中空の透明板材に液体または気体を封入したものをを用い、一端から加熱することで、内部に封入された流体のブラウン運動または密度変動を利用して投影される画像を振動させることができる。とくに、光源 1 1 の廃熱を利用して加熱することで、専用の外部動力が省略できる。

20

【 0 0 3 2 】

〔 第 2 実施形態 〕

図 4 には、本発明の第 2 実施形態に係る斜入射干渉計 2 が示されている。

斜入射干渉計 2 は、前述した第 1 実施形態の斜入射干渉計 1 と同様な基本構成とされ、以下共通する部分については同じ符号を付して重複する説明を省略する。

前述した第 1 実施形態では、透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C が入射光軸つまり偏光板 3 4 A ~ 3 4 C から出射される光束の光軸に対して傾斜配置され、撮像素子 3 5 A ~ 3 5 C は透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C の法線方向に正対して配置されていた。これに対し、本実施形態では、透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C が入射光軸に対して直交配置され、撮像素子 3 5 A ~ 3 5 C が透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C の法線方向に対して傾斜配置されている。

30

【 0 0 3 3 】

このような本実施形態では、透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C に投影される画像が、図 2 の光束合成素子 1 6 に投影されるのと同様な縦横 $d y$, $d x$ の略円形となる。これに対し、傾斜配置された撮像素子 3 5 A ~ 3 5 C においては、この透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C に投影される略円形の映像を斜めに撮影することになり、図 2 の透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C に投影されるのと同様な縦横 $D y$, $D x$ 楕円形となり、縦方向が $d y$ から $D y$ に拡張される。

40

このように、第 2 実施形態の構成によっても、前述した第 1 実施形態と同様な効果を得ることができる。

【 0 0 3 4 】

〔 第 3 実施形態 〕

図 5 には、本発明の第 3 実施形態に係る斜入射干渉計 3 が示されている。

斜入射干渉計 3 は、前述した第 1 実施形態の斜入射干渉計 1 と同様な基本構成とされ、以下共通する部分については同じ符号を付して重複する説明を省略する。

前述した第 1 実施形態では、透過型スクリーン 3 6 A ~ 3 6 C が入射光軸つまり偏光板 3 4 A ~ 3 4 C から出射される光束の光軸に対して傾斜され、撮像素子 3 5 A ~ 3 5 C は

50

透過型スクリーン 36A ~ 36C の法線方向に正対して設置されていた。これに対し、本実施形態では、透過型スクリーン 36A ~ 36C が入射光軸に対して傾斜配置され、さらに、撮像素子 35A ~ 35C も透過型スクリーン 36A ~ 36C の法線方向に対して傾斜配置されている。

【0035】

このような本実施形態では、前述した第 1 実施形態および第 2 実施形態と同様に、撮像素子 35A ~ 35C で撮影される画像を一軸方向に拡張することができる。さらに、このような拡張を行うために、透過型スクリーン 36A ~ 36C および撮像素子 35A ~ 35C の両方を傾斜配置させるため、同じ拡張効果を得るために必要な傾斜角度は透過型スクリーン 36A ~ 36C および撮像素子 35A ~ 35C の各々における傾斜角度の和とすることができ、各々における傾斜角度をそれぞれ緩くすることができる。

10

【0036】

〔第 4 実施形態〕

図 6 には、本発明の第 4 実施形態に係る斜入射干渉計 4 が示されている。

斜入射干渉計 4 は、前述した第 1 実施形態の斜入射干渉計 1 と同様な基本構成とされ、以下共通する部分については同じ符号を付して重複する説明を省略する。

前述した第 1 実施形態では、透過型スクリーン 36A ~ 36C が入射光軸つまり偏光板 34A ~ 34C から出射される光束の光軸に対して傾斜配置され、撮像素子 35A ~ 35C は透過型スクリーン 36A ~ 36C の法線方向に正対して配置されていた。これに対し、本実施形態では、透過型スクリーン 36A ~ 36C に替えて三角プリズム 37A ~ 37C が設置されている。

20

【0037】

図 6 において、三角プリズム 37A ~ 37C は、底辺部を偏光板 34A ~ 34C の表面に対向配置され、斜辺部が偏光板 34A ~ 34C からの出射光軸に対して傾斜配置されている。つまり、三角プリズム 37A ~ 37C の斜辺部の表面が前述した第 1 実施形態の透過型スクリーン 36A ~ 36C を代替する機能を有する。撮像素子 35A ~ 35C は三角プリズム 37A ~ 37C の斜辺部の表面に正対して配置されている。

【0038】

このような本実施形態では、三角プリズム 37A ~ 37C の斜辺部の表面が前述した第 1 実施形態の透過型スクリーン 36A ~ 36C を代替するため、前述した第 1 実施形態および第 2 実施形態と同様な効果を得ることができる。

30

【0039】

〔第 5 実施形態〕

図 7 には、本発明の第 5 実施形態に係る斜入射干渉計 5 が示されている。

斜入射干渉計 5 は、前述した第 4 実施形態の斜入射干渉計 4 と同様な基本構成とされ、以下共通する部分については同じ符号を付して重複する説明を省略する。

前述した第 4 実施形態では、撮像素子 35A ~ 35C は三角プリズム 37A ~ 37C の斜辺部の表面に正対して配置されていた。これに対し、本実施形態では、撮像素子 35A ~ 35C は三角プリズム 37A ~ 37C の斜辺部の法線方向に対して傾斜配置されている。

40

【0040】

このような本実施形態では、前述した第 4 実施形態と同様な効果が得られる。さらに、三角プリズム 37A ~ 37C の斜辺部の表面に加えて撮像素子 35A ~ 35C も傾斜配置させるため、同じ拡張効果を得るために必要な傾斜角度は三角プリズム 37A ~ 37C の斜辺部および撮像素子 35A ~ 35C の各々における傾斜角度の和とすることができ、各々における傾斜角度をそれぞれ緩くすることができる。

【0041】

〔第 6 実施形態〕

図 8 には、本発明の第 6 実施形態に係る斜入射干渉計 6 が示されている。

斜入射干渉計 6 は、前述した第 4 実施形態の斜入射干渉計 4 と同様な基本構成とされ、

50

以下共通する部分については同じ符号を付して重複する説明を省略する。

前述した第４実施形態では、撮像素子３５Ａ～３５Ｃは三角プリズム３７Ａ～３７Ｃの斜辺部の表面に正対して配置され、三角プリズム３７Ａ～３７Ｃを透過型プリズムとして用いていた。これに対し、本実施形態では、撮像素子３５Ａ～３５Ｃは三角プリズム３７Ａ～３７Ｃの側面部に正対して配置され、三角プリズム３７Ａ～３７Ｃを反射型プリズムとして用いている。

【００４２】

このような本実施形態では、前述した第４実施形態と同様な効果が得られる。さらに、三角プリズム３７Ａ～３７Ｃに対する撮像素子３５Ａ～３５Ｃの配置を大きく変化させることができ、周囲との機械的干渉などを回避するために利用することもできる。

10

このような反射型プリズムとして用いる構成においても、さらに撮像素子３５Ａ～３５Ｃを三角プリズム３７Ａ～３７Ｃに対して傾斜配置するようにしてもよい。

【００４３】

〔第７実施形態〕

図９には、本発明の第７実施形態に係る斜入射干渉計７が示されている。

斜入射干渉計７は、前述した第６実施形態の斜入射干渉計６と同様な基本構成とされ、以下共通する部分については同じ符号を付して重複する説明を省略する。

前述した第６実施形態では、撮像素子３５Ａ～３５Ｃは三角プリズム３７Ａ～３７Ｃの側面部に正対して配置され、三角プリズム３７Ａ～３７Ｃを反射型プリズムとして用いていた。これに対し、本実施形態では、三角プリズム３７Ａ～３７Ｃに替えて反射型スクリーンであるミラー３８Ａ～３８Ｃを用い、偏光板３４Ａ～３４Ｃからの光束を反射する際に、光軸に対して反射面を傾斜されることで、投影像の一軸方向の拡張を実現している。

20

【００４４】

このような本実施形態では、前述した第６実施形態と同様な効果が得られる。さらに、透過型スクリーン３６Ａ～３６Ｃを用いる第１実施形態に比べて撮像素子３５Ａ～３５Ｃの配置を大きく変化させることができ、周囲との機械的干渉などを回避するために利用することもできる。

【００４５】

〔第８実施形態〕

図１０には、本発明の第８実施形態に係る斜入射干渉計８が示されている。

30

斜入射干渉計８は、前述した第７実施形態の斜入射干渉計７と同様な基本構成とされ、以下共通する部分については同じ符号を付して重複する説明を省略する。

前述した第７実施形態では、反射型スクリーンであるミラー３８Ａ～３８Ｃを用い、偏光板３４Ａ～３４Ｃからの光束を反射する際に、光軸に対して反射面を傾斜されることで、投影像の一軸方向の拡張を実現している。

本実施形態では、反射型スクリーンであるミラー３８Ａ～３８Ｃにおける傾斜に加えて、さらに撮像素子３５Ａ～３５Ｃをミラー３８Ａ～３８Ｃに対して傾斜配置するようにしている。

【００４６】

このような本実施形態では、前述した第７実施形態と同様な効果が得られる。さらに、ミラー３８Ａ～３８Ｃにおける傾斜に加えて撮像素子３５Ａ～３５Ｃも傾斜配置させるため、同じ拡張効果を得るために必要な傾斜角度はミラー３８Ａ～３８Ｃにおける傾斜および撮像素子３５Ａ～３５Ｃの各々における傾斜角度の和とすることができ、各々における傾斜角度をそれぞれ緩くすることができる。

40

【００４７】

〔第９実施形態〕

図１１および図１２には、本発明の第９実施形態に係る斜入射干渉計９が示されている。

斜入射干渉計９は、前述した第１実施形態の斜入射干渉計１と同様な基本構成とされ、以下共通する部分については同じ符号を付して重複する説明を省略する。

50

前述した第 1 実施形態では、撮像素子 35 A ~ 35 C と偏光板 34 A ~ 34 C との間に、画像拡張手段としての透過型スクリーン 36 A ~ 36 C を設けていた。これに対し、本実施形態では、図 11 に示すように、透過型スクリーン 36 A ~ 36 C が省略され、撮像素子 35 A ~ 35 C と偏光板 34 A ~ 34 C とは互いに隣接している。

一方、本実施形態では、撮像素子 35 A ~ 35 C として、投影された画像を検出する CCD (電荷結合素子) 等の光検出アレイ 351 が X Y 各軸方向に均等ではなく、X 軸方向の線密度よりも Y 軸方向が密となるように構成されている。

【0048】

図 12 に示すように、光検出アレイ 351 の各検出セルは、X 軸方向の幅が Y 軸方向の幅よりも 2 倍程度と大きく形成され、線密度では Y 軸方向が X 軸方向よりも密に形成されている。

このような光検出アレイ 351 に、例えば縦横 d_y , d_x のサイズが均等な画像が投影されると、同じ寸法の映像であっても、線密度の細かいつまり解像度の高い Y 軸方向での検出感度が高くなる。そして、検出画像を、例えば縦横比が同じ表示画面に表示したとすると、表示画面での縦横の線密度は同じであるから、投影時に縦横 d_y , d_x であった画像は縦横 D_y , D_x の画像とされ、このとき横寸法 D_x がほぼ d_x と同じとすると、縦寸法 D_y は d_x の 2 倍程度に拡張される。

【0049】

本実施形態においては、このような撮像素子 35 A ~ 35 C の光検出アレイ 351 によって本発明の画像拡張手段が構成される。

そして、本実施形態によっても、画像の拡張の結果、前述した各実施形態と同様な効果を得ることができる。さらに、本実施形態では、撮像素子 35 A ~ 35 C として専用の機器が必要になるが、装置としての機器構成を簡略化することができる。

【0050】

〔変形例〕

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲内において、様々な変更、追加、置換等が可能である。例えば、光束分割素子 14 としては、回折格子あるいはビームスプリッタを用いてもよい。

また、1/2 波長板 15 は参照光路ではなく、測定光路上に設けてもよく、これらの何れかではなく、それぞれに互いに偏光面を直交して透過させる偏光板を用いてもよい。

【0051】

また、光束分割素子 14 として、透過光と反射光で偏光面を直交させて分離する偏光ビームスプリッタを使用することで、1/2 波長板 15 を省略することもできる。その際、干渉縞の S/N 比に応じて、参照光路及び/または測定光路に偏光板を配置するとよい。

その他、前述した各実施形態における構成を、他の実施形態と適宜組み合わせる用いるようにしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0052】

本発明は、レーザ等の測定光の干渉を利用した干渉計として、高精度な変位測定を行うために用いることができる。

【符号の説明】

【0053】

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ... 斜入射干渉計

10 ... 照射部

11 ... 光源

12, 13 ... レンズ

14, 16 ... 光束分割合成部である光束分割素子および光束合成素子

15 ... 1/2 波長板

20 ... 測定対象物

30 ... 検出部

10

20

30

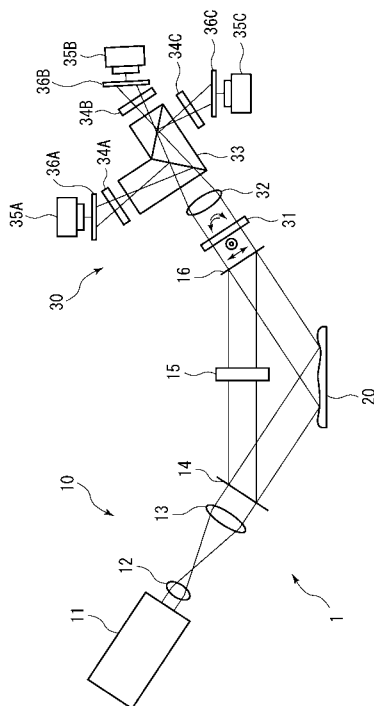
40

50

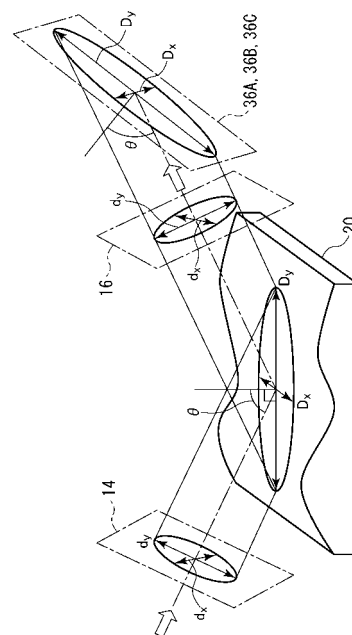
- 3 1 ... 1 / 4 波長板
- 3 2 ... レンズ
- 3 3 ... 光束分割部である三分割プリズム
- 3 4 A ~ 3 4 C ... 偏光板
- 3 5 A ~ 3 5 C ... 画像拡張手段を構成する撮像部である撮像素子
- 3 6 A ~ 3 6 C ... 画像拡張手段を構成する透過型スクリーン
- 3 7 A ~ 3 7 C ... 画像拡張手段を構成する三角プリズム
- 3 8 A ~ 3 8 C ... 画像拡張手段を構成する反射型スクリーンであるミラー
- 3 5 1 ... 画像拡張手段を構成する光検出アレイ
- 3 6 1 ... スクリーン
- 3 6 2 ... 支持部材
- 3 6 3 ... 枠体
- 3 6 4 ... 振動手段である圧電素子

10

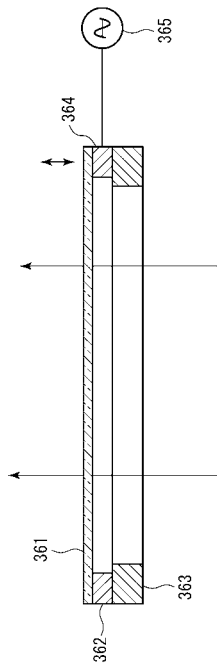
【 図 1 】



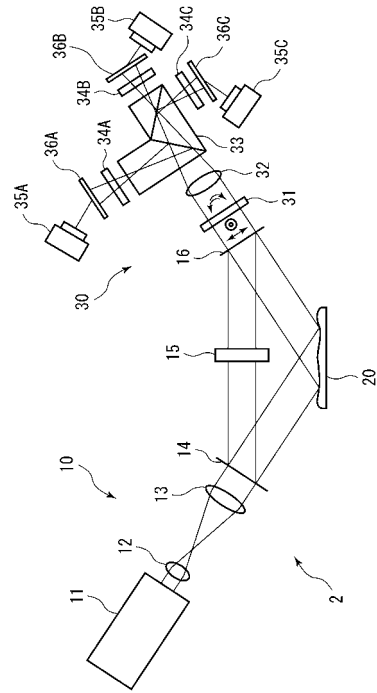
【 図 2 】



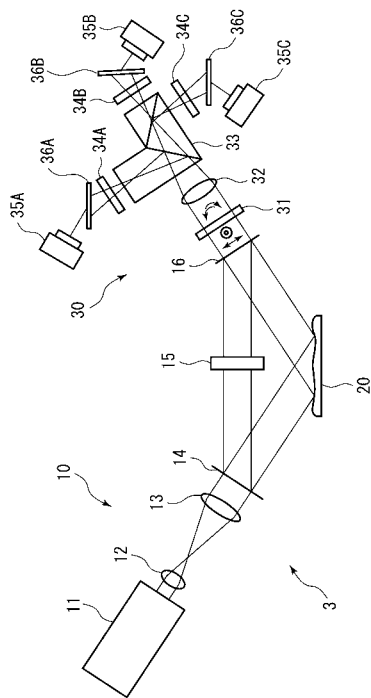
【図 3】



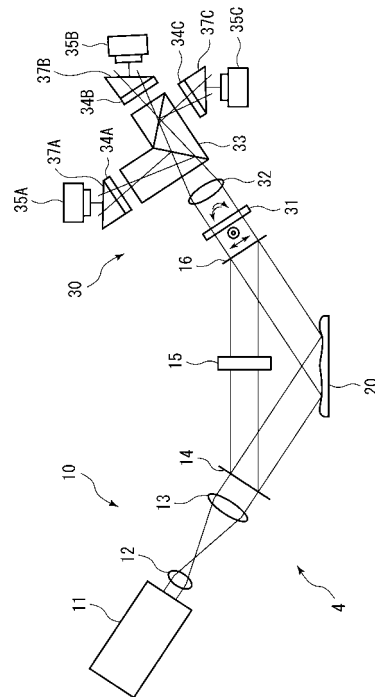
【図 4】



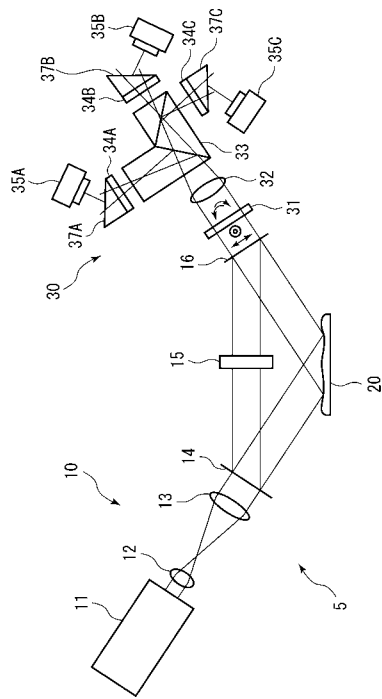
【図 5】



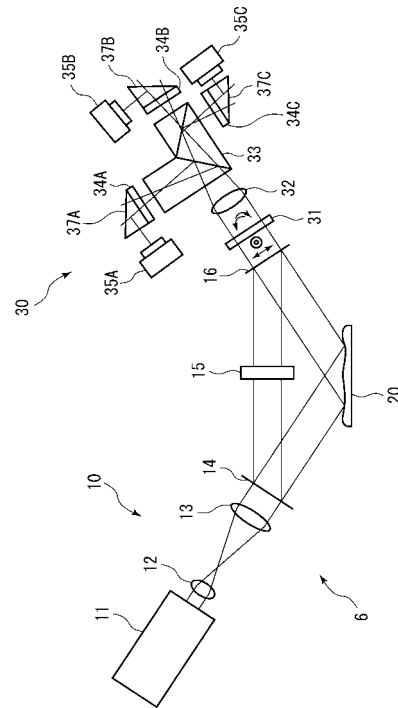
【図 6】



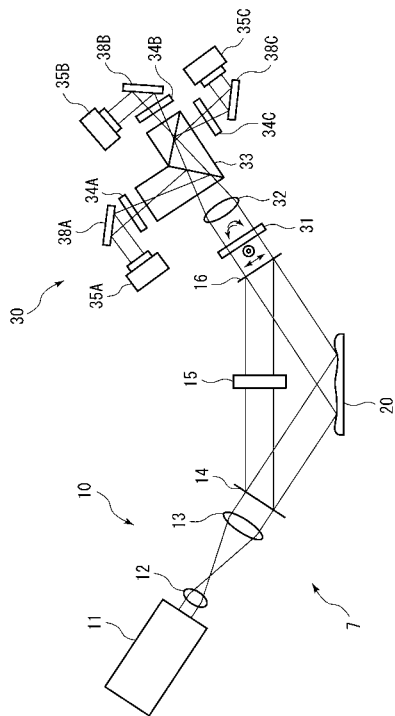
【図 7】



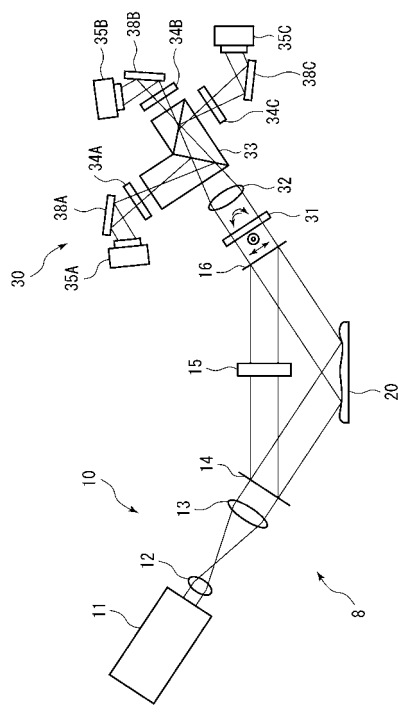
【図 8】



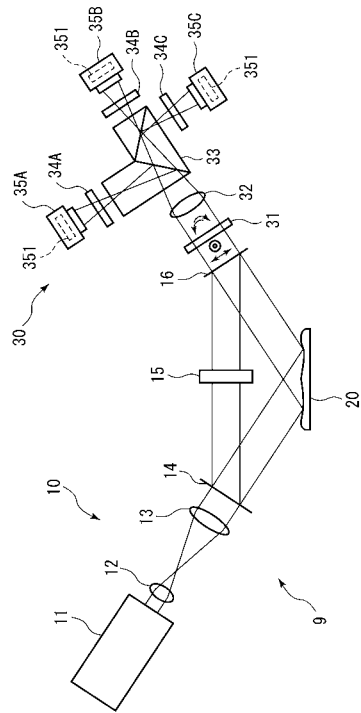
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】

